

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 89

№ 1, 2020

Журнал входит в Перечень российских рецензируемых научных журналов, которые рекомендованы Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования 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, главный редактор, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией энзимологии питания, научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)

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

Вржесинская Оксана Александровна, ответственный секретарь редакции, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)

Пузырева Галина Анатольевна, ответственный секретарь редакции, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)

Арчаков Александр Иванович (Москва, Россия)
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель ФГБУ «Научно-исследовательский институт биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича»

Багиров Вугар Алиевич (Москва, Россия)
член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Минобрнауки России

Батурич Александр Константинович (Москва, Россия)
доктор медицинских наук, профессор, руководитель направления «Оптимальное питание» ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Бойцов Сергей Анатольевич (Москва, Россия)
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России

Бреда Жоао (Копенгаген, Дания)
доктор медицинских наук, руководитель Европейского офиса по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними и Программы по вопросам питания, физической активности и ожирения Европейского регионального бюро ВОЗ в отделе неинфекционных заболеваний и укрепления здоровья на всех этапах жизни

Валента Рудольф (Вена, Австрия)
профессор, руководитель Департамента иммунопатологии, кафедры патофизиологии и аллергии Медицинского университета г. Вены

Голухова Елена Зеликовна (Москва, Россия)
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 (Москва, Россия)
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, советник РАН

Зайцева Нина Владимировна (Пермь, Россия)
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора

Исаков Василий Андреевич (Москва, Россия)
доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением гастроэнтерологии и гепатологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Кочеткова Алла Алексеевна (Москва, Россия)
доктор технических наук, профессор, заведующая лабораторией пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Медведева Ирина Васильевна (Тюмень, Россия)
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России

Нареш Маган (Лондон, Великобритания)
профессор факультета изучения окружающей среды и технологии Кренфильдского университета

Онищенко Геннадий Григорьевич (Москва, Россия)
академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой экологии человека и гигиены окружающей среды медико-профилактического факультета ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), первый заместитель председателя комитета Государственной Думы по образованию и науке

Попова Анна Юрьевна (Москва, Россия)
доктор медицинских наук, профессор, руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Савенкова Татьяна Валентиновна (г. Москва, Россия)
доктор технических наук, профессор, директор Всероссийского научно-исследовательского института кондитерской промышленности – филиала ФГБУН «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Салагай Олег Олегович (Москва, Россия)
кандидат медицинских наук, заместитель министра здравоохранения РФ

Стародубова Антонина Владимировна (Москва, Россия)
доктор медицинских наук, заведующая отделением персонализированной терапии и диетологии, заместитель директора по научной и лечебной работе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Суханов Борис Петрович (Москва, Россия)
доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

Тсатсакис Аристидис Михаил (Крит, Греция)
академик РАН, профессор, руководитель Департамента токсикологии и судебной медицины при Университете Крита, председатель отдела морфологии Медицинской школы Университета Крита

Хотимченко Сергей Анатольевич (Москва, Россия)
член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий, первый заместитель директора ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Акимов М.Ю. (Мичуринск, Россия)
Бакиров А.Б. (Уфа, Россия)
Бессонов В.В. (Москва, Россия)
Боровик Т.Э. (Москва, Россия)
Камбаров А.О. (Москва, Россия)
Коденцова В.М. (Москва, Россия)
Кузьмин С.В. (Москва, Россия)
Мазо В.К. (Москва, Россия)
Погожева А.В. (Москва, Россия)
Попова Т.С. (Москва, Россия)
Сазонова О.В. (Самара, Россия)

Симоненко С.В. (Москва, Россия)
Скрябин Г.К. (Москва, Россия)
Сычик С.И. (Минск, Республика Беларусь)
Турчанинов Д.В. (Омск, Россия)
Хенсел А. (Берлин, Германия)
Шабров А.В. (Санкт-Петербург, Россия)
Шарафетдинов Х.Х. (Москва, Россия)
Шарманов Т.Ш. (Алматы, Казахстан)
Шевелева С.А. (Москва, Россия)
Шевырева М.П. (Москва, Россия)

Научно-практический журнал «Вопросы питания» № 1, 2020

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://www.voprosy-pitaniya.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. 13.
Отпечатано в ООО «Типография
«Перфектум». 428000, г. Чебоксары,
ул. К. Маркса, д. 52, оф. 102.
Заказ №

© ООО Издательская группа
«ГЭОТАР-Медиа», 2020

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

Dmitriy B. Nikityuk, 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 (Moscow, Russia)

Oksana A. Vrzhesinskaya, 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, 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 (Moscow, Russia)

Scientific and practical journal «Problems of Nutrition» N 1, 2020

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

Vrzhesinskaya 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://www.voprosy-pitaniya.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. 13.
LLC «Perfectum».
428000, Cheboksary,
K. Marx St., 52, office 102.
Order N

© GEOTAR-Media Publishing Group,
2020

Aleksander I. Archakov (Moscow, Russia)

Full Member 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, Director of the Department for Coordination and Support of Organizations in the Field of Agricultural Sciences the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

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)

Full Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, General director of National Medical Research Center of Cardiology

Joao Breda (Copenhagen, Denmark)

PhD MPH MBA, Head of WHO European Office for Prevention and Control of Noncommunicable Diseases & a.i. Programme Manager Nutrition, Physical Activity and Obesity of the Division of Noncommunicable Diseases and Promoting Health through the Life-course

Rudolf Valenta (Vienna, Austria)

Professor, Head of the Laboratory for Allergy Research of Division of Immunopathology at the Department of Pathophysiology and Allergy Research at the Center for Pathophysiology, Infectology and Immunology of Medical University of Vienna

Elena Z. Golukhova (Moscow, Russia)

Full Member 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 National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery

Anatoliy I. Grigoriev (Moscow, Russia)

Full Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Advisor of the Russian Academy of Sciences

Nina V. Zaytseva (Perm', Russia)

Full Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific supervisor of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies

Vasily 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)

Full Member 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 of Cranfield Soil and Agrifood Institute of Cranfield University

Gennady G. Onishchenko (Moscow, Russia)

Full Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, head of the Department of Human Ecology and Environmental Hygiene of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, First Deputy Chairman of the State Duma Committee on Education and Science

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, Director of All-Russian Scientific Research Institute of the Confectionery Industry – a Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS

Oleg O. Salagay (Moscow, Russia)

PhD, Candidate of Medical Sciences, Deputy Minister of Health Care of the Russian Federation

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 (Crete, Greece)

Full Member 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

Sergey A. Khotimchenko (Moscow, Russia)

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Food Toxicology and Safety Assessments of Nanotechnology, First Deputy Director of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

EDITORIAL COUNCIL

Akimov M.Yu. (Michurinsk, Russia)

Bakirov A.B. (Ufa, Russia)

Bessonov V.V. (Moscow, Russia)

Borovik T.E. (Moscow, Russia)

Kambarov A.O. (Moscow, Russia)

Kodentsova V.M. (Moscow, Russia)

Kuzmin S.V. (Moscow, Russia)

Mazo V.K. (Moscow, Russia)

Pogozheva A.V. (Moscow, Russia)

Popova T.S. (Moscow, Russia)

Sazonova Olga V. (Samara, Russia)

Simonenko S.V. (Moscow, Russia)

Scryabin K.G. (Moscow, Russia)

Sychik S.I. (Minsk, Belarus)

Turchaninov Denis V. (Omsk, Russia)

Hensel A. (Berlin, 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)

ОБЗОРЫ

Максимов С.А., Карамнова Н.С., Шальнова С.А., Драпкина О.М.

Эмпирические модели питания и их влияние на состояние здоровья в эпидемиологических исследованиях

Барило А.А., Смирнова С.В.

Роль алиментарных факторов и пищевой аллергии в развитии псориаза

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Максимычева Т.Ю., Кондратьева Е.И., Сорвачева Т.Н., Пырьева Е.А., Евдокимова Т.А.

Состояние фактического питания детей, страдающих муковисцидозом

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ПИТАНИЯ

Чернуха И.М., Котенкова Е.А., Василевская Е.Р., Иванкин А.Н., Лисицын А.Б., Федуллова Л.В.

Изучение биологических эффектов ягод годжи различного географического происхождения на крысах с моделью алиментарной гиперлипидемии

Падерин Н.М., Марков П.А., Попов С.В.

Влияние агар-пектиновых гелей на пищевое поведение голодных и сытых мышей

ЛЕЧЕБНОЕ ПИТАНИЕ

Пилипенко В.И., Исаков В.А., Власова А.В., Найденова М.А., Морозов С.В.

Роль пищевого разнообразия рациона в формировании синдрома избыточного бактериального роста в тонкой кишке

Зорин С.Н., Сидорова Ю.С., Мазо В.К.

Ферментативные гидролизаты белков молочной сыворотки и куриного яйца: получение, физико-химическая и иммунохимическая характеристики

Потапов А.Л., Хороненко В.Э., Гамеева Е.В., Хайлова Ж.В., Бояркина А.В., Иванов С.А., Каприн А.Д.

Дополнительное пероральное питание: прикладная классификация смесей и ключевые правила применения в онкологии

Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Рубан Н.В., Бессонов В.В., Мехтиев В.С.

Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И.

Нутриентный профиль морковного сока

REVIEW

6 Maksimov S.A., Karamnova N.S., Shalnova S.A., Drapkina O.M. 6

Empirical dietary patterns and their influence on health in epidemiological studies

19 Barilo A.A., Smirnova S.V. 19

The role of nutritional factors and food allergy in the development of psoriasis

HYGIENE OF NUTRITION

28 Maksimycheva T.Yu., Kondratyeva E.I., Sorvacheva T.N., Pyrieva E.A., Evdokimova T.A. 28

Dietary intake of children with cystic fibrosis

PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF NUTRITION

37 Chernukha I.M., Kotenkova E.A., Vasilevskaya E.R., Ivankin A.N., Lisitsyn A.B., Fedulova L.V. 37

The study of biological effects of different geographical origin goji berries in rats with alimentary hypercholesterolemia

46 Paderin N.M., Markov P.A., Popov S.V. 46

The effect of agar-pectin gels on the eating behaviour of fasted and fed mice

DIET TREATMENT

54 Pilipenko V.I., Isakov V.A., Vlasova A.V., Naidenova M.A., Morozov S.V. 54

The role of dietary diversity in the formation of syndrome intestinal bacterial overgrowth

64 Zorin S.N., Sidorova Yu.S., Mazo V.K. 64

Enzymatic hydrolysates of whey protein and chicken egg protein: production, physical-chemical and immunochemical characteristics

69 Potapov A.L., Khoronenko V.E., Gameeva E.V., Khailova Zh.V., Boiarkina A.V., Ivanov S.A., Kaprin A.D. 69

Oral nutrition supplements: applied classification of formulas and basic rules of their prescribing in oncology

77 Zaytseva L.V., Yudina T.A., Ruban N.V., Bessonov V.V., Mekhtiev V.S. 77

Modern approaches to the development of gluten-free bakery formulations

CHEMICAL COMPOSITION OF FOODSTUFFS

86 Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. 86

Carrot juice nutritional profile

Лебская Т.К., Баль-Прилипко Л.В., Менчинская А.А., Лебский С.О.	96	Lebskaya T.K., Bal-Prylypko L.V., Menchinskaya A.A., Lebsky S.O.	96
Липидный профиль черноморской травяной креветки <i>Palaemon adspersus</i> Rathke, 1837		Lipid profile of the black sea shrimp <i>Palaemon adspersus</i> Rathke, 1837	
ИНФОРМАЦИЯ	101	INFORMATION	101
XVIII Всероссийский конгресс нутрициологов и диетологов с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии»		XVIII All-Russian Congress of Nutritionists and Dieticians with International Participation "Fundamental and Applied Aspects of Nutrition and Dietetics"	

Для корреспонденции

Максимов Сергей Алексеевич – доктор медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела эпидемиологии хронических неинфекционных заболеваний ФГБУ «НМИЦ ПМ» Минздрава России
 Адрес: 101990, Российская Федерация, г. Москва, Петроверигский переулок, д. 10, стр. 3
 Телефон: (499) 553-69-46
 E-mail: m1979sa@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0545-2586>

Максимов С.А., Карамнова Н.С., Шальнова С.А., Драпкина О.М.

Эмпирические модели питания и их влияние на состояние здоровья в эпидемиологических исследованиях

Empirical dietary patterns and their influence on health in epidemiological studies

Maksimov S.A., Karamnova N.S., Shalnova S.A., Drapkina O.M.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр профилактической медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 101990, г. Москва, Российская Федерация

National Medical Research Center for Preventive Medicine of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 101990, Moscow, Russian Federation

Последние 20–30 лет в эпидемиологии питания все более активно применяются эмпирические подходы оценки рационов питания населения. Однако в российских исследованиях данные подходы используются крайне редко, что, возможно, связано с недостаточными знаниями сущности, методологических особенностей и области применения апостериорных моделей питания.

В связи с этим цель настоящего обзора – освещение сущности, методов и основных результатов использования эмпирических подходов оценки рациона питания населения.

Результаты. Рассмотрены основные методические особенности методов многомерного анализа – факторного анализа (метода главных компонент) и кластерного анализа, преимущественно использующихся для выделения эмпирических моделей питания. Показаны основные закономерности в выделяемых моделях питания, характеризующие как общие современные тенденции в эпидемиологии питания, так и национальные различия в разных странах и регионах. Рассмотрены результаты исследований влияния моделей питания на некоторые показатели состояния здоровья: сердечно-сосудистые, онкологические заболевания, болезни опорно-двигательного аппарата, сахарный диабет, метаболический синдром и его компоненты, смертность. Дана краткая характеристика немногочисленных российских исследований, использовавших метод главных компонент при выделении эмпирических моделей питания насе-

Финансирование. Исследование выполнено с использованием средств государственного бюджета в рамках государственного задания.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Для цитирования: Максимов С.А., Карамнова Н.С., Шальнова С.А., Драпкина О.М. Эмпирические модели питания и их влияние на состояние здоровья в эпидемиологических исследованиях // *Вопр. питания*. 2020. Т. 89, № 1. С. 6–18. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10001

Статья поступила в редакцию 15.08.2019. **Принята в печать** 24.01.2020.

Funding. The study was carried out as part of the state assignment.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Maksimov S.A., Karamnova N.S., Shalnova S.A., Drapkina O.M. Empirical dietary patterns and their influence on health in epidemiological studies. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (1): 6–18. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10001 (in Russian)

Received 15.08.2019. **Accepted** 24.01.2020.

ления. Применение методов многомерной статистики для выделения моделей питания населения в рамках эмпирической оценки на сегодняшний день является одной из важнейших составляющих эпидемиологии питания в зарубежных странах. Эмпирическая оценка позволяет рассматривать рационы питания населения с фактологической точки зрения и существенно дополняет научные знания, полученные с помощью других эпидемиологических подходов. К настоящему времени накоплен значительный опыт как в разработке методических подходов идентификации моделей питания, так и в анализе их ассоциаций с различными показателями состояния здоровья.

Заключение. Анализ данных литературы свидетельствует о высокой актуальности рассмотренных эпидемиологических подходов и необходимости их апробирования в российских условиях, что, возможно, даст новые знания о закономерностях формирования рациона питания и его влияния на состояние здоровья россиян.

Ключевые слова: модели питания, эпидемиологические исследования, факторный анализ, метод главных компонент, кластерный анализ

The last two or three decades in the epidemiology of nutrition empirical approaches to assessing the diet of the population are increasingly being used. However, in Russian studies, these approaches are used extremely rarely, which may be due to insufficient knowledge of the essence, methodological aspects and the field of application of posterior dietary patterns.

In this regard, the aim of this review was to highlight the essence, methods and main results of using empirical approaches to assessing the diet of the population.

Results. This review discusses the main methodological features of multivariate analysis methods – factor analysis (principal component analysis) and cluster analysis. The main trends of dietary patterns characteristic of the epidemiology of nutrition, and various in different countries and regions are shown. The results of studies of the impact of dietary patterns on some indicators of health status (cardiovascular and oncological diseases, diseases of the musculoskeletal system, diabetes mellitus, metabolic syndrome and its components, mortality) are considered. A brief description of the few Russian studies that used the principal component method in identifying empirical dietary patterns of population is given. In general, this review indicates that the use of multidimensional statistics to highlight population dietary patterns as part of an empirical assessment is nowadays one of the most important components of nutrition epidemiology in different countries. An empirical assessment allows us to consider the diets of the population from a factual point of view and significantly supplements the scientific knowledge obtained using other epidemiological approaches. Currently, considerable experience in the development of methodological approaches to dietary patterns, as well as in the analysis of their associations with various indicators of health status has been accumulated.

Conclusion. All this testifies to the high relevance of the considered epidemiological approaches and the need for their testing in Russian conditions, which, perhaps, will give new knowledge about the dietary patterns formation and its impact on the health status of Russians.

Keywords: dietary patterns, epidemiological studies, factor analysis, principal component analysis, cluster analysis

За последние несколько десятилетий в эпидемиологии питания акцент исследований менялся с рациона питания на конкретные пищевые продукты и обратно. Длительное время в центре внимания традиционно находились макро- и микронутриенты преимущественно из-за того, что недоедание и дефицит пищевых веществ являлись преобладающими болезнями, вызванными рационом питания [1]. Однако социально-экономические и медико-организационные изменения в странах с высоким уровнем дохода и происходящие в большинстве стран с низким и средним уровнем дохода изменили структуру заболеваемости и нозологические причины смертности [2, 3]. На первый план вышли эндогенные

и квазиэндогенные причины, в первую очередь сердечно-сосудистые заболевания, новообразования, сахарный диабет. Пищевые детерминанты этих заболеваний отличаются от детерминант недоедания и дефицита пищевых веществ, и, следовательно, эпидемиологические исследования вышли за рамки подхода с акцентом на конкретные продукты и группы продуктов [1, 4].

Фокусировка на конкретном пищевом веществе или продукте не учитывает многообразия пищевых веществ в целостном рационе питания [5–7]. Кроме того, между пищевыми веществами очевидны многочисленные синергетические и/или антагонистические взаимодействия, что требует оценки качества рациона питания

в целом. Например, в прошлом высокие концентрации холестерина в яйцах привели к появлению рекомендаций по снижению их потребления в рамках снижения сердечно-сосудистого риска [8]. Однако яйца богаты аминокислотами, лецитином и некоторыми микроэлементами, в связи с чем суммарный эффект холестерина и данных пищевых веществ, вероятно, отличается от эффекта только холестерина. Фактически последние данные показывают, что потребление до 1 яйца в день не влияет на риск ишемической болезни сердца (ИБС), а риск инсульта даже снижает [9].

Наконец, при приеме пищи потребляются продукты, а не пищевые вещества, в связи с этим результаты исследований с применением оценки моделей питания в большей степени поддаются интерпретации в практике общественного здравоохранения [1, 10]. Результаты эпидемиологических исследований могут транслироваться в диетические рекомендации еще до того, как механизмы, лежащие в основе наблюдаемых ассоциаций, будут полностью изучены и поняты.

В настоящее время для оценки рационов питания используют два существенно различающихся подхода: теоретические (априорные) и эмпирические (апостериорные) модели питания. В рамках первого подхода для оценки рациона питания населения применяют заранее определенные модели здорового питания, разработанные на основе ранее полученных знаний и научных данных [11], например наиболее известные: Healthy Eating Index (HEI), Diet Quality Index (DQI), Healthy Diet Indicator (HDI), средиземноморская диета (Mediterranean Diet Score, MDS).

Эмпирическая оценка рационов питания населения осуществляется на основе фактических данных структуры потребления пищевых продуктов с помощью многомерных методов статистики [7, 12, 13]. Как правило, это факторный (метод главных компонент, англ. principal component analysis) или кластерный анализ (англ. cluster analysis) [6, 13–16]. Кроме того, в последнее время применяются другие статистические методы: регрессия пониженного ранга (англ. reduced rank regression) [13, 17], регрессии ЛАССО (англ. Least Absolute Shrinkage and Selection Operator, LASSO) [18] и ряд других [19]. Например, в метаанализе (2018 г.) исследований влияния моделей питания на риск переломов костей в 23 из 31 работы использовали факторный анализ, включая метод главных компонент, в 4 – кластерный анализ и еще в 4 – регрессию пониженного ранга [20].

Апостериорные методы оценки пищевого рациона стали широко рассматриваться в качестве нового направления в эпидемиологии питания с начала 2000-х гг. [21], хотя их применение в научной практике началось гораздо раньше. Так, обзор 2004 г. рассматривал уже 93 исследования, начиная с 1980 г., использовавших эмпирические модели питания, в том числе 65 исследований, применявших кластерный или факторный анализ для оценки ассоциаций между особенностями питания и заболеваниями или факторами риска [14]. К настоящему времени оценка эмпирических схем питания яв-

ляется важной составляющей в эпидемиологии питания наряду с анализом отдельных групп продуктов и априорной оценкой рационов.

В то же время российских исследований, применяющих эмпирические подходы к оценке рационов питания, крайне мало. Анализ российской научной литературы позволил найти 1 обзорную публикацию, где рассматриваются результаты применения эмпирических подходов при оценке влияния питания на риск метаболического синдрома [22], а также 6 оригинальных статей, выполненных в рамках анализа структуры питания различных групп населения, преимущественно Кемеровской области [23–28].

В связи этим **целью** настоящего обзора стало освещение сущности, методов и основных результатов использования эмпирических подходов оценки рациона питания населения.

Методы выделения эмпирических моделей питания

Исходными данными для эмпирической оценки рационов питания, как правило, являются полуквантитативные анкеты частоты потребления пищевых продуктов, например Food Frequency Questionnaire (FFQ). Так, обзорное исследование работ с применением методов многомерной статистики в эпидемиологии питания показало применение FFQ в 76% статей из 189 проанализированных публикаций [16].

Как показано выше, основными методами выделения эмпирических моделей питания являются факторный и кластерный анализы. Факторный анализ представляет собой совокупность методов, которые на основе объективно существующих корреляционных взаимосвязей признаков позволяют выявлять латентные (скрытые) обобщающие характеристики структуры изучаемых объектов и их свойств. В привязке к рационам питания, на основе частоты потребления пищевых продуктов факторный анализ на выходе выдает обобщающие переменные («факторы» или «компоненты»), характеризующие модель питания. Наиболее часто из группы методов факторного анализа используется метод главных компонент, основное отличие которого от непосредственно факторного анализа состоит в том, что рассматривается вся изменчивость исходных факторов, в то время как в факторном анализе рассматривается изменчивость только исходного фактора, общего для других исходных факторов. В большинстве случаев эти 2 метода приводят к схожим результатам.

В ходе проведения факторного анализа оценивается исходная пригодность данных и коррелированность переменных. Оценка пригодности, т.е. насколько качественно построенная модель описывает структуру исходных переменных, проводится с помощью критерия Кайзера–Мейера–Олкина. Результаты критерия варьируют в диапазоне от 0 (факторное решение неприемлемо) до 1 (идеальное описание структуры данных факторным решением), как правило, достаточным

является значение критерия от 0,5 до 1. Критерий сферичности Бартлетта позволяет оценить коррелированность исходных переменных: при недостаточной коррелированности (уровень статистической значимости критерия $>0,05$) применение факторного анализа нецелесообразно.

Результатом факторного анализа является факторное решение нагрузок исходных переменных частоты потребления пищевых продуктов на выделенные латентные факторы (модели питания). С целью упрощения полученной структуры нагрузки проводится ее вращение, чаще всего ортогональными методами вращения (Varimax или Quartimax). Далее принимается решение о том, сколько факторов выделять. Наиболее часто выделяют факторы с собственным значением объясняемой дисперсии >1 (критерий Кайзера) либо применяют графический критерий «каменистой осыпи» Кэттелла.

Принадлежность пищевых продуктов к фактору (модели питания) определяется по значению факторной нагрузки, как правило, $>0,2$, но в ряде исследований используют и более высокие значения – до 0,5. По набору пищевых продуктов условно называют выделенные модели питания, например «здоровая», «разумная», «сбалансированная», «традиционная», «западная», «нездоровая», «мясная», «фруктовая» и др.

По результатам факторного анализа каждого участника исследования можно охарактеризовать с точки зрения его приверженности фактору, т.е. дать индивидуальную количественную оценку отношения к выделенным моделям питания. Это является преимуществом факторного анализа перед кластерным, так как позволяет анализировать градиент приверженности моделям питания и использовать количественные значения индивидуальной предрасположенности в линейной регрессии [12, 29–31].

С факторным анализом схож регрессионный анализ пониженного ранга. Преимущество регрессионного анализа пониженного ранга заключается в возможности анализировать 2 разных типа переменных: предикторы и исходы [29]. Это позволяет не только оценить структуру моделей питания, но сразу, в ходе одного подхода исследовать ассоциативные и причинно-следственные зависимости с исходами (биомаркерами, заболеваниями и т.д.). При этом на выходе дается линейная комбинация групп продуктов, которые объясняют максимальные различия в переменных исхода. Регрессионный анализ пониженного ранга довольно «молодой» метод в эпидемиологии питания, начал применяться лишь в начале 2000-х гг., но, как отмечают исследователи, является одним из наиболее перспективных [13, 17].

Кластерный анализ предполагает вместо группировки исходных переменных по их корреляции в факторы кластеризацию участников исследования в соответствии с особенностями их пищевых предпочтений. Таким образом, цель данного метода состоит в том, чтобы распределить участников исследования по группам (кластерам), в которых потребление продуктов относительно однородно. В выделенных кластерах индивидуальная

вариабельность потребления продуктов питания внутри кластера низкая, в то время как вариабельность между кластерами выражена. Разные методы кластерного анализа позволяют с разных сторон оценить возможные кластеры по исходным частотам потребления пищевых продуктов. Как правило, на первом этапе проводят иерархическую кластеризацию для визуального определения оптимального количества кластеров, а далее применяют k -кластеризацию с заранее определенным количеством кластеров. Главное различие факторного и кластерного анализов заключается в том, что в факторном анализе приверженность участников исследования всем выделенным факторам можно охарактеризовать количественно, в то время как в кластерном анализе участники исследования распределяются по взаимоисключающим моделям питания.

Сравнению разных статистических подходов оценки рационов питания, в первую очередь факторного и кластерного анализов, посвящено достаточно много исследований. Так, сравнение метода главных компонент, кластерного анализа и регрессии пониженного ранга [29] позволило авторам охарактеризовать факторный анализ как наиболее формализованный и чаще используемый в исследованиях рационов питания; преимущество кластерного анализа в формировании взаимоисключающих кластеров; регрессию пониженного ранга – как мощный инструмент нахождения ассоциаций между моделями питания и исследуемыми исходами. В целом же сравнение разных статистических подходов не показывает явные преимущества того или иного метода в анализе моделей питания населения: как правило, исследователи сходятся на том, что выбор метода определяется дизайном конкретного исследования [12, 16, 29, 32–34].

Необходимо отметить, что особенностью кластерного и факторного анализа является определенная степень субъективности на ряде этапов проведения [4, 15]. В связи с этим их применение требует оценки устойчивости выделенных моделей питания, что зачастую проводится путем отдельного моделирования, например в гендерных или возрастных группах, группах без выбросов либо на случайных подвыборках [12, 35–39]. Если необходимо качественно сравнить полученные модели питания в разных подвыборках, то в факторном анализе применяется коэффициент конгруэнтности Такера [40].

Эмпирические модели питания

Как правило, при использовании многомерных методов выделения моделей питания преследуют 2 цели: определить структуру потребления пищевых продуктов населением и выявить ассоциации моделей питания с показателями состояния здоровья. Однако в обоих случаях исследователей в первую очередь интересует, насколько «здоровыми» являются выделяемые модели питания по входящим в их состав продуктам. В связи с этим необходимо отметить, что, хотя апостериорный

подход часто позволяет выявить «здоровые» и «нездоровые» модели питания, все-таки довольно часто выявленные модели трудно интерпретируются в плане качества питания для здоровья. Как таковые эти модели могут отражать лишь структуру питания населения, но не всегда могут обеспечить интерпретацию выделенных рационов питания по отношению к состоянию здоровья.

Данные литературы позволяют обобщить следующие модели питания:

- «растительная» и «фрукты и овощи» [41–45] – модели питания характеризуются преимущественным употреблением фруктов и овощей. Очень часто такие модели питания определяются в исследованиях африканских и азиатских стран. Так, систематический обзор эмпирических моделей питания в 8 индийских исследованиях [46] продемонстрировал наиболее частые «фруктово-овощные-злаковые» модели питания, и лишь в ряде случаев к этим моделям добавляется потребление молочных продуктов, мяса и яиц;
- модели питания, обозначаемые как «здоровые», «разумные», «сбалансированные» и «средиземноморские» [42, 47–52], включают преимущественно свежие овощи и фрукты, рыбу и морепродукты, цельнозерновые продукты, а также зачастую мясо птицы [53, 54] и низкожировые молочные продукты [31, 45, 54–56], вино [54, 55]. Иногда такие модели питания обозначаются как «растительные» или «растительные и рыбные» [7, 30, 36, 38, 52];
- модели питания, обозначаемые как «мясные» [30, 37, 41, 42, 45, 50, 57], выделяются на основании высокой частоты потребления красного мяса (свинины, говядины), как правило, жареного, либо в составе сложных блюд, либо переработанных продуктов (закусок, колбас). В данные модели нередко входят и другие продукты животного происхождения (мясо птицы, яйца) [7, 42, 52, 58], а также алкоголь [37, 49, 56]. К «мясным» близки «западные» и «удобные» [7, 31, 36, 38, 47, 51, 53, 54, 59–62] модели питания, отличающиеся высокой частотой потребления картофеля фри, фастфуда, газированных напитков. Нередко «мясные» и «западные» модели питания обозначаются как «нездоровые»;
- «сладкие» [36, 38, 54], «сладкие и жирные» [43, 44], «калорийные» [51, 55] модели питания отличаются преобладанием в рационе кондитерских изделий (сладостей, печенья, кексов, тортов, выпечки, пирогов), мороженого, а также молочных продуктов с высоким содержанием жира [7, 56]. Иногда встречается сочетание продуктов, входящих в модели питания «сладкие» и «закуски», т.е. сочетание высокой частоты потребления сладостей, выпечки, с одной стороны, и соленых закусок, с другой стороны [45, 58];
- во многих исследованиях выделяются специфические для страны или региона модели питания, обозначаемые чаще всего как «традиционные» [31, 33, 35–38, 47–49, 51, 56, 57, 60, 61]. Однако необходимо отметить, что набор продуктов, входящих в состав

данных моделей питания, очень сильно различается. Например, традиционно высокая для Нидерландов частота потребления красного мяса и картофеля наряду с низкой частотой потребления низкожировых молочных продуктов и фруктов, в других странах и исследованиях почти наверняка обозначалась бы как «мясная» или «западная» [55]. В азиатских исследованиях, напротив, «традиционными» зачастую обозначаются «растительные» или «фруктово-овощные» модели.

В обзоре С.А. Borges и соавт. [16] проанализировали смысловую основу названий выделяемых эмпирических моделей питания в 189 публикациях. «Традиционные» модели включали группы продуктов, более распространенных в рационах стран, где проводилось исследование. Модели, обозначенные как «здоровые» и «разумные», включали овощи, фрукты, цельнозерновые продукты, рыбу, нежирные молочные продукты, курицу, сою. «Средиземноморские» модели подразумевали потребление макарон, риса, рыбы, бобовых, растительных масел, обезжиренного молока, овощных салатов, фруктов, вина, а «западные» модели – безалкогольных напитков, пиццы, гамбургеров, мясных полуфабрикатов, сладких напитков, цельного молока, полуфабрикатов, рафинированного зерна, бекона и ветчины.

В ряде других обзорных исследований также рассматривались отдельные аспекты систематизации эмпирических моделей питания [16, 38, 63, 64]. С точки зрения потенциального воздействия на здоровье можно отметить, что выделяют две большие группы схожих в разных странах эмпирических моделей питания: «здоровые»/«растительные»/«разумные»/«сбалансированные», с одной стороны, и «мясные»/«западные», с другой стороны. «Традиционные» модели при этом характеризуют международные, межрегиональные, межрасовые различия питания. Так, S.E. Judd и соавт. [38] отметили, что, когда в исследование включаются гетерогенные группы населения с широким спектром расовых, этнических и социально-экономических групп, наблюдаются уникальные закономерности питания и, соответственно, специфические модели питания.

Интересны результаты сравнения эмпирических моделей питания в 4 европейских когортах (Финляндия, Нидерланды, Швеция, Италия) [39]. Используя единый подход применения факторного анализа, выделены от 3 до 5 устойчивых моделей питания, объяснявших 20–29% общей дисперсии в потреблении групп пищевых продуктов. При этом первые 2 модели питания, которые объясняли большую часть дисперсии, были схожи во всех странах: высокая частота потребления овощей и высокая частота потребления переработанного мяса (в частности, свинины) и картофеля. Авторы сделали вывод, что данные 2 модели характеризуют общеевропейскую кухню, в то время как другие модели питания определяют специфические особенности питания для каждой популяции. Схожие результаты получены при анализе 6 общеевропейских исследований эмпирических моделей питания [6]: за исключением одного ис-

следования, везде были выделены типовые «здоровые» и «западные» модели питания, а в 3 исследованиях показаны специфические для отдельных стран модели.

Японский систематический обзор 2019 г. посвящен анализу воспроизводимости для всего японского населения моделей питания, полученных в отдельных исследованиях [65]. Обзор, включивший 65 публикаций (90 исследований) и 285 различных моделей питания, позволил идентифицировать наиболее часто выявляемые модели («западная», «японская»/«традиционная», «здоровая»/«разумная») и заключить, что некоторые из основных рационов питания относительно воспроизводимы в разных популяциях внутри страны.

Использование эмпирических моделей питания, помимо идентификации имеющихся реальных рационов питания населения, позволяет решать широкий круг задач, включая изменения рационов со временем, межрасовые, региональные и другие различия. Например, интересные результаты показали исследования моделей питания в нескольких временных срезах в пределах одной популяции. Так, показаны изменения со временем моделей питания населения с увеличением преобладания «западной» или «мясной» модели питания в Бангладеш [59] и в Японии [30].

Ряд исследований посвящен сравнению региональных рационов питания [46, 61, 65]. Например, исследование EPIC в 9 европейских странах [43] показало региональный градиент приверженности населения выделенным моделям питания: в странах Южной Европы предпочтительнее отдают «растительной» модели, в странах Северной Европы – «сладкой и жирной» модели питания.

Значительное количество исследований, помимо выявления моделей питания, также оценивает половозрастные и социально-экономические их особенности. В целом можно отметить, что с мужским полом в большей степени ассоциируются «мясные» и «западные», а с женским – «растительные» и «здоровые» модели питания [44, 52]. Более высокое социальное положение (высокий уровень образования, высокий доход, престижные профессии) связано с приверженностью «здоровым» моделям питания в Нидерландах [35], Великобритании [7], Швейцарии [44], Канаде [54], Таиланде [31] и, напротив, в Бразилии [61] и Гватемале [60] – к «западной» модели питания.

Модели питания и здоровье

Изучение влияния эмпирических моделей питания на состояние здоровья активно началось после публикации M.L. Slattery и соавт. [66] в 1998 г. работы по анализу влияния определенных с помощью факторного анализа моделей питания на рак толстой кишки. В еще большей степени активизировалось применение эмпирических подходов после аналитического обзора F.V. Hu 2002 г. [21], который в качестве нового направления в эпидемиологии питания рассматривал апостериорное определение моделей питания и их влияние на сердечно-сосудистые заболевания.

В 2015 г. С.А. Borges и соавт. [16] показали, что из 189 рассмотренных ими публикаций, использовавших апостериорные модели питания, в 147 (78%) статьях оценивали ассоциации с различными показателями состояния здоровья и лишь в 22% провели только описательное/предварительное исследование моделей и/или связали его с социально-экономическими характеристиками населения. 94 из 147 статей посвящены анализу ассоциаций питания с хроническими неинфекционными заболеваниями и их факторами риска, в первую очередь с ожирением ($n=26$) и сердечно-сосудистыми ($n=25$), онкологическими заболеваниями ($n=27$), сахарным диабетом ($n=16$). К настоящему времени количество публикаций по данным тематикам, конечно же, выросло. Рассмотреть все исследования в рамках данного обзора не представляется возможным, поэтому будут представлены преимущественно обобщающие метаанализы либо наиболее доказательные и интересные результаты.

Сердечно-сосудистые заболевания

Первое проспективное изучение по факторному анализу ассоциаций моделей питания и риска развития ИБС было проведено еще в 2000 г. [53]. Показано, что увеличение приверженности «разумной» модели питания снижает риск ИБС в каждом последующем квинтиле приверженности: относительные риски составили 1,0–0,87–0,79–0,75–0,70. Прямо противоположно увеличивается риск ИБС при увеличении приверженности «западной» модели: 1,0–1,21–1,36–1,40–1,64.

Метаанализ 2016 г. показал, что в 7 из 12 проспективных исследований «разумная» модель питания ассоциировалась со снижением риска ИБС на 18–65%, в то время как «западная» модель прямо ассоциировалась в 3 из 11 исследованиях (увеличение риска ИБС на 37–64%) [67]. При этом данные 3 исследований представляли США, тогда как европейские и азиатские проспективные исследования не продемонстрировали негативного воздействия «западной» модели питания на ИБС. Углубленный анализ моделей питания, выделенных в этих исследованиях, показал различия компонентов в зависимости от региона проведения исследования, что, по мнению авторов, может иметь существенное значение в выявленных зависимостях.

Метаанализ 22 наблюдательных исследований 2015 г. [68] показал, что «рациональные»/«здоровые» модели питания в когортных исследованиях ассоциируются со снижением риска сердечно-сосудистых заболеваний [суммарный относительный риск (ОР) = 0,69 при 95% доверительном интервале (ДИ) 0,60–0,78] и ИБС (суммарный ОР=0,83 при 95% ДИ 0,75–0,92). Кроме того, данные модели питания в исследованиях «случай–контроль» также ассоциируются со снижением риска ИБС (суммарный ОР=0,71 при 95% ДИ 0,63–0,80). Связь «западной» модели питания с риском сердечно-сосудистых заболеваний, ИБС и инсультом не подтвердилась, хотя авторы отмечают, что в 5 из рассматриваемых исследованиях «случай–контроль» связь с ИБС была.

В связи с этим любопытны результаты изучения с помощью кластерного анализа ассоциаций вариантов «западной» модели питания с сердечно-сосудистым риском [69]: выделены варианты «пицца и бутерброды», «мясо и бутерброды», «бутерброды и хлебобулочные изделия». Показано, что приверженность первому из этих вариантов по сравнению с двумя другими ассоциируется с меньшим 10-летним риском развития атеросклеротического сердечно-сосудистого заболевания, т.е. «западная» модель питания представляет собой сложную структуру с неоднозначным возможным влиянием на сердечно-сосудистый риск.

Наконец, нельзя не упомянуть о применении факторного анализа в одном из крупнейших и известнейших за последнее время исследований кардиологического риска – INTERHEART [70]. По результатам исследования «разумная» модель питания (высокая частота потребления фруктов и овощей) ассоциировалась со снижением риска инфаркта миокарда во всех квартилях приверженности и с нисходящим трендом значений риска. По «западной» модели (жареная пища, соленые закуски, яйца, мясо) выявлена U-образная связь с низким риском инфаркта миокарда во 2-м квартиле и высоким риском в 3-м и 4-м квартилях.

По артериальной гипертензии метаанализов не проводилось, хотя ее ассоциации с эмпирическими моделями питания рассматривались во многих исследованиях. Снижение вероятности артериальной гипертензии при «разумных», «здоровых» или «сбалансированных» моделях питания регистрировалось в бразильском [51], индийском (Мумбаи) [45], польском [71], нидерландском [55], бангладешском [42] поперечных исследованиях. Последующее проспективное исследование в Бангладеш [72] показало, что увеличение на единицу стандартного отклонения приверженности «сбалансированной» модели питания ассоциируется с ежегодным замедлением роста систолического артериального давления на 0,06 мм рт.ст. и на 0,08 мм рт.ст. пульсового давления. Напротив, увеличение вероятности заболевания отмечалось при высокой приверженности «западным» моделям в Таиланде [73] и Бангладеш [72, 42].

Онкологические заболевания

Обзор J.A. Lindgren и соавт. исследований 2011–2012 гг. [63] по связи диеты с развитием рака молочной железы рассматривал 6 работ, включавших эмпирическую оценку моделей питания. Результаты анализа свидетельствуют о прямых ассоциациях рака молочной железы с приверженностью «нездоровым»/«западным» моделям и обратных – к «здоровым»/«разумным». «Традиционные» модели питания в целом не показали значимых ассоциаций, отдельные негативные эффекты приверженности им объяснялись конкретными компонентами диеты, например алкоголем.

В 2019 г. V. Garcia-Larsen и соавт. [64] опубликован систематический обзор и метаанализ 28 исследований связи колоректального рака и моделей питания, выделенных с помощью метода главных компонент.

«Западные»/«нездоровые» модели питания ассоциируются с повышенным риском рака прямой кишки [отношение шансов (ОШ) = 1,25 при 95% ДИ 1,11–1,40] и раком толстой кишки (ОШ=1,30 при 95% ДИ 1,11–1,52). «Разумные»/«здоровые» модели питания отрицательно ассоциируются с раком прямой кишки (ОШ=0,81 при 95% ДИ 0,73–0,91). Кроме того, анализ в стратификационных подгруппах показал, что выявленные закономерности наиболее характерны для популяций стран Северной и Южной Америки.

Сахарный диабет, метаболический синдром и его компоненты

Многочисленные исследования проведены по выявлению зависимости сахарного диабета от моделей питания с использованием апостериорных подходов. В целом в исследованиях выявляются схожие закономерности, обобщенные в метаанализе проспективных исследований 2017 г. [74]. «Мясные»/«западные»/«нездоровые» модели питания (красное и обработанное мясо, рафинированное зерно, молочные продукты с высоким содержанием жира, яйца, жареные продукты) прямо ассоциируются с сахарным диабетом 2 типа (ОР=1,44 при 95% ДИ 1,27–1,62). Модели питания, включавшие преимущественно овощи, бобовые, фрукты, птицу и рыбу, обратно ассоциируются с сахарным диабетом (ОР=0,84 при 95% ДИ 0,77–0,91). Регрессия пониженного ранга использовала связанные с диабетом биомаркеры для выявления закономерностей. Эти модели характеризовались высоким потреблением рафинированного зерна, подслащенных сахаром безалкогольных напитков и переработанного мяса, и все они в значительной степени были связаны с риском сахарного диабета.

Значительное количество исследований в разных странах рассматривали влияние приверженности моделям питания на компоненты метаболического синдрома (концентрация триглицеридов, общего холестерина и его фракций, глюкозы) [32, 37, 50, 55, 75]. Например, только по ожирению и абдоминальному ожирению показаны прямые ассоциации с приверженностью моделям, преимущественно включавшим высокую частоту потребления мяса, в Таиланде [75], Буркина-Фасо [62], Польше [71], Великобритании [7], у женщин Гватемалы [37]. Обратная ассоциация с «разумной» моделью выявлена в бразильском исследовании [51]. В 5 из 6 индийских исследований показано, что у лиц, приверженных моделям питания с высоким содержанием жиров и сахара (сладости, закуски и продукты животного происхождения), выше индекс массы тела [46]. В 1 исследовании модель питания, характеризующаяся потреблением фруктов, закусок и мяса, была связана со значительно меньшим индексом массы тела.

В обзоре 2019 г. P. Saeedi и соавт. [76] рассмотрено 27 исследований 2008–2018 гг., использовавших факторный анализ при оценке связи питания с компонентами метаболического синдрома у детей. Основные закономерности, показанные авторами, соответствуют таковым во взрослой популяции: снижение вероятности

ожирения при «здоровых» моделях питания, увеличение вероятности гиперхолестеринемии, гипертриглицеридемии, гипергликемии, инсулинорезистентности при «нездоровых». Кроме того, показаны неоднозначные ассоциации моделей «быстрого питания» и «перекусы» (сладости, белый хлеб/булочки, крекеры/печенье и выпечка, а также продукты с высоким содержанием жира и сахара, такие как картофель фри и пирожные) с ожирением.

Заболевания опорно-двигательной системы

В систематическом обзоре I. Bloom и соавт. 2018 г. рассмотрены 23 публикации по ассоциациям моделей питания и саркопении у лиц старшего возраста [77]. Помимо априорных исследований, обзор включил 4 поперечных и 3 продольных исследования с длительностью наблюдения от 3 до 16 лет, в которых применялись факторный анализ, метод главных компонент или кластерный анализ для выделения моделей питания. В целом обзор I. Bloom и соавт. свидетельствует об ассоциациях «здоровых» эмпирических моделей питания с отсутствием мышечной атрофии и риском снижения физической работоспособности, хотя авторы отмечают некоторую ограниченность и противоречивость приведенных доказательств. При этом «здоровые» модели питания, как правило, подразумевали высокую частоту потребления фруктов, овощей, жирной рыбы и цельного зерна. В обзоре 2019 г. A. Granic и соавт. дополнительно изучили еще 4 исследования с использованием эмпирической оценки питания и заключили, что их результаты неоднозначны [78]. Авторы отметили наиболее убедительные доказательства ассоциации между «западными» моделями питания и нарушениями мобильности и физической работоспособности пожилых.

Систематический обзор E. Denova-Gutiérrez и соавт. 2018 г. [20] объединил 31 исследование по влиянию питания на минеральную плотность костей и риск переломов, где применялись эмпирические методы оценки моделей питания. Метаанализ рассматриваемых исследований показал низкий риск переломов при приверженности «разумным»/«здоровым» моделям питания (высокая частота потребления овощей, фруктов, рыбы, нежирной домашней птицы, бобовых, орехов, цельного зерна), ОШ между наиболее и наименее приверженными составило 0,81 при 95% ДИ 0,69–0,95. Напротив, у мужчин при наибольшей приверженности к «западным»/«нездоровым» (высокая частота потребления красного и обработанного мяса, мяса птицы с кожей, растительного масла, безалкогольных напитков, гамбургеров, хот-догов, мороженого, пончиков, маргарина и сливочного масла) моделям питания риск переломов выше (ОШ=1,10 при 95% ДИ 1,02–1,19).

Смертность

Метаанализ 13 проспективных когортных исследований [79] показал обратную связь между «разумной»/«здоровой» моделью питания и риском смерти от всех причин (суммарный ОР составил 0,76 при

95% ДИ 0,68–0,86) и от сердечно-сосудистых заболеваний (суммарный ОР составил 0,81 при 95% ДИ 0,75–0,87). Связь между данными моделями питания и риском смерти от инсульта не выявлена, как не выявлены связи между «западными»/«нездоровыми» моделями питания и смертностью от всех причин, от сердечно-сосудистых заболеваний и от инсульта.

Последующие проспективные исследования частично подтвердили эти результаты. Так, в американском проспективном исследовании REGARDS [36] из 6 выделенных моделей питания лишь приверженность «южной» модели ассоциировалась с увеличением риска смерти от всех причин (ОР=1,57 при 95% ДИ 1,28–1,91). «Южная» модель включала традиционные для юго-восточной части США продукты: жареная пища, яйца и блюда из яиц, обработанное красное мясо и сладкие напитки.

Результаты крупного проспективного японского исследования [80] показали, что приверженность «разумной» модели питания (овощи, фрукты, соевые продукты, картофель, морские водоросли, грибы и рыба) связана со снижением риска смертности от всех причин (ОР=0,82 при 95% ДИ 0,77–0,86) и от сердечно-сосудистых заболеваний (ОР=0,72 при 95% ДИ 0,64–0,79). Однако любопытно, что «западная» модель питания (мясо, в том числе переработанное, хлеб и молочные продукты) также была обратно связана с риском смертности от всех причин, от новообразований и от сердечно-сосудистых заболеваний.

Российские исследования

Как уже отмечалось выше, российские исследования, применявшие эмпирические подходы оценки питания, в основном ограничены несколькими группами населения Кемеровской области. Анализ частоты потребления групп пищевых продуктов у школьников Кемеровской области показал существенные различия приверженности моделям питания в зависимости от численности населения мест проживания [25]. При этом с увеличением размера населенного пункта отмечалась положительная тенденция снижения приверженности высококалорийным моделям питания и увеличение частоты потребления продуктов с высокой пищевой плотностью. Исследование структуры питания школьников одного из городов Кемеровской области (Междуреченск) позволило выделить две модели, в целом характеризующиеся высокой частотой потребления высококалорийных пищевых продуктов на фоне снижения потребления особо ценных [27]. Выделение моделей питания школьников с помощью метода главных компонент также проводилось в Ханты-Мансийске [23], в результате чего выявлены возрастные различия приверженности наиболее благоприятной (из всех выделенных) модели питания, характеризующейся высокой частотой потребления фруктов, соков, макаронных изделий, газированных напитков, рыбы и морепродуктов, солений.

На выборке преподавателей общеобразовательных школ Кемерово проанализирована возможность применения метода главных компонент для оценки рациона питания населения и проведено сравнение результатов, полученных с помощью метода главных компонент и кластерного анализа [24]. В рамках многоцентрового эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ выделены модели питания населения Кемеровской области [26]. По 3 из 4 моделей питания выявлены ассоциации с возрастно-половой структурой и уровнем образования населения, по двум моделям – множественные ассоциации с маркерами сердечно-сосудистого риска (артериальным давлением, обхватом талии, уровнями холестерина, триглицеридов, глюкозы, наличием артериальной гипертензии, ожирения, гипертриглицеридемии). Применение метода главных компонент при анализе структуры питания коренного населения Горной Шории позволило выделить модели питания, свидетельствующие о смене пищевой парадигмы, т.е. ухода от традиционных принципов питания и переходу на использование в питании современных пищевых продуктов [28].

Необходимо отметить, что во всех российских исследованиях эмпирических моделей применение метода главных компонент методически несколько отличалось от зарубежных аналогов тем, что по индиви-

дуальным значениям приверженности выделенным моделям проводили группировку участников исследования во взаимоисключающие категории приверженности.

Заключение

Таким образом, применение методов многомерной статистики (факторный и кластерный анализы) для выделения моделей питания населения в рамках эмпирической оценки на сегодняшний день является одной из важнейших составляющих эпидемиологии питания в зарубежных странах. Эмпирическая оценка позволяет рассматривать рационы питания населения с фактологической точки зрения и существенно дополняет научные знания, полученные с помощью других эпидемиологических подходов. С начала 2000-х гг. накоплен значительный опыт как в разработке методических подходов идентификации моделей питания, так и анализа их ассоциаций с различными показателями состояния здоровья. Все это свидетельствует о высокой актуальности рассмотренных эпидемиологических подходов и необходимости их апробации в российских условиях, что, возможно, даст новые знания о закономерностях формирования рациона питания и его влияния на состояние здоровья россиян.

Сведения об авторах

ФГБУ «НМИЦ ПМ» Минздрава России (Москва, Российская Федерация):

Максимов Сергей Алексеевич (Sergey A. Maksimov) – доктор медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела эпидемиологии хронических неинфекционных заболеваний

E-mail: m1979sa@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0545-2586>

Карамнова Наталья Станиславовна (Natalia S. Karamnova) – кандидат медицинских наук, руководитель лаборатории эпидемиологии питания отдела эпидемиологии хронических неинфекционных заболеваний

E-mail: NKaramnova@gnicpm.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8604-712X>

Шальнова Светлана Анатольевна (Svetlana A. Shalnova) – доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела эпидемиологии хронических неинфекционных заболеваний

E-mail: sshalnova@gnicpm.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2087-6483>

Драпкина Оксана Михайловна (Oksana M. Drapkina) – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор

E-mail: ODrapkina@gnicpm.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4453-8430>

Литература

1. Tapsell L.C., Neale E.P., Satija A., Hu F.B. Foods, nutrients, and dietary patterns: interconnections and implications for dietary guidelines // *Adv. Nutr.* 2016. Vol. 7, N 3. P. 445–454.
2. Roth G.A., Abate D., Abate K.H., Abay S.M., Abbafati C., Abbasi N. et al. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 // *Lancet.* 2018. Vol. 392, N 10159. P. 1736–1788.
3. Артамонова Г.В., Максимов С.А. Болезни системы кровообращения в современном обществе. Кемерово: ООО «Фирма ПОЛИГРАФ», 2017. 212 с.
4. Tapsell L.C., Neale E.P., Probst Y. Dietary patterns and cardiovascular disease: insights and challenges for considering food groups and nutrient sources // *Curr. Atheroscler. Rep.* 2019. Vol. 21, N 3. P. 9.
5. Jacobs D.R., Gross M.D., Tapsell L.C. Food synergy: an operational concept for understanding nutrition // *Am. J. Clin. Nutr.* 2009. Vol. 89, N 5. P. 1543S–1548S.

6. Jannasch F., Riordan F., Andersen L.F., Schulze M.B. Exploratory dietary patterns: a systematic review of methods applied in pan-European studies and of validation studies // *Br. J. Nutr.* 2018. Vol. 120, N 6. P. 601–611.
7. Roberts K., Cade J., Dawson J., Holdsworth M. Empirically derived dietary patterns in UK adults are associated with sociodemographic characteristics, lifestyle, and diet quality // *Nutrients.* 2018. Vol. 10, N 2. P. E177.
8. Krauss R.M., Eckel R.H., Howard B., Appel L.J., Daniels S.R., Deckelbaum R.J. et al. AHA Dietary Guidelines: revision 2000: a statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association // *Circulation.* 2000. Vol. 102, N 18. P. 2284–2299.
9. Alexander D.D., Miller P.E., Vargas A.J., Weed D.L., Cohen S.S. Meta-analysis of egg consumption and risk of coronary heart disease and stroke // *J. Am. Coll. Nutr.* 2016. Vol. 35, N 8. P. 704–716.
10. Cespedes E.M., Hu F.B. Dietary patterns: from nutritional epidemiologic analysis to national guidelines // *Am. J. Clin. Nutr.* 2015. Vol. 101, N 5. P. 899–900.
11. Wajers P.M., Feskens E.J., Ocké M.C. A critical review of predefined diet quality scores // *Br. J. Nutr.* 2007. Vol. 97, N 2. P. 219–231.
12. Thorpe M.G., Milte C.M., Crawford D., McNaughton S.A. A comparison of the dietary patterns derived by principal component analysis and cluster analysis in older Australians // *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 2016. Vol. 13. P. 30.
13. Ocké M.C. Evaluation of methodologies for assessing the overall diet: dietary quality scores and dietary pattern analysis // *Proc. Nutr. Soc.* 2013. Vol. 72, N 2. P. 191–199.
14. Newby P.K., Tucker K.L. Empirically derived eating patterns using factor or cluster analysis: a review // *Nutr. Rev.* 2004. Vol. 62, N 5. P. 177–203.
15. Schulze M.B., Martínez-González M.A., Fung T.T., Lichtenshtein A.H., Forouhi N.G. Food based dietary patterns and chronic disease prevention // *BMJ.* 2018. Vol. 361. P. k2396.
16. Borges C.A., Rinaldi A.E., Conde W.L., Mainardi G.M., Behar D., Slater B. Dietary patterns: a literature review of the methodological characteristics of the main step of the multivariate analyzes // *Rev. Bras. Epidemiol.* 2015. Vol. 18, N 4. P. 837–857.
17. Weikert C., Schulze M.B. Evaluating dietary patterns: the role of reduced rank regression // *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 2016. Vol. 19, N 5. P. 341–346.
18. Zhang F., Taper T.M., Gou J. Application of a new dietary pattern analysis method in nutritional epidemiology // *BMC Med. Res. Methodol.* 2018. Vol. 18, N 1. P. 119.
19. Joo J., Williamson S.A., Vazquez A.I., Fernandez J.R., Bray M.S. Advanced dietary patterns analysis using sparse latent factor models in young adults // *J. Nutr.* 2018. Vol. 148, N 12. P. 1984–1992.
20. Denova-Gutiérrez E., Méndez-Sánchez L., Muñoz-Aguirre P., Tucker K.L., Clark P. Dietary patterns, bone mineral density, and risk of fractures: a systematic review and meta-analysis // *Nutrients.* 2018. Vol. 10, N 12. P. E1922.
21. Hu F.B. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology // *Curr. Opin. Lipidol.* 2002. Vol. 13, N 1. P. 3–9.
22. Кунцевич А.К. Риск метаболического синдрома и питание населения // *Ожирение и метаболизм.* 2015. Т. 12, № 1. С. 3–10.
23. Максимов С.А., Куракин М.С., Евсельева Е.В., Максимова Е.В. Факторный анализ при определении стереотипов пищевого поведения школьников // *Ползуновский вестник.* 2012. № 2/2. С. 55–59.
24. Максимов С.А., Иванова О.А., Зинчук С.Ф. Применение факторного анализа при определении стереотипов пищевого поведения населения // *Гигиена и санитария.* 2013. № 2. С. 45–47.
25. Максимов С.А., Куракин М.С., Максимова Е.В. Особенности формирования стереотипов пищевого поведения школьников в зависимости от уровня урбанизации // *Российский педиатрический журнал.* 2012. № 6. С. 52–55.
26. Максимов С.А., Табакаев М.В., Данильченко Я.В., Мулерева Т.А., Индукаева Е.В., Артамонова Г.В. Стереотипы пищевого поведения и состояние сердечно-сосудистой системы населения // *Гигиена и санитария.* 2017. № 6. С. 585–589.
27. Тапешкина Н.В., Перевалов А.Я., Попкова Л.В. Формирование стереотипов пищевого поведения у детей в зависимости от возраста // *Сибирский научный медицинский журнал.* 2018. Т. 38, № 4. С. 121–126.
28. Цыганкова Д.П., Мулерева Т.А., Огарков М.Ю., Саарела Е.Ю., Барбараш О.Л. Основные принципы питания и пищевое поведение у современных жителей Горной Шории // *Профилактическая медицина.* 2016. Т. 19, № 4. С. 47–51.
29. Cunha D.B., Almeida R.M., Pereira R.A. A comparison of three statistical methods applied in the identification of eating patterns // *Cad. Saude. Publica.* 2010. Vol. 26, N 11. P. 2138–2148.
30. Murakami K., Livingstone M.B.E., Sasaki S. Thirteen-year trends in dietary patterns among Japanese adults in the National Health and Nutrition Survey 2003–2015: continuous westernization of the Japanese diet // *Nutrients.* 2018. Vol. 10, N 8. P. E994.
31. Papier K., Jordan S., D'Este C., Banwell C., Yiengprugsawan V., Seubsman S.A. et al. Social demography of transitional dietary patterns in Thailand: prospective evidence from the Thai Cohort Study // *Nutrients.* 2017. Vol. 9, N 11. P. E1173.
32. Newby P.K., Muller D., Tucker K.L. Associations of empirically derived eating patterns with plasma lipid biomarkers: a comparison of factor and cluster analysis methods // *Am. J. Clin. Nutr.* 2004. Vol. 80, N 3. P. 759–767.
33. Hearty A.P., Gibney M.J. Comparison of cluster and principal component analysis techniques to derive dietary patterns in Irish adults // *Br. J. Nutr.* 2009. Vol. 101, N 4. P. 598–608.
34. Stricker M.D., Onland-Moret N.C., Boer J.M., van der Schouw Y.T., Verschuren W.M., May A.M., et al. Dietary patterns derived from principal component- and k-means cluster analysis: long-term association with coronary heart disease and stroke // *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2013. Vol. 23, N 3. P. 250–256.
35. Dekker L.H., Nicolaou M., van Dam R.M. et al. Socio-economic status and ethnicity are independently associated with dietary patterns: the HELIUS-Dietary Patterns study // *Food Nutr. Res.* 2015. Vol. 59. P. 26317.
36. Shikany J.M., Safford M.M., Bryan J. et al. Dietary patterns and Mediterranean diet score and hazard of recurrent coronary heart disease events and all-cause mortality in the REGARDS Study // *J. Am. Heart Assoc.* 2018. Vol. 7, N 14. P. e008078.
37. Ford N.D., Jaacks L.M., Martorell R. et al. Dietary patterns and cardio-metabolic risk in a population of Guatemalan young adults // *BMC Nutr.* 2017. Vol. 3. P. 68.
38. Judd S.E., Letter A.J., Shikany J.M. et al. Dietary patterns derived using exploratory and confirmatory factor analysis are stable and generalizable across race, region, and gender subgroups in the REGARDS Study // *Front. Nutr.* 2015. Vol. 1. P. 29.
39. Balder H.F., Virtanen M., Brants H.A. et al. Common and country-specific dietary patterns in four European cohort studies // *J. Nutr.* 2003. Vol. 133, N 12. P. 4246–4251.
40. Bedeian A.G., Armenakis A.A., Randolph W.A. The significance of congruence coefficients: a comment and statistical test // *J. Management.* 1988. Vol. 14, N 4. P. 559–566.
41. Boateng D., Galbete C., Nicolaou M. et al. Dietary patterns are associated with predicted 10-year risk of cardiovascular disease among Ghanaian populations: the Research on Obesity and Diabetes in African Migrants (RODAM) Study // *J. Nutr.* 2019. Vol. 149, N 5. P. 755–769.
42. Chen Y., Factor-Litvak P., Howe G.R. et al. Nutritional influence on risk of high blood pressure in Bangladesh: a population-based cross-sectional study // *Am. J. Clin. Nutr.* 2006. Vol. 84, N 5. P. 1224–1232.
43. Bamia C., Orfanos P., Ferrari P. et al. Dietary patterns among older Europeans: the EPIC-Elderly study // *Br. J. Nutr.* 2005. Vol. 94, N 1. P. 100–113.
44. Marques-Vidal P., Waeber G., Vollenweider P., Guessous I. Socio-demographic and lifestyle determinants of dietary patterns in French-speaking Switzerland, 2009–2012 // *BMC Public Health.* 2018. Vol. 18, N 1. P. 131.

