

Включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов диссертационных исследований
Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь
от 2 февраля 2011 г. № 26



ISSN 2073-4794

Том 12
№3(45)
2019

**РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

Основан в 2008 году

Выходит 4 раза в год

Адрес редакции:

ул. Козлова, 29, г. Минск,
220037, Республика Беларусь
Тел./факс: (375-17) 285-39-70,
285-39-71, 294-31-41 (редактор)
e-mail: aspirant@belproduct.com

Редакция не несет ответственности
за возможные неточности по вине авторов.

Мнение редакции может не совпадать
с позицией автора

Отпечатано в типографии

УП «ИВЦ Минфина»

Подписано в печать 11.09.2019.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonС. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 12,80.

Тираж 150 экз. Заказ 342.

ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 г.

Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

Учредитель

Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр Национальной
академии наук Беларуси по продовольствию»

Зарегистрирован в Министерстве информации
Республики Беларусь (свидетельство
о регистрации № 590 от 30 июля 2009 г.)

Журнал включен в базу данных
Российского индекса научного
цитирования (РИНЦ)

Подписные индексы:

для индивидуальных подписчиков 01241

для ведомственный подписчиков 012412



FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Vol. 12, №3(45) 2019

Founder:

Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”

Editor-in-Chief:

Lovkis Zenon Valentinovich – General Director of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor

Editorial Board:

Shepshelev Aleksandr Anatolievich – Associate Editor-in-Chief – deputy General Director for science of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

Akulich Aleksandr Vasilievich – Deputy Principal for science work of the educational institution “Mogilev State Foodstuffs University”, Doctor of Engineering sciences, Professor, Honored Inventor of the Republic of Belarus (with consent).

Zhakova Kristina Ivanovna – Academic Secretary of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

Kolosovskaya Larisa Stanislavovna – Director of the scientific and production republican affiliated unitary enterprise “Beltechnohleb” (with consent)

Lisitsyn Andrei Borisovich – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering sciences, Professor, Director of the Federal State Budgetary Scientific Establishment “V.M. Gorbatov Federal Scientific Food Systems Centre” of the Russian Academy of Sciences (with consent)

Meleshchenya Aleksey Victorovich – Director of the Republican Unitary Enterprise “Institute for Meat and Dairy Industry”, PhD in Economy sciences, Associate Professor (with consent)

Margunova Alena Mikhailauna – Deputy General Director for Foodstuffs Standardisation and Quality of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences, Associate Professor

Petyushev Nikolay Nikolaevich – head of the Department of the technology of tuberous root products of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

Pochitskaya Irina Mikhailovna – Head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Agricultural sciences

Roslyakov Yuriy Fedorovich – Head of the Department of technology of bread baking, macaroni, and confectionery production of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Technological University”, Doctor of Engineering sciences, Professor (with consent)

Savenkova Tatsiana Valentinovna – Director of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian research institution of confectionery industry” – subdivision of FSBSI “Gorbatov Federal Science Centre for Food Systems” of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Professor (with consent)

Trotskaya Taisiya Pavlovna – Chief researcher of the Nutrition Department of the the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Doctor of Engineering sciences, Professor

Sharshunov Vyacheslav Alekseevich – Professor of the Department of machines and devices of food industry of the Educational Institution “Mogilev State Foodstuffs University”, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor (with consent)

Mironova Natalya Pavlovna – responsible editor, head of the Postgraduate Studies Department of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Philological sciences

Yushkevich Marina Nikolaevna – layout editor, leading engineer of the Department of the information and staff management of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”

The Journal is included in the List
of Journals for Publication of the Results of Dissertation Research

Supreme Certifying Commission of the Republic of Belarus
decree of 2 February 2011



ISSN 2073-4794

Vol. 12
№3(45)
2019

**PEER-REVIEWED SCIENTIFIC
AND TECHNICAL JOURNAL**

FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

The Journal was founded in 2008

Issued four times a year

Address of the Editorial Office:

29, Kozlova str., Minsk
220037, Republic of Belarus
Tel./Fax: +375-17-285-39-70,
+375-17-285-39-71, +375-17-294-31-41
(editor)
E-mail aspirant@belproduct.com

Printed at UE "IVC Minfina"

It is sent of the press 11.09.2019

Format 60x84/8. Offset paper.

NewtonC type. Offset printing.

Printed pages 1,16.

Publisher's signatures 12,80.

Circulation 150 copies. Order 342.

LP № 02330/89 of 3 March 2014

17, Kalvaryiskaya str., Minsk 220004

Founder

Republican Unitary Enterprise "Scientific-
Practical Centre for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus"

Registered in Ministry of Information of the
Republic of Belarus

(Registration Certificate № 530 of July 2009)

The journal is included into
the database of Russian Science
Citation Index (RSCI)

Subscription indexes

For individuals 01241

For legal entities 012412

СОДЕРЖАНИЕ

Гусаков В.Г. Приветственное слово.....	6
Ловкис З.В. Наука, питание и здоровье.....	7
Симоненко С.В. Научное обеспечение индустрии детского питания.....	14
Коденцова В.М., Рисник Д.В. Витаминизация хлебобулочных изделий массового спроса – эффективный способ коррекции витаминного статуса населения	18
Ермаков В.В., Мойсеенок А.Г., Сафонов В.А., Ковальский Ю.В. Биогеохимия полиэлементных микроэлементозов	24
Жилинская Н.В., Громовых П.С. Фортификация пищевой продукции – глобальный тренд пищевой промышленности	31
Солдатова Е.А., Мистенева С.Ю., Савенкова Т.В. Вопросы законодательного регулирования рынка кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста	36
Рыжакова А.В., Головизнина М.С. Использование альтернативных видов сырья при создании безглютеновой кондитерской продукции.....	42
Гапонова Л.В., Полежаева Т.А., Матвеева Г.А. Использование зернобобового и орехового сырья в технологии специализированных продуктов для профилактики и лечения аллергических заболеваний	49
Шехетов А.А., Шарафетдинов Х.Х., Плотникова О.А., Пилипенко В.В., Алексеева Р.И., Сасунова А.Н., Кочеткова А.А., Воробьева В.М. Специализированные пищевые продукты для пациентов с диабетической нефропатией.....	56
Карагодин В.П., Юрина О.В. Функциональные и специализированные пищевые продукты – проблемы и перспективы.....	62
Амвросьева Т.В., Ка зинец О.Н., Поклонская Н.В., Лозюк С.К., Шилова Ю.А., Колтунова Ю.Б. Современные подходы и методы решения проблемы изучения вирусной контаминации пищевой продукции и оценки ее безопасности для здоровья	68
Гузик Е.О., Коледа А.Г. Дисбаланс макроэлементов в питании детей подросткового возраста.....	74
Федоренко Е.В., Мохорт Е.Г., Коломиец Н.Д., Мохорт Т.В., Петренко С.В. Йодная обеспеченность населения в Республике Беларусь: оценка потребления йода с солью и основными пищевыми продуктами	81
Özcan M. M., Değerli Z. Effect on human health and bioactive components of linseed	85
Зверев С.В., Зубцов В.А., Ефремов Д.П. Технологическая схема способа обрушения семян льна и результаты его применения	93

CONTENTS

Gusakov V.G. Greeting	6
Lovkis Z.V. Science, nutrition and health	7
Simonenko S.V. Scientific support of baby food industry.....	14
Kodentsova V.M., Risnik D.V. Vitaminization of bakery products of mass demand is an effective way to correct the vitamin status of the population	18
Ermakov V.V., Moiseenok A.G., Safonov V.A., Kovalsky Y.V. Biogeochemistry of polyelement microelementoses	24
Zhilinskaya N.V., Gromovykh P.S. Food fortification – a global trend in food industry	31
Soldatova E.A., Misteneva S.Y., Savenkova T.V. Questions of the legislative regulation of the market of specialized confectionery products for children of preschool and school age	36
Ryzhakova A.V., Goloviznina M.S. Use of alternative types of raw materials for creation of gluten-free confectionery products	42
Gaponova L.V., Polezhaeva T.A., Matveeva G.A. The use of bean, cereal and nut raw materials in the technology of dietary products for allergic disease prevention and treatment	49
Shehetov A.A., Sharafetdinov Kh. Kh., Plotnikova O.A., Pilipenko V.V., Alekseeva R.I., Sasunova A.N., Kochetkova A.A., Vorobyova V.M. Specialized foods for patients with diabetic nephropathy.....	56
Karagodin V.P., Yurina O.V. Functional and specialized foods – problems and prospects	62
Amvrosieva T.V., Kazinets O.N., Paklonskaya N.V., Laziuk S.K., Shilova Yu. A., Kaltunova Yu. B. Modern approaches and methods of solving the problem of studying viral contamination of food products and evaluating its health hazards.....	68
Guzik E.O., Koleda A.G. Macro-element imbalance in nutrition of children of adolescent.....	74
Fedorenko E.V., Mokhort A.G., Kolomiets N.D., Mokhort T.V., Petrenko S.V. Iodine sufficiency of the population in the republic of belarus: assessment of iodine consumption with salt and basic food	81
Özcan M. M., Değerli Z. Effect on human health and bioactive components of linseed	85
Zverev S.M., Zubcov V.A., Efremov D.P. The technological scheme of how the collapse of flax seed and its tempering	93

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

От имени Президиума Национальной академии наук Беларуси и от себя лично сердечно приветствую всех участников и гостей II Международного конгресса «Наука, питание и здоровье»!

Это значимое для белорусской науки и общества мероприятие призвано объединить представителей разных стран с целью обсуждения проблем влияния питания на здоровье человека, поиска эффективных путей обеспечения качества и безопасности пищевой продукции, а также продвижения принципов здорового питания в современном обществе. Кроме того, конгресс является эффективной площадкой для обмена опытом между учеными и обсуждения научных достижений в области создания инновационных технологических продуктов питания.

Как свидетельствуют исторический опыт и убедительные данные науки о здоровье человека, питание играет очень важную роль в развитии и поддержании здоровья, социальной активности и достойного качества жизни человека. Следует отметить, что проблема полноценного и безопасного питания имеет глобальный характер и вызывает пристальный интерес во многих странах. Так, в 1992 и 2014 годах в Риме прошли масштабные международные конференции по вопросам питания, в работе которых приняли участие свыше 150 стран мира, а в апреле 2016 года Генеральная Ассамблея ООН провозгласила Десятилетие действий по проблемам питания (2016–2025 годы). Одним из наиболее значимых результатов названных мероприятий явилась подготовка национальных планов действий в области питания, в которых отражены приоритеты и стратегии стран в этой сфере.

Активная работа в данном направлении осуществляется и в нашей стране. Формирование единой государственной политики в области здорового питания, выработка общих методологических и научных подходов требует консолидации представителей сфер науки, здравоохранения и законодательства. Поэтому по инициативе Национальной академии наук создан Межведомственный координационный совет по проблемам питания, в состав которого входят представители различных заинтересованных ведомств, разработана и принята Доктрина национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь.

Основные научные исследования в области качества, безопасности пищевой продукции, развития технологий здорового питания, в том числе функционального и специализированного назначения, сконцентрированы в Научно-практическом центре НАН Беларуси по продовольствию. На его базе создан кластер «Республиканский центр технологий здорового питания» и разработаны «Концепция государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь на период до 2020 года» и «Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции в Республике Беларусь до 2030 года».

Продолжением работы в данном направлении является проведение II Международного конгресса «Наука, питание и здоровье». Уверен, что он будет способствовать открытию новых возможностей для научных разработок по проблемам питания. Желаю участникам мероприятия плодотворной работы и надеюсь, что ваши дискуссии, развернутые на его площадке, принесут скорую практическую отдачу и будут способствовать продвижению здорового питания в современном обществе.



С уважением,
Председатель Президиума НАН Беларуси

В.Г. Гусаков

**З.В. Ловкис, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корр. НАН
Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

НАУКА, ПИТАНИЕ И ЗДОРОВЬЕ

Аннотация. Учитывая актуальность обеспечения дальнейшего конкурентного развития отечественных отраслей пищевой промышленности, насыщения внутреннего потребительского рынка продукцией высокого качества, доступной для всех категорий населения, разработаны концептуальные подходы по созданию, продвижению и оценке конкурентных технологий пищевых продуктов с улучшенными потребительскими характеристиками. Предложены и апробированы новые методики безопасности и качества, включая функциональную эффективность и широту ассортимента. Научный подход обеспечивает возможность развития методологии персонализированного питания применительно к пищевой продукции нового поколения, получаемой на основе использования современных знаний в геномике, протеомике, нутриметаболизме и других науках.

Ключевые слова: пищевые инновационные продукты, детское питание, конкурентоспособность, критерии, цена, качество, безопасность, потребительские характеристики, функциональность, конкурентный потенциал

Z.V. Lovkis

*RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

SCIENCE, NUTRITION AND HEALTH

Abstract. Given the relevance of ensuring the further competitive development of the domestic food industry, saturation of the domestic consumer market with high-quality products available for all categories of the population, conceptual approaches have been developed to create, promote and evaluate competitive food technologies with improved consumer characteristics. New safety and quality techniques have been proposed and tested, including functional efficiency and wide assortment. The scientific approach provides the opportunity to develop a personalized nutrition methodology in relation to new generation food products, obtained through the use of modern knowledge in genomics, proteomics, nutritional metabolism and other sciences.

Keywords: innovative food products, baby food, competitiveness, criteria, price, quality, safety, consumer characteristics, functionality, competitive potential

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (далее Центр по продовольствию), в структуру которого входит головное предприятие РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» с опытным производством и два дочерних предприятия: РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; ГП «Белтехнолб» с сохранением самостоятельности и права юридического лица, осуществляет научное сопровождение развития всех отраслей промышленности, работает сегодня с 530 предприятиями пищевой различной формы собственности.

В рамках выполнения заданий государственных программ ГНТП «Агропромкомплекс — возрождение и развитие села», ГП импортозамещения, ГКПНИ «Продовольственная безопасность»; ГПНИ «Рациональное питание», ГПНИ «Инновационные технологии в АПК», ГП «Инновационные биотехнологии»; отраслевых программ «Детское питание», «Картофельный крахмал», «Продукты питания для людей пожилого возраста», а также по прямым хоздоговорам с предприятиями Центр по

продовольствию внес значительный вклад в развитие всех отраслей пищевой промышленности республики, что позволило сформировать положительный имидж белорусского продовольствия на международном уровне как высококачественного.

Основными направлениями деятельности Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по продовольствию являются:

- ♦ проведение научно-исследовательских работ по созданию новых технологий и видов мясной, молочной, хлебобулочной, кондитерской, масложировой, плодоовощной, ликеро-водочной, винодельческой продукции, детского питания, сахара, продуктов из картофеля, изделий на основе зернового сырья и др.;
- ♦ разработка нормативной правовой (ТР, ГОСТ, СТБ, ТУ) и технологической документации (ТИ, РЦ) на все виды пищевых продуктов;
- ♦ разработка методик, осуществление контроля качества и безопасности пищевой продукции, сырья и материалов;
- ♦ проведение сертификационных исследований сырья и готовой продукции;
- ♦ разработка конструкторской документации на новое и модернизацию действующего оборудования, изготовление экспериментального и серийного технологического оборудования для пищевой промышленности, машин и оборудования общего назначения;
- ♦ производство бактериальных концентратов, лечебно-профилактических продуктов для детского питания.

Результаты медицинских исследований свидетельствуют, что население Республики Беларусь, как и других развитых стран, столкнулось с последствиями нерационального питания: сердечно-сосудистыми, нейродегенеративными и раковыми заболеваниями, ожирением и диабетом II типа. В Республике Беларусь количество лиц с избыточной массой тела среди подростков достигает 21 %, среди взрослого населения — 60 %, различные формы сахарного диабета, болезни органов пищеварения приводят к заболеваниям системы кровообращения, новообразованиям.

Регулярные массовые обследования всех групп населения (детей, студентов, беременных женщин, работников различных профессий) в разных регионах страны однозначно свидетельствуют о крайне недостаточном потреблении витаминов и ряда минеральных веществ. Согласно исследованиям, 70–90 % населения имеют дефицит витамина С; 40–80 % — витаминов группы В и фолиевой кислоты; 40–60 % витамина А, β-каротина и других каротиноидов; 20–30 % — витаминов В₁₂ и Е. Дефицит витаминов во многих регионах и группах населения часто сочетается с недостаточным поступлением ряда макро- и микроэлементов. Так, 20–55 % населения имеет дефицит железа, кальция, фтора, селена, йода и др. Кроме того, 60 % населения постоянно проживает в условиях вредного действия загрязненной окружающей среды, что способствует накоплению в организме токсических веществ. Следует отметить также наличие проблемы пищевой непереносимости и аллергий, которыми страдает значительная часть населения республики.

Становится очевидным, что для снижения риска развития вышеописанных заболеваний, необходимо понять механизмы воздействия пищи на организм человека на системном, органном, клеточном и молекулярном уровнях.

Так как пища влияет на состояние тела и духа, а также способна избавлять от болезней, нами взят на вооружение тезис «Здоровье нации в здоровом питании» и практический вектор на функциональное питание.

Точный состав разнообразного, сбалансированного и здорового рациона зависит от индивидуальных потребностей (возраста, пола, образа жизни, степени физической активности), культурного контекста, имеющихся продуктов и других факторов. Рост выпуска переработанных пищевых продуктов, стремительная урбанизация и изменения в образе жизни привели к сдвигам в режиме питания. Население республики потребляет все больше пищевых продуктов с высоким содержанием энергии, насыщенных жиров, трансжиров, свободных сахаров, соли натрия. Многие дети не употребляют достаточного количества фруктов, овощей и пищевой клетчатки.

С целью выработки стратегии в области питания, определения приоритетных направлений и рекомендательной деятельности государственных учреждений, научных и иных заинтересованных организаций Республики Беларусь по вопросам полноценного и безопасного питания, направленного на улучшение состояния здоровья населения, предупреждения заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием, предоставления научно-методического содействия по вопросам здорового питания при Национальной академии наук Беларуси в 2014 г. создан Межведомственный координационный совет по проблемам питания.

На повестку дня Межведомственного координационного совета по проблемам питания выносились также вопросы как динамика заболеваемости взрослого и детского населения; результаты научных исследований, учебно-методическое и информационное обеспечение питания и здоровья; безопасности и качества продовольственного сырья и пищевых продуктов; проблемы питания детей дошкольного и школьного возраста; продукты полезные и вредные; жиры, соль и сахар; о влиянии пальмового масла на состояние здоровья населения; функциональные продукты питания (научные основы разработки, производства и потребления); Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции в Республике Беларусь до 2030 года; о внесении изменений в технические регламенты Таможенного союза (ЕАЭС) и др.

По решениям Межведомственного координационного совета подготовлены предложения и аналитические записки в Совет Министров, Министерство здравоохранения, Госстандарт с целью защиты населения и внутреннего рынка от некачественной продукции, внесении изменений в технические регламенты Таможенного союза и СанПиНы по вопросам недопущения применения пальмового масла в продуктах детского питания, разработана Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции до 2030 года.

Инициированы разработки методик и методов идентификации и количественного определения растительных жиров, доклинические и клинические исследования новых продуктов питания, постоянный мониторинг показателей качества и безопасности продуктов для детского питания, разработка и производство продуктов для детей больных фенилкетонурией и целиакией.

Специалистами Центра по продовольствию разработан широкий ассортимент новых продуктов питания, ведется целенаправленная работа по анализу, научному сопровождению и развитию отраслей пищевой промышленности, по повышению качества и безопасности продуктов питания. Проводимые мероприятия позволили повысить конкурентоспособность и экспортный потенциал продуктов питания и снизить их импорт.

Учеными Центра проведены глубокие научные исследования, на основе которых созданы и внедрены в производство новые конкурентоспособные продукты питания. Получены новые фундаментальные научные данные, способствующие интенсификации и совершенствованию следующих процессов и технологий пищевых производств:

Гидродинамики:

- ♦ на основании глубокого изучения физики процесса транспортирования жидкотекучих и пастообразных пищевых продуктов получены математические модели расхода, скорости и пристеночного скольжения, установлены новые данные по сопротивлению, потерям напора по длине трубопровода и на местные сопротивления, параметры гидроудара и колебаний подачи при работе насосов, что позволило получить характеристики и зависимости, разработать методики расчета и проектирования продуктопроводов, установить оптимальные технологические параметры процесса транспортирования пищевых продуктов, а так же повысить производительность и эффективность технологического процесса, снизить металлоемкость и энергетические затраты на 20–25 %;
- ♦ изучены особенности гидродинамического воздействия струй на жидкотекучую среду в процессе перемешивания твердой и жидкой фаз, с целью ускорения процессов ферментации и достижения необходимой однородности продукта;
- ♦ исследованы процессы гидродинамического воздействия струй на твердую поверхность плодов и овощей, разработаны математические модели взаимодействия струй с жидкотекучей средой и струй во взаимодействии со щеточно-эллипсными элементами объемного действия с поверхностью плодов и овощей, что позволило разработать новые процессы и новое технологическое оборудование, повышающее эффективность мойки плодов и овощей, снизить в два раза эксплуатационные затраты;
- ♦ изучен процесс гидродинамического разделения крахмальной суспензии, получены аналитические и полуэмпирические зависимости для определения рациональных конструктивных и технологических параметров микроциклона гидроциклонной установки, что позволило разработать гидроциклонную установку, обеспечивающую повышение эффективности разделения крахмальной суспензии и снижение расхода воды в 3 раза.