45. Daniel C.R., Prabhakaran D., Kapur K. et al. A cross-sectional investigation of regional patterns of diet and cardio-metabolic risk in India // *Nutr. J.* 2011. Vol. 10. P. 12.
46. Green R., Milner J., Joy E.J. et al. Dietary patterns in India: a systematic review // *Br. J. Nutr.* 2016. Vol. 116, N 1. P. 142–148.
47. Soleimani D., Ranjbar G., Rezvani R. et al. Dietary patterns in relation to hepatic fibrosis among patients with nonalcoholic fatty liver disease // *Diabetes Metab. Syndr. Obes.* 2019. Vol. 12. P. 315–324.
48. de Castro M.B., Vilela A.A.F., de Oliveira A.S. et al. Sociodemographic characteristics determine dietary pattern adherence during pregnancy // *Public Health Nutr.* 2016. Vol. 19, N 7. P. 1245–1251.
49. Betancourt-Nuñez A., Márquez-Sandoval F., González-Zapata L.I. et al. Unhealthy dietary patterns among healthcare professionals and students in Mexico // *BMC Public Health.* 2018. Vol. 18, N 1. P. 1246.
50. Denova-Gutiérrez E., Castañón S., Talavera J.O. et al. Dietary patterns are associated with metabolic syndrome in an urban Mexican population // *J. Nutr.* 2010. Vol. 140, N 10. P. 1855–1863.
51. Silveira B.K.S., de Novaes J.F., Reis N.A. et al. “Traditional” and “Healthy” dietary patterns are associated with low cardiometabolic risk in Brazilian subjects // *Cardiol. Res. Pract.* 2018. Vol. 2018. P. 4585412.
52. Nettleton J.A., Polak J.F., Tracy R. et al. Dietary patterns and incident cardiovascular disease in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis // *Am. J. Clin. Nutr.* 2009. Vol. 90, N 3. P. 647–654.
53. Hu F.B., Rimm E.B., Stampfer M.J. et al. Prospective study of major dietary patterns and risk of coronary heart disease in men // *Am. J. Clin. Nutr.* 2000. Vol. 72, N 4. P. 912–921.
54. Trudeau K., Rousseau M.C., Csizmadia I., Parent M.E. Dietary patterns among French-speaking men residing in Montreal, Canada // *Prev. Med. Rep.* 2018. Vol. 13. P. 205–213.
55. van Dam R.M., Grievink L., Ocké M.C., Feskens E.J. Patterns of food consumption and risk factors for cardiovascular disease in the general Dutch population // *Am. J. Clin. Nutr.* 2003. Vol. 77, N 5. P. 1156–1163.
56. Pryer J.A., Nichols R., Elliott P. et al. Dietary patterns among a national random sample of British adults // *J. Epidemiol. Community Health.* 2001. Vol. 55, N 1. P. 29–37.
57. He F., Wang L.L., Yu X.L. Dietary patterns associated hyperuricemia among Chinese aged 45 to 59 years: An observational study // *Medicine (Baltimore).* 2017. Vol. 96, N 50. P. e9248.
58. Satija A., Hu F.B., Bowen L. et al. Dietary patterns in India and their association with obesity and central obesity // *Public Health Nutr.* 2015. Vol. 18, N 16. P. 3031–3041.
59. Waid J.L., Sinharoy S.S., Ali M. et al. Dietary patterns and determinants of changing diets in Bangladesh from 1985 to 2010 // *Curr. Dev. Nutr.* 2018. Vol. 3, N 4. P. nzy091.
60. Mayén A.L., Stringhini S., Ford N.D. et al. Socioeconomic predictors of dietary patterns among Guatemalan adults // *Int. J. Public Health.* 2016. Vol. 61, N 9. P. 1069–1077.
61. Borges C.A., Slater B., Santaliestra-Pasías A.M. Dietary patterns in European and Brazilian adolescents: comparisons and associations with socioeconomic factors // *Nutrients.* 2018. Vol. 10, N 1. P. E57.
62. Becquey E., Savy M., Danel P. et al. Dietary patterns of adults living in Ouagadougou and their association with overweight // *Nutr. J.* 2010. Vol. 9. P. 13.
63. Lindgren J.A., Vernarelli J.A., Savage-Williams J., Hartman T.J. Is usual dietary pattern related to the risk of developing breast cancer? // *Curr. Nutr. Rep.* 2013. Vol. 2, N 2. P. 90–96.
64. Garcia-Larsen V., Morton V., Norat T. et al. Dietary patterns derived from principal component analysis (PCA) and risk of colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2019. Vol. 73, N 3. P. 366–386.
65. Murakami K., Shinozaki N., Fujiwara A. et al. A systematic review of principal component analysis-derived dietary patterns in Japanese adults: are major dietary patterns reproducible within a country? // *Adv. Nutr.* 2019. Vol. 10, N 2. P. 237–249.
66. Slattery M.L., Boucher K.M., Caan B.J. et al. Eating patterns and risk of colon cancer // *Am. J. Epidemiol.* 1998. Vol. 148, N 1. P. 4–16.
67. Steffen L.M., Hootman K.C. A posteriori data-derived dietary patterns and incident coronary heart disease: Making sense of inconsistent findings // *Curr. Nutr. Rep.* 2016. Vol. 5, N 3. P. 168–179.
68. Rodríguez-Monforte M., Flores-Mateo G., Sánchez E. Dietary patterns and CVD: a systematic review and meta-analysis of observational studies // *Br. J. Nutr.* 2015. Vol. 114, N 9. P. 1341–1359.
69. Kuczmarski F.M., Bodt B.A., Shupe S.E. et al. Dietary patterns associated with lower 10-year atherosclerotic cardiovascular disease risk among urban African-American and white adults consuming Western diets // *Nutrients.* 2018. Vol. 10, N 2. P. E158.
70. Iqbal R., Anand S., Ounpuu S. et al. Dietary patterns and the risk of acute myocardial infarction in 52 countries: results of the INTERHEART study // *Circulation.* 2008. Vol. 118, N 19. P. 1929–1937.
71. Czekajło A., Różańska D., Zatońska K. et al. Association between dietary patterns and metabolic syndrome in the selected population of Polish adults—results of the PURE Poland Study // *Eur. J. Public Health.* 2019. Vol. 29, N 2. P. 335–340.
72. Jiang J., Liu M., Parvez F. et al. Association of major dietary patterns and blood pressure longitudinal change in Bangladesh // *J. Hypertens.* 2015. Vol. 33, N 6. P. 1193–1200.
73. Shi Z., Papier K., Yiengprugsawan V. et al. Dietary patterns associated with hypertension risk among adults in Thailand: 8-year findings from the Thai Cohort Study // *Public Health Nutr.* 2019. Vol. 22, N 2. P. 307–313.
74. Jannasch F., Kröger J., Schulze M.B. Dietary patterns and type 2 diabetes: a systematic literature review and meta-analysis of prospective studies // *J. Nutr.* 2017. Vol. 147, N 6. P. 1174–1182.
75. Chupanit P., Muktabhant B., Schelp F.P. Dietary patterns and their association with the components of metabolic syndrome: a cross-sectional study of adults from northeast Thailand // *Version 2. F1000Res.* 2018. Vol. 7. P. 905.
76. Saedi P., Shavandi A., Skidmore P.M.L. What do we know about diet and markers of cardiovascular health in children: a review // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2019. Vol. 16, N 4. P. E548.
77. Bloom I., Shand C., Cooper C. et al. Diet quality and sarcopenia in older adults: A systematic review // *Nutrients.* 2018. Vol. 10. P. 308.
78. Granic A., Sayer A.A., Robinson S.M. Dietary patterns, skeletal muscle health, and sarcopenia in older adults // *Nutrients.* 2019. Vol. 11, N 4. P. E745.
79. Li F., Hou L.N., Chen W. et al. Associations of dietary patterns with the risk of all-cause, CVD and stroke mortality: a meta-analysis of prospective cohort studies // *Br. J. Nutr.* 2015. Vol. 113, N 1. P. 16–24.
80. Nanri A., Mizoue T., Shimazu T. et al. Dietary patterns and all-cause, cancer, and cardiovascular disease mortality in Japanese men and women: the Japan public health center-based prospective study // *PLoS One.* 2017. Vol. 12, N 4. P. e0174848.

References

1. Tapsell L.C., Neale E.P., Satija A., Hu F.B. Foods, nutrients, and dietary patterns: interconnections and implications for dietary guidelines. *Adv Nutr.* 2016; 7 (3): 445–54.
2. Roth G.A., Abate D., Abate K.H., Abay S.M., Abbafati C., Abbasi N., et al. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet.* 2018; 392 (10159): 1736–88.
3. Artamonova G.V., Maksimov S.A. Circulatory system diseases in modern society. Kemerovo: Firma POLIGRAF; 2017: 212 p. (in Russian)

4. Tapsell L.C., Neale E.P., Probst Y. Dietary patterns and cardiovascular disease: insights and challenges for considering food groups and nutrient sources. *Curr Atheroscler Rep.* 2019; 21 (3): 9.
5. Jacobs D.R., Gross M.D., Tapsell L.C. Food synergy: an operational concept for understanding nutrition. *Am J Clin Nutr.* 2009; 89 (5): 1543S–8S.
6. Jannasch F., Riordan F., Andersen L.F., Schulze M.B. Exploratory dietary patterns: a systematic review of methods applied in pan-European studies and of validation studies. *Br J Nutr.* 2018; 120 (6): 601–11.
7. Roberts K., Cade J., Dawson J., Holdsworth M. Empirically derived dietary patterns in UK adults are associated with sociodemographic characteristics, lifestyle, and diet quality. *Nutrients.* 2018; 10 (2): E177.
8. Krauss R.M., Eckel R.H., Howard B., Appel L.J., Daniels S.R., Deckelbaum R.J., et al. AHA Dietary Guidelines: revision 2000: a statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association. *Circulation.* 2000; 102 (18): 2284–99.
9. Alexander D.D., Miller P.E., Vargas A.J., Weed D.L., Cohen S.S. Meta-analysis of egg consumption and risk of coronary heart disease and stroke. *J Am Coll Nutr.* 2016; 35 (8): 704–16.
10. Cespedes E.M., Hu F.B. Dietary patterns: from nutritional epidemiologic analysis to national guidelines. *Am J Clin Nutr.* 2015; 101 (5): 899–900.
11. Wajjers P.M., Feskens E.J., Ocké M.C. A critical review of pre-defined diet quality scores. *Br J Nutr.* 2007; 97 (2): 219–31.
12. Thorpe M.G., Milte C.M., Crawford D., McNaughton S.A. A comparison of the dietary patterns derived by principal component analysis and cluster analysis in older Australians. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2016; 13: 30.
13. Ocké M.C. Evaluation of methodologies for assessing the overall diet: dietary quality scores and dietary pattern analysis. *Proc Nutr Soc.* 2013; 72 (2): 191–9.
14. Newby P.K., Tucker K.L. Empirically derived eating patterns using factor or cluster analysis: a review. *Nutr Rev.* 2004; 62 (5): 177–203.
15. Schulze M.B., Martínez-González M.A., Fung T.T., Lichtenstein A.H., Forouhi N.G. Food based dietary patterns and chronic disease prevention. *BMJ.* 2018; 361: k2396.
16. Borges C.A., Rinaldi A.E., Conde W.L., Mainardi G.M., Behar D., Slater B. Dietary patterns: a literature review of the methodological characteristics of the main step of the multivariate analyzes. *Rev Bras Epidemiol.* 2015; 18 (4): 837–57.
17. Weikert C., Schulze M.B. Evaluating dietary patterns: the role of reduced rank regression. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2016; 19 (5): 341–6.
18. Zhang F., Tapera T.M., Gou J. Application of a new dietary pattern analysis method in nutritional epidemiology. *BMC Med Res Methodol.* 2018; 18 (1): 119.
19. Joo J., Williamson S.A., Vazquez A.I., Fernandez J.R., Bray M.S. Advanced dietary patterns analysis using sparse latent factor models in young adults. *J Nutr.* 2018; 148 (12): 1984–92.
20. Denova-Gutiérrez E., Méndez-Sánchez L., Muñoz-Aguirre P., Tucker K.L., Clark P. Dietary patterns, bone mineral density, and risk of fractures: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients.* 2018; 10 (12): E1922.
21. Hu F.B. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. *Curr Opin Lipidol.* 2002; 13 (1): 3–9.
22. Kuntsevich A.K. The risk of metabolic syndrome and nutrition. *Ozhirenii i metabolism [Obesity and Metabolism].* 2015; 12 (1): 3–10. (in Russian)
23. Maksimov S.A., Kurakin M.S., Evsel'eva E.V., Maksimova E.V. Factor analysis in the presence of stereotypes of eating behavior of schoolchildren. *Polzunovskij vestnik [Polzunovsky Bulletin].* 2012; (2/2): 55–9. (in Russian)
24. Maksimov S.A., Ivanova O.A., Zinchuk S.F. The use of factor analysis in determining the dietary patterns in the population. *Gigiena i sanitaria [Hygiene and Sanitation].* 2013; (2): 45–7. (in Russian)
25. Maksimov S.A., Kurakin M.S., Maksimova E.V. Stereotypes of food behaviour of pupils depending on an urban saturation of a place of residing: application factor analysis. *Rossiiskii pedi-atricheskii zhurnal [Russian Pediatric Journal].* 2012; (6): 52–5. (in Russian)
26. Maksimov S.A., Tabakaev M.V., Danilchenko Y.V., Mulerova T.A., Indukaeva E.V., Artamonova G.V. Dietary patterns and cardiovascular health of the population (ESSE-RF) study in the Kemerovo region. *Gigiena i sanitaria [Hygiene and sanitation].* 2017; (6): 585–9. (in Russian)
27. Tapeschkina N.V., Perevalov A.Y., Popkova L.V. Formation of food behavior stereotypes in children depending on age. *Sibirskiy nauchnyy medicinskiy zhurnal [Siberian Branch of Medical Sciences].* 2018; 38 (4): 121–6. (in Russian)
28. Tsygankova D.P., Mulerova T.A., Ogarkov M.Yu., Saarela E.Yu., Barbarash O.L. Basic nutrition principles and eating behavior in modern inhabitants of Gornaya Shoria. *Profilakticheskaya meditsina [Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health].* 2016; 19 (4): 47–51. (in Russian)
29. Cunha D.B., Almeida R.M., Pereira R.A. A comparison of three statistical methods applied in the identification of eating patterns. *Cad Saude Publica.* 2010; 26, (11): 2138–48.
30. Murakami K., Livingstone M.B.E., Sasaki S. Thirteen-year trends in dietary patterns among Japanese adults in the National Health and Nutrition Survey 2003–2015: continuous westernization of the Japanese diet. *Nutrients.* 2018; 10 (8): E994.
31. Papier K., Jordan S., D'Este C., Banwell C., Yiengprugsawan V., Seubsman S.A., et al. Social demography of transitional dietary patterns in Thailand: prospective evidence from the Thai Cohort Study. *Nutrients.* 2017; 9 (11): E1173.
32. Newby P.K., Muller D., Tucker K.L. Associations of empirically derived eating patterns with plasma lipid biomarkers: a comparison of factor and cluster analysis methods. *Am J Clin Nutr.* 2004; 80 (3): 759–67.
33. Hearty A.P., Gibney M.J. Comparison of cluster and principal component analysis techniques to derive dietary patterns in Irish adults. *Br J Nutr.* 2009; 101 (4): 598–608.
34. Stricker M.D., Onland-Moret N.C., Boer J.M., van der Schouw Y.T., Verschuren W.M., May A.M., et al. Dietary patterns derived from principal component- and k-means cluster analysis: long-term association with coronary heart disease and stroke. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2013; 23 (3): 250–6.
35. Dekker L.H., Nicolaou M., van Dam R.M., et al. Socio-economic status and ethnicity are independently associated with dietary patterns: the HELIUS-Dietary Patterns study. *Food Nutr Res.* 2015; 59: 26317.
36. Shikany J.M., Safford M.M., Bryan J., et al. Dietary patterns and Mediterranean diet score and hazard of recurrent coronary heart disease events and all-cause mortality in the REGARDS Study. *J Am Heart Assoc.* 2018; 7 (14): e008078.
37. Ford N.D., Jaacks L.M., Martorell R., et al. Dietary patterns and cardio-metabolic risk in a population of Guatemalan young adults. *BMC Nutr.* 2017; 3: 68.
38. Judd S.E., Letter A.J., Shikany J.M., et al. Dietary patterns derived using exploratory and confirmatory factor analysis are stable and generalizable across race, region, and gender subgroups in the REGARDS Study. *Front Nutr.* 2015; 1: 29.
39. Balder H.F., Virtanen M., Brants H.A., et al. Common and country-specific dietary patterns in four European cohort studies. *J Nutr.* 2003; 133 (12): 4246–51.
40. Bedeian A.G., Armenakis A.A., Randolph W.A. The significance of congruence coefficients: a comment and statistical test. *J Management.* 1988; 14 (4): 559–66.
41. Boateng D., Galbete C., Nicolaou M., et al. Dietary patterns are associated with predicted 10-year risk of cardiovascular disease among Ghanaian populations: the Research on Obesity and Diabetes in African Migrants (RODAM) Study. *J Nutr.* 2019; 149 (5): 755–69.
42. Chen Y., Factor-Litvak P., Howe G.R., et al. Nutritional influence on risk of high blood pressure in Bangladesh: a population-based cross-sectional study. *Am J Clin Nutr.* 2006; 84 (5): 1224–32.
43. Bamia C., Orfanos P., Ferrari P., et al. Dietary patterns among older Europeans: the EPIC-Elderly study. *Br J Nutr.* 2005; 94 (1): 100–13.

44. Marques-Vidal P., Waeber G., Vollenweider P., Guessous I. Socio-demographic and lifestyle determinants of dietary patterns in French-speaking Switzerland, 2009–2012. *BMC Public Health*. 2018; 18 (1): 131.
45. Daniel C.R., Prabhakaran D., Kapur K., et al. A cross-sectional investigation of regional patterns of diet and cardio-metabolic risk in India. *Nutr J*. 2011; 10: 12.
46. Green R., Milner J., Joy E.J., et al. Dietary patterns in India: a systematic review. *Br J Nutr*. 2016; 116 (1): 142–8.
47. Soleimani D., Ranjbar G., Rezvani R., et al. Dietary patterns in relation to hepatic fibrosis among patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2019; 12: 315–24.
48. de Castro M.B., Vilela A.A.F., de Oliveira A.S., et al. Sociodemographic characteristics determine dietary pattern adherence during pregnancy. *Public Health Nutr*. 2016; 19 (7): 1245–51.
49. Betancourt-Nuñez A., Márquez-Sandoval F., González-Zapata L.I., et al. Unhealthy dietary patterns among healthcare professionals and students in Mexico. *BMC Public Health*. 2018; 18 (1): 1246.
50. Denova-Gutiérrez E., Castañón S., Talavera J.O., et al. Dietary patterns are associated with metabolic syndrome in an urban Mexican population. *J Nutr*. 2010; 140 (10): 1855–63.
51. Silveira B.K.S., de Novaes J.F., Reis N.A., et al. «Traditional» and «Healthy» dietary patterns are associated with low cardio-metabolic risk in Brazilian subjects. *Cardiol Res Pract*. 2018; 2018: 4585412.
52. Nettleton J.A., Polak J.F., Tracy R., et al. Dietary patterns and incident cardiovascular disease in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Am J Clin Nutr*. 2009; 90 (3): 647–54.
53. Hu F.B., Rimm E.B., Stampfer M.J., et al. Prospective study of major dietary patterns and risk of coronary heart disease in men. *Am J Clin Nutr*. 2000; 72 (4): 912–21.
54. Trudeau K., Rousseau M.C., Csizmadí I., Parent M.E. Dietary patterns among French-speaking men residing in Montreal, Canada. *Prev Med Rep*. 2018; 13: 205–13.
55. van Dam R.M., Grievink L., Ocké M.C., Feskens E.J. Patterns of food consumption and risk factors for cardiovascular disease in the general Dutch population. *Am J Clin Nutr*. 2003; 77 (5): 1156–63.
56. Pryer J.A., Nichols R., Elliott P., et al. Dietary patterns among a national random sample of British adults. *J Epidemiol Community Health*. 2001; 55 (1): 29–37.
57. He F., Wang L.L., Yu X.L. Dietary patterns associated hyperuricemia among Chinese aged 45 to 59 years: An observational study. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96 (50): e9248.
58. Satija A., Hu F.B., Bowen L., et al. Dietary patterns in India and their association with obesity and central obesity. *Public Health Nutr*. 2015; 18 (16): 3031–41.
59. Waid J.L., Sinharoy S.S., Ali M., et al. Dietary patterns and determinants of changing diets in Bangladesh from 1985 to 2010. *Curr Dev Nutr*. 2018; 3 (4): nzy091.
60. Mayén A.L., Stringhini S., Ford N.D., et al. Socioeconomic predictors of dietary patterns among Guatemalan adults. *Int J Public Health*. 2016; 61 (9): 1069–77.
61. Borges C.A., Slater B., Santaliestra-Pasías A.M. Dietary patterns in European and Brazilian adolescents: comparisons and associations with socioeconomic factors. *Nutrients*. 2018; 10 (1): E57.
62. Becquey E., Savy M., Danel P., et al. Dietary patterns of adults living in Ouagadougou and their association with overweight. *Nutr J*. 2010; 9: 13.
63. Lindgren J.A., Vernarelli J.A., Savage-Williams J., Hartman T.J. Is usual dietary pattern related to the risk of developing breast cancer? *Curr Nutr Rep*. 2013; 2 (2): 90–6.
64. Garcia-Larsen V., Morton V., Norat T., et al. Dietary patterns derived from principal component analysis (PCA) and risk of colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Clin Nutr*. 2019; 73 (3): 366–86.
65. Murakami K., Shinozaki N., Fujiwara A., et al. A systematic review of principal component analysis-derived dietary patterns in Japanese adults: are major dietary patterns reproducible within a country? *Adv Nutr*. 2019; 10 (2): 237–49.
66. Slattery M.L., Boucher K.M., Caan B.J., et al. Eating patterns and risk of colon cancer. *Am J Epidemiol*. 1998; 148 (1): 4–16.
67. Steffen L.M., Hootman K.C. A posteriori data-derived dietary patterns and incident coronary heart disease: Making sense of inconsistent findings. *Curr Nutr Rep*. 2016; 5 (3): 168–79.
68. Rodríguez-Monforte M., Flores-Mateo G., Sánchez E. Dietary patterns and CVD: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Br J Nutr*. 2015; 114 (9): 1341–59.
69. Kuczmarski F.M., Bodt B.A., Shupe S.E., et al. Dietary patterns associated with lower 10-year atherosclerotic cardiovascular disease risk among urban African-American and white adults consuming Western diets. *Nutrients*. 2018; 10 (2): E158.
70. Iqbal R., Anand S., Ounpuu S., et al. Dietary patterns and the risk of acute myocardial infarction in 52 countries: results of the INTERHEART study. *Circulation*. 2008; 118 (19): 1929–37.
71. Czekajło A., Różańska D., Zatońska K., et al. Association between dietary patterns and metabolic syndrome in the selected population of Polish adults—results of the PURE Poland Study. *Eur. J. Public Health*. 2019; 29 (2): 335–40.
72. Jiang J., Liu M., Parvez F., et al. Association of major dietary patterns and blood pressure longitudinal change in Bangladesh. *J Hypertens*. 2015; 33 (6): 1193–200.
73. Shi Z., Papier K., Yiengprugsawan V., et al. Dietary patterns associated with hypertension risk among adults in Thailand: 8-year findings from the Thai Cohort Study. *Public Health Nutr*. 2019; 22 (2): 307–13.
74. Jannasch F., Kröger J., Schulze M.B. Dietary patterns and type 2 diabetes: a systematic literature review and meta-analysis of prospective studies. *J Nutr*. 2017; 147 (6): 1174–82.
75. Chupanit P., Muktabhant B., Schelp F.P. Dietary patterns and their association with the components of metabolic syndrome: a cross-sectional study of adults from northeast Thailand. Version 2. *F1000Res*. 2018; 7: 905.
76. Saeedi P., Shavandi A., Skidmore P.M.L. What do we know about diet and markers of cardiovascular health in children: a review. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16 (4): E548.
77. Bloom I., Shand C., Cooper C., et al. Diet quality and sarcopenia in older adults: A systematic review. *Nutrients*. 2018; 10: 308.
78. Granic A., Sayer A.A., Robinson S.M. Dietary patterns, skeletal muscle health, and sarcopenia in older adults. *Nutrients*. 2019; 11 (4): E745.
79. Li F., Hou L.N., Chen W., et al. Associations of dietary patterns with the risk of all-cause, CVD and stroke mortality: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Br J Nutr*. 2015; 113 (1): 16–24.
80. Nanri A., Mizoue T., Shimazu T., et al. Dietary patterns and all-cause, cancer, and cardiovascular disease mortality in Japanese men and women: the Japan public health center-based prospective study. *PLoS One*. 2017; 12 (4): e0174848.

Для корреспонденции

Барило Анна Александровна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории клинической патофизиологии Научно-исследовательского института медицинских проблем Севера – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН

Адрес: 660022, Российская Федерация, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 3г

Телефон: (391) 228-06-81, 228-06-83

E-mail: anntomsk@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5349-9122>

Барило А.А., Смирнова С.В.

Роль алиментарных факторов и пищевой аллергии в развитии псориаза

The role of nutritional factors and food allergy in the development of psoriasis

Barilo A.A., Smirnova S.V.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера, 660022, г. Красноярск, Российская Федерация

Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center» of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Scientific Research Institute of Medical Problems of the North, 660022, Krasnoyarsk, Russian Federation

Псориаз представляет собой хроническое рецидивирующее заболевание, поражающее около 2% населения земного шара и приводящее к медико-социальным потерям. В современной литературе встречаются данные о влиянии алиментарных факторов на течение псориаза.

Цель – анализ современной отечественной и зарубежной литературы, посвященной изучению роли алиментарных факторов, пищевой аллергии и состояния желудочно-кишечного тракта в этиопатогенезе псориаза.

Материал и методы. При подготовке статьи были использованы электронные ресурсы: портал PubMed/MEDLINE, «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU». Запрашивали следующие фильтры и ключевые слова: псориаз и питание, пищевая аллергия и псориаз, гастроинтестинальные проявления и псориаз, диета и псориаз, ожирение и псориаз.

Результаты и обсуждение. Обсуждается роль питания в качестве предиктора развития псориазических высыпаний на коже и обострения заболевания. Подробно анализируются механизмы положительного влияния коррекции метаболических нарушений на течение кожного процесса у больных псориазом. Отмечено, что необходимы дальнейшие исследования, направленные на изучение эффективности соблюдения низкокалорийной диеты при

Финансирование. Обзор литературы выполнен при поддержке Совета по грантам при Президенте РФ (МК-396.2020.7).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Для цитирования: Барило А.А., Смирнова С.В. Роль алиментарных факторов и пищевой аллергии в развитии псориаза // *Вопр. питания.* 2020. Т. 89, № 1. С. 19–27. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10002

Статья поступила в редакцию 02.12.2019. **Принята в печать** 24.01.2020.

Funding. A literature review was supported by the Presidential Grants Council (МК-396.2020.7).

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation: Barilo A.A., Smirnova S.V. The role of nutritional factors and food allergy in the development of psoriasis. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition].* 2020; 89 (1): 19–27. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10002 (in Russian)

Received 02.12.2019. **Accepted** 24.01.2020.

псориазе. Особое внимание уделяется роли пищевой аллергии и патологии желудочно-кишечного тракта в этиопатогенезе псориазической болезни. Отмечается, что у больных псориазом наблюдаются структурные и функциональные нарушения в желудочно-кишечном тракте, которые приводят к метаболическим изменениям, эндотоксинемии и аутосенсibilизации организма. Обсуждается роль непереносимости некоторых пищевых продуктов в развитии псориаза. Большинство имеющихся данных свидетельствуют о высокой частоте встречаемости целиакии и непереносимости глютена у больных псориазом, однако сведения об эффективности соблюдения безглютеновой диеты противоречивы. Привлечено внимание к «нецелиакийной чувствительности к глютену», ассоциированной с псориазом, которая представляет собой синдром не аллергического, не аутоиммунного генеза, проявляющийся непереносимостью глютена и характеризующийся схожими с целиакией симптомами. Отмечено повышение частоты встречаемости высокой концентрации специфических IgE к аллергенам картофеля и моркови у больных псориазом, что, вероятнее всего, отражает перекрестные реакции с пыльцевыми аллергенами. Обсуждается гипотеза о поражении желудочно-кишечного тракта при пищевой аллергии у больных псориазом, которое может быть отражением системного дерматогastroинтестинального процесса и манифестировать псориазическими высыпаниями на коже. Подробно описан механизм противовоспалительного эффекта, связанного с соблюдением средиземноморской диеты при псориазе.

Заключение. Приведенные в статье данные позволяют рассматривать роль питания в этиопатогенезе псориаза с позиции влияния как алиментарных факторов, так и пищевых аллергенов, что необходимо учитывать при назначении лечебного питания и элиминационной диеты в сочетании со стандартной системной терапией.

Ключевые слова: псориаз, питание, редуцированная диета, пищевая аллергия, желудочно-кишечный тракт, целиакия

Psoriasis is a chronic relapsing disease that affects about 2% of the world's population and leads to medical and social losses. There is evidence of the effect of nutritional factors on the course of psoriasis in modern literature.

The aim of the research was to analyze modern domestic and foreign literature on the role of nutritional factors, food allergies and the state of the gastrointestinal tract in the etiopathogenesis of psoriasis

Material and methods. The electronic resources were used in preparing the article: the PubMed/MEDLINE portal, "Scientific Electronic Library eLIBRARY.RU". The following filters and keywords were requested: psoriasis and nutrition, food allergies and psoriasis, gastrointestinal manifestations and psoriasis, diet and psoriasis, obesity and psoriasis.

Results and discussion. The role of nutrition as a predictor of the development of psoriatic skin rashes and exacerbation of the disease has been discussed. The mechanisms of the positive influence of the correction of metabolic disorders on skin processes in patients with psoriasis have been analyzed. It has been noted that further studies are needed to study the effectiveness of a low-calorie diet for psoriasis treatment. Particular attention has been paid to the role of food allergy and pathology of the gastrointestinal tract in the etiopathogenesis of psoriatic disease. It is noted that in patients with psoriasis, structural and functional disorders in the gastrointestinal tract are observed, which lead to metabolic changes, endotoxemia and auto-sensitization of the body. The role of intolerance to certain foods in the development of psoriasis has been discussed. Most of the available data indicate a high incidence of celiac disease and gluten intolerance in patients with psoriasis, however, information about the effectiveness of a gluten-free diet is controversial. Attention is drawn to the "non-celiac gluten sensitivity" associated with psoriasis, which represents a syndrome of neither allergic nor autoimmune genesis, which is manifested by gluten intolerance and characterized by symptoms similar to celiac disease. An increase in the frequency of occurrence of a high concentration of specific IgE to potato and carrot allergens in patients with psoriasis is noted, which most likely reflects cross-reactions with pollen allergens. An interesting hypothesis is the discussion of a lesion of the gastrointestinal tract in the presence of food allergies in patients with psoriasis, which may be a reflection of the systemic dermatogastrointestinal process and manifest psoriatic rashes on the skin. The mechanism of the anti-inflammatory effect associated with adhering to the Mediterranean diet for psoriasis is described in detail.

Conclusion. The data presented allow us to consider the role of nutrition in the etiopathogenesis of psoriasis as significant, both from the point of view of the influence of nutritional factors and food allergens, that must be taken into account when prescribing therapeutic nutrition and elimination diet in combination with standard systemic therapy.

Keywords: psoriasis, nutrition, low-calorie diet, food allergy, gastrointestinal tract, celiac disease

Псориаз (ПС) представляет собой хроническое рецидивирующее заболевание, поражающее около 2% населения земного шара и приводящее к медико-социальным потерям [1, 2]. В патогенезе ПС ведущую роль играют иммунопатологические механизмы, связанные с активацией иммунокомпетентных клеток и повышением в сыворотке крови уровня цитокинов, вырабатываемых Th1/17-лимфоцитами. Показано, что образ жизни, включающий питание, сон, физическую активность, ассоциирован с развитием воспалительных заболеваний кожи в результате влияния на IL-23/17 – главный иммунопатогенетический каскад при ПС [3]. Как проявление иммуноопосредованного системного воспали-

тельного процесса ПС возникает в результате сложного взаимодействия генетической предрасположенности и факторов окружающей среды [4]. Многочисленными исследованиями доказана тесная связь ПС с рационом питания с высоким содержанием жиров, избыточной массой тела и ожирением [5]. Мультифакториальная природа ПС требует тщательного изучения роли питания, поскольку приверженность здоровому и сбалансированному питанию способствует уменьшению степени тяжести клинических проявлений заболевания и предотвращению прогрессирования патологии, следовательно, значительно улучшает качество жизни больных [6]. Таким образом, устранение управляемых факторов

риска развития псориазической болезни, таких как нерациональное питание и избыточная масса тела, приводит к модулированию системного воспалительного ответа и является важным в комплексном ведении больных [7]. Разнообразие рекомендаций нутрициологов о стратегии питания при ПС указывает на необходимость анализа влияния пищевых факторов на клиническое течение заболевания.

Статья представляет собой обзор с анализом современной отечественной и зарубежной литературы, посвященной изучению роли алиментарных факторов, пищевой аллергии и состояния желудочно-кишечного тракта в этиопатогенезе псориаза.

При подготовке статьи были использованы электронные ресурсы: портал PubMed/MEDLINE, «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU». Поиск отдельных данных в интернете выполняли с помощью поисковых систем www.google.com и www.yandex.ru. Запрашивали следующие фильтры и ключевые слова: псориаз и питание, пищевая аллергия и псориаз, гастроинтестинальные проявления и псориаз, диета и псориаз, ожирение и псориаз. В обзор преимущественно включены научные источники не старше 10 лет.

В современной литературе встречаются данные о влиянии алиментарных факторов на течение ПС [8, 9]. Доказано, что алиментарные факторы нередко являются предикторами развития ПС и его обострений [8]. Использование в комплексе лечебных мероприятий низкокалорийной диеты способствовало выраженному клиническому улучшению течения кожного процесса при ПС, поскольку данный тип питания оказывает влияние на обмен полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) и уровень эйкозаноидов, способствующих подавлению воспалительных процессов [9]. Описаны случаи тяжелого течения ПС, связанного с ускоренной потерей макро- и микронутриентов в результате гиперпролиферации и десквамации эпидермиса [10, 11]. Однако в других исследованиях не выявлено статистически значимой ассоциации нерационального питания с развитием псориазической болезни [12]. Следовательно, данный вопрос требует детального изучения.

За последние десятилетия значительно возрос интерес к роли метаболических нарушений в патогенезе ПС. Известно, что наличие метаболического синдрома ассоциировано со степенью тяжести клинических проявлений ПС [13, 14]. Отмечают повышенный риск развития сердечно-сосудистых заболеваний при ПС, который связывают с высокой частотой встречаемости ожирения и метаболического синдрома [15–17]. В исследованиях на животных доказано, что пища с избыточным содержанием жиров приводит к увеличению продукции IL-17A $\gamma\delta$ -Т-клетками, что способствует формированию псориазических очагов поражения кожи [5]. Поэтому многие авторы уделяют особое внимание положительной роли низкокалорийной диеты на течение ПС. Нельзя не отметить, что применение низкокалорийных и вегетарианских диет, программ по снижению массы тела способствовало уменьшению тяжести клинического течения

ПС и являлось протективным фактором в развитии высыпаний на коже у людей с ожирением, что может быть связано с угнетением системной воспалительной реакции в результате нормализации липидного профиля и метаболических изменений [11, 18, 19].

В двойном слепом рандомизированном контролируемом клиническом исследовании отмечено, что низкокалорийная диета с последующим снижением массы тела усиливала терапевтический ответ на циклоспорин у пациентов с ожирением и вульгарным ПС средней и тяжелой степени тяжести в сравнении с контрольной группой [6, 20]. Такой же результат был получен в проспективном рандомизированном контролируемом исследовании влияния 24-недельной низкокалорийной диеты (≤ 1000 ккал/сут) у больных ПС с избыточной массой тела. Определено, что больные ПС, получавшие низкокалорийную диету, имели значительно большее снижение степени тяжести ПС и массы тела в сравнении с контрольной группой [6, 21].

В другом рандомизированном исследовании было изучено влияние снижения массы тела на фоне низкокалорийной диеты и физических упражнений в течение 20 нед у пациентов с ПС и избыточной массой тела, не достигших ремиссии через 4 нед непрерывной системной терапии. Были выделены 2 группы: в одной группе в качестве терапии применялся комплекс, включавший низкокалорийную диету и физические нагрузки с упражнениями для снижения массы тела, а другая группа получила только консультирование о пользе снижения массы тела при псориазической болезни. По результатам исследования снижение показателя степени тяжести ПС (Psoriasis Area and Severity Index, PASI) было статистически значимо выше в группе больных, получавших комплексное лечение (диета + физические нагрузки) [6, 22]. Кроме того, определено, что применение низкокалорийной диеты снижает массу тела и улучшает течение кожного процесса при ПС и может использоваться в качестве вспомогательного метода дополнительно к системной терапии циклоспорином и метотрексатом [6, 23].

Некоторые авторы полагают, что монотерапии с назначением низкокалорийной диеты недостаточно для поддержания низкого значения PASI, поскольку пациенты не могут придерживаться длительного ограничения калорийности пищи и часто самостоятельно прекращают лечение [6, 24]. В исследованиях, проводимых P. Jensen и соавт., сообщается, что пациенты с ПС и ожирением, придерживающиеся редуцированной диеты (800–1200 ккал/сут) в течение 16 нед, показали значительное уменьшение степени тяжести клинических проявлений ПС по индексу PASI с сохранением полученных результатов в течение года [6, 25]. Между тем в другом исследовании после 24 нед соблюдения низкокалорийной диеты рецидив ПС был отмечен уже на 12-й неделе [6, 24]. Также имеются данные, что снижение массы тела более чем на 5%, независимо от типа диеты во время лечения анти-TNF- α препаратами, способствовало улучшению клинического течения ПС [6, 26].

Таким образом, остается открытым вопрос о влиянии низкокалорийной диеты на течение ПС. Необходимы дальнейшие исследования, которые покажут, действительно ли уменьшение калорийности пищи приводит к улучшению течения ПС либо положительный эффект обусловлен лишь снижением массы тела и, как следствие, нормализацией липидного обмена.

За последние десятилетия значительно возрос интерес к здоровому рациональному питанию, которое снижает риск хронического воспаления желудочно-кишечного тракта [6, 11]. Среди наиболее популярных типов питания следует выделить *средиземноморский*. Отмечена высокая приверженность пациентов с избыточной массой тела средиземноморскому типу питания [27]. Традиционная средиземноморская диета – это один из вариантов здорового питания, который характеризуется обилием растительных продуктов и злаков, зеленых и желтых овощей, салатов, бобовых, хлеба, макаронных изделий, фруктов и орехов, а также умеренным потреблением рыбы, птицы, молочных продуктов и яиц. Кроме того, во время еды обычно употребляются различные вина в умеренных количествах. В средиземноморской диете ограничиваются животные жиры, содержащиеся в сливочном масле, сливках и сале. Основным источником жиров является оливковое масло. Данный тип питания статистически значительно снижает риск метаболических нарушений и системного воспаления в результате высокого содержания антиоксидантов, полифенолов, каротиноидов, фолиевой кислоты, цинка, селена, витаминов С и Е в употребляемых продуктах [6, 11, 27]. Метаболизм ПНЖК наиболее активен в коже. Следовательно, дефицит незаменимых жирных кислот в коже может способствовать гиперпролиферации кератиноцитов и увеличению проницаемости эпидермального барьера. Кроме того, у больных ПС отмечается дефицит линолевой кислоты, которая является компонентом керамидов эпидермиса и препятствует эпидермальной потере воды [6]. Нельзя не отметить роль ПНЖК семейства ω -3 – эйкозапентаеновой кислоты, которая является ключевым метаболитом, участвующим в снижении концентрации провоспалительных цитокинов путем конкурентного противодействия арахидоновой кислоте [28].

Среди основных компонентов средиземноморской диеты потребление оливкового масла и рыбы ассоциировано со снижением концентрации С-реактивного белка в сыворотке крови и степени тяжести ПС [29]. Между тем установлено, что потребление высококалорийных продуктов с низким содержанием макро- и микронутриентов, даже после интенсивной термической обработки, приводит к увеличению уровня С-реактивного белка в сыворотке крови [27].

Среди больных ПС отмечается низкая приверженность средиземноморской диете и избыточное потребление углеводов в сравнении с контрольной группой [30]. В другом исследовании пациентам с ПС рекомендовано ограничение потребления пищевых продуктов, подвергнутых тепловой обработке в соприкосновении с жиром, а также копченостей, кофеина, продуктов, содержащих

пищевую добавку глутамат натрия [31]. Эти данные в перспективе дают возможность предположить приверженность средиземноморскому типу питания среди больных ПС [6].

Следовательно, широкое разнообразие продуктов, входящих в состав средиземноморской диеты, способствует постоянному поступлению пищевых веществ, обладающих протективным эффектом в отношении развития ПС [6, 11].

Общеизвестно положительное влияние метаболитов витамина D при наружной терапии ПС [32]. Витамин D является ключевым медиатором иммунных и воспалительных механизмов [33]. Иммунорегуляторные свойства витамина D опосредованы индукцией регуляторных Т-клеток (Treg). Низкая концентрация витамина D ассоциирована с уменьшением количества циркулирующих регуляторных Т-клеток, что приводит к нарушению иммунологического гомеостаза и воспалительному процессу при ПС [6]. Холекальциферол (витамин D₃) синтезируется под действием ультрафиолетовых лучей в коже и поступает в организм человека с пищей. Активная форма витамина D₃ и его рецептор регулируют пролиферацию кератиноцитов, кожный иммунный барьер и процессы апоптоза. Последние исследования показали, что у пациентов с ПС определяется низкая концентрация витамина D, коррелирующая со степенью тяжести заболевания [34]. Несмотря на это, мнение о положительном влиянии витамина D остается неоднозначным. Существуют данные об отсутствии положительного действия витамина D на ПС при пероральном приеме препарата [35–38]. Таким образом, пациентам с ПС в настоящее время не рекомендуется дополнительный прием витамина D в случае его нормальной концентрации в сыворотке крови. Однако при дефиците витамина D в сыворотке крови рекомендовано восполнить депо с помощью его препаратов для предотвращения заболеваний, сопутствующих ПС [23].

При системном псориазическом процессе отмечены структурные и функциональные нарушения в желудочно-кишечном тракте, представленные дегенеративными и дистрофическими изменениями эпителиоцитов, воспалительной стромальной инфильтрацией слизистой оболочки желудка и двенадцатиперстной кишки, патологическими изменениями микробиоценоза и проницаемости стенки кишки для углеводов и жиров, что приводит к метаболическим изменениям, эндотоксинемии и аутоенсибилизации организма [39, 40]. Доказана этиопатогенетическая роль нарушения обмена веществ и патологии желудочно-кишечного тракта, поджелудочной железы, гепатобилиарной системы в поддержании воспалительной реакции при ПС [41, 42]. Установлено, что патология органов пищеварения при ПС чаще представлена специфическими и неспецифическими изменениями в ротовой полости, воспалительными заболеваниями кишечника, неалкогольной жировой болезнью печени, целиакией [40, 42].

Поскольку отмечается стремительный рост заболеваемости аллергией по всем нозологическим формам,

интересным представляется изучение роли пищевой аллергии в развитии ПС. В последнее время сообщается о повышении частоты встречаемости атопии у больных с псориатическим поражением кожи [43–45]. Известно, что заболевания пищеварительной системы могут иметь ассоциацию с различными кожными проявлениями, в том числе с ПС [40, 42, 46]. В свою очередь, гастроинтестинальные проявления в виде поражения слизистой пищевода, желудка, двенадцатиперстной, тонкой и толстой кишки, печени и поджелудочной железы – наиболее частые при пищевой аллергии [47]. Наличие пищевой аллергии может способствовать повреждению органов пищеварения, приводящих к нарушению их барьерной функции, повышая проницаемость и всасываемость аллергенов и эндотоксинов. При этом вовлечение желудочно-кишечного тракта в системный аллергический процесс при пищевой аллергии у больных ПС является отражением развития дерматогастроинтестинального клинического симптомокомплекса [47].

В связи с этим значительный интерес представляют работы по изучению роли пищевой аллергии при ПС. Так, J. Skavland и соавт. показали, что некоторые антигены пшеницы при ПС могут вызывать гиперактивный иммунный ответ с экспрессией кожного антигена лимфоцитов [48].

Особый интерес представляет изучение связи между ПС и целиакией. В метаанализе показано увеличение частоты встречаемости целиакии у больных ПС [49]. Целиакия – заболевание тонкой кишки, характеризующееся воспалением слизистой оболочки, атрофией ворсин и гиперплазией крипт при воздействии глютена, который состоит из двух типов белков: глиадина и глютеина [50].

Имеющиеся в литературе данные о непереносимости глютена при ПС в подавляющем большинстве случаев свидетельствуют об эффективности соблюдения безглютеновой диеты больными ПС в сочетании с целиакией [51, 52]. При этом данные о роли белков злаков в развитии псориатической болезни крайне немногочисленны, что требует их дальнейшего детального изучения.

Кроме того, в литературе встречаются описания клинических случаев регресса высыпаний на коже при соблюдении безглютеновой диеты у больных ПС с непереносимостью глютена [50, 53, 54]. При этом многие исследователи рекомендуют безглютеновую диету только больным ПС с положительным результатом на серологические маркеры чувствительности к глютену [11, 23]. В исследовании G. Michaëlsson 3-месячное соблюдение безглютеновой диеты у пациентов с ПС с повышенными антителами к глиадину в 73% случаев отметили снижение степени тяжести заболевания по PASI [52]. В другом клиническом исследовании у больных ПС с положительным титром антител к глиадину было показано, что безглютеновая диета снижает экспрессию трансглутаминазы в тканях [55].

Напротив, есть данные об отсутствии улучшения кожного процесса после 6 мес безглютенового режима

питания у больных ПС, причем частота встречаемости целиакии в группе больных составила 0,3% [56]. В недавно проведенном метаанализе не подтвердилась роль употребления глютена как фактора риска развития ПС и псориатического артрита [51].

Таким образом, не существует единого мнения о пользе безглютеновой диеты при ПС, поскольку в литературе встречаются разноречивые данные о распространенности целиакии и результатах диетотерапии. Также нельзя не отметить, что в литературе существует понятие «нецелиакийная чувствительность к глютену». Последняя представляет синдром не аллергического, не аутоиммунного генеза, проявляющийся непереносимостью глютена и характеризующийся симптомами, сходными с целиакией [57]. У больных с нецелиакийной чувствительностью к глютену отмечена ассоциация с ПС [57]. Есть сведения о положительной роли безглютеновой диеты у больных ПС в сочетании с интестинальными симптомами, у которых была диагностирована нецелиакийная чувствительность к глютену [46].

Что касается влияния других пищевых аллергенов на развитие и течение ПС, следует указать на повышение частоты встречаемости высокой концентрации специфических IgE к аллергенам картофеля и моркови, отражающее перекрестные реакции с пыльцевыми аллергенами, поскольку у данной группы больных также определено повышение чувствительности к пыльце березы, артемизии, тимофеевки и ржи [44]. Поскольку данные о влиянии пищевых аллергенов на развитие и течение ПС в литературе немногочисленны, это открывает перспективы для дальнейшего изучения роли пищевой аллергии в этиопатогенезе псориатической болезни.

Заключение

Необходимость соблюдения лечебного режима питания при ПС, вероятно, обусловлена наличием фоновой патологии органов пищеварения. Нормализация метаболических процессов, обмена витаминов, макро- и микронутриентов может способствовать уменьшению хронической эндотоксинеми, что снижает вероятность развития заболевания и способствует предотвращению прогрессирования псориатического процесса [43, 58].

На основании анализа данных литературы можно сделать вывод о том, что отдельные компоненты пищи играют важную роль в развитии и течении ПС. Изучение взаимосвязи диеты и питания с ПС проводилось в основном в направлении анализа влияния групп пищевых продуктов (например, фрукты, овощи, злаки, рыба) или отдельных макро- и микронутриентов (например, ω -3 ПНЖК, витамин B₁₂, витамин D, витамин A, селен, инозит, цинк и другие антиоксиданты) [29]. На основании изучения данных литературы отмечена положительная роль низкокалорийной диеты, а также средиземноморского типа питания в качестве протективного фактора развития ПС. Описаны случаи регресса псориатиче-

ских высыпаний при соблюдении безглютеновой диеты у пациентов с целиакией, пищевой аллергией к злакам, а также нецелиакичной чувствительностью к глютену. Открытым остается вопрос о роли истинной пищевой аллергии в этиопатогенезе ПС. Изучение влияния пищевых аллергенов на течение ПС, на наш взгляд, является актуальным, поскольку поражение желудочно-кишечного тракта при пищевой аллергии может быть отражением системного дерматогастроинтестинального процесса, сопровождающегося псориазическими высыпаниями на коже.

В настоящее время не существует национальных или международных руководств, которые бы рекомендовали определенный режим питания пациентам с ПС. Лечебное питание является не основным, но важным вспомогательным методом лечения ПС, которое должно применяться в сочетании со стандартной системной терапией [6, 11, 28]. Необходимо дальнейшее изучение проблемы ПС с позиции влияния алиментарных факторов и пищевых аллергенов с целью разработки рекомендаций по режиму лечебного питания больных псориазической болезнью.

Сведения об авторах

Барило Анна Александровна (Anna A. Barilo) – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории клинической патофизиологии Научно-исследовательского института медицинских проблем Севера – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (Красноярск, Российская Федерация)

E-mail: anntomsk@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5349-9122>

Смирнова Светлана Витальевна (Svetlana V. Smirnova) – доктор медицинских наук, профессор, руководитель научного направления Научно-исследовательского института медицинских проблем Севера – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (Красноярск, Российская Федерация)

E-mail: svetvita@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1197-1481>

Литература

- Damiani G., Watad A., Bridgewood C. et al. The impact of Ramadan fasting on the reduction of PASI score, in moderate-to-severe psoriatic patients: a real-life multicenter study // *Nutrients*. 2019. Vol. 11, N 2. pii: E277. doi: 10.3390/nu11020277
- Langley R.G., Krueger G.G., Griffiths C.E. Psoriasis: epidemiology, clinical features, and quality of life // *Ann. Rheum. Dis*. 2005. Vol. 64, N 2. P.18–23. doi: 10.1136/ard.2004.033217
- Sawada Y., Nakamura M.J. Daily life style and psoriasis // *J. УОЕН*. 2018. Vol. 40, N 1. P. 77–82. doi: 10.7888/juoe.40.77
- Takeshita J., Grewal S., Langan S.M. et al. Psoriasis and comorbid diseases: Epidemiology // *J. Am. Acad. Dermatol*. 2017. Vol. 76, N 3. P. 377–390. doi: 10.1016/j.jaad.2016.07.064
- Nakamizo S., Honda T., Adachi A. et al. High fat diet exacerbates murine psoriatic dermatitis by increasing the number of IL-17-producing $\gamma\delta$ T cells // *Sci Rep*. 2017. Vol. 7, N 1. P. 14076. doi: 10.1038/s41598-017-14292-1
- Zuccotti E., Oliveri M., Girometta C. et al. Nutritional strategies for psoriasis: current scientific evidence in clinical trials // *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci*. 2018. Vol. 22, N 23. P. 8537–8551. doi: 10.26355/eurrev_201812_16554
- Ahdout J.; Kotlerman J.; Elashoff D. et al. Modifiable lifestyle factors associated with metabolic syndrome in patients with psoriasis // *Clin. Exp. Dermatol*. 2012. Vol. 37. P. 477–483. doi: 10.1111/j.1365-2230.2012.04360.x
- Loo C.H., Chan Y.C., Lee K.Q. et al. Clinical profile, morbidity and outcome of adult patients with psoriasis at a district hospital in Northern Malaysia // *Med. J. Malaysia*. 2015. Vol. 70, N 3. P. 177–181.
- Wong A.P., Kalinovsky T., Niedzwiecki A. et al. Efficacy of nutritional treatment in patients with psoriasis: A case report // *Exp. Ther. Med*. 2015. Vol. 10, N 3. P. 1071–1073. doi: 10.3892/etm.2015.2631
- Wolters M. Diet and psoriasis: Experimental data and clinical evidence // *Br. J. Dermatol*. 2005. Vol. 153. P. 706–714. doi: 10.1111/j.1365-2133.2005.06781.x
- Barrea L., Nappi F., Di Somma C. et al. Environmental risk factors in psoriasis: the point of view of the nutritionist // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2016. Vol. 13, N 5. pii: E743. doi: 10.3390/ijerph13070743
- Tey H.L., Ee H.L., Tan A.S. et al. Risk factors associated with having psoriatic arthritis in patients with cutaneous psoriasis // *J. Dermatol*. 2010. Vol. 37, N 5. P. 426–430. doi: 10.1111/j.1346-8138.2009.00745.x
- Ganzetti G., Campanati A., Molinelli E. et al. Psoriasis, non-alcoholic fatty liver disease, and cardiovascular disease: Three different diseases on a unique background // *World J. Cardiol*. 2016. Vol. 8. P. 120–131. doi: 10.4330/wjc.v8.i2.120
- Gisondi P., Galvan A., Idolazzi L. et al. Management of moderate to severe psoriasis in patients with metabolic comorbidities // *Front. Med*. 2015. Vol. 2. P. 1. doi: 10.3389/fmed.2015.00001
- Fleming P., Kraft J., Gulliver W.P. et al. The relationship of obesity with the severity of psoriasis: A systematic review // *J. Cutan. Med. Surg*. 2015. Vol. 19. P. 450–456. doi: 10.1177/1203475415586332
- Voiculescu V.M., Lupu M., Papagheorghie L. et al. Psoriasis and metabolic syndrome – Scientific evidence and therapeutic implications // *J. Med. Life*. 2014. Vol. 7. P. 468–471.
- Shahwan K.T., Kimball A.B. Psoriasis and cardiovascular disease // *Med. Clin. North Am*. 2015. Vol. 99. P. 1227–1242. doi: 10.1016/j.mcna.2015.08.001
- Upala S., Sanguankeo A. Effect of lifestyle weight loss intervention on disease severity in patients with psoriasis: A systematic review and meta-analysis // *Int. J. Obes*. 2015. Vol. 39. P. 1197–1202. doi: 10.1038/ijo.2015.64
- Leeds A.R. Formula food-reducing diets: A new evidence-based addition to the weight management tool box // *Nutr. Bull*. 2014. Vol. 39. P. 238–246. doi: 10.1111/nbu.12098
- Gisondi P., Del Giglio M., Di Francesco V. et al. Weight loss improves the response of obese with moderate-to-severe chronic plaque psoriasis to low-dose cyclosporine therapy: a randomized, controlled, investigator-blinded clinical trial // *Am. J. Nutr*. 2008. Vol. 88. P. 1242–1247. doi: 10.3945/ajcn.2008.26427
- Al-Mutairi N., Nour T. The effect of weight reduction on treatment outcomes in obese patients with psoriasis on biologic therapy:

- a randomized controlled prospective trial // *Expert. Opin. Biol. Ther.* 2014. Vol. 14. P. 749–756. doi: 10.1517/14712598.2014.900541
22. Naldi L., Conti A., Cazzaniga S. et al. Diet and physical exercise in psoriasis: a randomized controlled trial // *Br. J. Dermatol.* 2014. Vol. 170. P. 634–642. doi: 10.1111/bjd.12735
 23. Ford A.R., Siegel M., Bagel J. et al. Dietary recommendations for adults with psoriasis or psoriatic arthritis from the medical board of the national psoriasis foundation // *JAMA. Dermatol.* 2018. Vol. 154. P. 934–950. doi: 10.1001/jamadermatol.2018.1412
 24. Del Giglio M., Gisondi P., Tessari G. et al. Weight reduction alone may not be sufficient to maintain disease remission in obese patients with psoriasis: a randomized, investigator-blinded study // *Dermatology.* 2012. Vol. 224. P. 31–37. doi: 10.1159/000335566
 25. Jensen P., Christensen R., Zachariae C. et al. Long-term effect of weight reduction on the severity of psoriasis in a cohort derived from a randomized trial: a prospective observational follow-up study // *Am. J. Clin. Nutr.* 2016. Vol. 104. P. 259–265. doi: 10.3945/ajcn.115.125849
 26. Di Minno M.N., Peluso R., Iervolino S. et al. Weight loss and achievement of minimal disease activity in patients with psoriatic arthritis starting treatment with tumor necrosis factor a blockers // *Ann. Rheum. Dis.* 2014. Vol. 73. P. 1157–1162. doi: 10.1136/annrheumdis-2012-202812
 27. Martínez-González M.A., García-Arellano A., Toledo E.A. et al. A 14-item Mediterranean diet assessment tool and obesity indexes among high-risk subjects: the PREDIMED trial // *PLoS One.* 2012. Vol. 7. P. 1–10. doi: 10.1371/journal.pone.0043134
 28. Pona A., Haidari W., Kolli S.S. et al. Diet and psoriasis // *Dermatol Online J.* 2019. Vol. 25, N 2. pii: 13030/qt1p37435s.
 29. Millsop J.W., Bhatia B.K., Debbaneh M. et al. Diet and psoriasis, part III: role of nutritional supplements // *J. Am. Acad. Dermatol.* 2014. Vol. 71, N 3. P. 561–569. doi: 10.1016/j.jaad.2014.03.016
 30. Barrea L., Balato N., Di Somma C. et al. Nutrition and psoriasis: Is there any association between the severity of the disease and adherence to the Mediterranean diet? // *J. Transl. Med.* 2015. Vol. 13. P. 18. doi: 10.1186/s12967-014-0372-1
 31. Festugato M. Pilot study on which foods should be avoided by patients with psoriasis // *Anais. Bras. Dermatol.* 2011. Vol. 86. P. 1103–1108. doi: 10.1590/s0365-05962011000600006
 32. Devaux S., Castela A., Archier E. et al. Topical vitamin D analogues alone or in association with topical steroids for psoriasis: a systematic review // *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* 2012. Vol. 26, N 3. P. 52–60. doi: 10.1111/j.1468-3083.2012.04524.x
 33. Mattozzi C., Paolino G., Salvi M. et al. Peripheral blood regulatory T cell measurements correlate with serum vitamin D level in patients with psoriasis // *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2016. Vol. 20. P. 1675–1679.
 34. Ricceri F., Pescitelli L., Tripo L. et al. Deficiency of serum concentration of 25-hydroxyvitamin D correlates with severity of disease in chronic plaque psoriasis // *J. Am. Acad. Dermatol.* 2013. Vol. 68. P. 511–512. doi: 10.1016/j.jaad.2012.10.051
 35. Merola J.F., Han J., Li T. et al. No association between vitamin D intake and incident psoriasis among US women // *Arch. Dermatol. Res.* 2014. Vol. 306. P. 305–307. doi: 10.1007/s00403-013-1426-6
 36. Ingram M.A., Jones M.B., Stonehouse W. et al. Oral vitamin D3 supplementation for chronic plaque psoriasis: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial // *J. Dermatolog. Treat.* 2018. Vol. 29. P. 648–657. doi: 10.1080/09546634.2018.1444728
 37. Gaal J., Lakos G., Szodoray P. et al. Immunological and clinical effects of alphacalcidol in patients with psoriatic arthropathy: results of an open, follow-up pilot study // *Acta. Derm. Venereol.* 2009. Vol. 89, N 2. P. 140–144. doi: 10.2340/00015555-0555
 38. Finamor D.C., Sinigaglia-Coimbra R., Neves L.C. et al. A pilot study assessing the effect of prolonged administration of high daily doses of vitamin D on the clinical course of vitiligo and psoriasis // *Dermatoendocrinol.* 2013. Vol. 5, N 1. P. 222–234. doi: 10.4161/derm.24808
 39. Хардикова С.А., Белобородова Э.И. Состояние пищеварительной системы при псориазе // *Клиническая медицина.* 2012. № 2. С. 13–19. <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-pischevaritelnoy-sistemy-pri-psoriaze>
 40. Gisondi P., Del Giglio M., Cozzi A. et al. Psoriasis, the liver, and the gastrointestinal tract // *Dermatol Ther.* 2010. Vol. 23, N 2. P. 155–159. doi: 10.1111/j.1529-8019.2010.01310.x
 41. Смирнова С.В., Барило А.А., Смольникова М.В. Заболевания гепатобилиарной системы как предикторы прогрессирования псориаза // *Вестник РАМН.* 2016. № 2. С. 102–108. doi: 10.15690/vramn636
 42. Pietrzak D., Pietrzak A., Krasowska D. et al. Digestive system in psoriasis: an update // *Arch. Dermatol. Res.* 2017. Vol. 309, N 9. P. 679–693. doi: 10.1007/s00403-017-1775-1777
 43. Valenta R., Karaulov A., Niederberger V. et al. Molecular aspects of allergens and allergy // *Adv. Immunol.* 2018. Vol.138. P. 195–256. doi: 10.1016/bs.ai.2018.03.002
 44. Weryńska-Kalemba M., Filipowska-Grońska A., Kalemba M. et al. Analysis of selected allergic reactions among psoriatic patients // *J. Postepy Dermatol. Alergol.* 2016. Vol. 33, N 1. P. 18–22. doi: 10.5114/pdia.2014.44015
 45. Guttman-Yassky E., Krueger J.G. Atopic dermatitis and psoriasis: two different immune diseases or one spectrum? // *Curr. Opin. Immunol.* 2017. Vol. 48. P.68–73. doi: 10.1016/j.coi.2017.08.008
 46. Bonciolini V., Bianchi B., Del Bianco E. et al. Cutaneous Manifestations of Non-Celiac Gluten Sensitivity: Clinical Histological and Immunopathological Features // *Nutrients.* 2015. Vol. 7, N 9. P. 7798–7805. doi: 10.3390/nu7095368
 47. Борисова И.В., Смирнова С.В. Пищевая аллергия у детей. Красноярск: Изд-во КрасГМУ, 2011. 150 с.
 48. Skavland J., Shewry P.R., Marsh J. et al. In vitro screening for putative psoriasis-specific antigens among wheat proteins and peptides // *Br. J. Dermatol.* 2012. Vol. 166, N 1. P. 67–73. doi: 10.1111/j.1365-2133.2011.10608.x
 49. Ungprasert P., Wijarnpreecha K., Kittanamongkolchai W. Psoriasis and Risk of Celiac Disease: A Systematic Review and Meta-analysis // *Indian J. Dermatol.* 2017. Vol. 62, N 1. P. 41–46. doi: 10.4103/0019-5154.198031
 50. Bhatia B.K., Millsop J.W., Debbaneh M. et al. Diet and psoriasis, part II: Celiac disease and role of a gluten-free diet // *J. Am. Acad. Dermatol.* 2014. Vol. 71. P. 350–358. doi: 10.1016/j.jaad.2014.03.017
 51. Drucker A.M., Qureshi A.A., Thompson J.M. et al. Gluten intake and risk of psoriasis, psoriatic arthritis and atopic dermatitis among US women // *J. Am. Acad. Dermatol.* 2019. Vol. S0190-9622, N 19. P. 32549–32556. doi: 10.1016/j.jaad.2019.08.007
 52. Michaëlsson G., Gerdén B., Hagforsen E. et al. Psoriasis patients with antibodies to gliadin can be improved by a gluten-free diet // *Br. J. Dermatol.* 2000. Vol. 142, N 1. P. 44–51. doi: 10.1046/j.1365-2133.2000.03240.x
 53. Frikha F., Snoussi M., Bahloul Z. Osteomalacia associated with cutaneous psoriasis as the presenting feature of coeliac disease: a case report // *Pan. Afr. Med. J.* 2012. Vol. 11. P. 58.
 54. Addolorato G., Parente A., de Lorenzi G. et al. Rapid regression of psoriasis in a coeliac patient after gluten-free diet. A case report and review of the literature // *Digestion.* 2003. Vol. 68. P. 9–12. doi: 10.1159/000073220
 55. Michaëlsson G., Ahs S., Hammarström I. et al. Gluten-free diet in psoriasis patients with antibodies to gliadin results in decreased expression of tissue transglutaminase and fewer Ki67+ cells in the dermis // *Acta Derm. Venereol.* 2003. Vol. 83. P. 425–429. doi: 10.1080/00015550310015022
 56. Zamani F., Alizadeh S., Amiri A. et al. Psoriasis and coeliac disease; is there any relationship? // *Acta Derm. Venereol.* 2010. Vol. 90, N 3. P. 295–296. doi: 10.2340/00015555-0829
 57. Losurdo G., Principi M., Iannone A. et al. Extra-intestinal manifestations of non-celiac gluten sensitivity: An expanding paradigm // *World J. Gastroenterol.* 2018. Vol. 24, N 14. P. 1521–1530. doi: 10.3748/wjg.v24.i14.1521
 58. Барило А.А., Смирнова С.В. Иммунологические показатели больных псориазом при синдромах с патологией печени. Российский аллергологический журнал. 2019. Т. 16, № 1–2. С. 29–32.

References

- Damiani G., Watad A., Bridgewood C., et al. The impact of Ramadan fasting on the reduction of PASI score, in moderate-to-severe psoriatic patients: a real-life multicenter study. *Nutrients*. 2019; 11 (2): E277. doi: 10.3390/nu11020277
- Langley R.G., Krueger G.G., Griffiths C.E. Psoriasis: epidemiology, clinical features, and quality of life. *Ann Rheum Dis*. 2005; 64 (2): 18–23. doi: 10.1136/ard.2004.033217
- Sawada Y., Nakamura M.J. Daily life style and psoriasis. *J UOEH*. 2018; 40 (1): 77–82. doi: 10.7888/juoh.40.77
- Takeshita J., Grewal S., Langan S.M., et al. Psoriasis and comorbid diseases: Epidemiology. *J Am Acad Dermatol*. 2017; 76 (3): 377–90. doi: 10.1016/j.jaad.2016.07.064
- Nakamizo S., Honda T., Adachi A., et al. High fat diet exacerbates murine psoriatic dermatitis by increasing the number of IL-17-producing $\gamma\delta$ T cells. *Sci Rep*. 2017; 7 (1): 14076. doi: 10.1038/s41598-017-14292-1
- Zuccotti E., Oliveri M., Girometta C., et al. Nutritional strategies for psoriasis: current scientific evidence in clinical trials. *Eur. Rev. Med Pharmacol Sci*. 2018; 22 (23): 8537–51. doi: 10.26355/eur-rev_201812_16554
- Ahdout J., Kotlerman J., Elashoff D., et al. Modifiable lifestyle factors associated with metabolic syndrome in patients with psoriasis. *Clin Exp Dermatol*. 2012; 37: 477–83. doi: 10.1111/j.1365-2230.2012.04360.x
- Loo C.H., Chan Y.C., Lee K.Q., et al. Clinical profile, morbidity and outcome of adult patients with psoriasis at a district hospital in Northern Malaysia. *Med J Malaysia*. 2015; 70 (3): 177–81.
- Wong A.P., Kalinsky T., Niedzwiecki A., et al. Efficacy of nutritional treatment in patients with psoriasis: a case report. *Exp Ther Med*. 2015; 10 (3): 1071–3. doi: 10.3892/etm.2015.2631
- Wolters M. Diet and psoriasis: experimental data and clinical evidence. *Br J Dermatol*. 2005; 153: 706–14. doi: 10.1111/j.1365-2133.2005.06781.x
- Barrea L., Nappi F., Di Somma C., et al. Environmental Risk Factors in Psoriasis: The Point of View of the Nutritionist. *Int J Environ Res Public Health*. 2016; 13 (5): E743. doi: 10.3390/ijerph13070743
- Tey H.L., Ee H.L., Tan A.S., et al. Risk factors associated with having psoriatic arthritis in patients with cutaneous psoriasis. *J Dermatol*. 2010; 37 (5): 426–30. doi: 10.1111/j.1346-8138.2009.00745.x
- Ganzetti G., Campanati A., Molinelli E., et al. Psoriasis, non-alcoholic fatty liver disease, and cardiovascular disease: Three different diseases on a unique background. *World J Cardiol*. 2016; 8: 120–31. doi: 10.4330/wjc.v8.i2.120
- Gisoni P., Galvan A., Idolazzi L., et al. Management of moderate to severe psoriasis in patients with metabolic comorbidities. *Front Med*. 2015; 2: 1. doi: 10.3389/fmed.2015.00001
- Fleming P., Kraft J., Gulliver W.P., et al. The relationship of obesity with the severity of psoriasis: A systematic review. *J Cutan Med Surg*. 2015; 19: 450–6. doi: 10.1177/1203475415586332
- Voiculescu V.M., Lupu M., Papageorghe L., et al. Psoriasis and metabolic syndrome – scientific evidence and therapeutic implications. *J Med Life*. 2014; 7: 468–71.
- Shahwan K.T., Kimball A.B. Psoriasis and cardiovascular disease. *Med Clin North Am*. 2015; 99: 1227–42. doi: 10.1016/j.mcna.2015.08.001
- Upala S., Sanguaneko A. Effect of lifestyle weight loss intervention on disease severity in patients with psoriasis: A systematic review and meta-analysis. *Int J Obes*. 2015; 39: 1197–202. doi: 10.1038/ijo.2015.64
- Leeds A.R. Formula food-reducing diets: a new evidence-based addition to the weight management tool box. *Nutr Bull*. 2014; 39: 238–46. doi: 10.1111/mbu.12098
- Gisoni P., Del Giglio M., Di Francesco V., et al. Weight loss improves the response of obese with moderate-to-severe chronic plaque psoriasis to low-dose cyclosporine therapy: a randomized, controlled, investigator-blinded clinical trial. *Am J Nutr*. 2008; 88: 1242–7. doi: 10.3945/ajcn.2008.26427
- Al-Mutairi N., Nour T. The effect of weight reduction on treatment outcomes in obese patients with psoriasis on biologic therapy: a randomized controlled prospective trial. *Expert Opin Biol Ther*. 2014; 14: 749–56. doi: 10.1517/14712598.2014.900541
- Naldi L., Conti A., Cazzaniga S., et al. Diet and physical exercise in psoriasis: a randomized controlled trial. *Br J Dermatol*. 2014; 170: 634–42. doi: 10.1111/bjd.12735
- Ford A.R., Siegel M., Bagel J., et al. Dietary recommendations for adults with psoriasis or psoriatic arthritis from the medical board of the national psoriasis foundation. *JAMA Dermatol*. 2018; 154: 934–50. doi: 10.1001/jamadermatol.2018.1412
- Del Giglio M., Gisoni P., Tessari G., et al. Weight reduction alone may not be sufficient to maintain disease remission in obese patients with psoriasis: a randomized, investigator-blinded study. *Dermatology*. 2012; 224: 31–7. doi: 10.1159/000335566
- Jensen P., Christensen R., Zachariae C., et al. Long-term effect of weight reduction on the severity of psoriasis in a cohort derived from a randomized trial: a prospective observational follow-up study. *Am J Clin Nutr*. 2016; 104: 259–65. doi: 10.3945/ajcn.115.125849
- Di Minno M.N., Peluso R., Iervolino S., et al. Weight loss and achievement of minimal disease activity in patients with psoriatic arthritis starting treatment with tumor necrosis factor a blockers. *Ann Rheum Dis*. 2014; 73: 1157–62. doi: 10.1136/annrheumdis-2012-202812
- Martínez-González M.A., García-Arellano A., Toledo E.A., et al. A 14-item Mediterranean diet assessment tool and obesity indexes among high-risk subjects: the PREDIMED trial. *PLoS One*. 2012; 7: 1–10. doi: 10.1371/journal.pone.0043134
- Pona A., Haidari W., Kolli S.S., et al. Diet and psoriasis. *Dermatol Online J*. 2019; 25 (2): 13030/qt1p37435s.
- Millsop J.W., Bhatia B.K., Debbaneh M., et al. Diet and psoriasis, part III: role of nutritional supplements. *J Am Acad Dermatol*. 2014; 71 (3): 561–9. doi: 10.1016/j.jaad.2014.03.016
- Barrea L., Balato N., Di Somma C., et al. Nutrition and psoriasis: Is there any association between the severity of the disease and adherence to the Mediterranean diet? *J Transl Med*. 2015; 13: 18. doi: 10.1186/s12967-014-0372-1
- Festugato M. Pilot study on which foods should be avoided by patients with psoriasis. *Anais Bras Dermatol*. 2011; 86: 1103–8. doi: 10.1590/s0365-05962011000600006
- Devaux S., Castela A., Archier E., et al. Topical vitamin D analogues alone or in association with topical steroids for psoriasis: a systematic review. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2012; 26 (3): 52–60. doi: 10.1111/j.1468-3083.2012.04524.x
- Mattozzi C., Paolino G., Salvi M., et al. Peripheral blood regulatory T cell measurements correlate with serum vitamin D level in patients with psoriasis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2016; 20: 1675–9.
- Ricceri F., Pescitelli L., Tripo L., et al. Deficiency of serum concentration of 25-hydroxyvitamin D correlates with severity of disease in chronic plaque psoriasis. *J Am Acad Dermatol*. 2013; 68: 511–2. doi: 10.1016/j.jaad.2012.10.051
- Merola J.F., Han J., Li T., et al. No association between vitamin D intake and incident psoriasis among US women. *Arch Dermatol Res*. 2014; 306: 305–7. doi: 10.1007/s00403-013-1426-6
- Ingram M.A., Jones M.B., Stonehouse W., et al. Oral vitamin D3 supplementation for chronic plaque psoriasis: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Dermatolog Treat*. 2018; 29: 648–57. doi: 10.1080/09546634.2018.1444728
- Gaal J., Lakos G., Szodoray P., et al. Immunological and clinical effects of alphacalcidol in patients with psoriatic arthropathy: results of an open, follow-up pilot study. *Acta Derm Venereol*. 2009; 89 (2): 140–4. doi: 10.2340/00015555-0555
- Finamor D.C., Sinigaglia-Coimbra R., Neves L.C., et al. A pilot study assessing the effect of prolonged administration of high

- daily doses of vitamin D on the clinical course of vitiligo and psoriasis. *Dermatoendocrinol.* 2013; 5 (1): 222–34. doi: 10.4161/derm.24808
39. Hardikova S.A., Beloborodova E.I. The state of the digestive system in psoriasis. *Klinicheskaya medicina [Clinical Medicine]*. 2012; (2): 13–9. (in Russian)
 40. Gisondi P., Del Giglio M., Cozzi A., et al. Psoriasis, the liver, and the gastrointestinal tract. *Dermatol Ther.* 2010; 23 (2): 155–9. doi: 10.1111/j.1529-8019.2010.01310.x
 41. Smirnova S.V., Barilo A.A., Smolnikova M.V. Hepatobiliary system diseases as the predictors of psoriasis progression. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk [Annals of the Russian Academy of Medical Sciences]*. 2016; 2: 102–8. doi: 10.15690/vramn636 (in Russian)
 42. Pietrzak D., Pietrzak A., Krasowska D., et al. Digestive system in psoriasis: an update. *Arch Dermatol Res.* 2017; 309 (9): 679–93. doi: 10.1007/s00403-017-1775-1777
 43. Valenta R., Karaulov A., Niederberger V., et al. Molecular aspects of allergens and allergy. *Adv. Immunol.* 2018; 138: 195–256. doi: 10.1016/bs.ai.2018.03.002
 44. Weryńska-Kalemba M., Filipowska-Grońska A., Kalemba M., et al. Analysis of selected allergic reactions among psoriatic patients. *J Postepy Dermatol Alergol.* 2016; 33 (1): 18–22. doi: 10.5114/pdia.2014.44015
 45. Guttman-Yassky E., Krueger J.G. Atopic dermatitis and psoriasis: two different immune diseases or one spectrum? *Curr Opin Immunol.* 2017; 48: 68–73. doi: 10.1016/j.coi.2017.08.008
 46. Bonciolini V., Bianchi B., Del Bianco E., et al. Cutaneous manifestations of non-celiac gluten sensitivity: clinical histological and immunopathological features. *Nutrients.* 2015; 7 (9): 7798–805. doi: 10.3390/nu7095368
 47. Borisova I.V., Smirnova S.V. Food allergy in children. Krasnoyarsk: Publishing House of Krasnoyarsk State Medical University; 2011: 150 p. (in Russian)
 48. Skavland J., Shewry P.R., Marsh J., et al. In vitro screening for putative psoriasis-specific antigens among wheat proteins and peptides. *Br J Dermatol.* 2012; 166 (1): 67–73. doi: 10.1111/j.1365-2133.2011.10608.x
 49. Ungprasert P., Wijarnpreecha K., Kittanamongkolchai W. Psoriasis and risk of celiac disease: a systematic review and meta-analysis. *Indian J Dermatol.* 2017; 62 (1): 41–6. doi: 10.4103/0019-5154.198031
 50. Bhatia B.K., Millsop J.W., Debbaneh M., et al. Diet and psoriasis, part II: Celiac disease and role of a gluten-free diet. *J Am Acad Dermatol.* 2014; 71: 350–8. doi: 10.1016/j.jaad.2014.03.017
 51. Drucker A.M., Qureshi A.A., Thompson J.M., et al. Gluten intake and risk of psoriasis, psoriatic arthritis and atopic dermatitis among US women. *J Am Acad Dermatol.* 2019; S0190–9622 (19): 32549–56. doi: 10.1016/j.jaad.2019.08.007
 52. Michaëlsson G., Gerdén B., Hagforsen E., et al. Psoriasis patients with antibodies to gliadin can be improved by a gluten-free diet. *Br J Dermatol.* 2000; 142 (1): 44–51. doi: 10.1046/j.1365-2133.2000.03240.x
 53. Frikha F., Snoussi M., Bahloul Z. Osteomalacia associated with cutaneous psoriasis as the presenting feature of coeliac disease: a case report. *Pan Afr Med J.* 2012; 11: 58.
 54. Addolorato G., Parente A., de Lorenzi G., et al. Rapid regression of psoriasis in a coeliac patient after gluten-free diet. A case report and review of the literature. *Digestion.* 2003; 68: 9–12. doi: 10.1159/000073220
 55. Michaëlsson G., Ahs S., Hammarström I., et al. Gluten-free diet in psoriasis patients with antibodies to gliadin results in decreased expression of tissue transglutaminase and fewer Ki67+ cells in the dermis. *Acta Derm Venereol.* 2003; 83: 425–9. doi: 10.1080/00015550310015022
 56. Zamani F., Alizadeh S., Amiri A., et al. Psoriasis and coeliac disease; is there any relationship? *Acta Derm Venereol.* 2010; 90 (3): 295–6. doi: 10.2340/00015555-0829
 57. Losurdo G., Principi M., Iannone A., et al. Extra-intestinal manifestations of non-celiac gluten sensitivity: An expanding paradigm. *World J Gastroenterol.* 2018; 24 (14): 1521–1530. doi: 10.3748/wjg.v24.i14.1521
 58. Barilo A.A., Smirnova S.V. Immunological indicators of psoriatic arthritis patients in syntropy with liver pathology. *Rossiiskij allergologicheskij zhurnal [Russian Journal of Allergy]*. 2019; 16 (1–2): 29–32. (in Russian)

Для корреспонденции

Максимычева Татьяна Юрьевна – научный сотрудник научно-клинического отдела муковисцидоза ФГБНУ «МГНЦ», старший лаборант кафедры диетологии и нутрициологии ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России
 Адрес: 125993, Российская Федерация, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1
 Телефон: (499) 959-86-96
 E-mail: t.y.leus@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4029-7921>

Максимычева Т.Ю.^{1, 2}, Кондратьева Е.И.¹, Сорвачева Т.Н.², Пырьева Е.А.^{2, 3}, Евдокимова Т.А.²

Состояние фактического питания детей, страдающих муковисцидозом

Dietary intake of children with cystic fibrosis

Maksimycheva T.Yu.^{1, 2},
 Kondratyeva E.I.¹, Sorvacheva T.N.²,
 Pyrieva E.A.^{2, 3}, Evdokimova T.A.²

- ¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Медико-генетический научный центр имени академика Н.П. Бочкова», 115478, г. Москва, Российская Федерация
 - ² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 125993, г. Москва, Российская Федерация
 - ³ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, г. Москва, Российская Федерация
- ¹ Research Centre for Medical Genetics, 115478, Moscow, Russian Federation
 - ² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 125993, Moscow, Russian Federation
 - ³ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

Высокая частота дефицита питания при муковисцидозе остается актуальной проблемой в педиатрии. Это обусловлено многофакторным характером данных нарушений, одним из которых является недостаточная эффективность нутритивной коррекции.

Цель исследования – оценить состояние фактического питания детей и подростков, страдающих муковисцидозом, для разработки алгоритма индивидуальных подходов к коррекции пищевого статуса.

Материал и методы. Обследованы 150 детей (85 мальчиков и 65 девочек) от 1 года до 18 лет (средний возраст $6,4 \pm 5,2$ года) с подтвержденным диагнозом «муковисцидоз». В зависимости от возраста дети были разделены на группы: 1-ю группу составили дети от 1 года до 2 лет ($n=40$, средний возраст – $1,9 \pm 0,7$ года); 2-ю группу – от 3 до 5 лет ($n=41$; $4,4 \pm 1,0$ года); 3-ю группу –

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Для цитирования: Максимычева Т.Ю., Кондратьева Е.И., Сорвачева Т.Н., Пырьева Е.А., Евдокимова Т.А. Состояние фактического питания детей, страдающих муковисцидозом // *Вопр. питания.* 2020. Т. 89, № 1. С. 28–36. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10003

Статья поступила в редакцию 25.09.2019. **Принята в печать** 24.01.2020.

Funding. The study had no sponsor support.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Maksimycheva T.Yu., Kondratyeva E.I., Sorvacheva T.N., Pyrieva E.A., Evdokimova T.A. Dietary intake of children with cystic fibrosis. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2020; 89 (1): 28–36. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10003 (in Russian)

Received 25.09.2019. **Accepted** 24.01.2020.

от 6 до 9 лет ($n=43$; $7,7\pm 1,1$ года); 4-ю группу – от 10 до 18 лет включительно ($n=26$; $13,1\pm 2,5$ года). Состояние фактического питания оценивали анкетно-опросным методом за 3 дня, включая 1 выходной. Измеряли массу тела, длину тела стоя (рост); рассчитывали индекс массы тела.

Результаты и обсуждение. Только дети первых 3 лет жизни имели оптимальный по энергетической ценности рацион для данного заболевания. В возрасте старше 3 лет дефицит потребления энергии увеличивался, достигая 32% от индивидуальной нормы потребности в подростковом возрасте (10–18 лет). В структуре питания выявлен дисбаланс основных пищевых веществ в сторону преобладания липидного компонента (более 40% от энергетической ценности) и повышенного поступления насыщенных жирных кислот при сниженной доле белка и углеводов. Отмечался недостаток потребления с пищевым рационом ряда витаминов (С, В₁, В₂, А, Е, D) и минеральных веществ (железа, калия).

Заключение. Исследование показало необходимость индивидуального подхода к коррекции энергетической ценности и макронутриентов у детей, страдающих муковисцидозом.

Ключевые слова: муковисцидоз, дети, пищевой статус, рацион питания, энергетическая ценность, макронутриенты, фактическое питание

The high incidence of nutritional deficiency in cystic fibrosis continues to be an urgent problem in pediatrics. This is due to the multifactorial nature of these violations, one of which is the lack of effectiveness of nutritional correction.

The aim of the research was to assess the actual diet of children and adolescents suffering from cystic fibrosis in order to develop an algorithm for individual approaches to correcting nutritional status.

Material and methods. 150 children (boys – 85, girls – 65) aged 1 year to 18 years (average age 6.4 ± 5.2 years) with a confirmed diagnosis of cystic fibrosis have been examined. Depending on age, the children were divided into groups: the 1st group consisted of 40 children from 1 year to 2 years (average age 1.9 ± 0.7 years); 2nd group – from 3 to 5 years ($n=41$, 4.4 ± 1.0 years); 3rd group – from 6 to 9 years ($n=43$, 7.7 ± 1.1 years); 4th group – from 10 to 18 years old ($n=26$, 13.1 ± 2.5). The actual nutrition was evaluated by questionnaire for 3 days, including one day off. Body mass, height have been measured, and body mass index (BMI) have been calculated.

Results and discussion. Only children of the first three years of life had an optimal diet for this disease in terms of energy value. At the age of 3 years and older, the deficit of energy intake increased, reaching 32% of the individual requirement in adolescence (10–18 years). The structure of nutrition revealed an imbalance of the main nutrients in the direction of the predominance of the lipid component (more than 40% of the energy value) and increased intake of saturated fatty acids, with a reduced proportion of protein and carbohydrates. There was a lack of dietary intake of a number of vitamins (C, B₁, B₂, A, E, D) and mineral substances (iron, potassium).

Conclusion. The study showed the need for an individual approach to the correction of diet energy value and macronutrient intake in children with cystic fibrosis.

Keywords: cystic fibrosis, children, nutritional status, diet, energy value, macronutrients, actual nutrition

Обеспечение адекватной потребности детей с муковисцидозом (МВ) в пищевых веществах и энергии является одной из сложных задач в протоколе лечения данных пациентов. Детский возраст в целом характеризуется высокой интенсивностью всех видов обмена в организме, требующих больших энергетических затрат. При МВ дополнительный расход энергии обусловлен сопутствующими данной патологии нарушениями метаболизма (мальдигестия, мальабсорбция) и процессами катаболизма на фоне хронического бронхолегочного воспаления. Многочисленными исследованиями доказана положительная корреляция между пищевым статусом и функцией легких [1–3].

В соответствии с последними рекомендациями отечественных специалистов и экспертов ESPEN-ESPGHAN-

ECFS, рекомендуемые нормы потребности в энергии при МВ составляют 110–200% от возрастной физиологической нормы для здоровых детей. Доля белка в диапазоне 15–20%, жира – 35–40%, углеводов – 40–45% энергетической ценности рациона [1, 2]. К сожалению, современные данные о необходимом потреблении белка для детей с МВ в расчете на единицу массы тела в литературе не представлены. В связи с этим при таком расчете потребности в белке могут быть использованы данные D.E.M. Francis, 1987 г., приведенные в национальном консенсусе [1]. При этом эксперты указывают на необходимость индивидуального подхода в оценке потребности в энергии с учетом состояния фактического питания, наличия или риска дефицита массы тела, тяжести заболевания.

Цель настоящего исследования – оценка состояния фактического питания детей и подростков, страдающих МВ, для разработки алгоритма индивидуальных подходов коррекции пищевого статуса.

Материал и методы

Работу выполняли с 2015 по 2018 г. на базе ФГБНУ «МГНЦ», научно-клинического отдела муковисцидоза, поликлиники ЦКБ РАН, г. Москва, ГБУЗ МО МОКДЦД.

Под наблюдением находились 150 детей в возрасте от 1 года до 18 лет с подтвержденным диагнозом МВ [85 (56%) мальчиков и 65 (44%) девочек]. Средний возраст обследованных пациентов составил 6,4 года ($\pm 5,2$). В зависимости от возраста дети были разделены на группы: 1-ю группу составили пациенты от 1 года до 2 лет ($n=40$, средний возраст – $1,9 \pm 0,7$ года); 2-ю группу – от 3 до 5 лет ($n=41$, средний возраст – $4,4 \pm 1,0$ года); 3-ю группу – от 6 до 9 лет ($n=43$, средний возраст – $7,7 \pm 1,1$ года); 4-ю группу – от 10 до 18 лет включительно ($n=26$, средний возраст – $13,1 \pm 2,5$ года).

Критерии включения: дети, страдающие МВ, от 1 года до 18 лет, согласие ребенка и родителей пациента выполнять требования исследования, подписание информированного согласия.

Критерии исключения: отказ от участия в исследовании. Исследование было одобрено этическим комитетом ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (протокол № 13 от 14.11.2017).

Дизайн исследования: одномоментное медицинское наблюдение.

Методы оценки: антропометрические – измерение массы тела, длины тела стоя (рост), расчет индекса массы тела (ИМТ). Показатели роста и массы тела оценивали с использованием стандартных программ оценки физического развития детей Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) – Anthro, AnthroPlus. За норму принимали Z-критерий от 0 SD до 1 SD. Отклонения от нормы расценивали следующими показателями: ≤ -3 – истощение/низкорослость; от ≤ -2 SD до -3 SD – дефицит массы тела/рост ниже среднего; от ≤ -1 SD до -2 SD – дефицит массы тела/задержка роста; от 0 SD до -1 SD – риск развития дефицита массы тела/нормаль-

ный рост; от ≥ 1 SD до 2 SD – риск избыточной массы тела/нормальный рост; от ≥ 2 SD до 3 SD – избыточная масса тела/рост выше среднего; от ≥ 3 SD – ожирение/высокорослость.

Состояние фактического питания оценивали анкетно-опросным методом с применением разработанной анкеты, в которой собирали информацию о потреблении пищи за 3 дня, включая 1 выходной.

Для расчета индивидуальной потребности в энергетической ценности (ккал/сут) физиологическая потребность для возраста и пола ребенка (в соответствии с МР 2.3.1.2432-08 [4]) умножалась на корректирующий коэффициент, который был разработан с учетом степени дефицита массы тела (табл. 1).

Сравнивали фактическое питание (энергетическую ценность и содержание макронутриентов) по отношению к физиологической норме потребности [4], рекомендуемым величинам при МВ [1, 2] и рассчитанной индивидуальной потребности (см. табл. 1). Данные выражали в процентах от нормы.

Для расчетов фактического питания использовали программу «Мониторинг нутритивного статуса, рациона питания и ферментной терапии при муковисцидозе» (Государственная регистрация № 2016 660762 от 21.09.2016) и ее мобильную версию для пациентов «Мониторинг нутритивного статуса, рациона питания и ферментной терапии при муковисцидозе. Мобильная версия» (Государственная регистрация № 2017 661283 от 09.10.2017).

Статистическую обработку проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 10. В описательной статистике рассчитывали среднее значение (M) \pm стандартное отклонение (SD), медиану (Me) и квартили ($Q1$ – $Q3$). В зависимости от вида распределения при сравнении двух независимых выборок применяли t -критерий Стьюдента или критерий Манна–Уитни.

Результаты

Состояние фактического питания

Анализ фактического питания (табл. 2) показал увеличение энергетической ценности рациона с возрастом пациента ($p_{1-4} < 0,001$). Дети всех возрастных групп потребляли энергии больше физиологической нормы на 3–16% (см. табл. 1), но калорийность рациона не достигала оптимальных величин, рекомендованных для пациентов с МВ [1]. Статистически значимые различия энергетической ценности рациона выявлены между всеми возрастными группами, за исключением 3-й и 4-й.

Потребление энергии соответствовало индивидуально рассчитанной норме потребности только у детей 1-й группы, а у детей остальных групп не достигало ее (см. табл. 2). Различия были статистически значимы во всех группах, исключая различия между 2-й и 3-й возрастными группами.

Таблица 1. Корректирующий коэффициент в зависимости от индекса массы тела (ИМТ)

Table 1. Correction factor depending on body mass index (BMI)

ИМТ, перцентиль BMI, percentile	Корректирующий коэффициент Correction factor
>75	1,0
$\leq 75 \dots > 25$	1,2
$\leq 25 \dots > 10$	1,5
$\leq 10 \dots > 3$	1,8
<3	2,0

Таблица 2. Энергетическая ценность рациона питания детей, страдающих муковисцидозом, в различных возрастных группах ($M \pm SD$)

Table 2. The energy value of the diet of children with cystic fibrosis in various age groups ($M \pm SD$)

Показатель <i>Parameter</i>	Группа детей <i>Group of children</i>			
	1-я (1–2 года), <i>n=40 (26,7%)</i> <i>1st (1–2 years old),</i> <i>n=40 (26,7%)</i>	2-я (3 года – 5 лет), <i>n=41 (27,3%)</i> <i>2nd (3–5 years old),</i> <i>n=41 (27,3%)</i>	3-я (6–9 лет), <i>n=43 (28,7%)</i> <i>3rd (6–9 years old),</i> <i>n=43 (28,7%)</i>	4-я (10–18 лет), <i>n=26 (17,3%)</i> <i>4th (10–18 years old),</i> <i>n=26 (17,3%)</i>
Энергетическая ценность, ккал/сут <i>Energy value, kcal/day</i>	1532±357	1912±543	2244±708	2539±864
<i>p</i>	$p_{1-2}=0,000$ $p_{1-3}=0,000$	$p_{2-3}=0,018$ $p_{2-4}=0,000$	$p_{3-4}=0,127$	$p_{1-4}=0,000$
Физиологическая потребность, ккал/сут <i>Physiological requirement, kcal/day</i>	1325±98	1800±0	2002±142	2469±308
<i>p</i>	$p_{1-2}=0,000$ $p_{1-3}=0,000$	$p_{2-3}=0,018$ $p_{2-4}=0,000$	$p_{3-4}=0,000$	$p_{1-4}=0,000$
Энергетическая ценность/физиологическая потребность, % <i>Energy value/physiological requirement, %</i>	116±30	106±25	112±27	103±23
<i>p</i>	$p_{1-2}=0,791$ $p_{1-3}=0,019$	$p_{2-3}=0,882$ $p_{2-4}=0,024$	$p_{3-4}=0,031$	$p_{1-4}=0,000$
Энергетическая ценность/индивидуальная потребность, % <i>Energy value/individual requirement, %</i>	100,4±24,9	84,4±26,4	85,3±31,7	68,9±26,8
<i>p</i>	$p_{1-2}=0,006$ $p_{1-3}=0,018$	$p_{2-3}=0,882$ $p_{2-4}=0,024$	$p_{3-4}=0,031$	$p_{1-4}=0,000$

В каждой возрастной группе была проанализирована степень дефицита энергетической ценности по отношению к индивидуальной норме потребности (табл. 3).

Анализ потребления белка (г/сут) в разных возрастных группах (см. табл. 3) показал, что содержание этого макронутриента в рационе превышало физиологическую норму для здоровых детей на 39–60%. Максимальное превышение было в 1-й (младшей возрастной группе), наиболее низкое – во 2-й (3–5 лет). Доля белка в энергетической ценности фактического рациона составила в 1-й группе (1–2 года) 16,3%, во 2-й (3 года – 5 лет) – 15,6%, в 3-й (6–9 лет) – 15,7%, в 4-й (10–18 лет) – 17,8%, что значительно ниже рекомендуемой нормы для больных МВ детей (20%) [1].

Безусловно, более корректными показателями дефицита пищевых веществ следует считать данные по

потреблению макронутриентов в расчете на 1 кг массы тела. Анализ показал, что поступление белка (г/кг) с рационом у младших возрастных групп соответствовало или превышало рекомендуемый уровень при МВ, а у детей старше 10 лет приближалось к нему [1] (табл. 4). При этом количество белка (г/кг) статистически значительно снижалось с возрастом (см. табл. 4).

Потребление жира у обследованных пациентов превышало физиологическую норму для здоровых детей на 47–62% (табл. 5). Доля жира в суточной энергетической ценности рациона превышала рекомендуемую норму при МВ (35–40%) у 45% пациентов в возрасте 3–5 и 10–18 лет, составляя в среднем по группе соответственно 41,9 и 43,4%. Среднее поступление жира в расчете на 1 кг массы тела статистически значительно снижалось с возрастом ($p_{1-4}=0,000$).

Таблица 3. Количество детей со сниженной энергетической ценностью рациона в различных возрастных группах, *n* (%)

Table 3. The number of children with reduced energy intake in various age groups, *n* (%)

Дефицит, ккал/сут <i>Deficit,</i> <i>kcal/day</i>	Группа детей <i>Group of children</i>			
	1-я (1–2 года), <i>n=40 (26,7%)</i> <i>1st (1–2 years old),</i> <i>n=40 (26,7%)</i>	2-я (3 года – 5 лет), <i>n=41 (27,3%)</i> <i>2nd (3–5 years old),</i> <i>n=41 (27,3%)</i>	3-я (6–9 лет), <i>n=43 (28,7%)</i> <i>3rd (6–9 years old),</i> <i>n=43 (28,7%)</i>	4-я (10–18 лет), <i>n=26 (17,3%)</i> <i>4th (10–18 years old),</i> <i>n=26 (17,3%)</i>
Нет дефицита потребления <i>No consumption deficit</i>	18 (45,0)	10 (24,3)	13 (30,5)	4 (15,3)
≤20%	14 (35,0)	11 (26,2)	6 (14,0)	6 (23,1)
21–50%	8 (20,0)	16 (39,2)	19 (44,5)	10 (38,5)
≥50%	0	4 (10,3)	5 (11,0)	6 (23,1)

Таблица 4. Фактическое потребление белка у детей, страдающих муковисцидозом ($M \pm SD$)Table 4. Actual protein intake in children suffering from cystic fibrosis ($M \pm SD$)

Показатель Parameter	Группа детей Group of children			
	1-я (1–2 года), n=40 (26,7%) 1 st (1–2 years old), n=40 (26.7%)	2-я (3 года – 5 лет), n=41 (27,3%) 2 nd (3–5 years old), n=41 (27.3%)	3-я (6–9 лет), n=43 (28,7%) 3 rd (6–9 years old), n=43 (28.7%)	4-я (10–18 лет), n=26 (17,3%) 4 th (10–18 years old), n=26 (17.3%)
Белок, г/сут Protein, g/day	63,6±19,5	75,3±25,0	88,4±35,4	109,9±32,9
p	$p_{1-2}=0,022$ $p_{1-3}=0,000$	$p_{2-3}=0,053$ $p_{2-4}=0,000$	$p_{3-4}=0,014$	$p_{1-4}=0,000$
Физиологическая потребность в белке, г/сут Physiological requirement in protein, g/day	39,1±3,0	54±0	60,0±4,2	73,3±8,9
p	$p_{1-2}=0,000$ $p_{1-3}=0,000$	$p_{2-3}=0,000$ $p_{2-4}=0,000$	$p_{3-4}=0,000$	$p_{1-4}=0,000$
Потребление/физиологическая потребность, % Intake/physiological requirement, %	160,5±41,6	139,4±46,3	146±57,7	158,4±46,3
Потребление белка, г на 1 кг массы тела Protein intake, g/kg body weight	5,5±1,1	4,6±1,5	3,7±1,5	2,6±0,8
p	$p_{1-2}=0,003$ $p_{1-3}=0,000$	$p_{2-3}=0,004$ $p_{2-4}=0,000$	$p_{3-4}=0,002$	$p_{1-4}=0,000$
Потребность в белке у детей, больных МВ (1987 г.), г на 1 кг массы тела Requirement for protein in patients with cystic fibrosis, g/kg body weight	4–3	3,0–2,5	3,0–2,5	2,5–1,5

Отмечалось избыточное поступление насыщенных жирных кислот, которое превышало физиологическую норму в каждой возрастной группе (от 113 до 155% нормы), особенно высоким оно было в группах детей 6–9 и 10–18 лет. Наблюдался дефицит потребления полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в пределах 60–80% нормы.

Потребление углеводов в абсолютных величинах во всех возрастных группах не достигало физиологической потребности для здоровых детей (см. табл. 5). Доля углеводов в энергетической ценности рациона (табл. 6) не превышала 46% и была наименьшей у детей из 4-й группы (10–18 лет). Возможно, эта ситуация возникает из-за опасений родителей риска развития сахарного диабета, ассоциированного с муковисцидозом, вследствие чего они редуцируют рацион детей за счет пищи, богатой углеводами. Этот дисбаланс происходит также из-за увеличения доли жира в рационе, вследствие стремления родителей увеличить энергетическую ценность рациона. Снижение поступления углеводов из расчета на массу тела с возрастом было более выраженным, чем аналогичные изменения, рассчитанные для белка и жира, и составило 36% у детей старшей возрастной группы относительно показателя детей самой младшей возрастной группы (см. табл. 6).

Анализ потребления микронутриентов с пищей (без учета витаминно-минеральных комплексов, биологически активных добавок к пище, растворов электролитов) выявил недостаточное содержание витаминов в суточ-

ном рационе у обследованных пациентов. Недостаток потребления витамина С составил 40–54%, В₁ – 38–50% в сравнении с физиологической нормой. В меньшей степени отмечался дефицит витамина В₂ – 15–30%, а в младшей группе (1–2 года) не выявлено недостаточного потребления этого витамина. При анализе минерального состава рациона отмечался дефицит поступления железа (22–31% нормы). Содержание фосфора соответствовало рекомендуемому. Уровень кальция в рационе был выше рекомендуемых показателей при МВ [2] и физиологической нормы на 38–89%, что, по-видимому, обусловлено высоким потреблением молочных и кисломолочных продуктов, а также дополнительным приемом специализированных продуктов для энтерального лечебного питания.

Анализ потребления микронутриентов, потребность в которых при МВ повышена, показал, что поступление жирорастворимых витаминов с пищей не достигало даже физиологической нормы для здоровых детей. Так, недостаток поступления с рационом витамина А составил 65–76%, Е – 63–86%, D – 31–43%. Был выявлен дефицит потребления калия в группах детей 10–18 лет на уровне 62% и 3–5 лет на уровне 27%, а в группе детей 1–2 лет поступление с рационом превышало на 20% физиологическую норму. Следует отметить, что поступление натрия с рационом во всех группах было на уровне 137–198% физиологической нормы и объясняется дополнительным приемом соленых продуктов в связи с увеличенной потребностью в этом микронутриенте у пациентов с МВ.

Антропометрические показатели

Антропометрические показатели у детей разных возрастных групп представлены в табл. 7.

Выявлено, что ИМТ (перцентиль и Z-критерий) прогрессивно снижался у детей старше 5 лет. В 1-й возрастной группе дефицит массы тела по ИМТ (Z-критерий ≤ -1 SD) имели 7 человек (17,5%), во 2-й возрастной группе – 7 детей (17,1%), в 3-й – 13 человек (30,2%), в 4-й возрастной группе – 14 обследованных (53,8%).

При этом необходимо отметить, что процессы снижения ИМТ у детей старше 5 лет, страдающих МВ, протекают на фоне выявленного уменьшения пищевой ценности рациона у детей старше 3 лет.

Обсуждение

Таким образом, полученные нами данные по анализу состояния фактического питания, выполненные у репрезентативной группы пациентов, больных МВ, свидетельствуют о недостаточном потреблении энергии (103–116% при рекомендуемой норме для данной патологии 110–200% физиологической потребности для здоровых детей). Дефицит потребления энергии увеличивался, начиная с 3–5 лет, достигая 32% к 18 годам ($p_{1-4}=0,000$).

Установлено, что потребление белка и жира превышало физиологическую потребность, а углеводов не достигало ее во всех группах детей. Доля белка в суточной энергетической ценности составляла 15–18% (рекомендуемые значения при МВ – 20%). Доля жира

превышала рекомендуемую норму при МВ (35–40%) у 45% пациентов в возрасте 3–5 и 10–18 лет. Доля углеводов в энергетической ценности рациона (38,8%) была ниже рекомендуемой в возрасте 10–18 лет. Выявлен дисбаланс в обеспеченности насыщенными и длинно-цепочечными ПНЖК. Обнаружен дефицит поступления витаминов С, В₁, В₂, А, Е, D, железа и калия. Уровень потребления фосфора, кальция и натрия был в пределах рекомендуемых норм и выше.

Наши данные аналогичны полученным в европейских центрах МВ. В ряде исследований было показано, что от 40 до 60% детей имели суточную калорийность пищи, не превышающую 110–120% рекомендуемых норм [3, 5]. В 40–72% случаев калорийность не достигла минимальных рекомендуемых значений [6].

Исследование, проведенное в Нидерландах на большой когорте пациентов ($n=234$, от 2 до 18 лет), показало, что пациенты с МВ младшей возрастной группы потребляли около 127% калорий физиологической нормы, к 18 годам энергетическая ценность статистически значимо снижалась до 100%. В группе контроля, у здоровых детей ($n=2860$), калорийность рациона снижалась соответственно со 115 до 83%. В среднем дети с МВ потребляли на 18% больше калорий, чем здоровые дети. Процентное соотношение макронутриентов в рационе больных МВ составило: белка – 13–15%, жира – 35–36%, углеводов – 52–53%; в группе контроля: белка – 14%, жира – 29–32%, углеводов – 51–58%. Потребление белка в расчете на 1 кг массы тела в группе пациентов с МВ уменьшалось с возрастом ребенка, начиная с 3,1 г в возрасте 1–3 года до 1,7 г к 18 годам. В группе кон-

Таблица 5. Фактическое потребление жира у детей, страдающих муковисцидозом ($M \pm SD$)

Table 5. Actual fat intake in children with cystic fibrosis ($M \pm SD$)

Показатель Parameter	Группа детей Group of children			
	1-я (1–2 года), $n=40$ (26,7%) 1 st (1–2 years old), $n=40$ (26,7%)	2-я (3 года – 5 лет), $n=41$ (27,3%) 2 nd (3–5 years old), $n=41$ (27,3%)	3-я (6–9 лет), $n=43$ (28,7%) 3 rd (6–9 years old), $n=43$ (28,7%)	4-я (10–18 лет), $n=26$ (17,3%) 4 th (10–18 years old), $n=26$ (17,3%)
Жиры, г/сут Fats, g/day	64,6 \pm 17,7	89,4 \pm 31,9	99,4 \pm 42,2	125,2 \pm 57,5
p	$p_{1-2}=0,000$ $p_{1-3}=0,000$	$p_{2-3}=0,223$ $p_{2-4}=0,001$	$p_{3-4}=0,035$	$p_{1-4}=0,000$
Физиологическая потребность, г/сут Physiological requirement in fats, g/day	43,6 \pm 3,5	43,6 \pm 3,5	66,7 \pm 4,7	81,5 \pm 9,9
p	$p_{1-2}=0,871$ $p_{1-3}=0,000$	$p_{2-3}=0,000$ $p_{2-4}=0,000$	$p_{3-4}=0,000$	$p_{1-4}=0,000$
Потребление/физиологическая потребность, % Intake/physiological requirement, %	147,2 \pm 33,7	149,0 \pm 53,2	148,4 \pm 61,5	162,3 \pm 72,7
Жиры/энергетическая ценность рациона, % Fat/energy value, %	37,8 \pm 6,2	41,9 \pm 6,5	39,6 \pm 7,5	43,4 \pm 7,4
p	$p_{1-2}=0,005$ $p_{1-3}=0,257$	$p_{2-3}=0,132$ $p_{2-4}=0,408$	$p_{3-4}=0,046$	$p_{1-4}=0,001$
Потребление жира, г на 1 кг массы тела Fat intake, g/kg body weight	5,7 \pm 1,3	5,5 \pm 2,0	4,2 \pm 1,8	3,0 \pm 1,7
p	$p_{1-2}=0,706$ $p_{1-3}=0,000$	$p_{2-3}=0,001$ $p_{2-4}=0,000$	$p_{3-4}=0,009$	$p_{1-4}=0,000$

Таблица 6. Фактическое потребление углеводов у детей, страдающих муковисцидозом ($M \pm SD$)Table 6. Actual carbohydrate intake in children with cystic fibrosis ($M \pm SD$)

Показатель Parameter	Группа детей Group of children			
	1-я (1-2 года), n=40 (26,7%) 1 st (1-2 years old), n=40 (26.7%)	2-я (3 года - 5 лет), n=41 (27,3%) 2 nd (3-5 years old), n=41 (27.3%)	3-я (6-9 лет), n=43 (28,7%) 3 rd (6-9 years old), n=43 (28.7%)	4-я (10-18 лет), n=26 (17,3%) 4 th (10-18 years old), n=26 (17.3%)
Углеводы, г/сут Carbohydrates, g/day	177,9±60,6	199,3±58,6	246,2±77,6	240,5±91,9
<i>p</i>	$p_{1-2}=0,109$ $p_{1-3}=0,000$	$p_{2-3}=0,002$ $p_{2-4}=0,028$	$p_{3-4}=0,781$	$p_{1-4}=0,001$
Физиологическая потребность, г/сут Physiological requirement in carbohydrates, g/day	189,2±14,7	261,0±0	290,6±20,8	355,1±43,0
<i>p</i>	$p_{1-2}=0,000$ $p_{1-3}=0,000$	$p_{2-3}=0,000$ $p_{2-4}=0,000$	$p_{3-4}=0,000$	$p_{1-4}=0,000$
Углеводы/физиологическая потребность, % Intake/physiological requirement in carbohydrates, %	93,4±29,3	76,3±22,4	84,5±25,8	71,6±27,0
Углеводы/энергетическая ценность рациона, % Carbohydrates/energy value, %	45,7±7,7	42,3±6,4	44,6±9,0	38,8±6,91
<i>p</i>	$p_{1-2}=0,034$ $p_{1-3}=0,552$	$p_{2-3}=0,184$ $p_{2-4}=0,044$	$p_{3-4}=0,007$	$p_{1-4}=0,000$
Углеводы, г на 1 кг массы тела Carbohydrates' intake, g/kg body weight	15,8±4,4	12,4±3,9	10,3±3,3	5,8±2,4
<i>p</i>	$p_{1-2}=0,005$ $p_{1-3}=0,000$	$p_{2-3}=0,008$ $p_{2-4}=0,000$	$p_{3-4}=0,000$	$p_{1-4}=0,000$

троля эти значения составили соответственно от 2,9 до 1,2 г/кг [7]. В работе С. Smith и соавт. [8], было показано, что потребление энергии у детей с МВ ($n=24$, от 1 до 18 лет) составляло 116% физиологической потребности, а доля макронутриентов в энергетической ценности рациона была равной 13,4% для белка, 43% – для жиров и 43,6% – углеводов. Не было вы-

явлено корреляции между энергетической ценностью рациона, содержанием в нем макронутриентов и ИМТ (Z-критерий).

Исследований, посвященных изучению потребности в основных пищевых веществах (белке, жирах и углеводах) при МВ, в научной литературе крайне мало. Сообщается, что положительный белковый баланс

Таблица 7. Антропометрические показатели детей по возрастным группам [Me (Q1–Q3)]Table 7. Anthropometric indicators of children by age groups [Me (Q1–Q3)]

Показатель Parameter	Группа детей Group of children			
	1-я (1-2 года), n=40 (26,7%) 1 st (1-2 years old), n=40 (26.7%)	2-я (3 года - 5 лет), n=41 (27,3%) 2 nd (3-5 years old), n=41 (27.3%)	3-я (6-9 лет), n=43 (28,7%) 3 rd (6-9 years old), n=43 (28.7%)	4-я (10-18 лет), n=26 (17,3%) 4 th (10-18 years old), n=26 (17.3%)
ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ²	15,8 (14,7–17,1)	15,0 (14,5–15,7)	14,5 (14,2–15,1)	15,6 (13,9–17,4)
ИМТ, Z-критерий BMI, Z-score	-0,1 (-0,8...+0,7)	-0,1 (-0,7...+0,3)	-0,8 (-1,0...-0,4)	-1,5 (-2,2...-0,8)
ИМТ, перцентиль BMI, percentile	44,5 (16,0–76,0)	43,5 (24,0–62,0)	22,5 (16,0–35,0)	7,5 (2,0–22,0)
Рост, Z-критерий Growth, Z-score	-0,1 (-1,8...+0,6)	-0,5 (-1,1...+0,1)	-0,3 (-0,9...+0,1)	-0,7 (-0,9...-0,4)
Рост, перцентиль Growth, percentile	46,2 (3,5–71,5)	29,0 (14,0–52,0)	39,0 (21,5–52,5)	23,0 (19,1–32,9)

ИМТ – индекс массы тела. BMI – body mass index.

у детей с задержкой роста и стабильным течением МВ наблюдался, когда количество белка в пище находилось на уровне от 1,5 до 5 г на 1 кг массы тела в сутки, в течение 4 дней [9]. Для сравнения: здоровым детям ВОЗ рекомендует от 0,7 до 1,1 г/кг в зависимости от пола, возраста, физической активности и массы тела [10]. В нашем исследовании было показано, что потребление белка в расчете на массу тела (г/кг) составило 5,5 (в группе с хорошим пищевым статусом) и 2,6 (в группе подростков, имеющих низкие показатели ИМТ).

Данные о взаимосвязи сниженного потребления энергии, некоторых макронутриентов и пищевого статуса больных МВ до настоящего времени остаются предметом анализа, отчасти в связи с многофакторным генезом нарушений при данной патологии. Тем не менее в нашем исследовании показано, что процессы снижения пищевого статуса идут параллельно со снижением энергетической ценности и содержания макронутриентов в рационе начиная с 3–5 лет. Учитывая доказанную положительную корреляцию между пищевым статусом и функцией легких при МВ [1–3], необходимы своевременные меры профилактики данных нарушений, основанные на оценке состояния фактического питания для их последующей индивидуальной коррекции.

Сведения об авторах

Максимищева Татьяна Юрьевна (Tatyana Yu. Maksimycheva) – научный сотрудник научно-клинического отдела муковисцидоза ФГБНУ «МГНЦ», старший лаборант кафедры диетологии и нутрициологии ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

E-mail: t.y.leus@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4029-7921>

Кондратьева Елена Ивановна (Elena I. Kondratyeva) – доктор медицинских наук, профессор, руководитель научно-клинического отдела муковисцидоза ФГБНУ «МГНЦ» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: elenafpk@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6395-0407>

Сорвачева Татьяна Николаевна (Tatyana N. Sorvacheva) – доктор медицинских наук, заведующая кафедрой диетологии и нутрициологии ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

E-mail: sorvacheva@mail.ru

orcid 0000-0001-0003-3482-0616

Пырьева Екатерина Анатольевна (Ekaterina A. Pyrieva) – кандидат медицинских наук, заведующая лабораторией возрастной диетологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», доцент кафедры диетологии и нутрициологии ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

E-mail: pyrieva@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9110-6753>

Евдокимова Татьяна Анатольевна (Tatyana A. Evdokimova) – кандидат медицинских наук, доцент кафедры диетологии и нутрициологии ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

E-mail: et2005@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9178-6659>

Литература

1. Кондратьева Е.И., Каширская Н.Ю., Капранов Н.И. Национальный консенсус. Муковисцидоз: определение, диагностические критерии, терапия. М. : Компания Боргес, 2016. 205 с.
2. Turck D., Braegger C.P., Colombo C., Declercq D., Morton A., Pancheva R. et al. ESPEN-ESPGHAN-ECFS guidelines on nutrition care for infants, children, and adults with cystic fibrosis // Clin. Nutr. 2016. Vol. 35, N 3. P. 557–577.
3. Calvo-Lerma J., Hulst J., Asseiceira I., Claes I., Garriga M., Colombo C. et al. Nutritional status, nutrient intake and use of enzyme supplements in paediatric patients with cystic fibrosis; a European multicentre study with reference to current guidelines // J. Cyst. Fibros. 2017. Vol. 16, N 4. P. 510–518.
4. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08.

- Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко 18.12.2008. М., 2008. 46 с.
5. Schall J.I., Bentley T., Stallings V.A. Meal patterns, dietary fat intake and pancreatic enzyme use in preadolescent children with cystic fibrosis // *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2006. Vol. 43, N 5. P. 651–659.
 6. Woestenenk J.W., Castelijns S.J., van der Ent C.K., Houwen R.H. Dietary intake in children and adolescents with cystic fibrosis // *Clin. Nutr.* 2014. Vol. 33, N 3. P. 528–532.
 7. Woestenenk J.W., Dalmeijer G.W., van der Ent C.K., Houwen R.H. The relationship between energy intake and body-growth in children with cystic fibrosis // *Clin. Nutr.* 2018. N 5. P. S0261–S0561.
 8. Smith C., Chetty K., Kapur A., Seddon P. Food diary analysis and growth: do they correlate? A pilot study // *J. Cyst. Fibros.* 2018. Vol. 17, N 3. P. 122–123.
 9. Geukers V.G., Oudshoorn J.H., Taminiau J.A., van der Ent C.K., Schilte P., Ruiters A.F. Short-term protein intake and stimulation of protein synthesis in stunted children with cystic fibrosis // *Am. J. Clin. Nutr.* 2005. Vol. 81, N 3. P. 605–610.
 10. Protein and amino acid requirements in human nutrition Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation (WHO Technical Report Series 935). 2007.

References

1. National consensus. Cystic fibrosis: definition, diagnostic criteria, therapy. Moscow: Kompaniya Borges; 2016: 205 p. (in Russian)
2. Turck D., Braegger C.P., Colombo C., Declercq D., Morton A., Pancheva R. et al. ESPEN-ESPGHAN-ECFS guidelines on nutrition care for infants, children, and adults with cystic fibrosis. *Clin Nutr.* 2016; 35 (3): 557–77.
3. Calvo-Lerma J., Hulst J., Asseiceira I., Claes I., Garriga M., Colombo C., et al. Nutritional status, nutrient intake and use of enzyme supplements in paediatric patients with cystic fibrosis; a European multicentre study with reference to current guidelines. *J Cyst Fibros.* 2017; 16 (4): 510–8.
4. Norms of physiological requirements for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. Guidelines MP 2.3.1.2432-08. Approved Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation Gennady G. Onishchenko 18.12.2008. Moscow; 2008: 46 p. (in Russian)
5. Schall J.I., Bentley T., Stallings V.A. Meal patterns, dietary fat intake and pancreatic enzyme use in preadolescent children with cystic fibrosis. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2006; 43 (5): 651–9.
6. Woestenenk J.W., Castelijns S.J., van der Ent C.K., Houwen R.H. Dietary intake in children and adolescents with cystic fibrosis. *Clin Nutr.* 2014; 33 (3): 528–32.
7. Woestenenk J.W., Dalmeijer G.W., van der Ent C.K., Houwen R.H. The relationship between energy intake and body-growth in children with cystic fibrosis. *Clin Nutr.* 2018; (5): S0261–561.
8. Smith C., Chetty K., Kapur A., Seddon P. Food diary analysis and growth: do they correlate? A pilot study. *J Cyst Fibros.* 2018; 17 (3): 122–3.
9. Geukers V.G., Oudshoorn J.H., Taminiau J.A., van der Ent C.K., Schilte P., Ruiters A.F. Short-term protein intake and stimulation of protein synthesis in stunted children with cystic fibrosis. *Am J Clin Nutr.* 2005; 81 (3): 605–10.
10. Protein and amino acid requirements in human nutrition Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation (WHO Technical Report Series 935); 2007.

Для корреспонденции

Федулова Лилия Вячеславовна – кандидат технических наук, заведующая Экспериментальной клиникой – лабораторией биологически активных веществ животного происхождения ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
 Адрес: 109316, Российская Федерация, г. Москва, ул. Талалихина, д. 26
 Телефон: (495) 676-92-11
 E-mail: l.fedulova@fncps.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3573-930X>

Чернуха И.М., Котенкова Е.А., Василевская Е.Р., Иванкин А.Н., Лисицын А.Б., Федулова Л.В.

Изучение биологических эффектов ягод годжи различного географического происхождения на крысах с моделью алиментарной гиперлипидемии

The study of biological effects of different geographical origin goji berries in rats with alimentary hypercholesterolemia

Chernukha I.M., Kotenkova E.A., Vasilevskaya E.R., Ivankin A.N., Lisitsyn A.B., Fedulova L.V.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова» Российской академии наук, 109316, г. Москва, Российская Федерация

V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Russian Academy of Sciences, 109316, Moscow, Russian Federation

Пищевые и лекарственные растения и их плоды, используемые в традиционной медицине, в настоящее время получили широкое распространение в качестве источников биологически активных фитохимических соединений для придания продуктам функциональных свойств. Ввиду значительной вариации содержания фитонутриентов в зависимости от геоклиматических условий представляется актуальным сравнительное изучение ягод годжи, собранных в разных регионах.

Цель исследования – сравнительное исследование ягод *L. barbarum* и *L. chinense* и их биологических эффектов при включении в рацион крыс с моделью экспериментальной гиперлипидемии.

Материал и методы. В ягодах *L. barbarum* (Китай) и *L. chinense* (Казахстан) определяли состав моносахаридов, концентрацию витаминов (D, E, C) и минеральных веществ (Mg, Ca, Se), суммарное содержание фенольных соединений, веществ стероидной природы, активность каталазы и супероксиддисмутазы, общую антиоксидантную активность. Биологический эксперимент продолжительностью 186 сут проводили на крысах линии Вистар, разделенных на интактных (n=10) и экспериментальных (n=48) животных, у которых в течение 100 сут воспроизводили алиментарную гиперлипидемию (рацион с содержанием животных жиров 5,0–19,0% и холестерина 0,5–2,0%), после чего распределяли на крыс контрольной группы, потреблявших стандартный рацион

Финансирование. Исследование выполнено при финансировании Российского научного фонда (проект № 16-16-10073).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Чернуха И.М., Котенкова Е.А., Василевская Е.Р., Иванкин А.Н., Лисицын А.Б., Федулова Л.В. Изучение биологических эффектов ягод годжи различного географического происхождения на крысах с моделью алиментарной гиперлипидемии // *Вопр. питания*. 2020. Т. 89, № 1. С. 37–45. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10004

Статья поступила в редакцию 14.08.2019. **Принята в печать** 24.01.2020.

Funding. The study was supported by the Russian Science Foundation (project No. 16-16-10073).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Chernukha I.M., Kotenkova E.A., Vasilevskaya E.R., Ivankin A.N., Lisitsyn A.B., Fedulova L.V. The study of biological effects of different geographical origin goji berries in rats with alimentary hypercholesterolemia. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (1): 37–45. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10004 (in Russian)

Received 14.08.2019. **Accepted** 24.01.2020.

(1-я группа), и крыс опытных групп, которым на протяжении 86 сут в рацион добавляли ягоды *L. barbarum* (2-я группа) и *L. chinense* (3-я группа) в количестве 20% углеводной составляющей рациона. На 128-е и 186-е сутки эксперимента в сыворотке крови животных анализировали содержание общего белка, альбумина, креатинина и мочевины, триглицеридов, общего холестерина, холестерина липопротеинов высокой и низкой плотности, малонового диальдегида и измеряли общую антиоксидантную активность сыворотки крови.

Результаты и обсуждение. Ягоды *L. chinense*, характеризующиеся высоким содержанием фенольных соединений (на 20% выше, чем в ягодах *L. barbarum*), при введении в рацион крыс с алиментарной гиперлипидемией на 28-е сутки снижали концентрацию общего холестерина на 44,1% и липопротеинов низкой плотности на 35,8% относительно контрольных животных, на 86-е сутки способствовали увеличению концентрации липопротеинов высокой плотности до 79,6%. При этом эффект ягод *L. barbarum*, характеризующийся повышением концентрации липопротеинов высокой плотности в крови крыс (на 62,3%), может быть обусловлен более высоким содержанием витаминов С, Е и селена (на 35, 11 и 22% больше, чем в *L. chinense*), наличием фитостеринов и фитостанолов, в частности додекановой кислоты.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о выраженной антиоксидантной направленности действия ягод *L. barbarum* и *L. chinense* и возможности их использования в составе рациона для коррекции нарушения липидного обмена.

Ключевые слова: ягоды годжи, *Lycium barbarum*, *Lycium chinense*, антиоксиданты, алиментарная гиперлипидемия, крысы, липидный спектр

Food and medicinal plants as well as its' fruits, used in traditional medicine, are now widely used as sources of bioactive phytochemical compounds to impart functional properties to products. Due to the significant variation in phytonutrient content depending on geoclimatic conditions, a comparative study of goji berries collected in different regions seems to be relevant.

The aim – comparative study of *L. barbarum* and *L. chinense* berries and its biological effects when inclusion in the diet of rats with experimental hyperlipidemia.

Material and methods. In the berries of *L. barbarum* (China) and *L. chinense* (Kazakhstan), the composition of monosaccharides, the content of vitamins (D, E, C), minerals (Mg, Ca, Se), phenolic compounds and steroid substances as well as catalase and superoxide dismutase activity and total antioxidant activity was determined. Biological experiment lasted 186 days, it was carried out on Wistar rats, divided into intact ($n=10$) and experimental animals ($n=48$), in which alimentary hyperlipidemia was reproduced for 100 days (diet containing animal fats 5.0–19.0% and cholesterol 0.5–2.0%), further animals were divided in control rats with hyperlipidemia, consuming a standard diet (group 1) and experimental rats, which were supplemented for 86 days with *L. barbarum* (group 2) and *L. chinense* (group 3) in an amount of 20% of the diet carbohydrate component. On the 128th and 186th days of the experiment, rats' blood serum was analyzed for total protein, albumin, creatinine and urea, triacylglycerides, total cholesterol, high and low density lipoprotein cholesterol, malondialdehyde and the total antioxidant activity of blood serum was measured.

Results and discussion. *L. chinense* berries, which are characterized by a high content of phenolic compounds (20% higher than in *L. barbarum* berries), when administered to rats with alimentary hyperlipidemia on the 28th day, reduced the concentration of total cholesterol by 44.1% and low-density lipoproteins by 35.8% relative to control animals, on day 86 contributed to an increase in the concentration of high density lipoproteins to 79.6%. The effect of *L. barbarum* berries, characterized by an increase in high density lipoproteins in rat blood (by 62.3%), may be due to a higher content of vitamins C, E and selenium (35, 11 and 22% more than in *L. chinense*), the presence of phytosterols and phytostanols, in particular dodecanoic acid.

Conclusion. The data obtained indicate a pronounced antioxidant effect of *L. barbarum* and *L. chinense* berries and the possibility of their use in the diet to correct lipid metabolism disorders.

Keywords: Goji berries, *Lycium barbarum*, *Lycium chinense*, antioxidants, alimentary hyperlipidemia, rats, lipid profile

В последние годы все большую популярность приобретают биологически активные вещества, используемые для придания продуктам функциональных свойств и воспринимающиеся потребителем как не представ-

ляющие угрозу для здоровья. В связи с этим особый практический интерес приобретают различные пищевые и лекарственные растения и их плоды, традиционно используемые во многих странах мира.