Резания и смешивания:

- ♦ проведены теоретические исследования процесса тонкослойного резания овощей и корнеклубнеплодов, обоснованы аналитические зависимости, позволяющие определить кинематические и технологические параметры процесса тонкослойного резания плоским ножом. Результаты реализованы в технологии получения яблочных чипсов, обеспечивающей снижение эксплуатационных затрат в 2,4 раза и повышение качества самого продукта;

- ♦ впервые комплексно изучен процесс объемного смешивания жидких и сыпучих сред в смесителе с применением эллипсных дисков, получены аналитические зависимости взаимодействия рабочих органов смесителя со смешиваемой средой и уравнения регрессии, устанавливающие зависимость коэффициента однородности смеси и потребляемой мощности от конструктивных и технологических параметров работы смесителя. Результаты теоретических и экспериментальных исследований реализованы при создании технологических линий по переработке материалов, что в совокупности позволило повысить эффективность процесса смешивания жидких и сыпучих сред с различными физико-механическими свойствами за счет достижения коэффициента однородности смеси (91–96 %) и снижения затрат энергии на 40 %.

Замораживания:

- ♦ проведены теоретические исследования и получены зависимости для определения продолжительности процесса замораживания мелкоштучных пищевых полуфабрикатов воздушным и двухстадийным способом под вакуумом;
- ♦ разработана технология подмораживания полуфабрикатов с образованием на их поверхности ледяного слоя для стабилизации тестовой оболочки и исключения усушки в процессе замораживания;
- ♦ создана технология замораживания полуфабрикатов под вакуумом до конечной температуры, позволяющая интенсифицировать процесс и уменьшить энергозатраты;
- ♦ на основе исследований разработана технологическая документация для производства замороженной продукции (картофеля и картофелепродуктов, овощной продукции): ТУ, ТИ, нормы расхода сырья, которые внедрены на предприятиях Республики Беларусь.

Сушки:

- ♦ изучено влияние на динамику и кинетику сушки зерна, продуктов из корнеклубнеплодов, фруктов и овощей различных видов энергоподвода к высушиваемому материалу, разработана технология и оборудование для ее осуществления;
- ♦ проведены многогранные исследования по снижению энергетических затрат, повышению эффективности сушки при повышении качества продукции, что позволило создать комбинированные методы сушки сырья, обеспечивающие высокое качество готовой продукции;
- ♦ проведены исследования режимов работы макетных образцов комбинированных ИК- и СВЧ-сушилок взвешенного слоя, позволило создать энергосберегающие технологии, которые более чем на 50 % снижают энергозатраты и на 20 % повышают производительность аппаратов.

Также по результатам научных исследований разработан **ряд технологий** для разных отраслей пищевой промышленности, в том числе:

- ♦ впервые проведены комплексные научные исследования в области баромембранной обработки и электродиализа молочной сыворотки, результаты которых легли в основу создания и внедрения отечественных технологий и оборудования;
- ♦ на основании глубокого изучения биополимеров, влияния используемого сырья и технологических параметров ведения процесса брожения на их превращения разработаны технологии получения зерновых, фруктовых и плодово-ягодных дистиллятов и продукции на их основе;
- ♦ технология получения модифицированных крахмалов с регулируемыми свойствами для различных отраслей народного хозяйства и закономерностей влияния режимов химической и механической обработки на основе исследования молекулярной и надмолекулярной структуры крахмала;
- ♦ технология производства концентрата из картофеля на основе исследования полноты осахаривания водно-картофельных смесей и эффективности их осветления, с применением процесса бланширования, что позволило увеличить выход продукта по сравнению с традиционной технологией в 1,5 раза, сократить массовую долю осадка в продукте в 3 раза, снизить себестоимость концентрата;
- ♦ технология производства зефира, обогащенного растворимыми пищевыми волокнами, позволяющая увеличить равновесную влажность, снизить скорость кристаллизации сахарозы в 3,0–3,7 раза и продлить срок годности изделий в 1,2–1,5 раза;
- ♦ технология производства растворимого печенья для детского питания, которое оптимизирует работу пищеварительной системы;
- ♦ технологии гидрогенизации и переэтерификации жиров и масел, позволившие получить импортозамещающие виды кондитерских жиров для кондитерских и хлебобулочных изделий с заданными свойствами;
- ♦ технология обеззараживания сырья, продуктов и технологических сред озоном и озонированной водой;

- ♦ технология обеззараживания и дезинфекции технологического оборудования;
- ♦ технология консервирования продукции плодоовощного сырья путем двухэтапной стерилизации, что позволяет в 2 раза сократить время стерилизации и повысить качество готового продукта;
- ♦ технология обогащения сырья при производстве продуктов питания белком, углеводами, пищевыми волокнами, минеральными элементами, витаминами, лактулозой, с целью создания продуктов функционального, оздоровительного, профилактического действия.

Всё это позволило разработать множество линеек пищевых продуктов, перерабатывающим предприятиям Республики Беларусь провести модернизацию производств, освоить новые технологии и получить конкурентоспособные, качественные продукты питания (рис. 1).



Рис. 1. Продукты функционального, оздоровительного, профилактического действия, в том числе для детей, пожилых людей, беременных женщин, спортсменов и других категорий населения

Сегодня перед отечественной наукой стоят задачи проведения научных исследований по разработке (конструированию) технологий оздоровительного, профилактического и индивидуального питания с обязательной оценкой функциональности пищевых продуктов. Широкое распространение получила разработка пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами на основе принципов пищевой комбинаторики. Анализ создания пищевых продуктов показывает, что для функциональных пищевых продуктов (ФПП) можно выделить базовые компоненты, обладающие определенным функционалом, что позволит их использовать при конструировании технологии готового продукта с заданными характеристиками качества. Универсальная базовая матрица состава продукта позволит расширить ассортимент ФПП, обеспечить вариантность качественных характеристик продукта и исключить нарушение качества готового продукта.

Для разработки теоретических основ персонализированного питания, создания рецептур и инновационных технологий функциональных пищевых продуктов на основе современных знаний в Центре по продовольствию создана научно-исследовательская лаборатория функционального питания.

Задачами деятельности лаборатории являются оценка пищевого поведения; исследование состава тела; комплексная оценка физиологического состояния основных органов и систем организма, уровня их адаптации и саморегуляции; оценка обеспеченности организма основными макро- и микроэлементами; персонализированный подбор пищевых продуктов; проведение научных исследований по оценке функциональности разрабатываемых пищевых продуктов, в том числе продуктов детского питания, для питания беременных и кормящих женщин, больных с наследственными и алиментарно-зависимыми заболеваниями; проведение клинических исследований по оценке эффективности новых видов обогащающих добавок, специализированных пищевых продуктов, продуктов диетического и профилактического питания, геродиетических продуктов, спортивного питания, функциональных продуктов для обеспечения производства высококачественной отечественной пищевой продукции.

В настоящее время лаборатория приступила к составлению «паспорта здоровья». На первом этапе изучается состояние всех органов и систем, определяется биологический возраст, составляется энергетическая пирамида — сколько пациент получает и расходует энергии, описываются имеющиеся заболевания. На следующем этапе осуществляется недельный мониторинг глюкозы. На заключительном этапе на основе всех изученных показателей составляются рекомендации по индивидуальной системе питания. Наши ученые первыми на постсоветском пространстве освоили такой подход.

Заключение. Результаты научной деятельности Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по продовольствию способствуют разработке новых технологий и высококачественных продуктов питания, в том числе функционального назначения, что позволит снизить заболеваемость и укрепить продовольственную безопасность Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ловкис, З.В. Гидравлика : учебное пособие / З.В. Ловкис, Б.А. Карташов, П.В. Лаврухин. — Ростов н/Д. : Феникс, 2019. — 383 с.
2. Ловкис, З.В. Реологические свойства послеспиртовой барды в условиях непрерывной деформации сдвига / З.В. Ловкис, А.А. Шепшелев, А.А. Арнаут [и др.] // Программа и материалы 26 симпозиума по реологии, Тверь, 10–15 г. / Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН ; редкол.: В.Г. Куличихин (отв. ред.) [и др.]. — Тверь, 2012. — С. 107–108.
3. Janson, L.-E. *Plastics pipes for water supply and sewage disposal*, 4th edition, Borealis, Majornas Copy Print AB, Stockholm, 2003.
4. Жукова, Н.П. Методические рекомендации по организации питания обучающихся в учреждениях образования в 2017/2018 учебном году : метод. Рекомендации / Н.П. Жукова. — Минск : Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2017. — 14 с.
5. Demianov, A.Y. *Introduction to the density functional method in hydrodynamics: учебное пособие (на англ. яз.)* / A.Y. Demianov, O.Y. Dinariev, N.V. Eliseev. — М. : Физматлит, 2014. — 328 с.
6. Ловкис, З.В. Научные достижения в пищевой промышленности: становление и развитие / З. В. Ловкие [и др.] ; под общ. ред. З.В. Ловкиса. — Минск : ИВЦ Минфина, 2016. — 336 с.
7. Максимов, А.С. Реология пищевых продуктов. Лабораторный практикум / А.С. Максимов, В.Я. Черник. — СПб. : ГИОРД, 2006. — 176 с.
8. Harlet, R.W. Phase/State transitions of confectionery sweeteners: thermodynamic and kinetic aspects / R.W. Harlet, R. Ergun, S. Vogel // *Comprehensive reviews in food science and food safety*. — 2011. — Vol. 10. — P. 17–32.
9. Ловкис, З.В. Технология крахмалов и крахмалопродуктов: учебное пособие / З.В. Ловкие, В.В. Литвяк, Н.Н. Петюшев. — Минск : Асобный, 2007. — 178 с.
10. Полумбрик, М.О. Углеводы в пищевых продуктах / М.О. Полумбрик, В.В. Литвяк, З.В. Ловкис, В.Н. Ковбаса. — Минск : ИВЦ Минфина, 2016. — 592 с.
11. Rezzolla, L. *Relativistic Hydrodynamics* / L. Rezzolla, O. Zanotti. — Oxford University Press, 2013. — 735 p.
12. Ловкис, З.В. Обоснование конструктивных параметров насадков струйного смесителя для аппарата гидродинамической обработки сред / З.В. Ловкис, А.А. Садовский, А.А. Шепшелев // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. — 2011. — № 3(13). — С. 81–88.

13. Ловкис, З.В. Исследование процесса перемешивания жидкотекучих пищевых сред / З.В. Ловкис, А.А. Садовский // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2015. — № 2(28). — С. 22–29.
14. Качество и безопасность пищевых продуктов: учебное пособие // З.В. Ловкис [и др.]. — Минск : ИВЦ Минфина, 2011. — 395 с.
15. Гидроциклон: пат. № 13738 Респ. Беларусь, МПК9 В 04 С 5/00 / З.В. Ловкис, А.В. Куликов, заявитель РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию». — № а 20081031; заявл. 01.08.2008; опубл. 30.10.2010.
16. Инновационное развитие пищевой промышленности: аспекты теории и практики / З.В. Ловкис, Ф.И. Субоч, Е.З. Ловкис ; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». — Минск : ИВЦ Минфина, 2019. — 528 с.
17. Социальное положение и уровень жизни населения Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск : РУП «Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь, 2017. — 381 с.
18. Промышленность Республики Беларусь : статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск : РУП «Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь, 2018. — 193 с.

УДК 637.07

Поступила в редакцию 26.08.2019

С.В. Симоненко, д.т.н.

Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, г. Истра, Российская Федерация

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНДУСТРИИ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

Аннотация. Актуальной задачей сохранения и укрепления здоровья детского населения, профилактики заболеваний, связанных с неправильным питанием, является развитие индустрии детского питания, а именно: разработка современных технологий производства пищевых ингредиентов, разработка инновационных технологий продуктов для детей, разработка продуктов для питания детей дошкольного и школьного возраста, в том числе в организованных коллективах. Необходима система стандартов, в которых прописаны требования к сырью, его переработке, транспортировке, хранению, безопасности пищевых продуктов.

Ключевые слова: детское питание, пищевые ингредиенты, технология продуктов детского питания, качество сырья, стандартизация детского питания

S.V. Simonenko

Scientific Research Institute of Baby Food — Branch of Federal Research Center Nutrition and Biotechnology, Istra, Russia

SCIENTIFIC SUPPORT OF BABY FOOD INDUSTRY

Abstract. The urgent task of preserving and strengthening the health of the child population, the prevention of diseases associated with improper nutrition, is the development of the baby food industry, namely: the development of modern technologies for the production of food ingredients, the development of innovative food technologies for children, the development of food products for children of preschool and school age, including in organized collectives. A system of standards is needed that spells out the requirements for raw materials, their processing, transportation, storage, food safety.

Keywords: baby food, food ingredients, technology of baby food, quality of raw materials, standardization of baby food

Согласно «Концепции государственной политики в области здорового питания населения РФ» питание является одним из важнейших факторов, определяющих здоровье населения в онтогенезе.

Целью государственной политики в области здорового питания детей является сохранение и укрепление здоровья, профилактика заболеваний, связанных с неправильным питанием, развитие индустрии детского питания, которая должна рассматриваться как одно из приоритетных направлений в составе группы национальных проектов [1].

Одним из способов достижения поставленной цели является развитие пищевой промышленности. Сегодня на российском рынке детского питания значительную долю занимает продукция импортного производства. Это связано с недостатком или отсутствием качественного сырья и ингредиентов отечественного производства, используемых при производстве продуктов, соответствующих повышенным требованиям к качеству и безопасности продуктов детского питания. Соответственно продукты детского питания производятся путем использования компонентов, ввозимых из стран-импортеров (витаминно-минеральные премиксы, сухая деминерализованная сыворотка и т.д.). Однако в последнее время появилась тенденция к созданию отечественного производства ингредиентов, некоторые виды компонентов уже производятся на территории России.

Кроме того, в настоящее время тренд структуры заболеваемости детского населения сместился в сторону социально-значимых неинфекционных заболеваний, связанных с такими проблемами как нарушение питания и неудовлетворительное качество продукции.

По данным Росстата за 2017 г. наиболее распространенными видами заболеваний детей в возрасте 0–14 лет являются: болезни кожи и подкожной клетчатки; болезни эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ (сахарный диабет, ожирение), болезни органов пищеварения, аллергические реакции, среди которых и аллергия на молочные продукты [2]. В разных регионах России частота заболеваний колеблется от 10 до 38,7 %.

Наблюдаемый за последние годы рост распространенности пищевой аллергии у детей вызывает серьезную озабоченность среди врачей. Точная постановка диагноза и выявление индивидуального непереносимого пищевого продукта существенно снижает риск развития тяжелых инвалидизирующих проявлений пищевой аллергии и расходы на лечение [3]. Необоснованное исключение многих продуктов из рациона питания детей приводит к развитию дефицитных состояний, влияет на их физические и психическое развитие, нарушает качество жизни всей семьи. Очень важно на этапе диагностики пищевой аллергии установить индивидуальный причинно-значимый пищевой аллерген или аллергены, ответственные за манифестацию аллергических симптомов. Перспективным на сегодняшний день является поиск альтернативных видов сырья и продуктов питания, особенно для детей с аллергией к белкам коровьего молока. В этой связи актуальной является разработка продуктов питания для детей раннего возраста на основе альтернативных видов сырья, таких как козье, кобылье молоко, комбинированное молоко различных видов сельскохозяйственных животных, растительные виды сырья и ингредиенты.

Также важное значение имеет создание современных технологий производства пищевых ингредиентов, используемых в продуктах питания, в том числе детского [4].

Основным перспективным направлением исследований в области совершенствования продуктов детского питания является разработка инновационных технологий продуктов детского питания, которая включает в себя:

- ♦ разработку принципиально новых технологий и оборудования, обеспечивающих глубокую, комплексную, энерго- и ресурсосберегающую переработку сельскохозяйственного сырья на основе современных физико-химических и электрофизических способов для создания экологически безопасного производства пищевых продуктов с различными функциональными свойствами;
- ♦ создание на основе новейших достижений генетики, микробиологии, нанотехнологий и информатики, современных принципов пищевой комбинаторики технологий производства качественно новых, импортозамещающих пищевых продуктов с направленным изменением состава и свойств, с использованием нано- и микрокапсул для адресной доставки биологически активных веществ в продукты массового потребления для детей различных возрастных групп, продукты лечебно-профилактического назначения;
- ♦ совершенствование биотехнологических процессов переработки сельскохозяйственного сырья, получения новых видов продуктов повышенной пищевой и биологической ценности с использованием высокоактивных рекомбинантных и мутантных штаммов и консорциумов микроорганизмов — продуцентов ферментов, незаменимых аминокислот, бактериоцинов, витаминов и других биологически активных веществ;
- ♦ создание биокаталитических и биосинтетических технологий производства функциональных продуктов питания с использованием биологически активных добавок иммуномодулирующего, антиоксидантного и биокорректирующего действия, пре- и пробиотиков для предупреждения различных заболеваний и укрепления защитных функций организма, снижения риска воздействия вредных веществ, в том числе для населения, проживающего в зонах экологического неблагополучия;
- ♦ разработка научных основ прижизненного формирования заданных качественных и функциональных характеристик сырья животного и растительного происхождения с целью создания дифференцированных технологий его переработки и хранения для обеспечения стабильного качества, хранимостепробности и минимизации потерь целевой продукции; разработка интегральной системы мониторинга, управления, контроля, прослеживания безопасности и качества сырья и готовых продуктов на всех этапах, включая производство, хранение, транспортирование и реализацию.

При этом важно обеспечить конкурентоспособность технических решений, позволяющих создать и внедрить в производство эффективные технологические процессы и технологии, способствующие планомерному насыщению внутреннего рынка России отечественными продуктами здорового питания.

Вопросы обеспечения детей качественными и безопасными пищевыми продуктами, соответствующими физиологическим потребностям детей различных возрастных групп, представляют перво-

степенную задачу развития агропромышленного комплекса. Одним из ключевых моментов при этом является совершенствование системы технического регулирования.

Обеспечение гарантированной безопасности вырабатываемых продуктов детского питания и стабильно высокого качества продукции практически невозможно без использования стандартов [4]. Необходима система полноценных стандартов, в которых прописаны требования к сырью, его переработке, транспортировке, хранению, безопасности пищевых продуктов.

Стандартизация в сфере детского питания должна устанавливать основные требования к качеству и безопасности продуктов, с учетом требований международных стандартов и в соответствии с принципами дифференциации относительно возраста и состояния здоровья детей.

Качество детского питания регулируется нормативными документами, требования которых значительно выше, чем к качеству продуктов для взрослого питания.

В настоящее время существует проблема подтверждения в полном объеме соответствия продуктов детского питания установленным требованиям качества ввиду отсутствия стандартизованных объективных и достоверных методов контроля. Это распространяется на контроль допустимых уровней минеральных веществ, витаминов и др.

Вместе с тем требуются меры по приведению в соответствие с действующим законодательством подзаконных актов и нормативных документов, прежде всего государственных стандартов как инструмента для регулирования вопросов качества и безопасности продуктов питания.

Это в первую очередь касается установления терминов и определений; гармонизации государственных стандартов на методы контроля с международными стандартами и Директивами ЕС, введения в стандарты показателей, обеспечивающих выявление фальсифицированной продукции методами лабораторных анализов, разработки стандартов на методы испытаний, в том числе экспрессных, позволяющих выявлять фальсифицированные и опасные для здоровья детей продукты.

Идеологической основой организации детского питания должно стать требование повсеместного обеспечения детей высококачественными продуктами для полноценного сбалансированного здорового питания. Однако сегодня существуют проблемы использования производителями некачественного продовольственного сырья. К ним относятся использование неразрешенных пищевых добавок или их применение в повышенных дозах; загрязнение сельскохозяйственных культур и продуктов животноводства пестицидами, используемыми для борьбы с вредителями растений и в ветеринарной практике для профилактики болезней животных; нарушение правил использования в растениеводстве удобрений, оросительных сточных вод; использование в животноводстве неразрешенных кормовых добавок, стимуляторов роста, медикаментов; миграция токсичных веществ из пищевого оборудования, посуды, инвентаря, упаковки; эндогенные токсичные соединения, образующиеся при тепловой обработке продуктов, токсиканты, поступающие из окружающей среды.

Для повышения качественных показателей производимых продуктов детского питания необходимо:

- ♦ создание технологий, предполагающих интегральный контроль и регулирование качества сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов питания на всех стадиях производства, транспортировки и хранения;
- ♦ осуществление типовых промышленно-производственных операций на функциональных единицах оборудования, исключающих возможность обсеменения продукта из окружающей среды или производственного персонала;
- ♦ необходимость оснащения функционально-технологического оборудования комплексом приборов и систем автоматики, обеспечивающих поддержание параметров, регламентируемых технологическими процессами;
- ♦ внедрение биотехнологий, технологий замкнутого цикла с более эффективной выработкой целевого продукта, с сокращением потерь сырья, производством пищевых продуктов с различными функциональными свойствами, что позволит повысить степень переработки сырья, расширить ассортимент выпускаемой продукции и решить экологические проблемы;
- ♦ обеспечение продукции упаковкой, которая позволит сохранить ее качество и безопасность, создание и внедрение в производство новых упаковочных материалов с антимикробными добавками, которые продлевают срок годности продукции, в том числе биоразлагаемой упаковки;
- ♦ подготовка квалифицированного промышленно-производственного персонала с учетом актуальных требований.

Важным направлением в области совершенствования детского питания является разработка продуктов для питания детей дошкольного и школьного возраста, в том числе в организованных коллективах.

Рациональное питание детей в образовательных учреждениях является необходимым условием обеспечения их здоровья. Нарушения в питании в этом возрасте служат одной из важнейших причин возникновения алиментарно-зависимых заболеваний, распространенность которых значительно увеличилась в последние годы.