Так, ягоды годжи (*Goji*), плоды кустарника рода Дереза (*Lycium*), пользуются высоким спросом во всем мире. Интересно отметить, что на протяжении более 2000 лет в традиционной медицине Китая используются плоды и листья двух близких видов *L. barbarum* (LB) и *L. chinense* (LC), культивируемых в настоящее время в Средиземноморье, Центральной и Юго-Западной Азии, Северной Америке и Австралии. Проводятся работы по интродукции LB и LC в условиях Балканского полуострова – на территории Италии, Румынии, Болгарии, а также их селекции и получению новых сортов [1]. При этом в промышленных объемах ягоды LB и LC собирают на северо-западе Китая в провинциях Нинся (Ningxia), Ганьсу (Gansu), Хэбэй (Hebei), Цинхай (Qinghai) и на территории Республики Казахстан.

Ягоды применяют как самостоятельную добавку к пище и в качестве компонентов функциональных продуктов в высушенном (в том числе сублимированном) виде, а также в виде сгущенных экстрактов. Ягоды и их экстракты содержат достаточное количество фитонутриентов, обладающих широким спектром фармакологических свойств, в том числе воздействующих на систему гемостаза, липидный обмен, окислительные процессы и реакции воспаления, сопряженные с накоплением активных форм кислорода [2, 3]. Актуальность исследования источников природных биологически активных веществ обусловлена с каждым годом увеличивающимся объемом экспериментальных данных, свидетельствующих, согласно современным принципам доказательной медицины, о большей эффективности фитохимических соединений по сравнению с синтетическими аналогами [4–6]. Ввиду того что содержание физиологически значимых фитонутриентов, в частности полисахаридов, в плодах может значительно варьировать в зависимости от географии произрастания и определяется многими факторами [7], интересным представляется сравнительное изучение биологических эффектов ягод, собранных в разных регионах. При этом высокое содержание фенольных кислот, флавоноидов и каротиноидов, а также биодоступных минеральных веществ и некоторых витаминов свидетельствует о целесообразности исследования возможности использования ягод в составе рациона для коррекции патологических состояний, обусловленных нарушением липидного обмена [8, 9].

Цель работы – сравнительное исследование ягод годжи китайского (LB) и казахского (LC) происхождения и их биологических эффектов при включении в рацион крыс с моделью экспериментальной гиперлипидемии.

Материал и методы

Объектами исследования были высушенные ягоды: LB, полученные из Академии сельскохозяйственных наук Чжэньцзян (Ханчжоу, Китай), и LC, полученные из Алматинского технологического университета (Алматы,

Республика Казахстан). Аналитические определения проводили в 3-кратной повторности. Состав свободных углеводов определяли с использованием хроматографической системы «BioLC» (Dionex, Германия) в водных экстрактах ягод (5 г образца гомогенизировали при 25 °С в 50 г воды, которую пропускали через нейлоновый фильтр с размером пор 0,45 мкм, с последующим разбавлением водой в 10 раз). В качестве стандартов использовали водные растворы сахаров (Sigma Aldrich, Канада). Для определения витаминов D и E ягоды подвергали щелочному гидролизу и экстракции диэтиловым эфиром, экстракт упаривали досуха и перерастворяли в метаноле; для определения витамина С экстракцию проводили в фосфатном буфере (pH=3,4) и центрифугировали 5 мин при 4000g. Анализ проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с детектированием в ультрафиолетовой области спектра (витамин D – 270 нм; E – 285 нм; C – 245 нм), полученные хроматографические пики сопоставляли с пиками стандартов (Sigma Aldrich, Канада). Определение кальция проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией, селен – атомно-абсорбционным методом «холодного пара». Количественное определение фенольных соединений в ягодах проводили спектрофотометрически [10]. Для анализа компонентов стероидной природы к 5 г ягод добавляли 50 см³ ацетонитрила и выдерживали на ультразвуковой бане в течение 5 мин, затем центрифугировали 5 мин при 4000g, супернатант пропускали через шприцевой мембранный фильтр 0,45 мкм (GVS, Италия), после чего пробу переносили в вialу из темного стекла и анализировали на газовом хроматографе с масс-спектрометрическим детектором (Agilent Technologies, США), используя капиллярную колонку HP-5MS. Аналиты идентифицировали с помощью программного обеспечения «NIST Standard Reference Database 1Av17» по относительной интенсивности основного и двух подтверждающих ионов; расчет проводили методом внутренней нормализации. Активность каталазы и супероксиддисмутазы определяли спектрофотометрически [11, 12], принимая за единицу активности количество перекиси водорода в ммоль, разлагающееся за 1 мин при добавлении супернатанта водного экстракта 1 г ягод (Е/г), и способность супернатанта водного экстракта ингибировать на 50% реакцию автоокисления пирогаллола (Е/мг). Общую антиоксидантную активность определяли на спектрофотометре (HTI, США) путем регистрации скорости окисления восстановленной формы 2,6-дихлорфенолиндофенола кислородом, растворенной в реакционной среде, и выражали в константе ингибирования (Ки×мин⁻¹×10⁻³).

Изучение биологических эффектов проводили на крысах-самцах стока Вистар ($n=58$) с исходной массой тела 380 ± 20 г, варьирование по группе ± 10 г, полученных из филиала «Андреевка» ФГБУН НЦБМТ ФМБА России. После прохождения карантина (5 сут) крыс произвольно распределяли на интактных ($n=10$), потреблявших на

протяжении всего эксперимента сбалансированный общевиварный рацион, и крыс, подвергавшихся моделированию алиментарной гиперлипидемии (АГ; $n=48$) в течение 100 сут путем обогащения рациона холестерином 0,5–2,0%, животным жиром 5,0–19,0% и введением *per os* витамина D₂ («Технолог», Украина) в количестве 35 000 МЕ/кг массы тела [13]. Затем животных с АГ произвольно распределяли на 3 группы ($n_{1, 2, 3}=16$). На протяжении 86 сут крысы 1-й группы потребляли общевиварный рацион (контроль), крысам 2-й и 3-й групп заменяли 20% углеводной составляющей общевиварного рациона ягодами LB или LC соответственно. Ягоды запаривали дистиллированной водой в соотношении 1:3 при температуре 50–55 °С, настаивали 3 ч при 22±2 °С.

На протяжении всего периода крыс содержали в клетках тип IV S (Tecniplast, Италия) по 5 голов, при стандартных условиях вивария: температура 20±3 °С, влажность 48±2%, освещение – режим день/ночь (с 6.00 до 18.00), при свободном доступе к воде и корму. В качестве сбалансированного общевиварного рациона использовали полнорационный комбикорм по ГОСТ Р 50258 («Лабораторкорм», Россия), воду для поения получали на установке «EMD Millipore RiOs™ 50» (Merck Millipore, ФРГ) и минерализовали добавлением солей (314–382 мг/л) [14]. На 128-е и 186-е сутки эксперимента крыс выводили из эксперимента в камере для эвтаназии (VeitTech, Великобритания) и брали кровь из сердца. Содержание и все манипуляции проводили, соблюдая приказ Минздрава России от 19.06.2003 № 267 «Об утверждении правил лабораторной практики», Директив Европейского сообщества 86/609ЕЕС, исследование одобрено биоэтической комиссией ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова» (протокол № 02/2015 от 09.11.2015).

Для изучения биодоступности белков рациона при потреблении ягод, а также для оценки их гиполлипидемического эффекта в сыворотке крови крыс с помощью анализатора «BioChem FC-360» (НТИ, США) в соответствии с методиками, приложенными к реактивам (НТИ, США), определяли содержание общего белка, альбумина, креатинина, мочевины, общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеинов высокой (ХС ЛПВП) и низкой (ХС ЛПНП) плотности. Расчетным путем определяли ХС не-ЛПНП

и не-ЛПВП (ОХС–ХС ЛПВП–ХС ЛПНП) и индекс атерогенности сыворотки крови животных: (ОХС–ХС ЛПВП)/ХС ЛПВП. Интенсивность перекисного окисления липидов в крови крыс определяли по степени накопления малонового диальдегида (МДА) на фотометре («ЗОМЗ», Россия) [15], общую антиоксидантную емкость крови определяли спектрометрически регистрацией скорости окисления восстановленной формы 2,6-дихлорфенолиндофенола кислородом, растворенным в реакционной среде, и выражали в K_{A} .

Статистическую обработку проводили с использованием программы Statistica 10.0, результаты представлены в виде «взвешенное среднее значение ± стандартная ошибка» ($M \pm m$), медианы (Me) и интерквартильного размаха ($Q_{25}–Q_{75}$). Статистическую значимость различий между группами животных оценивали с использованием критерия Манна–Уитни, достоверным считали различие при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

По данным литературы, порядка 46% сухого вещества ягод составляют компоненты углеводной природы – полисахариды и гетерогликозиды [7]. Анализ моносахаридной композиции исследуемых образцов выявил высокое содержание в ягодах глюкозы (19,0–21,0% для LC и 13,0–14,5% для LB), фруктозы и рибозы (10,5–11% для LC и 6,0–6,7% для LB), арабинозы (0,06% для LC и 0,05% для LB) и галактозы (0,02% для LC и 0,04% для LB). При этом содержание маннозы и ксилозы составляло соответственно 0,01 и 0,007% в ягодах LC и 0,005 и 0,003% в ягодах LB; содержание лактозы и мальтозы в ягодах не различалось и в среднем не превышало 0,002%. Подобные различия в моносахаридной композиции согласуются с данными О. Potterat [16].

Результаты исследования содержания в ягодах некоторых минеральных веществ и витаминов представлены в табл. 1. В ягодах LB отмечено более высокое содержание селена и кальция (на 26,7–28,2%), аскорбиновой кислоты на 53,4%, α -токоферола на 12,5% по сравнению с образцами LC. При этом суммарное содержание фенольных соединений в ягодах LC составляло 0,139±0,003% и в ягодах LB – 0,112±0,002%. Подобные различия могут быть

Таблица 1. Содержание минеральных веществ и витаминов в ягодах годжи ($M \pm m$, $n=6$)

Table 1. The content of mineral substances and vitamins in goji berries ($M \pm m$, $n=6$)

Образец Sample	Минеральные вещества Mineral substances			Витамин Vitamin		
	Mg, мг/100 г Mg, mg/100 g	Ca, мг/100 г Ca, mg/100 g	Se, мкг/100 г Se, mcg/100 g	C, мг/100 г C, mg/100 g	D, мкг/100 г D, mcg/100 g	E, мг/100 г E, mg/100 g
<i>L. barbarum</i>	62,3±4,1	5,7±0,1*	3,82±0,08*	672,5±33,6*	0,82±0,04	8,1±0,03*
<i>L. chinense</i>	55,2±5,9	4,5±0,3	2,98±0,12	438,3±21,2	0,90±0,03	7,2±0,01

Примечание. * – статистически значимые различия ($p < 0,05$) между исследуемыми образцами.

Note. * – statistically significant differences ($p < 0,05$) between the studied samples.

Таблица 2. Показатели антиоксидантно-энергетического потенциала ягод *in vitro* (n=6)Table 2. Indicators of antioxidant-energy potential of berries *in vitro* (n=6)

Показатель Parameter		Образец Sample	
		<i>L. barbarum</i>	<i>L. chinense</i>
Активность каталазы, Ед/г <i>Catalase activity, U/g</i>	Me	23,09*	13,10
	Q25-Q75	20,31-29,49	10,59-17,9
Активность супероксиддисмутазы, Ед/мг <i>Superoxide dismutase activity, U/mg</i>	Me	140,05	157,84
	Q25-Q75	136,05-147,05	152,24-166,79
Общая антиокислительная активность, $K_p \times \text{мин}^{-1} \times 10^{-3}$ <i>Total antioxidant activity, $K_p \times \text{min}^{-1} \times 10^{-3}$</i>	Me	7,01*	10,85
	Q25-Q75	6,02-7,44	10,24-11,30

Примечание. * – статистически значимые различия ($p < 0,05$) между исследуемыми образцами.

Note. * – statistically significant differences ($p < 0.05$) between the studied samples.

обусловлены как технологическими аспектами заготовки ягод (режимами сушки) и длительностью хранения, так и климатическими условиями зоны произрастания образцов [17, 18].

Дополнительно проведенный анализ исследуемых образцов методом газовой хроматографии показал наличие 9 достаточно близких масс-спектров: гексадекановая кислота (CAS#000057-10-3), кампестерол (CAS#000474-62-4), эйкозановая кислота (CAS#000506-30-9), цис-5,8,11,14,17-эйкозапентаеновая кислота (CAS#002734-47-6), 2,3-дигидро-3,5-дигидрокси-6-метил-4Н-пиран (CAS#028564-83-2), этил-линолеат (CAS#000544-35-4), 9,12-октадеценная кислота (CAS#000060-33-3), гептадекановая кислота (CAS#000506-12-7), 5-метил-2-(1-метилэтил)-циклогексанон (CAS#007786-67-6), также выявлены додекановая (CAS#000143-07-7) и пентадекановая (CAS#005129-60-2) кислоты. Одновременно с этим в профилях образцов были обнаружены дополнительные спектры: в LB – стигмастерол (CAS#000083-48-7) и β -ситостерин (CAS#000083-46-5), в LC – триметилглицин (CAS#000107-43-7) и γ -ситостерин (CAS#000083-47-6). Данные вещества стероидной природы могут регулировать широкий спектр функций, в частности обмен липидов [19].

Сравнительный анализ антиоксидантно-энергетического потенциала исследуемых образцов установил высокую общую антиоксидантную и дисмутазную активность ягод LC, при этом образцы LB характеризовались высокой активностью каталазы (табл. 2).

Значительная вариабельность антиоксидантной емкости коррелирует с результатами изучения компонентного состава ягод двух видов. Антиоксидантный потенциал может быть обусловлен в случае ягод LC более высоким содержанием фенольных соединений, а для ягод LB – повышенным содержанием аскорбиновой кислоты, α -токоферола и селена, который за счет взаимодействия с моносахаридами также увеличивает растворимость олиго- и полимерных фенолов растительного сырья [20, 21]. Кроме того, наличие в экстрактах ягод фитостеролов (гексадекановая, додекановая и пентадекановая кислоты и пр.) может способствовать

проявлению как антиоксидантной, так и гиполипидемической активности.

Для изучения степени выраженности проявления физиологических эффектов ягод китайского и казахского происхождения далее был проведен биологический эксперимент. На протяжении всего периода эксперимента состояние интактных животных не отклонялось от физиологической нормы, динамика массы тела была положительной.

На этапе моделирования АГ у экспериментальных крыс 1–3-й групп с 1-е по 56-е сутки отмечено статистически значимое увеличение массы тела в среднем до 20%, начиная с 57-х и вплоть до 100-х суток масса тела животных стабилизировалась, при этом выявлялись спорадические случаи ее снижения от 3 до 9%. Стоит отметить, что при моделировании АГ у всех экспериментальных животных отмечено ухудшение общего состояния: сгорбленная поза, неопрятность шерстного покрова, алопеции и очаги воспаления в области шейного отдела и передних конечностей. Дальнейшие наблюдения показали относительную стабильность массы тела контрольных крыс 1-й группы вплоть до завершения эксперимента, введение в рацион исследуемых образцов не приводило к статистически значимым изменениям массы тела крыс 2-й и 3-й групп как относительно показателя животных 1-й группы, так и между параметрами этих групп.

При анализе результатов биохимических исследований показателей сыворотки крови, характеризующих белковый обмен (табл. 3), не выявлено статистически значимых различий по экспериментальным группам в отношении концентрации общего белка и альбумина на 128-е сутки эксперимента. У контрольных крыс 1-й группы при сравнении с показателями интактных крыс отмечено статистически значимое увеличение концентрации креатинина на 8,0% при снижении уровня мочевины на 20,2%; на 186-е сутки выявлено снижение содержания общего белка на 9,2%. На 128-е сутки эксперимента у крыс 2-й и 3-й групп обнаружено снижение концентрации мочевины на 17,3 и 23,2% относительно интакта, аналогичное таковому у крыс контрольной

1-й группы; кроме того, у крыс 3-й группы отмечалось увеличение уровня креатинина на 7,5%. На 186-е сутки у крыс 2-й группы наблюдалось статистически значимое снижение содержания общего белка (на 7,9%), одновременно с этим у крыс 3-й группы выявлено увеличение концентрации мочевины на 14,8% (см. табл. 3) относительно интакта.

Перечисленные выше колебания биохимических показателей не выходили за пределы физиологической нормы для данного вида животных. Таким образом, введение в рацион ягод исследуемых видов в количестве 20% углеводной составляющей рациона не вызывало снижение биодоступности белков рациона у крыс с АГ.

Анализ липидного спектра сыворотки крови выявил выраженную гиперлипидемию у крыс 1-й группы на 128-е сутки, сохраняющуюся вплоть до завершения эксперимента (табл. 4). У животных этой группы относительно интакта на 128-е и 186-е сутки отмечено увеличение концентрации ОХС на 60,4 и на 46,6%; ХС ЛПНП – на 50,8 и на 21,7% ($p>0,05$); ХС не-ЛПНП и не-ЛПВП – в 2,8 и 2,5 раза. Одновременно с этим на 186-е сутки выявлено снижение уровня ХС ЛПВП на 16,9%. Таким образом, ИА сыворотки крови крыс 1-й группы к 186-м суткам достигал патологически значимого значения, превышая интактные показатели более чем в 2 раза. У животных с АГ выявлено статистически значимое снижение антиоксидантной емкости крови практически в 2 раза относительно интакта и повышение уровня МДА (на 81,3 и на 56,0% соответственно на 128-е и на 186-е сутки), что указывает на выраженный окислительный стресс и накопление продуктов перекисного окисления липидов.

У крыс 2-й группы на 128-е сутки отмечалась схожая с контрольными животными 1-й группы динамика: увеличение уровня ОХС на 68,3%, ХС ЛПНП – на 61,9% и ТГ – на 18,9% относительно интакта. При этом выявлено увеличение содержания ХС ЛПВП по сравне-

нию с показателями крыс интактной группы на 62,3%, контрольной – на 73,7%. На 186-е сутки установлена положительная динамика для крыс 2-й группы, характеризующаяся снижением концентрации ОХС на 19,8% и ХС ЛПНП на 16,4% ($p>0,05$), ХС не-ЛПНП и не-ЛПВП – на 45,3% ($p<0,05$) при повышении уровня ХС ЛПВП на 48,1% относительно показателей животных 1-й группы. Такое соотношение ХС ЛПНП и ХС ЛПВП приводило к статистически значимому снижению ИА сыворотки крови крыс 2-й группы до 60% относительно значения животных 1-й группы. У крыс 2-й группы по сравнению с 1-й группой на 128-е и 186-е сутки отмечено статистически значимое снижение концентрации МДА на 26,1 и 19,0% при увеличении антиоксидантной активности на 43,8% и на 15,9%. Относительно интакта у крыс этой группы отмечено увеличение содержания МДА на 26,4% на 186-е сутки, статистически значимое снижение антиоксидантной активности на 32,0% на 128-е сутки и на 35,4% на 186-е сутки.

У крыс 3-й группы по сравнению с 1-й группой на 128-е сутки выявлено статистически значимое снижение уровня ОХС на 44,1%, ХС ЛПНП – на 35,8%, ХС не-ЛПНП и не-ЛПВП – до интактных значений (см. табл. 4). Интересно отметить, что у крыс 3-й группы на 186-е сутки количество ОХС было соотносимым со значением крыс 2-й группы, при этом относительно интакта и контроля статистически значимо повышался уровень ХС ЛПВП – до 50%. ИА сыворотки крови крыс 3-й группы на 128-е и на 186-е сутки был наименьшим среди всех групп сравнения – снижался более чем на 50% относительно показателя сыворотки крови крыс 1-й группы и достиг значения интактной группы. У животных 3-й группы на 128-е сутки относительно 1-й группы отмечено снижение содержания МДА на 44,6% и повышение антиоксидантной активности на 44,8% (относительно интакта антиоксидантная активность была снижена на 31,6%). На 186-е сутки концен-

Таблица 3. Биохимические показатели крови крыс, характеризующие обмен белка ($M\pm m$)

Table 3. Biochemical blood parameters characterizing protein metabolism in rats ($M\pm m$)

Группа животных <i>Group of animals</i>	Показатель <i>Parameter</i>							
	общий белок, г/л <i>total protein, g/l</i>		альбумин, г/л <i>albumin, g/l</i>		креатинин, мкмоль/л <i>creatinine, μmol/l</i>		мочевина, ммоль/л <i>urea, mmol/l</i>	
	128 сут <i>128 day</i>	186 сут <i>186 day</i>	128 сут <i>128 day</i>	186 сут <i>186 day</i>	128 сут <i>128 day</i>	186 сут <i>186 day</i>	128 сут <i>128 day</i>	186 сут <i>186 day</i>
Интакт <i>Intact</i>	71,3±1,8	75,4±1,0	39,5±0,6	40,9±0,9	41,4±0,6	49,7±0,6	6,9±0,3	5,4±0,1
1-я (контроль) <i>1st (control)</i>	71,8±0,9	68,5±1,2*	37,9±1,6	36,6±2,5	44,7±0,8*	49,6±1,9	5,5±0,1*	5,9±0,1
2-я (LB) <i>2nd (LB)</i>	70,0±2,8	68,7±1,4*	37,1±2,1	39,2±1,8	41,4±0,7#,+	49,3±0,9	5,7±0,2*	5,5±0,1
3-я (LC) <i>3rd (LC)</i>	70,6±0,3	70,8±0,5	38,9±1,9	39,6±1,9	44,5±0,8*,+	47,7±0,4	5,3±0,1*	6,2±0,6*,+

Примечание. Статистически значимое отличие ($p<0,05$): * – от интакта; # – от показателя 1-й группы; + – от показателя 2-й группы.

Note. Statistically significant difference ($p<0,05$): * – from intact; # – from the indicator of the 1st group; + – from the indicator of the 2nd group.

Таблица 4. Биохимические показатели сыворотки крови экспериментальных крыс, характеризующие липидный обмен и перекисное окисление липидов ($M \pm m$)**Table 4.** Biochemical parameters of blood serum characterizing lipid metabolism and lipid peroxidation in experimental rats ($M \pm m$)

Показатель Parameter	128 сут 128 day				186 сут 186 day			
	интакт intact	1-я группа (контроль) 1st group (control)	2-я группа (LB) 2nd group (LB)	3-я группа (LC) 3rd group (LC)	интакт intact	1-я группа (контроль) 1st group (control)	2-я группа (LB) 2nd group (LB)	3-я группа (LC) 3rd group (LC)
ОХС, ммоль/л Total cholesterol, mmol/l	1,64± 0,20	2,63± 0,11*	2,76± 0,11*, +	1,47± 0,06#*, +	1,76± 0,11	2,58± 0,17*	2,07± 0,29	2,06± 0,21
Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/l	1,75± 0,32	2,18± 0,47	2,08± 0,18	1,79± 0,28	1,38± 0,11	1,06± 0,32	1,42± 0,30	1,40± 0,12
ХС ЛПНП, ммоль/л LDL cholesterol, mmol/l	0,63± 0,03	0,95± 0,04*	1,02± 0,15*, +	0,61± 0,07#*, +	0,60± 0,04	0,73± 0,05	0,61± 0,09	0,90± 0,17*, +
ХС ЛПВП, ммоль/л Cholesterol HDL, mmol/l	0,61± 0,05	0,57± 0,09	0,99± 0,07*, #, +	0,56± 0,08	0,65± 0,05	0,54± 0,03*	0,80± 0,06#	0,97± 0,08*, #
ХС не-ЛПНП и не-ЛПВП, ммоль/л Remnant cholesterol	0,40± 0,13	1,10± 0,03*	0,76± 0,09*, +	0,32± 0,09#*, +	0,51± 0,04	1,28± 0,14*	0,70± 0,17#	0,23± 0,09#
Индекс атерогенности Atherogenic index	1,68± 0,15	3,01± 0,03*	2,03± 0,17#	1,72± 0,30#	1,57± 0,07	3,34± 0,28*	2,07± 0,13#	1,58± 0,49#
МДА, мкмоль/л Malondialdehyde, μmol/l	0,51± 0,037	0,928± 0,085*	0,686± 0,041#	0,514± 0,012*, #	0,473± 0,025	0,738± 0,041*	0,598± 0,039*, #	0,495± 0,027#
Общая антиокислительная актив- ность, $K_{\text{и}} \times \text{мин}^{-1} \times 10^{-3}$ Total antioxidant activity, $K_{\text{с}} \times \text{мин}^{-1} \times 10^{-3}$	1,390± 0,031	0,657± 0,028*	0,945± 0,036*, #	0,951± 0,054*, #	1,501± 0,037	0,836± 0,021*	0,969± 0,034*	0,907± 0,037*

Примечание. Статистически значимое отличие ($p < 0,05$): * – от интакта; # – от показателя 1-й группы; + – от показателя 2-й группы. Расшифровка аббревиатур дана в тексте.

Note. Statistically significant difference ($p < 0,05$): * – from intact; # – from the indicator of the 1st group; + – from the indicator of the 2nd group.

трация МДА крови крыс 3-й группы снижалась на 32,9% относительно показателей 1-й группы; антиоксидантная активность была снижена относительно интакта на 40% (см. табл. 4).

Обсуждение

На основании полученных результатов биологического эксперимента можно сделать предположение о том, что ягоды LB и LC не оказывают влияния на биодоступность белков рациона у крыс с нарушением липидного обмена и нивелируют последствия гиперлипидемии. Ягоды LB способствовали снижению выраженности окислительного стресса и увеличению отношения ЛПВП к ОХС, при этом содержание последнего, как и ЛПНП, было значительным – превышало показатели интактных крыс

более чем на 60%. Подобные эффекты ягод могут быть сопряжены с высоким содержанием витаминов С и Е, селена, а также наличием фитостеролов и фитостанолов, в частности додекановой кислоты [22–24].

Ягоды LC характеризовались выраженным гиполлипидемическим действием – уже через 28 сут после начала скормливания отмечено снижение концентрации ОХС (на 44,1%) за счет уменьшения содержания атерогенных фракций липопротеинов. Отмеченные наблюдения можно связать с высокой общей антиоксидантной активностью, обусловленной значительным содержанием фенольных соединений, ингибирующих образование окисленных форм атерогенных классов липопротеинов [25, 26], катаболизм которых существенно затруднен при АГ. Однако механизмы, лежащие в основе гиполлипидемического и антиоксидантного эффектов ягод годжи, требуют дальнейшего изучения.

Сведения об авторах

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (Москва, Российская Федерация):

Чернуха Ирина Михайловна (Irina M. Chernukha) – член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Экспериментальной клиники – лаборатории биологически активных веществ животного происхождения

E-mail: imcher@vniimp.ru

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

Котенкова Елена Александровна (Elena A. Kotenkova) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Экспериментальной клиники – лаборатории биологически активных веществ животного происхождения

E-mail: lazovlana92@ya.ru

<http://orcid.org/0000-0003-1864-8115>

Василевская Екатерина Романовна (Ekaterina R. Vasilevskaya) – научный сотрудник Экспериментальной клиники – лаборатории биологически активных веществ животного происхождения

E-mail: e.vasilevskaya@fncps.ru

<http://orcid.org/0000-0002-4752-3939>

Иванкин Андрей Николаевич (Andrey N. Ivankin) – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории «Научно-методические работы, биологические и аналитические исследования»

E-mail: aivankin@inbox.ru

<http://orcid.org/0000-0002-6557-2697>

Лисицын Андрей Борисович (Andrey B. Lisitsyn) – академик РАН, доктор технических наук, профессор, научный руководитель

E-mail: info@fncps.ru

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

Федулова Лилия Вячеславовна (Liliya V. Fedulova) – кандидат технических наук, заведующая Экспериментальной клиникой – лабораторией биологически активных веществ животного происхождения

E-mail: l.fedulova@fncps.ru

<http://orcid.org/0000-0003-3573-930X>

Литература

1. Yao R., Heinrich M., Weckerle C.S. The genus lycium as food and medicine: a botanical, ethnobotanical and historical review // *J. Ethnopharmacol.* 2018. Vol. 212. P. 50–66. doi: 10.1016/j.jep.2017.10.010
2. Szajdek A., Borowska E. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review // *Plant Foods Hum. Nutr.* 2008. Vol. 63, N 4. P. 147–156. doi: 10.1007/s11130-008-0097-5
3. Gao Y., Wei Y., Wang Y., Gao F., Chen Z. Lycium barbarum: a traditional chinese herb and a promising anti-aging agent // *Ageing Dis.* 2017. Vol. 8, N 6. P. 778–791. doi: 10.14336/AD.2017.0725
4. Тутьельян В.А., Киселева Т.Л., Кочеткова А.А., Смирнова Е.А., Киселева М.А., Саркисян В.А. Перспективные источники фитонутриентов для специализированных пищевых продуктов с модифицированным углеводным профилем: опыт традиционной медицины // *Вопр. питания.* 2016. Т. 85, № 4. С. 46–60.
5. Benvenuti S., Pellati F., Melegari M., Bertelli D. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia // *J. Food Sci.* 2004. Vol. 69, N 3. P. 164–169. doi: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb13352.x
6. Kulczyński B., Gramza-Michałowska A. Goji Berry (*Lycium barbarum*): composition and health effects—a review // *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2016. Vol. 66, N 2. P. 67–75. doi: 10.1515/pjfn-2015-0040
7. Ma Z.F., Zhang H., Teh S.S., Wang C.W., Zhang Y., Hayford F. et al. Goji Berries as a potential natural antioxidant medicine: an insight into their molecular mechanisms of action // *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2019. Vol. 2019. Article ID 2437397. doi:10.1155/2019/2437397
8. Басов А.А., Быков И.М. Изменение антиоксидантного потенциала крови экспериментальных животных при нутриционной коррекции окислительного стресса // *Вопр. питания.* 2013. Т. 82, № 6. С. 75–81.
9. Firuzi O., Miri R., Tavakkoli M., Saso L. Antioxidant therapy: current status and future prospects // *Curr. Med. Chem.* 2011. Vol. 18, N 25. P. 3871–3888. doi: 10.2174/092986711803414368
10. Денисенко Т.А., Вишнякин А.Б., Цыганок Л.П. Спектрофотометрическое определение суммы фенольных соединений в растительных объектах с использованием хлорида алюминия, 18-молибдодифосфата и реактива Фолина-Чокальтеу // *Аналитика и контроль.* 2015. Т. 19, № 4. С. 373–380. doi: 10.15826/analitika.2015.19.4.012
11. Aebi H. Catalase in vitro // *Methods Enzymol.* 1984. Vol. 105. P. 121–126. doi: 10.1016/s0076-6879(84)05016-3
12. Marklund S.L. Human copper-containing superoxide dismutase of high molecular weight // *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1982. Vol. 79. P. 7634–7638. doi: 10.1073/pnas.79.24.7634
13. Chernukha I.M., Fedulova L.V., Kotenkova E.A., Takeda S., Sakata R. Hypolipidemic and anti-inflammatory effects of aorta and heart tissues of cattle and pigs in the atherosclerosis rat model // *Anim. Sci. J.* 2018. Vol. 89, N 5. P. 784–793. DOI: 10.1111/asj.12986
14. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals: Eighth Edition / Washington, DC: The National Academies Press. 2011. 220 p.
15. Кондрахин И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: Справочник. М.: Колос-с, 2004. 520 с.
16. Potterat O. Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): Phytochemistry, Pharmacology and Safety in the Perspective of Traditional Uses and Recent Popularity // *Planta Med.* 2010. Vol. 76. P. 7–19. doi: 10.1055/s-0029-1186218
17. Mocan A., Vlase L., Vodnar D.C. et al. Polyphenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of *Lycium barbarum* L. and *Lycium chinense* Mill. Leaves // *Molecules.* 2014. Vol. 19, N 7. P. 10056–10073. doi: 10.3390/molecules190710056
18. Liu Y., Zeng S., Sun W., Wu M., Hu W., Shen X. et al. Comparative analysis of carotenoid accumulation in two goji fruits // *BMC Plant Biol.* 2014. N 14. P. 269. doi: 10.1186/s12870-014-0269-4
19. Feng S., Gan L., Yang C.S., Liu A.B., Lu W., Shao P. et al. Effects of stigmasterol and β -sitosterol on nonalcoholic fatty liver disease in a mouse model: a lipidomic analysis // *J. Agric. Food Chem.* 2018. Vol. 66, N 13. P. 3417–3425. doi: 10.1021/acs.jafc.7b06146
20. Benstoem C., Goetzenich A., Kraemer S. et al. Selenium and its supplementation in cardiovascular disease – what do we know? // *Nutrients.* 2015. N 7. P. 3094–3118. doi: 10.3390/nu7053094
21. Sun L., Meng Y., Sun J., Guo Y. Characterization, antioxidant activities and hepatoprotective effects of polysaccharides from pre-pressing separation Fuji apple peel // *CYTA J. FOOD.* 2017. Vol. 15, N 2. P. 307–319. doi: 10.1080/19476337.2016.1263241
22. Cheng Y., Tang K., Wu S., Liu L., Qiang C., Lin X. et al. Astragalus polysaccharides lowers plasma cholesterol through mechanisms distinct from statins // *PLoS One.* 2011. Vol. 6, N 11. e27437. doi: 10.1371/journal.pone.0027437
23. Хучиева М.А., Перова Н.В., Ахмеджанов Н.М. Растительные стерины и станолы как пищевые факторы, снижающие гиперхолестеринемию путем ингибирования всасывания холестерина в кишечнике // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2011. Т. 10, № 6. С. 124–132.
24. Wojcieszek J., Kwiatkowski P., Ruzik L. Speciation analysis and bioaccessibility evaluation of trace elements in goji berries (*Lycium Barbarum*, L.) // *J. Chrom.* 2017. Vol. 1492. P. 70–78. doi: 10.1016/j.chroma.2017.02.069
25. Pai P.G., Habeeba P., Ullal S. et al. Evaluation of hypolipidemic effects of *Lycium barbarum* (Goji berry) in a murine model // *J. Nat. Rem.* 2013. Vol. 13, N 1. P. 1–5. doi: 10.18311/jnr/2013/110
26. Basu A., Rhone M., Lyons T.J. Berries: emerging impact on cardiovascular health // *Nutr. Rev.* 2010. Vol. 68, N 3. P. 168–177. doi: 10.1111/j.1753-4887.2010.00273.x

References

1. Yao R., Heinrich M., Weckerle C.S. The genus *Lycium* as food and medicine: A botanical, ethnobotanical and historical review. *J Ethnopharmacol.* 2018; 212: 50–66. doi: 10.1016/j.jep.2017.10.010
2. Szajdek A., Borowska E. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review. *Plant Foods Hum Nutr.* 2008; 63 (4): 147–56. doi: 10.1007/s11130-008-0097-5
3. Gao Y., Wei Y., Wang Y., Gao F., Chen Z. *Lycium barbarum*: a traditional chinese herb and a promising anti-aging agent. *Aging Dis.* 2017; 1 (8): 778–91. doi: 10.14336/AD.2017.0725
4. Tutelyan V.A., Kiseleva T.L., Kochetkova A.A., Smirnova E.A., Kiseleva M.A., Sarkisyan V.A. Promising source of micronutrients for specialized foods with modified carbohydrate profile: traditional medicine experience. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2016; 85 (4): 46–60. (in Russian)
5. Benvenuti S., Pellati F., Melegari M., Bertelli D. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*. *J Food Sci.* 2004; 69 (3): 164–9. doi: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb13352.x
6. Kulczyński B., Gramza-Michałowska A. Goji berry (*Lycium barbarum*): composition and health effects—a review. *Pol J Food Nutr Sci.* 2016; 66 (2): 67–75. doi: 10.1515/pjfn-2015-0040
7. Ma Z.F., Zhang H., Teh S.S., Wang C.W., Zhang Y., Hayford F., et al. Goji berries as a potential natural antioxidant medicine: an insight into their molecular mechanisms of action. *Oxid Med Cell Longev.* 2019; 2019: 2437397. doi:10.1155/2019/2437397
8. Basov A.A., Bykov I.M. Change of blood antioxidant capacity of experimental animals during nutritional correction under oxidative stress. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2013; 82 (6): 75–81. (in Russian)
9. Firuzi O., Miri R., Tavakkoli M., Saso L. Antioxidant therapy: current status and future prospects. *Curr Med Chem.* 2011; 18 (25): 3871–88. doi: 10.2174/092986711803414368
10. Denisenko T.A., Vishnikin A.B., Tsiganok L.P. Spectrophotometric determination of phenolic compounds sum in plants using aluminum chloride, 18-molybdodiphosphate and folin-ciocalteu reagents. *Analitika i kontrol [Analytics and Control]*. 2015; 19 (4): 373–80. (in Russian) doi: 10.15826/analitika.2015.19.4.012
11. Aebi H. Catalase in vitro. *Methods Enzymol.* 1984; 105: 121–6. doi: 10.1016/s0076-6879(84)05016-3
12. Marklund S.L. Human copper-containing superoxide dismutase of high molecular weight. *Proc Natl Acad Sci.* 1982; 79: 7634–8. doi: 10.1073/pnas.79.24.7634
13. Chernukha I.M., Fedulova L.V., Kotenkova E.A., Takeda S., Sakata R. Hypolipidemic and anti-inflammatory effects of aorta and heart tissues of cattle and pigs in the atherosclerosis rat model. *Anim Sci J.* 2018; 89 (5): 784–93. doi: 10.1111/asj.12986
14. Guide for the care and use of laboratory animals: eighth edition. Washington, DC: The National Academies Press. 2011; 220.
15. Kondrakhin I.P. Methods of veterinaryclinical laboratory diagnostics: Handbook. Moscow: Kolos-s. 2004; 520 p. (in Russian)
16. Potterat O. Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): phytochemistry, pharmacology and safety in the perspective of traditional uses and recent popularity. *Planta Med.* 2010; 76: 7–19. doi: 10.1055/s-0029-1186218
17. Mocan A., Vlase L., Vodnar D.C., et al. Polyphenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of *Lycium barbarum* L. and *Lycium chinense* Mill. Leaves. *Molecules.* 2014; 19: 10056–73. doi: 10.3390/molecules190710056
18. Liu Y., Zeng S., Sun W., Wu M., Hu W., Shen X., et al. Comparative analysis of carotenoid accumulation in two goji (*Lycium barbarum* L. and *L. ruthenicum* Murr.) fruits. *BMC Plant Biol.* 2014; 14: 269. doi: 10.1186/s12870-014-0269-4
19. Feng S., Gan L., Yang C.S., Liu A.B., Lu W., Shao P., et al. Effects of stigmasterol and β -sitosterol on nonalcoholic fatty liver disease in a mouse model: a lipidomic analysis. *J Agric Food Chem.* 2018; 66 (13): 3417–25. doi: 10.1021/acs.jafc.7b06146
20. Benstoem C., Goetzenich A., Kraemer S., et al. Selenium and its supplementation in cardiovascular disease – what do we know? *Nutrients.* 2015; 7: 3094–118. doi: 10.3390/nu7053094
21. Sun L., Meng Y., Sun J., Guo Y. Characterization, antioxidant activities and hepatoprotective effects of polysaccharides from pre-pressing separation Fuji apple peel. *Cyta j food.* 2017; 15 (2): 307–19. doi: 10.1080/19476337.2016.1263241
22. Cheng Y., Tang K., Wu S., Liu L., Qiang C., Lin X., et al. Astragalus polysaccharides lowers plasma cholesterol through mechanisms distinct from statins. *PLoS One.* 2011; 6 (11): e27437. doi: 10.1371/journal.pone.0027437
23. Khuchieva M.A., Perova N.V., Akhmedzhanov N.M. Plant sterols and stanols as dietary factors reducing hypercholesterolemia by inhibiting intestinal cholesterol absorption. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika [Cardiovascular Therapy and Prevention]*. 2011; 10 (6): 124–32. (in Russian)
24. Wojcieszek J., Kwiatkowski P., Ruzik L. Speciation analysis and bioaccessibility evaluation of trace elements in goji berries (*Lycium Barbarum*, L.). *J Chrom.* 2017; 1492: 70–8. doi: 10.1016/j.chroma.2017.02.069
25. Pai P.G., Habeeba P., Ullal S., et al. Evaluation of hypolipidemic effects of *Lycium barbarum* (Goji berry) in a murine model. *J Nat Rem.* 2013; 13 (1): 1–5. doi: 10.18311/jnr/2013/110
26. Basu A., Rhone M., Lyons T.J. Berries: emerging impact on cardiovascular health. *Nutr Rev.* 2010; 68 (3): 168–77. doi: 10.1111/j.1753-4887.2010.00273.x

Для корреспонденции

Падерин Никита Михайлович – младший научный сотрудник
отдела молекулярной иммунологии и биотехнологии
ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
Адрес: 167982, Российская Федерация, г. Сыктывкар, ГСП-2,
ул. Первомайская, д. 50
Телефон: (8212) 24-10-01
E-mail: paderin_nm@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5313-7105>

Падерин Н.М., Марков П.А., Попов С.В.

Влияние агар-пектиновых гелей на пищевое поведение голодных и сытых мышей

The effect of agar-pectin gels on the eating behaviour of fasted and fed mice

Paderin N.M., Markov P.A., Popov S.V.

Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», 167982, г. Сыктывкар, Российская Федерация

Institute of Physiology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre "Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences", 167982, Syktyvkar, Russian Federation

Присутствие в рационе питания продуктов, богатых не утилизируемыми растительными полисахаридами (пищевыми волокнами), приводит к эффективному снижению аппетита и уменьшению потребления пищи. Механические характеристики вносят существенный вклад в насыщающий эффект пищи: твердая пища насыщает в большей степени, чем жидкая, поскольку увеличивается длительность ее обработки в ротовой полости.

Цель работы – определить влияние механических свойств агар-пектиновых гелей на пищевое поведение мышей.

Материал и методы. Гели изготавливали путем растворения в 100 см³ воды соответствующих навесок агара, пектина и сахарозы: гель № 1 содержал 6 г агара, 3 г пектина, гель № 2 – 20 г агара, 1 г пектина и 0,03 М CaCl₂, гель № 3 – 20 г агара, 1 г пектина. Все гели содержали равное количество сахарозы (15 г на 100 см³ воды). Механические свойства гелей (прочность, модуль Юнга и эластичность) определяли на анализаторе текстуры. Мыши с исходной массой тела 32,9±0,5 г (n=8 в каждой группе) получали гели 1 раз в день в течение 4 дней. Каждый день животных по одному на 60 мин помещали в экспериментальные клетки: в первые 30 мин мышам давали исследуемые гели, а на следующие 30 мин – стандартный корм для грызунов. Первые 2 дня являлись ознакомительными. Перед третьим предъявлением гелей животных предварительно полностью ограничивали в пище на 14 ч (голодные мыши), а перед четвертым предъявлением

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Уральского отделения Российской академии наук (грант № 18-7-8-29).
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Падерин Н.М., Марков П.А., Попов С.В. Влияние агар-пектиновых гелей на пищевое поведение голодных и сытых мышей // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89, № 1. С. 46–53. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10005

Статья поступила в редакцию 15.10.2019. **Принята в печать** 24.01.2020.

Funding. The study was supported by the Urals Branch of the Russian Academy of Sciences (grant No. 18-7-8-29).

Conflict of interest. The authors have declared no conflict of interest.

For citation: Paderin N.M., Markov P.A., Popov S.V. The effect of agar-pectin gels on the eating behaviour of fasted and fed mice. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (1): 46–53. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10005 (in Russian)

Received 15.10.2019. **Accepted** 24.01.2020.

гелей мыши получали корм без ограничений (сытые мыши). Определяли пищевое поведение мышей, количество съеденного геля и съеденного стандартного корма. Контролем являлись мыши, которым не предъявляли гели.

Результаты и обсуждение. Самым прочным являлся агар-пектиновый гель № 3 (251 ± 3 кПа) в сравнении с гелями № 1 (44 ± 1 кПа) и № 2 (141 ± 3 кПа). Голодные мыши, получившие гель № 3, съедали на 36% меньше корма ($p < 0,05$), а общая энергетическая ценность съеденной пищи была на 19% ниже ($p < 0,05$) в сравнении с контролем. Голодные мыши, получившие гели № 1 и 2, съедали столько же пищи, как и контрольные животные. Голодные мыши, получившие гель № 3, на 19% меньше времени ($p < 0,05$) проводили за приемом пищи в сравнении с контролем. Гели № 1 и 2 не изменили пищевое поведение голодных мышей. Сытые мыши, получившие гели, съедали столько же пищи, как и в контроле. Выявлено, что все исследованные гели не влияют на количество потребляемого корма сытыми животными.

Заключение. Потребление прочного геля после 14 ч полного ограничения в пище уменьшает потребление пищи и сокращает время, затрачиваемое на питание. Действие геля на пищевое поведение животных и количество съеденной пищи определяется прочностью геля и не зависит от соотношения компонентов геля и его устойчивости к условиям гастроэнтеральной среды, оцененной *in vitro*.

Ключевые слова: агар-пектиновые гели, пищевое поведение, мыши

A diet rich in non-digestible plant polysaccharides (dietary fibers) leads to effective appetite suppression and reduces food intake. The mechanical properties of food contribute to the satiating effect of food. It is known that solid food satiates to a greater extent than liquid, as the duration of food processing in the oral cavity increases.

The aim of the study was to assess the effect of mechanical properties of agar-pectin gels on the feeding behaviour of mice

Material and methods. The gels were prepared by dissolving the corresponding weights of agar, pectin and sucrose in 100 ml of water: gel 1 contained 6 g of agar, 3 g of pectin, gel 2 – 20 g of agar, 1 g of pectin and 0.03 M CaCl_2 , gel 3 – 20 g of agar, 1 g of pectin (without the addition of calcium ions). All gels contained an equal amount of sucrose (15 g per 100 ml of water). The mechanical properties of the gels (strength, Young's modulus and elasticity) were determined on a texture analyzer. Mice with an initial body weight of 32.9 ± 0.5 g ($n=8$ in each group) received gels once a day for four days. Each day, animals were individually placed in experimental cages for 60 minutes: in the first 30 min, they were given test gels and for the next 30 min standard rodent food. The first two days were training. Before the third gel presentation, the animals were previously completely restricted in food for 14 hr (fasted mice), and before the fourth gel presentation, the mice received food *ad libitum* (fed mice). The eating behaviour of the mice, the amount of gel eaten and standard feed eaten were determined. Mice that were not exposed to gels were used as control.

Results and discussion. Gel 3 was the hardest (251 ± 3 kPa) in comparison with gel 1 (44 ± 1 kPa) and 2 (141 ± 3 kPa). Fasted mice that received gel 3 ate 36% less food ($p < 0.05$), and the total energy intake was 19% lower ($p < 0.05$) compared to the control. Fasted mice that received gels 1 and 2 ate the same amount of food as the control animals. Gel 3 significantly reduced feeding time by 19% ($p < 0.05$) in fasted mice. Gels 1 and 2 did not alter the eating behaviour of fasted mice. Fed mice that received gels ate as much food as in the control. Gels failed to affect the eating behaviour of fed mice.

Conclusion. Overall, solid gel 3 reduced food intake and time spent on feeding after 14 h of complete food restriction. The effect of the gel on the feeding behaviour of animals and the amount of food eaten is determined by the hardness of the gel and does not depend on the ratio of the components of the gel and its resistance to *in vitro* simulated gastric and intestinal fluids.

Keywords: agar-pectin gels, eating behaviour, mice

Растительные полисахариды, устойчивые к перевариванию пищеварительными ферментами человека (пищевые волокна), снижают аппетит [1]. Добавление пищевых волокон, в том числе пектинов и агара, в пищевые продукты приводит к эффективному подавлению аппетита и снижению потребления пищи [2–5]. Присутствие в рационе питания продуктов, богатых пищевыми волокнами, обеспечивает снижение избыточной

массы тела и тем самым уменьшает риск возникновения заболеваний, ассоциированных с ожирением [6–8].

В связи с этим все большую актуальность приобретают исследования механизма регуляции аппетита продуктами, богатыми пищевыми волокнами. К числу факторов, влияющих на регуляцию аппетита, прежде всего относятся растяжение стенок желудка и изменение биохимического состава крови [9]. Насыщающий эффект

пищи определяется также ее механическими характеристиками: так, показано, что твердая пища насыщает в большей степени, чем жидкая [10]. Продукты с высокими упругопластическими и прочностными характеристиками требуют больше времени и усилий для пережевывания, что увеличивает длительность обработки пищи в ротовой полости и способствует более быстрому наступлению насыщения [1, 11–13]. Показано, что даже незначительные изменения механических характеристик продуктов достаточны для изменения продолжительности пребывания пищи в ротовой полости и количества съеденной пищи [14]. Известно, что растворимые пищевые волокна способны желироваться [3–5]. Таким образом, можно сформулировать гипотезу: способность агар-пектиновых гелей изменять пищевое поведение мышей будет зависеть от их механических характеристик.

Цель работы – определить влияние механических свойств агар-пектиновых гелей на пищевое поведение мышей.

Материал и методы

В исследовании были использованы 40 белых беспородных мышей с исходной массой тела $32,9 \pm 0,5$ г, которые содержались в пластиковых клетках по 8 особей и имели свободный доступ к пище (14,6% белка, 2,8% жира, 59,0% углеводов и 5,0% пищевых волокон, 3,3 ккал/г) и питьевой воде. Животные были получены из питомника экспериментальных животных ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Животных включали в исследование после 14-дневного карантина. В комнате содержания поддерживали постоянную температуру 25 ± 2 °C и влажность (55%) при 12-часовом световом периоде (8:00–20:00). Исследование было одобрено комитетом по биоэтике при ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Все экспериментальные процедуры проводили с 9:00 до 13:00.

Получение и определение механических характеристик гелей

Гели изготавливали, растворяя соответствующие навески агара, пектина и сахарозы в присутствии или в отсутствие ионов кальция. Состав гелей показан в табл. 1. Для получения гелей использовали яблочный пектин AU701 (Herbstreith & Fox, Германия) и пищевой агар (Kotanyi, Австрия). Навески агара, пектина и сахарозы растворяли в дистиллированной воде при 100 °C. Хлорид кальция добавляли после полного растворения

агара, пектина и сахарозы при температуре 100 °C для предотвращения преждевременного образования пектата кальция. Полученный таким образом горячий раствор заливали в мягкие пластиковые формы для льда по 5 мл. Гели оставляли желироваться на 1 сут при комнатной температуре.

Прочность, модуль Юнга и эластичность гелей определяли на анализаторе текстуры «TA.XT-plus texture analyser» (Stable Micro Systems, Великобритания), оснащенном цилиндрическим зондом (P/5, диаметр 5 мм). Скорость движения зонда в образцах – 10 мм/мин, глубина проникновения – 5 мм. Расчеты механических кривых зависимости силы от расстояния погружения зонда выполнены с использованием программного обеспечения «Texture Exponent 6.1.4.0» (Stable Micro Systems, Великобритания). Определяли прочность образца (отношение максимальной приложенной нагрузки к площади зонда, кПа), модуль Юнга (отношение максимальной силы в области упругой деформации к площади зонда и относительному сжатию образца, кПа) и эластичность (расстояние, пройденное зондом до разрушения образца, мм).

Исследовали влияние искусственной гастроэнтеральной среды на механические свойства гелей. Для этого гели разрезали на фрагменты сопоставимых размеров, средняя масса фрагментов составила 660 ± 50 мг. Образцы помещали в лунки 12 луночных планшетов. В каждую лунку помещали по 7 образцов и приливали 5 см³ солевого раствора, имитирующего среду желудка (SGF: pH 1,09, 0,08M HCl и 0,03M NaCl) [15]. Планшеты инкубировали при температуре 37 °C и при постоянном перемешивании. Через 30 и 60 мин инкубации гели извлекали, взвешивали и оценивали их механические свойства. В лунках с оставшимися образцами заменяли среду SGF на солевой раствор, имитирующий среду тонкой кишки (SIF: pH 6,80, 0,05M KH₂PO₄ и 0,05M NaOH) [15], после чего инкубировали 60 мин и оценивали механические свойства гелей.

Дизайн исследования

Эксперимент проводили в течение 4 дней. Схема эксперимента показана на рис. 1.

Мыши получали гели 1 раз в день в течение 4 дней. Каждый день животные по одному на 60 мин помещались в экспериментальные клетки: в первые 30 мин мышам давали исследуемые гели, а на следующие 30 мин – стандартный корм для грызунов. Затем животных возвращали в клетки для содержания. Первые

Таблица 1. Состав и энергетическая ценность агар-пектиновых гелей

Table 1. Composition and energy value of agar-pectin gels

№ геля <i>No. of gel</i>	Агароза, г <i>Agarose, g</i>	Пектин, г <i>Pectin, g</i>	0,3 M CaCl ₂ , мл <i>0.3 M CaCl₂, ml</i>	Сахароза, г <i>Sucrose, g</i>	Вода, мл <i>Water, ml</i>	Энергетическая ценность, ккал/г <i>Energy value, kcal/g</i>
1	6,0	3,0	–	15,0	100	0,497
2	20,0	1,0	10	15,0	90	0,453
3	20,0	1,0	–	15,0	100	0,453

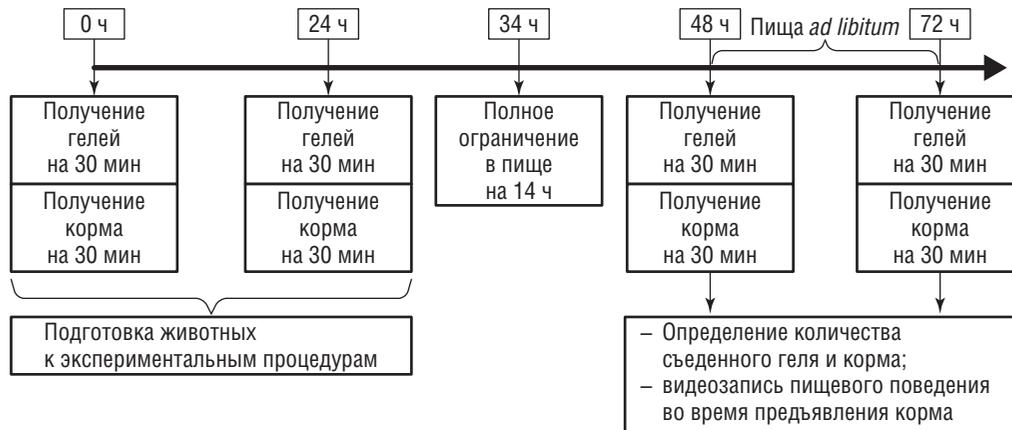


Рис. 1. Схема эксперимента

Fig. 1. Design of the experiment

2 дня были тренировочными. Перед 3-м получением гелей животных предварительно полностью ограничивали в пище на 14 ч (голодные мыши), а перед 4-м мышам давали корм без ограничений (сытые мыши). Регистрировали пищевое поведение мышей во время предъявления корма при помощи цифровой видеосистемы «VS1304-P» (ООО «НПК Открытая Наука», Россия). Также определяли количество съеденного геля и количество съеденного затем стандартного корма. В качестве контроля использовали мышей, которым не давали гели. Критерием исключения животных из эксперимента было отсутствие следов потребления гелей.

Пищевое поведение определяли при помощи теста «Поведенческая последовательность сытости» (от англ. Behavioural satiety sequence). Обработку полученных видеозаписей производили при помощи программного обеспечения «RealTimer 1.2» (ООО «НПК Открытая Наука», Россия). Поведение животных классифицировали на 5 типов: питание (животное ест или держит корм в лапах), питье (животное пьет), груминг (животное вылизывает или вычесывает себя), активность (передвижение, обнюхивание, стойки на задних лапах) и пассивность (животное не двигается, спит) [16, 17].

Статистическую обработку результатов проводили при помощи *U*-критерия Манна–Уитни и парного *T*-критерия Вилкоксона, также рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена, данные выражали как среднее арифметическое \pm стандартная ошибка среднего.

Результаты

Механические свойства агар-пектиновых гелей

Текстурная характеристика гелей и динамика ее изменения при инкубировании гелей в средах, имитирующих среды желудка и тонкой кишки, показаны в табл. 2. Увеличение содержания пектина в агар-пектиновых гелях приводило к уменьшению прочности и модуля Юнга и не сказывалось на эластичности гелей. Самым прочным оказался гель № 3. При последовательной инкубации в солевых растворах, имитирующих среды желудка

(SGF) и тонкой кишки (SIF), у гелей значительно снижались прочность и эластичность. Различия в твердости между гелями № 2 и 3 исчезали к 60-й минуте инкубации в среде, имитирующей среду желудка. Выявлено, что значение модуля Юнга увеличивалось при последовательной инкубации в средах, имитирующих среды желудка и тонкой кишки, при сравнении с первоначальными значениями.

Пищевое поведение мышей

Голодные мыши (14 ч полного ограничения в пище) съедали более чем в 1,5 раза больше ($p < 0,05$) стандартного корма, нежели при неограниченном доступе к пище (рис. 2). Установлено, что после 14 ч полного ограничения в пище мыши, получившие гель № 3, съедали на 36% меньше корма ($p < 0,05$), а общая энергетическая ценность съеденной пищи была на 19% меньше ($p < 0,05$) по сравнению с мышами, которым не предоставляли гели. Выявлено, что гели № 1 и 2 не изменили количество корма, который съели мыши после периода голодания. Сытые мыши (неограниченный доступ к пище), получавшие гели, съедали столько пищи, как и животные, которые не получали гели.

Необходимо отметить, что мыши, получавшие гель № 3, в голодном и в сытом состоянии съедали одинаковое количество стандартного корма. В то время как животные, получавшие агар-пектиновые гели № 1 и 2, после полного ограничения в питании съедали соответственно на 56 и 27% ($p < 0,05$) больше корма, чем при неограниченном доступе к пище (см. рис. 2).

Количество полисахаридов, полученных мышами с гелями, зависело от типа геля и сытости животных. Так, голодные мыши в сравнении с сытыми мышами съедали более чем в 3 раза больше агар-пектинового геля, соответственно, получали более чем в 3 раза большее количество агара и пектина (табл. 3). При потреблении геля № 3 мыши получали в 2,5 раза меньше пектина ($p < 0,05$) и в 4 раза больше агара ($p < 0,05$) в сравнении с мышами, получившими гель № 1, независимо от степени сытости мышей. Количество съеденных как голодными, так и сытыми мышами пектина и агара при

Таблица 2. Динамика текстурных характеристик агар-пектиновых гелей при *in vitro* инкубации в солевых растворах, имитирующих среды желудка и тонкой кишки (*M±m*)

Table 2. Dynamics in the texture characteristics of agar-pectin gels during *in vitro* incubation in saline solutions simulating the environment of the stomach and small intestine (*M±m*)

Показатель <i>Parameter</i>	№ геля <i>No. of gel</i>	До инкубации <i>Before incubation</i>	SGF 30 мин <i>SGF 30 min</i>	SGF 60 мин <i>SGF 60 min</i>	SIF 60 мин <i>SIF 60 min</i>
Прочность, кПа <i>Strength, kPa</i>	1	44±1	16±1 [#]	15±2 [#]	11±1 [#]
	2	141±3 ^{1,3}	74±4 ^{1,3,#}	83±5 ^{1,#}	74±8 ^{1,#}
	3	251±3 ¹	96±6 ^{1,#}	88±6 ^{1,#}	86±6 ^{1,#}
Модуль Юнга, кПа <i>Young's modulus, kPa</i>	1	60±3	85±8 [#]	123±13 [#]	94±7 [#]
	2	288±12 ^{1,3}	515±52 ^{1,3,#}	431±47 ^{1,3,#}	653±66 ^{1,#}
	3	222±10 ¹	912±33 ^{1,#}	574±36 ^{1,#}	592±82 ^{1,#}
Эластичность, мм <i>Elasticity, mm</i>	1	2,6±0,1	1,7±0,2 [#]	1,3±0,1 [#]	1,1±0,1 [#]
	2	2,1±0,0 ³	1,4±0,2 [#]	1,2±0,1 [#]	1,2±0,1 [#]
	3	3,1±0,0	1,3±0,1 [#]	1,2±0,1 [#]	1,3±0,1 [#]

Примечание. SGF – солевой раствор, имитирующий среду желудка; SIF – солевой раствор, имитирующий среду тонкой кишки; статистически значимые различия ($p < 0,05$): ¹ – по сравнению с гелем № 1; ³ – по сравнению с гелем № 3; # – от показателя до инкубации.

Note. SGF – saline solution simulating the medium of the stomach; SIF – saline solution simulating the medium of the small intestine; statistical significant difference ($p < 0.05$): ¹ – compared with gel 1; ³ – compared with gel 3; # – from the indicator before incubation.

потреблении гелей № 2 и 3 не различалось. Обнаружена заметная прямая корреляционная связь ($r_s = 0,53$, $p < 0,05$) между количеством съеденного в составе геля пектина (независимо от вида потребляемого геля) и последующим потреблением корма у голодных мышей. У сытых животных подобной корреляции не выявлено. Также отсутствует взаимосвязь между количеством съеденного в составе геля агара (независимо от вида потребляемого геля) и следующим потреблением корма как у голодных, так и у сытых мышей.

Изменение количества съеденного корма соответствует уменьшению времени, затрачиваемого мышами на потребление пищи. Мыши контрольной группы, не получавшие гелей, проводили в среднем в 1,5 раза больше времени за приемом пищи после периода голо-

дания, чем при неограниченном доступе к пище (табл. 4). После потребления агар-пектинового геля № 3 мыши на 19% меньше времени ($p < 0,05$) проводили за приемом пищи в сравнении с контролем сразу после 14 ч полного ограничения в пище. Гели № 1 и 2 не изменили пищевое поведение голодных мышей. У сытых мышей, получивших гели, пищевое поведение не изменялось.