С применением научного подхода к формированию здорового и рационального питания школьников и дошкольников необходимо на основе системного анализа существующих рационов питания и заболеваемости школьников, провести комплексные исследования их состояния здоровья и с учетом социальных и региональных особенностей, провести экспертизу и разработать нутриентно сбалансированные рационы питания, а также способствовать организации на предприятиях школьного питания выпуска полуфабрикатов для детского питания, способствующих профилактике наиболее распространенные заболевания вследствие их алиментарной сбалансированности и обогащения витаминами и микроэлементами [5].

В результате этих мероприятий должен быть сформирован актуальный перечень рекомендаций по адаптации школьного меню к особенностям детского и подросткового метаболизма, корректирующего состояние их здоровья.

В организации школьного и дошкольного питания особое значение придается ассортименту продукции. При всем богатстве рецептов приготовления блюд их недостаточно, чтобы удовлетворить все запросы при соблюдении действующего законодательства в области организации питания детей. Новые блюда, разрабатываемые в соответствии с национальными и религиозными запросами, должны проходить апробацию перед запуском на производство и включением в официальные рецептурные сборники.

Увеличение ассортимента продуктов детского питания невозможно без соответствующего обеспечения производственных мощностей адекватным по количеству и особенно качеству сырьем. В связи с этим важным являются следующие моменты:

- ♦ персонифицирование и ведение реестра поставщиков сырья;
- ♦ организация оперативного входного и выходного контроля сырья, компонентов и материалов;
- ♦ применение различных моделей сырьевого обеспечения;
- ♦ при использовании нативного сырья — организация специализированных сырьевых зон.

Таким образом, многосторонний системный подход к качеству и организации питания, включающий традиционные подходы и новые возможности, предоставляемые развитием науки и техники, является залогом обеспечения подрастающего поколения полноценным питанием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 г. [Электронный ресурс] / Распоряжение Правительства РФ от 25.10.2010 №1873. — Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_106196/. — Дата доступа : 05.06.2019.
2. Тутельян, В.А. Руководство по детскому питанию / В.А. Тутельян, И.Я. Конь. — М. : Медицинское информационное агентство, 2004. — 662 с.
3. Скворцо, В.А. Нарушение питания у детей раннего возраста / В.А. Скворцов, О.К. Нетребко, Т.Э. Боровик [Электронный ресурс] / Лечащий врач. — 2011. — № 01 — Режим доступа : <https://www.lvrach.ru/2011/01/15435100/>. — Дата доступа : 08.06.201.
4. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» (ТР ТС 027/2012) [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/902352823>. — Дата доступа : 05.07.2019.
5. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08. — М., 2008.

УДК 613.2:577

Поступила в редакцию 21.06.2019

В.М. Коденцова, д.б.н., профессор; Д.В. Рисник, к.б.н.*ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Российская Федерация*

ВИТАМИНИЗАЦИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ МАССОВОГО СПРОСА — ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ КОРРЕКЦИИ ВИТАМИННОГО СТАТУСА НАСЕЛЕНИЯ

Аннотация. Характерной особенностью витаминного статуса жителей России является наличие полигиповитаминозных состояний у 6–52 % населения. Наиболее часто встречается дефицит витаминов D и группы B. Самым эффективным способом улучшения витаминного статуса населения является обогащение витаминами продуктов массового спроса. В России наиболее приемлемыми для обогащения являются мука и хлебопродукты, что определяется их долей в структуре питания и широтой охвата всех групп населения. Мировая практика свидетельствует о безопасности и эффективности обязательного обогащения хлеба (муки) витаминами группы B, а также витамином D с использованием при выпечке обработанных ультрафиолетом пекарских дрожжей, обогащенных витамином D2. В России разработана нормативная база по обогащению пищевых продуктов (уровни обогащения, формы микронутриентов), однако обогащение, проводимое по инициативе производителей, недостаточно для улучшения витаминной обеспеченности населения. Требуется принятие закона об обязательном обогащении хлебобулочных изделий для организованных коллективов.

Ключевые слова: витамины группы B; витамин D, полигиповитаминоз; обогащенные витаминами хлебобулочные изделия; эффективность

V.M. Kodentsova, D.V. Risnik*FGBUN «Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and food safety»,
Moscow, Russian Federation*

VITAMINIZATION OF BAKERY PRODUCTS OF MASS DEMAND IS AN EFFECTIVE WAY TO CORRECT THE VITAMIN STATUS OF THE POPULATION

Abstract. The presence of multivitamin deficiency in 6–52% of the population is a characteristic feature of the vitamin status of the inhabitants of Russia. A deficiency of vitamins D and group B is most common. Enrichment with vitamins of mass consumption products is the most effective way to improve the vitamin status of the population. Thanks to their shares in the structure of nutrition and the breadth of coverage of all groups of the population in Russia flour and bread are the most acceptable for enrichment with B group vitamins, as well as vitamin D by means of using vitamin D2-enriched in ultraviolet baking yeast, when bakin. The regulatory basis for the enrichment of foods (enrichment levels, micronutrient forms) exists in Russia, however, voluntary initiative enrichment is not enough to improve the vitamin status of the population. Adoption of the law on mandatory enrichment of bakery products for organized teams is required.

Keywords: B group vitamins; vitamin D, multivitamin deficiency; fortified bakery products; efficiency

По данным Росстата, для жителей России характерно сниженное относительно рекомендуемых норм здорового питания потребление ряда микронутриентов (витаминов группы B, D, микроэлементов) на фоне природного йоддефицита. Оценка витаминной обеспеченности по содержанию в крови показывает, что наиболее частым является дефицит витамина D, затем следует недостаток витаминов группы B [1–4]. Восполнение недостаточного поступления витаминов с пищей осуществляют путем обогащения рациона этими незаменимыми пищевыми веществами [5].

Особенности коррекции поливитаминовой недостаточности. Характерной особенностью витаминного статуса жителей России является наличие полигиповитаминозных состояний у 6–52 % населения.

В среднем обеспечены всеми витаминами были 14 % взрослых и 16,8 % детей старше 4 лет; полигиповитаминоз имели 22 % обследованных взрослых (одновременный сниженный уровень в сыворотке крови 3 из 6 исследованных витаминов (А, Е, С, D, В₂, бета-каротин) и 39,6 % детей (одновременная сниженная относительно нормы экскреция 3 из 4 исследованных витаминов (С, В₁, В₂, В₆) [3, 4].

Поскольку у значительной части как взрослого, так и детского населения имеется одновременный недостаток сразу нескольких витаминов и минеральных веществ, а в организме существуют межвитаминные метаболические взаимосвязи, обоснованным является обогащение рациона не отдельными микронутриентами, а комплексом недостающих витаминов и микроэлементов. Адекватная обеспеченность одним витамином способствует эффективному превращению другого витамина в его биологически активную коферментную форму. Необходимым условием осуществления витамином D своих многочисленных как скелетных, т.е. направленных на поддержание гомеостаза кальция и ремоделированию скелета (кальцемических), так и внескелетных функций является достаточная обеспеченность организма витаминами, участвующими в образовании гормонально активной формы витамина D. Недостаток витаминов С, В₆, В₂, фолата, Е, нарушая превращения этого витамина в его метаболически активные гормональные формы, вызывает функциональную недостаточность витамина D [6, 7].

Технологическое обогащение пищевых продуктов: выбор обогащаемых продуктов и способов внесения витаминов. Технологическое обогащение (фортификация) разных видов пищевой продукции - это непосредственное добавление витамина или их смеси в пищевой продукт в процессе производства с обязательной маркировкой и указанием количества введенного в продукт микронутриента. В соответствии с СанПиН 2.3.2.2804-10 Дополнения и изменения № 22 к СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» одна порция витаминизированных продуктов содержит от 15 до 50 % от рекомендуемого суточного потребления витаминов и/или минеральных веществ.

Из опыта других стран известно, что эффективность фортификации чрезвычайно зависит от выбора обогащаемого продукта [8]. В Российской Федерации наиболее приемлемыми для обогащения являются мука и хлебопродукты. Это обусловлено тем, что, несмотря на некоторое снижение потребления хлебных продуктов, эта группа пищевой продукции относится к товарам ежедневного потребления и в настоящее время по-прежнему занимает значимое место в рационе всех групп населения Российской Федерации. Согласно «Рекомендациям по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» (Приказ Минздрава Российской Федерации от 19 августа 2016 № 614) норма потребления хлеба и макаронных изделий на душу населения составляет 96 кг в год. Фактически по данным Росстата среднестатистическое потребление хлебных продуктов в 2017 г. составило 117 кг. Хлебобулочные изделия остаются значимыми источниками витаминов В₁, В₂, В₆, РР, фолиевой кислоты в рационе российских детей и подростков [9, 10]. Для сравнения: зерновые продукты у населения США 45–75 лет вносят важный вклад в общее потребление тиамина (30,2–45,9 %), рибофлавина (23,1–29,2 %), ниацина (27,1–35,8 %), витамина В₆ (22,9–27,5 %) и фолиевой кислоты (23,3–27,7 %) [11]. Таким образом, хлебобулочная продукция, относящаяся к товарам ежедневного или массового потребления, может выступать носителем витаминов для всех категорий населения.

Еще одним доводом в пользу выбора для обогащения именно хлебобулочных изделий являются тенденции в хлебопечении и потреблении этой группы продуктов. В настоящее время ассортимент хлеба и хлебобулочных изделий сдвинулся в сторону увеличения изделий из муки высших сортов, характеризующихся пониженным содержанием витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон по сравнению с мукой грубого помола. В результате таких изменений поступление витаминов группы В за счет хлеба снизилось на 20-30%, что собственно и является одной из причин широкой распространенности недостаточной обеспеченности витаминами группы В среди населения. Таким образом, обогащение хлебобулочной продукции позволит восстановить потери витаминов группы В в ходе технологических процессов получения муки высших сортов.

Согласно данным отчета о результатах «Программы по фортификации продуктов питания в Афганистане/Центральной Азии» обогащение муки и хлеба удобнее и проще проводить с использованием готовых смесей (премиксов) витаминов и минеральных веществ — витаминно-минеральных комплексов [12]. Использование премиксов дает ряд преимуществ, поскольку позволяет более равномерно распределить микронутриенты, добавляемые в муку, в массу продукта, а также дает возможность проводить контроль за внесением премикса и содержанием микронутриентов не по всем вносимым, а по 2–3 компонентам [13]. Кроме того, одновременное внесение витаминов группы В целесообразно с точки зрения существования функциональных связей метаболизма витаминов

группы В в организме, результатом которых является невозможность устранения дефицита витамина В₆ без достижения адекватной обеспеченности организма витамином В₂. ГОСТ Р 58040-2017 «Комплексы витаминно-минеральные. Общие технические условия» устанавливает правила использования и нормы закладки премиксов при изготовлении обогащенных пищевых продуктов.

Обязательное обогащение муки из зерновых культур проводится в 83 странах мира. Согласно Food Fortification Initiative and the Iodine Global Network обогащению подвергается 31 % промышленно произведенной пшеничной муки, потребителями которой являются более 2 млрд человек [14]. В некоторых странах СНГ (в Узбекистане (2005 г.), Туркмении (2006 г.), Казахстане и Кыргызстане (2009 г.), Молдове (2012 г.)) был принят закон об обязательном обогащении муки. Для этих целей был разработан специальный витаминно-минеральный премикс, содержащий витамины В₁, В₂, В₁₂, никотинамид, фолиевую кислоту, а также микроэлементы железо (электролитическое) и цинк (в форме оксида) [12].

В России впервые обогащение муки витаминами В₁, В₂ и РР по решению Совнаркома СССР было произведено еще в 1939 г. Постановлением ГКНТ СССР от 30.10.85 была утверждена общесоюзная научно-техническая программа на 1986-1990 гг. «Создать и освоить производство продуктов детского питания и витаминизированных пищевых продуктов на основе научных принципов рационального и сбалансированного питания». Однако в данное время в стране обогащение продукции массового потребления производится только по инициативе предприятий-изготовителей, законодательно принятое обязательное обогащение пищевой продукции отсутствует. Уровень обогащения витаминами В₁, В₂, В₆, РР, фолиевой кислотой и железом муки высшего и первого сорта и хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего и первого сорта в Российской Федерации регламентируется постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 148 от 16.09.2003 г. «О дополнительных мерах по профилактике заболеваний, обусловленных дефицитом железа в структуре питания населения».

Во многих странах Западной Европы, США, Австралии, Новой Зеландии, странах бывшего СССР (Армения, Грузия, Азербайджан, Беларусь, Туркменистан и Казахстан) при выпуске хлебобулочных изделий законодательно закреплено использование йодированной соли. Хлеб и хлебобулочные изделия, изготовленные с использованием йодированной соли взамен обычной поваренной соли (по рецептуре 1,5 % соли на 100 г муки), по содержанию йода отвечают критериям для обогащенных пищевых продуктов. В 150 г хлеба (с учетом потерь йода при выпечке до 30 %) содержится около 50 мкг йода, что соответствует примерно 35 % от рекомендуемого суточного потребления этого микроэлемента для взрослых, 50 % и 35–40 % от рекомендуемого суточного потребления для детей дошкольного и школьного возраста [15]. Использование соли, обогащенной йодатом калия, способствует улучшению качества хлеба, предупреждению развития картофельной болезни и плесневения, повышению санитарно-микробиологической безопасности хлебобулочных изделий [16].

Особого внимания заслуживают и принципиально новые способы обогащения хлебобулочной продукции, которые приобретают актуальность в связи с отсутствием в РФ производства субстанций витаминов. Примером является витамин D, дефицит которого наиболее распространен среди всех групп населения, не зависимо от сезона года. Пекарские дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, обработанные ультрафиолетовым облучением, индуцирующим превращение эргостерина в витамин D₂, содержат его в 30–50 раз больше по сравнению с исходным количеством. В 2012 г. Европейской комиссией по диетическим продуктам, питанию и аллергии (EFSA) витамин D₂-обогащенные обработанные ультрафиолетом дрожжи были разрешены в качестве нового пищевого ингредиента при производстве дрожжевого хлеба, рулетов, мучной кондитерской продукции в максимальной дозе 5 мкг витамина D₂ на 100 г этих продуктов [17]. Добавление витамин D₂ содержащих дрожжей в дрожжевые хлебобулочные изделия разрешено в Канаде на уровне до 90 МЕ (2,25 мкг) витамина D₂ на 100 г продукта [18], а в США — на уровне не более 400 МЕ витамина D₂ на 100 г готовой продукции или 50 % от рекомендуемой нормы потребления [19].

Эффективность обогащения продуктов массового потребления (спроса). Эффективность мероприятий по фортификации пищевых продуктов зависит от степени обеспеченности населения микроэлементами, состояния здоровья населения страны, правильного выбора обогащаемого продукта, т.е. его доли в структуре питания, широты охвата всех групп населения, пищевых привычек, эффективного контроля качества выпускаемой продукции, соблюдения законодательно принятых уровней обогащения пищевой продукции и регулярного мониторинга и оценки потребления обогащенных продуктов [20–23].

Польза от обязательного обогащения пищевых продуктов массового потребления, осуществляемого во многих странах, проявляется по истечении нескольких лет. После введения законов, обязывающих дополнительно к витаминам В₁, В₂, В₆ и РР обогащать пшеничную муку фолиевой кислотой,

в США с 1998 г., в Канаде и Чили с 2003 г., было зарегистрировано снижение частоты дефекта нервной трубки среди новорожденных по сравнению с периодом 1988–1994 гг. на 26–31 %, 42 % и 40 %, соответственно, а также небольшое снижение рождения маловесных и недоношенных детей в США [5].

Эффективность фортификации продуктов массового спроса подтвердилась увеличением потребления микронутриентов всеми слоями населения, уменьшением доли лиц, у которых потребление отдельных микронутриентов не достигало нормы, улучшением обеспеченности населения микронутриентами (по концентрации в крови), улучшением биомаркеров алиментарно-зависимых заболеваний (снижение уровня гомоцистеина в крови), снижением частоты врожденных дефектов (дефект нервной трубки) и других заболеваний [5].

В последние годы исследование эффективности законодательно закрепленного обогащения пищевых продуктов проводится еще более тщательно с позиций доказательной медицины. Несмотря на гетерогенность анализируемых исследований (различия по обогащаемым продуктам, микронутриентам, дозировке обогащающих компонентов, возрасту участников, продолжительности применения обогащенных продуктов, различия в рационе питания или исходной обеспеченности микронутриентами обследуемых когорт населения) при проведении мета-анализа 51 исследования, за период с 2000 по 2017 г., каждое из которых включало не менее 1000 человек, были установлены следующие закономерности. Среди исследований, отвечающих выбранным строгим критериям, 4 работы были посвящены обогащению витамином А, 19 — железом, 11 — йодом, 17 — фолиевой кислотой. Установлено, что использование в питании обогащенных пищевых продуктов приводило к увеличению концентрации микронутриентов в сыворотке крови; снижению анемии на 34 % (ОР 0,66; 95% ДИ: 0,59, 0,74), снижению частоты развития зоба на 74 % (ОШ: 0,26; ДИ 95 %: 0,16, 0,43); снижению вероятности дефектов нервной трубки на 41 % (0,59; 95 % ДИ: 0,49, 0,70) [24].

Во многих странах проводится предварительная оценка потенциального влияния обязательного обогащения пищевых продуктов. На основе анализа фактического питания в Монголии было показано, что обогащение муки будет особенно эффективным для снижения дефицита тиамина и фолата [25]. По расчетам обогащение пшеничной муки витамином D в дозе 10 мкг/100 г приведет к снижению в 2 раза количества лиц с его недостаточным потреблением [26]. Предполагается, что обогащение пшеничной муки витамином D может оказаться даже более эффективным, чем фортификация молока.

По оценкам польских исследователей, у 25 % школьников, включающих в рацион обогащенные зерновые продукты, их вклад в общее потребление витаминов группы В и железа может достигать 80 % [27]. Заметное влияние на показатели обеспеченности железом и витаминами В₂ и В₆ (увеличение их концентрации в плазме крови в 2 и 1,4 раза, снижение относительного количества детей с недостатком витаминов группы В в 1,3 и 1,8 раза) было зафиксировано при включении в течение 6 недель в рацион детей школьного возраста взамен обычного хлеба 2 булочки (100 г), обогащенных витаминами группы В (в дозе 33–50 % от физиологической потребности) и элементарным железом (около 30 % от рекомендуемого потребления) без нежелательного усиления перекисного окисления липидов в сыворотке крови [28].

Заключение.

Мировая практика свидетельствует о безопасности и эффективности обязательного обогащения хлеба (муки) витаминами группы В. В условиях недостаточных знаний населения о пользе обогащенных пищевых продуктов и отсутствии предпочтения в выборе таких продуктов возникла настоятельная необходимость законодательного закрепления и/или принятия нормативных актов, регламентирующих обязательное обогащение хлебопродуктов, которые ежедневно потребляются большинством населения, микронутриентами (витаминами группы В, железом, йодом), дефицит которых наиболее часто обнаруживается у населения России. По данным за 2016 г. 35,5 % из 1200 опрошенных жителей Санкт-Петербурга никогда не использовали в питании обогащенные микронутриентами продукты [29].

В Российской Федерации разработана нормативная база по обогащению пищевых продуктов (уровни обогащения, формы микронутриентов), однако законодательно принятое обязательное обогащение пищевой продукции отсутствует, а обогащение, проводимое по инициативе производителей, недостаточно для улучшения витаминной обеспеченности населения.

Согласно «Основам государственной политики России в области здорового питания до 2020 года», утвержденным правительством в 2010 г., доля обогащенных витаминами и минералами изделий должна составлять 50 % от общего объема выпуска хлеба. Однако фактически доля обогащенных витаминами и минералами изделий составляет всего лишь 2 % от общего объема выпуска хлеба.

Государственные и муниципальные медицинские, образовательные и социальные организации обогащенные продукты практически не закупают.

К проблемам, решение которых должно обеспечить эффективность программ обогащения, относятся надлежащий мониторинг результатов витаминизации пищевой продукции и обеспечение соответствия уровня обогащения микронутриентами принятым критериям [30]. Это требование основано на опыте других стран. При оценке 20 национальных программ по обогащению пищевых продуктов в 12 странах оказалось, что менее половины исследованных образцов продукции, разработанных в рамках данных программ, были надлежащим образом в соответствии с национальными стандартами обогащены микронутриентами [13].

В настоящее время в законодательных актах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) отсутствуют требования к обогащенной пищевой продукции. В стадии обсуждения находятся Изменения № 2 в ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевых продуктов» (<http://www.eurasiancommission.org/>). В них предполагается возможность обогащения хлеба и хлебобулочных изделий витаминами группы В (В₁, В₂, В₆, РР, фолиевая кислота), а также бета-каротином, железом, кальцием, йодом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы / В.М. Коденцова [и др.] // Вопросы питания. — 2017. — Т. 86, № 2. — С. 52–67.
2. Характеристика обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации / В.М. Коденцова [и др.] // Профилактическая медицина. — 2018. — Т. 21, № 4. — С. 32–37. doi: 10.17116/profmed201821432.
3. Витаминная обеспеченность взрослого населения Российской Федерации (1987–2017 гг.) / В.М. Коденцова [и др.] // Вопросы питания. — Т.87, № 4. С. 62–68. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10043.
4. Коденцова, В.М. Обеспеченность детей водорастворимыми витаминами (2015–2018 гг.) / В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская // Вопр. практич. педиатрии. — 2019. — Т. 14, № 2. — С. 7–14. doi: 10.20953/1817-7646-2019-2-7-14.
5. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы / В.М. Коденцова [и др.] // Вопросы питания. — 2017. — Т. 86, № 2. — С. 52–67.
6. Спиричев, В.Б. Витамин D и его синергисты / В.Б. Спиричев, О.А. Громова // Земский врач. — 2012. — №2. — С. 33–38.
7. Коденцова, В.М. Влияние дефицита витаминов на обеспеченность организма витамином D / В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. — 2018. — Т.21, № 7. С. 42–46.
8. Aaron, G. J. Coverage of large-scale food fortification of edible oil, wheat flour, and maize flour varies greatly by vehicle and country but is consistently lower among the most vulnerable: results from coverage surveys in 8 countries / G. J. Aaron, [et al.] // The Journal of nutrition. — 2017. — V. 147, no 5. — P. 984S–994S. doi: 10.3945/jn.116.245753.
9. Козубенко, О.В. Гигиеническая оценка содержания водорастворимых витаминов в рационе питания подростков / О.В. Козубенко [и др.] // Гигиена и санитария. — 2015. — Т. 94. — № 8. С. 40–45.
10. Коденцова, В.М. Обогащение пищевых продуктов и его вклад в обеспечение детей витаминами и минеральными веществами / В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская // Микроэлементы в медицине. — 2008. — Т.9, № 12. — С. 56–57.
11. Sharma, S. Ethnic differences in grains consumption and their contribution to intake of B-vitamins: results of the Multiethnic Cohort Study / S. Sharma, T. Sheehy, L.N. Kolonel. // Nutr J. — 2013. — V.12. — P. 65. doi: 10.1186/1475-2891-12-65.
12. Региональная программа обогащения пищевых продуктов в Центральной Азии/Афганистане Оценка производства в Казахстане (пшеничная мука) и Пакистане (пшеничная мука и пищевое масло). Итоговый доклад октябрь, 2015. — 98 с. <https://www.gainhealth.org/wp-content/uploads/2014/07/Industry-Assessment-in-Kazakhstan-and-Pakistan-RUS.pdf>.
13. Коденцова, В.М. К рабочей дискуссии о проекте ГОСТ Р «Комплексы витаминно-минеральные. Общие технические условия» / В.М. Коденцова [и др.] // Пищевая промышленность. — 2018. — №2. — С. 28–34.

14. Luthringer, C.L. Regulatory Monitoring of Fortified Foods: Identifying Barriers and Good Practices / C.L. Luthringer, [et al.] // *Glob Health Sci Pract.* — 2015. — V. 3. — № 3. — С. 446–461. doi: 10.9745/GHSP-D-15-00171.
15. Коденцова, В.М. Оценка максимально возможного поступления йода за счет йодированной соли и хлебобулочных изделий массового потребления, изготовленных с ее использованием / В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская, А.К. Батурич // *Микроэлементы в медицине.* — 2011. — Т.12, №. 3–4. — С. 43–47.
16. Костюченко, М.Н. Системный подход к обогащению хлебобулочных изделий йодом (окончание) / М.Н. Костюченко, Т.Б. Цыганова, Л.Н. Шатнюк // *Хлебопечение России.* — 2003. — №. 2. — С. 34–35.
17. EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies), 2014. Scientific Opinion on the safety of vitamin D-enriched UV-treated baker's yeast. // *EFSA J.* — 2014. — V.12, no 1. — P. 3520, 19 pp. doi:10.2903/j.efsa.2014.3520.
18. Health Canada. Department of Health, Food and Drugs Regulation — Amendments. *Canada Gazette Part I*, 19 February, 2011, pp. 439–440.
19. FDA (Food and Drug Administration). Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services. Food additives permitted for direct addition to food for human consumption; vitamin D2 bakers yeast. *Federal Register* 08/29/2012; — Mode of access: <http://federalregister.gov/a/2012-21353>. — Date of access : 28.05.2019.
20. Neufeld, L. M. Coverage and utilization in food fortification programs: critical and neglected areas of evaluation / L.M. Neufeld, [et al.] // *The Journal of nutrition.* — 2017. — V. 147. — no 5. — P. 1015S-1019S. doi: 10.3945/jn.116.246157.
21. Micronutrient fortification of food in Southeast Asia: recommendations from an expert workshop / J. Gayer, [et al.] // *Nutrients.* — 2015. — V. 7. — no 1. — P. 646–658. doi: 10.3390/nu7010646.
22. Assessing Coverage of Population-Based and Targeted Fortification Programs with the Use of the Fortification Assessment Coverage Toolkit (FACT): Background, Toolkit Development, and Supplement Overview / V.M. Friesen, [et al.] // *J Nutrition.* — 2017. — V. 147. — no 5. — P. 981S-983S. doi: 10.3945/jn.116.242842.
23. Coverage of nutrition interventions intended for infants and young children varies greatly across programs: results from coverage surveys in 5 countries / M. Leyvraz, [et al.] // *J Nutr.* — 2017. — V.147, no 5. — P. 995S-1003S. doi: 10.3945/jn.116.245407.
24. Improved micronutrient status and health outcomes in low- and middle-income countries following large-scale fortification: evidence from a systematic review and meta-analysis / E. C. Keats, [et al.] // *Am. J Clin. Nutr.* — 2019. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz023>.
25. Projected effectiveness of mandatory industrial fortification of wheat flour, milk, and edible oil with multiple micronutrients among Mongolian adults / S. Bromage, [et al.] // *PloS one.* - 2018. — V.13, No 8, P. e0201230. doi: 10.1371/journal.pone.0201230.
26. Does fortification of staple foods improve vitamin D intakes and status of groups at risk of deficiency? A United Kingdom modeling study / R.E. Allen., [et al.] // *Am J Clin Nutr.* - 2015. — V. 102. — No 2. — P. 338–344. doi: 10.3945/ajcn.115.107409.
27. Intake of Vitamins and Minerals from Voluntarily Fortified Foods in School Children in Central-Eastern Poland / E. Sicińska, [et al.] // *Int J Vitam Nutr Res.* — 2016. — №1. — P.9. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000427>.
28. Трофименко, А.В. Сравнительная оценка эффективности использования в питании детей обогащенных витаминами и железом пищевых продуктов и витаминно-минеральных комплексов / А.В. Трофименко, В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская // *Педиатрия.* — 2005. — № 1. — С. 52–58.
29. Доценко, В.А. Особенности употребления петербуржцами витаминов и продуктов, обогащенных биологически активными веществами / В.А. Доценко [и др.] // *Гигиена и санитария.* — 2016. — Т. 95, № 5. — С. 479–483.
30. Large-scale food fortification and biofortification in low- and middle-income countries: a review of programs, trends, challenges, and evidence gaps / S.J. Osendarp [et al.] // *Food and nutrition bulletin.* — 2018. — V. 39, No 2. — P. 315–331.

УДК 550.47:574.24

Поступила в редакцию 14.08.2019

**¹В.В. Ермаков, д.б.н., профессор; ²А.Г. Мойсеенок, д.б.н., член-корреспондент
НАН Беларуси; ¹В.А. Сафонов, д.б.н.; ¹Ю.В. Ковальский, к.б.н.**

*¹Лаборатория биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН им. В.И. Вернадского РАН г. Москва,
Российская Федерация*

²ГП «Институт биохимии биологически активных соединений Национальной академии наук Беларуси», г. Гродно, Республика Беларусь

БИОГЕОХИМИЯ ПОЛИЭЛЕМЕНТНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОЗОВ

Аннотация. Рассмотрены фундаментальные и прикладные вопросы проявления микроэлементозов животных, обитающих в условиях сосуществования биосферы, техносферы и ноосферы. Подчеркнута комплексность генезиса микроэлементозов на фоне выраженности дефицита или избытка отдельных биологически активных жизненно важных микроэлементов. Обсуждается необходимость организации микроэлементного мониторинга основных продуктов питания и кормов местного и привозного происхождения. Приведены примеры современных инноваций и технологий в области экологического мониторинга, профилактики биогеохимических эндемий и микроэлементозов.

Ключевые слова: биогеохимия, биосфера, биотехнология, геохимическая экология, животное, здоровье, микроэлементозы, почва, растение, техногенез, человек

V. V. Ermakov, A. G. Moiseenok, V. A. Safonov, Yu. V. Kovalsky

*¹Laboratory of Environmental Biogeochemistry GEOCHI RAS IN AND. Vernadsky RAS,
Moscow, Russian Federation*

*²Republican Research Unitary Enterprise «Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the
National Academy of Sciences of Belarus», Grodno, Republic of Belarus*

BIOGEOCHEMISTRY OF POLYELEMENT MICROELEMENTHOSES

Abstract. The fundamental and applied questions of manifestation of animal microelementoses, living in the conditions of coexistence of the biosphere, the technosphere and the noosphere are considered. The complexity of the genesis of microelementoses in the background of the severity of deficiency or excess of certain biologically active essential trace elements is emphasized. The necessity of microelement monitoring of basic food and feed of local and imported origin is discussed. Examples of current innovations and technologies in the field of the environmental monitoring, prevention of biogeochemical endemias and microelementoses are given.

Keywords: biogeochemistry, the biosphere, biotechnology, geochemical ecology, animals, health, trace elements, soil, plant, technogenesis, man

Введение. В результате биогеохимических исследований таксонов биосферы установлено проявление реакций у животных и человека на геохимические факторы среды (на содержание химических элементов в почвах, водах, растениях, растительных кормах и пищевых продуктах). Особенно большое значение в реакциях организмов на химические элементы среды приобретает близость их содержания к нижним или верхним пороговым концентрациям. Согласно В.В. Ковальскому [8], между нижними и верхними пороговыми концентрациями содержание химических элементов в почвах и кормах, соответствующее норме, может изменяться в несколько раз, например, содержание йода в почвах в среднем в 8 раз, в кормах в среднем в 17 раз, содержание молибдена в почвах – в 3 раза, в кормах – в 12 раз и т.д. При изменении в несколько раз в кормах концентрации отдельных микроэлементов организм способен во многих случаях регулировать процессы обмена веществ, но напря-

жение регуляторных механизмов в таком случае все время возрастает по мере приближения к пороговым концентрациям и может наступить срыв нормальной их функции при дальнейшем понижении или повышении содержания в кормах химических элементов.

Данная статья посвящена современной актуальной проблеме — взаимосвязи и взаимодействиям макро- и микроэлементов в биогеохимических и биохимических процессах.

Основная часть. У животных организмов и человека могут развиваться заболевания обмена веществ, которые благодаря их причинной связи со средой данной местности названы эндемическими. Еще недостаточно изучены заболевания, вызываемые недостатком бора, стронция, свинца, но установлено, что избыток этих элементов в естественной среде может вызвать эндемические болезни животных и человека. Эндемические болезни, вызываемые у сельскохозяйственных животных недостатком кобальта, цинка или йода, недостатком или избытком меди, фтора, марганца, селена, напротив, в настоящее время достаточно глубоко изучены (табл. 1). В данной таблице, составленной на основании многочисленных данных и наблюдений, ряд микроэлементов характерны как для животных, так и для человека [1, 5, 7, 8, 13]. Достоверно установлена зависимость от дозы характера действия химического элемента на отдельные системы организма и на целый организм. В природных условиях, несмотря на сложность химического состава геохимической среды, обычно ведущее значение в возникновении эндемических заболеваний имеет один химический элемент, который находится в среде в особенно дефицитном или избыточном количестве. В ряде случаев может сказываться на возникновении эндемии одновременное низкое или повышенное содержание в пище нескольких химических элементов или их соотношений, например кобальта и меди, кобальта и йода, меди, марганца и йода, стронция и кальция. В этих случаях эффект действия микроэлементов может определяться параллельным нарушением нескольких обменных процессов, в каждом из которых один элемент имеет ведущее значение. Как правило, этиологическая роль химических элементов в патогенезе биогеохимических эндемий носит сложный характер. Для понимания реакций организмов на факторы геохимической среды необходимо выяснить основные точки приложения химических элементов к биохимическим процессам и установить их звенья, вовлекающие целый организм в реакции на недостаток или избыток определенных элементов, т.е. установить причинные зависимости и объяснить значение каждой стадии в интегральном проявлении реакции организма [8].

Таблица 1. Краткая характеристика некоторых микроэлементозов сельскохозяйственных животных

Заболевание	Симптомы	Участие химических элементов	
		Дефицит	Избыток
Эндемический зоб	Нарушение синтеза и метаболизма гормонов щитовидной железы	I, Cu, Se	Ca, Sr, Pb, F, S
Гипокупроз (алиментарная анемия)	Нарушение регенерации эритроцитов, образования Hb, снижение тканевого дыхания, отек и размягчение мозга	Cu	Mo
Энзоотическая атаксия	Снижение активности оксидаз, энцефаломалиция	Cu, Co, I	B, Mo, Pb, Mn, Zn, S
Гиперкупроз	Гемоглобинурия, паренхиматозная желтуха		Cu
Гипокобальтоз (сухотка, болотная болезнь)	Анемия, анорексия, нарушение эритропоэза, обмена белков и углеводов	Co	Mn, Sr, B, Ca, P
Гиперкобальтоз	Хронический токсикоз, анорексия, нарушение роста, полицитемия, нефросклероз	Cu, Se	Co
Паракератоз	Поражение кожи, слизистых оболочек, дерматит, алопеции, анемия, отек конечностей	Zn	Ca
Эндемический кариес зубов	Стоматит, разрушение дентина и эмали, молочно-белая крапчатость	F	*
Флюороз	Поражение зубов, пигментация, нарушение оксификации, остеодистрофия	?	F
Гипомагниемия	Недостаток магния, нервно-мышечные расстройства, нарушение ионного равновесия	Mg, Ca	?
Гипокальциемия	Тетания, спазмы скелетных мышц, гортани, желудочно-кишечного тракта	Ca	?

Окончание табл. 1

Заболевание	Симптомы	Участие химических элементов	
		Дефицит	Избыток
Борный энтерит	Диарея, исхудание, анемия	Cu	B
Молибденовый токсикоз (молибденоз)	Гастрит, анемия, утолщение суставов, нарушение обмена азота	Cu, S, Co, Zn, Fe	Mo
Остеодистрофия	Нарушение Са-Р обмена, функций и строения костной ткани	P, Ca, Co, Mn, I	Mg, F, S, Sr, Ba, B, Ni
Уровская болезнь	Нарушение нейроэндокринной системы, дистрофические и дегенеративные изменения в костной ткани, хряще	Se, I, Cu,	Ba, Sr, Cr, Mn, P
Беломышечная болезнь	Нарушение минерального, углеводного и белкового обмена, поражение сердечной и скелетной мышц, их ригидность	Se (Co, Cu, I)	Ca, Mo
Энзоотическая миоглобинурия лошадей	Дистрофия поперечно-полосатой мускулатуры	Se (Mn, I, Co, Ca, P)	?
Свинцовый токсикоз	Расстройство центральной нервной системы, парез или паралич задних конечностей, анемия	Se	Pb
Кадмиевый токсикоз	Нефроз, нарушение Са-Р обмена, остеопороз, остеолит, анемия	Se, Zn	Cd
Литиевый токсикоз	Выпадение шерсти, гиперкальциемия, гипергликемия	Cu, Co, I, P	Li
Никелевый токсикоз	Ni-экзема, потеря зрения, гастроэнтерит, тромбоз сосудов	?	Ni (Cu, Ba, Fe, F)

Примечание: * множество других факторов, включая биогеохимические

При геохимических эндемиях, кроме специфических признаков нарушения обмена веществ, существуют общие расстройства жизнедеятельности. К ним относятся у сельскохозяйственных животных падение продуктивности, нарушение воспроизводительной способности животных, понижение иммуно-биологических свойств организмов. Проявление иммунодефицита и снижения генитальных функций, как и эндокринных патологий типично и для человека.

Вопрос о проявлении микроэлементозов среди диких животных недостаточно изучен. Существуют данные, что в пределах некоторых районов Болгарии, бедных медью, кобальтом и йодом, у серн обнаружен эндемический зоб. Выявлены также случаи паракератоза среди диких и домашних животных в условиях недостатка цинка [5]. По мнению Т.Г. Дерябиной, нарушение микроэлементного баланса может быть причиной заболеваемости зубров гнойно-некротическим баланопоститом (с ярко выраженной патологией в генитальных органах) [6]. Данное предположение основано на фактическом умеренно повышенном уровне содержания ряда микроэлементов (кадмий, свинец, хром, никель) в организме зубров, снижении концентраций меди и кобальта в органах и тканях и косвенных данных о влиянии тяжелых металлов на различные физиолого-биохимические процессы у других видов животных. Ослабление половой функции у быков-производителей иногда сопровождается дефицитом цинка в их суточном рационе.

Наряду с моногипер- и гипомикроэлементозами животных в настоящее время возникает проблема комплексных элементозов, проявляющихся в результате экстенсивного ведения сельского хозяйства, и касающаяся преимущественно высокопродуктивных животных. По мнению академика В.Т. Самохина, главными причинами расстройств здоровья животных всех видов и пород со всеми неблагоприятными последствиями являются экологические факторы: то есть условия окружающей среды и, главное, первостепенное значение имеет дисбаланс питательных веществ в рационах кормления животных, в частности – дефицит микроэлементов: меди, цинка, марганца, кобальта, йода, селена [10, 11]. При длительном дефиците или снижении поступления биологически активных макро- и микроэлементов в организме возникает патологическое состояние – хронический комплексный гипомикроэлементоз, наносящий значительный экономический и экологический ущерб [10].

У всех видов животных и у человека он проявляется расстройством течения всех видов обмена веществ и, прежде всего, снижением биосинтеза и функциональной активности нуклеиновых кислот, которые выполняют важнейшую биологическую роль — синтез белков, а это означает, что падает биосинтез гормонов, ферментов, иммуноглобулинов.

В зависимости от степени, продолжительности и сочетания дефицита отдельных микроэлементов интенсивность проявления патологических процессов в обмене веществ бывает различной и протекает в скрытой форме или с проявлением видимых клинических признаков патологий. Нарушение в обмене веществ, накопление промежуточных и конечных токсичных продуктов обмена (мочевина, кетоновые тела, свободные радикалы и другие метаболиты) выявляется в лабораториях биохимическими методами исследований крови, мочи, молока. В тканях всех органов и систем наступают субклеточные и патоморфологические изменения, которые сопровождаются резким нарушением их функциональных отправления и выявляются гистологическими исследованиями тканей пораженных органов [1, 8, 10, 14]. Снижение показателей общей неспецифической резистентности и иммунобиологической реактивности в результате нарушений обмена веществ резко ограничивает адаптационные свойства организма, его способность сопротивляться биологическим (микробы, вирусы и др.) и абиотическим (ксенобиотики) факторам, которые в последние годы интенсивно накапливаются и активизируются во внешней среде. По этой причине в хозяйствах у животных повышена заболеваемость не только незаразными, но также и инфекционными болезнями в результате наслаивания различных токсикозов, вызванных грибами, солями тяжелых металлов, пестицидами и другими веществами.

В связи с развитием комплексных микроэлементозов отметим роль микроэлементов в патогенезе вирусных и инфекционных заболеваний. В частности, представляет интерес связь недостатка микроэлементов с этиологией вирусных заболеваний. Установлена трансформация невирулентного РНК-ового вируса Коксаки типа В3 (CVB3/0) в вирулентный у мышей при содержании их на рационе с недостатком селена в результате необратимой мутации, связанной с видоизменением структуры генома [15, 18]. По-видимому, это имеет непосредственное отношение к миопатии — эндемической болезни Кешана, распространенной в районах КНР с недостатком селена в среде. На конгрессах по проблемам биологической роли микроэлементов (Бангкок, 2005; Херсонес, 2007; Санкт-Петербург, 2017) неоднократно подчеркивалась роль цинка и других микроэлементов в патогенезе некоторых бактериальных заболеваний органов человека и животных. Поэтому проблема оценки недостаточности микроэлементов приобретает особую актуальность.

Представляют несомненный интерес микроэлементные взаимодействия хозяин-паразит, хозяин-микроорганизмы. Известно, что организм человека и животных аккумулирует необходимые микроэлементы, такие как железо, марганец, медь и цинк, с конкретными соединениями (включая белки), чтобы резервировать эти металлы от вторжения патогенов («пищевой иммунитет») [17, 19]. Таким образом, связывание металлов отражается на устойчивости организма к инфекции. Статус селена также может влиять на взаимодействие хозяин-патоген, но патогены имеют механизмы противодействия этой защитной способности хозяина. Как микроорганизмы, так и паразиты (гельминты) весьма устойчивы к воздействию особо высоких и, следовательно, токсичных уровней ионов металлов. Вторичный защитный механизм обусловлен продуцированием (врожденными иммунными клетками хозяина) реактивного кислорода и азота; это также может привести к повреждению тканей хозяина. Кроме того, газотрансмиттеры оксида азота (оксидант) и оксида углерода косвенно участвуют в побочных эффектах (депротекция и защита, связанные с метаболизмом гема), возникающих в результате иммунного ответа.

Опосредованные изменения гомеостаза железа у хозяина непосредственно влияют на распространение микробов. В зависимости от типа возбудителя могут быть инициированы различные регулирующие механизмы. Ограничение доступности железа может быть эффективной стратегией ограничения внеклеточных бактерий, хотя такая стратегия наносит ущерб внутриклеточным патогенам [19].

Гомеостаз железа частично связан с гомеостазом меди. Недостаток меди в организме млекопитающих предрасполагает к инфекционным заболеваниям, в какой-то степени как следствие потери нейтрофилов, индуцированной неадекватным поступлением или усвоением меди. Наконец, существует четкая корреляция между бактериальными инфекциями и снижением концентрации Zn в сыворотке крови. В целом дефицит Zn снижает иммунную защиту от инфекций, хронических воспалительных заболеваний и снижает клеточную активацию, в то время как высокие уровни цинка могут препятствовать эффективной трансдукции сигнала [16].