Обсуждение

Изменение концентрации агара вносит главный вклад в механические свойства агар-пектиновых гелей. Формирование геля из агарозы происходит за счет образования межмолекулярных водородных связей, а для

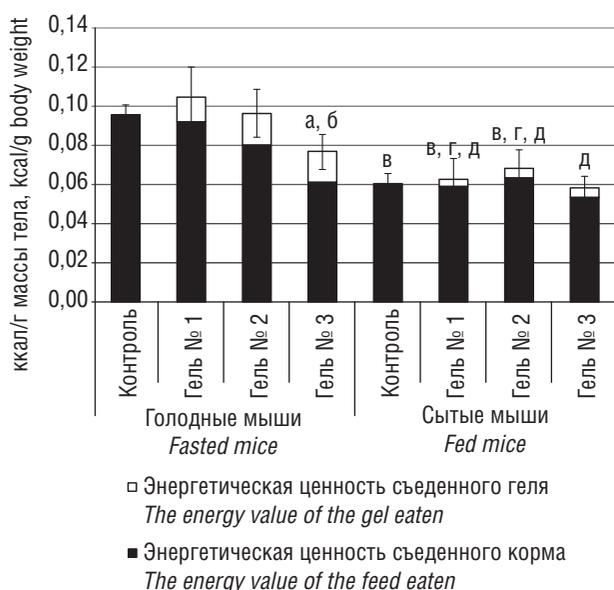


Рис. 2. Количество съеденной мышами ($n=8$) пищи после потребления агар-пектиновых гелей

Fig. 2. The amount of food eaten by mice ($n=8$) after consuming agar-pectin gels

Статистически значимые различия ($p < 0,05$): а – в сравнении с соответствующим контролем по общему количеству съеденной пищи; б – в сравнении с соответствующим контролем по количеству съеденного стандартного корма; в – при сравнении сытых и голодных мышей по общему количеству съеденной пищи; г – при сравнении сытых и голодных мышей по количеству съеденного стандартного корма; д – при сравнении сытых и голодных мышей по количеству съеденного геля.

Statistically significant differences ($p < 0.05$): а – in comparison with the corresponding control in terms of the total amount of food eaten; б – in comparison with the corresponding control in terms of the amount of standard food eaten; в – when comparing fed and fasted mice by the total amount of food eaten; г – when comparing fed and fasted mice by the amount of eaten standard food; д – when comparing fed and fasted mice by the amount of gel eaten.

Таблица 3. Количество полисахаридов, съеденных мышами ($n=8$) в составе гелейTable 3. The amount of gel polysaccharides eaten by mice ($n=8$) from the gels

Группа мышей <i>Group of mice</i>	№ геля <i>No. of gel</i>	Доза съеденного пектина, мг/кг массы тела <i>Dose of eaten pectin, mg/kg body weight</i>	Доза съеденного агара, мг/кг массы тела <i>Dose of eaten agar, mg/kg body weight</i>
Голодные <i>Fasted</i>	1	638±146	1275±291
	2	266±45 ¹	5319±897 ¹
	3	253±26 ¹	5063±527 ¹
Сытые <i>Fed</i>	1	189±58 [#]	379±116 [#]
	2	85±20 [#]	1706±395 ^{#, 1}
	3	73±26 [#]	1460±510 ^{#, 1}

Пр и м е ч а н и е. Статистически значимые различия ($p<0,05$): ¹ – в сравнении с гелем 1; [#] – от показателя голодных мышей.

Not e. Statistical significant difference ($p<0.05$): ¹ – compared with gel 1; [#] – compared with fasted mice.

образования геля на основе пектина необходимо присутствие ионов поливалентных металлов или высокое содержание сухих веществ в растворе. Увеличение концентрации агара с 6 до 20 г на 100 мл воды приводило к увеличению прочности гелей. Однако при добавлении ионов кальция происходит образование геля из пектата кальция, что, по-видимому, приводит к дефектам в геле, в основном состоящем из агара. Образование данных дефектов приводило к уменьшению эластичности агар-пектинового геля. Гели № 2 и 3 идентичны по количественному составу агарозы, пектина, сахарозы и воды, но присутствие ионов кальция приводило к значимому ($p<0,05$) уменьшению эластичности (см. табл. 2). Основным разрушающим фактором при последовательной инкубации гелей в солевых растворах, имитирующих среды желудка и тонкой кишки, является кислотность. Известно, что низкая кислотность раствора препятствует формированию водородных связей, необходимых для образования агарового геля, а соляная кислота, обладающая более сильными кислотными свойствами

по сравнению с раствором пектина, будет разрушать пектат кальция. Основные изменения механических свойств агар-пектиновых гелей происходили в солевом растворе, имитирующем среду желудка (см. табл. 2). Выявление действия на деградацию агар-пектиновых гелей таких факторов, как желчь, ферменты и т.п., в настоящей работе не рассматривалось и требует дальнейших исследований.

После 14 ч полного ограничения в пище мыши, получившие гель № 3, съедали меньше пищи и меньше времени проводили за ее приемом, чем контрольные животные. Однако данный эффект проявлялся только после периода голодания у мышей, а после неограниченного доступа к пище влияние геля № 3 отсутствовало. Гели № 1 и 2 не изменяли пищевое поведение мышей ни после 14 ч полного ограничения в пище, ни после неограниченного доступа к еде. При потреблении гелей наибольшее количество пектина мыши получали из геля № 1, а при потреблении гелей № 2 и 3 – в равной степени меньшее количество. В равной степени высоким было количество

Таблица 4. Пищевое поведение мышей ($n=8$), получивших агар-пектиновые гелиTable 4. Feeding behavior of mice ($n=8$) treated with agar-pectin gels

Группа мышей <i>Group of mice</i>		Прием пищи, % <i>Eating, %</i>	Питье, % <i>Drinking, %</i>	Груминг, % <i>Grooming, %</i>	Активность, % <i>Activity, %</i>	Пассивность, % <i>Inactivity, %</i>
Голодные <i>Fasted</i>	Контроль <i>Control</i>	74,0±5,0	0	2,7±0,9	23,1±4,5	0,2±0,2
	Гель № 1 <i>Gel No. 1</i>	73,8±9,0	0	0,9±0,3	25,3±9,0	0
	Гель № 2 <i>Gel No. 2</i>	73,0±6,0	0	4,4±1,7	22,2±5,5	0,4±0,3
	Гель № 3 <i>Gel No. 3</i>	59,8±7,9 [*]	0	5,2±2,7	35,0±6,7 [*]	0
Сытые <i>Fed</i>	Контроль <i>Control</i>	48,2±7,0 [#]	0	8,2±2,4 [#]	43,6±6,9 [#]	0
	Гель № 1 <i>Gel No. 1</i>	45,4±7,8 [#]	0	5,9±3,3 [#]	48,7±5,5 [#]	0
	Гель № 2 <i>Gel No. 2</i>	60,6±7,3 [#]	0	8,7±4,8	29,0±6,4	1,6±1,6
	Гель № 3 <i>Gel No. 3</i>	51,5±9,7	0	7,6±2,4	40,8±8,6	0

Пр и м е ч а н и е. Статистически значимые различия ($p<0,05$): ^{*} – в сравнении с контролем; [#] – от показателя голодных мышей.

Not e. Statistical significant difference ($p<0.05$): ^{*} – compared with control; [#] – compared with fasted mice.

съеденного в составе гелей агара у мышей, получавших гели № 2 и 3, наименьшее количество агара съедали мыши, получавшие гель № 1. Полученные результаты согласуются с данными литературы. Ранее было показано, что, несмотря на задержку опорожнения желудка и снижение концентрации глюкозы в крови после приема пищи, потребление пектинов не изменяет последующее количество съеденной пищи [18]. Известно, что потребление агара задерживает опорожнение желудка и снижает субъективное чувство голода, но при этом не изменяет концентрацию глюкозы в крови после приема пищи и не оказывает влияния на пищевой термогенез [19, 20]. Таким образом, количество полученного пектина или агара при потреблении гелей не влияет на пищевое поведение. Необходимо уточнить, что прямая корреляционная связь между количеством съеденного в составе гелей пектина (независимо от вида потребляемого геля) и последующим потреблением корма у голодных мышей наблюдалось только у животных, получавших гели. При сравнении с контрольными мышами, не получавшими гелей, у животных, потреблявших гели, не происходило увеличение количества съеденного корма. Более того, увеличение абсолютного и относительного содержания пектина в агар-пектиновых гелях приводило к уменьшению прочности, а, как показано в исследовании, мягкие гели № 1 и 2 не изменяли пищевое поведение мышей. Гель № 3 способствовал снижению количества пищи, потребляемой животными, что, по-видимому, об-

условлено тем, что он является наиболее прочным среди использованных в исследовании гелей. Известно, что потребление твердой пищи насыщает быстрее, чем прием жидкой пищи [10, 21]. Также известно, что для достижения равного уровня насыщения твердой пищи требуется значительно меньше, чем жидкой, что связано с большими усилиями по обработке пищи во рту [22]. Показано, что использование жевательной резинки (без вкуса и запаха) приводит к снижению аппетита и субъективного желания есть [23]. Дизайн исследования предполагал свободное, не принудительное потребление гелей мышами, что и привело к тому, что после 14 ч ограничения в пище мыши съели в 3 раза больше прочного геля № 3, чем после неограниченного питания перед потреблением геля. Таким образом, решающим фактором уменьшения потребления пищи мышами, по-видимому, является количество съеденного прочного геля.

Заключение

Прочный агар-пектиновый гель (251 ± 3 кПа) уменьшал потребление мышами пищи и сокращал время, затрачиваемое на питание после 14 ч полного ограничения в пище. Более мягкие гели (44 ± 1 и 141 ± 3 кПа) не изменяли пищевое поведение мышей. Прочность геля не влияла на пищевое поведение сытых животных.

Сведения об авторах

ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар, Российская Федерация):

Падерин Никита Михайлович (Nikita M. Paderin) – младший научный сотрудник отдела молекулярной иммунологии и биотехнологии

E-mail: paderin_nm@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5313-7105>

Марков Павел Александрович (Pavel A. Markov) – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела молекулярной иммунологии и биотехнологии

E-mail: p.a.markov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4803-4803>

Попов Сергей Владимирович (Sergey V. Popov) – доктор биологических наук, доцент, заведующий отделом молекулярной иммунологии и биотехнологии

E-mail: s.v.popov@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1763-8898>

Литература

1. Burton-Freeman B. Dietary fiber and energy regulation // *J. Nutr.* 2000. Vol. 130, suppl. 2. P. 272S–275S. doi: 10.1093/jn/130.2.272S
2. Perrigue M.M., Monsivais P., Drewnowski A. Added soluble fiber enhances the satiating power of low-energy-density liquid yogurts // *J. Am. Diet. Assoc.* 2009. Vol. 109. P. 1862–1868. doi: 10.1016/j.jada.2009.08.018
3. Slavin J., Green H. Dietary fibre and satiety // *Nutr. Bull.* 2007. Vol. 32, suppl. 1. P. 32–42. doi: 10.1111/j.1467-3010.2007.00603.x
4. Rajapakse N., Kim S.-K. Nutritional and digestive health benefits of seaweed // *Adv. Food Nutr. Res.* 2011. Vol. 64. P. 17–28. doi: 10.1016/b978-0-12-387669-0.00002-8
5. Lunn J., Buttriss J.L. Carbohydrates and dietary fibre // *Nutr. Bull.* 2007. Vol. 32, N 1. P. 21–64. doi: 10.1111/j.1467-3010.2007.00616.x
6. Tucker L.A., Thomas K.S. Increasing total fiber intake reduces risk of weight and fat gains in women // *J. Nutr.* 2009. Vol. 139. P. 576–581. doi: 10.3945/jn.108.096685
7. Du H.D., van der A D.L., Boshuizen H.C. et al. Dietary fiber and subsequent changes in body weight and waist circumference in European men and women // *Am. J. Clin. Nutr.* 2010. Vol. 91. P. 329–336. doi: 10.3945/ajcn.2009.28191
8. Wanders A.J., van den Borne J.J., de Graaf C. et al. Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: a systematic review of randomized controlled trials // *Obes. Rev.* 2011. Vol. 12. P. 724–739. doi: 10.1111/j.1467-789X.2011.00895.x
9. Clark M.J., Slavin J.L. The effect of fiber on satiety and food intake: a systematic review // *J. Am. Coll. Nutr.* 2013. Vol. 32. P. 200–211. doi: 10.1080/07315724.2013.791194

10. Flood-Obbagy J.E., Rolls B.J. The effect of fruit in different forms of energy intake and satiety at a meal // *Appetite*. 2009. Vol. 52. P. 416–422. doi: 10.1016/j.appet.2008.12.001
11. Hellstrom P.M., Naslund E. Interactions between gastric emptying and satiety, with special reference to glucagon-like peptide-1 // *Physiol. Behav.* 2001. Vol. 74. P. 735–741. doi: 10.1016/s0031-9384(01)00618-7
12. Krop E.M., Hetherington M.M., Nekitsing C. et al. Influence of oral processing on appetite and food intake – a systematic review and meta-analysis // *Appetite*, 2018. Vol. 125. P. 253–269. doi: 10.1016/j.appet.2018.01.018
13. Hollis J.H. The effect of mastication on food intake, satiety and body weight // *Physiol. Behav.* 2018. Vol. 193. P. 242–245. doi: 10.1016/j.physbeh.2018.04.027
14. Mosca A.C., Torres A.P., Slob E. et al. Small food texture modifications can be used to change oral processing behaviour and to control ad libitum food intake // *Appetite*. 2019. Vol. 142. Article 104375. doi: 10.1016/j.appet.2019.104375
15. Paderin N.M., Vityazev F.V., Saveliev N.Yu. et al. Effect of pectin of tansy, *Tanacetum vulgare* L., on feeding behaviour and food intake in mice // *J. Func. Foods*. 2018. Vol. 47. P. 66–71. doi: 10.1016/j.jff.2018.05.040
16. Lawrence C.B., Ellacott K. L. J., Luckman S. M. PRL-releasing peptide reduces food intake and may mediate satiety signaling // *Endocrinology*. 2002. Vol. 143, N 2. P. 360–367. doi: 10.1210/endo.143.2.8609
17. Adebakin A., Bradley J., Gümüşgöz S. et al. Impaired satiation and increased feeding behaviour in the triple-transgenic Alzheimer's disease mouse model // *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7, N 10. P. e45179. doi:10.1371/journal.pone.0045179
18. Khranova D.S., Vityazev F.V., Saveliev N.Y. et al. Pectin gelling in acidic gastric condition increases rheological properties of gastric digesta and reduces glycaemic response in mice // *Carbohydr. Polym.* 2019. Vol. 205. P. 456–464. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.10.053
19. Clegg M.E., Shafat A. The effect of agar jelly on energy expenditure, appetite, gastric emptying and glycaemic response // *Eur. J. Nutr.* 2014. Vol. 53. P. 533–539. doi: 10.1007/s00394-013-0559-x
20. Sanaka M., Yamamoto T., Anjiki H. et al. Effects of agar and pectin on gastric emptying and post-prandial glycaemic profiles in healthy human volunteers // *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 2007. Vol. 34. P. 1151–1155. doi: 10.1111/j.1440-1681.2007.04706.x
21. Cassady B. A., Considine R. V., Mattes R. D. Beverage consumption, appetite, and energy intake: what did you expect? // *Am. J. Clin. Nutr.* 2012. Vol. 95, N 3. P. 587–593. doi: 10.3945/ajcn.111.025437
22. de Wijk R. A., Zijlstra N., Mars M. et al. The effects of food viscosity on bite size, bite effort and food intake // *Physiol. Behav.* 2008. Vol. 95, N 3. P. 527–532. doi: 10.1016/j.physbeh.2008.07.026
23. Ikeda A., Miyamoto J.J., Usui N. et al. Chewing stimulation reduces appetite ratings and attentional bias toward visual food stimuli in healthy-weight individuals // *Front. Psychol.* 2018. Vol. 9. Article 99. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00099

References

1. Burton-Freeman B. Dietary fiber and energy regulation. *J Nutr.* 2000; 130 (suppl 2): 272S–5S. doi: 10.1093/jn/130.2.272S
2. Perrigue M.M., Monsivais P., Drewnowski A. Added soluble fiber enhances the satiating power of low-energy-density liquid yogurts. *J Am Diet Assoc.* 2009; 109: 1862–8. doi: 10.1016/j.jada.2009.08.018
3. Slavin J., Green H. Dietary fibre and satiety. *Nutr Bull.* 2007; 32 (suppl 1): 32–42. doi: 10.1111/j.1467-3010.2007.00603.x
4. Rajapakse N., Kim S.-K. Nutritional and digestive health benefits of seaweed. *Adv Food Nutr Res.* 2011; 64: 17–28. doi: 10.1016/b978-0-12-387669-0.000002-8
5. Lunn J., Buttriss J. L. Carbohydrates and dietary fibre. *Nutr Bull.* 2007; 32 (1): 21–64. doi: 10.1111/j.1467-3010.2007.00616.x
6. Tucker L.A., Thomas K.S. Increasing total fiber intake reduces risk of weight and fat gains in women. *J Nutr.* 2009; 139: 576–81. doi: 10.3945/jn.108.096685
7. Du H.D., van der A D.L., Boshuizen H.C., et al. Dietary fiber and subsequent changes in body weight and waist circumference in European men and women. *Am J Clin Nutr.* 2010; 91: 329–36. doi: 10.3945/ajcn.2009.28191
8. Wanders A.J., van den Borne J.J., de Graaf C., et al. Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: a systematic review of randomized controlled trials. *Obes Rev.* 2011; 12: 724–39. doi: 10.1111/j.1467-789X.2011.00895.x
9. Clark M.J., Slavin J.L. The effect of fiber on satiety and food intake: a systematic review. *J Am Coll Nutr.* 2013; 32: 200–11. doi: 10.1080/07315724.2013.791194
10. Flood-Obbagy J.E., Rolls B.J. The effect of fruit in different forms of energy intake and satiety at a meal. *Appetite.* 2009; 52: 416–22. doi: 10.1016/j.appet.2008.12.001
11. Hellstrom P.M., Naslund E. Interactions between gastric emptying and satiety, with special reference to glucagon-like peptide-1. *Physiol Behav.* 2001; 74: 735–41. doi: 10.1016/s0031-9384(01)00618-7
12. Krop E.M., Hetherington M.M., Nekitsing C., et al. Influence of oral processing on appetite and food intake – a systematic review and meta-analysis. *Appetite.* 2018; 125: 253–69. doi: 10.1016/j.appet.2018.01.018
13. Hollis J.H. The effect of mastication on food intake, satiety and body weight. *Physiol Behav.* 2018; 193: 242–5. doi: 10.1016/j.physbeh.2018.04.027
14. Mosca A.C., Torres A.P., Slob E., et al. Small food texture modifications can be used to change oral processing behaviour and to control ad libitum food intake. *Appetite.* 2019; 142: Article 104375. doi: 10.1016/j.appet.2019.104375
15. Paderin N.M., Vityazev F.V., Saveliev N.Yu., et al., Effect of pectin of tansy, *Tanacetum vulgare* L., on feeding behaviour and food intake in mice. *J Func Foods.* 2018; 47: 66–71. doi: 10.1016/j.jff.2018.05.040
16. Lawrence C.B., Ellacott K.L.J., Luckman S.M. PRL-releasing peptide reduces food intake and may mediate satiety signaling. *Endocrinology.* 2002; 143 (2): 360–7. doi: 10.1210/endo.143.2.8609
17. Adebakin A., Bradley J., Gümüşgöz S., et al. Impaired satiation and increased feeding behaviour in the triple-transgenic Alzheimer's disease mouse model. *PLoS ONE.* 2012; 7 (10): e45179. doi:10.1371/journal.pone.0045179
18. Khranova D.S., Vityazev F.V., Saveliev N.Y., et al. Pectin gelling in acidic gastric condition increases rheological properties of gastric digesta and reduces glycaemic response in mice. *Carbohydr Polym.* 2019; 205: 456–64. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.10.053
19. Clegg M.E., Shafat A. The effect of agar jelly on energy expenditure, appetite, gastric emptying and glycaemic response. *Eur J Nutr.* 2014; 53: 533–9. doi: 10.1007/s00394-013-0559-x
20. Sanaka M., Yamamoto T., Anjiki H., et al. Effects of agar and pectin on gastric emptying and post-prandial glycaemic profiles in healthy human volunteers. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2007; 34: 1151–5. doi: 10.1111/j.1440-1681.2007.04706.x
21. Cassady B.A., Considine R.V., Mattes R.D. Beverage consumption, appetite, and energy intake: what did you expect? *Am J Clin Nutr.* 2012; 95 (3): 587–93. doi: 10.3945/ajcn.111.025437
22. de Wijk R.A., Zijlstra N., Mars M., et al. The effects of food viscosity on bite size, bite effort and food intake. *Physiol Behav.* 2008; 95 (3): 527–32. doi: 10.1016/j.physbeh.2008.07.026
23. Ikeda A., Miyamoto J.J., Usui N., et al. Chewing stimulation reduces appetite ratings and attentional bias toward visual food stimuli in healthy-weight individuals. *Front. Psychol.* 2018; 9: Article 99. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00099

Для корреспонденции

Пилипенко Владимир Иванович – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения гастроэнтерологии и гепатологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
Адрес: 115446, Российская Федерация, г. Москва, Каширское шоссе, д. 21
Телефон: (499) 613-10-91
E-mail: pilipenkowork@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5632-1880>

Пилипенко В.И., Исаков В.А., Власова А.В., Найденова М.А., Морозов С.В.

Роль пищевого разнообразия рациона в формировании синдрома избыточного бактериального роста в тонкой кишке

The role of dietary diversity in the formation of syndrome intestinal bacterial overgrowth

Pilipenko V.I., Isakov V.A., Vlasova A.V., Naidenova M.A., Morozov S.V.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 115446, г. Москва, Российская Федерация

Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 115446, Moscow, Russian Federation

Синдром избыточного бактериального роста в кишечнике (СИБР) – широко распространенное заболевание, характеризующееся существенным снижением качества жизни. Лечение антибиотиками СИБР недостаточно эффективно – частота рецидивов после успешной терапии высока. Одним из наиболее важных факторов изменения микробиома кишки могут являться особенности питания, способствующие формированию СИБР.

Цель – сопоставить пищевое разнообразие у пациентов с выявленным синдромом избыточного бактериального роста водород-продуцирующей флоры в тонкой кишке (СИБР-Н₂) и без него.

Материал и методы. Обследованы 1023 пациента с подозрением на наличие СИБР. У 973 пациентов выполнен водородно-метановый дыхательный тест с лактулозой, по результатам которого выделены группы с избыточным ростом водород-продуцирующей флоры в тонкой кишке (n=522), с избытком метана (n=340) и без признаков СИБР (n=108). У всех участников методом суточного воспроизведения собирали данные о фактическом питании. Для оценки пищевого разнообразия использован метод подсчета уникальных значений (count base diversity) пищевых продуктов по 11 группам: злаки, мясо и яйца, рыба и нерыбные продукты моря, жировые продукты, молочные продукты, овощи, бобовые и орехи, фрукты и ягоды, кондитерские изделия, напитки, соусы и пряности. Сравнение средних величин числа позиций в каждой изучаемой группе пищевых

Финансирование. Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда № 19-76-30014.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Для цитирования: Пилипенко В.И., Исаков В.А., Власова А.В., Найденова М.А., Морозов С.В. Роль пищевого разнообразия рациона в формировании синдрома избыточного бактериального роста в тонкой кишке // *Вопр. питания.* 2020. Т. 89, № 1. С. 54–63. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10006

Статья поступила в редакцию 11.07.2019. **Принята в печать** 24.01.2020.

Funding. The study was supported by the Russian Science Foundation under grant No. 19-76-30014.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Pilipenko V.I., Isakov V.A., Vlasova A.V., Naidenova M.A., Morozov S.V. The role of dietary diversity in the formation of syndrome intestinal bacterial overgrowth. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition].* 2020; 89 (1): 54–63. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10006 (in Russian)

Received 11.07.2019. **Accepted** 24.01.2020.

продуктов использовалось для сопоставления пищевого разнообразия у пациентов с СИБР-Н₂ и без него.

Результаты и обсуждение. Более низкое пищевое разнообразие было обнаружено у пациентов с СИБР-Н₂ в группах молочной продукции ($2,70 \pm 1,37$ против $3,19 \pm 1,34$, $p < 0,001$), овощей ($5,50 \pm 2,22$ против $6,29 \pm 1,90$, $p < 0,001$) и фруктов ($1,54 \pm 1,38$ против $1,99 \pm 1,69$, $p = 0,018$) по сравнению с пациентами без признаков СИБР. Различия по группам злаков, мяса, рыбы, бобовых и орехов, жировых продуктов и сладостей не достигли уровня статистической значимости.

Заключение. Впервые установлены статистически значимые отличия пищевого разнообразия рационов у пациентов с СИБР-Н₂ в отношении потребления молочной продукции, овощей и фруктов. Полученные данные могут быть использованы для разработки мер диетологического обеспечения терапии СИБР и профилактики его рецидивов.

Ключевые слова: дыхательный тест с лактулозой, синдром избыточного бактериального роста в кишечнике, фактическое питание, пищевое разнообразие

Small intestinal bacterial overgrowth (SIBO) is a widespread disease characterized by a significant decrease of the quality of life. Antibiotic treatment of SIBO is usually effective, however, the recurrence rate is high. Microbiota is dependent on dietary pattern of the patient and specific nutrients, therefore the diversity of dietary patterns may be one of the major factor promoting SIBO or its relapses after treatment.

The aim of the study was to compare nutritional diversity in patients with SIBO-H₂ and in healthy controls.

Material and methods. One thousand twenty three patients with suspected SIBO were examined. Hydrogen-methane breath test with lactulose was performed in 973 patients, the results of which identified groups with SIBO-H₂ ($n=522$), with SIBO-CH₄ ($n=340$) and without signs of SIBO ($n=108$). Data on food intake was collected with 24 h recall from all participants. Dietary diversity was assessed using method of calculation of unique values (count base diversity) for 11 groups of food: cereals, meat and eggs, fish and non-fish seafood, fat containing products, dairy products, nuts, vegetables, fruits and berries, confectionery, drinks, sauces and spices. The pattern of food diversity for each patient was obtained by counting the items in each of the studied food groups. Comparison of the mean values of the number of items in each of the studied food groups was used to compare food diversity in patients with and without SIBO-H₂.

Results and discussion. A comparison of nutritional diversity in patients with SIBO-H₂ revealed a lower count base diversity in the groups of dairy products (2.70 ± 1.37 vs 3.19 ± 1.34 , $p < 0.001$), vegetables (5.50 ± 2.22 vs 6.29 ± 1.90 , $p < 0.001$), fruits (1.54 ± 1.38 vs 1.99 ± 1.69 , $p = 0.018$) in compare with controls. Count base diversity in grains, meats, fishes, fat products, nuts and legumes and sweets did not demonstrate significant differences.

Conclusion. Significant differences in the diversity of dietary patterns in patients with SIBO were found in dairy products, vegetables and fruits and berries. The obtained data may be used to develop diet for SIBO patients additionally to the treatment and prevention of its relapses.

Keywords: breath test with lactulose, small intestinal bacterial overgrowth, nutrition assessment, food diversity

Синдром избыточного роста бактерий в тонкой кишке (СИБР) представляет собой патологическое состояние, обусловленное увеличением плотности колонизации тонкой кишки микрофлорой ($>10^5$ КОЕ/мл кишечного аспирата), что может сопровождаться нарушениями опорожнения кишечника, абдоминальной болью, избыточным газообразованием и явлениями мальабсорбции [1]. По данным литературы, распространенность СИБР достигает 9–84% у больных с различными заболеваниями органов пищеварения [2]. Устранение СИБР способствует существенному уменьшению выраженности гастроэнтерологических симптомов [3].

Общепринятая терапия СИБР заключается в курсовом назначении антибактериальных препаратов, однако вероятность рецидива довольно высока и достигает 43% к 9 мес после завершения терапии [4]. Повторные курсы лечения в связи с рецидивом заболевания могут способствовать формированию устойчивости микрофлоры к лечению антибактериальными средствами [4]. Причины, способствующие формированию СИБР, до конца не изучены. Считается, что увеличению плотности колонизации тонкой кишки бактериями могут способствовать различные состояния, сопровождающиеся нарушенным кишечным транзитом (например, после оперативных

вмешательств на органах желудочно-кишечного тракта, при спаячной болезни органов брюшной полости, вследствие заболеваний периферической нервной системы и приеме препаратов, влияющих на кишечный транзит), мальдигестией (вследствие формирования питательной среды для роста и размножения бактериальной флоры), а также различные иммунодефицитные состояния [1]. К факторам, способствующим формированию СИБР, в последнее время относят и особенности питания [5, 6]. Действительно, структура питания считается установленным фактором, определяющим видовой состав и количественные характеристики микробиома кишечника [7–9]. В то же время за последние 50 лет во всем мире пищевое разнообразие критически уменьшилось (утрачено 75% генетического разнообразия растений, пригодных для использования в пищу) путем вытеснения местных культур глобальными, обладающими более высокой урожайностью. Результаты исследований свидетельствуют о том, что 75% пригодной к употреблению пищи в мире представлено всего 12 видами растений и 5 видами животных [10, 11]. Уменьшение разнообразия источников пищевых веществ может способствовать селекции тех видов бактерий в кишечнике, для которых такой состав пищевой среды приемлем, и может обуславливать избыточный рост этих видов в условиях низкой конкуренции. Несмотря на указанные теоретические предпосылки, работ, в которых бы изучали взаимосвязь пищевого разнообразия с возможностью формирования СИБР, в доступных источниках нами не найдено.

В связи с этим **цель** настоящего исследования – изучение разнообразия пищевых рационов у пациентов с СИБР и при его отсутствии.

Материал и методы

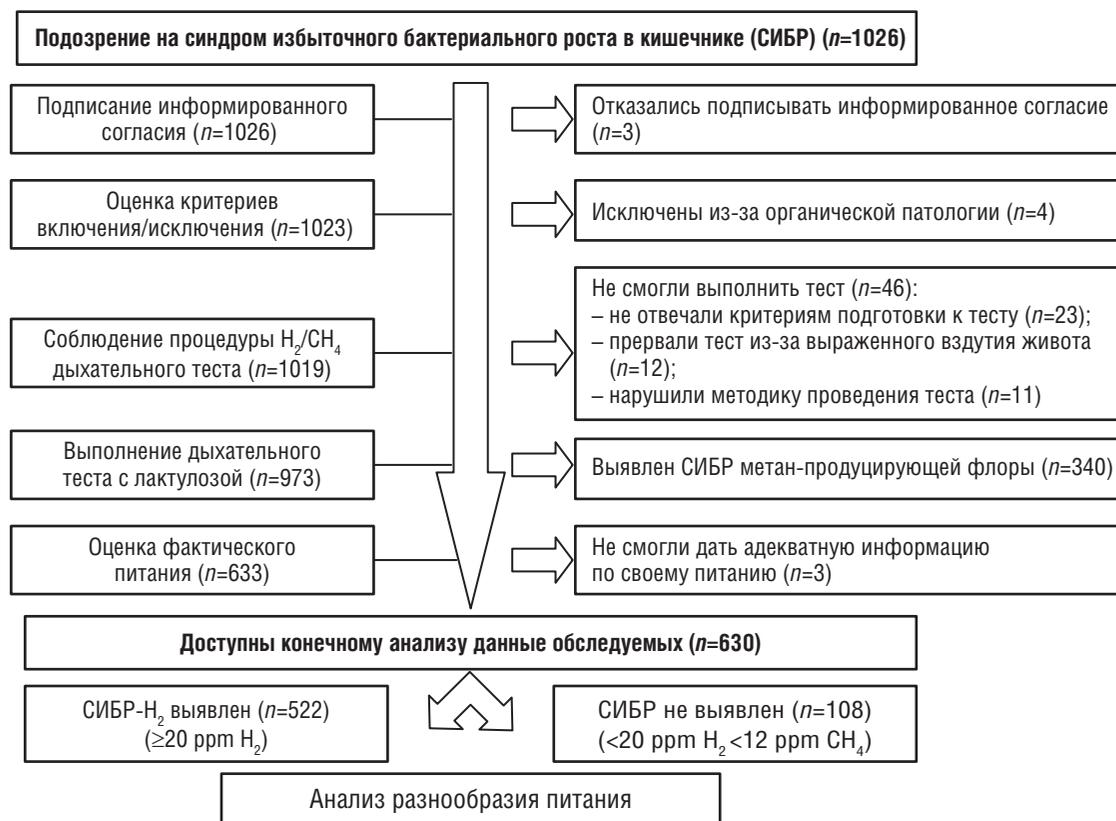
Материалом исследования послужили данные обследования 1023 пациентов, направленных в отделение гастроэнтерологии и гепатологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» для проведения водородно-метанового дыхательного теста для исключения СИБР и давших письменное информированное согласие на участие в исследовании. Протокол исследования был предварительно одобрен Этическим комитетом ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Набор пациентов в исследование проводили с 2017 по 2019 г. **Критерии включения:** добровольное желание участвовать в исследовании в виде подписанного информационного листа пациента; возраст от 18 до 75 лет; жалобы, позволяющие заподозрить наличие СИБР (вздутие живота, возникающее преимущественно через 1–2 ч после еды; боли тянущего характера в околопупочной области, без четкой связи с приемом пищи или дефекацией); изменение формы и частоты стула в отсутствие критериев органических (неопластических, воспалительных) заболеваний кишечника. **Критерии не включения:** отсутствие желания у пациента участвовать в исследовании; неже-

вание пациента следовать требованиям, необходимым для получения адекватных результатов обследования; прием любых антибактериальных или антисептических лекарственных средств за 1 мес до момента обращения пациента; наличие сопутствующих заболеваний и состояний, которые могли повлиять на формирование СИБР вне связи с рационом пациента или наличие которых могло привести к неправильной интерпретации дыхательного теста с лактулозой: наличие оперативных вмешательств на органах желудочно-кишечного тракта в анамнезе; воспалительные заболевания кишечника; хронический панкреатит с внешнесекреторной недостаточностью поджелудочной железы, пищевая аллергия и непереносимость (в том числе глютеновая энтеропатия), заболевания нервной системы, сопровождающиеся нарушением двигательной активности желудочно-кишечного тракта; заболевания легких (туберкулез, пневмония, хроническая обструктивная болезнь легких), прием лекарственных препаратов с возможным влиянием на моторику органов желудочно-кишечного тракта (при этом возможность включения пациентов после отмены таких препаратов допускалась только не менее чем через один период полувыведения препарата); общее состояние пациента, которое, по мнению исследователя, могло бы существенно повлиять на результаты исследования и интерпретацию данных; наличие СИБР с избыточным ростом метан-продуцирующей флоры в тонкой кишке или смешанный вариант СИБР (наличие СИБР с избыточным ростом как водород-, так и метан-продуцирующей флоры в тонкой кишке). **Критерии исключения:** отзыв согласия пациента на участие в исследовании и обработки полученных данных на любом этапе проведения исследования; невозможность провести один из предусмотренных протоколом методов исследования или в том случае, если эти данные не поддавались интерпретации (например, несмотря на целенаправленный опрос врача, из-за мнестических особенностей пациент не смог дать достаточной информации по своему питанию в домашних условиях для внесения в базу данных в правильном формате); если один или несколько параметров, предусмотренных протоколом исследования, отсутствовали; наличие данных медицинской документации о состояниях и заболеваниях, предусмотренных в критериях не включения в исследование.

Дизайн исследования, а также порядок включения и исключения данных пациентов в исследовании, отражены на рисунке.

Анализ клинических данных проводил специалист-гастроэнтеролог и фиксировал в медицинской документации. Анализировали данные жалоб, анамнеза и результаты стандартного физикального обследования.

Диагностика синдрома избыточного бактериального роста водород-продуцирующей флоры в тонкой кишке. Избыточный бактериальный рост водород-продуцирующей флоры в тонкой кишке определяли по стандартной методике [12] с использованием аппарата «GastroCheck Gastrolyzer» (Bedfont, Великобритания).



Дизайн исследования

Study design

Обследование проводили в утренние часы после 12-часового голода. Накануне исследования исключали прием кисломолочных напитков, блюд из макарон, злаков, картофеля и кондитерских изделий. В ходе процедуры фиксировали значения концентрации водорода и метана в выдыхаемом воздухе исходно, а также каждые 20 мин в течение 2-часового периода после приема 15 мл лактулозы (дюфалак, Солвей Фармасьютикалз Б.В., Нидерланды), растворенной в 100 мл негазированной питьевой воды. Наличие избыточного роста водород-продуцирующей флоры считали установленным при превышении уровня содержания водорода 20 ppm в выдыхаемом воздухе, наличие избыточного роста метаногенной флоры – при превышении в выдыхаемом воздухе уровня метана в 12 ppm [12].

Оценка рациона питания. Фактическое питание оценивали за день до исследования методом 24-часового воспроизведения съеденной в домашних условиях пищи, причем контроль адекватности указанных размеров порций осуществлялся сертифицированным диетологом с привлечением альбома фотографий пищевых продуктов различных порций. Расчет нутриентного состава и калорийности рационов осуществляли с использованием данных справочника химического состава пищевых продуктов [13]. Рационы пациентов были представлены в виде набора

продуктов и блюд с указанием массы порций, причем каждое сложное блюдо также преобразовывалось в набор составляющих его исходных продуктов согласно стандартным рецептам или информации, представленной респондентами. Полученный набор продуктов рациона классифицировался по справочнику химического состава продуктов и распределялся по таблицам уникальных значений соответствующих пищевых групп [13]. Для оценки пищевого разнообразия использован метод подсчета уникальных значений (count base diversity) [14], где показывается, например, сколько разновидностей злаков находится в подгруппе «Злаки» и т.д. Для оценки паттерна пищевого разнообразия использовано 11 групп пищевых продуктов: злаки, мясо и яйца, рыба и нерыбные продукты моря, жировые продукты, молочные продукты, бобовые и орехи, овощи, фрукты и ягоды, кондитерские изделия, напитки, соусы и пряности. Паттерн пищевого разнообразия для каждого пациента получен подсчетом числа позиций в каждой из 11 изучаемых групп продуктов. Сравнение средних величин числа позиций в каждой из изучаемых групп продуктов использовали для сопоставления пищевого разнообразия у пациентов с СИБР и без него.

Для статистической обработки данных использовали пакет программ SPSS 13.0 for Windows (SPSS Inc., США). С его помощью оценивали показатели выборки мето-

дами дескриптивной статистики, данные представлены в виде средних значений и стандартного отклонения, для сравнения результатов между группами использованы метод Манна–Уитни и критерий χ^2 по Пирсону. Статистическая значимость результатов устанавливалась при значениях $p \leq 0,05$ [15].

Результаты

В рамках исследования методом водородно-метанового дыхательного теста с лактулозой синдром избыточного роста водород-продуцирующей флоры был выявлен у 522 пациентов с подозрением на наличие СИБР. У 108 обследованных признаков СИБР не выявлено, данные обследования этих пациентов составили контрольную группу. Сопоставление параметров пациентов по группам представлено в табл. 1.

Как видно из данных, представленных в табл. 1, у пациентов с СИБР были статистически значимо меньше величина индекса массы тела (ИМТ) и возраст.

Сопоставление абсолютных значений потребления нутриентов по изучаемым группам представлено в табл. 2. Ввиду выраженной вариабельности показателей фактического питания, статистически значимые различия установлены только в отношении потребления пищевых волокон: в рационе пациентов с СИБР их было меньше ($p=0,012$), достоверных различий по потреблению белка, жира, углеводов, моно- и дисахаридов, воды, алкоголя, а также калорийности рациона и кратности приемов пищи у пациентов разных групп установить не удалось.

Таблица 1. Характеристика пациентов

Table 1. Characteristics of patients in the studied groups

Показатель <i>Parameter</i>	Группа обследованных <i>Group of patients</i>		<i>p</i>
	$H_2 < 20$ ppm (<i>n</i> =108)	$H_2 \geq 20$ ppm (<i>n</i> =522)	
Доля мужчин, % <i>Men, %</i>	33,3	36,9	ns
Возраст, годы <i>Age, years</i>	43,8±15,6	40,8±15,4	0,028
ИМТ, кг/м ² <i>BMI, kg/m²</i>	26,5±8,2	24,5±6,3	0,018
Пик водорода, ppm <i>Hydrogen peak, ppm</i>	12,3±4,8	67,3±40,6	0,001
Основная жалоба – запоры, % <i>The main complaint – constipation, %</i>	26,6	27,9	ns
Основная жалоба – диарея, % <i>The main complaint – diarrhea, %</i>	44,3	42,7	ns
Основная жалоба – вздутие живота, % <i>The main complaint – bloating, %</i>	29,0	29,3	ns

Сопоставление средних значений разнообразия пищевых продуктов по группам представлено в табл. 3.

Как видно из табл. 3, у пациентов с СИБР выявлено статистически значимо меньшее разнообразие потребления молочной продукции, овощей и фруктов. Потребление злаков было также ниже, чем у лиц без признаков СИБР, но не достигло уровня статистической значимости. Различия по группам мяса и яиц, рыбы, бобовых и орехов, жировых продуктов, соусов и сладостей статистически незначимы.

Обсуждение

Данная работа является первым исследованием, в котором оценивалось видовое разнообразие потребляемой пищи у пациентов с наличием СИБР и без него, в доступной литературе аналогичные работы отсутствуют. В нашем исследовании удалось установить, что рацион пациентов с избыточным бактериальным ростом водород-продуцирующей флоры отличается меньшим разнообразием по сравнению с контрольной группой, у которых СИБР- H_2 не выявлен. Ранее опубликованные работы были в большей степени посвящены изучению количественных отличий по энергетической ценности рациона, а также различных макро- и микронутриентов [5]. В то же время видовое разнообразие внутри каждой группы пищевых продуктов может являться не менее важным фактором. Действительно, любой компонент пищи, избежавший адсорбции в тонкой кишке, может быть утилизирован кишечной микрофлорой. Известно, что преимущественное потребление с пищей углеводов поддерживает рост представителей рода *Prevotella*, а преобладание в пище жира и белка важно для размножения представителей рода *Bacteroides* [8]. В более узком смысле каждому виду микроорганизмов, возможно, соответствует свой набор пищевых субстратов, оптимальный для извлечения энергии или как исходный материал для производства структурных элементов [16]. В качестве примера можно привести уже более 100 лет используемый микробиологами метод элективных питательных сред для выделения определенного вида.

Плотность микроорганизмов в просвете кишки контролируется иммунными механизмами, а также посредством пассивной (потребление общих ресурсов, сокращение адгезионного пространства продукцией сурфактантов, антиадгезинов, рамнолипидов и внеклеточных полисахаридов) и активной [продукция видоспецифичных бактериоцинов и антибиотиков широкого спектра действия, разрушение чужих сигнальных молекул социального поведения (Quorum sensing)] конкуренции внутри микробного сообщества [17]. Сокращение микробного разнообразия ослабляет конкурентное сдерживание отдельных видов, способствуя развитию избыточного роста отдельных штаммов бактерий. С одной стороны, это может способствовать накоплению внеклеточного полисахаридного матрикса, а с другой –

накоплению в биотопе бактерий сигнальных молекул, определяющих их социальное поведение и возможность активации факторов патогенности [18, 19]. Само накопление внеклеточного матрикса способствует формированию биопленок в криптах толстой кишки [20]. В тонкой кишке из-за более быстрого транзита содержимого и слущивания эпителия, а также из-за особенностей муцина кишечной слизи, затрудняющих адгезию, формирование биопленок пока не описано, однако такая возможность не исключена [21]. В состоянии биопленки и микроколоний микроорганизмы существенно увеличивают свою устойчивость к антибактериальным препаратам за счет ограниченного полисахаридным матриксом взаимодействия с кишечной средой и быстрой горизонтальной передачей плазмид резистентности [22]. Наличие такой микробной ассоциации может объяснить и низкую эффективность терапии СИБР антимикробными препаратами. Расширение видового состава кишечного микробиома за счет разнообразия рациона требует дополнительного изучения, однако потенциально могло бы восстановить конкурентные механизмы контроля микробиологической плотности в кишечнике и, возможно, уменьшить частоту рецидивов СИБР.

В нашей работе у пациентов с СИБР пищевое разнообразие было достоверно ниже в группах молочной продукции, овощей и фруктов, а также отмечена тенденция к меньшему разнообразию потребляемых круп – именно тех категорий продуктов, компоненты которых обладают

Таблица 2. Сопоставление данных анализа питания пациентов с синдромом избыточного бактериального роста в кишечнике и пациентов с нормальной продукцией газов в кишечнике

Table 2. Comparison of the data of nutrition analysis of patients with syndrome intestinal bacterial overgrowth and patients with normal level of gases in the small intestine

Показатель <i>Parameter</i>	Группа обследованных <i>Group of patients</i>	
	H ₂ <20 ppm (n=108)	H ₂ ≥20 ppm (n=522)
Кратность приемов пищи, раз в сутки <i>The frequency of meals, per day</i>	4,83±1,09	4,71±1,07
Белок, г/сут <i>Protein, g/day</i>	86,3±31,6	86,5±38,6
Жиры, г/сут <i>Fats, g/day</i>	78,5±31,4	87,0±44,6
Углеводы, г/сут <i>Carbohydrates, g/day</i>	233,4±88,4	232,1±103,9
Моно- и дисахариды, г/сут <i>Mono- and disaccharides, g/day</i>	102,4±49,9	102,0±60,2
Пищевые волокна, г/сут <i>Dietary fibers, g/day</i>	21,3±9,7	19,1±9,5*
Энергетическая ценность, ккал/сут <i>Energy value, kcal/day</i>	1992,1±622,4	2066,2±818,1
Вода, мл/сут <i>Water, ml/day</i>	1739,5±479,3	1707,0±605,4
Алкоголь, г/сут <i>Alcohol, g/day</i>	0,57±3,77	0,38±2,9

* – p=0,012.

Таблица 3. Число позиций по группам потребленных пищевых продуктов у пациентов разных групп

Table 3. Comparison of the average count of items of foods consumed by patients

Показатель <i>Parameter</i>	Группа обследованных <i>Group of patients</i>						p
	H ₂ <20 ppm (n=108)			H ₂ ≥20 ppm (n=522)			
	M±m	Me	min-max	M±m	Me	min-max	
Молочные продукты <i>Dairy products</i>	3,19±1,34	3	0-7	2,70±1,37	3	0-7	0,001
Мясные продукты/яйцо <i>Meat/egg</i>	2,02±0,98	2	0-5	1,88±0,99	2	0-5	ns
Рыбные продукты <i>Fish</i>	0,44±0,63	0	0-3	0,37±0,61	0	0-4	ns
Жировые продукты <i>Fat products</i>	1,80±0,63	2	1-6	1,84±0,69	2	0-4	ns
Злаки <i>Cereals</i>	2,50±1,08	2	0-7	2,28±0,96	2	0-5	0,07
Орехи/бобовые <i>Nuts/Beans</i>	0,35±0,67	0	0-12	0,37±0,68	0	0-4	ns
Овощи <i>Vegetables</i>	6,29±1,90	6	0-18	5,50±2,22	6	0-13	0,001
Фрукты <i>Fruit</i>	1,99±1,69	2	0-13	1,54±1,38	1	0-7	0,018
Кондитерские изделия <i>Confectionery</i>	1,63±0,98	2	0-5	1,58±0,87	1	0-5	ns
Напитки <i>Beverages</i>	1,38±0,74	1	0-6	1,36±0,74	1	0-4	ns
Соусы/пряности <i>Sauces/Spices</i>	1,41±0,61	1	1-5	1,53±0,87	1	0-7	ns

пребиотическими свойствами и способны обеспечивать микробное разнообразие. Так, молоко и молочные продукты за счет содержания олигосахаридов стимулируют бутиратогенную флору, а молочный жир за счет стимуляции выработки таурохолевой кислоты стимулирует размножение сульфатредуцентов (*Bilophila wadsworthia*, δ -*Proteobacteria*) [23–25]. Кисломолочные напитки за счет наличия органических кислот, ацетальдегида, незаменимых аминокислот стимулируют рост лактобактерий, *Streptococcus salivarius* и снижают активность энтеробактеров и клостридий за счет изменения pH в просвете кишки [26].

Группа овощей и фруктов также весьма богата пребиотическими компонентами: резистентный крахмал 2-го типа стимулирует зубактерии и *Ruminococcus bromii* [27], пищевые волокна обеспечивают рост бактериоидов [28]. Фенолы и полифенольные соединения, квиноны, органические кислоты, терпеноиды, алкалоиды и витамины оказывают видоспецифичное модулирующее действие на состав кишечной микрофлоры [29–31]. Моно- и дисахариды фруктов усиливают активность бифидобактерий и снижают ее у бактериоидов [23]. Из всего спектра бактериоидов инулин стимулирует рост только *B. uniformis* и *B. saccae*, а яблочный пектин активизирует рост только у 6 видов бактериоидов [32].

С другой стороны, к особенностям современного питания можно отнести то, что применение пестицидов существенно снижает продукцию культурными растениями защитных фитохимических соединений, которые положительно влияют на разнообразие микрофлоры кишки [11]. Отдельно стоит упомянуть о возможности обогащения микробиома за счет контаминации пищи: в сырых овощах и фруктах степень поверхностной и эндофитной контаминации достигает 10^{5-7} КОЕ/г, причем во фруктах больше грибов (дрожжи), а в овощах – аэробной флоры (псевдомонады, энтеробактерии) [33].

Важными факторами, оказывающими существенное влияние на разнообразие микробиома, являются длительный прием лекарственных препаратов (например, слабительных, психотропных, сахароснижающих и др.) и широкое применение в пищевой промышленности пищевых добавок (эмульгаторы, антиоксиданты, регуляторы кислотности и т.д.). Изучение влияния последних на микрофлору началось относительно недавно и, возможно, потребует пересмотра отношения к некоторым из них как к абсолютно безвредным для человека веществам [29].

Несмотря на значительную статистическую мощность исследования и спланированный дизайн, позволяющий исключить многие факторы, которые могли бы обусловить получение недостоверных результатов дыхательного теста с лактулозой, оно не лишено некоторых недостатков, о которых следует упомянуть. Одним из ограничений является методика, используемая для верификации избыточного бактериального роста. Дыхательный тест с лактулозой является стандартным методом, при помощи которого можно подтвердить избыточный бактериальный рост в рутинной клинической

практике [1]. В то же время данный тест не является прямым методом, измеряющим «избыток роста бактерий». С его помощью мы измеряем функциональную активность определенной группы бактерий, производящих водород и/или метан, и результаты которого могут зависеть от целого ряда факторов (как, например, предшествующий прием антибактериальных препаратов, состояние кишечной стенки, обуславливающее проницаемость ее для газов, адекватность диффузии газов в легких и др.) [34]. При планировании исследования мы постарались максимально минимизировать те погрешности, которые связаны с данным методом, однако следует учитывать их возможное влияние при интерпретации результатов.

Другим ограничением работы является относительно короткий дневник питания для оценки пищевого разнообразия пациентов. Суточное воспроизведение может не учитывать колебания состава рациона обследуемых, в различные дни недели или в зависимости от сезона. В то же время данная методика считается стандартной и использовалась ранее в ряде работ [35]. Увеличение продолжительности регистрации пищевого дневника как минимум до 3 дней позволит получить более адекватную информацию о питании [36], что поможет выявить больше различий структуры питания пациентов с СИБР и правильно оценить их значимость для разработки мер диетологической коррекции. В то же время большее время, требующееся для выполнения такого анализа, может существенно сказаться на стоимости и трудозатратах, ассоциированных с подобным анализом.

В нашей работе не анализировалось социально-экономическое положение обследуемых, тем не менее представляется рациональным оценить данные по видовому разнообразию пищи и его влиянию на возможность формирования СИБР у представителей различных стран, а также в зависимости от социально-экономического положения и условий проживания, поскольку имеются данные о существенных отличиях в структуре микробиома у представителей, например, городского и сельского населения [23, 30, 31, 37].

Полученные нами данные имеют клиническую значимость, так как при анализе разнообразия пищевого паттерна нам впервые удалось показать, что различия в питании больных и здоровых людей связаны с разнообразием в конкретных группах пищевых продуктов, а это невозможно выявить, используя традиционные методы оценки фактического питания с определением калорийности и пищевой ценности рациона. Это четко прослеживается по данным, представленным в табл. 2. При этом клинические последствия оценки питания с помощью указанных методов будут кардинально различными: в случае традиционной оценки это будет рекомендация увеличить потребление пищевых волокон, что обычно реализуется в потреблении какого-либо одного специализированного пищевого продукта либо биологически активной добавки к пище, содержащих отруби или инулин, во втором случае это будет

конкретная индивидуальная рекомендация по увеличению не потребления как такового, а разнообразия конкретных групп пищевых продуктов. Из вышеописанного следует, что для стимуляции разнообразия микробиома кишки второй подход более правилен. Вероятно, требуется проведение специально спланированных исследований, направленных на оценку влияния модификации рациона с увеличением пищевого разнообразия на эффективность лечения больных СИБР, установление величин/критериев разнообразия внутри выбранных групп пищевых продуктов. При подтверждении данного эффекта расширение раз-

нообразия рациона могло бы способствовать более эффективному лечению данной категории больных.

Заключение

У больных СИБР-Н₂ установлено достоверно меньшее содержание пищевых волокон в составе рациона и более низкое пищевое разнообразие в группах молочной продукции, овощей и фруктов. Полученные данные могут быть использованы для разработки диетологического обеспечения терапии СИБР и профилактики его рецидивов.

Сведения об авторах

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация):

Пилипенко Владимир Иванович (*Vladimir I. Pilipenko*) – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения гастроэнтерологии и гепатологии

E-mail: pilipenkowork@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5632-1880>

Исаков Василий Андреевич (*Vasily A. Isakov*) – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением гастроэнтерологии и гепатологии

E-mail: vasily.isakov@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4417-8076>

Власова Алина Владимировна (*Alina V. Vlasova*) – врач отделения гастроэнтерологии и гепатологии

E-mail: alinililiya@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2966-1171>

Найденова Майя Александровна (*Maiia A. Naidenova*) – аспирант

E-mail: maiia.naidenova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6654-8234>

Морозов Сергей Владимирович (*Sergey V. Morozov*) – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения гастроэнтерологии и гепатологии

E-mail: morosoffsv@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6816-3058>

Литература

- Ильченко А.А., Мечетина Т.А. Диагностика и лечение синдрома избыточного бактериального роста в тонкой кишке // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2010. № 3. С. 99–106.
- Spiegel B.M.R. Questioning the bacterial overgrowth hypothesis of irritable bowel syndrome: an epidemiologic and evolutionary perspective // Clin. Gastroenterol. Hepatol. 2011. Vol. 9, N 6. P. 461–469. doi: 10.1016/j.cgh.2011.02.030
- Gabrielli M., D'angelo G., Di Rienzo T., Scarpellini E., Ojetti V. Diagnosis of small intestinal bacterial overgrowth in the clinical practice // Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci. 2013; 17, Suppl. 2. P. 30–35.
- Giamarellos-Bourboulis E.J., Tzivras M. Small intestinal bacterial overgrowth: novel insight in the pathogenesis and treatment of irritable bowel syndrome // Ann. Gastroenterol. 2009. Vol. 22, N 2. P. 77–81.
- Пилипенко В.И., Балашнова А.В. Особенности рационов больных с различными вариантами синдрома избыточного бактериального роста в тонкой кишке // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2018. № 10. С. 34–42. doi: 10.31146/1682-8658-ecg-158-10-34-42
- Pilipenko V., Balmashnova A., Isakov V., Morozov S. The analysis of nutrient consumption in patients with Small intestinal bacterial overgrowth // Curr. Dev. Nutr. 2018. Vol. 2, N 11. P01-043. doi: 10.1093/cdn/nzy028
- Milani C., Ferrario C., Turrone F., Duranti S., Mangifesta M., van Sinderen D. et al. The human gut microbiota and its interactive connections to diet // J. Hum. Nutr. Diet. 2016. Vol. 29, N 5. P. 539–546. doi: 10.1111/jhn.12371
- Wu G. D., Chen J., Hoffmann C. et al. Linking long-term dietary patterns with gut microbial enterotypes // Science. 2011. Vol. 334. P. 105–108.
- Xu Z., Knight R. Dietary effects on human gut microbiome diversity // Br. J. Nutr. 2015. Vol. 113. S1–S5. doi: 10.1017/S0007114514004127
- What is agrobiodiversity? Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004. <http://www.fao.org/3/a-y5609e.pdf>
- Helman M.L., Greenway F.L. A healthy gastrointestinal microbiome is dependent on dietary diversity // Mol. Metab. 2016. Vol. 5. P. 317–320. doi: 10.1016/j.molmet.2016.02.005
- Dukowicz A.C., Lacy B.E., Levine G.M. Small intestinal bacterial overgrowth: a comprehensive review // Gastroenterol. Hepatol. (N Y). 2007; 3 (2): 112–122.
- Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. проф. И.М. Скурихина и акад. РАМН, проф. В.А. Тутельяна. М. : ДеЛи принт, 2002. 236 с.
- de Oliveira Otto M.C., Anderson C.A.M., Dearborn J.L. et al. Dietary diversity: implications for obesity prevention in adult populations // Circulation. 2018. Vol. 138, N 11. P.e160–e168. doi: 10.1161/CIR.0000000000000595
- Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica. М. : Медиа Сфера, 2000. 312 с.
- Riaz Rajoka M.S., Shi J., Mehwish H.M. et al. Interaction between diet composition and gut microbiota and its impact on gastroin-

- testinal tract health // *Food Science and Human Wellness*. 2017. Vol. 6. P. 121–130. doi: 10.1016/j.fshw.2017.07.003
17. Bauer M. A., Kainz K., Carmona-Gutierrez D. et al. Microbial wars: competition in ecological niches and within microbiome // *Microbial Cell*. 2018. Vol. 5, N 5. P. 215–219. doi: 10.15698/mic2018.05.628
 18. Rutherford S.T., Bassler B.L. Bacterial quorum sensing: its role in virulence and possibilities for its control // *Cold Spring Harb. Perspect. Med*. 2012. Vol. 2, N 11. pii: a012427 doi: 10.1101/cshperspect.a012427
 19. Li Z., Nair S.K. Quorum sensing: how bacteria can coordinate activity and synchronize their response to external signals? // *Protein Sci*. 2012. Vol. 21, N 10. P. 1403–1417. doi: 10.1002/pro.2132
 20. Tytgat H.L.P., Nobrega F.L., Oost J. et al. Bowel biofilms: tipping points between a healthy and compromised gut? // *Trends Microbiol*. 2019. Vol. 27, N 1. P. 17–25. doi: 10.1016/j.tim.2018.08.009
 21. De Vos W.M. Microbial biofilms and human intestinal microbiome // *NPJ Biofilms Microbiomes*. 2015. Vol. 1. P. 15005. doi: 10.1038/npjbiofilms.2015.5. eCollection 2015.
 22. Srivastava A., Gupta J., Kumar S. et al. Gut biofilm forming bacteria in inflammatory bowel disease // *Microb. Pathog*. 2017. Vol. 112. P. 5–14. doi: 10.1016/j.micpath.2017.09.041
 23. Singh R.K., Chang H.W., Yan D. et al. Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health // *J. Transl. Med*. 2017. Vol. 15, N 1. P. 73 doi: 10.1186/s12967-017-1175-y
 24. Dolan K.T., Chang E.B. Diet, gut microbes, and the pathogenesis of inflammatory bowel diseases // *Mol. Nutr. Food Res*. 2017. Vol. 61, N 1. doi: 10.1002/mnfr.201600129
 25. Kadokar S., Mutlu E.A. Diet as a therapeutic option for adult inflammatory bowel disease // *Gastroenterol. Clin. North Am*. 2017. Vol. 46, N 4. P. 745–767. doi: 10.1016/j.gtc.2017.08.016
 26. Rosa D., Dias M.M.S., et al. Milk kefir: nutritional, microbiological and health benefits // *Nutr. Res. Rev*. 2017. doi: 10/1017/S0954422416000275
 27. Holscher H.D. Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota // *Gut microbes*. 2017. Vol. 8, N 2. P. 172–184. doi: 10.1080/19490976.2017.1290756
 28. Weiss G.A., Hennes T. Mechanisms and consequences of intestinal dysbiosis // *Cell. Mol. Life Sci*. 2017. doi: 10/1007/s00018-017-2509x
 29. Ohland C.L., Jorbin C. Microbial activities and intestinal homeostasis: a delicate balance between health and disease // *Cell. Mol. Gastroenterol. Hepatol*. 2015. Vol. 1, N 1. P. 28–40. doi: 10.1016/j.jcmgh.2014.11.004
 30. Zmora N., Suez J., Elinav E. You are what you eat: diet, health and the gut microflora // *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol*. 2019. Vol. 16, N 1. P. 35–56. doi: 10.1038/s41575-018-0061-2
 31. Sheffin A.M., Melby C.L., Carbonero F. et al. Linking dietary patterns with gut microbial composition and function // *Gut Microbes*. 2017. Vol. 8, N 2. P. 113–129. doi: 10.1080/19490976.2016.1270809
 32. Flint H. J., Duncan S. H., Louis P. The impact of nutrition on intestinal bacterial communities // *Curr. Opin. Microbiol*. 2017. Vol. 38. P. 59–65. doi: 10.1016/j.mib.2017.04.005
 33. Graf D., Di Cagno R., Fak F. et al. Contribution of diet to composition of the human gut microbiota // *Microb. Ecol. Health Dis*. 2015. Vol. 26. P. 26164. doi: 10.3402/mehd.v26.26164
 34. Quigley E.M.M. The Spectrum of small Intestinal bacterial overgrowth (SIBO) // *Curr. Gastroenterol. Rep*. 2019. Vol. 21. P. 3. doi: 10.1007/s11894-019-0671-z
 35. Salehi-Abargouei A., Akbari F., Bellissimo N. Dietary diversity score and obesity: a systematic review and meta-analysis of observational studies // *Eur. J. Clin. Nutr*. 2015. Vol. 70, N 1. P. 1–9. doi: 10.1038/ejcn.2015.118
 36. Мартинчик А.Н. Методология изучения фактического питания населения // *Питание и обмен веществ* : сб. науч. ст. Вып. 3. Минск : ГУ НППЦ «Институт фармакологии и биохимии НАН Беларуси», 2008. С. 190–199.
 37. Pallister T., Spector T.D. Food a new form of personalized (gut microbiome) medicine for chronic diseases? // *J. R. Soc. Med*. 2016. Vol. 109, N 9. P. 331–336. doi: 10.1177/0141076816658786

References

1. Ilchenko A.A., Mechetina T. Diagnosis and treatment of bacterial overgrowth syndrome in the small intestine. *Ekspierimental'naiia i klinicheskaia gastroenterologija* [Experimental and Clinical Gastroenterology]. 2010; (3): 99–106. (in Russian)
2. Spiegel B.M.R. Questioning the bacterial overgrowth hypothesis of irritable bowel syndrome: An epidemiologic and evolutionary perspective. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2011; 9 (6): 461–9. doi: 10.1016/j.cgh.2011.02.030
3. Gabrielli M., D'angelo G., Di Rienzo T., Scarpellini E., Ojetti V. Diagnosis of small intestinal bacterial overgrowth in the clinical practice. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2013; 17 (Suppl 2): 30–35.
4. Giamarellos-Bourboulis E.J., Tzivras M. Small intestinal bacterial overgrowth: novel insight in the pathogenesis and treatment of irritable bowel syndrome. *Ann Gastroenterol*. 2009; 22 (2): 77–81.
5. Pilipenko V.I., Balmashnova A.V. Features of diets of patients with different variants of the syndrome of excessive bacterial growth in the small intestine. *Ekspierimental'naiia i klinicheskaia gastroenterologija* [Experimental and Clinical Gastroenterology]. 2018; (10): 34–42. (in Russian) doi: 10.31146/1682-8658-ecg-158-10-34-42
6. Pilipenko V., Balmashnova A., Isakov V., Morozov S. The analysis of nutrient consumption in patients with Small intestinal bacterial overgrowth. *Curr Dev Nut*. 2018; 2 (11): P01-043. doi: 10.1093/cdn/nzy028
7. Milani C., Ferrario C., Turroni F., Duranti S., Mangifesta M., van Sinderen D., et al. The human gut microbiota and its interactive connections to diet. *J Hum Nutr Diet*. 2016; 29 (5): 539–46. doi: 10.1111/jhn.12371
8. Wu G.D., Chen J., Hoffmann C., et al. Linking long-term dietary patterns with gut microbial enterotypes. *Science*. 2011; 334: 105–8. doi: 10.1126/science.1208344
9. Xu Z., Knight R. Dietary effects on human gut microbiom diversity. *Br J Nutr*. 2015; 113: S1–5. doi: 10.1017/S0007114514004127
10. What is agrobiodiversity? Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004. <http://www.fao.org/3/a-y5609e.pdf>
11. Helman M. L., Greenway F. L. A healthy gastrointestinal microbiome is dependent on dietary diversity. *Mol Metab*. 2016; 5: 317–20. doi: 10.1016/j.molmet.2016.02.005
12. Dukowicz A.C., Lacy B.E., Levine G.M. Small intestinal bacterial overgrowth: a comprehensive review. *Gastroenterol Hepatol (N Y)*. 2007; 3 (2): 112–22.
13. Chemical composition of Russian food products. Handbook. Edited by prof. I.M. Skurikhin, prof. V.A. Tutelyan. Moscow: Delhi print; 2002: 236 p. (in Russian)
14. de Oliveira Otto M.C., Anderson C.A.M., Dearborn J.L., et al. Dietary diversity: implications for obesity prevention in adult populations. *Circulation*. 2018; 138 (11): e160–8. doi: 10.1161/CIR.0000000000000595
15. Rebrova O.Yu. Statistical analysis of medical data. Application of the Statistica application package. Moscow: Media Sphere; 2000: 312 p. (in Russian)
16. Riaz Rajoka M.S., Shi J., Mehwish H.M., et al. Interaction between diet composition and gut microbiota and its impact on gastrointestinal tract health. *Food Science and Human Wellness*. 2017; 6: 121–30. doi: 10.1016/j.fshw.2017.07.003
17. Bauer M.A., Kainz K., Carmona-Gutierrez D., et al. Microbial wars: competition in ecological niches and within microbiome. *Microbial Cell*. 2018; 5 (5): 215–9. doi: 10.15698/mic2018.05.628
18. Rutherford S.T., Bassler B.L. Bacterial quorum sensing: its role in virulence and possibilities for its control. *Cold Spring Harb*

- Perspect Med. 2012; 2 (11): pii a012427. doi: 10.1101/cshperspect.a012427
19. Li Z., Nair S.K. Quorum sensing: how bacteria can coordinate activity and synchronize their response to external signals? *Protein Sci.* 2012; 21 (10): 1403–17. doi: 10.1002/pro.2132
 20. Tytgat H.L.P., Nobrega F.L., Oost J., et al. Bowel biofilms: tipping points between a healthy and compromised gut? *Trends Microbiol.* 2019; 27 (1): 17–25. doi: 10.1016/j.tim.2018.08.009
 21. De Vos W.M. Microbial biofilms and human intestinal microbiome. *NPJ Biofilms Microbiomes.* 2015; 1: 15005. doi: 10.1038/npjbiofilms.2015.5. eCollection 2015.
 22. Srivastava A., Gupta J., Kumar S., et al. Gut biofilm forming bacteria in inflammatory bowel disease. *Microb Pathog.* 2017; 112: 5–14. doi: 10.1016/j.micpath.2017.09.041
 23. Singh R.K., Chang H.W., Yan D., et al. Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health. *J Transl Med.* 2017; 15 (1): 73. doi: 10.1186/s12967-017-1175-y
 24. Dolan K.T., Chang E.B. Diet, gut microbes, and the pathogenesis of inflammatory bowel diseases. *Mol Nutr Food Res.* 2017; 61 (1). doi: 10.1002/mnfr.201600129
 25. Kadokar S., Mutlu E.A. Diet as a therapeutic option for adult inflammatory bowel disease. *Gastroenterol. Clin. North Am.* 2017; 46 (4): 745–67. doi: 10.1016/j.gtc.2017.08.016
 26. Rosa D., Dias M.M.S., et al. Milk kefir: nutritional, microbiological and health benefits. *Nutr Res Rev.* 2017. doi: 10/1017/S0954422416000275
 27. Holscher H.D. Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes.* 2017; 8 (2): 172–84. doi: 10.1080/19490976.2017.1290756
 28. Weiss G.A., Hennet T. Mechanisms and consequences of intestinal dysbiosis. *Cell Mol Life Sci.* 2017. doi: 10/1007/s00018-017-2509x
 29. Ohland C.L., Jorbin C. Microbial activities and intestinal homeostasis: a delicate balance between health and disease. *Cell Mol Gastroenterol Hepatol.* 2015; 1: 28–40. doi: 10.1016/j.jcmgh.2014.11.004
 30. Zmora N., Suez J., Elinav E. You are what you eat: diet, health and the gut microflora. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2019; 16: 35–56. doi: 10.1038/s41575-018-0061-2
 31. Shefflin A.M., Melby C.L., Carbonero F., et al. Linking dietary patterns with gut microbial composition and function. *Gut Microbes.* 2017; 8 (2): 113–29. doi: 10.1080/19490976.2016.1270809
 32. Flint H.J., Duncan S.H., Louis P. The impact of nutrition on intestinal bacterial communities. *Curr Opin Microbiol.* 2017; 38: 59–65. doi: 10.1016/j.mib.2017.04.005
 33. Graf D., Di Cagno R., Fak F., et al. Contribution of diet to composition of the human gut microbiota. *Microb Ecol Health Dis.* 2015; 26: 26164. doi: 10.3402/mehd.v26.26164
 34. Quigley E.M.M. The spectrum of small intestinal bacterial overgrowth (SIBO). *Curr Gastroenterol Rep.* 2019; 21: 3. doi: 10.1007/s11894-019-0671-z
 35. Salehi-Abargouei A., Akbari F., Bellissimo N. Dietary diversity score and obesity: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Eur J Clin Nutr.* 2015; 70 (1): 1–9. doi: 10.1038/ejcn.2015.118
 36. Martinchik A.N. Methodology of studying the actual nutrition of the population. In: *Nutrition and metabolism. Collection of scientific articles. Is. 3.* Minsk: Institute of Pharmacology and Biochemistry of NAS of Belarus; 2008: 190–9. (in Russian)
 37. Pallister T., Spector T.D. Food a new form of personalized (gut microbiome) medicine for chronic diseases? *J R Soc Med.* 2016; 109 (9): 331–6. doi: 10.1177/0141076816658786

Для корреспонденции

Сидорова Юлия Сергеевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
 Адрес: 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14
 Телефон: (495) 698-53-71
 E-mail: sidorovaulia28@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2168-2659>

Зорин С.Н., Сидорова Ю.С., Мазо В.К.