Следует обратить внимание на процессы взаимодействия биологически активных макро- и микроэлементов. Они наблюдаются как в процессе образования и трансформации планетного вещества, в эпигенетических и гипергенных процессах (миграция и дифференциация вещества), так и в биогеохимических процессах (аккумуляция и рассеяние химических элементов организмами). Конкурентные и синергетические связи между макро- и микроэлементами наблюдаются на стадии всасывания, на фазе проникновения через мембраны, на молекулярном и генетическом уровнях и на взаимоотношении хозяин-микроорганизм (паразит, патоген) [12, 17].

Особое значение приобретают конкурентные и синергетические связи между химическими элементами и продуктами метаболизма различных организмов. Общеизвестны такие взаимодействия между кальцием и цинком, кальцием и кадмием, кальцием и стронцием, кальцием и фосфором, медью и молибденом, уровнем сульфатов и медью, селеном и йодом и др.

Кроме точек приложения микроэлементов в обмене веществ, в настоящее время особую роль придают именно взаимодействиям между микроэлементами и между макро- и микроэлементами. В связи с этим уместно напомнить развитие В.В. Ковальским оригинального научного направления — ферментной адаптации [7, 8, 9]. Так, было установлено, что в зависимости от геохимических условий — соотношений и концентраций молибдена и меди в среде, пастбищных растениях и кормах активность ксантинооксидазы печени и почек животных меняется. Было установлено 2 активных центра в молекуле фермента, соответственно содержащие Mo и Cu, связанные с активностью металлопротеида [9]. В специальных опытах на дойных коровах при выделении ксантинооксидазы из молока и ее разделении на изоферменты была обнаружена дифференциация фермента на изоферменты, по-разному связанные с уровнем меди и молибдена в рационе животных.

Результаты исследований во многом связаны с механизмами регуляций в организме животных в условиях биогеохимических провинций и геохимически аномальных биогеоценозов. Так, на уровне тканей нами обнаружен антагонизм между медью и молибденом [7] (рис. 1).

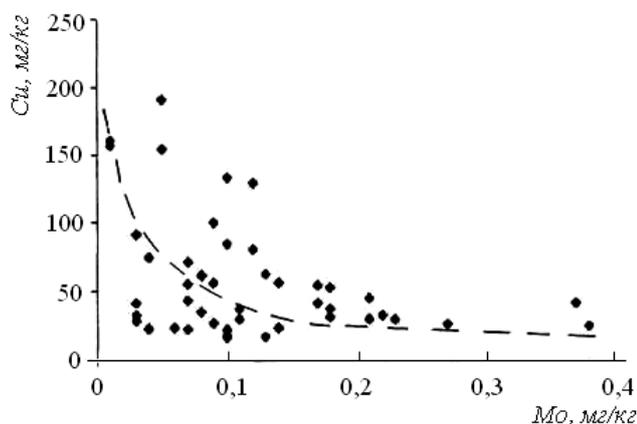


Рис. 1. Связь концентраций меди и молибдена в волосах дойных коров при избытке меди в рационе (число проб = 46)

Известно, что Московская область является в основном регионом с низкими (фоновыми) концентрациями меди и молибдена в растениях и кормах животных. Умеренный дефицит кобальта, селена и других микроэлементов в кормах хозяйств восполняется введением в рацион специальных кормовых добавок, что в ряде случаев не является эффективным. В частности, резко повышенное содержание меди в волосяном покрове коров в хозяйстве «Совхоз им. Ленина» (до 190–200 мг/кг) связано с обработкой животных сульфатом меди и повышенными концентрациями микроэлемента в рационе животных. Фоновое содержание меди в волосах животных не превышает 8–10 мг/кг. С целью выявления влияния высоких концентраций меди на уровень молибдена в организме коров в хозяйстве «Совхоз им. Ленина» было отобрано 46 проб волосяного покрова из кисти хвоста животных. Представляет интерес диаграмма зависимости содержания меди и молибдена в волосах коров (рис. 1). Нетрудно заметить, что высокое содержание меди отражается на концентрациях молибдена. При резком увеличении присутствия меди в волосах уровень молибдена падает. Кроме того, избыток меди в волосяном покрове дойных коров сопровождается развитием костной патологии [3]. Таким образом, в экстремальных условиях проявляется антагонизм двух микроэлементов, что подтверждает

вывод о конкурирующем взаимоотношении меди и молибдена в организмах, обитающих в экстремальных геохимических условиях. Такое конкурирующее взаимодействие в организме животных установлено нами между молибденом и вольфрамом. По-видимому, избыток вольфрама ингибирует развитие молибденоза у сельскохозяйственных животных и, возможно, у человека.

Существует попытка систематизировать связи между биологически активными химическими элементами (рис. 2). При этом важную роль в усвоении макро- и микро- элементов играют пищевые компоненты (фитат, уровень углеводов, органические кислоты, гуминовые кислоты и др.).

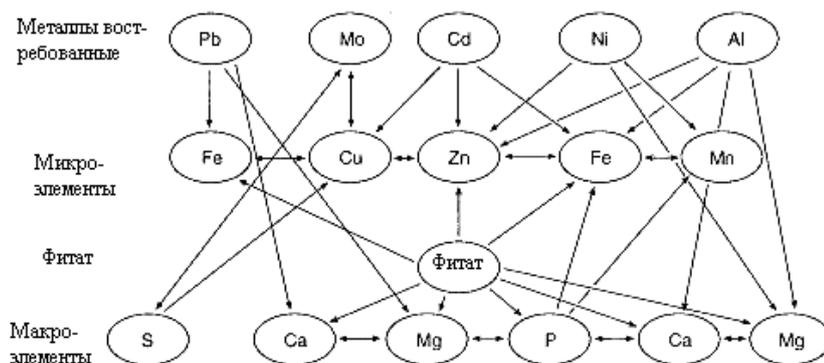


Рис. 2. Взаимодействие между макро-, микро- и ультрамикроэлементами в организме животных и человека [14]

Схемы такого взаимодействия также приведены в монографии [7].

В отношении коррекции микроэлементозов следует обратиться на новые способы — нанотехнологии. Характерной чертой наноматериалов является их размер, не превышающий одного или нескольких нм. Такие размеры сравнимы с диаметром рибосом и ДНК. При этом размеры бактерий изменяются в пределах 100–10 000 нм, вирусов — 20–300 нм, белков — 2–100 нм, толщины мембран клеток — 1–100 нм.

В настоящее время в связи с широкомасштабными исследованиями и внедрением наноструктурированных материалов используются технологии применения микроэлементов для коррекции их дефицита и избытка в организме растений, человека и животных [4]. Наночастицы железа и других микроэлементов включают в состав премиксов для повышения резистентности животных и их продуктивности. Наносеребро и наномедь применяют при обеззараживании молока в процессе его фильтрации через специальные мембраны. Наночастицы кремния и кремнийорганические эфиры трис (2-оксиалкил) амина и их производных оказались полезными в растениеводстве как средства, повышающие резистентность растения к холоду и засухе. Кроме того, наноматериалы используют как катализаторы и как носители биологически активных соединений, привитых к наночастицам углерода и кремния [4].

Выводы. В заключении следует обратить внимание на организацию микроэлементного мониторинга продуктов питания и кормов. В этом направлении многое уже сделано как Институтом питания в РФ, так и Научно-практическим центром Национальной академии наук Республики Беларусь по продовольствию [2]. Тем не менее, необходим банк данных о химическом элементном составе основных продуктов питания и кормов из различных регионов мира, чтобы прогнозировать реальный сложный статус макро- и микроэлементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын, А.П. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. — М. : Медицина. — 1991. — 496 с.
2. Биоэлементный статус населения Беларуси: экологические, физиологические и патологические аспекты / Под ред. Н.А. Гресь, А.В. Скального. — Минск: Харвест, 2011. — 352 с.
3. Борисов, М.С. Костно-суставная патология у крупного рогатого скота при гипермикроэлементозах / М.С. Борисов, М.В. Хабаров, В.Б. Хабаров, В.В. Ермаков // Ветеринария. — 2008. — № 1. — С. 45–49.

4. Витязь, П.А. Наноматериаловедение / П.А. Витязь, Н.А. Свидунович, Д.В. Куис. — Минск : «Высшая школа», 2015. — 511 с.
5. Габрашански, П. Вопросы геохимической экологии диких и охотничьих животных / П. Габрашански, Л. Недкова // Биологическая роль микроэлементов. — М. : Наука — 1983. — С. 71–75.
6. Дерябина, Т.Г. Нарушение микроэлементного баланса — возможная причина заболеваемости зубров гнойно-некротическим баланопоститом / Т.Г. Дерябина // Беловежская пуша на рубеже третьего тысячелетия. Материалы научно-производственной конференции, посвященной 60-летию со дня образования государственного заповедника «Беловежская пуша» (22–24 декабря 1999 г., п. Каменюки Брестской обл.). — Каменюки. — 1999. — С. 277–278.
7. Ермаков, В.В. Биогеохимическая индикация микроэлементозов / В.В. Ермаков, С.Ф. Тютиков, В.А. Сафонов. — М. : РАН — 2016. — 386 с.
8. Ковальский, В.В. Геохимическая экология / В.В. Ковальский. — М. : Наука — 1974. — 300 с.
9. Ковальский, В.В. Геохимическая экология адаптивных изменений ксантинооксидазы в условиях медных и молибденовых биогеохимических провинций / В.В. Ковальский, Г.Г. Цой, И.Е. Вороничкина // Доклады ВАСХНИЛ. — 1973. — № 6. — С. 26–28.
10. Самохин, В.Т. Профилактика обмена микроэлементов у животных / В.Т. Самохин. — Воронеж : Воронежский гос. университет, 2003. — 136 с.
11. Самохин, В.Т. Хронический комплексный гипомикроэлементоз и здоровье животных / В.Т. Самохин // Ветеринария. — 2005. — № 12. — С. 3–6.
12. Сафонов, В.А. Оксидативный стресс и репродуктивное здоровье молочных коров. Гормонально-метаболические и клинические аспекты, фармакокоррекция / В.А. Сафонов, А.Г. Нежданов. — Palmarium Academic. Publishing, 2016. — 274 с.
13. Уразаев, Н.А. Эндемические болезни сельскохозяйственных животных / Н.А. Уразаев, В.Я. Никитин, А.А. Кабыш. — М. : Агропромиздат, 1990. — 271 с.
14. Anke, M. Essential and toxic effects of macro, trace, and ultratrace elements in the nutrition of animals / E. Merian, M. Anke, M. Ihnat, M. Stoeppler // Elements and their Compounds in the Environment. Vol. 1. — Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA. — 2004. — P. 305–341.
15. Beck, M.A. Rapid genomic evolution of a non-virulent coxsackievirus B3 in selenium-deficient mice results in selection of identical virulent isolates / M.A. Beck, Q. Shi, V.C. Morris, O.A. Levander // Nat. Med. — 1995. — Vol. 1. — No. 5. — P. 433–436.
16. Chasapis, C.T. Zinc and human health: an update / C.T. Chasapis, A.C. Loutsidou, C. Spiliopoulou, M.E. Stefanidou // Archives of Toxicology. — 2012. — Vol. 86. — № 4. — P. 521–534.
17. Gabrashanska, M. Heavy metals in the parasite-host system in terrestrial animals / M. Gabrashanska, V. Ermakov // Proceedings of the Eight Workshop on Biological Activity of Metals, Synthetic Compounds and Natural Products. — Sofia, 2013. — P. 53–58.
18. Levander, O.A. Selenium and viral virulence / O.A. Levander, M.A. Beck // Brit. Med. Bull. — 1999. — Vol. 66. — No. 3. — P. 528–533.
19. Rehder, D. Metals in Host-Microbe Interaction. The Host Perspective / D. Rehder, R.E. Black, J. Bomhorst (eds) // Trace Metals and Infectious Diseases. — Cambridge, Massachusetts : The MIT Press. — 2015. — P. 199–221.

Н.В. Жилинская, к.б.н.; П.С. Громовых, к.х.н.

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», г. Москва, Российская Федерация

ФОРТИФИКАЦИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ — ГЛОБАЛЬНЫЙ ТРЕНД ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. Обогащение пищевой продукции в процессе ее производства глобальный тренд пищевой промышленности, направленный на устранение дефицита витаминов и минеральных веществ, который охватывает все слои населения, в том числе наименее социально защищенные. Фортификация продуктов является экономически выгодным и эффективным способом повышения потребления населением эссенциальных нутриентов.

Во многих странах реализуются национальные программы по обогащению пищевой продукции. При этом фортификация пищевой продукции массового потребления, такой как мука, зерновые и масложировые продукты, молоко, соль, является обязательной, закрепленной на законодательном уровне. Для повышения уровня обеспеченности населения витаминами и минеральными веществами в мировой практике также активно используется биофортификация. Данный процесс актуален для получения продукции сельского хозяйства с повышенным содержанием нативных эссенциальных нутриентов.

Показателями эффективности обогащения пищевой продукции являются увеличение потребления населением витаминов и минеральных веществ, уменьшение доли лиц с недостаточным потреблением эссенциальных нутриентов, снижение частоты ряда неинфекционных заболеваний, экономическая выгода.

В Российской Федерации обогащение пищевой продукции происходит на добровольной основе, и ассортимент данной продукции на рынке ежегодно расширяется. Также принят национальный проект «Демография», направленный на контроль качества и повышение доступности населению пищевой продукции, способствующей устранению дефицита витаминов и минеральных веществ.

Ключевые слова: обогащенная пищевая продукция, эссенциальные нутриенты, витамины, минеральные вещества, обеспеченность витаминами, безопасность обогащенной пищевой продукции, правовое регулирование

N.V. Zhilinskaya, P.S. Gromovykh

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

FOOD FORTIFICATION — A GLOBAL TREND IN FOOD INDUSTRY

Abstract. Food fortification is a global trend in the food industry. The objective of fortification is eliminating of the deficiency of vitamins and minerals, which covers the population, especial the socially unprotected groups. Food fortification is a cost-effective and efficient way to increase the consumption of essential nutrients by the population.

Many countries have implemented national food fortification programs. At the same time, fortification of food for mass consumptionsuch as flour, cereals and oil products, milk, salt, is mandatory, fixed at the legislative level. Biofortification is also actively used in the world practice to increase the level of supply of the population with vitamins and minerals. This process is relevant for obtaining agricultural products with a high content of native essential nutrients.

The indicators of the effectiveness of mandatory fortification are an increase of the consumption of vitamins and minerals in the population, a decrease in the proportion of people with inadequate consumption of essential nutrients, a reduction in the incidence of non-infectious diseases, economic benefits.

In the Russian Federation, food fortification is a voluntary process, and the range of these products on the market expands annually. The national project “Demography” was confirmed. The objective of this project

is the control of quality and increasing the availability of food to the population, which helps to eliminate the deficiency of vitamins and minerals.

Keywords: fortified food, essential nutrients, vitamins, minerals, vitamin supply, safety of fortified food, legal regulation

Сложившаяся в мире структура питания с увеличенной долей переработанной пищевой продукции, имеющей сниженную пищевую ценность, либо потребление однотипных продуктов привело к недостаточной обеспеченности как взрослого, так и детского населения эссенциальными нутриентами. Причем данная ситуация актуальна не только для развивающихся стран Африки и Азии, но и для промышленно развитых стран, таких как США и страны Европы [1, 2].

В настоящее время наблюдается недостаточное потребление витаминов А, D и В₁₂, фолиевой кислоты, железа, йода, цинка, кальция [3]. На территории Российской Федерации среди различных половозрастных групп населения отмечается дефицит витаминов В₁, В₂, В₆, В₁₂ и D, фолиевой кислоты, ряда макро- и микроэлементов (кальция, железа, йода, селена, цинка). При этом дефицит витаминов выражается в виде полигиповитаминозных состояний [4]. Недостаток этих нутриентов, приводит к различным заболеваниям и нарушениям нормального функционирования различных систем организма: анемия, нарушение работы центральной нервной системы; снижение ответа иммунной системы; нарушение работы репродуктивной системы; тяжелые врожденные дефекты у детей [5, 6].

Существует два основных пути оптимизации рационов питания эссенциальными нутриентами: включение в рационы биологически активных добавок к пище (витаминно-минеральных комплексов); включение в рацион обогащенной пищевой продукции.

Обогащение пищевой продукции — глобальный тренд пищевой промышленности, направленный на увеличение потребления витаминов и минеральных веществ при сохранении калорийности существующих рационов, который охватывает все слои населения, в том числе группы наибольшего риска, такие как дети, беременные и кормящие женщины, люди пожилого возраста [7].

На мировом рынке широко представлены обогащенные пищевые продукты массового спроса, которые потребляются населением в целом, и обогащенные пищевые продукты, предназначенные для целевых групп, таких как дети раннего возраста, беременные или кормящие женщины, люди пожилого возраста, пациенты с диабетом, вегетарианцы [8, 9].

Одним из базовых документов, регламентирующих производство обогащенных пищевых продуктов на мировом уровне, является руководство «Общие принципы добавления эссенциальных нутриентов к пищевым продуктам» Комиссии Кодекс Алиментариус [10]. Также в рамках нормативно-правового регулирования установлены верхние уровни обогащения витаминов и минеральных веществ, для исключения варианта их чрезмерного потребления; формы нутриентов, рекомендованные для обогащения; технологии фортификации для ряда пищевых продуктов [11, 12].

В ряде стран обогащение пищевой продукции массового потребления включено в Национальные программы по обогащению продуктов. К такой продукции относятся различные виды муки, зерновые продукты, рис, молоко и молочная продукция, растительные масла, соль [13, 14]. Сегодня более 50 стран реализуют программы по обогащению масложировых продуктов витамином А, а более 80 стран — зерна железом и фолиевой кислотой [15].

По данным ВОЗ, ежедневно на душу населения доступно 194 г пшеничной муки (продуктов из пшеничной муки). При этом более 160 стран могут обеспечить суммарный доступ населения к фортифицированной пшеничной и кукурузной муке [16]. В соответствии с рекомендациями ВОЗ для обогащения пшеничной муки используют в основном метод сухого смешивания и добавляют витамины А и В₁₂, фолиевую кислоту, железо и цинк. Для обогащения кукурузной муки помимо вышеперечисленных нутриентов разрешено использовать витамины В₁, В₂, В₆, РР и пантотеновую кислоту [17]. Более чем в 80 странах обогащение пшеничной муки является обязательным и закреплено на законодательном уровне, для кукурузной муки — более чем в 15 странах.

Для более чем 3 млрд человек в мире рис является основой рациона. Обогащение риса эссенциальными нутриентами, витаминами А, В₁ и В₁₂, цинком и железом, проводят различными методами от сухого смешивания или покрытия воском, содержащим премикс, до модификации риса процессе выращивания культуры [18]. В настоящее время обогащается порядка 1 % риса промышленного производства.

Для обогащения молока в основном используют витамины А, D, Е, В₁, В₂, В₆, РР, В₁₂, фолиевую кислоту, железо, кальций, цинк и магний, при этом технология обогащения молока простая и не требует специального оборудования. В ряде стран обогащение молока является обязательным и закреплено на законодательном уровне, так, в некоторых странах Латинской Америки существуют Национальные программы по обогащению молока для питания детей [19].

Оптимальным выбором для обогащения жирорастворимыми витаминами является масложировая продукция. В основном распространено обогащение растительных масел витаминами А и D путем вертикального смешивания исходного сырья и витаминной смеси. В ряде стран Африки обогащение растительных масел является обязательным и закреплено на законодательном уровне. Стоит отметить, что при обогащении растительных масел витамином А затраты составляют всего лишь 0,1–0,3 % от рыночной стоимости продукта [20].

Кроме того, одной из глобальных проблем является устранение дефицита йода в мировом масштабе. Для этого активно разрабатываются и принимаются Национальные программы по йодированию соли, которые действуют более чем в 140 странах. По состоянию на 2015 г., порядка 75 % всей соли в мире йодирована, что способствует снижению таких заболеваний как эндемический зоб, кретинизм и умственная отсталость у детей, субклинические йододефицитные расстройства [21]. Также активно разрабатываются Национальные программы. Например, в Нидерландах разработана программа по замене поваренной соли на йодированную соль в процессах производства пищевой продукции, что способствует снижению потребления населением натрия [22].

Помимо промышленного обогащения переработанной пищевой продукции активное развитие нашла биофортификация, за счет которой происходит повышение содержания витаминов и минеральных веществ в сельскохозяйственных культурах, продуктах животноводства. В настоящее время проводят активную биофортификацию железом риса, бобов, батата; цинком — пшеницы, риса, бобов, батата, кукурузы; каротиноидами — батата и кукурузы [23].

Исследованиями показано, что в странах, где активно производится обогащенная пищевая продукция, она является одним из основных источников поступления эссенциальных нутриентов в организм. Так, в США четверть от нормы физиологической потребности населения в железе приходится на обогащенную зерновую продукцию [24, 25]. Помимо обогащенной пищевой продукции массового потребления для отдельных категорий населения предпочтительно вводить в рацион специализированную пищевую продукцию, например, для питания детей, в том числе раннего возраста, для питания беременных и кормящих женщин. Целесообразно обогащать такие категории продуктов, как печенье, завтраки на основе злаков, хлеб, йогурты и другие молочно-кислые продукты, напитки [26]. Установлено, что обогащенные хлопья для завтраков, содержащие до 30 % от суточной нормы физиологической потребности, являются существенным источником витаминов и минеральных веществ в рационах питания школьников [27].

Научно доказано, что потребление обогащенной пищевой продукции улучшает уровень обеспеченности витаминами и минеральными веществами различных категорий населения, в том числе наиболее социально незащищенных — детей, беременных и кормящих женщин, лиц пожилого возраста. Фортификация зерновой продукции фолиевой кислотой в США, Канаде и Чили привела к снижению дефектов нервной трубки плода у 70 % беременных женщин [28]. Потребление детьми обогащенного железом молока или изделий на основе биофортифицированной железом ячменной муки показывает улучшение показателей обеспеченности детского организма железом [29].

Российский опыт также оказывает, что наиболее эффективный и целесообразный с экономической, социальной, гигиенической и технологической точек зрения способ решения проблемы существующего дефицита витаминов и минеральных веществ среди населения — производство обогащенной пищевой продукции, в том числе массового потребления. Данный подход закреплен и на государственном уровне и отражен в основных целях «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» [30]. В качестве одной из важнейших задач, направленных на достижение поставленных целей, в направленной стратегии обозначено развитие производства пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами, специализированных продуктов детского питания, продуктов функционального назначения, диетических (лечебных и профилактических) пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище.

Вопросы технического регулирования в отношении производства обогащенной пищевой продукции в Российской Федерации регламентируются рядом законодательных и нормативно-правовых актов, в том числе к ним относятся технические регламенты Евразийского экономического союза; санитарно-эпидемиологические правила и нормы Российской Федерации; постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации. В данных документах установлены уровни обогащения витаминами и минеральными веществами; формы нутриентов, рекомендованные для обогащения; перечни витаминов и минеральных веществ, рекомендованные для обогащения отдельных категорий пищевой продукции; требования к маркировке пищевой продукции. Стоит отметить, что обогащенная пищевая продукция внесена в Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания. Так, ежегодное пот-

ребление муки пшеничной витаминизированной должно составлять 24 кг/чел., витаминизированной молочной продукции (молоко, кефир, йогурт) — 50 кг/чел., йодированной соли — 2,5 кг/чел. [31].

Анализ ситуации на российском рынке обогащенных продуктов свидетельствует о том, что в последнее время данная категория пищевой продукции набирает все большую популярность. В связи с чем производители расширяют ассортимент продукции, обогащенной витаминами и минеральными веществами: сухие завтраки, печенье, молоко, кефир, йогурты, творожки, сыр, яйца, сосиски, вареные колбасы. В 2018 г. в России утвержден Национальный проект «Демография», одной из основных целей которого является оценка и повышение доступности населению Российской Федерации пищевой продукции отечественного производства, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов, а также контроль ее качества [32].

Немаловажным фактором при производстве обогащенной пищевой продукции являются затраты производителей на производство. Руководство ряда стран стимулируют производителей к выпуску обогащенной пищевой продукции, предлагая им дополнительные налоговые льготы или сниженные пошлины на ввоз сырья, используемого для обогащения продуктов, если таковое не производится в стране. Анализ экономической эффективности показывает, что государству целесообразнее «вложить» определенную сумму в производство обогащенной пищевой продукции, чем тратить суммы в несколько раз больше на здравоохранение для лечения последствий проявленных дефицитов витаминов и минеральных веществ. По мнению Всемирного банка, обогащение пищевых продуктов является одним из наиболее эффективных способов устранения дефицита нутриентов среди различных слоев населения при низких затратах и в короткие сроки [33].

Обогащение пищевой продукции является одним из наиболее эффективных методов решения проблемы дефицита витаминов и минеральных веществ среди различных слоев населения в среднесрочной и долгосрочной перспективе в глобальном масштабе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sheehy, T. Trends in energy and nutrient supply in Ethiopia: a perspective from FAO food balance sheets / T. Sheehy, E. Carey, S. Sharma, S. Biadgiling // *Nutr J.* — 2019. — V. 18, N 1. doi: 10.1186/s12937-019-0471-1.
2. Wang, Y. Consumption of sugars, saturated fat, and sodium among US children from infancy through preschool age, NHANES 2009–2014 / Y. Wang, D. Guglielmo, J.A. Welsh // *Am J Clin Nutr.* — 2018. — V. 108, N 4. — P. 868–877. doi: 10.1093/ajcn/nqy16.
3. World Health Organization, *Guideline: Use of Multiple Micronutrient Powders for Point-of-use Fortification of Foods Consumed by Infants and Children 6–23 Months and Children Aged 2–12 Years*, WHO, Geneva, 2016, p. 01.
4. Коденцова, В.М. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы / В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская, Д.В. Рисник, Д.Б. Никитюк, В.А. Тутельян // *Вопр. питания.* — 2017. — Т. 86, № 4. — С. 113–124. doi: 10.24411/0042-8833-2017-00067.
5. Stevens, G.A. Global, regional, and national trends in haemoglobin concentration and prevalence of total and severe anaemia in children and pregnant and non-pregnant women for 1995–2011: a systematic analysis of population-representative data / G.A. Stevens, M.M. Finucane, L.M. De-Regil, C.J. Paciorek, S.R. Flaxman, F. Branca et. al. // *Lancet Glob Health.* — 2013. — V. 1, N 1. — P. 16–25. doi: 10.1016/S2214-109X(13)70001-9.
6. March of Dimes *Global report on birth defects* / A. Christianson, C.P. Howson, B. Modell // New York: White Plains. 2006. — 85 p.
7. Mannar, M.G.V. Future trends and strategies in food fortification / M.G.V. Mannar, G.S. Garret, R.F. Hurrell // *Food fortification in a globalized world/Academic Press.* 2018. — P. 375–381. doi: 10.1016/B978-0-12-802861-2.00040-7.
8. Mannar, M.G. Successful food-based programmes, supplementation and fortification / M.G. Mannar // *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* — 2006. — V. 43, N 3. — P. 47–53.
9. Bae, S. Vitamin B-12 status differs among pregnant, lactating, and control women with equivalent nutrient intakes / S. Bae, A.A. West, J. Yan, X. Jiang, C.A. Perry, O. Malysheva et. al. // *J Nutr.* — 2015. — V. 145, N 7. — P.1507–1514. doi: 10.3945/jn.115.210757.

10. Codex Alimentarius Commission. General Principles for the Addition of Essential Nutrients to Foods CAC/GL 09-1987 (amended 1989, 1991). Rome, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Alimentarius Commission, 1987.
11. Recommendations on Wheat and Maize Flour Fortification. Meeting Report: Interim Consensus Statement. 2009. Geneva, World Health Organization.
12. Guidelines on Food Fortification for Micronutrients. 2006. World Health Organization, Geneva.
13. Hertrampf, E. National food-fortification program with folic acid in Chile / E. Hertrampf, F. Cortés // *Food Nutr Bull.* — 2008. — V. 29, N 2. — P.231–237.
14. Henry, E.M. Monitoring of the National oil and wheat flour fortification program in Cameroon using a program impact pathway approach / E.M. Henry, J.G. Assiene, H. Luo, M. Nankap, A. Ndjebayi, I. Ngnie-Teta et. al. // *Current Developments in Nutrition.* — 2019. — V. 3, N 8. doi:10.1093/cdn/nzz076.
15. GAIN. Food Fortification Compliance Monitoring. Internal Report. Geneva. 2016.
16. eCatalogue of Indicators for Micronutrient Programmes. 2016. World Health Organization.
17. WHO Guideline: Fortification of Maize Flour and Corn Meal With Vitamins and Minerals. 2016. World Health Organization.
18. Brnic, M. Zinc absorption by adults is similar from intrinsically labeled zinc-biofortified rice and from rice fortified with labeled zinc sulfate / M. Brnic, R. Wegmuller, A. Melse-Boonstra, T. Stomph, C. Zeder, F.M. Tay et al. // *J. Nutr.* — 2016. — V. 146. — P. 76–80.
19. Cori, H., Countries with mandatory milk fortification. Personal Communication. 2016.
20. Diorsady, L.L. Vitamin A fortification of cooking oils / L.L. Diorsady, M. Venkatesh-Mannar // *Handb. Food Fortific Health / Springer.* 2013. — P. 275–290.
21. Wu, T. Iodised salt for preventing iodine deficiency disorders / T. Wu, G.J. Liu, P. Li, C. Clar // *Cochrane Database of Systematic Reviews.* — 2002. — V. 3. doi: 10.1002/14651858.CD003204.
22. Verkaik-Kloosterman, J. Reduction of salt: will iodine intake remain adequate in The Netherlands / J. Verkaik-Kloosterman, P. van't Veer, M. Ocke // *The British Journal of Nutrition.* — 2010. — V. 104, N 11. — P. 1721–1728. doi: 10.1017/S0007114510002722.
23. Garg, M. Biofortified crops generated by breeding, agronomy, and transgenic approaches are improving lives of millions of people around the world / M. Garg, N. Sharma, S. Sharma, P. Kapoor, A. Kumar, V. Chunduri, P. Arora // *Front. Nutr.* — 2018. — V. 5. doi: 10.3389/fnut.2018.00012.
24. Barkley, J.S. Anaemia prevalence may be reduced among countries that fortify flour / J.S. Barkley, K.S. Wheeler, H. Pachorn // *Br J Nutr.* — 2015. V. 114, N 2. — P. 265–273.
25. Martorell, R. Effectiveness evaluation of the food fortification program of Costa Rica: impact on anemia prevalence and hemoglobin concentrations in women and children/R. Martorell, M. Ascencio, L. Tacsan, T. Alfaro, M.F. Young, O.Y. Addo // *Am J Clin Nutr.* — 2018. — V. 101, N 1. — P. 210–217. doi:10.3945/ajcn.114.097709.
26. Moench-Pfanner, R. Large-scale fortification, an important nutrition-specific intervention / R. Moench-Pfanner, A. Laillou, J. Berger // *Food Nutr Bull.* — 2012. — V. 33, N 4. — P. 255–259. doi: 10/1177/15648265120334S301.
27. Williams, P.G. The benefits of breakfast cereal consumption: a systematic review of the evidence base / P.G. Williams // *Adv Nutr.* — 2014. — V. 5, N 5. — P. 636–673. doi: 10.3945/an.114.006247.
28. Bell, K.N. Update on prevention of folic acid preventable spina bifida and anencephaly / K.N. Bell, G.P. Oakley // *Birth Defects Res.* — 2009. — V. 85, N 1. — P. 102–107.
29. Eichler, K. Effects of micronutrient fortified milk and cereal food for infants and children: a systematic review / K. Eichler, S. Wieser, I. Ruthemann, U. Brugger // *BMC Public Health.* — 2012. — V. 12.
30. «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 год» (утв. Распоряжением Правительства РФ № 1364-р от 29.06.2016 г.).
31. «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» (утв. Приказом Министерства здравоохранения РФ № 614 от 19.08.2016 г.)
32. Национальный проект «Демография» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам протокол № 16 от 24.12.2018 г.).
33. Shekar, M. An investment framework for nutrition / M. Shekar, J. Kakietek, J.D. Eberwein, D. Walters // Washington: The World Bank group. 2017. — 230 p.

УДК 664.143

Поступила в редакцию 08.08.2019

Е.А. Солдатова, к.т.н.; С.Ю. Мистенева; Т.В. Савенкова, д.т.н., профессор*Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Российская Федерация*

ВОПРОСЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЫНКА КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Аннотация. Рассмотрены вопросы законодательного регулирования рынка кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста и определены критерии, отличающие данную категорию изделий от массовой продукции. Приведены сведения о способах модификации состава и рецептур специализированных кондитерских изделий и рассмотрены особенности их производства и реализации в рамках стран Таможенного союза.

Ключевые слова: специализированные кондитерские изделия, детское питание, модификация состава

E.A. Soldatova, S.Y. Misteneva, T.V. Savenkova*All-Russian scientific research Institute of confectionery industry, Moskva, Russia*

QUESTIONS OF THE LEGISLATIVE REGULATION OF THE MARKET OF SPECIALIZED CONFECTIONERY PRODUCTS FOR CHILDREN OF PRESCHOOL AND SCHOOL AGE

Abstract. The legislative and technological aspects of creating specialized confectionery products for feeding children of preschool and school age are considered, and the criteria distinguishing this category of products from mass products are presented. Provides information about how to modify the composition and formulations of specialized confectionery products and considered the features of their production and sale in the countries of the Customs Union.

Keywords: specialized confectionery, children food, composition modification

Рациональное питание детей и подростков является одним из важнейших условий, обеспечивающих их гармоничный рост и развитие, способствующих повышению устойчивости организма к действию инфекций и неблагоприятных факторов внешней среды. В связи с этим, рациональное питание детей, как и состояние их здоровья, должно быть предметом особого внимания государства [1–3].

Необходима государственная поддержка предприятий пищевой промышленности, направленная на стимулирование производства, маркетинга и доступности полезных продуктов, при одновременном контроле коммерческого продвижения высококалорийных и малопитательных продуктов, в частности, противодействие их активной рекламе, ориентированной на детей и подростков [4–7].

Формирование привычки здорового питания — важнейшая составляющая обеспечения здоровья не только детей, но и взрослых, поскольку основы для развития многих алиментарно-зависимых заболеваний зачастую закладываются именно в раннем детском возрасте [8, 9].

По мнению европейских ученых, основными проблемами, связанными со здоровьем детей дошкольного и школьного возраста во всем мире, являются: ожирение, кариес, отсутствие физической активности и неправильные пищевые привычки, которые в более старшем возрасте приводят к возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, сахарному диабету и т.п.

Основной проблемой создания изделий детского питания является большое количество законодательных и нормативно-правовых документов, регламентирующих требования к составу, пищевой и энергетической ценности, качественным характеристикам, ключевым этапам их разработки и внедрения (рис. 1).

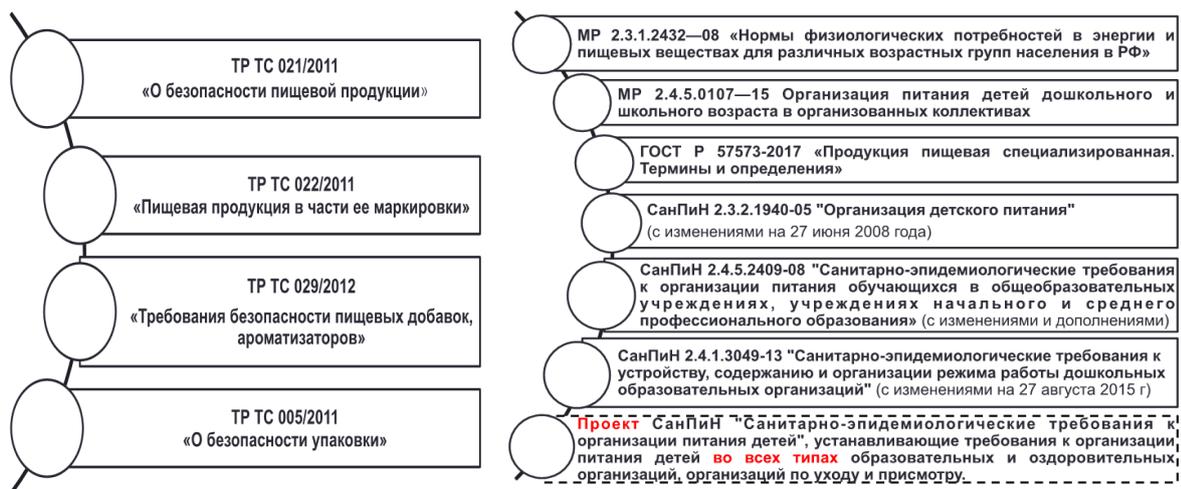


Рис. 1. Нормативные документы, регулирующие производство пищевых продуктов для питания детей

* проект СанПиН «Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания детей» разработан Роспотребнадзором, в рамках реализации Национального проекта «Демография» и в соответствии с планом мероприятий в рамках Десятилетия детства. В документе установлены требования к организации питания детей во всех типах образовательных и оздоровительных организаций, организаций по уходу и присмотру.

Терминологические понятия и требования к пищевой продукции для детского питания представлены в техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», в соответствии с которым к этой категории относится специализированная пищевая продукция, предназначенная для детского питания (для детей раннего возраста от 0 до 3 лет, детей дошкольного возраста от 3 до 6 лет, детей школьного возраста от 6 лет и старше), отвечающая соответствующим физиологическим потребностям детского организма и не причиняющая вред здоровью ребенка соответствующего возраста (рис. 2).



Рис. 2. Основные виды специализированных пищевых продуктов в соответствии с ТР ТС 021/2011

Термины и определения для отдельных категорий пищевой продукции для детского питания приведены в ГОСТ Р 57573-2017 «Продукция пищевая специализированная. Термины и определения», разработанном и введенном в действие 01.07.2018 г., в соответствии с которым продукция для детского питания ориентирована на три возрастные категории детей (рис. 3).

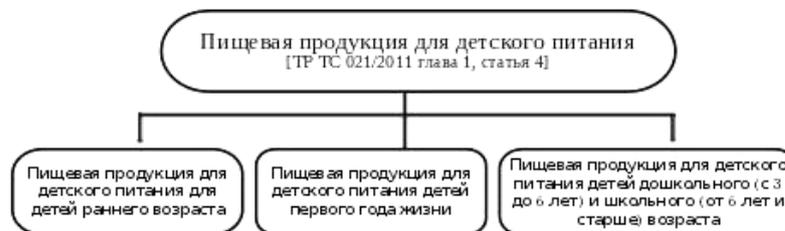


Рис. 3. Категории пищевой продукции для детского питания, в соответствии с ГОСТ Р 57573-2017

В соответствии с ГОСТ Р 57573-2017 пищевая продукция для детского питания для детей дошкольного (с 3 до 6 лет) и школьного (от 6 и старше) возраста — пищевой продукт, отвечающий соответствующим физиологическим потребностям детского организма и предназначенный для питания детей указанных возрастных групп, не причиняющий вред здоровью ребенка соответствующего возраста; который отличается от аналогичных продуктов массового потребления использованием для его изготовления сырья более высокого качества, пониженным содержанием соли и жира, ограниченным содержанием пищевых добавок, отсутствием жгучих специй и соответствует по показателям безопасности требованиям законодательства.

Кондитерские изделия, наряду с напитками и хлебом, играют важнейшую роль в структуре питания современных детей и подростков [10]. Востребованность кондитерских изделий объясняется не только особыми вкусовыми качествами, но и положительным эмоциональным влиянием. А благодаря высокой интенсивности обмена веществ дети, в отличие от взрослых, способны поглощать большее количество сладостей без особого вреда для здоровья и, несмотря на то, что потворствовать им в этом не стоит, взрослым нужно быть уверенным, что изделие не только вкусно и безвредно, но и полезно.

Сегмент кондитерских изделий для детей дошкольного и школьного возраста разнообразен и включает практически все группы: печенье, пряники, вафли, мармелад, пастила, шоколад и шоколадные конфеты. Не рекомендуемыми для детей являются кондитерские изделия с кремом, жевательная резинка и карамель, в том числе леденцовая. Принадлежность кондитерских изделий к категории продуктов для питания детей дошкольного и школьного возраста подтверждается свидетельством о государственной регистрации, которая осуществляется на этапе подготовки продукции к производству и дает право на производство и реализацию продукции на потребительском рынке стран Таможенного союза.

Создание и промышленное производство продуктов детского питания — процесс сложный и в значительной степени отличающийся от изготовления продукции массового потребления. Основными отличиями кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста являются значительно более жесткие требования к качеству используемого сырья и полуфабрикатов, составу изделия и контролю производства, направленные на получение безопасных и полезных продуктов. Изготовление специализированных кондитерских изделий для детей возможно только в условиях промышленного предприятия при строгом контроле используемого сырья и пищевых добавок, санитарного состояния производства, соблюдении технологических параметров, минимальном использовании ручного труда.

Требования к готовой продукции изложены в Техническом регламенте ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», в котором определены критерии безопасности к мучным кондитерским изделиям для питания детей дошкольного и школьного возраста.

Кондитерские изделия для детского питания должны производиться по адаптированной рецептуре, которая подразумевает использование только натуральных ингредиентов. В изделиях должно быть снижено содержание сахара, жира и соли, повышено содержание белка, пищевых волокон, витаминов и микроэлементов. Необходимость оптимизации состава изделий служит действенным

средством, стимулирующим производителя к применению при разработке рецептур принципов здорового питания.

Статьей 8 Технического регламента 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» установлен перечень сырья и рецептурных компонентов, которые не допускаются для использования в производстве кондитерских изделий для детского питания (в частности гидрогенизированные масла и жиры, ядра абрикосовой косточки, консерванты, искусственные красители, подсластители и т.д.). Для придания аромата и вкуса допускается использовать только натуральные красители и пищевые ароматизаторы или ванилин.

Согласно статье 8 Технического регламента 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», мучные кондитерские изделия для детского питания не должны содержать добавленного сахара более 25 %. Исследования показывают, что доля добавленного сахара в рационе питания детей существенно превышает рекомендуемые величины (не более 10 % калорийности), составляя в среднем 13–14 % от общей калорийности рационов [11]. Поэтому актуальным направлением при разработке новых видов кондитерских изделий для питания детей является поиск и введение в рецептуру натуральных ингредиентов, позволяющих снизить сахароемкость и энергетическую ценность выпускаемой продукции, не изменяя при этом ее традиционные органолептические характеристики.

Одним из основных ингредиентов кондитерских изделий является жир, и не смотря на то, что ограничения по содержанию жира в изделии регламентом ТР ТС 021/2011 не установлены, по мнению специалистов ВНИИ кондитерской промышленности количество жира в кондитерских изделиях для детского питания должно быть скорректировано в сторону уменьшения (не более 20 % для мучных кондитерских изделий).