Ферментативные гидролизаты белков молочной сыворотки и куриного яйца: получение, физико-химическая и иммунохимическая характеристики

Enzymatic hydrolysates of whey protein and chicken egg protein: production, physical-chemical and immunochemical characteristics

Zorin S.N., Sidorova Yu.S., Mazo V.K.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, г. Москва, Российская Федерация

Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

Снижение проявлений пищевой аллергии при включении специализированных пищевых продуктов (СПП) в питание детей и взрослых, страдающих этим заболеванием, представляет актуальную задачу.

*Цель работы – получение и характеристика *in vitro* гидролизатов пищевых белков для оценки возможности их использования в составе СПП со сниженной потенциальной аллергенностью.*

Материал и методы. В работе использованы концентрат белка молочной сыворотки (КБМС) и белок куриного яйца (БКЯ), ферменты панкреатин и алкалаза. Протеолиз белков проводили в ферментере в течение 3 ч при соотношении фермент : субстрат 1:50 (по сухому веществу), при оптимальных для панкреатина и алкалазы рН и температуре. Ферменты инактивировали при +75 °С и проводили ультрафильтрацию. Растворы концентрировали методом обратного осмоса и лиофильно высушивали. Методом эксклюзионной жидкостной хроматографии высокого давления оценивали молекулярно-массовое распределение пептидных фракций. Остаточную антигенность определяли методом непрямого твердофазного иммуноферментного анализа и выражали как кратность снижения антигенности относительно исходного белка.

Результаты и обсуждение. При протеолизе панкреатином КБМС получен гидролизат с кратностью снижения антигенности $2,3 \times 10^3$ относительно исходного КБМС. Снижение антигенности в $4,7 \times 10^4$ раз было достигнуто при протео-

Финансирование. Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Зорин С.Н., Сидорова Ю.С., Мазо В.К. Ферментативные гидролизаты белков молочной сыворотки и куриного яйца: получение, физико-химическая и иммунохимическая характеристики // *Вопр. питания.* 2020. Т. 89, № 1. С. 64–68. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10007
 Статья поступила в редакцию 11.09.2019. Принята в печать 24.01.2020.

Funding. The study was carried out under state assignment.

Conflict of interests. Authors declare no conflicts of interests.

For citation: Zorin S.N., Sidorova Yu.S., Mazo V.K. Enzymatic hydrolysates of whey protein and chicken egg protein: production, physical-chemical and immunochemical characteristics. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (1): 64–68. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10007 (in Russian)
 Received 11.09.2019. Accepted 24.01.2020.

лизе КБМС алкалазой. Сочетание ферментализации КБМС панкреатином или алкалазой с последующей ультрафильтрацией позволило снизить содержание высокомолекулярных пептидов с массой $>8,7$ кДа. Кратность снижения антигенности по отношению к исходному белку составила при этом соответственно $1,64 \times 10^5$ и $1,90 \times 10^5$. При повторной ультрафильтрации кратность снижения антигенности полученных гидролизатов КБМС с использованием алкалазы или панкреатина была соответственно $>1,0 \times 10^6$ и $>5,0 \times 10^5$. Кратность снижения антигенности гидролизата БКЯ, полученного протеолизом алкалазой и ультрафильтрацией, по сравнению с исходным БКЯ составила $9,9 \times 10^4$, а при повторной ультрафильтрации – $>5,0 \times 10^5$.

Заключение. Значительное уменьшение содержания высокомолекулярных пептидов и снижение антигенности пептидных смесей на основе КБМС и БКЯ до значений, позволяющих использовать их в составе гипоаллергенных продуктов, достигается при сочетании протеолиза и двукратной ультрафильтрации через мембрану УФ10.

Ключевые слова: ферментативный гидролизат, белок молочной сыворотки, белок куриного яйца, панкреатин, алкалаза, антигенность, молекулярно-массовое распределение

Reducing the manifestations of food allergy by the inclusion of specialized foods in the nutrition of children and adults suffering from this disease is an important problem.

The aim was to obtain and characterize *in vitro* food protein hydrolysates to evaluate their use in specialized foods with reduced potential allergenicity.

Material and methods. Whey protein concentrate (WPC) and chicken egg protein (CEP) and enzymes such as pancreatin and alkalase have been used. Proteolysis of proteins was carried out in an FA-10 fermenter for 3 hours at an enzyme : substrate ratio of 1:50 in dry matter, at optimal pH and temperature for pancreatin and alkalase. Enzymes were inactivated at $+75$ °C and fermentolizate was ultrafiltered. The solutions were concentrated by reverse osmosis and freeze-dried. The molecular weight distribution of the peptide fractions was evaluated by HPLC. Residual antigenicity was determined by the method of indirect enzyme-linked immunosorbent assay and expressed as the fold of antigenicity reduction relative to the original protein.

Results and discussion. During WPC proteolysis with pancreatin the hydrolyzate was obtained with a fold reduction of antigenicity of 2.3×10^3 relative to the initial WPC. A decrease in antigenicity of 4.7×10^4 times was achieved with proteolysis of WPC by alkalase. The combination of WPC fermentolysis with pancreatin or alkalase followed by ultrafiltration reduced the content of high molecular weight peptides with a mass more than 8.7 kDa. The multiplicity of decrease in antigenicity with respect to the starting protein was 1.64×10^5 and 1.90×10^5 , respectively. After repeated ultrafiltration the reduction in antigenicity of the obtained WPC alkalase or pancreatin hydrolyzate was more than 1.0×10^6 and more than 5.0×10^5 , respectively. The decrease in antigenicity of the CEP hydrolyzate obtained with proteolysis by alkalase and ultrafiltration compared to the initial CEP was 1.0×10^5 times, and 5.0×10^5 times when we used repeated ultrafiltration.

Conclusion. A significant decrease in the content of high molecular weight peptides and a decrease in the antigenicity of peptide mixtures based on WPC and CEP to the values that permit their use in hypoallergenic products is achieved by combining proteolysis and double ultrafiltration through a UF10 membrane.

Keywords: enzymatic hydrolyzate, whey protein, chicken egg protein, pancreatin, alkalase, antigenicity, molecular weight distribution

В последние десятилетия частота пищевой аллергии нарастает, что определяет значимость проблемы, связанной с возможностями снижения проявлений этого заболевания путем включения специализированных пищевых продуктов (СПП) со сниженной потенциальной аллергенностью в рацион питания детей и взрослых, страдающих пищевой непереносимостью (аллергией) или предрасположенных к этому заболеванию [1–3].

Анализ научной литературы, патентной информации и документации зарубежных фирм-изготовителей позволяет выделить продукты лечебного назначения, т.е. собственно гипоаллергенные продукты, которые могут использоваться в качестве единственного ис-

точника питания при вскармливании детей первого года жизни, страдающих тяжелыми и средней тяжести аллергическими реакциями, и продукты профилактического назначения, которые могут потребляться детьми с нетяжелыми формами аллергических проявлений, а также входящими в группы риска, и в качестве дополнительного источника питания при недостатке материнского молока.

В подавляющем большинстве случаев причинно значимыми аллергенами пищевых продуктов являются белки [4, 5]. Способность пищевого белка выступать в роли аллергена у генетически предрасположенных индивидов зависит от наличия антигенных структур

(эпитопов, аллергенных детерминант), которые могут вызвать специфическую активацию Th2-хелперов и выработку IgE-антител [6]. В результате ферментативного гидролиза антигенные структуры белка элиминируются, однако на практике в ферментативных гидролизатах, не подвергнутых дальнейшему фракционированию, остаются в заметных количествах нерасщепленные антигены. Современные технологии позволяют в значительной мере преодолеть эти трудности, используя в сочетании с ферментативным гидролизом технологии мембранной ультрафильтрации и/или нанофильтрации [7–9]. В результате удается получить пептидные смеси, в которых содержание антигенных структур снижено на несколько порядков не только по сравнению с исходным белком, но и с его ферментативным гидролизатом. Очевидно, что доклиническая оценка потенциальной аллергенности СПП должна предшествовать их клиническим испытаниям.

Цель данного исследования – получение и характеристика *in vitro* гидролизатов концентрата сывороточных белков молока и белка куриного яйца (БКЯ) для предварительной оценки их возможного использования в составе СПП со сниженной потенциальной аллергенностью.

Материал и методы

В работе в качестве белковых субстратов были использованы концентрат белка молочной сыворотки (КБМС) «Лакпродан 80» (Arla, Дания; содержание белка 80%) и БКЯ («Овопол», Польша; содержание белка 90%). Перед проведением ферментализации БКЯ денатурировали при перемешивании в течение 15 мин при 85 °С.

В качестве ферментов были использованы панкреатин (Biosyn, КНР) с протеолитической активностью 2,39 ПС/мг и алкалаза (Novozymes, Дания) с протеолитической активностью 2,4 ПС/мг (определяли по методу Ансона по ГОСТ Р53974-2010 «Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения протеолитической активности»).

Гидролиз проводили в автоклавируемом ферментере ФА-10 («Проинтех», Россия).

Протеолиз панкреатином проводили в течение 3 ч при температуре 50±2 °С, соотношении фермент : субстрат 1:50 (по сухому веществу), поддерживая pH реакционной смеси в диапазоне 7,4–7,6 добавлением 5,0% смеси КОН : NaOH (2:1).

Протеолиз белков алкалазой проводили также в течение 3 ч при температуре 60±2 °С, соотношении фермент : субстрат 1:50 (по сухому веществу), поддерживая pH реакционной смеси в диапазоне 7,6–7,8 той же смесью щелочных растворов.

По окончании гидролиза ферменты инактивировали при +75 °С в течение 15 мин, после чего проводили ультрафильтрацию (одно- или двукратную) на лабораторной установке для микро- и ультрафильтрации на базе фильтродержателя АСФ-018 («Владисарт», Россия) через

мембрану УФ10 (со средним значением пор 10 кДа) со сбором низкомолекулярной фракции. Полученные растворы концентрировали методом обратного осмоса на установке с фильтром рулонным мембранным УРФ-1812 («Владисарт», Россия) и лиофильно высушивали (ЛС-500, «Проинтех», Россия). В полученных образцах оценивали молекулярно-массовое распределение пептидных фракций методом эксклюзионной жидкостной хроматографии высокого давления с использованием колонки «Супероза 12» (1,0×30 см) [10].

Остаточную антигенность КБМС и БКЯ в продуктах определяли методом непрямого твердофазного иммуноферментного анализа с модификациями [11] (4 параллельных определения) и выражали как кратность снижения антигенности (КСА) относительно исходного белка.

Результаты и обсуждение

В таблице приведены результаты, характеризующие КСА полученных гидролизатов и молекулярно-массовое распределение пептидных фракций в их составе.

Протеолиз панкреатином КБМС позволил получить практически полностью водорастворимый гидролизат, в котором КСА составила $2,3 \times 10^3$ относительно исходного КСБ. Существенно большее снижение антигенности было достигнуто при протеолизе КБМС алкалазой (таблица). Сочетание ферментализации КБМС панкреатином или алкалазой с последующей ультрафильтрацией через УФ10-мембрану (пористостью 10 кДа) позволило модифицировать молекулярно-массовое распределение пептидов в составе полученных гидролизатов, снизив в них содержание высокомолекулярных пептидов с массой >8,7 кДа КСА по отношению к исходному белку. Высокая эффективность в плане дальнейшего снижения антигенных свойств получаемых гидролизатов была достигнута повторной ультрафильтрацией через мембрану УФ10.

Использование панкреатина для получения ферментализата БКЯ оказалось неэффективным вследствие образования по завершении реакции протеолиза значительных количеств осадка и, соответственно, крайне низкого выхода растворимой пептидной смеси, пригодной для корректного физико-химического и иммунохимического анализа.

Исходная антигенность гидролизата БКЯ, полученного сочетанием протеолиза алкалазой и ультрафильтрации, снизилась по сравнению с исходным БКЯ в $9,9 \times 10^4$ раз, а при повторной ультрафильтрации уменьшилась еще более чем в 5 раз.

В ходе первого этапа доклинической оценки *in vitro* потенциальной аллергенности ферментативных белковых гидролизатов в качестве представляющей наибольший интерес их физико-химической характеристики используются данные о молекулярно-массовом распределении пептидных фракций в их составе. Считается, что короткие пептидные фрагменты не иммуногенны,

Кратность снижения антигенности и молекулярно-массовое распределение пептидных фракций полученных гидролизатов

The multiplicity of the decrease in antigenicity and molecular weight distribution of the peptide fractions of the obtained hydrolysates

Субстрат <i>Substrate</i>	Фермент <i>Enzyme</i>	Мембранная обработка <i>Membrane treatment</i>	Содержание фракции (по оптической плотности при 280 нм) с диапазоном молекулярных масс, % <i>Fraction content (by optical density at 280 nm) with a range of molecular weights, %</i>			Кратность снижения антигенности (относительно исходного белка) <i>Multiplicity of decrease in antigenicity (relative to the initial protein)</i>
			>8,7 кДа <i>>8.7 kDa</i>	8,7–2,6 кДа <i>8.7-2.6 kDa</i>	<2,6 кДа <i><2.6 kDa</i>	
КБМС <i>WPC</i>	Панкреатин <i>Pancreatin</i>	Без УФ10 <i>Without UF10</i>	15,9	24,9	59,2	2300±80
		УФ10 <i>UF10</i>	5,6	28,3	66,1	164 000±7000
		УФ10 + УФ10 <i>UF10 + UF10</i>	1,2	22,3	76,5	>500 000
	Алкалаза <i>Alkalase</i>	Без УФ10 <i>Without UF10</i>	7,6	61,8	30,6	47 000±12 000
		УФ10 <i>UF10</i>	3,7	64,2	32,1	190 000±8000
		УФ10 + УФ10 <i>UF10 + UF10</i>	2,6	60,8	36,6	>1 000 000
БКЯ <i>CEP</i>	Алкалаза <i>Alkalase</i>	УФ10 <i>UF10</i>	1,8	69,9	28,2	99 000±4000
		УФ10 + УФ10 <i>UF10 + UF10</i>	1,7	69,9	28,4	>500 000

Примечание. КБМС – концентрат белка молочной сыворотки; БКЯ – белок куриного яйца; УФ10 – ультрафильтрация через мембрану УФ10 с пористостью 10 кДа; УФ10 + УФ10 – повторная ультрафильтрация через УФ10.

Notes. WPC – whey protein concentrate; CEP – chicken egg protein; UF10 – ultrafiltration through the UV10 membrane with a porosity of 10 kDa; UF10 + UF10 – repeated ultrafiltration through the UV10 membrane.

так как не могут быть представлены антигенпрезентирующими клетками [12]. Однако заключение об отсутствии аллергизирующих свойств СПП, содержащих низкомолекулярные пептидные смеси, по-видимому, недостаточно обоснованно. Нельзя исключить, что короткоцепочечные пептиды могут проявлять иммуногенные (т.е. потенциально аллергизирующие) свойства, выступая в роли гаптенных при связывании с высокомолекулярными ингредиентами СПП, а также с другими пищевыми веществами или эндогенными соединениями в желудочно-кишечном тракте или даже белками крови. Оценка снижения исходной антигенности гидролизуемого белка в опытах *in vitro*, количественно характеризующая наличие в гидролизате антигенных детерминант исходного белка (т.е. потенциальных гаптенных), на наш взгляд, необходима и должна предшествовать клиническим испытаниям, по результатам которых только и можно делать корректное заключение о возможности использования получаемых гидролизатов (пептидных смесей) в составе гипоаллергенных СПП лечебного назначения.

Заключение

Гидролизаты, используемые для включения в состав гипоаллергенных продуктов, характеризуются значительным содержанием свободных аминокислот и короткоцепочечных пептидов с КСА на уровне $1,0 \times 10^6$ относительно исходного пищевого белка. Такое снижение антигенности характерно для смесей на основе глубокого гидролизата казеина. Полученные в нашей работе результаты свидетельствуют, что значительное уменьшение содержания высокомолекулярных пептидов и снижение антигенности пептидных смесей на основе КБМС до значений, позволяющих использовать их в составе гипоаллергенных продуктов, может быть достигнуто при сочетании протеолиза этого белка алкалазой или панкреатином и последующей двукратной ультрафильтрации через мембрану УФ10. Примененный технологический подход позволяет также получать пептидные смеси на основе БКЯ, антигенность которых относительно БКЯ снижена более чем в $5,0 \times 10^5$ раз.

Сведения об авторах

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация):

Зорин Сергей Николаевич (*Sergey N. Zorin*) – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов

E-mail: zorin@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2689-6098>

Сидорова Юлия Сергеевна (Yuliia S. Sidorova) – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов

E-mail: sidorovaulia28@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2168-2659>

Мазо Владимир Кимович (Vladimir K. Mazo) – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов

E-mail: mazo@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3237-7967>

Литература

- Vandenplas Y., Abkari A., Bellaiche M., Benninga M., Chouraqui J.P. et al. Prevalence and health outcomes of functional gastrointestinal symptoms in infants from birth to 12 months of age // *J. Pediatric Gastroenterol. Nutr.* 2015. Vol. 61, N 5. P. 531–537. doi: 10.1097/MPG.0000000000000949
- van Tilburg M.A., Hyman P.E., Walker L., Rouster A., Palsson O.S., Kim S.M., Whitehead W.E. Prevalence of functional gastrointestinal disorders in infants and toddlers // *J. Pediatr.* 2015. Vol. 166, N 3. P. 684–689. doi: 10.1016/j.jpeds.2014.11.039
- Schmiechen Z.C., Weissler K.A., Frischmeyer-Guerrero P.A. Recent developments in understanding the mechanisms of food allergy // *Curr. Opin. Pediatr.* 2019. Vol. 31, N 6, P. 807–814. doi: 10.1097/MOP.0000000000000806
- Szajewska H., Horvath A. A partially hydrolyzed 100% whey formula and the risk of eczema and any allergy: an updated meta-analysis // *World Allergy Organ. J.* 2017. Vol. 10, N 1. P. 27. doi: 10.1186/s40413-017-0158-z
- Paparo L., Nocerino R., Bruno C., Di Scala C., Cosenza L., Bedogni, G. et al. Randomized controlled trial on the influence of dietary intervention on epigenetic mechanisms in children with cow's milk allergy: the EPICMA study // *Scientific Reports.* 2019. Vol. 9, N 1, e2828. doi: 10.1038/s41598-019-38738-w
- Ногаллер И.С., Гущин И.С., Мазо В.К., Гмошинский И.В. Пищевая аллергия и непереносимость пищевых продуктов. М.: Медицина, 2008. 336 с.
- Гмошинский И.В., Зилова И.С., Зорин С.Н., Демкина Е.Ю. Мембранные технологии – инновационный метод повышения биологической ценности белка для питания детей раннего возраста // *Вопросы современной педиатрии.* 2012. Т. 11, № 3. С. 57–64. <https://doi.org/10.15690/vsp.v11i3.297>
- Kiewiet M.B.G., Faas M.M., de Vos P. Immunomodulatory protein hydrolysates and their application // *Nutrients.* 2018. Vol. 10, N 7. P. E904. doi:10.3390/nu10070904
- Quintieri L., Monaci L., Baruzzi F., Giuffrida M.G., de Candia S., Caputo L. Reduction of whey protein concentrate antigenicity by using a combined enzymatic digestion and ultrafiltration approach // *J. Food Sci. Technol.* 2017. Vol. 54, N 7. P.1910–1916. doi: 10.1007/s13197-017-2625-5
- Зорин С.Н., Баяржаргал М. Получение ферментативных гидролизатов пищевых белков с использованием некоторых коммерческих ферментных препаратов и различных схем проведения гидролиза // *Биомедицинская химия.* 2009. Т. 55, № 1. С. 73–80.
- Способ получения ферментативного гидролизата сывороточных белков со средней степенью гидролиза: пат. 2375910 Рос. Федерация N 2008122014/13; заявл. 03.06.08; опубл. 20.12.09, Бюл. № 35 19 с.
- Lehrer S.B., Horner W.E., Reese G. Why are some proteins allergenic? Implications for biotechnology // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1996. Vol. 36, N 6. P. 553–564.

References

- Vandenplas Y., Abkari A., Bellaiche M., Benninga M., Chouraqui J.P., et al. Prevalence and health outcomes of functional gastrointestinal symptoms in infants from birth to 12 months of age. *J. Pediatric Gastroenterol Nutr.* 2015; 61 (5): 531–7. doi: 10.1097/MPG.0000000000000949
- van Tilburg M.A., Hyman P.E., Walker L., Rouster A., Palsson O.S., Kim S.M., Whitehead W.E. Prevalence of functional gastrointestinal disorders in infants and toddlers. *The Journal of Pediatrics.* 2015; 166 (3): 684–9. doi: 10.1016/j.jpeds.2014.11.039
- Schmiechen Z.C., Weissler K.A., Frischmeyer-Guerrero P.A. Recent developments in understanding the mechanisms of food allergy. *Curr. Opin. Pediatr.* 2019; 31 (6): 807–14. doi: 10.1097/MOP.0000000000000806
- Szajewska H., Horvath A. A partially hydrolyzed 100% whey formula and the risk of eczema and any allergy: an updated meta-analysis. *World Allergy Organ J.* 2017; 10 (1): 27. DOI: 10.1186/s40413-017-0158-z
- Paparo L., Nocerino R., Bruno C., Di Scala C., Cosenza L., Bedogni G., et al. Randomized controlled trial on the influence of dietary intervention on epigenetic mechanisms in children with cow's milk allergy: the EPICMA study. *Sci Reports.* 2019; 9 (1): e2828. doi: 10.1038/s41598-019-38738-w
- Nogaller I.S., Gushchin I.S., Maso V.K., Gmoshinsky I.V. Food allergies and food intolerances. Moscow: Meditsina, 2008: 336 p. (in Russian)
- Gmoshinsky I.V., Zilova I.S., Zorin S.N., Demkina E.Yu. Membrane technologies – an innovative method of increasing the biological value of protein for nutrition of young children. *Voprosy sovremennoy pediatrii [Current Pediatrics].* 2012; 11 (3): 57–64. <https://doi.org/10.15690/vsp.v11i3.297> (in Russian)
- Kiewiet M.B.G., Faas M.M., de Vos P. Immunomodulatory protein hydrolysates and their application. *Nutrients.* 2018; 10 (7): E904. doi:10.3390/nu10070904
- Quintieri L., Monaci L., Baruzzi F., Giuffrida M.G., de Candia S., Caputo L. Reduction of whey protein concentrate antigenicity by using a combined enzymatic digestion and ultrafiltration approach. *J Food Sci Technol.* 2017; 54 (7): 1910–6. doi: 10.1007/s13197-017-2625-5
- Zorin S.N., Bayarzhargal M. Obtaining of food proteins enzymatic hydrolysates using some commercial enzyme preparations and various hydrolysis schemes. *Biomedicinskay himiya [Biomedical Chemistry].* 2009; 55 (1): 73–80. (in Russian)
- Method of producing enzymatic hydrolysate of whey protein with average degree of hydrolysis: pat. 2375910 RU N 2008122014/13; appl. 03.06.08; publ. 20.12.09, Bull N 35: 19 p. (in Russian)
- Lehrer S.B., Horner W.E., Reese G. Why are some proteins allergenic? Implications for biotechnology. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 1996; 36 (6): 553–64.

Для корреспонденции

Потапов Александр Леонидович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом анестезиологии и реанимации МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России
 Адрес: 249036, Российская Федерация, г. Обнинск, ул. Королева, д. 4
 Телефон: (484) 399-32-05
 E-mail: ALP8@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3752-3107>

Потапов А.Л., Хороненко В.Э., Гамеева Е.В., Хайлова Ж.В., Бояркина А.В., Иванов С.А., Каприн А.Д.

Дополнительное пероральное питание: прикладная классификация смесей и ключевые правила применения в онкологии

Oral nutrition supplements: applied classification of formulas and basic rules of their prescribing in oncology

Potapov A.L., Khoronenko V.E., Gameeva E.V., Khailova Zh.V., Boiarkina A.V., Ivanov S.A., Kaprin A.D.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 249036, г. Обнинск, Российская Федерация

National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, 249036, Obninsk, Russian Federation

В статье проанализированы современные данные о применении дополнительного перорального питания (ДПП) у онкологических пациентов.

Цель работы – повышение эффективности лечебного питания в онкологии путем уточнения терминов, определений, разработки прикладной классификации смесей для ДПП и изложения основных правил их применения.

Материалы и методы. С помощью ключевых слов «рак», «дополнительное пероральное питание», «сипинг» проведен поиск литературы по базам данных eLIBRARY (elibrary.ru) и MEDLINE (ncbi.nlm.nih.gov) на русском и английском языках.

Результаты и обсуждение. Сформулировано определение данного вида нутритивной поддержки. Предложена прикладная классификация смесей для ДПП. В зависимости от содержания энергии, белка, некоторых специфических нутриентов, осмолярности, соотношения азот/белковые килокалории и вязкости они могут быть разделены на 3 группы. Для начальной оценки пищевого статуса онкологического пациента наиболее приемлема шкала Европейского общества химиотерапевтов (ESMO, 2008). Сделан акцент на важности поддержания физической активности.

Заключение. Сформулирован ориентировочный алгоритм проведения ДПП в онкологии.

Ключевые слова: рак, дополнительное пероральное питание, сипинг

Финансирование. Работа проведена без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Потапов А.Л., Хороненко В.Э., Гамеева Е.В., Хайлова Ж.В., Бояркина А.В., Иванов С.А., Каприн А.Д. Дополнительное пероральное питание: прикладная классификация смесей и ключевые правила применения в онкологии // *Вопр. питания*. 2020. Т. 89, № 1. С. 69–76. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10008

Статья поступила в редакцию 13.12.2019. **Принята в печать** 24.01.2020.

Funding. The study had no sponsor support.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation: Potapov A.L., Khoronenko V.E., Gameeva E.V., Khailova Zh.V., Boiarkina A.V., Ivanov S.A., Kaprin A.D. Oral nutrition supplements: applied classification of formulas and basic rules of their prescribing in oncology. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (1): 69–76. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10008 (in Russian)

Received 13.12.2019. **Accepted** 24.01.2020.

The analysis of current data concerning the use of oral nutrition supplements (ONS) in cancer patients has been performed.

The aim of the research is improving the effectiveness of medical nutrition in cancer patients by clarifying terms, definitions, developing an applied classification of ONS formulas and outlining the basic approaches for their use.

Material and methods. Using the keywords «cancer», «oral nutritional supplements», and «siping», the literature was searched in such databases as eLIBRARY (elibrary.ru) and MEDLINE (ncbi.nlm.nih.gov) in Russian and English.

Results and discussion. The definition of this type of nutritional support has been given. The applied classification of ONS formulas has been made. Depending on the energy and protein content, presence of some specific nutrients, osmolarity, nitrogen/non-protein kilocalories ratio and viscosity, they were divided into 3 groups. For the initial assessment of nutritional status of the cancer patient, the European society for medical oncology scale (ESMO, 2008) is the most appropriate. Emphasis is placed on the importance of maintaining physical activity.

Conclusion. An approximate algorithm of ONS prescribing in oncology has been formulated.

Keywords: cancers, oral nutrition supplements, sip feeding

Дополнительное пероральное питание (ДПП) является важным компонентом нутритивной поддержки (НП) во всех клинических группах пациентов в онкологии, включая подлежащих специфическому лечению (хирургическому, лучевому, лекарственному), паллиативных и перенесших рак [1]. Среди положительных эффектов данного вида НП у пациентов с недостаточностью питания обсуждается возможность повышения количества потребляемых энергии и белка, увеличения массы тела, снижения выраженности дыхательных расстройств, улучшения эмоционального фона, аппетита и общего качества жизни [2]. У пациентов, подлежащих хирургическому лечению, ДПП способствует снижению общего числа осложнений, частоты развития инфекций и сроков пребывания в стационаре [3].

Для обозначения данного вида НП в нашей стране используется термин «сипинговое питание», или «сипинг» (от англ. sip feeding), который предполагает самостоятельное пероральное потребление пациентом специализированных смесей с целью повышения белково-энергетической ценности суточного рациона. Известно, что смеси для данного вида НП не являются лекарственными препаратами, не требуют рецепта для назначения и поэтому могут распространяться не только в аптечной сети, но и в специальных отделах розничной сети (в продовольственных супермаркетах). В настоящее время в России доступно большое количество подобных продуктов. Простота их применения имеет и негативную сторону, поскольку неправильное использование может приводить к обратному эффекту – уменьшению потребления обычной пищи, усугублению белково-энергетической недостаточности и развитию осложнений.

Цель настоящей публикации – повышение качества НП в онкологии путем уточнения некоторых терминов и определений, разработки прикладной классификации смесей для ДПП и изложения основных правил их применения.

В основу работы положен анализ современной литературы, собственного опыта и российского рынка продуктов для ДПП. С помощью ключевых слов «рак», «дополни-

тельное пероральное питание», «сипинг» и их английских аналогов – «cancer», «oral nutritional supplements», «sip feeding» – проведен поиск литературы по базам данных eLIBRARY (elibrary.ru) и MEDLINE (ncbi.nlm.nih.gov). С использованием информации, доступной на официальных сайтах фирм-производителей (Б. Браун, Нутриция, Фрезениус Каби, Нестле, Инфаприм, Эббот), проведен анализ состава смесей для ДПП, доступных в России.

В настоящее время в отечественной литературе по-прежнему широко используется термин «сипинг», подразумевающий употребление специализированной жидкой смеси маленькими глотками через трубочку [4–9]. Многие авторы считают, что данный вид НП является разновидностью энтерального питания и представляет собой пероральный прием энтеральных диет [6–8]. Есть публикации, в которых указывается, что это добавление специализированных пероральных смесей к обычной пище [9, 10]. В современной зарубежной литературе подобный термин встречается все реже, и Европейская ассоциация парентерального и энтерального питания (ESPEN) использует понятие «oral nutritional supplements», которое в русском переводе обозначает ДПП [1, 11]. Энтеральное питание предполагает введение пищевых веществ в желудочно-кишечный тракт, минуя ротовую полость, и является одной из разновидностей искусственного питания. ДПП подразумевает самостоятельный прием смеси через рот, поэтому относится к методам естественного питания. В настоящее время ESPEN дополнительное пероральное, энтеральное и парентеральное питание объединяет единым термином «лечебное питание» (medical nutrition therapy) [11, 12]. Нам кажется целесообразным отказаться от разговорного «сипинг» в пользу рекомендованного ESPEN термина «ДПП» и предложить следующее определение данному виду НП.

Дополнительное пероральное питание – это вид лечебного питания, предполагающий самостоятельное потребление пациентом специализированных смесей с целью оптимизации пищевой ценности суточного рациона.

ESPEN подразделяет все смеси для ДПП на сбалансированные (nutritionally complete) и несбалансирован-

ные (nutritionally incomplete) [11]. К первому виду относят смеси, содержащие необходимое количество макро- и микронутриентов в концентрациях и соотношении, приемлемых для большинства здоровых людей. Они могут быть единственным источником пищи в течение длительного времени, хотя сообщается, что теоретически возможно развитие дефицита витаминов В₁, В₆, С, D, К, железа, кальция и магния при потреблении их из расчета по калорийности ≤2000 ккал/сут [13]. В составе несбалансированных смесей для ДПП может быть повышено содержание определенных специфических нутриентов, а концентрация других, наоборот, снижена. Это делает их применение приемлемым только у особых категорий пациентов: при заболеваниях печени, почек, легких, сахарном диабете. В инструкциях к некоторым из них (Нутрикомп Дринк Диабет, Нутрикомп Дринк Ренал) указывается, что они длительное время могут быть единственным источником питания. Существуют также смеси повышенной вязкости (сироп, крем, йогурт), рекомендуемые при расстройствах акта жевания и глотания.

В настоящее время в России доступны более 20 смесей для ДПП с различными органолептическими свойствами (вкус, вязкость) и составом. Все они, помимо белка и энергии, содержат необходимый набор макро-, микроэлементов и витаминов, а некоторые позиционируются как обогащенные ω-3 полиненасыщенными жирными кислотами (ω-3 ПНЖК), пищевыми волокнами, глутамином и др. Напитки «Педиашур малоежка» (Эббот) и «Нутриэн стандарт» (АО «Инфаприм») исключены из дальнейшего анализа ввиду низкого содержания энергии и белка. В табл. 1 представлены основные характеристики смесей для ДПП.

Логично предположить, что при таком многообразии доступных продуктов для ДПП необходим структурированный подход к их назначению и выбору конкретной смеси. В противном случае эффект от применения данного вида НП может быть негативным. Например, пациент, не получив от врача четких инструкций, принимая смесь, из-за чувства насыщения уменьшает объем обычного питания, в результате чего суточное количество потребляемых белка и энергии не меняется

или даже снижается. Пациенту, выздоравливающему после тяжелого нейтропенического энтероколита, в надежде на быструю ликвидацию недостаточности питания назначается гиперкалорийная высокобелковая смесь, которая из-за своей высокой осмолярности провоцирует рецидив тяжелой диареи. Пациенту назначается продукт для ДПП без учета расстройств вкуса или акта глотания, в результате чего он отказывается от ее приема и преждевременно переводится на энтеральное питание. Наконец, длительное применение смесей для ДПП, особенно несбалансированных, в качестве единственного источника питания может стать причиной дефицита отдельных витаминов и микроэлементов [13]. Поэтому ДПП должно рассматриваться как один из последовательных элементов целого комплекса мероприятий НП в онкологии.

В основу НП в онкологии положены следующие компоненты [1, 10]:

- оценка пищевого статуса;
- диетические рекомендации;
- ДПП;
- энтеральное питание;
- парентеральное питание;
- поддержание физической активности;
- коррекция симптомов, влияющих на питание.

Существуют клинические рекомендации по проведению НП в онкологии [1], хирургии [14, 15], у пациентов отделений интенсивной терапии [12] и в других областях медицины. В них рассматриваются отдельные вопросы проведения ДПП, но публикаций подобного уровня, предметно посвященных его применению, найти не удалось. Национальная служба здравоохранения Великобритании разработала свои рекомендации по практическому применению ДПП для врачей первичного звена [16], которые включают 6 последовательных шагов (табл. 2).

Как видно из табл. 2, непосредственному назначению смеси для ДПП предшествует целый ряд мероприятий, без которых эффективность данного вида НП снижается. Применительно к проведению НП в онкологии эти этапы будут выглядеть следующим образом.

Таблица 1. Основные характеристики смесей для дополнительного перорального питания

Table 1. The main characteristics of the oral nutritional supplements

Показатель <i>Parameter</i>	Характеристика <i>Characteristic</i>	Преимущества <i>Benefits</i>	Потенциальные недостатки <i>Potential disadvantages</i>
Содержание энергии <i>Energy content</i>	>1 ккал/мл	У пациентов с быстрым насыщением	Высокая осмолярность
Содержание белка <i>Protein content</i>	4,3–14,4 г/100 мл (14–26,7% общего содержания энергии)		Неоптимальное соотношение азот/небелковые килокалории
Вкусовые качества <i>Taste qualities</i>	Нейтральные, сладкие, несладкие	У пациентов с расстройствами вкуса	Необходимость постоянно иметь широкий спектр смесей различных свойств
Вязкость <i>Viscosity</i>	Напиток, сироп, йогурт, крем	У пациентов с нарушением акта жевания, глотания	
Дополнительные функциональные ингредиенты <i>Additional functional ingredients</i>	Глутамин, пищевые волокна, ω-3 полиненасыщенные жирные кислоты и др.	Потенциальное влияние на течение заболевания и качество жизни	Слабая доказательная база

Таблица 2. 6 шагов при назначении дополнительного перорального питания (ДПП) у взрослых пациентов [16]

Table 2. 6 steps in the appointment of the oral nutritional supplements in adult patients [16]

Шаг 1	Оценка пищевого статуса/риска развития недостаточности питания
Шаг 2	Оценка причины недостаточности питания
Шаг 3	Формулировка целей назначения ДПП
Шаг 4	Диетические рекомендации
Шаг 5	Выбор конкретного продукта для ДПП и его назначение
Шаг 6	Оценка эффективности ДПП

Этап 1. Оценка пищевого статуса/риска развития недостаточности питания

Оценка выраженности недостаточности питания и риска ее развития у онкологических пациентов хорошо описана в современной литературе [1, 10]. Она должна начинаться с определения количества и качества пищи, потребляемой пациентом, выраженности снижения массы тела, но практический опыт показывает, что при первичном обращении сделать это не всегда просто. С целью первичной и последующей оценки недостаточности питания можно использовать шкалы NRS-2002, MUST (Malnutrition Universal Screening Tool), ESMO, 2008. В уже упоминавшихся рекомендациях по назначению ДПП [16] применяется шкала MUST, которая на основании антропометрических данных, выраженности потери массы тела и наличия фоновых заболеваний позволяет классифицировать степень риска развития недостаточности питания. Учитывая, что многие пациенты не могут уточнить, какой процент массы тела от исходного они потеряли, мы считаем наиболее приемлемой шкалу Европейского общества химиотерапевтов (ESMO, 2008), которая предполагает получение ответов на 3 простых вопроса и их оценку в баллах (табл. 3).

Данная шкала позволяет быстро выявить признаки недостаточности питания, и если пациент набирает 0–2 балла, то можно ограничиться динамическим наблюдением, ≥3 баллов – показано начало НП. При первичном обращении к врачу-онкологу минимум 32% пациентов отмечают спонтанное похудение, причем у 20% потеря массы тела за последние 3 мес может превышать 5%, что свидетельствует о наличии у них раковой кахексии [17].

Этап 2. Оценка причины недостаточности питания и целевые группы пациентов для применения дополнительного перорального питания

Среди причин недостаточности питания у онкологического пациента необходимо оценить признаки синдрома

раковой анорексии-кахексии, наличие обструкции желудочно-кишечного тракта, расстройств жевания, глотания, влияние таких симптомов, как боль, тошнота, рвота, запор, диарея, рецидивирующие кровотечения, психологическое состояние, побочное действие медикаментов. Современные методы лечения в онкологии (хирургическое, лучевое, лекарственное, комбинированное) весьма агрессивны и сами по себе могут усугублять недостаточность питания.

Основной целью НП в онкологии является влияние на переносимость и результаты лечения, а также повышение качества жизни пациентов. Поэтому ДПП может назначаться в комплексе предоперационной подготовки, в послеоперационном периоде, при проведении лучевого и лекарственного лечения, а также с паллиативной целью. Его основной задачей является повышение белково-энергетической ценности суточного рациона.

Пациенты, перенесшие рак, составляют отдельную группу, потенциально нуждающуюся в ДПП, поскольку адекватность питания влияет на качество жизни и вероятность рецидива заболевания. Например, не более 10% пациентов после эзофагэктомии способны в достаточном объеме питаться самостоятельно [12], а после гастрэктомии снижение массы тела продолжается в течение 2 лет [18].

Применение ДПП в финальной стадии заболевания не способно повлиять на прогноз и существенно улучшить качество жизни пациентов. Вопрос о его назначении в таких случаях должен решаться индивидуально с учетом особенностей клинической ситуации, технических возможностей и пожеланий пациента.

Этап 3. Диетические рекомендации и поддержание физической активности

Основная задача ДПП – обеспечить пациента дополнительным количеством энергии и белка, важно, чтобы его назначение не привело к уменьшению калорийности основного суточного рациона. Поэтому, прежде чем назначить смесь, необходимо дать соответствующие диетические рекомендации. В повседневной жизни пациентам трудно придерживаться метаболических ориентиров, рекомендуемых в настоящее время в онкологии (1–1,5 г белка и 25–30 ккал энергии в расчете на 1 кг массы тела в сутки), и следующие советы помогут повысить вероятность достаточного потребления основных нутриентов:

- постараться ежедневно съедать 2–3 порции пищи, богатой белком: мяса, рыбы, яиц, орехов, бобовых, сои, тофу и др.;

Таблица 3. Шкала Европейского общества химиотерапевтов (ESMO, 2008) [15]

Table 3. Scale of the European Society for medical oncology (ESMO, 2008) [15]

1	Наличие спонтанного снижения массы тела за последнее время: «нет» – 0; «да» – 2 балла
2	1–5 кг – 1; 6–10 кг – 2; 11–15 кг – 3; >15 кг – 4 балла; «не знаю» – 2 балла
3	Снижение аппетита и связанное с этим уменьшение объема потребляемой пищи: «нет» – 0; «да» – 1 балл
0–2 балла – динамическое наблюдение; ≥3 балла – показано начало нутритивной поддержки	

Таблица 4. Классификация смесей для дополнительного перорального питания
Table 4. Classification of the oral nutritional supplements

Группа смесей <i>Mixture group</i>	Коммерческие названия <i>Commercial names</i>	Основные показания <i>Main indications</i>	Основные характеристики <i>Main characteristics</i>			
			энергия, ккал/ 100 мл <i>energy, kcal/ 100 ml</i>	белок, г/100 мл (% энергии) <i>protein, g/100 ml (% energy)</i>	азот, г/ небелковые килокалории <i>nitrogen, g/ non-protein kcal</i>	осмоляр- ность, мОсм/л <i>osmolality, mOsm/l</i>
1-я группа <i>1st group</i>	Нутрикомп Дринк плюс, Нутрикомп овощной суп, Нутрикомп куриный суп, Нутрикомп Дринк Плюс Файбер, Нутридринк, Ресурс 2,0 + Файбер	Базовые смеси для большинства пациентов	150–200	5,9–9,0 (15,7–18,0)	1:114–1:134	425–520
2-я группа <i>2nd group</i>	Импакт Орал, Нутридринк компакт, Нутридринк компакт протеин, Нутридринк компакт с пищевыми волокнами, Суппортан, Фортикер	При неэффективности смесей 1-й группы. Необходима индивидуальная оценка польза/риск	144–240	7,614,4– (15,6–26,7)	1:69–1:131	385–790
Смеси специального назначения <i>Special purpose mixtures</i>	Нутрикомп Дринк Диабет, Нутрикомп Дринк Ренал, Нутрикомп Гепа ликвид, Нутриэн диабет, Ренилон, Фрезубин сгущенный, Фрезубин Йогурт, Фрезубин Крем 2 ккал	Для пациентов с особыми потребностями	100–200	4,3–10 (12,1–26,7)	1:69–1:181	220–430

- постараться ежедневно потреблять 2–3 порции молочных продуктов: творога, сыра, молока, йогурта или альтернативных продуктов из сои, овса, миндаля, кокосового молока и др.;
- к каждому блюду постараться добавлять источники углеводов: хлеб, картофель, рис, макароны, крупы;
- стараться съесть некоторое количество овощей и фруктов ежедневно (свежих, в виде смузи, фреша, тушеных, сушеных и т.д.);
- если предпочитаете рыбу, постарайтесь сделать выбор в пользу более жирных сортов – скумбрии, лосося, форели, сардин и др.;
- питаться нужно часто, малыми порциями, между основными приемами пищи устраивать малые перекусы в виде бутербродов, снеков и др.;
- снизить потребление воды и водянистых супов, компотов и т.д., по возможности заменить их смесью для ДПП.

Из-за снижения аппетита и расстройств вкуса необходимо придавать значение отсутствию запаха пищи в помещении и постоянному наличию широкого ассортимента продуктов с различными органолептическими свойствами. Наконец, очень важно убедить пациента, что адекватное питание существенно повышает вероятность положительного результата лечения.

Общая слабость является наиболее распространенным симптомом онкологического заболевания. Из-за снижения объема движений ухудшается аппетит и усугубляется атрофия мышечной ткани. Поэтому необходимо всячески побуждать пациентов к поддержанию физической активности. Умеренная аэробная нагрузка улучшает аппетит, увеличивает мышечную силу, повышает качество жизни, снижает проявления тревожности и общей слабости. Помимо ежедневных прогулок на

свежем воздухе рекомендуется легкая гимнастика с использованием индивидуально подобранного сочетания аэробных и резистивных упражнений минимум 3 раза в неделю по 10–60 мин [1]. Критерием эффективности нагрузки является достижение частоты пульса 50–75% от базового максимума, который представляет собой разность между 220 и возрастом пациента.

Этап 4. Выбор конкретного продукта для дополнительного перорального питания и его назначение

В настоящее время на рынке России доступно большое количество смесей для ДПП. Некоторые из них позиционируются как содержащие фармаконутриенты, особо полезные для онкологических пациентов: глутамин, ω -3 ПНЖК, нуклеотиды, аргинин, пищевые волокна. С теоретических позиций их применение при онкологическом заболевании выглядит обоснованным, но доказательства, полученные в клинических исследованиях, являются недостаточно сильными, чтобы сделать однозначные выводы об их пользе в онкологии [1]. Глутамин не оказывает существенного влияния на частоту и тяжесть течения таких осложнений лучевой и лекарственной терапии, как энтерит, диарея, стоматит, эзофагит и кожная токсичность. Смесей, обогащенных ω -3 ПНЖК, могут быть рекомендованы пациентам, получающим химиотерапию по поводу распространенных форм рака, но превышение дозы эйкозапентаеновой кислоты >1,8 г/сут может быть небезопасно из-за риска развития геморрагических осложнений, особенно на фоне терапии ибрутинибом [1]. Наиболее убедительные рекомендации имеются в отношении применения так называемых иммунных смесей (обогащенных ω -3 ПНЖК, аргинином и нуклеотидами) для

предоперационной подготовки при онкозаболеваниях головы, шеи, верхних отделов желудочно-кишечного тракта. Считается, что их назначение снижает частоту осложнений, сроки госпитализации и стоимость лечения, но в метаанализах В. Zhang и соавт. (2019) [3], A.L. Sawood и соавт. (2012) [19] группы сравнения были неоднородны, в контрольной группе только 55,6% пациентов получали ДПП, всего в 3 из 36 исследований проводили прямое сравнение эффективности применения иммунных высокобелковых смесей и обычной формулы. Потребление достаточного количества пищевых волокон является важным компонентом здорового образа жизни, и ESPEN настоятельно рекомендует использовать в ежедневном рационе питания овощи, фрукты, цельные крупы [1]. Поскольку рекомендуемая доза пищевых волокон составляет 20–40 г/сут, смеси даже с высоким их содержанием вряд ли самостоятельно могут обеспечить суточную потребность, хотя их применение выглядит обоснованным при склонности к запорам, нетяжелой диарее, дисбактериозе кишечника.

Таким образом, в настоящее время нет исследований, однозначно свидетельствующих о преимуществе какого-либо определенного типа смесей для ДПП, поэтому при выборе конкретного продукта целесообразно опираться на содержание энергии, белка, наличие сопутствующих заболеваний (хронические заболевания почек, сахарный диабет и др.), соотношение азот/белковые килокалории и осмолярность. Два последних показателя существенно влияют на количество усваиваемого белка и вероятность развития диареи.

Для удобства применения мы предлагаем все продукты для ДПП разделить на 3 основные группы (табл. 4). Смеси

1-й группы могут быть использованы в качестве базовых у подавляющего числа пациентов. Они являются высококалорийными (>1 ккал/мл), имеют оптимальное соотношение азот/белковые килокалории и осмолярность, близкую или незначительно выше физиологической. Смеси 2-й группы могут иметь более высокую энергетическую плотность, большее содержание белка (>20% энергетической ценности), но при этом иметь либо неоптимальное соотношение азот/белковые килокалории, либо осмолярность, значительно превышающую физиологическую. Их применение теоретически выглядит обоснованным при неэффективности смесей 1-й группы, но нуждается в дополнительной проверке в клинических исследованиях с точки зрения полноты усвоения белка и частоты развития диареи. 3-я группа – смеси специального назначения для пациентов с особыми потребностями при сахарном диабете, печеночной энцефалопатии, тяжелых заболеваниях почек, легких, расстройствах акта жевания и глотания. Следует отметить, что в настоящее время прием смесей, обогащенных разветвленными аминокислотами, считается обоснованным только при печеночной энцефалопатии, в остальных случаях следует отдавать предпочтение стандартной формуле [20].

Смесь для ДПП следует принимать маленькими глотками, желательно через трубочку (чтобы уменьшить насыщение и увеличить потребляемое количество), между основными приемами пищи, на ночь. Считается, что эффективной дозой является потребление минимум 2 порций смеси в день, т.е. 300–400 мл/сут [16]. В предоперационном периоде ДПП рекомендуется в объеме 250 мл 3 раза в сутки [14]. Для повышения комплаентности пациентов к приему ДПП, особенно при наличии дисгевзии, необходимо иметь набор различных



Предлагаемый алгоритм применения дополнительного перорального питания

The proposed algorithm for the application of the oral nutritional supplements

ДПП – дополнительное пероральное питание; ИМТ – индекс массы тела.

вкусов – от нейтрального до различных оттенков сладкого (шоколад, ваниль, клубника, банан и др.) и несладкого (овощной и куриный суп). В некоторых случаях повысить количество принимаемой смеси удается за счет ее охлаждения (вплоть до приготовления мороженого) или, наоборот, употребления в подогретом виде (суп). Смеси также можно добавлять к обычным пищевым продуктам при приготовлении блюд, для чего специалисты предлагают готовые наборы рецептов [21].

Этап 5. Оценка эффективности дополнительного перорального питания

Основные подходы к оценке эффективности ДПП не отличаются от применяемых при других видах НП [22]. Она должна регулярно проводиться в течение всего периода пребывания пациента под наблюдением

врачей. С этой целью рекомендуется использовать следующие критерии: индекс массы тела (1 раз в 7–10 дней), содержание в крови общего белка, альбумина, гемоглобина, абсолютного числа лимфоцитов (1 раз в 5–7 дней) [10]. Кроме того, важна оценка общего состояния пациента, силы мышц, психологического фона, специфических симптомов (запор, диарея, тошнота).

Таким образом, ДПП является важным элементом коррекции недостаточности питания в онкологии. Данный вид НП может существенно повысить белково-энергетическую ценность суточного рациона, положительно влияет на эффективность лечения и качество жизни пациентов. Для достижения максимального эффекта от применения смесей для ДПП мы предлагаем ориентировочный алгоритм (см. рисунок).

Сведения об авторах

Потапов Александр Леонидович (Alexandr L. Potapov) – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом анестезиологии и реанимации МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России (Обнинск, Российская Федерация)

E-mail: ALP8@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3752-3107>

Хороненко Виктория Эдуардовна (Viktoriya E. Khoronenko) – доктор медицинских наук, доцент, заведующая отделом анестезиологии и реанимации МНИОИ им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России (Обнинск, Российская Федерация)

E-mail: khoronenko_mnioi@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8845-9913>

Гамеева Елена Владимировна (Elena V. Gameeva) – кандидат медицинских наук, заместитель директора по лечебной работе МНИОИ им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России (Обнинск, Российская Федерация)

E-mail: gameeva@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8509-4338>

Хайлова Жанна Владимировна (Zhanna V. Khailova) – кандидат медицинских наук, главный врач МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России (Обнинск, Российская Федерация)

E-mail: 1977zhanna@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3258-0954>

Бояркина Анна Викторовна (Anna V. Boiarkina) – кандидат медицинских наук, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России (Обнинск, Российская Федерация)

E-mail: annaboarkina@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0220-4261>

Иванов Сергей Анатольевич (Sergei A. Ivanov) – доктор медицинских наук, профессор РАН, директор МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России (Обнинск, Российская Федерация)

E-mail: oncurolog@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7689-6032>

Каприн Андрей Дмитриевич (Andrey D. Kaprin) – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России (Обнинск, Российская Федерация)

E-mail: contact@nmicr.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8784-8415>

Литература

1. Arends J., Bachmann P., Baracos V. et al. ESPEN guidelines on nutrition in cancer patients // *Clin. Nutr.* 2017. Vol. 36, N 1. P. 11–48. doi: 10.1016/j.clnu.2016.07.015
2. Baldwin C., Spiro A., Ahern R., Emery P.W. Oral nutritional interventions in malnourished patients with cancer: a systematic review and meta-analysis // *J. Natl. Cancer Inst.* 2012. Vol. 104, N 5. P. 371–385. doi: 10.1093/jnci/djr556
3. Zhang B., Najarali Z., Ruo L. Effect of perioperative nutritional supplementation on postoperative complications-systematic review and meta-analysis // *J. Gastrointest Surg.* 2019. Vol. 23, N 8. P. 1682–1693. doi: 10.1007/s11605-019-04173-5
4. Хомяков В.М., Ермошина А.Д. Коррекция нутритивной недостаточности у онкологических больных с использованием готовых смесей для перорального питания (сипинга) // *Исследования и практика в медицине.* 2015. Т. 2, № 3. С. 82–88.
5. Петрова М.В. Организация специализированного питания в онкохирургии // *Русский медицинский журнал.* 2013. Т. 21, № 34. С. 1722–1724.

6. Пасечник И.Н. Нутритивная поддержка с позиций программы ускоренного выздоровления после хирургических вмешательств // Доктор.Ру. 2016. № 12. С. 27–31.
7. Хорошилов И.Е. Сипинговое энтеральное питание: клинико-фармакологический анализ и возможности использования в интенсивной терапии // Вестник анестезиологии и реаниматологии. 2015. Т. 12, № 5. С. 58–64. doi.org/10.21292/2078-5658-2015-12-5-58-64
8. Лейдерман И.Н., Гирш А.О., Смирнов М.В., Сытов А.В. Рекомендации по проведению нутритивной поддержки в паллиативной медицине // Паллиативная медицина и реабилитация. 2015. № 3. С. 38–43.
9. Орлова Н.В., Быкова О.В., Ягубян Р.С. Проблемы кахексии в амбулаторной практике // Медицинский алфавит. 2018. Т. 1, № 12. С. 31–36.
10. Сытов А.В., Лейдерман И.Н., Ломидзе С.В., Нехаев И.В., Хотеев А.Ж. Практические рекомендации по нутритивной поддержке онкологических больных // Злокачественные опухоли. 2018. Т. 8, № 3-s2. С. 575–583.
11. Cederholm T., Barazzoni R., Austin P. et al. ESPEN guidelines on definitions and terminology of clinical nutrition // Clin. Nutr. 2017. Vol. 36, N 1. P. 49–64. doi: 10.1016/j.clnu.2016.09.004
12. Singer P., Blaser A.R., Berger M.M. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit // Clin. Nutr. 2019. Vol. 38, N 1. P. 48–79. doi: 10.1016/j.clnu.2018.08.037
13. Hassan-Ghomi M., Nikooyeh B., Motamed S., Neyestani R.T. Efficacy of commercial formulas in comparison with home-made formulas for enteral feeding: a critical review // Med. J. Islam. Repub. Iran. 2017. Vol. 31. P. 55. doi: 10.14196/mjiri.31.55
14. Weimann A., Braga M., Carli F. et al. ESPEN guideline: clinical nutrition in surgery // Clin Nutr. 2017. Vol. 36, N 3. P. 623–650. doi: 10.1016/j.clnu.2017.02.013
15. Лейдерман И.Н., Грицан А.И., Заболотских И.Б. и др. Периоперационная нутритивная поддержка. Клинические рекомендации // Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2018. № 3. С. 5–21.
16. <https://www.valeofyorkccg.nhs.uk/rss/data/uploads/malnutrition/guidelines-for-the-appropriate-use-of-oral-nutritional-supplements-ons-for-adults-in-the-community.pdf>
17. Хороненко В.Э., Сергиенко А.Д., Мандрыка Е.А. и др. Оценка нутритивного статуса у онкологических больных // Трудный пациент. 2018. Т. 16, № 5. С. 22–26.
18. Luu C., Arrington A.K., Falor A. Impact of gastric cancer resection on body mass index // Am. Surg. 2014. Vol. 80, N 10. P. 1022–1025.
19. Cawood A.L., Elia M., Stratton R.J. Systematic review and meta-analysis of the effects of high protein oral nutritional supplements // Ageing. Res. Rev. 2012. Vol. 11, N 2. P. 278–296. doi: 10.1016/j.arr.2011.12.008
20. Plauth M., Bernal W., Dasarathy S. et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in liver disease // Clin. Nutr. 2019. Vol. 38, N 2. P. 485–521. doi: 10.1016/j.clnu.2018.12.022
21. <https://www.bb Braun.ru/content/dam/b-braun/ru/website/patients/clinical-nutrition-for-patients/CookBook-Nutricomp-Drink.pdf.bb-46581055/CookBook-Nutricomp-Drink.pdf>
22. Руководство по клиническому питанию / под ред. Луфта В.М., Багненко С.Ф.; 2-е изд. СПб. : Арт-Экспресс, 2013. 460 с.