Пищевые жиры играют не только важную роль в питании человека, но и в значительной степени определяют качество пищевых продуктов, оказывая влияние на такие свойства, как текстура, вкус и аромат, пищевая и энергетическая ценность. Качественные показатели используемых жиров оказывают существенное влияние на сроки годности и стабильность готовой продукции в процессе хранения. Пищевые жиры делятся на два существенно отличающихся по своим свойствам и значению вида: жиры животного происхождения и жиры растительного происхождения. При производстве кондитерских изделий используются также промышленные жиры представляющие собой жировые продукты изготовляемые из модифицированных растительных масел с добавлением или без добавления животных жиров.

В соответствии с ТР ТС 021/2011 при производстве изделий для детей дошкольного и школьного возраста запрещено использование гидрогенизированных жиров и масел и растительных масел с перекисным числом более 2 ммоль активного кислорода/кг жира. Для комплексной оценки качества используемых жиров и масел ВНИИ кондитерской промышленности рекомендует исследовать следующие показатели [12]:

- ♦ жирнокислотный состав — показывает риск изменений органолептических показателей в процессе хранения в результате окислительных и микробиологических процессов. По данным жирнокислотного состава можно предварительно оценить скорость окислительных изменений и идентифицировать виды используемого сырья;
- ♦ кислотное число — характеризует степень расщепления жира, наличие свободных жирных кислот, чем больше кислотное число, тем жир быстрее прогоркает;
- ♦ индукционный период — показатель, который характеризует стабильность жира к окислительным процессам, является одним из способов ускоренного тестирования и средством прогнозирования, позволяющим избежать проведения длительных испытаний сроков хранения.

Проведенный в РФ анализ фактического питания детей выявил нарушения качественной и количественной продуктовой структуры, а также дисбаланс пищевых веществ в рационах питания у обследованных групп детей независимо от их пищевого статуса. Дисбаланс заключался в превышении квоты жиров за счет невосполнения квоты углеводов и в превышении лимита потребления простых углеводов, насыщенных жиров, а также в недостатке поступления пищевых волокон, витаминов А, D, группы В (тиамина, ниацина, пантотеновой кислоты, биотина, фолиевой кислоты) и кальция [13, 14].

Следует отметить, что углеводы в питании детей являются основным энергетическим материалом, а быстрый рост детей связан с большим расходом энергии. Среди углеводов, дефицит которых наблюдается в рационах питания детей выделяются пищевые волокна (клетчатка, гемицеллюлоза, пектины) и крахмал, при этом потребление моно- и дисахаридов повышено. Длительный недостаток в питании детей пищевых волокон может привести к функциональным нарушениям в желудочно-кишечном тракте, нарушению пищеварения и, как следствие, развитию различных патологий.

В связи с этим, в рационах питания детей необходимо учитывать баланс простых и сложных углеводов [15].

Сбалансированный по основным макро- и микронутриентам рацион питания необходим для обеспечения нормального физического и нервно-психического развития ребенка. Нутритивная поддержка растущего организма оказывает программирующее влияние на него, включая нервно-психическое, иммунологическое, метаболическое развитие [16].

Важным этапом совершенствования химического состава кондитерских изделий для детского питания является их обогащение недостающими витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами и др.

Основным требованием к технологии кондитерских изделий, обогащенных микронутриентами или другими добавками, является достижение максимальной равномерности распределения компонентов в каждом единичном изделии. Критерием оценки качества обогащенных кондитерских изделий является контроль за регламентируемым содержанием микронутриентов в течение всего срока годности продукции.

Согласно статье 4 Технического регламента 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», при разработке обогащенной пищевой продукции вещества, используемые для обогащения, должны быть доведены до уровня источника пищевого вещества и не превышать безопасный уровень их потребления.

Определение регламентируемых норм по содержанию витаминов и микроэлементов для детей зависит от возраста и пола ребенка и проводится в соответствии с Методическими рекомендациями 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах» и Методическими рекомендациями 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ».

Таким образом, производство кондитерских изделий для детей сопряжено с решением целого комплекса вопросов и значительно осложняется отсутствием единого нормативного документа, который бы включал в себя требования к контролю качества и безопасности пищевой продукции для питания детей, требования к ее маркировке, материалам упаковки и т.п., обеспечивав защиту потребителей от некачественной и фальсифицированной продукции.

Внедрение и промышленный выпуск специализированных кондитерских изделий с учетом физиологических особенностей детского организма является действенной мерой по улучшению структуры питания детей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Питание и здоровье в Европе: новая основа для действий / Регион, публ. ВОЗ. Европ. сер. №96, М-2005. — 525 с.
2. Кудиярова, М.Ж. Гигиена детей и подростков: учеб. пособие / М.Ж. Кудиярова. — Бишкек : КРСУ, 2017. — 86 с.
3. Просеков, А.Ю. Технология производства блюд диетического, детского и лечебно-профилактического питания: учеб. пособие / А.Ю. Просеков ; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. — Кемерово, 2006. — 140 с.
4. Тутельян, В.А. Роль пищевых микроингредиентов в создании современных продуктов питания / В.А. Тутельян, Е.А. Смирнова // Пищевые ингредиенты в создании современных продуктов питания: монография (сб.статей): под ред. В.А. Тутельяна, Н.П. Нечаева. — М., 2014. — С. 10–24.
5. Улумбекова, Г.Э. Научное обоснование стратегии развития здравоохранения РФ до 2020 года: автореф. дис. ...канд. мед. наук: 14.02.03 / Г.Э. Улумбекова ; ЦНИИОИЗ Минздравсоцразвития. — М., 2011. — 34 с.
6. Здоровье-2020 — основы европейской политики и стратегия для XXI века [Электронный ресурс] / Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ, 2013. — Режим доступа: <http://www.euro.who.int/ru/publications/abstracts/health-2020-a-european-policy-framework-and-strategy-for-the-21st-century>. -Дата доступа : 02.03.2018.
7. Подколзина, В.А. Детское питание. Полный справочник / В.А. Подколзина, Г.Ю. Лазарева, Э.А. Муллаярова. — Воронеж : Научная книга, 2013. — 830 с.

8. Параничева, Т.М. Функциональная готовность к школе детей 6-7 лет / Т.М. Параничева, Е.В. Тюрина // Альманах Новые исследования. — 2012. — №1(30). — С. 135–144.
9. Актуальные аспекты организации школьного питания, соответствующего возрастным физиологическим потребностям / Г.О. Магомедов [и др.] // Вестник ВГУИТ. 2014. — №3. — С. 93–98.
10. Анализ фактического питания детей и подростков России в возрасте от 3 до 19 лет / А.Н. Мартинчик [и др.] // Вопросы питания. — 2017. — Т. 86. — №4. — С. 50–60.
11. Кондратьев, Н.Б. Влияние окислительной стабильности жиров сырья на сроки годности печенья / Н.Б. Кондратьев // Кондитерское производство. — 2012. — №2. — С. 26–28.
12. Шарманов, Т.Ш. Сравнительная характеристика фактического питания детей в возрасте 9–10 лет / Т.Ш. Шарманов [и др.] // Вопросы питания. — 2018. — Т. 87. — №6. — С. 28–41.
13. Стенникова, О.В. Физиологическая роль кальция и витамина D: возможности пищевой коррекции дефицита у детей дошкольного и младшего школьного возраста / О.В. Стенникова, Л.В. Левчук // Вопросы современной педиатрии. — 2010. — Т. 9. — №2. — С. 141–145.
14. Мажаева, Т.В. Некоторые аспекты структуры и организации питания детей в ряде регионов России / Т.В. Мажаева [и др.] // Вопросы питания. — 2016. — Т. 85. — №6, — С. 95–102.
15. Захарова, И.Н. Дефицит микронутриентов у детей дошкольного возраста / И.Н. Захарова [и др.] // Вопросы современной педиатрии. — 2014. — №13 (4). — С. 63–69.
16. Солдатова, Е.А. Особенности современной законодательной базы производства мучных кондитерских изделий для детского питания / Е.А. Солдатова [и др.] // Кондитерское производство. — 2014. — №1. — С. 6–8.

УДК 664.143

Поступила в редакцию 20.08.2019

А.В. Рыжакова, д.т.н., профессор; М.С. Головизнина*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», г. Москва, Российская Федерация***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ ПРИ СОЗДАНИИ БЕЗГЛЮТЕНОВОЙ КОНДИТЕРСКОЙ ПРОДУКЦИИ**

Аннотация. Для совершенствования качества продуктов питания и расширения их уже существующего ассортимента в состав кондитерских изделий вводятся альтернативные виды сырья, которые содержат в своём составе сбалансированный комплекс белков, жиров, витаминов и минеральных веществ. Посредством этого, производимые из такого альтернативного сырья товары характеризуются более высокими питательными или вкусовыми свойствами, а также могут употребляться в пищу людьми, ограниченными различными диетами по состоянию здоровья.

В статье обоснована актуальность производства безглютеновой кондитерской продукции в России. Представлен ассортимент выпускаемых пищевых продуктов с добавлением амаранта за рубежом. Статья освещает проведение сравнительного анализа амаранта, чиа и киноа с целью выбрать из них один наиболее рациональный продукт для дальнейшего его использования в производстве безглютеновой кондитерской продукции. Предложено использование семян амаранта и амарантовой муки в составе пралиновых неглазированных конфет вместо традиционного зернового сырья, содержащего глютен.

Ключевые слова: кондитерские изделия, амарант, безглютеновая продукция, конфеты, дескрипторы, сенсорный анализ

A.V. Ryzhakova, M.S. Goloviznina*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russian Federation***USE OF ALTERNATIVE TYPES OF RAW MATERIALS FOR CREATION OF GLUTEN-FREE CONFECTIONERY PRODUCTS**

Abstract. To improve the food products quality and expand their existing assortment, alternative types of raw materials are introduced into the list of ingredients of confectionery products, which contain a balanced complex of proteins, fats, vitamins and minerals. Due to this, products made from such alternative raw materials are characterized by higher nutritional or taste properties and can also be eaten by people who are limited by various diets for health reasons.

The article substantiates the relevance of the production of gluten-free confectionery products in Russia. An assortment of manufactured products with the addition of amaranth abroad is presented.

The article highlights a comparative analysis of amaranth, chia and quinoa in order to choose the most rational product from them for its further using in the production of gluten-free confectionery products. The use of amaranth seeds and amaranth flour as a part of unglazed praline sweets is proposed instead of traditional grain raw materials containing gluten.

Keywords: confectionery products, amaranth, gluten-free products, candies, descriptors, sensory analysis

Кондитерские изделия являются важным компонентом в рационе питания россиян и принадлежат к числу любимых продуктов, пользующихся постоянно растущим спросом всех слоев населения.

С каждым годом рынок кондитерских изделий характеризуется все большим разнообразием реализуемых на нем товаров. Производство кондитерской продукции постоянно увеличивается, о чем свидетельствуют данные Росстата (рис. 1).

Однако, как правило, эта продукция мало чем отличается от производимой ранее. Изменяются или добавляются новые вкусы продуктов, совершенствуется упаковка или отдельные показатели качества, такие как, например, сроки годности. Сегодня мы наблюдаем переоценку российскими потребителями своего рациона в пользу здорового питания.



Рис. 1. Производство кондитерских товаров в России

Здоровое питание — питание, удовлетворяющее потребности организма в энергии и пищевых веществах и способствующих профилактике неинфекционных заболеваний, сохранению здоровья и долголетия. В этой связи совершенствование ассортимента безглютеновых кондитерских изделий и улучшение потребительских свойств весьма актуально и своевременно. В последние годы исключение клейковины из повседневного рациона превращается в повседневную тенденцию ряда потребителей, предпочитающих «безглютеновый» образ жизни.

Кроме того, одним из распространенных заболеваний, ограничивающих употребление кондитерской продукции, является целиакия, то есть непереносимость глютена. В связи с этим встает вопрос о производстве кондитерской продукции, которая не будет содержать глютен, посредством замены компонентов, в составе которых имеются злаковые культуры (пшеница, ячмень, рожь, овес), другими ингредиентами.

В качестве альтернативных видов сырья при создании безглютеновой кондитерской продукции могут использоваться амарант, чиа и киноа. Спрос на такие продукты питания растет не только с целью обеспечения продовольственной безопасности населения, но и для того, чтобы предложить потребителям более питательную пищу, богатую белками и функциональными компонентами. Для определения того, какое из растений будет наилучшим в производстве безглютеновых кондитерских товаров необходимо провести их сравнительный анализ (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика альтернативных видов сырья

Содержание в 100г	Амарант	Киноа	Чиа
Белки, %	23	7	26
Жиры, %	10	3	46
Пищевые волокна, %	34	14	189
Витамины	B1, B2, B4, B5, B6, B9, C, PP, E	B1, B2, B6, B9, PP	A, C, E

Наиболее ценными с биологической точки зрения в нетрадиционном сырье является амарант, а именно наличие в нем витаминов B₁, B₂, B₄, B₅, B₆, B₉, C, PP, E. Минеральные вещества, присутствующие в амаранте, чиа и киноа схожи, однако значительно различается их содержание (табл. 2).

Таблица 2. Содержание минеральных веществ в амаранте, чиа и киноа

Минеральные вещества, % в 100г	Амарант	Киноа	Чиа
Калий	20	7	6
Кальций	16	2	63
Магний	62	16	-
Натрий	-	1	1
Фосфор	70	19	119
Железо	42	8	-
Марганец	167	32	109
Медь	53	19	19
Селен	34	5	-
Цинк	24	9	29

Можно сделать вывод о том, что по содержанию макронутриентов семена чиа обладают большей пищевой ценностью, чем семена амаранта или киноа. Но при этом амарант характеризуется присутствием в составе множества витаминов, количество которых значительно больше, чем у киноа или чиа. В амаранте также присутствует больше минеральных веществ и по количеству, и по их содержанию в продукте, чем у чиа или киноа.

Стоимость зерен амаранта составляет от 117,27 рублей за килограмм, в то время как у киноа — 260 рублей за килограмм, а у чиа — от 235 рублей за килограмм. Следовательно, использование амаранта в качестве альтернативного сырья в производстве кондитерской продукции более рационально и с точки зрения качества, и с экономической точки зрения, чем использование киноа или чиа. Помимо этого, рынок продукции из амаранта менее насыщен, что обеспечивает конкурентоспособность товаров и заинтересованность ими со стороны потребителей.

Растение амарант известно уже несколько столетий, но за последнее время оно получило широкое распространение ввиду того, что его семена обладают высокой пищевой ценностью. Поэтому можно считать амарант заново открытой культурой. Долгое время амарант выращивался в минимальном количестве в странах Центральной и Южной Америки, а также в некоторых районах Азии (в особенности в Китае) и в Африке.

Сегодня в Мексике зерно амаранта используются в широком ассортименте пищевых продуктов. Широту и разнообразие всех применений амаранта можно видеть в обилии продуктов с его добавлением: рулеты, хлебцы, булочки, крекеры, всевозможные сладости, каши, оладьи, пудинги при составлении смесей с мукой других злаковых растений.

На настоящий момент известно около 60 разновидностей амаранта, соцветия и листва которого варьируются от пурпурного и красного до золотого. Семена амаранта обладают такими характеристиками, как высокая скорость роста, хорошая устойчивость к природным катаклизмам (например, засуха, чрезмерно щелочная или кислая среда почвы) и высокая урожайность зерен. Растение амарант по характеристикам и свойствам схоже с зерновыми культурами, но так как амарант не принадлежит к семейству зерновых, его называют псевдозерновым. Из семян амаранта возможно получить муку, крахмал, отруби и масло.

В семенах амаранта содержится 15–17 % белков, 5–8 % жиров и 3,7–5,7 % клетчатки. Эти значения выше, чем у большинства зерновых. Например, зерна пшеницы содержат 9–14 % белков и 1,1–3,4 % жиров. Следует сказать об аминокислотном составе, значения по отдельным характеристикам которого у семян амаранта превышают аналогичные у пшеницы (табл. 3).

Таблица 3. Аминокислотный состав амаранта и пшеницы

Аминокислоты, мг/100г	Амарант	Пшеница
Изолейцин	4,8–6,2	4,0–5,7
Лейцин	7,5–9,2	7,6–8,9
Лизин	7,0–9,1	2,9–3,7
Метионин	5,9–7,5	4,2–5,3
Фенилаланин	9,6–12,5	9,0–11,5
Треонин	4,5–5,8	3,2–3,8
Триптофан	1,4–2,2	1,4–1,6
Валин	5,7–7,2	5,2–6,2

Таким образом, амарант является более питательным и полезным не только по показателям содержания белков, жиров и клетчатки, но и по содержанию незаменимых аминокислот. Амарантовое масло имеет температуру плавления — 27°С. Витамин Е в амарантовом масле находится в особо активной токотриенольной форме, и что еще важнее, в нем содержится до 10 % сквалена, который до недавнего времени получали только из печени глубоководной акулы, в организме человека сквален выступает в роли антимикробного, антиканцерогенного и фунгицидного средства. Сквален стимулирует работу иммунной системы, что защищает организм от всевозможных инфекций и вирусов. Должное содержание сквалена в организме способствует омоложению клеток и борется со свободными радикалами.

Уникальная структура сквалена позволяет ему поглощать токсины тем самым способствуя процессам детоксикации организма. Это вещество является одним из производных витамина А, которое

при взаимодействии с холестерином поддерживает естественный синтез витамина D и улучшает транспортировку других витаминов и витаминоподобных веществ в организме человека.

Следовательно, замена компонентов, содержащих глютен, в составе кондитерских изделий на альтернативные виды сырья (в частности амарант) не будет ухудшать их качество с точки зрения полезности для потребителей.

Амарант содержит витамины А, В, С, Е, Р, каротиноиды, пектин и в значительных количествах макро- и микроэлементы (в особенности кальций и железо). Характерной особенностью амаранта помимо содержания растительного белка является высокое содержание сквалена. Семена амаранта являются источниками фенольных соединений с высокими антиоксидантными свойствами. Выращивание амаранта возможно в засушливом климате, где не произрастают другие культуры, что также является его положительной характеристикой. Но выращивание и производство амаранта в России пока недостаточно развито, так как его преимущества и полезные свойства еще мало известны, а также практически отсутствует сельскохозяйственная техника, способная обработать почву под посев амаранта. Пока ведутся активные разработки новых сортов амаранта. В 2007 году число сортов амаранта, подвергаемых селекции в России, достигло 20.

В настоящее время продукция из амаранта все чаще появляется на рынке. В Европе ассортимент подобных товаров более обширный. Например, существует немецкий сайт, на котором можно приобрести исключительно продукцию из амаранта. Эти товары производятся на внутреннем немецком рынке и заявляются как органические. Это означает, что производитель выпускает их, соблюдая все установленные нормы. Такие товары полностью безопасны, и при выращивании амаранта (используемого для их производства), его последующей переработке и упаковке уже готового товара, не используются химические вещества или какие-либо удобрения. Амарант на немецком рынке реализуется в качестве семян, масла, муки, попкорна, лапши и энергетических батончиков. Семена амаранта могут использоваться для приготовления каш, смузи, коктейлей и также при добавлении в выпечку. Амарантовое масло применяется при приготовлении пищи, его можно добавлять в салаты и использовать в любых рецептах вместо растительного масла. Попкорн из амаранта может быть использован и в традиционном виде, и в виде наполнителя для зерновых и шоколадных батончиков. При производстве мучной кондитерской продукции также используется амарантовая мука с добавлением других видов муки в соотношении 1:2 или 1:3, однако тогда главное преимущество из-за которого, в основном, используется амарантовая мука — отсутствие глютена — будет утрачено. В качестве связующего элемента вместо отсутствующей клейковины при приготовлении мучных кондитерских изделий с добавлением амаранта возможно использование гуаровой смолы, которая обладает связующими свойствами, семена чиа, кукурузный крахмал, желатин и др. Африканскими учеными было предложено использование продукции из зерен амаранта в качестве детского прикорма. Смесь из зерен амаранта и молока богата олеиновой, линолевой и линоленовой кислотами, которые важны для роста ребенка. Помимо этого, продукт содержит значительное количество минеральных компонентов: калий, фосфор, кальций, магний, железо и цинк. Такой продукт направлен на борьбу с проблемой недоедания младенцев и детей младшего возраста в Кении и других развивающихся странах Африки. В производстве кондитерских изделий амарант довольно часто применяется в Индии. В Мексике реализуется шоколад с добавлением 7 % амаранта. Достаточно часто семена амаранта добавляются в другие злаковые смеси, называемые «гранола». На сайте Amazon особой популярностью у покупателей пользуются шоколадные снековые батончики с добавлением амаранта. Они позиционируются как питание для вегетарианцев и веганов, а также на их маркировке заявлено об отсутствии в составе глютена и сои.

На территории Российской Федерации рынок продовольственных товаров, изготовленных с добавлением амаранта, состоит только из мучных кондитерских изделий. В розничных и интернет-магазинах реализуются различные виды печенья, изготовленные с добавлением амарантовой муки. Российскими учеными на протяжении уже нескольких лет ведутся разработки рецептур мучных кондитерских товаров с использованием амарантовой муки. Внесение в рецептуру мучных кондитерских изделий амарантовой муки и молочной сыворотки позволяет обогатить их белковыми и минеральными веществами и повысить их пищевую ценность. Учеными исследована возможность улучшения жирно-кислотного состава пряников «Маячок» за счет жмыха амаранта и пищевого костного жира. В таких пряниках достигнуто рекомендованное содержание насыщенных жирных кислот — олеиновой, линолевой и линоленовой, и соотношение кислот омега-3 и омега 6 составляет

1:4,6. Заварные пряники, в которые добавлен жмых амаранта и пищевой костный жир отвечают требованиям, предъявляемым к функциональным продуктам.