References

1. Arends J., Bachmann P., Baracos V., et al. ESPEN guidelines on nutrition in cancer patients. Clin Nutr. 2017; 36 (1): 11–48. doi: 10.1016/j.clnu.2016.07.015
2. Baldwin C., Spiro A., Ahern R., Emery P.W. Oral nutritional interventions in malnourished patients with cancer: a systematic review and meta-analysis. J Natl Cancer Inst. 2012; 104 (5): 371–85. doi: 10.1093/jnci/djr556
3. Zhang B., Najarali Z., Ruo L. Effect of perioperative nutritional supplementation on postoperative complications-systematic review and meta-analysis. J Gastrointest Surg. 2019; 23 (8): 1682–93. doi: 10.1007/s11605-019-04173-5
4. Khomyakov V.M., Ermoshina A.D. Correction of malnutrition in cancer patients with oral supplements (siping). Issledovaniya i praktika v medicine [Research and Practice in Medicine]. 2015; 2 (3): 82–8. (in Russian)
5. Petrova M.V. Organization of specialized nutrition in oncosurgery. Russkij medicinskij zhurnal [Russian Medical Journal]. 2013; 21 (34): 1722–4. (in Russian)
6. Pasechnik I.N. Nutritional support in terms of enhanced-recovery-after-surgery approach. Doctor.Ru [Doctor.Ru]. 2016; 12: 27–31. (in Russian)
7. Khoroshilov I.E. Sipping enteral nutrition: clinical – pharmacological analysis and opportunities of its use in the intensive care. Vestnik anesteziologii i reanimatologii [Messenger of Anesthesiology and Resuscitation]. 2015; 12 (5): 58–64. doi.org/10.21292/2078-5658-2015-12-5-58-64 (in Russian)
8. Leiderman I.N., Girsh A.O., Smirnov M.V., Sytov A.V. Clinical recommendations for nutritional support in palliative care. Palliativnaya medicina i reabilitaciya [Palliative Care and Rehabilitation]. 2015; (3): 38–43. (in Russian)
9. Orlova N.V., Bykova O.V., Yagubyan R.S. Problems of cachexia in outpatient practice. Medicinskij alfavit [Medical Alphabet]. 2018; 1 (12): 31–6. (in Russian)
10. Sytov A.V., Leiderman I.N., Lomidze S.V., Nekhaev I.V., Hotev A.Zh. Clinical recommendation on nutritional support in cancer patients. Zlokachestvennye opuholi [Malignant Tumors]. 2018; 8 (3-s2): 575583 (in Russian)
11. Cederholm T., Barazzoni R., Austin P., et al. ESPEN guidelines on definitions and terminology of clinical nutrition. Clin Nutr. 2017; 36 (1): 49–64. doi: 10.1016/j.clnu.2016.09.004
12. Singer P., Blaser A.R., Berger M.M. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. Clin Nutr. 2019; 38 (1): 48–79. doi: 10.1016/j.clnu.2018.08.037
13. Hassan-Ghomi M., Nikooyeh B., Motamed S., Neyestani R.T. Efficacy of commercial formulas in comparison with home-made formulas for enteral feeding: A critical review. Med J Islam Repub Iran. 2017; 5 (31): 55. doi: 10.14196/mjiri.31.55
14. Weimann A., Braga M., Carli F., et al. ESPEN guideline: Clinical nutrition in surgery. Clin Nutr. 2017; 36 (3): 623–50. doi: 10.1016/j.clnu.2017.02.013
15. Leyderman I.N., Gritsan A.I., Zabolotskikh I.B., et al. Perioperative nutritional support. Russian Federation of anesthesiologists and reanimatologists guidelines. Vestnik intensivnoj terapii imeni A.I. Saltanova [Alexander Saltanov Intensive Care Herald]. 2018; 3: 5–21. (in Russian)
16. <https://www.valeofyorkccg.nhs.uk/rss/data/uploads/malnutrition/guidelines-for-the-appropriate-use-of-oral-nutritional-supplements-ons-for-adults-in-the-community.pdf>
17. Khoronenko V.E., Sergienko A.D., Mandryka E.A., et al. Assessment of nutritional status in cancer patients. Tрудnyj pacient [Difficult Patient]. 2018; 16 (5): 22–6. (in Russian)
18. Luu C., Arrington A.K., Falor A. Impact of gastric cancer resection on body mass index // Am Surg. 2014; 80 (10): 1022–5.
19. Cawood A.L., Elia M., Stratton R.J. Systematic review and meta-analysis of the effects of high protein oral nutritional supplements. Ageing Res Rev. 2012; 11 (2): 278–96. doi: 10.1016/j.arr.2011.12.008
20. Plauth M., Bernal W., Dasarathy S., et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in liver disease. Clin Nutr. 2019; 38 (2): 485–521. doi: 10.1016/j.clnu.2018.12.022
21. <https://www.bb Braun.ru/content/dam/b-braun/ru/website/patients/clinical-nutrition-for-patients/CookBook-Nutricomp-Drink.pdf.bb-46581055/CookBook-Nutricomp-Drink.pdf>
22. Manual of clinical nutrition. Edited by Luft V.M., Bagненко S.F., 2nd edition. St. Petersburg: Art-Ekspress; 2013: 460 p. (in Russian)

Для корреспонденции

Зайцева Лариса Валентиновна – доктор технических наук, заместитель директора по научной работе АНО «ЦНИИСЖТ»
 Адрес: 119019, Российская Федерация, г. Москва, ул. Новый Арбат, д. 21, стр. 1, оф. 1039
 Телефон: (495) 181-55-26
 E-mail: lavaza@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8176-1650>

Зайцева Л.В.¹, Юдина Т.А.², Рубан Н.В.², Бессонов В.В.³, Мехтиев В.С.⁴

Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий

Modern approaches to the development of gluten-free bakery formulations

Zaytseva L.V.¹, Yudina T.A.², Ruban N.V.², Bessonov V.V.³, Mekhtiev V.S.⁴

- ¹ Автономная некоммерческая организация «Центральный научно-исследовательский институт современных жировых технологий», 196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Российская Федерация
 - ² Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, г. Москва, Российская Федерация
 - ³ Федеральное государственное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, г. Москва, Российская Федерация
 - ⁴ Общество с ограниченной ответственностью «Протеин Плюс», 199004, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
- 1 Central Scientific-Research Institute of Modern Fat Technology, 196608, Saint Petersburg, Pushkin, Russian Federation
 - 2 Moscow State University of Food Production, 125080, Moscow, Russian Federation
 - 3 Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation
 - 4 LLC «Protein Plus», 199004, Saint Petersburg, Russian Federation

По данным Всемирной организации здравоохранения, в настоящее время около 1% населения в мире страдает целиакией – заболеванием, связанным с дефицитом ферментов, расщепляющих глютен и близкие к нему белки. При целиакии имеет место нарушение всасывания дисахаридов, жиров, витаминов и аминокислот, что накладывает ограничения на рецептуры пищевых продуктов, которые могут быть использованы в питании людей с целиакией. Анализ рынка безглютеновых хлебобулочных изделий показал недостаток в этом сегменте продукции, в том числе полное отсутствие продукции с ω-3 полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), общий дефицит которых отмечен в питании россиян и по всему миру.

Финансирование. Работа является инициативной.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Для цитирования: Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Рубан Н.В., Бессонов В.В., Мехтиев В.С. Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий // *Вопр. питания*. 2020. Т. 89, № 1. С. 77–85. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10009

Статья поступила в редакцию 29.08.2019. **Принята в печать** 26.01.2020.

Funding. The study had no sponsor support.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation: Zaytseva L.V., Yudina T.A., Ruban N.V., Bessonov V.V., Mekhtiev V.S. Modern approaches to the development of gluten-free bakery formulations. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2020; 89 (1): 77–85. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10009 (in Russian)

Received 29.08.2019. **Accepted** 26.01.2020.

Цель исследования – разработка рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий, обогащенных ПНЖК семейства ω -3, пищевыми волокнами и белком.

Материал и методы. Качество полученного хлеба оценивалось общепринятыми методами, включающими определение содержания белка, пищевых волокон, жира и его жирнокислотного состава.

Результаты и обсуждение. Для реализации поставленной цели было использовано как традиционное, так и нетрадиционное пищевое сырье, а именно бесклейковинная мука семян чиа (источник ПНЖК и пищевых волокон), люпиновая мука (источник белка), а также в рецептуре хлебобулочных изделий использовали заменитель молочного жира энзимной переэтерификации, содержащий ω -3 ПНЖК. В качестве загустителя и структурообразователя использовалась белок-полисахаридная смесь. Разработанные рецептуры позволяют получать готовые изделия, характеризующиеся содержанием ω -3 ПНЖК 0,4–0,6 г/100 г при соблюдении баланса между эссенциальными ω -6 и ω -3 ПНЖК на уровне (2,5–3,5):1, рекомендуемом для лечебного питания, пищевых волокон – 11,1–12,4 г/100 г, белка – 5,2–6,7 г/100 г, при сохранении хороших органолептических свойств. Достигнутый уровень обогащения в соответствии с действующим законодательством позволяет маркировать полученные изделия, как «с высоким содержанием ω -3 жирных кислот и пищевых волокон». Согласно имеющимся данным о биологическом действии компонентов разработанного продукта, он может оказывать влияние на липидный обмен, способствуя снижению уровня атерогенных липидов в крови.

Заключение. Внедрение результатов этой работы в промышленность позволит расширить ассортимент безглютеновой продукции за счет выпуска специализированных хлебобулочных изделий с усилением их диетической лечебной и диетической пробиотической направленности за счет высокого содержания ω -3 ПНЖК и пищевых волокон.

Ключевые слова: целиакия, безглютеновые хлебобулочные изделия, обогащение ω -3 жирными кислотами, пищевыми волокнами, белком

According to WHO, currently about 1% of the world's population suffers from celiac disease, a disease associated with a deficiency of enzymes that break down gluten and proteins close to it. In celiac disease, there is a malabsorption of disaccharides, fats, vitamins and amino acids, which imposes restrictions on food formulations that can be used in the diet of people with celiac disease. Analysis of the market of gluten-free bakery products showed a lack in this segment of products, including the complete absence of products with ω -3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs), the total deficit of which is noted in the diet of Russians and around the world.

The aim of the study was to develop recipes for gluten-free bakery products enriched with ω -3 PUFAs, dietary fibers and protein.

Material and methods. The quality of the resulting bread was evaluated by conventional methods including the determination of the content of protein, dietary fiber, fat and its fatty acid composition.

Results and discussion. To achieve this goal, we used approaches that combined both traditional and non-traditional food raw materials, namely gluten-free flour of chia seeds (a source of PUFA and dietary fiber), lupin flour (a source of protein), as well as enzyme transesterified milk fat substitute containing ω -3 PUFAs. A protein-polysaccharide mixture was used as a thickener and structure-forming agent. The developed formulations allowed to obtain finished products characterized by the content of ω -3 fatty acids – 0.4–0.6 g/100 g, while maintaining a balance between essential ω -6 and ω -3 fatty acids at the level (2.5–3.5):1, recommended for therapeutic nutrition, dietary fiber – 11.1–12.4 g/100 g, and protein content – 5.2–6.7 g/100 g, while maintaining good organoleptic properties. The achieved level of enrichment in accordance with the current legislation allows labeling the resulting products as «high in ω -3 fatty acids and dietary fibers». According to the available data on the biological effect of the components of the developed product, it can affect lipid metabolism, contributing to the reduction of atherogenic lipids in the blood.

Conclusion. The implementation of the results of this work in the industry will expand the range of gluten-free products through the production of specialized bakery products with the strengthening of their dietary therapeutic and preventive orientation due to the high content of ω -3 fatty PUFAs and dietary fibers.

Keywords: celiac disease, gluten-free bakery products, enrichment with PUFAs, dietary fibers, protein

Одним из приоритетных направлений государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 г. является создание пищевой продукции, способной удовлетворить физиологические потребности организма человека в пищевых веществах и энергии [1]. Расширение ассортимента хлебобулочных изделий диетического лечебного и диетического профилактического питания для больных различными заболеваниями находится в рамках обеспечения рационального питания населения нашей страны. В Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 29.07.2016 № 1364-р) также предусмотрено производство пищевой продукции нового поколения с заданными качественными характеристиками, обеспечивающей оптимальное

питание, профилактику различных заболеваний в целях увеличения продолжительности и повышения качества жизни граждан РФ [2].

Выпуск специализированной пищевой продукции для диетического лечебного и диетического профилактического питания в Российской Федерации регулируется Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания». К специализированной пищевой продукции относятся безглютеновые продукты, предназначенные для больных глютеновой энтеропатией. Глютеновая энтеропатия (целиакия) – генетически обусловленное заболевание, характеризующееся стойкой непереносимостью глютена с развитием гиперрегенераторной

обратимой атрофии слизистой оболочки тонкой кишки и связанного с ней синдрома мальабсорбции. Больные целиакией должны полностью исключить из своей диеты продукты, содержащие глютен.

В соответствии с Техническим регламентом ТР ТС 027/2012, «отдельные виды специализированной пищевой продукции без глютена должны состоять или быть изготовлены из одного или более компонентов, которые не содержат пшеницы, ржи, ячменя, овса или их кроссбредных вариантов (полученные путем их скрещивания) и (или) должны состоять или быть изготовлены специальным (для снижения уровня глютена) образом из одного или более компонентов, которые получены из пшеницы, ржи, ячменя, овса или их кроссбредных вариантов и в которых уровень глютена в готовой к употреблению продукции составляет не более 20 мг/кг» (гл. 2, ст. 6, п. 9).

Для производства безглютеновых хлебобулочных и мучных кондитерских изделий используют муку из бесклейковинного сырья (рис, кукуруза, гречиха, лен, соя, амарант, просо, тапиока, сорго, горох, квиноа и др.), а также крахмал (картофельный, кукурузный, рисовый и др.).

При целиакии нарушены процессы всасывания дисахаридов, жиров, витаминов, железа, кальция, а также транспорт цистина и обмен триптофана. В связи с этим обогащение безглютеновых хлебобулочных изделий биологически активными веществами при минимизации содержания в рецептуре компонентов, способных оказывать негативное воздействие на организм человека, усугубляемое нарушением метаболизма отдельных веществ, является актуальным. Чаще всего рассматриваются варианты обогащения безглютеновых мучных кондитерских и хлебобулочных изделий пищевыми волокнами [3, 4] или белком для оптимизации аминокислотного состава изделия [5–7], иногда осуществляется совместное обогащение белком и пищевыми волокнами [8, 9]. В качестве жирового компонента в основном используются маргарин или кондитерский жир [3–7, 9], реже сливочное или растительное масла [4, 7, 8, 10]. Однако ни в одной из разработок нет регламентации по содержанию незаменимых ω -3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в используемом жировом продукте. В качестве загустителя и структурообразователя при производстве безглютеновых хлебобулочных изделий часто используется ксантановая камедь [8, 10].

В настоящее время у населения РФ, как и во всем мире, наблюдается дефицит в потреблении эссенциальных ω -3 ПНЖК. При этом в России отмечается избыточное потребление ω -6 ПНЖК, обусловленное преобладанием в пищевом рационе подсолнечного масла. Доказано, что соблюдение определенного соотношения между ω -6 и ω -3 ПНЖК в ежедневной диете является успешным механизмом предотвращения развития сердечно-сосудистых заболеваний [11, 12]. Обогащение пищевых продуктов ω -3 ПНЖК соответствует принятой Всемирной организацией здравоохранения Глобальной

стратегии по питанию, физической активности и здоровью [13] и поддерживается российскими органами здравоохранения [14]. Оптимальное соотношение между ω -6 и ω -3 ПНЖК составляет (5–10):1 [14], для лечебного питания – (1–5):1.

Цель исследования – разработка рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности, обогащенных ω -3 жирными кислотами, пищевыми волокнами и белком.

Материал и методы

Для оценки пищевой ценности безглютеновых хлебобулочных изделий использовали общепринятые методы анализа химического состава. Содержание белка определяли по ГОСТ 26889-86 «Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кельдаля» путем разрушения органического вещества нагреванием с серной кислотой в присутствии катализатора, добавлении избытка гидроксида натрия, перегонке и титровании освобожденного аммиака. По количеству выделившегося аммиака вычисляли количество азота. Массовую долю жира определяли по ГОСТ 5668-68 «Хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли жира». Метод основан на извлечении жира из предварительно гидролизованной навески изделия растворителем и определении количества жира взвешиванием после удаления растворителя из определенного объема полученного раствора. Качественный и количественный жирнокислотный состав выделенного жира определяли по ГОСТ 31663-2012 «Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот» на основе анализа метиловых эфиров жирных кислот, полученных по ГОСТ 31665-2012 «Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот». Содержание пищевых волокон определяли ферментативно-гравиметрическим методом по ГОСТ Р 54014-2010 «Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом».

О качестве готовых хлебобулочных изделий судили по их органолептическим и физико-химическим показателям. Поверхность и цвет корки, удельный объем и вкус изделий оценивали общепринятым методом, приведенным в руководстве [15]. Влажность мякиша определяли стандартным методом по ГОСТ 21094-75 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности». Титруемую кислотность мякиша анализировали ускоренным способом по ГОСТ 5670-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения кислотности». Пористость мякиша измеряли стандартным методом с использованием пробника Журавлева по ГОСТ 5669-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости».

Рецептуры безглютеновых хлебобулочных изделий включали следующие компоненты: бесклейковинное сырье (мука рисовая, мука чиа, мука люпиновая «Люписан», кукурузный крахмал, тапиоковый крахмал), сахар-песок, соль поваренную пищевую, дрожжи сухие хлебопекарные. В качестве жирового продукта использовали заменитель молочного жира энзимной переэтерификации с физико-химическими показателями по ГОСТ 31648-2012 «Заменители молочного жира. Технические условия», в качестве загустителя и структурообразователя – белок-полисахаридную смесь (БПС) [16].

Результаты и обсуждение

Одним из вариантов обогащения пищевой продукции незаменимыми ω -3 ПНЖК являются семена растения *Salvia hispanica* (шалфей испанский, или чиа), широко используемыми племенами майя, инков и ацтеков. Современные исследования химического состава семян чиа показали высокое содержание в них ПНЖК класса ω -3 – альфа-линоленовой кислоты (около 20 г/100 г), сохранность которой обеспечивается присутствием высокого количества токоферолов (до 48 мг/100 г). С другой стороны, семена чиа не содержат глютена и характеризуются высоким содержанием белка (19–23%) и пищевых волокон (18–30%). Перечисленные преимущества делают муку чиа перспективным сырьем для производства безглютеновых хлебобулочных изделий.

Для обогащения ω -3 ПНЖК безглютеновых хлебобулочных изделий нами была использована мука семян SuperChia (ООО «Кима Лимитед», Россия) с содержанием масла 35% и альфа-линоленовой кислоты 61% общей суммы жирных кислот. В исследованиях, проведенных нами ранее, показана эффективность внесения этой муки в рецептуру хлебобулочных изделий для получения продукции с высоким содержанием ω -3 ПНЖК [17, 18]. Внесение муки чиа в количестве 2–5% массы сырья позволяло получать хлебобулочные изделия, обогащенные ω -3 ПНЖК. Увеличение количества муки чиа свыше 5% способствовало увеличению специфического горьковатого привкуса хлебобулочного изделия. В настоящее время на рынке отсутствуют хлебобулочные изделия, включая безглютеновые, обогащенные ω -3 ПНЖК.

Для улучшения физико-химических и органолептических показателей безглютенового изделия, а также дополнительного обогащения его ω -3 ПНЖК в качестве жирового продукта использован заменитель молочного жира по ГОСТ 31648 с содержанием альфа-линоленовой кислоты 1,2–1,3 г/100 г, полученный с применением технологии энзимной переэтерификации, в количестве 4–5% массы сырья. В исследованиях, проведенных нами ранее, было показано, что использование такого заменителя позволяет увеличить содержание эссенциальных ω -3 ПНЖК в готовом изделии и избежать присутствия

в них опасных для здоровья транс-изомеров жирных кислот [19–23] и других загрязнителей, образующихся при химических способах модификации растительных масел (гидрогенизация, химическая переэтерификация). Ферментативная переэтерификация способствует преимущественному образованию тонкоигольчатых мелкокристаллических β' -кристаллов. Чем мельче кристаллы в жировых продуктах, тем больше возможность их взаимодействий на поверхности расширяющихся газовых пузырьков, что предотвращает их коалесценцию при замесе теста и способствует стабилизации пористой структуры теста, повышая при брожении его газоудерживающую способность. Жировые ингредиенты с β' -полиморфной модификацией кристаллов способствуют также улучшению реологических свойств мякиша готовых изделий, замедляя процесс черствения хлеба [23].

Анализ патентной документации и состояния рынка на данный момент показывает отсутствие каких-либо требований, предъявляемых к жировому продукту, используемому в хлебопечении и производстве мучных кондитерских изделий, по регламентации содержания в нем незаменимых ω -3 ПНЖК, а также атерогенных транс-изомеров жирных кислот. До 2018 г. практически все маргарины и кондитерские/хлебопекарные жиры, выпускаемые в России и странах Содружества, содержали высокое количество опасных транс-изомеров жирных кислот, что крайне нежелательно для людей с нарушениями метаболизма белка, липидов, витаминов, макро- и микроэлементов, в частности калия, кальция, магния и железа.

Обычно безглютеновые изделия имеют более низкие физико-химические показатели (удельный объем хлеба, пористость мякиша и его упругоэластические свойства) за счет отсутствия глютена, служащего структурообразователем в хлебобулочных изделиях. Для улучшения структурно-механических свойств безглютеновых изделий рекомендуется вносить в их рецептуру различные полисахариды. Часто в безглютеновых хлебобулочных изделиях для улучшения их физико-химических показателей используют ксантановую камедь [8, 10]. Нами было рассмотрено использование для этих целей БПС, состоящей из казеината натрия, альгината натрия, карбоксиметилцеллюлозы, ксантановой камеди в соотношении белок : полисахариды, равном 9:1 [16]. Внесение БПС в рецептуру безглютеновых хлебобулочных изделий в количестве до 2,0% массы сырья позволяет улучшить их структурно-механические свойства за счет присутствия таких загустителей и структурообразователей, как ксантановая камедь, карбоксиметилцеллюлоза и альгинат натрия, а также дополнительно обогатить их белком молока казеином. Благодаря реакции Майяра на стадии выпечки теста из молочного белка и полисахаридов формируется волокнистая пластичная сетка, обладающая повышенной термостойкостью, которая компенсирует отсутствие клейковины и обеспечивает вязкопластичные свойства теста и структурно-механические свойства готового изделия. Таким образом,

Таблица 1. Пищевая ценность безглютеновых изделий без и с добавлением муки чиа и муки люпиновой

Table 1. Nutritional value of gluten-free products without and with the addition of chia and lupine flour

Показатель <i>Parameter</i>	Содержание в 100 г хлебобулочного изделия, г <i>Content in 100 g of bakery product, g</i>				
	без чиа и люпина <i>without chia and lupin</i>	2% чиа <i>2% chia</i>	5% чиа <i>5% chia</i>	3% чиа и 10% люпина <i>3% chia and 10% lupine</i>	3% чиа и 20% люпина <i>3% chia and 20% lupine</i>
Белок <i>Protein</i>	3,12	3,75	4,51	5,21	6,70
Жир <i>Fat</i>	4,33	4,72	5,24	5,25	5,27
ω -3 ПНЖК <i>ω-3 PUFA</i>	0,05	0,40	0,58	0,45	0,45
ω -6 : ω -3 <i>ω-6 : ω-3</i>	20:1	3,2:1	2,7:1	2,4:1	2,4:1
Пищевые волокна <i>Dietary fibers</i>					
нерастворимые <i>insoluble</i>	1,42	4,51	5,69	11,01	12,4
растворимые <i>soluble</i>	1,51	1,53	1,54	1,59	1,58
сумма <i>total</i>	2,93	6,04	7,23	12,60	13,98

Пр и м е ч а н и е. ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты.

Note. PUFA – polyunsaturated fatty acids.

внесение в рецептуру безглютенового хлебобулочного изделия БПС позволяет улучшить структурно-механические свойства изделия.

Имеются разработки по обогащению безглютеновых хлебобулочных и мучных кондитерских изделий белком амаранта [5, 6, 8] до уровня 4,9–8,3 г/100 г изделия. Также предлагается использовать редкое сырье, такое как муку квиноа [9] и муку из семян *Brassicaceae* [7]. Для повышения содержания белка в безглютеновом хлебобулочном изделии нами была использована люпиновая мука в количестве до 20%, доступная в настоящее время на нашем рынке. Зерно люпина отличается более высоким содержанием белка (30–61%) по сравнению с бобовыми (17–36%), которые часто используются для обогащения белком пищевой продукции [24]. При этом белок люпина имеет хорошую усвояемость, как и соевый белок. Положительным качеством зерен люпина для хлебобулочных изделий является наличие в них пищевых волокон, обладающих влагоудерживающими свойствами.

В рецептуру вносили муку «Люписан» (ООО «Протеин Плюс», Россия) с содержанием белка 36–40%, клетчатки 30–35%, жира 6–8%, при этом количество ω -3 ПНЖК в жировой фазе превышало 5% при соотношении ω -6 : ω -3, равном 7,8:1. Антиоксидантные свойства муки обусловлены присутствием в ее составе токоферолов, каротиноидов и лецитина. Люпиновая мука способствует улучшению структуры хлебобулочных изделий, для этих целей ее содержание должно быть не менее 4% массы бесклейковинного сырья [25].

Имеются разработки по обогащению безглютеновых хлебобулочных и мучных кондитерских изделий пище-

выми волокнами. Чаще всего для этих целей используется пектин или пектинсодержащее сырье [3, 4]. При этом уровень обогащения пищевыми волокнами не всегда указывается.

Имеются разработки по одновременному обогащению хлебобулочных и мучных кондитерских изделий белком и пищевыми волокнами [8, 9]. Уровень содержания в изделиях пищевых волокон (1,3–2,2 г/100 г) в соответствии с действующим законодательством не позволяет отнести их даже к источнику пищевых волокон (не менее 3 г/100 г изделия в соответствии с ТР ТС 022/2011). Содержание белка в разработке [9] составляет 10 г на 100 г изделия (13% рекомендуемого уровня суточного потребления), однако при калорийности готового изделия 415 ккал/100 г содержание в нем белка обеспечивает только 9,5% энергетической ценности продукта, что ниже установленной границы в 12% (в соответствии с ТР ТС 022/2011). В разработке [8] уровень белка в изделии (4,9 г/100 г) при калорийности 260 ккал/100 г также не дотягивает до уровня «источник белка» (в соответствии с ТР ТС 022/2011).

В наших разработках не содержащие глютена мука чиа и люпиновая мука являлись одновременно источником ω -3 ПНЖК, пищевых волокон и белка.

В табл. 1 представлены данные по содержанию белка, жира, ω -3 ПНЖК и пищевых волокон в безглютеновых изделиях, произведенных из бесклейковинного сырья с внесением в рецептуру заменителя молочного жира и БПС, без или с добавлением муки чиа и муки люпиновой.

Приведенные данные показывают, что внесение только заменителя молочного жира в количестве до

5% массы сырья без добавления муки чиа не позволяет получать хлебобулочное изделие с количеством ω -3 ПНЖК, достаточным для маркировки «источник ω -3 жирных кислот» (не менее 0,2 г/100 г изделия в соответствии с ТР ТС 022/2011). Соотношение ω -6 к ω -3 жирным кислотам также не соответствует оптимальному. Без внесения муки чиа изделие характеризуется невысоким содержанием пищевых волокон (менее 3 г/100 г изделия).

Добавление в рецептуру муки чиа в количестве 2–5% массы бесклеяковинного сырья позволяет получать безглютеновое хлебобулочное изделие, характеризующееся *высоким содержанием ω -3 жирных кислот* (не менее 0,4 г/100 г продукта в соответствии с ТР ТС 022/2011) при соотношении ω -6 и ω -3 жирных кислот на уровне (2,4–3,2):1, соответствующем таковому для лечебного питания, а также *высоким содержанием пищевых волокон* (не менее 6 г/100 г продукта в соответствии с ТР ТС 022/2011).

Полученные данные послужили основой для разработки способа получения безглютеновых хлебобулочных изделий, обогащенных ω -3 ПНЖК и пищевыми волокнами. Рецептурный состав предусматривает следующее соотношение исходных компонентов (массовая часть):

- мука чиа 1,28–4,77;
- мука рисовая 42,3–62,1;
- крахмал (кукурузный или тапиоковый) 21,8–33,3;
- сахар-песок 4,0–5,0;
- энзимно перезтерифицированный растительный жир 4,0–5,0;

- дрожжи хлебопекарные сухие 2,3–2,8;
- БПС 1,6–1,8;
- соль поваренная пищевая 1,0–1,5;
- вода – до влажности 47%.

Содержание белка в 100 г изделий по приведенной выше рецептуре составляет не менее 5% суточной потребности в нем (3,75 г), однако при калорийности готового изделия 190–220 ккал/100 г содержание в нем белка обеспечивает только 7,5–9,5% энергетической ценности продукта, что ниже установленной границы в 12% (в соответствии с ТР ТС 022/2011).

Дополнительно повысить пищевую ценность безглютенового хлеба за счет увеличения содержания в нем белка и нерастворимых пищевых волокон можно путем внесения люпиновой муки в количестве 4–20% массы бесклеяковинного сырья (мука и крахмал). Содержание белка в безглютеновом хлебе с добавлением люпиновой муки повышается до 5,2–6,7 г/100 г. В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» безглютеновый хлеб с содержанием люпиновой муки 20% массы бесклеяковинного сырья уже относится к изделиям, обогащенным белком до уровня «источник», так как содержание в нем белка обеспечивает более 12% энергетической ценности продукта при обеспечении 9% суточной потребности в белке в 100 г изделия.

Также в изделии повышается содержание нерастворимых пищевых волокон (11,1–12,4 г/100). Таким образом, добавление люпиновой муки способствует дальнейшему повышению пищевой ценности безглютенового хлеба.

Достигнутый уровень обогащения в соответствии с действующим законодательством позволяет маркировать полученные изделия «с высоким содержанием ω -3 жирных кислот и пищевых волокон» и «дополнительный источник белка». Потребление ω -3 ПНЖК и пищевых волокон оказывает благоприятное влияние на липидный обмен, снижая уровень атерогенных липидов в крови (ГОСТ Р 54059-2010 «Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования»). Таким образом, совместное внесение перечисленных компонентов в наибольшей степени способствует повышению пищевой ценности изделия и усиливает его лечебную направленность.

Помимо пищевой ценности для потребителя большое значение имеют внешний вид и вкусовые характеристики готового изделия. Как видно из данных табл. 2, все изделия имели практически одинаковый внешний вид. С увеличением дозировки муки чиа несколько возрастало послевкусие, обусловленное характерным вкусом этой муки. Внесение люпиновой муки в количестве $\geq 10\%$ позволяло нивелировать этот привкус, придавая изделию приятный ореховый привкус. Однако увеличение количества люпиновой муки $>20\%$ приводило к некоторому снижению пористости и удельного объема готового изделия, также несколько снижались органолептические показатели качества хлеба, такие как вкус, разжевываемость и форма изделия.

Таблица 2. Органолептические показатели безглютеновых хлебобулочных изделий

Table 2. Organoleptic characteristics of gluten-free bakery products

Показатель <i>Parameter</i>	Безглютеновые хлебобулочные изделия <i>Gluten-free bakery products</i>		
	без чиа и люпина <i>without chia and lupin</i>	с мукой чиа (2–5%) <i>with chia flour (2–5%)</i>	с мукой чиа и мукой люпиновой (10–20%) <i>with chia and lupine flour (10–20%)</i>
Внешний вид: <i>Appearance:</i>			
– форма <i>– the form</i>	Правильная форма, соответствующая хлебной форме, корка выпуклая		
– поверхность <i>– surface</i>	Гладкая, без надрывов		
– цвет корки <i>– peel color</i>	Бледно-коричневый		
Состояние мякиша: <i>Crumb condition:</i>	Хорошо пропеченный, без следов непромеса		
– пористость <i>– porosity</i>	Развитая, достаточно равномерная, поры средней величины		
– эластичность <i>– elasticity</i>	Эластичный		
Вкус <i>Taste</i>	Свойственный хлебу	С легким привкусом муки чиа	С ореховым привкусом

Таблица 3. Влияние белок-полисахаридной смеси (БПС), муки чиа, заменителя молочного жира на показатели качества хлебобулочного изделия
Table 3. The effect of the protein-polysaccharide mixture (PPM), chia flour, milk fat substitute on the bakery product quality indicators

Показатель <i>Parameter</i>	Хлеб на растительном масле без муки чиа <i>Bread with vegetable oil without chia flour</i>		Хлеб с чиа и БПС на растительном масле <i>Bread with vegetable oil and with chia flour and PPM</i>	Хлеб с БПС на заменителе молочного жира <i>Bread with PPM and milk fat substitute</i>	
	без БПС <i>without PPM</i>	с БПС <i>with PPM</i>		без чиа <i>without chia flour</i>	с чиа <i>with chia flour</i>
Массовая доля влаги, % <i>Moisture content, %</i>	43,5	45,0	46,0	45,5	47,0
Кислотность мякиша, град. <i>Crumb acidity, degrees</i>	1,8	1,8	2,4	2,0	2,4
Пористость, % <i>Porosity, %</i>	63,0	65,4	71,0	68,5	74,0

Исследования по отдельному влиянию БПС, муки чиа и заменителя молочного жира энзимной переэтерификации свидетельствуют о положительном влиянии этих компонентов на качество безглютенового хлеба в отдельности (табл. 3).

Однако совместное внесение всех перечисленных компонентов в исследуемом диапазоне в наибольшей степени улучшает физико-химические показатели безглютенового хлеба, в особенности повышается пористость конечного изделия. Это свидетельствует о синергетическом воздействии этих компонентов на структурно-механические свойства мякиша.

На основании проведенных исследований сделан вывод, что одновременное внесение в рецептуру безглютенового хлебобулочного изделия муки чиа и люпиновой муки в качестве бесклейковинного сырья при замене маргарина или растительного масла на заменитель молочного жира энзимной переэтерификации по

ГОСТ 31648 и внесение в качестве загустителя и структурообразователя БПС позволяет:

- повысить пищевую ценность изделия за счет обеспечения высокого содержания в нем незаменимых ω -3 ПНЖК при соблюдении баланса ω -6 : ω -3, рекомендуемого для лечебного питания, высокого содержания пищевых волокон и увеличения содержания белка при сохранении хороших органолептических и физико-химических показателей качества;
- обеспечить необходимую лечебно-профилактическую направленность изделий за счет благоприятного влияния на процесс липидного обмена;
- повысить качество изделий из бесклейковинного сырья;
- расширить ассортимент безглютеновой продукции.

Актуальность и новизна исследований подтверждена получением патента Российской Федерации [26].

Сведения об авторах

Зайцева Лариса Валентиновна (Larisa V. Zaytseva) – доктор технических наук, заместитель директора по научной работе АНО «ЦНИИСЖТ» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: lavaza@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8176-1650>

Юдина Тамара Алексеевна (Tamara A. Yudina) – кандидат технических наук, доцент кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий Московского государственного университета пищевых производств (Москва, Российская Федерация)

E-mail: yudina1946@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7618-596X>

Рубан Наталья Викторовна (Natalya V. Ruban) – кандидат технических наук, доцент кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий Московского государственного университета пищевых производств (Москва, Российская Федерация)

E-mail: nataligato@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2511-172X>

Бессонов Владимир Владимирович (Vladimir V. Bessonov) – доктор биологических наук, заведующий лабораторией химии пищевых продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: bessonov@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3587-5347>

Мехтиев Вадим Сейдулаевич (Vadim S. Mekhtiev) – кандидат технических наук, менеджер по разработке инновационных технологических проектов ООО «Протеин Плюс» (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

E-mail: vadim.dag@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2133-6024>

Литература

- Об основах государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года: распоряжение Правительства РФ от 25.10.2010 № 1873-р // Рос. газ. 03.11.2010. С. 19.
- Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 29.07.2016 № 1364-р.
- Чугунова О.В., Лейберова Н.В. Способ производства безглютенового кекса «Лимонный с цукатами». Пат. РФ 2458508, 2011.
- Чугунова О.В., Лейберова Н.В. Способ производства безглютенового сахарного печенья «Веселые звездочки». Пат. РФ 2466541, 2011.
- Жаркова И.М., Хромых М.В. Способ производства безглютенового мучного кондитерского изделия. Пат. РФ 2538400, 2012.
- Магомедов Г.О., Шевякова Т.А., Сибирко К.И. Способ производства безглютенового печенья. Пат. РФ 2541654, 2015.
- Rade-Kukic R., King L.R., Gloria-Hernandes H. Gluten-free biscuits comprising Brassicaceae seed protein. PCT/EP2016/076245, 2016.
- Жаркова И.М., Мирошниченко Л.А., Росляков Ю.Ф., Кликонос А.А. Способ производства безглютенового хлеба. Пат. РФ 2579257, 2015.
- Щеколдина Т.В., Сокол Н.В., Христенко А.Г., Черниховец Е.А. Способ приготовления безглютенового печенья. Пат. РФ 2618119, 2016.
- Paulus J., Perez-Gonzalez A.J., Dar Y.L., Kulkarni R. Gluten-free bakery products. EP 2269464, 2010.
- A balanced omega-6/omega-3 fatty acids ratio, cholesterol and coronary heart disease : World review of nutrition and dietetics. Vol. 100 / Ed.: A.P. Simopoulos, F. De Meester et al. Basel : Karger, 2009. 125 p.
- Зайцева Л.В., Нечаев А.П. Полиненасыщенные жирные кислоты в питании: современный взгляд // Пищ. пром-сть. 2014. № 4. С. 14–19.
- Fats and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2010 (FAO Food and Nutrition Paper 91). 170 p.
- Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. МР 2.3.1.2432-08. М. : Минздрав России, 2008. 42 с.
- Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. 4-е изд., перераб. и доп. СПб. : ГИОРД, 2004. 264 с.
- Богатырева Т.Г., Рубан Н.В., Васькина В.А., Белявская И.Г. Белок-полисахаридные смеси для увеличения продолжительности хранения масляных кремов // Пищ. пром-сть. 2015. № 3. С. 24–26.
- Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Байков В.Г., Лаврова А.В. Влияние муки чиа с высоким содержанием ω -3 жирных кислот на показатели качества и пищевую ценность хлеба // Хлебопродукты. 2014. № 3. С. 48–50.
- Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Байков В.Г. Обогащение хлебобулочных изделий ω -3 жирными кислотами // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2014. № 7. С. 24–27.
- Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Клевцев М.А. Производство хлебобулочных изделий для здорового питания с использованием заменителя молочного жира энзимной переэтерификации // Пищ. пром-сть. 2012. № 5. С. 70–72.
- Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Юдин А.Ю., Клевцев М.А. Использование молочного жира энзимной переэтерификации для повышения качества хлеба // Хлебопродукты. 2012. № 6. С. 60–62.
- Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Байков В.Г., Лаврова А.В. Влияние совместного внесения муки чиа и жирового продукта энзимной переэтерификации на качество и пищевую ценность пшеничного хлеба // Хлебопродукты. 2014. № 4. С. 60–62.
- Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Рубан Н.В. Качество ржаных лепешек с добавлением муки чиа и масложирового продукта энзимной переэтерификации // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 5. С. 31–34.
- Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Рубан Н.В. Влияние муки чиа на пищевую ценность и сохранение свежести ржаных лепешек // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 6. С. 25–28.
- Красильников В.Н., Мехтиев В.С., Маркина В.Ю., Тимошенко Ю.А. Люпин: создание продуктов питания функционального назначения, вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны // Хранение и переработка сельхозсырья. 2015. № 8. С. 43–49.
- Мехтиев В.С. Белки зерна люпина узколистного: их биохимические и технологические свойства, использование в продукции для профилактического питания: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2009.
- Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Рубан Н.В., Юдин А.Ю., Спиригов А.Н. Способ производства безглютенового хлеба. Пат. РФ 2693092, 2019.

References

- On the basis of the Russian Federation's state policy in the field of healthy nutrition for the period up to 2020: Order of the RF Government of 25.10.2010 number 1873-r. Rossiyskaya gazeta [Russian Newspaper]. 03.11.2010: 19. (in Russian)
- Strategies to improve the quality of food products in the Russian Federation until 2030: Order of the RF Government of 29.07.2016 number 1364-r. (in Russian)
- Chugunova O.V., Leyberova N.V. The technology of gluten-free cake processing. Pat. RU 2458508; 2012. (in Russian)
- Chugunova O.V., Leyberova N.V. The technology of gluten-free sugar cookies "Funny stars" processing. Pat. RU 2466541; 2012. (in Russian)
- Zharkova I.M., Khromykh M.V. The technology of gluten-free flour confectionery product processing. Pat. RU 2538400; 2014. (in Russian)
- Magomedov G.O., Shevyakova T.A., Sibirko K.I. The technology of gluten-free cake processing. Pat. RU 2541654; 2015. (in Russian)
- Rade-Kukic R., King L.R., Gloria-Hernandes H. Gluten-free biscuits comprising Brassicaceae seed protein. PCT/EP2016/076245; 2016.
- Zharkova I.M., Miroshnichenko L.A., Roslyakov Yu.F., Kliornos A.A. Method of production of gluten-free bread. Pat. RU 2579257; 2015. (in Russian)
- Schekoldina T.V., Sokol N.V., Khristenko A.G., Chernikhovets E.A. A method of preparing gluten-free cookies. Pat. RU 2618119; 2016. (in Russian)
- Paulus J., Perez-Gonzalez A.J., Dar Y.L., Kulkarni R. Gluten-free bakery products. EP 2269464; 2010.
- A balanced omega-6/omega-3 fatty acids ratio, cholesterol and coronary heart disease : World review of nutrition and dietetics. Vol. 100. Ed. by A.P. Simopoulos, F. De Meester, et al. Basel: Karger; 2009: 125 p.
- Zaytseva L.V., Nechaev A.P. Polyunsaturated fatty acids in the nutrition: modern view. Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]. 2014; (4): 14–9. (in Russian)
- Fats and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2010 (FAO Food and Nutrition Paper 91). 170 p.
- Standards of physiological needs for energy and feedstuffs for various groups of the population of the Russian Federation. Metodicheskie

- rekomentatsii. MR 2.3.1.2432-08. Moscow: Ministry of Health-care of the Russian Federation; 2008: 42 p. (in Russian)
15. Puchkova L.I. Laboratory practicum on technology of baking production. 4 ed. St. Petersburg: GIORД, 2004: 264 p. (in Russian)
 16. Bogatyreva T.G., Ruban N.V., Vaskina V.A., Belyavskaya I.G. Protein-polysaccharide mixtures for increasing the duration of storage of oil creams. *Pishchевaya promyshlennost' [Food Industry]*. 2015; (3): 24–6. (in Russian)
 17. Zaitseva L.V., Yudina T.A., Baykov V.G., Lavrova A.V. Effect of chia flour with a high content of ω -3 fatty acids on quality and nutritional value of bread. *Khleboprodukty [Bread Products]*. 2014; (3): 48–50. (in Russian)
 18. Zaitseva L.V., Yudina T.A., Baykov V.G. Enrichment of bakery products omega-3 fatty acids. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo [Confectionery and Bakery Production]*. 2014; (7): 24–7. (in Russian)
 19. Zaitseva L.V., Yudina T.A., Klevets M.A. Production of bakery products for a healthy diet using a milk fat replacer enzyme transesterification. *Pishchевaya promyshlennost' [Food Industry]*. 2012; (5): 70–2 (in Russian)
 20. Zaitseva L.V., Yudina T.A., Yudin A.Yu., Klevets M.A. Use of substitute of dairy fat of an enzyme retherification for improvement of white bread quality. *Khleboprodukty [Bread Products]*. 2012; (6): 60–2. (in Russian)
 21. Zaitseva L.V., Yudina T.A., Baykov V.G., Lavrova A.V. Combined effect of chia flour and fat product enzymatic transesterification on quality and nutritional value of wheat bread. *Khleboprodukty [Bread Products]*. 2014; (4): 60–2. (in Russian)
 22. Zaitseva L.V., Yudina T.A., Ruban N. The quality of the rye flatbread with the addition of flour of Chia oil and fat and the product of enzymatic interesterification. Storage and processing of agricultural products [*Khranenie i Pererabotka Sel'khozsyrya*]. 2017; (5): 31–4. (in Russian)
 23. Zaitseva L.V., Yudina T.A., Ruban N. The effect of Chia flour on the nutritional value and freshness of rye cakes. Storage and processing of agricultural products [*Khranenie i Pererabotka Sel'khozsyrya*]. 2017; (6): 25–8. (in Russian)
 24. Krasilnikov V.N., Mekhtiev V.S., Markina V.Yu., Timoshenko Yu.A. Lupin: creation of functional food products, contribution to food security of the country. Storage and processing of agricultural products [*Khranenie i Pererabotka Sel'khozsyrya*]. 2015; (8): 43–9. (in Russian)
 25. Mekhtiev V.S. Proteins of lupine grain : their biochemical and technological properties, use in products for preventive nutrition: Diss. St. Petersburg; 2009. (in Russian)
 26. Zaitseva L.V., Yudina T.A., Ruban N.V., Yudin A. Yu., Spirugov A.N. The technology of gluten-free bread processing. Pat. RU 2693092; 2019. (in Russian)

Для корреспонденции

Хомич Людмила Михайловна – руководитель проекта РСРС
 Адрес: 125315, Российская Федерация, г. Москва,
 Ленинградский проспект, д. 80, корп. 66
 Телефон: (903) 256-26-03
 E-mail: rsps@rsps.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4312-3559>

Хомич Л.М.¹, Перова И.Б.², Эллер К.И.²

Нутриентный профиль морковного сока

Carrot juice nutritional profile

Khomich L.M.¹, Perova I.B.², Eller K.I.²

¹ Некоммерческая организация «Российский союз производителей соков», 125315, г. Москва, Российская Федерация

² ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, г. Москва, Российская Федерация

¹ Non-Commercial organization “Russian Union of Juice Producers”, 125315, Moscow, Russian Federation

² Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

Морковный сок – один из основных продуктов переработки моркови и второй по популярности овощной сок после томатного. Благодаря присутствию в морковном соке комплекса различных пищевых и биологически активных веществ, он может вносить значительный вклад в поддержание здорового питания человека.

Цель исследования – установление нутриентного профиля морковного сока.

Материал и методы. Исследованы параметры морковного сока промышленного производства, характеризующие его пищевую и биологическую ценность. Результаты этих экспериментов сравнивали с данными профилей биологически активных веществ морковного сока из справочников и научных публикаций.

Результаты и обсуждение. Установленный нутриентный профиль включает данные о содержании более 30 пищевых и биологически активных веществ. Преобладающим сахаром в морковном соке является сахароза, концентрации глюкозы и фруктозы значительно ниже. Среди органических кислот преобладает L-яблочная кислота, в то время как содержание лимонной кислоты обычно в 5–10 раз ниже, чем L-яблочной. Общая кислотность морковного сока низкая, в среднем в 100 см³ сока присутствует 0,25 мг органических кислот. Морковный сок является относительно богатым источником ряда витаминов и минеральных веществ. Порция (200–250 см³) промышленного морковного сока в среднем содержит около 18% от рекомендуемой суточной потребности (РСП) в калии, 9% – в магнии, 8% – в железе, 12% – в меди и около 14% – в марганце. Витамины

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Для цитирования: Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль морковного сока // *Вопр. питания*. 2020. Т. 89, № 1. С. 86–95. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10010

Статья поступила в редакцию 25.12.2019. Принята в печать 24.01.2020.

Funding. The study had no sponsor support.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Carrot juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (1): 86–95. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10010 (in Russian)

Received 25.12.2019. Accepted 24.01.2020.

в значительной степени представлены β -каротином и другими каротиноидами (более 400% от РСП в порции), а также ниацином, биотином и пантотеновой кислотой – около 7% от РСП в порции для каждого из этих витаминов. Содержание витаминов E и K в порции в среднем составляет соответственно 17 и 10% от РСП. Неосветленный морковный сок содержит около 1,1 г пищевых волокон в 100 см³, в том числе пектинов – около 0,2 г/100 см³.

Заключение. Основываясь на результатах данного исследования, морковный сок может рассматриваться как существенный источник минорных биологически активных веществ, главным образом каротиноидов, витаминов E и K, витаминов группы B: ниацина, биотина, пантотеновой кислоты, минеральных веществ: калия, магния, железа, меди, марганца, а также пищевых волокон.

Ключевые слова: морковный сок, нутриентный профиль, микронутриенты, биологически активные вещества, каротиноиды, пищевые волокна

Carrot juice is one of the main products of carrot processing and the second most popular vegetable juice after tomato. Due to the presence of a complex of various nutritive and biologically active substances (BAS) carrot juice can make a significant contribution to maintaining human healthy diet.

The aim of the study was to establish the nutrient profile of carrot juice.

Material and methods. A study of parameters of carrot juice of industrial production, characterizing its nutritional and biological value was carried out. The results of these experiments were compared with the data of BAS profiles of carrot juice from reference books and scientific publications.

Results and discussion. The established nutrient profile includes data about content of more than 30 nutrients and BAS. The sucrose is the predominant carbohydrate in carrot juice; glucose and fructose concentrations are substantially lower. Among organic acids predominates L-malic acid whereas content of citric acid is usually 5–10 fold lower than that of L-malic acid. The total acidity of carrot juice is low, on average 0.25 mg of organic acids is present in 100 cm³ of juice. Carrot juice is a relatively rich source of a number of vitamins and minerals. A serving (200–250 cm³) of industrial carrot juice on average contains around 18% of the recommended daily intake (RDI) for potassium, 9% for magnesium, 8% for iron, 12% for copper and 14% for manganese. Vitamins are represented to a large extent by β -carotene and other carotenoids (more than 400% of the RDI in a serving), as well as niacin, biotin and pantothenic acid – about 7% of the RDI in a serving for each of these vitamins. The content of vitamins E and K in serving averages 17 and 10% of the RDI respectively. Not clarified carrot juice contains about 1.1 g of dietary fiber in 100 cm³, including pectins – about 0.2 g/100 cm³.

Conclusion. Based on the results of this investigation the carrot juice might be considered as a substantial source of minor BAS mostly carotenoids, vitamins E and K, group B vitamins: niacin, biotin, pantothenic acid, mineral substances: potassium, magnesium, iron, copper, manganese, as well as dietary fiber.

Keywords: carrot juice, nutrient profile, micronutrients, biologically active substances, carotenoids, dietary fiber

Морковь (*Daucus carota* L.) является корнеплодной культурой, представленной практически во всех регионах мира. Морковь и морковный сок благоприятно влияют на различные системы человеческого организма [1], оказывая в том числе гипотензивное, кардиопротекторное и антиоксидантное действие [2–4]. Цвет корнеплода может быть белым, желтым, оранжевым, красным, фиолетовым (иногда почти черным) в зависимости от присутствующих в нем красящих пигментов. Желтый цвет обусловлен присутствием каротиноида лютеина [5], красный – каротиноида ликопина [6], фиолетовый – флавоноидами антоцианового ряда [7–9]. Наиболее популярны сорта моркови оранжевого цвета, богатые β -каротином. По оценке специалистов, оранжевая морковь и продукты ее переработки являются основным источником провитамина A в рационе человека [10], при

этом сообщается о высокой биодоступности каротиноидов моркови [11]. Для целей сокового производства, как правило, используется морковь оранжевых сортов, также промышленное значение имеет концентрированный сок из моркови фиолетового цвета – натуральный пищевой краситель (E163), который применяется при производстве сокосодержащих напитков, молочной продукции, кондитерских изделий.

Согласно данным литературы морковный сок содержит пищевые волокна, витамины (водо- и жирорастворимые), макро- и микроэлементы, при этом в значениях, приведенных в различных справочниках, наблюдается существенный разброс. Публикации в научной литературе свидетельствуют о присутствии в моркови полифенольных соединений, таких как флавоноиды [12–14], фенольные кислоты и изокумарины [15, 16]. Независимо от

сорта среди полифенольных соединений в моркови преобладает хлорогеновая кислота. В существенно меньших по сравнению с хлорогеновой кислотой количествах обнаружены нео- и криптохлорогеновая кислота, кофейная кислота, ферулоил- и кумароиллинные кислоты, п-гидроксibenзойная кислота и их производные [17–19].

Морковный сок является вторым по популярности овощным соком после томатного, а морковные соки промышленного производства довольно широко представлены на полках российских магазинов. Исследования таких соков необходимы для дополнения и уточнения информации, имеющейся в литературе.

Цель работы – сравнительный анализ полученных результатов исследования морковного сока и существующих данных справочников и научных публикаций для более полного и достоверного установления нутриентного профиля морковного сока.

Статья продолжает серию публикаций о нутриентных профилях соковой продукции [20–28].

Материал и методы

Проанализирована информация из 12 справочников о содержании в морковном соке макро- и микронутриентов [29–40] и опубликованные данные исследований морковного сока на содержание в нем различных пищевых и биологически активных веществ [4, 41–46].

РСПС проведены испытания морковных соков промышленного производства, представленных на российском рынке. Образцы исследовали в аккредитованных лабораториях: ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия), Испытательном центре ГЭАЦ «СОЭКС» (Москва, Россия), лаборатории Eurofins (Нант, Франция), а также в научно-исследова-

Таблица 1. Методы исследований, использованные для определения содержания пищевых и биологически активных веществ в морковном соке

Table 1. Methods used to determine the content of nutrients and biologically active substances in carrot juice

Вещество <i>Substance</i>	Метод определения <i>Determination Method</i>	Вещество <i>Substance</i>	Метод определения <i>Determination Method</i>
Глюкоза <i>Glucose</i>	ГОСТ 31669-2012 «Продукция соковая. Определение сахарозы, глюкозы, фруктозы и сорбита методом высокоэффективной жидкостной хроматографии»	Витамин B ₂ <i>Vitamin B₂</i>	EN 14152:2006 «Foodstuffs – Determination of vitamin B ₂ by HPLC»
Фруктоза <i>Fructose</i>		Ниацин <i>Niacin</i>	EN 15652:2009 «Foodstuffs – Determination of niacin by HPLC»
Сахароза <i>Sucrose</i>		Витамин B ₆ <i>Vitamin B₆</i>	EN 14164:2014 «Foodstuffs. Determination of vitamin B ₆ by high performance chromatography»
Лимонная кислота <i>Citric acid</i>	ГОСТ 32771-2014 «Продукция соковая. Определение органических кислот методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии»	Фолаты <i>Folates</i>	АОАС 2013.13 «Определение содержания фолатов»
L-яблочная кислота <i>L-malic acid</i>	ГОСТ 32771-2014 «Продукция соковая. Определение органических кислот методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии»	Пантотеновая кислота <i>Pantothenic acid</i>	АОАС 2012.16 «Определение содержания пантотеновой кислоты»
Калий <i>Potassium</i>	ГОСТ 33462-2015 «Продукция соковая. Определение натрия, калия, кальция и магния методом атомно-абсорбционной спектроскопии»	Биотин <i>Biotin</i>	J AOAC vol 93 no. 5 – 2010 (biotin is determined by liquid chromatography with MS detection)
Магний <i>Magnesium</i>		β-Каротин <i>β-Carotene</i>	ГОСТ 33277-2015 «Продукция соковая. Определение массовой концентрации каротиноидов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии»
Кальций <i>Calcium</i>		Витамин E <i>Vitamin E</i>	EN 12822:2014 «Foodstuffs – Determination of vitamin E by high performance liquid chromatography – Measurement of α-, β-, γ- and δ-tocopherols»
Фосфор <i>Phosphorus</i>	ГОСТ Р 51430-99 «Соки фруктовые и овощные. Спектрофотометрический метод определения содержания фосфора»	Витамин K <i>Vitamin K</i>	EN 14148:2003 «Foodstuffs – Determination of vitamin K1 by HPLC»
Железо <i>Iron</i>	ASU L00.00-144 «Determination of the minerals calcium, potassium, magnesium, sodium, phosphorus and sulfur as well as the trace elements iron, copper, manganese, zinc in foodstuff by optical emission spectrometry with inductive coupled plasma (ICP-OES)»	Пектины <i>Pectins</i>	ГОСТ 29059-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ» IFU 26 «Pectin»
Медь <i>Copper</i>		Пищевые волокна <i>Dietary fiber</i>	ГОСТ 54014-2010 «Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом» Total Dietary Fiber Method: Internal, Enzymatic-gravimetry (внутренняя методика лаборатории Eurofins, Франция)
Марганец <i>Manganese</i>			
Витамин C <i>Vitamin C</i>	ГОСТ 31643-2012 «Продукция соковая. Определение аскорбиновой кислоты методом высокоэффективной жидкостной хроматографии»		
Витамин B ₁ <i>Vitamin B₁</i>	EN 14122:2014 «Foodstuffs – Determination of vitamin B ₁ by high performance liquid chromatography»		

тельских центрах и производственных лабораториях членов РСПС (ООО «Пепсико Холдингс», АО «Мултон», АО «ПРОГРЕСС»). Определяемые вещества и методы, использованные для исследований, приведены в табл. 1.

Результаты и обсуждение

Углеводы (моно- и дисахариды)

По данным справочников, сахара морковного сока представлены глюкозой, фруктозой и сахарозой [29–31]. Результаты исследований морковных соков промышленного производства в целом соответствуют информации, приведенной в справочниках. Суммарное содержание моно- и дисахаридов в морковном соке, по данным исследований, составило 3,1–7,5 г/100 см³, при этом преобладающим сахаром является сахароза. Для большинства соков соотношение глюкозы, фруктозы и сахарозы близко к 1:1:3. Данные литературы по содержанию моно- и дисахаридов в морковном соке и результаты исследований морковных соков промышленного производства приведены в табл. 2.

Пищевые волокна

Морковные соки при изготовлении не осветляются и всегда содержат пищевые волокна, как растворимые – пектины, так и нерастворимую целлюлозу, являющуюся составной частью мякоти – нерастворимых частиц плодовой ткани. Согласно данным, приведенным в [30], концентрация пектинов в морковном соке в среднем составляет 0,185 г/100 см³. Содержание целлюлозы и общее содержание пищевых волокон (растворимых и нерастворимых) в морковном соке зависит от содержания в нем мякоти. По данным разных справочников, общее содержание пищевых волокон в морковном соке составляет в среднем 0,32–1,0 г/100 см³ [30–38, 40]. Проведенные исследования ($n=10$) показывают, что пектины в морковных соках промышленного производства присутствуют в концентрациях 0,10–0,66 г/100 см³ ($M=0,26$ г/100 см³), а суммарное содержание пищевых волокон варьирует от 0,69 до 2,57 г/100 см³ ($M=1,47$ г/100 см³).

Органические кислоты

Данные литературы [29] показывают, что органические кислоты в морковном соке представлены в значительной степени L-яблочной кислотой. Лимонная кислота присутствует в концентрациях в 5–10 раз ниже. Результаты исследований морковных соков промышленного производства в целом соответствуют данным литературы (табл. 3). Кислотность морковного сока невысока – общее содержание органических кислот находится на уровне в среднем 0,25 г/100 см³.

Калий

По данным справочников, в 100 см³ морковного сока содержится 130–450 мг калия [29–40], при этом

Таблица 2. Содержание моно- и дисахаридов в морковном соке, г/100 см³ [M (min–max)]

Table 2. The content of mono- and disaccharides in carrot juice, g/100 cm³ [M (min–max)]

Источник Source	Моно- и дисахариды Mono- and disaccharides			
	глюкоза glucose	фруктоза fructose	сахароза sucrose	суммарно total
[29]	(0,3–1,8)	(0,3–1,5)	(2–5)	–
[30]	0,557	0,541	2,420	3,518
[31]	1,3	1,4	3,5	5,7
$n=74$	0,93 (0,13–1,88)	0,90 (0,3–1,77)	3,40 (1,8–5,02)	5,23 (3,06–7,48)

могут наблюдаться и более высокие значения содержания [29]. Исследования морковных соков промышленного производства (табл. 4) показывают, что содержание калия в них укладывается в границы, указанные в литературе.

Кальций

Содержание кальция в морковном соке, по данным справочников, изменяется в широком интервале – от 6,2 до 48 мг/100 см³ [29–40]. По данным исследований (см. табл. 4), содержание кальция в морковном соке промышленного производства находится ближе к верхней границе указанного интервала, что может быть связано с поступлением кальция из воды, используемой для восстановления сока.

Магний

Диапазон содержания магния в морковном соке, согласно справочным данным, составляет 3,5–23 мг/100 см³ [29–40]. Результаты исследований морковных соков промышленного производства показывают, что содержание в них магния в целом выше, чем указано в литературе (см. табл. 4).

Фосфор

По данным справочников, содержание фосфора в морковном соке 12,2–42 мг/100 см³ [29–40]. По результатам исследований (см. табл. 4), содержание фосфора в морковных соках промышленного производства соответствует этим данным.

Таблица 3. Содержание L-яблочной и лимонной кислот в морковном соке, г/100 см³ [M (min–max)]

Table 3. The content of L-malic and citric acids in carrot juice, g/100 cm³ [M (min–max)]

Источник Source	L-яблочная кислота L-malic acid	Лимонная кислота Citric acid	Суммарно Total
[29]	(0,1–0,45)	(0,01–0,09)	–
$n=72$	0,22 (0,11–0,34)	0,03 (0,01–0,11)	0,25 (0,14–0,40)

Таблица 4. Содержание макроэлементов в морковном соке, мг/100 см³ [M (min-max)]

Table 4. The content of minerals in carrot juice, mg/100 cm³ [M (min-max)]

Продукт Product	Калий Potassium	Кальций Calcium	Магний Magnesium	Фосфор Phosphorus
Сок морковный Carrot juice	254,8 (139,0–400,7) n=18	38,5 (18,3–47,8) n=13	16,8 (8,4–31,5) n=13	22,3 (19,6–25,1) n=5

Железо

Среднее содержание железа в морковном соке, согласно данным литературы, составляет 0,2–0,71 мг/100 см³ [30–33, 35–38, 40], при этом минимальное содержание указывается на уровне 0,15 мг/100 см³ [32]. Исследования морковных соков промышленного производства показывают, что содержание в них железа соответствует справочным данным (табл. 5).

Медь

Данные литературы по содержанию меди в морковном соке немногочисленны. Согласно [33], медь в морковном соке присутствует в концентрациях от 0,046 до 0,055 мг/100 см³, другие источники указывают средние значения содержания как 0,044–0,046 мг/100 см³ [30, 35]. Исследования морковных соков промышленного производства показывают присутствие в них меди на уровне 0,04–0,06 мг/100 см³, что соответствует данным литературы (см. табл. 5).

Марганец

Содержание марганца в морковном соке лежит в интервале 0,068–0,13 мг/100 см³ [30, 31, 33, 35]. Исследования морковных соков промышленного производства (см. табл. 5) подтверждают данные литературы.

Витамин С

Согласно данным литературы, содержание витамина С в морковном соке находится на уровне в среднем 1,2–8,5 мг/100 см³ [30–41]. Разница в значениях может быть связана как с природными колебаниями содержания витамина С в моркови, так и с особенностями технологической обработки сока. Исследование 4 образцов морковного сока промышленного производства показало содержание в них витамина С на уровне 0,02–0,21 мг/100 см³, что ниже данных литературы.

Таблица 5. Содержание микроэлементов в морковном соке, мг/100 см³ [M (min-max)]

Table 5. The content of trace elements in carrot juice, mg/100 cm³ [M (min-max)]

Продукт Product	Железо Iron	Медь Copper	Марганец Manganese
Сок морковный Carrot juice	0,45 (0,29–0,66) n=7	0,046 (0,040–0,060)	0,111 (0,074–0,133)

Витамин В₁

Справочники дают значительный разброс средних значений содержания витамина В₁ в морковном соке – от 0,01 до 0,092 мг/100 см³ [30–38, 40]. Результаты исследований образцов морковного сока промышленного производства (n=4) показывают, что содержание в них витамина В₁ ниже предела обнаружения использованного метода исследований (<0,015 мг/100 см³).

Витамин В₂

Наиболее часто встречающиеся в литературе средние значения содержания витамина В₂ в морковном соке – на уровне 0,06–0,07 мг/100 см³ [31–37, 40]. Результаты исследований образцов морковного сока промышленного производства (n=4) показывают, что содержание в них витамина В₂ находится на уровне ниже предела обнаружения использованного метода исследований (<0,01 мг/100 см³) и, таким образом, не подтверждают данные литературы.

Фолаты

По данным справочников, содержание фолатов в морковном соке составляет в среднем 0,004–0,014 мг/100 см³ [30–37, 40]. Исследование 4 образцов морковных соков промышленного производства показало, что содержание в них фолатов ниже предела обнаружения использованного метода исследований (<0,005 мг/100 см³). Поскольку содержание фолатов ниже предела обнаружения метода значимо с точки зрения уровня физиологической потребности человека в этом витамине, представляется целесообразным применение более чувствительных методов исследований для уточнения содержания фолатов в морковном соке.

Ниацин

Средние значения содержания ниацина в морковном соке, по данным справочников, 0,2–0,8 мг/100 см³ [30–38, 40]. Эти данные подтверждаются результатами исследований морковных соков промышленного производства (табл. 6).

Витамин В₆

Справочники содержат данные о присутствии витамина В₆ в морковном соке в концентрациях в среднем 0,1–0,2 мг/100 см³ [30–37, 40]. Результаты исследований образцов морковного сока промышленного производства показывают, что содержание в них витамина В₆ находится на более низком уровне (см. табл. 6).

Таблица 6. Содержание отдельных витаминов группы В в морковном соке, мг/100 см³ [M (min–max)]**Table 6.** The content of some B vitamins in carrot juice, mg/100 cm³ [M (min–max)]

Продукт Product		Ниацин Niacin	Витамин В ₆ Vitamin B ₆	Пантотеновая кислота Pantothenic acid	Биотин Biotin
Сок морковный Carrot juice	n=4	0,5 (0,2–1,0)	0,040 (0,032–0,065)	0,17 (0,12–0,21)	0,0015 (0,001–0,003)

Пантотеновая кислота

Данные литературы по содержанию пантотеновой кислоты в морковном соке немногочисленны, в среднем в 100 см³ сока содержится 0,198–0,25 мг этого витамина [30, 31, 33, 35]. Результаты исследований морковных соков промышленного производства в целом подтверждают данные справочников (см. табл. 6).

Биотин

Данные по содержанию биотина в морковном соке приведены в двух справочниках и различаются более чем в 10 раз – 0,0044 [30] и 0,0006 мг/100 см³ [31]. Исследования морковного сока промышленного производства показывают содержание биотина на уровне между имеющимися справочными значениями (см. табл. 6).

Витамин Е

Содержание витамина Е в морковном соке, согласно данным справочников, составляет 0,3–1,4 мг/100 см³ [30, 32–34, 36–38, 40]. По результатам исследований морковного сока промышленного производства (n=4), содержание витамина Е составило 0,319–1,84 мг/100 см³, в среднем 0,7 мг/100 см³, что соответствует справочным данным.

Витамин К

Справочные данные по содержанию витамина К в морковном соке немногочисленны. Согласно [31] и [33], витамин К присутствует в морковном соке в концентрациях 0,0155 и 0,016 мг/100 см³ соответственно. Исследование 4 образцов морковных соков промышленного производства показало, что содержание в них витамина К хотя и несколько ниже данных литературы – 0,002–0,01 мг/100 см³ (M=0,005 мг/100 см³), но при этом является значимым с точки зрения уровня физиологической потребности человека в этом витамине.

Каротиноиды

Цвет морковного сока определяется присутствием каротиноидов – природных органических пигментов, имеющих желтый, оранжевый или красный цвет. По данным литературы, в морковном соке присутствует порядка 15–20 различных каротиноидов, в частности α- и β-каротин (провитамины А), лютеин, зеаксантин [4, 29–40, 43]. Содержание β-каротина в морковном соке варьирует от 2 до 31 мг в 100 см³ [4, 29–40, 43]. Концентрации α-каротина в свежееотжатом морковном соке могут достигать 22,5 мг/100 см³ [43]. Содержа-

ние лютеина и зеаксантина находится на более низком уровне – 0,1–0,8 и 0,05 мг/100 см³ соответственно [4, 43]. Общее содержание каротиноидов в морковном соке, по данным разных источников, составляет от 3 до

Таблица 7. Энергетическая ценность, содержание макронутриентов и органических кислот в морковном соке (для сока с содержанием растворимых сухих веществ 8,0%)**Table 7.** Energy value, the content of macronutrients and organic acids in carrot juice (for juice with a soluble solids content of 8.0%)

Показатель Parameter	Содержание в среднем, в 100 см ³ Average content, in 100 cm ³
Энергетическая ценность, кДж/ккал Energy value, kJ/kcal	122/29
Углеводы ¹ , г Carbohydrates ¹ , g	5,5
Сахара ² , г Sugars ² , g	5,5
Белок*, г Protein*, g	0,6
Жиры*, г Fats*, g	<0,5
Органические кислоты ³ , г Organic acids ³ , g	0,25
Пищевые волокна*, г Dietary fiber*, g	1,1
– в том числе пектины – including pectin	0,2

Примечание. * – значение основано на данных литературы; ¹ углеводы морковного сока представлены сахарами (глюкоза, фруктоза, сахароза); ² сахара морковного сока представлены глюкозой, фруктозой, сахарозой в соотношении 1:1:3 (в среднем). Содержание глюкозы варьирует в пределах 0,3–1,8 г/100 см³, фруктозы – 0,3–1,8 г/100 см³, сахарозы – 2–5 г/100 см³; ³ органические кислоты морковного сока представлены большей частью L-яблочной кислотой, лимонная кислота присутствует в меньших количествах. Содержание L-яблочной кислоты варьирует от 0,1 до 0,45 г/100 см³. Содержание лимонной кислоты – от 0,01 до 0,11 г/100 см³; ⁴ в морковном соке содержатся растворимые пищевые волокна (пектины) и нерастворимые пищевые волокна (целлюлоза). Содержание нерастворимых пищевых волокон может варьировать в зависимости от содержания в нем мякоти.

Note. * – value based on literature data; ¹ carbohydrates of carrot juice are represented by sugars (glucose, fructose, sucrose); ² sugars of carrot juice are represented by glucose, fructose, and sucrose in a ratio of 1:1:3 (on average). The glucose content varies between 0.3–1.8 g/100 cm³, fructose – 0.3–1.8 g/100 cm³, sucrose – 2–5 g/100 cm³; ³ organic acids of carrot juice are mostly represented by L-malic acid, citric acid is present in smaller amounts. The content of L-malic acid varies from 0.1 to 0.45 g/100 cm³. The content of citric acid is from 0.01 to 0.11 g/100 cm³; ⁴ carrot juice contains soluble dietary fiber (pectins) and insoluble dietary fiber (cellulose). The content of insoluble dietary fiber may vary depending on the content of pulp in it.

Таблица 8. Содержание микронутриентов и минорных биологически активных веществ в морковном соке, мг/100 см³

Table 8. The content of micronutrients and minor biologically active substances in carrot juice, mg/100 cm³

Вещество Substance	Min	Max	В среднем Average
<i>Макроэлементы Minerals</i>			
К (калий) K (potassium)	130	450	260
Ca (кальций) Ca (calcium)	6	48	25
Mg (магний) Mg (magnesium)	3,5	30	15
P (фосфор) P (phosphorus)	12	42	20
<i>Микроэлементы Trace elements</i>			
Fe (железо) Fe (iron)	0,15	0,8	0,45
Zn (цинк)* Zn (zinc)*	0,07	0,12	0,1
Cu (медь) Cu (copper)	0,04	0,06	0,05
Mn (марганец) Mn (manganese)	0,06	0,14	0,11
I (йод)* I (iodine)*	–	–	0,003
Se (селен)* Se (selenium)*	–	–	0,0004
<i>Водорастворимые витамины Water soluble vitamins</i>			
C C	N/o N/d	1	0,1
B ₁ B ₁	–	–	<0,015
B ₂ B ₂	–	–	<0,01
Ниацин** Niacin**	–	–	0,5
B ₆ B ₆	–	–	0,04
Фолаты** Folates**	–	–	<0,005
Пантотеновая кислота** Pantothenic acid**	–	–	0,17
Биотин** Biotin**	–	–	0,0015
<i>Жирорастворимые витамины Fat soluble vitamins</i>			
β-Каротин β-Carotene	2	25	9
E E	0,2	2,0	0,7
K K	0,002	0,016	0,005

Примечание. * – значение основано на данных литературы; ** – значение требует дополнительного изучения и уточнения; N/o – не обнаруживается на уровне предела обнаружения используемых методов.

Note. * – value based on literature data; ** – the value requires additional study and refinement; N/d – not detected at the detection limit of the methods used.

58 мг/100 см³ [30, 41, 43–46]. Сообщается, что концентрации каротиноидов в морковном соке чувствительны к pH – содержание каротиноидов в подкисленном морковном соке увеличивалось, что может быть связано с увеличением растворимости кристаллизованных каротиноидов, присутствующих в вакуолях растительной ткани моркови [44]. По данным исследований морковных соков промышленного производства (n=12), содержание β-каротина составило от 5,7 до 12,5 мг в 100 см³ продукта (M=9,1 мг/100 см³).

Нутриентный профиль морковного сока

Нутриентный профиль морковного сока включает информацию о содержании в нем макро- и микронутриентов, органических кислот, минорных и биологически активных веществ. При определении значений, вносимых в нутриентный профиль, приоритетными являются данные исследований сока промышленного производства.

Нутриентный профиль морковного сока представлен в табл. 7 и 8 и примечаниях к ним. Информация, представленная в нутриентном профиле, может использоваться при некоммерческих коммуникациях и не может использоваться в других целях, в том числе в целях маркировки продукции.

Заключение

На основе анализа данных литературы и результатов исследований соков промышленного производства представлен нутриентный профиль морковного сока, где приведено содержание более 30 пищевых и биологически активных веществ.

Наиболее значимыми с точки зрения обеспечения человека микронутриентами и минорными биологически активными веществами для морковного сока являются каротиноиды, в частности β-каротин (провитамин А), в порции (200–250 мл) морковного сока содержится более 400% от рекомендуемого ежедневного потребления этого вещества (адекватный уровень суточного потребления согласно [47]). Также морковный сок в 1 порции содержит около 7% от рекомендуемого суточного потребления [47] витаминов группы В – ниацин, биотин, пантотеновая кислота, в среднем 17% от суточной потребности [47] витамина Е и около 10% от рекомендуемого суточного потребления [48] витамина К. В порции морковного сока промышленного производства в среднем содержится 18% от суточной потребности человека в калии, 9% – в магнии, 8% – в железе, 12% – в меди и около 14% – в марганце (суточная потребность согласно [47] и [48]). В морковном соке присутствуют пищевые волокна – около 1,1 г/100 см³ (9% от суточной потребности [47] в порции), в том числе пектины – около 0,2 г/100 см³ (25% от суточной потребности [48] в порции).

Полученные данные могут быть полезны для уточнения таблиц химического состава пищевых продуктов.

Сведения об авторах

Хомич Людмила Михайловна (*Lyudmila M. Khomich*) – руководитель проекта РСФС (Москва, Российская Федерация)
E-mail: l.homich@rsps.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4312-3559>

Перова Ирина Борисовна (*Irina B. Perova*) – кандидат фармацевтических наук, старший научный сотрудник лаборатории метаболомного и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: Erin.Feather@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5975-1376>

Эллер Константин Исаакович (*Konstantin I. Eller*) – доктор химических наук, главный научный сотрудник ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)

E-mail: ellki42@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1046-4442>

Литература

- Silva Dias J.C. Nutritional and health benefits of carrots and their seed extracts // *Food Nutr. Sci.* 2014. Vol. 5, N 22. P. 2147–2156. doi: 10.4236/fns.2014.52227
- Sarfaz S., Farooq N. Non pharmacological use of daucus carota juice (carrot juice) as dietary intervention in reducing hypertension // *Enz. Eng.* 2016. Vol. 5, N 2. doi: 10.4172/2329-6674.1000147
- Potter A.S., Foroudi S., Stamatikos A. et al. Drinking carrot juice increases total antioxidant status and decreases lipid peroxidation in adults // *Nutr. J.* 2011. Vol. 10. P. 96. doi: 10.1186/1475-2891-10-96
- Butalla A.C., Crane T.E., Patil B., Wertheim B.C., Thomson P., Thomson C.A. Effects of a carrot juice intervention on plasma carotenoids, oxidative stress, and inflammation in overweight breast cancer survivors // *Nutr Cancer.* 2012. Vol. 64, N 2. P. 331–341. doi: 10.1080/01635581.2012.650779
- Dias J.S. Major classes of phytonutrients in vegetables and health benefits: a review // *J. Nutr. Ther.* 2012. Vol. 1. P. 31–62. doi: 10.13140/RG.2.1.1282.1922
- Dias J.S. Nutritional quality and health benefits of vegetables: a review // *Food Nutr. Sci.* 2012. N 3. P. 1354–1374. doi: 10.4236/fns.2012.310179
- Sun T., Simon P.W., Tamumihardjo S.A. Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors // *J. Agric. Food Chem.* 2009. Vol. 57, N 10. P. 4142–4147. doi: 10.1021/jf9001044
- Claudio S.R., Gollucke A.P.B., Yamamura H., Morais D.R., Batalion G.A., Eberlin M.N. et al. Purple carrot extract protects against cadmium intoxication in multiple organs of rats: Genotoxicity, oxidative stress and tissue morphology analyses // *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2016. Vol. 33. P. 37–47. doi: 10.3390/molecules22101610
- Mizgier P., Kucharska A. Z., Sokół-Łętowska A., Kolniak-Ostek J., Kidoń M., Fecka I. Characterization of phenolic compounds and antioxidant and anti-inflammatory properties of red cabbage and purple carrot extracts // *J. Funct. Foods.* 2016. Vol. 21. P. 133–146. doi: 10.1186/s43014-019-0003-6
- Klein C., Rodríguez-Concepción M. Carotenoids in carrot. In: Chen C. (eds) *Pigments in fruits and vegetables*. New York : Springer, 2015. P. 217–228. doi: 10.1007/978-1-4939-2356-4_11
- Van het Hof K.H., West C.E., Weststrate J.A., Hautvast, J.G. Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids // *J. Nutr.* 2000. Vol. 130. P. 503–506. doi: 10.1093/jn/130.3.503
- Ching L.S., Mohamed S. Alpha-tocopherol content of 62 edible tropical plants // *J. Agric. Food Chem.* 2001. Vol. 49. P. 3101–3105. doi: 10.1021/jf000891u
- Lila M.A. Anthocyanins and human health: an in vitro investigative approach // *J. Biomed. Biotechnol.* 2004. N 5. P. 306–313. doi: 10.1155/S111072430440401X
- Horbowicz M., Kosson R., Grzesiuk A., Bski H.D. Anthocyanins of fruits and vegetables – their occurrence analysis and role in human nutrition // *Veg. Crop. Res. Bull.* 2008. Vol. 68. P. 5–22. doi: 10.2478/v10032-008-0001-8
- Zhang D., Hamazu Y. Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.) // *J. Food Agric. Environ.* 2004. Vol. 2. P. 95–100. https://www.researchgate.net/profile/Yasunori_Hamazu/publication/228475510_Phenolic_compounds_and_their_antioxidant_properties_in_different_tissues_of_carrots_Daucus_carota_L/links/0046351f24519e294f000000/Phenolic-compounds-and-their-antioxidant-properties-in-different-tissues-of-carrots-Daucus-carota-L.pdf
- Lim T.K. *Edible medicinal and non-medicinal plants*. Vol. 9 : Modified stems, roots, bulbs. Dordrecht : Springer, 2015. P. 374–416. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9511-1>
- Alasavar C., Grigor J.M., Zhang D., Quantick P.C., Shahidi F. Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties // *J. Agric. Food Chem.* 2001. Vol. 49, N 3. P. 1410–1416. doi: 10.1021/jf000595h
- Arscott S.A., Tanumihardjo S.A. Carrot of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food // *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2010. Vol. 9. P. 223–239. doi: 10.1111/j.1541-4337.2009.00103.x
- Ma T., Sun X. Influence of technical processing units on polyphenols and antioxidant capacity of carrot (*Daucus carota* L.) juice // *Food Chem.* 2013. Vol. 141. P. 1637–1644. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.04.121
- Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б. Нутриентный профиль яблочного сока // *Вопр. питания.* 2017. Т. 86, № 4. С. 125–136. doi: 10.24411/0042-8833-2017-00068
- Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б. Нутриентный профиль апельсинового сока // *Вопр. питания.* 2017. Т. 86, № 6. С. 103–113. doi: 10.24411/0042-8833-2017-00012.
- Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Бекетова Н.А. Нутриентный профиль томатного сока // *Вопр. питания.* 2018. Т. 87, № 2. С. 53–64. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10019
- Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль вишневого сока // *Вопр. питания.* 2018. Т. 87, № 4. С. 78–86. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10045
- Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль грейпфрутового сока // *Вопр. питания.* 2018. Т. 87, № 5. С. 85–94. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10057
- Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль виноградного сока // *Вопр. питания.* 2018. Т. 87, № 6. С. 95–105. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10071
- Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль ананасового сока // *Вопр. питания.* 2019. Т. 88, № 2. С. 76–85. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10020
- Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль гранатового сока // *Вопр. питания.* 2019. Т. 88, № 5. С. 80–92. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10057

28. Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль персикового сока-пюре // *Вопр. питания*. 2019. Т 88, № 6. С. 100–109. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10070
29. Свод правил для оценки качества фруктовых и овощных соков. АИЖН (Европейская ассоциация производителей фруктовых соков) / пер. на русск. яз.: Некоммерческая организация «Российский союз производителей соков» (РСПС). М.: Планета, 2019.
30. German Nutrient Database: BLS online portal. URL: <https://www.vitaminedb.net/lebensmittel/> (дата обращения: 27.12.2019).
31. Estonian food composition database, online version. URL: http://tka.nutridata.ee/index.action?request_locale=ru (дата обращения: 27.12.2019).
32. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. URL: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/> (дата обращения: 27.12.2019).
33. Table ciqual, composition nutritionnelle des aliments de ANSES (Франция). URL: <https://pro.anses.fr/TableCIQUAL/index.htm> (дата обращения: 27.12.2019).
34. The Swedish Food Composition Database, Livsmedelsverket (Швеция). URL: <https://www.livsmedelsverket.se/en/food-and-content/naringsamnen/livsmedelsdatabasen> (дата обращения: 27.12.2019).
35. Fødevaredata, DTU Fødevareinstituttet (Дания). URL: <http://www.food.dtu.dk/Fejl/Fejl.aspx?aspxerrorpath=/> (дата обращения: 27.12.2019).
36. Bedca; Base de Datos Española de Composición de Alimentos (Испания). URL: <http://www.sennutricion.org/es/2013/05/15/base-de-datos-espala-de-composicin-de-alimentos-bedca> (дата обращения: 27.12.2019).
37. Slovak online food composition database with free access for public. URL: <http://www.pbd-online.sk/en> (дата обращения: 27.12.2019).
38. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник. М.: ДеЛи принт, 2007.
39. Souci S. W., Fachmann W., Kraut H., revised by Kirchoff E. Food composition and nutrition tables, based on the 7th ed. Stuttgart: Medpharm GmbH Scientific Publishers, 2008.
40. Banca Dati di Composizione degli Alimenti per Studi Epidemiologici in Italia (BDA) (Италия). URL: <http://www.bdaico.it/test/SearchForName.aspx?Lan=Eng> (дата обращения: 27.12.2019).
41. Martínez-Flores H.E., Garnica-Romo M.G., Bermúdez-Aguirre D., Pokhrel P.R., Barbosa-Cánovas G.V. Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage // *Food Chem*. 2015. Vol. 172. P. 650–656.
42. Hu R.-K., Zeng F., Wu L., Wan X., Chen Y., Zhang J.-C. et al. Fermented carrot juice attenuates type 2 diabetes by mediating gut microbiota in rats. *Food Funct*. 2019. Vol. 10, N 5. P. 2935–2946. doi: 10.1039/c9fo00475k
43. Stinco C.M., Szczepańska J., Marszałek K., Pinto C.A., Inácio R.S., Mapelli-Brahm P. et al. Effect of high-pressure processing on carotenoids profile, color, microbial and enzymatic stability of cloudy carrot juice. *Food Chem*. 2019. Vol. 299. P. 125112. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125112
44. Bell T., Alamzad R., Graf B.A. Effect of pH on the chemical stability of carotenoids in juice // *Proceedings of the Nutrition Society*. 2016. Vol. 75, Is. OCE3. doi:10.1017/s0029665116001099
45. Tsitlakidou P., Loey A.V., Methven L., Elmore J.S. Effect of sugar reduction on flavour release and sensory perception in an orange juice soft drink model // *Food Chem*. 2019. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.01.070
46. Liu X., Liu J., Bi J., Yi J., Peng J., Ning C., Zhang B. Effects of high pressure homogenization on pectin structural characteristics and carotenoid bioaccessibility of carrot juice. *Carbohydr. Polym*. 2019. Vol. 203. P. 176–184. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.09.055
47. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 881).
48. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: Методические рекомендации Роспотребнадзора МР 2.3.1.2432-08 от 18.12.2008.

References

1. Silva Dias J.C. Nutritional and health benefits of carrots and their seed extracts. *Food Nutr Sci*. 2014; 5 (22): 2147–56. doi: 10.4236/fns.2014.522227
2. Sarfaraz S., Farooq N. Non pharmacological use of daucus carota juice (carrot juice) as dietary intervention in reducing hypertension. *Enz Eng*. 2016; 5 (2). doi: 10.4172/2329-6674.1000147
3. Potter A.S., Foroudi S., Stamatikos A., et al. Drinking carrot juice increases total antioxidant status and decreases lipid peroxidation in adults. *Nutr J*. 2011; 10: 96. doi: 10.1186/1475-2891-10-96
4. Butalla A.C., Crane T.E., Patil B., Wertheim B.C., Thompson P., Thomson C.A. Effects of a carrot juice intervention on plasma carotenoids, oxidative stress, and inflammation in overweight breast cancer survivors. *Nutr Cancer*. 2012; 64 (2): 331–41. doi: 10.1080/01635581.2012.650779
5. Dias J.S. Major classes of phytonutriceuticals in vegetables and health benefits: a review. *J Nutr Ther*. 2012; 1 (31–62). doi: 10.13140/RG.2.1.1282.1922
6. Dias J.S. Nutritional quality and health benefits of vegetables: a review. *Food Nutr Sci*. 2012; (3): 1354–74. doi: 10.4236/fns.2012.310179
7. Sun T., Simon P.W., Tamumuhardjo S.A. Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors. *J Agric Food Chem*. 2009; 57 (10): 4142–7. doi: 10.1021/jf9001044
8. Claudio S.R., Gollucke A.P.B., Yamamura H., Morais D.R., Batalion G.A., Eberlin M.N., et al. Purple carrot extract protects against cadmium intoxication in multiple organs of rats: Genotoxicity, oxidative stress and tissue morphology analyses. *J Trace Elem Med Biol*. 2016; 33, 37–47. doi: 10.3390/molecules22101610
9. Mizgier P., Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Kolniak-Ostek J., Kidoń M., Fecka I. Characterization of phenolic compounds and antioxidant and anti-inflammatory properties of red cabbage and purple carrot extracts. *J Funct Foods*. 2016; 21: 133–46. doi: 10.1186/s43014-019-0003-6
10. Klein C., Rodríguez-Concepcion M. Carotenoids in carrot. In: Chen C. (eds) *Pigments in fruits and vegetables*. New York: Springer, 2015. P. 217–28. doi: 10.1007/978-1-4939-2356-4_11
11. Van het Hof K.H., West C.E., Weststrate J.A., Hautvast J.G. Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids. *J Nutr*. 2000; 130: 503–6. doi: 10.1093/jn/130.3.503
12. Ching L.S., Mohamed S. Alpha-tocopherol content of 62 edible tropical plants. *J Agric Food Chem*. 2001; 49, 3101–5. doi: 10.1021/jf000891u
13. Lila M.A. Anthocyanins and human health: an in vitro investigative approach. *J Biomed Biotechnol*. 2004; (5): 306–13. doi: 10.1155/S111072430440401X
14. Horbowicz M., Kosson R., Grzesiuk A., Bski H.D. Anthocyanins of fruits and vegetables – their occurrence analysis and role in human nutrition. *Veg Crop Res Bull*. 2008; 68: 5–22. doi: 10.2478/v10032-008-0001-8
15. Zhang D., Hamazu Y. Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *J Food Agric Environ*. 2004; (2): 95–100. https://www.researchgate.net/profile/Yasunori_Hamazu/publication/228475510_Phenolic_compounds_and_their_antioxidant_properties_in_different_tissues_of_carrots_Daucus_carota_L/links/0046351f24519e294f000000/Phenolic-compounds-and-

- their-antioxidant-properties-in-different-tissues-of-carrots-Daucus-carota-L.pdf
16. Lim T.K. Edible medicinal and non-medicinal plants. Vol 9. Modified stems, roots, bulbs. Dordrecht: Springer; 2014: 1036 p.
 17. Alasavar C., Grigor J.M., Zhang D., Quantick P.C., Shahidi F. Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. *J Agric Food Chem.* 2001; 49 (3): 1410–6. doi: 10.1021/jf000595h
 18. Arscott S.A., Tanumihardjo S.A. Carrot of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. *Comp Rev Food Sci Food Saf.* 2010; 9: 223–39. doi: 10.1111/j.1541-4337.2009.00103.x
 19. Ma T., Sun X. Influence of technical processing units on polyphenols and antioxidant capacity of carrot (*Daucus carota* L.) juice. *Food Chem.* 2013; 141: 1637–44. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.04.121
 20. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B. Apple juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2017; 86 (4): 125–36. doi: 10.24411/0042-8833-2017-00068 (in Russian)
 21. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B. Orange juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2017; 86 (6): 103–113. doi: 10.24411/0042-8833-2017-00012 (in Russian)
 22. Ivanova N.N., Khomich L.M., Beketova N.A. Tomato juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (2): 53–64. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10019 (in Russian)
 23. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Cherry juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (4): 78–86. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10045 (in Russian)
 24. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Grapefruit juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (5): 85–94. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10057 (in Russian)
 25. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Grape juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (6): 95–105. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10071 (in Russian)
 26. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Pineapple juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2019; 88 (2): 76–85. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10020 (in Russian)
 27. Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Pomegranate juice nutritional profile. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2019; 88 (5): 80–92. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10057 (in Russian)
 28. Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Peach juice-puree nutritional profile. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2019; 88 (6): 100–9. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10070 (in Russian)
 29. Code of practice for evaluation of fruit and vegetables juices. *AJN*. Translated into Russian by RSPS. Moscow: Planeta; 2019. (in Russian)
 30. German Nutrient Database: BLS online portal. URL: <https://www.vitaminedb.net/lebensmittel/> (date of access: 27.12.2019)
 31. Estonian food composition database, online version. URL: http://tka.nutridata.ee/index.action?request_locale=ru (date of access: 27.12.2019)
 32. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. URL: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/> (date of access: 27.12.2019)
 33. Table Ciqual, Composition Nutritionnelle des aliments de ANSES (France). URL: <https://pro.anses.fr/TableCIQUAL/index.htm> (date of access: 27.12.2019).
 34. The Swedish Food Composition Database, Livsmedelsverket (Sweden). URL: <https://www.livsmedelsverket.se/en/food-and-content/naringsamnen/livsmedelsdatabasen> (date of access: 27.12.2019).
 35. Fødevaredata, DTU Fødevareinstituttet (Denmark). URL: <http://www.food.dtu.dk/Fejl/Fejl.aspx?aspxerrorpath=/> (date of access: 27.12.2019)
 36. Bedca; Base de Datos Española de Composición de Alimentos (Spanish). URL: <http://www.sennutricion.org/es/2013/05/15/base-de-datos-espaola-de-composicin-de-alimentos-bedca> (date of access: 27.12.2019)
 37. Slovak online food composition database with free access for public. URL: <http://www.pbd-online.sk/en> (date of access: 27.12.2019)
 38. Skurikhin I.M., Tutelyan V.A. Tables of the chemical composition and calorific content of Russian food: Handbook. Moscow: DeLi print; 2007.
 39. Souci S.W., Fachmann W., Kraut H., revised by Kirchhoff E. Food composition and nutrition tables, based on the 7th edition. Stuttgart: Medpharm GmbH Scientific Publishers; 2008.
 40. Banca Dati di Composizione degli Alimenti per Studi Epidemiologici in Italia (BDA) (Italy). URL: <http://www.bdaieo.it/test/SearchForName.aspx?Lan=Eng> (date of access: 27.12.2019).
 41. Martínez-Flores H.E., Garnica-Romo M.G., Bermúdez-Aguirre D., Pokhrel P.R., Barbosa-Cánovas G.V. Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage. *Food Chem.* 2015; 172: 650–6.
 42. Hu R.-K., Zeng F., Wu L., Wan X., Chen Y., Zhang J.-C., et al. Fermented carrot juice attenuates type 2 diabetes by mediating gut microbiota in rats. *Food Funct.* 2019; 10 (5): 2935–46. doi: 10.1039/c9fo00475k
 43. Stinco C.M., Szczepańska J., Marszałek K., Pinto C.A., Inácio R.S., Mapelli-Brahm P., et al. Effect of high-pressure processing on carotenoids profile, color, microbial and enzymatic stability of cloudy carrot juice. *Food Chem.* 2019; 299: 125112. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125112
 44. Bell T., Alamzad R., Graf B. A. Effect of pH on the chemical stability of carotenoids in juice. In: *Proceedings of the Nutrition Society.* 2016; 75 (OCE3). doi: 10.1017/s0029665116001099
 45. Tsitlakidou P., Loey A.V., Methven L., Elmore J.S. Effect of sugar reduction on flavour release and sensory perception in an orange juice soft drink model. *Food Chem.* 2019. doi:10.1016/j.foodchem.2019.01.070
 46. Liu X., Liu J., Bi J., Yi J., Peng J., Ning C., et al. Effects of high pressure homogenization on pectin structural characteristics and carotenoid bioaccessibility of carrot juice. *Carbohydr Polym.* 2018; 203: 176–84. doi:10.1016/j.carbpol.2018.09.055
 47. Technical regulations of the Customs Union TR TC 022/2011 “Food products in terms of its marking” (approved by the Decision of the Commission of the Customs Union of December 9, 2011 No. 881).
 48. Methodical recommendations Rospotrebnadzor MR 2.3.1.2432-08 dated 18.12.2008 “Norms of physiological needs in energy and nutrients for different groups of the population of the Russian Federation”. (in Russian)

Для корреспонденции

Лебская Татьяна Константиновна – доктор технических наук, профессор кафедры технологии мясных, рыбных и морепродуктов НУБиП Украины
 Адрес: 03041, Украина, г. Киев, ул. Героев обороны, д. 15
 Телефон: (38) 044-527-8950
 E-mail: t_lebskaya@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-0875-2875>

Лебская Т.К., Баль-Прилипко Л.В., Менчинская А.А., Лебский С.О.

Липидный профиль черноморской травяной креветки *Palaemon adspersus* Rathke, 1837

Lipid profile of the black sea shrimp *Palaemon adspersus* Rathke, 1837

Lebskaya T.K., Bal-Prylypko L.V.,
 Menchinskaya A.A., Lebsky S.O.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, 03041, г. Киев, Украина

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 03041, Kiev, Ukraine

Липиды занимают одно из ведущих мест в обеспечении физиологических потребностей и качества жизни человека. Поэтому исследования традиционных и новых видов гидробионтов с позиций оценки пищевой ценности липидов являются актуальной задачей.

Цель исследования заключалась в изучении липидного профиля одного из массовых промысловых видов ракообразных – черноморской креветки *Palaemon adspersus* Rathke, 1837.

Материал и методы. Сбор материала проводили в мае в Хаджибейском лимане Одесской области. Лов креветки осуществляли вентерями с размером ячеи от 2,8 до 8 мм. Общая численность проанализированных особей составила 250 экземпляров. В средней пробе гепатопанкреаса креветки определяли содержание общих липидов методом Сокслета, жирнокислотный состав липидов исследовали с использованием газовой хроматографии, фракционный состав – методом тонкослойной хроматографии на силикагелевых пластинках. Все исследования проводили в 3 повторностях.

Результаты и обсуждение. Липидный профиль гепатопанкреаса черноморской креветки представлен содержанием общих липидов $10 \pm 1,8\%$, среди них триглицеридов – $35,2 \pm 5,3\%$, фосфолипидов – $16,8 \pm 3,6\%$, свободных жирных кислот – $12,5 \pm 2,1\%$, стероидов – $6,5 \pm 1,4\%$, эфиров стероидов $6,5 \pm 1,3\%$, моно- и диглицеридов – от $1,5 \pm 0,5$ до $2,7\%$ общих липидов. Пищевая ценность липидов характеризуется высоким содержанием фосфолипидов и жирных кислот, таких как олеиновая семейства $\omega-9$ (18:1) – $15,7\%$ и эйкозапентаеновая (20:5) – $18,30\%$ и докозагексаеновая (22:6) семейства $\omega-3$ – $14,70\%$. Коэффициент биологической значимости липидов черноморской травяной креветки равен 3,3, что согла-

Финансирование. Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Лебская Т.К., Баль-Прилипко Л.В., Менчинская А.А., Лебский С.О. Липидный профиль черноморской травяной креветки *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 // Вопр. питания. 2020. Т. 89, № 1. С. 96–100. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10011

Статья поступила в редакцию 05.11.2019. Принята в печать 24.01.2020.

Funding. The work was carried out at the expense of the subsidy state assignment.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation: Lebskaya T.K., Bal-Prylypko L.V., Menchinskaya A.A., Lebsky S.O. Lipid profile of the black sea shrimp *Palaemon adspersus* Rathke, 1837. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (1): 96–100. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10011 (in Russian)

Received 05.11.2019. Accepted 24.01.2020.

суется со значением этого показателя у других гидробионтов. Соотношение жирных кислот ω -6 к ω -3 составляет 1:19,5 и свидетельствует о высокой пищевой ценности липидов гепатопанкреаса этого вида креветок.

Заключение. Результаты исследований позволяют рекомендовать липиды гепатопанкреаса черноморской травяной креветки для обогащения пищевых продуктов полиненасыщенными жирными кислотами семейства ω -3, формирования поликомпонентных продуктов с заданными свойствами, а также для создания лекарственных препаратов.

Ключевые слова: креветка, липиды, жирнокислотный состав, пищевая ценность

Lipids play one of the leading roles in ensuring the physiological needs and quality of human life. Therefore, assessment of traditional and new types of aquatic organisms from the standpoint of nutritional value of lipids is an urgent task nowadays.

*The aim of the work was to study the lipid profile of one of the most mass commercial species of crustaceans – the Black Sea grass shrimp *Palaemon adspersus* Rathke, 1837.*

Material and methods. *The collection of material was carried out in May in the Hadzhibey Lyman of Odessa region. Prawn catching was carried out by a trap net with a mesh size of 2.8 up to 8 mm. The total number of individuals analyzed was 250 specimens. In the average sample of prawn, the content of total lipids have been determined by the Soxhlet method, the fatty acid composition of lipids has been studied using gas chromatography, and the fractional composition – by a thin layer chromatography on silica gel plates method. All the studies have been performed in 3 replicates.*

Results and discussion. *Lipid profile of hepatopancreas of the Black Sea shrimp was represented by the content of total lipids 10 ± 1.8 , among them triglycerides – $35.2 \pm 5.3\%$, phospholipids – $16.8 \pm 3.6\%$, free fatty acids – $12.5 \pm 2.1\%$, sterols – $6.5 \pm 1.4\%$, sterol esters $6.5 \pm 1.3\%$, mono- and diglycerides – 1.5 – 2.7% of total lipids. The nutritive value of lipids was characterized both by a high content of phospholipids, and fatty acids such as oleic one belonging to the ω -9 family (18:1) – 15.7% , and eicosapentaenoic (20:5) – 18.30% and docosahexaenoic (22:6) – 14.70% acids of the ω -3 family. The biological significance coefficient of lipids of the Black Sea grass prawn was 3.3, which was adjusted with the value of this indicator of other aquatic organisms. The ratio of fatty acids ω -6 to ω -3 was 1:19.5 which indicated a high nutritional value of hepatopancreas lipids of this prawn species.*

Conclusion. *The results of the study allow recommending the hepatopancreas lipids of the Black Sea grass shrimp for the enrichment of foods with ω -3 polyunsaturated fatty acids, the formation of multicomponent products with desired properties, as well as for the drug development.*

Keywords: shrimp, lipids, fatty acids, nutritional value

Изменение структуры питания современного человека, а также влияние неблагоприятных факторов окружающей среды приводит к ухудшению качества жизни и показателей здоровья, метаболическим нарушениям из-за несоответствия между доступностью энергии и способностью к ее накоплению и расходованию. Одним из важных направлений в решении вышеуказанных проблем является обеспечение населения пищевыми продуктами, которые содержат биологически активные соединения. Уникальность гидробионтов по содержанию биологически активных веществ описано многочисленными отечественными и зарубежными авторами. Проявляется она практически у всех представителей морской биоты наличием биологически ценного белка [1], липидов [2], сопутствующих им соединений (каротиноиды, флавоноиды, сквален), макро-, микроэлементов, сульфатированных углеводов и др. [3]. Формирование представлений на основе

доказательной медицины о потребностях человека и адекватном потреблении незаменимых и заменимых факторов питания, а также создание поликомпонентных пищевых продуктов вызывает необходимость пересмотра и оценки совокупности показателей пищевой ценности традиционных, а также новых видов сырьевых ресурсов.

В Украине черноморская травяная креветка *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 является наиболее массовым промысловым видом среди ракообразных, обитающих в Черном и Азовском морях [4]. В ряде европейских стран, в том числе и в Украине, этот вид традиционно используется в пищу в вареном и варено-мороженом виде. Анализ данных литературы свидетельствует о присутствии в составе липидов морских ракообразных биологически эффективных фракций фосфолипидов с доминированием фосфатидилхолина и полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) семейства ω -3 и ω -6 [1, 5].

Однако в известной нам литературе отсутствуют данные о фракционном и жирнокислотном составе липидов черноморской травяной креветки.

Цель исследования заключалась в изучении липидного профиля черноморской травяной креветки, а также его оценке с позиций современных представлений нутрициологии об их пищевой ценности. Задачи исследований заключались в определении содержания общих липидов, их жирнокислотного и фракционного состава в гепатопанкреасе черноморской травяной креветки в весенний период вылова.

Таблица 1. Сравнительная характеристика пищевой ценности липидов гепатопанкреаса черноморской креветки и антарктического криля

Table 1. Comparative characteristics of the nutritional value of the hepatopancreas lipids of the Black Sea shrimp and Antarctic krill

Жирные кислоты <i>Fatty acids</i>	Массовая доля жирных кислот, % общих липидов <i>Mass fraction of fatty acids, % of total lipids</i>	
	черноморская креветка <i>Black Sea herb shrimp</i>	антарктический криль [8] <i>Antarctic krill [8]</i>
Насыщенные жирные кислоты <i>Saturated fatty acids</i>	31,30	20,5–37
12:0	0,30	–
14:0	8,50	3,5–13,0
15:0	0,60	–
16:0	20,40	17,0–24,0
18:0	1,50	–
Мононенасыщен- ные жирные кислоты <i>Monounsaturated fatty acids</i>	21,20	7,2–17,1
16:1	3,20	2,5–9,0
17:1	0,50	–
18:1 ω-7	–	4,7–8,1
18:1 ω-9	15,70	–
20:1 ω-7	0,50	–
20:1 ω-9	0,20	–
22:1 ω-7	0,70	–
22:1 ω-9	0,40	–
Полиненасыщен- ные жирные кислоты <i>Polyunsaturated fatty acids</i>	42,70	22,5–57,2
18:2 ω-6	2,00	–
18:3 ω-3	–	0,1–4,7
18:3 ω-6	1,70	–
18:4 ω-3	4,90	1,0–8,1
20:4 ω-3	0,80	–
20:5 ω-3	18,30	14,3–28,0
22:5 ω-3	0,30	0,0–0,7
22:6 ω-3	14,70	7,1–15,7
Неидентифициро- ванные <i>Unidentified</i>	4,80	–

Материал и методы

Сбор материала проводили в мае в Хаджибейском лимане Одесской области. Лов креветки осуществляли вентерями с размером ячеи от 2,8 до 8 мм. Общая численность проанализированных особей составила 250 экземпляров. Выделяли гепатопанкреас и в средней пробе определяли содержание общих липидов экстракционно-весовым методом Сокслета на аппарате «Сокстек SOX 406 Fat Analyzer» (Hanon Instruments, Китай), экстракцию липидов из проб проводили в системе растворителей хлороформ : метанол 2:1 (по объему). Исследования жирнокислотного состава липидов гепатопанкреаса осуществляли на газовом хроматографе HRGC 5300 (Carlo Erba, Италия). Фракционный состав липидов изучали методом тонкослойной хроматографии на силикагелевых пластинках. Все исследования проводили в 3 повторностях. Коэффициент биологической значимости липидов рассчитывали как отношение суммы ПНЖК – эйкозапентаеновой и докозагексаеновой – к массовой доле общих липидов [6]. Достоверность результатов исследований оценивали по критерию Стьюдента при доверительном интервале ≤0,05.

Результаты и обсуждение

Как показали результаты наших исследований, содержание липидов в гепатопанкреасе черноморской травяной креветки в весенний период составляет в среднем 10±1,8%.

Фракционный состав липидов представлен триглицеридами (35,2±5,3%), фосфолипидами (16,8±3,6%), свободными жирными кислотами (12,5±2,1%), стеринами (6,5±1,4%), эфирами стерина (6,5±1,3%), моно- и диглицеридами (от 1,5±0,5 до 2,7%). Особый интерес вызывает фракция фосфолипидов, обуславливающая пищевую ценность липидной компоненты и не обнаруживающая количественных отличий от ее содержания у других гидробионтов [1, 5, 7]. Так, у близкого к этому виду антарктического криля основными классами липидов также являются триглицериды (32,2–51,6%) и фосфолипиды (16,1–29,2%) [1].

Для оценки пищевой ценности липидов в настоящее время используют комплекс показателей, среди которых жирнокислотный состав и его соответствие рекомендуемым уровням потребления, кроме того, соотношения отдельных классов жирных кислот также являются значимыми. Результаты исследования состава жирных кислот гепатопанкреаса черноморской травяной креветки в сравнении с близким к черноморской креветке антарктическим крилем приведены в табл. 1.

Согласно полученным данным, среди классов жирных кислот в липидах гепатопанкреаса черноморской креветки доминируют ПНЖК, при этом наибольшее количество установлено для жирных кислот семейства ω-3 – эйкозапентаеновой (20:5) и докозагексаеновой (22:6). НЖК по количественному содержанию занимают

Таблица 2. Оценка пищевой ценности общих липидов гепатопанкреаса черноморской травяной креветки

Table 2. Evaluation of the nutritional value of hepatopancreas total lipids of the Black Sea grass shrimp

Липиды <i>Lipids</i>	Соотношения жирных кислот <i>Fatty acid ratios</i>				
	НЖК : МНЖК : ПНЖК [11] <i>SFA : MUFA : PUFA [11]</i>	ПНЖК : НЖК [11] <i>PUFA : SFA [11]</i>	18:2 : 18:1 [11]	18:2 : 18:3 [11]	ω -6 : ω -3 [10]
Идеальный липид <i>Ideal lipid</i>	1:1:1	0,2:0,4	>0,25	>7	5–10:1
Липиды гепатопанкреаса черноморской креветки <i>Lipids of hepatopancreas Black Sea shrimp</i>	1,47:1:2,01	1,36:1,0	0,16	1,17	1:19,5

Пр и м е ч а н и е. НЖК – насыщенные жирные кислоты; МНЖК – мононенасыщенные жирные кислоты; ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты.

Note. SFA – saturated fatty acids; MUFA – monounsaturated fatty acids; PUFA – polyunsaturated fatty acids.

второе место с превалированием пальмитиновой (C:16) и миристиновой (C:14) кислот. В классе МНЖК доминирует олеиновая кислота (18:1) – 15,70%.

Жирнокислотный состав липидов антарктического криля проявляет общие закономерности с этими характеристиками у черноморской травяной креветки в превалирующем содержании класса ПНЖК и таких жирных кислот семейства ω -3, как эйкозапентаеновая (20:5) и докозагексаеновая (22:6) [8]. Эти данные согласуются с результатами исследований состава жирных кислот морских гидробионтов и, в частности, ракообразных [1, 5, 7]. Коэффициент биологической значимости липидов черноморской травяной креветки равен 3,3, что является характерной особенностью липидов большинства гидробионтов. Так, в липидах печени тресковых пород рыб этот коэффициент составляет 3,9, в липидах ставриды – 3,3, в липидах кальмара – 3,4 [6].

Состав жирных кислот общих липидов гепатопанкреаса черноморской креветки соответствует рекомендуемым Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Организации Объединенных Наций и Всемирной организацией здравоохранения нормам потребления для взрослого человека [9] только по суммарному содержанию НЖК и отличается по всем показателям от гипотетического идеального липида [10]. Последние представляют собой усредненные величины необходимого поступления пищевых веществ для оптимального обеспечения физиологических процессов в организме человека. Согласно мнению других авторов, пищевая ценность липидов зависит от других соотношений классов жирных кислот и их изомеров [11]. Результаты наших исследований этих показателей приведены в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 свидетельствует об уникальной пищевой ценности липидов гепатопанкреаса черноморской креветки. Так, при рекомендованном соотношении жирных кислот ω -6: ω -3 в рационе 5–10:1 в липидах

гепатопанкреаса черноморской травяной креветки содержание ω -3 существенно выше. Известно, что в питании человека дефицитными являются именно ПНЖК семейства ω -3 [10, 11–14], к которым в настоящее время проявляется повышенный интерес в плане обеспечения и реализации оптимальных физиологических процессов в организме человека, а также создания лечебного и профилактического питания при сердечно-сосудистых, онкологических и других заболеваниях. Таким образом, липиды гепатопанкреаса черноморской креветки могут быть рекомендованы для обогащения пищевых продуктов ПНЖК семейства ω -3, формирования липидной компоненты пищевых продуктов с заданными свойствами по количеству фракций фосфолипидов и ПНЖК ω -3, а также для создания лекарственных субстанций.

Заключение

Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что липидный профиль гепатопанкреаса черноморской креветки с содержанием общих липидов $10 \pm 1,8\%$ представлен триглицеридами ($35,2 \pm 5,3\%$), фосфолипидами ($16,8 \pm 3,6\%$), свободными жирными кислотами ($12,5 \pm 2,1\%$), стеринами ($6,5 \pm 1,4\%$), эфирами стерина ($6,5 \pm 1,3\%$), моно- и диглицеридами (от 1,5 до 2,7% каждая). Пищевая ценность липидов определяется как высоким содержанием фосфолипидов, так и жирных кислот семейства ω -9 – олеиновой кислоты (15,70%), семейства ω -3 – эйкозапентаеновой (20:5) – 18,30% и докозагексаеновой (22:6) – 14,70%. Это позволяет рекомендовать липиды гепатопанкреаса черноморской креветки для обогащения пищевых продуктов ПНЖК семейства ω -3, а также для создания специализированных и функциональных поликомпонентных пищевых продуктов и фармацевтических препаратов.

Сведения об авторах

НУБиП Украины (Киев, Украина):

Лебская Татьяна Константиновна (*Tatyana K. Lebskaya*) – доктор технических наук, профессор кафедры технологии мясных, рыбных и морепродуктов

E-mail: t_lebskaya@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-0875-2875>

Баль-Прилипко Лариса Вацлавовна (Larisa V. Bal-Prylypko) – доктор технических наук, профессор, декан факультета пищевых технологий и управления качества продукции агропромышленного комплекса

E-mail: bplv@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-9489-8610>

Менчинская Алина Анатольевна (Alina A. Menchinskaya) – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии мясных, рыбных и морепродуктов

E-mail: menchynska@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0001-8593-3325>

Лебский Сергей Олегович (Sergey O. Lebsky) – аспирант кафедры технологии мясных, рыбных и морепродуктов

E-mail: Sl21051967@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0062-3473>

Литература

1. Быков В.П., Быкова В.М., Кривошеина Л.И. и др. Антарктический криль: справочник. М.: ВНИРО, 2001. 208 с.
2. Wang C., Harris W.S., Chung M. et al. N-3 fatty acids from fish or fish-oil supplements, but not alfa-linolenic acid, benefit cardiovascular disease outcomes in primary studies: a systematic review // *Am. J. Clin. Nutr.* 2006. Vol. 84, № 1. P. 5–17.
3. Стоник В.А. Биомолекулы. Владивосток: Дальиздат, 2018. 640 с.
4. Болтачев А.Р., Статкевич С.В., Карпова Е.П., Хуторенко И.В. Черноморская травяная креветка *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae). Биология, промысел, проблемы // *Вопросы рыболовства.* 2017. Т. 18, № 3, С. 313–327.
5. Лебская Т.К. Химический состав и биохимические свойства камчатского краба в Баренцевом море // *Камчатский краб в Баренцевом море.* Мурманск: Изд-во ПИИРО, 2003. С. 292–299.
6. Мезенова О.Я. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов: учеб. пособие. СПб.: Проспект наука, 2015. 224 с.
7. Addison R.F., Ackman R.G., Hangle J. Lipid composition of the queen crab (*Chionoecetes opilio*) // *Fish. Res. Board Can.* 1972. Vol. 29, N 4. P. 407–411.
8. Standard for fish oils. Codex stan 329-2017 https://www.ifo.net/system/files/Codex%20Standard%20for%20Fish%20Oils%20CXS_329e_Nov%202017.pdf
9. Fats and fatty acids in human nutrition / Report of an expert consultation / Geneva, 10–14 November 2008. FAO “Food and Nutrition”. Paper 91. FAO. Rome, 2010. 180 p.
10. Тутельян В.А. О нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // *Вопр. питания.* 2009. Т. 78, № 1. С. 4–15.
11. Циприян В.И., Матасар И.Т., Слободкин В.И. та ін. Гігієна харчування з основами нутріціології: у 2 кн. Київ: Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Медицина», 2007. 544 с.
12. Ших Е.В., Махова А.А. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты семейства ω-3 в профилактике заболеваний у взрослых и детей: взгляд клинического фармаколога // *Вопр. питания.* 2019. Т. 88, № 2. С. 91–100.
13. Martins B.P., Bandarra N.M., Figueiredo-Braga M. The role of marine omega-3 in human neurodevelopment, including autism spectrum disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder – a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2019: 1–16. doi: 10.1080/10408398.2019.1573800
14. Ishihara T., Yoshida M., Arita M. Omega-3 fatty acid-derived mediators that control inflammation and tissue homeostasis // *Int. Immunol.* 2019. pii: dxz001. doi: 10.1093/intimm/dxz001

References

1. Bukov V.P., Bukova V.M., Krivosheina L.I., et al. Antarctic krill: a guide. Moscow: VNIRO. 2001. 208 p. (in Russian)
2. Wang C., Harris W. S., Chung M., et al. N-3 fatty acids from fish or fish-oil supplements, but not alfa-linolenic acid, benefit cardiovascular disease outcomes in primary studies: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 2006; 84 (1): 5–17.
3. Stonik V.A. Biomolecules. Vladivostok: Dalisdat; 2018: 640 p. (in Russian)
4. Boltachev A.R., Statkevich S.V., Karpova E.P., Hutorenko I.V. Black Sea herb shrimp *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae). Biology, fishing, problems. *Voprosy ribolovstva [Fishes Issues].* 2017; 18 (3): 313–27. (in Russian)
5. Lebskaya T.K. Chemical composition and biochemical properties of the Kamchatka crab in the Barents Sea. In: *Kamchatka crab in the Barents Sea.* Murmansk: Publishing house of the Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography. 2003: 292–9. (in Russian)
6. Mezenova O.Ya. Designing multicomponent food products: tutorial. St. Petersburg: Prospekt nauki; 2015: 224 p. (in Russian)
7. Addison R.F., Ackman R.G., Hangle J. Lipid composition of the queen crab (*Chionoecetes opilio*). *Fish Res Board Can.* 1972; 29 (4): 407–11.
8. Standard for fish oils. Codex stan 329-2017 https://www.ifo.net/system/files/Codex%20Standard%20for%20Fish%20Oils%20CXS_329e_Nov%202017.pdf
9. Fats and fatty acids in human nutrition / Report of an expert consultation. Geneva, 10–14 November 2008. FAO “Food and Nutrition”. Paper 91. FAO. Rome; 2010: 180 p.
10. Tutelyan V.A. On the norms of physiological requirements for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition].* 2009; 78 (1): 4–15. (in Russian)
11. Ciprijan V.I., Matasar I.T., Slobodkin V.I., et al. Nutrition hygiene with the basics of nutrition: u 2 knigah. Kiïv: Vseukrainskoe specializirovannoe izdatel'stvo “Meditsina”; 2007: 544 p. (in Ukrainian)
12. Shikh E.V., Makhova A.A. Long-chain ω-3 polyunsaturated fatty acids in the prevention of diseases in adults and children: a view of the clinical pharmacologist. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition].* 2019; 88 (2): 91–100. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10022 (in Russian)
13. Martins B.P., Bandarra N.M., Figueiredo-Braga M. The role of marine omega-3 in human neurodevelopment, including autism spectrum disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder – a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2019: 1–16. doi: 10.1080/10408398.2019.1573800
14. Ishihara T., Yoshida M., Arita M. Omega-3 fatty acid-derived mediators that control inflammation and tissue homeostasis. *Int Immunol.* 2019: pii: dxz001. doi: 10.1093/intimm/dxz001

XVIII Всероссийский конгресс нутрициологов и диетологов с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии»

Уважаемые коллеги!

Приглашаем вас принять участие в работе очередного **XVIII Всероссийского конгресса нутрициологов и диетологов с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии»**, который пройдет **26–28 октября 2020 г.** в Российской академии наук (Ленинский проспект, 32А).

Открытие Конгресса состоится 26 октября 2020 г. в 10.00 в конференц-зале Российской академии наук (Ленинский проспект, 32А).

Организаторы мероприятия: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Российская академия наук, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федеральное медико-биологическое агентство, Автономная некоммерческая организация «Национальные приоритеты», Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Российский научный фонд, Российский союз нутрициологов, диетологов и специалистов пищевой индустрии.

Мероприятие проводится при поддержке Комитета по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, Комитета по образованию и науке и Комитета по охране здоровья Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации.

В программе Конгресса запланированы 8 пленарных и 34 секционных заседания:

- 90 лет Институту питания: вехи пути и новые горизонты.
- Национальный проект «Демография» – федеральный проект «Укрепление общественного здоровья»: итоги реализации в пилотных регионах – 2019.
- Фундаментальная нутрициология: инновационные подходы, методы, технологии.
- Новые источники пищи и созидательные пищевые биотехнологии: безопасность и эффективность.
- Новые химические и биологические угрозы в обеспечении безопасности пищи.
- Витаминизация населения России: персонализированные и популяционные подходы. *К 90-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ В.Б. Спиричева.*

- Детское питание от 0 до 18 лет. *Памяти доктора медицинских наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ И.Я. Коля.*
- Алиментарно-зависимая патология и клиническая диетология.
- Заседание профильной комиссии по диетологии Минздрава России. Организация диетологической службы в России.
- Совместный симпозиум Российского научного фонда и Российской академии наук «Фундаментальные исследования в стратегии управления качеством и безопасностью пищевой продукции».

В рамках конгресса также пройдут Съезд общероссийской Общественной организации «Российский союз нутрициологов, диетологов и специалистов пищевой индустрии» и III школа молодых ученых «Основы здорового питания и пути профилактики алиментарно-зависимых заболеваний».

Конгресс внесен в план научно-практических мероприятий Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

По итогам Конгресса участники могут получить сертификат участника Конгресса и свидетельство о прохождении обучения в рамках реализации модели непрерывного медицинского образования и присвоении зачетных единиц (кредитов).

Тезисы докладов Конгресса будут опубликованы в приложении к журналу «Вопросы питания».

Правила оформления тезисов:

1. Тезисы должны быть представлены в файлах с форматированным текстом (rtf, doc, docx) в текстовом редакторе Word, шрифт Times New Roman, кегль (размер шрифта) 12, межстрочный интервал 1, поля (слева, сверху, справа и снизу) 2,0 см, переносы в словах не допускаются, абзацные отступы автоматические (1,3 см).

2. Объем тезисов не более 1 страницы компьютерного набора (включая список использованной литературы). Языки оформления тезисов: русский, английский.

3. В заглавии должны быть указаны: название (заглавными буквами), с новой строки – фамилии и инициалы авторов с указанием аффилиации, с новой строки – учреждение, город, страна.

4. Тезисы должны содержать конкретный фактический материал научного характера, полученный лично авторами и состоять из следующих разделов: введение, цель (задачи), материалы и методы, основные результаты, заключение/выводы. Информация рекламного характера в трудах не допускается (не допускается использование названий пищевых продуктов, БАД к пище, торговых наименований лекарственных препаратов).

Предоставленные тезисы должны быть оригинальными, не допускать плагиата, не должны быть ранее опубликованы и не могут быть одновременно предоставлены для публикации в другие сборники.

5. Тезисы принимаются в личном кабинете на сайте www.congressION.ru, при этом необходимо указать контактное лицо, электронную почту и телефон.

Один файл должен содержать не более одной работы. Название файла – по фамилии первого автора.

От одного автора принимается не более 3 работ.

Тезисы, оформленные с нарушением вышеизложенных требований, не рассматриваются.

Просим тщательно проверять орфографию и стилистику тезисов. Редакционная коллегия сборника тезисов оставляет за собой право редактирования присланных материалов и отказа к публикации тезисов без объяснения причин.

С программой мероприятия и требованиями к оформлению вы можете ознакомиться на сайте: www.congressION.ru.

Ждем вас на XVIII Всероссийском конгрессе нутрициологов и диетологов!

Контактная информация:

Ведущий инженер научно-технической информации ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» Соколова Анна Георгиевна: (495) 698-52-42, e-mail: sokolova@ion.ru.

Менеджер по работе с ключевыми партнерами СТО КОНГРЕСС Киселева Мария Александровна: (495) 646-01-55 доб. 203, e-mail: m.kiseleva@ctogroup.ru.

www.ctocongress.ru

Высшая школа организации и управления здравоохранением

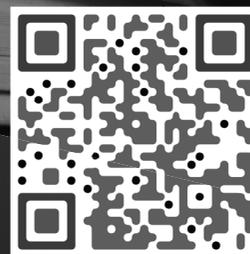
научно-образовательный и экспертный центр в сфере организации здравоохранения и общественного здоровья

- Программы повышения квалификации организаторов здравоохранения
- Ежегодный конгресс «Оргздрав»
- Журнал «Оргздрав. Вестник ВШОУЗ»
- Стратегии развития региональных систем здравоохранения
- Оценка деятельности медицинских организаций



Наши контакты

115035, г. Москва,
ул. Садовническая, д. 13, стр. 11
+7 (495) 662 8096 | congress@vshouz.ru
www.vshouz.ru



МЕД  **КНИГА**
С Е Р В И С
8-800-555-999-2
www.medknigaservis.ru

ГИПЕРМАРКЕТ ДЛЯ МЕДИКОВ

**ЭЛЕКТРОННЫЕ
БИБЛИОТЕКИ**

ИНСТРУМЕНТЫ

**МЕДИЦИНСКАЯ
ЛИТЕРАТУРА
(КНИГИ,
ЖУРНАЛЫ)**

**АНАТОМИЧЕСКИЕ
МОДЕЛИ**

**ОДЕЖДА,
ОБУВЬ
ДЛЯ ВРАЧЕЙ**

- **Заказ товара 24 часа в сутки 7 дней в неделю**
- **Акции, скидки и подарки покупателям**
- **Быстрая доставка**
- **Разные способы оплаты**