Как было сказано ранее, такое растение как амарант хотя и в малых количествах, но произрастает на территории Российской Федерации, поэтому его использование в производстве кондитерской продукции рационально, так как с каждым годом производственные мощности для выращивания амаранта увеличиваются. Стоимость кондитерских продуктов из амаранта будет конкурентоспособна в сравнении с ценой обычной кондитерской продукции.

Таким образом, амарант обладает не только уникальным химическим составом, но и может быть заменителем злаковых культур. В связи с ориентацией потребителей на правильное и здоровое питание продукты, изготовленные с добавлением амаранта, набирают все большую популярность. За рубежом, как было сказано ранее, такая продукция более популярна и, в связи с этим, разнообразна.

Из этого следует, что необходимо расширять ассортимент безглютеновых кондитерских изделий, в составе которых будет присутствовать амарант на российском рынке. Одними из таких товаров могут быть кремовые, пралиновые конфеты и типа «Ассорти», а также сбивные. В этих конфетах вместо вафельной крошки вводится амарант, и по органолептическим свойствам, на основе проведенной сенсорной оценки, конфеты с добавлением амаранта соответствуют потребительским требованиям.

Основным критерием оценки вышеупомянутых конфет является сенсорный анализ. На современном этапе развития кондитерской промышленности внедрение сенсорного анализа в процесс управления качеством выпускаемой продукции является одним из перспективных путей повышения её конкурентоспособности и приобретает особую значимость для потребителя.

Разработка новых продуктов в современных условиях конкуренции производителей — это важный этап жизненного цикла продукта, так как этому продукту необходимо придать такие характеристики, которые могли бы отличать его от аналогичной или схожей продукции компаний-конкурентов. В настоящее время, при создании новых продуктов все чаще используется дескрипторно-профильный метод дегустационного анализа, так как он дает возможность составить наглядную модель вкусо-ароматических и структурно-механических характеристик разрабатываемого продукта.

На кафедре товароведения и товарной экспертизы были разработаны дескрипторы (табл. 4), позволяющие установить соответствие сенсорных характеристик ожиданием потребителей.

Таблица 4. Предлагаемый список дескрипторов для сенсорной оценки качества конфетных изделий

Наименование дескрипторов для построения сенсорного профиля конфет*			
сбивных	кремовых	типа «Ассорти»	пралиновых
Запах какао продуктов	Однородность цвета конфет	Ореховый вкус	Аромат какао продуктов
Посторонний запах	Равномерность обсыпки	Кофейный вкус	Ореховый аромат
Прогорклый запах	Аромат какао продуктов	Сливочный вкус	Жирный запах
Сливочный вкус	Ванильный аромат	Карамельный вкус	Прогорклый запах
Гармоничный вкус	Нечистый комплекс	Посторонний привкус	Вкус какао продуктов
Устойчивость вкуса	Вкус какао продуктов	Мыльный вкус	Ореховый вкус
Приторный вкус	Сливочный вкус	Прогорклый вкус	Сливочный вкус
Нетипичный вкус	Сладость	Нечистый вкус	Сладость
Обезличенный вкус	Устойчивость вкуса	Сладкий вкус	Устойчивость вкуса
Посторонний вкус	Посторонний привкус	Послевкусие (-)	Посторонний привкус
Послевкусие (-)	Порочащий вкус	Тающая консистенция	Прогорклый вкус
Мягкая консистенция	Плавкость	Нежная консистенция	Послевкусие (-)
Мелкопористая консистенция	Тонкодисперсность	Однородная консистенция	Твердость
Равномерная консистенция	Пластичность	Тонкодисперсная консистенция	Плавкость
Слегка зптяжистая консистенция	Однородность цвета конфет	Плотная консистенция	Пластичность
Неоднородная (наличие кристаллов) консистенция	Твердость	Песчаная консистенция	Дисперсность
		Восковая консистенция	Однородность

*- Негативные частичные признаки отмечали с отрицательным знаком (-)

В заключительной части работы была разработана рецептура и технология производства неглазированных пралиновых конфет с добавлением амарантовой муки и семян амаранта.

Оценка органолептических показателей качества конфет осуществлялась по разработанной нами системе сенсорной оценки с помощью дескриптивного анализа. Принимая во внимание результаты сенсорной оценки было определено оптимальное количество вводимой амарантовой муки (14 %) взамен вафельной крошки в унифицированной рецептуре. Дегустация пралиновых конфет с амарантом выявила, что по вкусу, аромату, структуре и дисперсности превосходили конфеты, изготовленные по традиционной рецептуре. Кроме того, введение амарантовой муки комплексно способствует повышению пищевой ценности конфет по содержанию белка, минеральных элементов и витаминов. Следует отметить, что в производстве пралиновых конфет можно использовать как семена, так и муку амаранта.

Профильный метод дает возможность оценить качество кондитерских изделий не только в процессе их разработки и производства, но и на этапе их реализации, что позволяет сокращать потери, возникшие при отбраковке продукции уже непосредственно в точках продаж.

На сегодняшний день, применение профильного метода получило широкое распространение также благодаря всемирно известным компаниям, таким как Mars, Nestle, Blommeri др, которые создают новые товары, реализуемые на российском рынке.

В общем и целом, применение методов сенсорной оценки (в том числе, дескриптивного анализа) является ключевым фактором успешного внедрения новых продуктов питания на рынок. Объективное описание пищевого продукта с точки зрения воспринимаемых человеком сенсорных характеристик позволяет дифференцировать составы продуктов и классифицировать свойства и атрибуты продукта, с целью обеспечения дальнейшего признания товара потребителями на рынке. То, как потребители примут и оценят новый продукт во многом определяется его сенсорными характеристиками, и эмоциональный анализ потенциального покупателя нового товара может помочь технологам, маркетологам и товароведом понять поведение различных групп людей, и следовательно, понять потенциальных покупателей продукта, а также какие атрибуты товара заставляют покупателя покупать именно его и каким образом этот товар должен быть наиболее выгодно представлен на рынке продуктов питания.

Таким образом, неглазированные пралиновые конфеты, обогащенные амарантом, могут употребляться и детьми, так как обладают высокой биологической активностью и пищевой ценностью. К тому же неглазированные пралиновые конфеты с добавлением амарантовой продукции не производятся и не реализуются за рубежом и поэтому потенциально могут стать новым товаром на российском рынке здорового питания.

Итак, подытоживая вышесказанное, можно отметить, что современный этап развития кондитерской отрасли характеризуется высокой степенью насыщенности рынка разнообразной продукцией. В условиях жесточайшей конкуренции перед российскими производителями стоит проблема повышения потребительских свойств и пищевой ценности изделий, совершенствование структуры и ассортимента, разработка оригинальных рецептур, создание изделий функционального назначения. Наиболее эффективным и экономически оправданным нетрадиционным сырьем для производства безглютеновой кондитерской продукции является амарант.

ЛИТЕРАТУРА

1. Belkin Y.D [et al]. Prospects of using amaranth in food industry // International Journal of Biotechnology and Research. — 2019. - №2. — pp. 584–587.
2. Mburu M.W. and et al. Nutritional and functional properties of a complementary food based on Kenyan amaranth grain (*Amaranthus cruentus*) // African Journal of food, Agriculture, Nutrition and Development. — 2012. — №2. — pp. 5959–5977.
3. Narwade S., Pinto S. Amaranth — A Functional Food // Lupine publishers. — 2018. — №1 (3). — pp. 1–6.
4. Ogrodowska D. et al. Amaranth Seeds and Products — The Source of Bioactive Compounds // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. — 2014. — №3. — pp. 165–170.
5. Кононков, П.Ф. Освоение амаранта в России / П.Ф. Кононков, В.К. Гинс, М.С. Гинс // Аграрное обозрение. — 2013. — №4.

6. Матвеева, Т.В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры : монография / Т.В. Матвеева, С.Я. Корячкина — Орел : ФГОУ ВПО «Госуниверситет. — УНПК», 2011. — 358с.
7. Рыжакова, А.В. Мировой рынок кондитерских изделий / А.В. Рыжакова, О.А. Бабина // Международная торговля и торговая политика. — 2017. — №34. — С. 59–74.
8. Рыжакова, А.В. Системный подход к формированию потребительских свойств и оценке качества кондитерских изделий: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.18.15. — Москва. — 2007. — 444 с.
9. Смирнов, С.О. Зерно амаранта как источник ценного пищевого сырья и объект переработки / С.О. Смирнов, С.А. Урубков // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и аспирантов / Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий. — 2016. — С. 374–383.
10. Фахретдинова, Д.Р. Использование амарантовой муки и молочной сыворотки для обогащения мучных кондитерских изделий / Д.Р. Фахретдинова, А.А. Нигматьянов, И.В. Миронова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2017. — №1. — С. 260–261.

Л.В. Гапонова, к.т.н.; Т.А. Полежаева, к.т.н.; Г.А. Матвеева

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт жиров»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕРНОБОБОВОГО И ОРЕХОВОГО СЫРЬЯ В ТЕХНОЛОГИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Аннотация. Пищевая аллергия является широко распространенной патологией, вызванной иммунным ответом организма на введение в рацион питания аллергенов и выражающейся в воспалительной реакции в органах и системах организма, которая приводит к нарушению его работы и развитию различных заболеваний. При исследовании аллергенспецифических антител к белкам растительного и животного происхождения выявлена пониженная сенсibilизирующая активность к белкам сои, миндаля, нута (не более 9–10 %) и повышенная для коровьего молока (20–25 %), для белков куриного мяса и индейки (25–30 %), рыбы (20–25 %). Цель исследований, проведенных во ВНИИ Жиров, состоит в разработке теоретических основ и принципов технологий продуктов питания для профилактики и лечения социально значимых заболеваний — сердечно-сосудистых, онкологических, аллергических, пищеварительной системы и обмена веществ.

Для комплексной переработки масличного, зернобобового и орехового сырья, разработаны технология и оборудование, предусматривающие получение двух пищевых продуктов — эмульсии (основы) и нерастворимого остатка (массы). Зернобобовая и ореховая основа представляют собой эмульсию, содержащую масло, белок, углеводы (в т.ч. олигосахариды), минеральные вещества, витамины и другие соединения. Во ВНИИ Жиров разработан ряд рецептур и технологий продуктов на зернобобовой и ореховой основе для лечения и профилактики аллергических заболеваний. Среди них напитки, в т.ч. ферментированные и сокодержущие; белковые продукты типа тофу и творога, в т.ч. с наполнителями; безглютеновые безлактозные каши; сухие смеси — заменители коровьего и женского молока, в т.ч. для питания детей до года, беременных и кормящих женщин; безглютеновые десерты; безглютеновые батончики мюсли и т.д. На все продукты разработана нормативно-техническая документация, большинство из них прошли медико-биологическую апробацию.

Ключевые слова: пищевая аллергия, зернобобовое и ореховое сырье, комплексная переработка, специализированные продукты, теоретические основы, принципы технологии

L.V. Gaponova, T.A. Polezhaeva, G.A. Matveeva

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“All-Russian Research Institute of Fats”, St. Petersburg, Russian Federation*

THE USE OF BEAN, CEREAL AND NUT RAW MATERIALS IN THE TECHNOLOGY OF DIETARY PRODUCTS FOR ALLERGIC DISEASE PREVENTION AND TREATMENT

Abstract. Food Allergy is a widespread pathology caused by the immune response of the body to the introduction of allergens into the diet and expressed in an inflammatory reaction in the organs and systems of the body, which leads to disruption of its work and the development of various diseases. The study of allergen-specific antibodies to the proteins of vegetable and animal origin revealed reduced sensitizing activity of proteins of soy, almond, chickpea (not more than 9-10 %) and increased sensitizing activity for cow milk (20-25 %), chicken, turkey (25-30 %) and fish (20-25 %). The purpose of research conducted in the Research Institute of Fats is to develop the theoretical foundations and principles of food technology for the prevention and treatment of socially significant diseases — cardiovascular, cancer, allergies, disorders of the gastrointestinal tract and metabolism.

For complex processing of oil, legume and nut raw materials, the technology and the equipment providing reception of two foodstuff — an emulsion (basis) and the insoluble residue (mass) are developed. Bean and nut based represent emulsion containing oil, protein, carbohydrate (including oligosaccharides), mineral substances, vitamins, etc. connection. In VNIIFATs it is developed a number of formulas and technologies for bean and nut based products for treatment and prevention of allergic diseases. Among them there are drinks, including fermented and juice; protein products such as tofu and cottage cheese, including with fillers; gluten-free lactose-free porridge; dry mixes — substitutes for cow and human milk, including formulas for children under 1 year, pregnant and lactating women; gluten free desserts; gluten-free muesli bars etc. It is developed regulation documentation for all products. Most of them underwent medical and biological testing.

Keywords: food allergy, cereal-bean and nut raw materials, complex processing, diatery products, theoretical basis, technology principles

Цель исследований, проведенных во ВНИИ жиров, состоит в разработке теоретических основ и принципов технологий продуктов питания для профилактики и лечения социально значимых заболеваний — сердечно-сосудистых, онкологических, аллергических, пищеварительной системы и обмена веществ.

Пищевая аллергия является широко распространенной патологией, вызванной иммунным ответом организма на введение в рацион питания аллергенов и выражающейся в воспалительной реакции в органах и системах организма, которая приводит к нарушению его работы и развитию различных заболеваний, в т.ч. дыхательной и пищеварительной системы, онкологических, сердечно-сосудистых и др. Развитие пищевой аллергии обусловлено, в первую очередь, изменениями в иммунной системе, возникающими под воздействием различных аллергенов. До 8–10 % детей во всём мире в той или иной степени страдают атопическим дерматитом, неразрывно связанным с пищевой аллергией, развитие которой усугубляется повышенной проницаемостью слизистой желудка и кишечника для пищевых аллергенов. При исследовании аллергенспецифических антител к белкам растительного и животного происхождения выявлена пониженная сенсibilизирующая активность к белкам сои, миндаля, нута (не более 9–10 %) и повышенная для коровьего молока (20–25 %), для белков куриного мяса и индейки (25–30 %), рыбы (20–25 %) [1, 2].

Для комплексной переработки зернобобового и орехового сырья в отделе лечебно-профилактического и детского питания ВНИИ жиров разработаны технология и оборудование, предусматривающие получение двух пищевых продуктов — эмульсии (основы) и нерастворимого остатка (массы). Зернобобовая и ореховая основа представляют собой эмульсию, содержащую масло, белок, углеводы (в том числе олигосахариды), минеральные вещества, витамины и другие соединения. Зернобобовая и ореховая масса — это нерастворимый остаток, имеющий в своем составе нерастворимые в воде фракции зернобобового сырья, в т.ч. гемицеллюлозу. Эти продукты могут либо использоваться непосредственно в питании в качестве заменителей коровьего молока, либо служить сырьем для выработки широкого спектра безглютеновых безлактозных продуктов (ферментированных напитков и йогуртов, в т.ч. с натуральными плодово-ягодными наполнителями и пищевыми волокнами; белковых продуктов типа творога и т.д.). Содержащиеся в них соевые олигосахариды позволяют повысить титр жизнеспособных бифидобактерий (до $4 \cdot 10^9$ клеток/1 см³). ВНИИ жиров совместно с ведущими лечебно-профилактическими учреждениями Санкт-Петербурга, Москвы и других городов России проведена медико-биологическая апробация соевой основы, бифисоина (соевой основы, ферментированной штаммами бифидобактерий), соевого белкового продукта (аналога молочного творога, полученного коагуляцией соевой основы) и соевых коктейлей (смеси соков и соевой основы) в условиях стационара у детей с нарушениями работы пищеварительной системы и в период реабилитации после перенесённых желудочно-кишечных инфекций. Исследована возможность использования заменителей коровьего молока и заменителя молочного творога на основе растительных белков в питании детей 1–3 лет, а также сквашенных пробиотическими культурами напитков и белкового продукта типа творога на их основе в питании детей с атопическим дерматитом. Для детей, находящихся на грудном вскармливании, исследована возможность коррекции питания кормящих матерей за счёт включения в рацион вышеперечисленных продуктов. Производство заменителей молочных продуктов на основе растительных белков позволяет решить проблему обеспеченности питанием многочисленной группы детей с пищевой аллергией, в том числе в детских учреждениях и стационарах [4, 5, 6, 7].

Актуальной разработкой ВНИИ жиров является технология получения безглютеновых каш с добавлением сухой соевой основы, изолята соевого белка, сухой яблочной клетчатки, сухих пло-

воовощных порошков, витаминных премиксов, фруктозы. Среди разработанных рецептур — «Каша пшенная с тыквой», «Каша пшленно-рисовая с яблоком и тыквой», «Каша рисовая с курагой» и другие. Каши прошли апробацию в стационарах Санкт-Петербурга, которая свидетельствует о хорошей переносимости и выраженной клинической эффективности использования их как в питании людей с непереносимостью глютена и лактозы различной этиологии и снижением нутритивного статуса, так и в рационе больных диабетом, с заболеваниями билиарного тракта и сердечно-сосудистой системы. Одна порция каш моментального приготовления (50–70 г сухого продукта) удовлетворяет потребность организма в витаминах, минеральных веществах и пищевых волокнах на 20–30 % как за счет натуральных компонентов, так и благодаря внесению премикса. Использование сухой соевой основы и порошка измельченной оболочки кедровых орехов, яблока, тыквы и других растительных компонентов обогащает продукт биологически полноценными белками, жирами, витаминами и минералами в легкоусвояемой форме и придает ему пребиотические свойства [9].

Для расширения ассортимента безлактозных и безглютеновых напитков во ВНИИ жиров были рассчитаны рецептуры напитков на соево-злаковой, соево-ореховой и соево-злаково-ореховой основе, сбалансированных по содержанию всех основных питательных веществ за счет обогащения их витаминами и минералами путем внесения премиксов и препаратов, а также натуральных добавок растительного и животного происхождения. Были произведены опытные выработки нескольких видов комбинированной основы: соево-овсяной, соево-рисовой, соево-кукурузной, соево-гречневой, соево-гречнево-овсяной, соево-кедровой, соево-миндальной, соево-рисово-миндальной, соево-рисово-кедровой. Соотношение компонентов рассчитывали исходя из нутриентного состава сои, орехов и злаков с оптимизацией аминокислотного, витаминного и минерального состава смесей. При этом соотношение семян (орехи, злаки): вода при экстракции в слабощелочной среде при получении эмульсии (основы) составило в зависимости от состава рецептуры от 1:6 до 1:8. На следующем этапе исследований были установлены оптимальные режимы технологических этапов производства основ, режимы дальнейшей их переработки для получения готовых соево-злаково-ореховых ферментированных продуктов и напитков, разработана технологическая инструкция и рецептуры. В исследованиях был осуществлен подбор штаммов микроорганизмов для получения ферментированных соево-злаково-ореховых паст и напитков. В результате анализа рынка биологически активных добавок и фруктово-ягодных компонентов были выбраны наполнители для соево-злаково-ореховых паст и напитков. При этом принимали во внимание влияние внесения этих компонентов на функциональный состав напитков и продуктов на органолептические, микробиологические и реологические свойства продуктов. На основании проведенных исследований по подбору сырья для производства напитков и продуктов на соево-злаково-ореховой основе произведены расчеты рецептур для соево-кедрового, соево-миндального, соево-рисово-кедрового, соево-рисово-миндального, соево-кукурузного и соево-рисово-кукурузного ферментированных напитков, в т.ч. с плодово-ягодными наполнителями. Помимо соево-злаково-ореховой основы в рецептуры вошли такие компоненты, как плодово-ягодные сиропы; сахар или подсластитель; ароматизаторы, идентичные натуральным; закваска.

На заключительном этапе работы с целью коррекции витаминного и минерального состава продуктов, изготовленных по рассчитанным рецептурам, устанавливали нутриентный состав напитков и сравнивали его с эталоном. В качестве эталона выбран такой состав напитка, употребление 200 г которого (1 стакан) позволяет удовлетворить норму в основных питательных веществах на 30 % в соответствии с Методическими рекомендациями МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» для взрослого населения. В результате в рецептуры были дополнительно включены следующие компоненты растительного и животного происхождения: порошки свеклы, яблока, моркови, тыквы, скорлупы куриных яиц (источник кальция), полученные с использованием нанотехнологий измельчения сырья до размера частиц 10–1200 мкм и тепловой обработки сырья; красное пальмовое масло «Саготипо»; нерастворимые и растворимые пищевые волокна (яблочная, овсяная, пшеничная клетчатка; инулин цикория; пектин); инкапсулированная форма омега-3 жирных кислот. Следует отметить важность обогащения напитков омега-3 жирными кислотами, обладающими выраженным противовоспалительным действием, что чрезвычайно важно для предотвращения аллергических реакций. Недостаток в витаминах и минералах восполнялся за счет витаминно-минеральных премиксов или химически чистых минеральных солей и витаминных препаратов: гидроокись кальция, кальций фосфорнокислый двухзамещенный, калий лимоннокислый, калий йодистый, хлористый магний, железо II сернокислое, хлористый марганец, витамины (тиамин, рибофлавин,

пиридоксин, ретинола ацетат, токоферол, цианкобаламин, фолацин, пантотенат кальция, L-карнитин).

Для выбора технологических параметров сквашивания соево-злаково-ореховых основ изучали динамику нарастания титруемой кислотности для смесей различного состава, заквашенных тремя видами заквасок (бифидобактериями, лактобактериями и термофильным стрептококком). С целью дополнительной витаминизации продуктов в рецептуры напитков вводили обогащающие компоненты. Ферментированные напитки на зернобобовой и соево-ореховой основе, сквашенные штаммами молочнокислых бактерий, обладают высокой антагонистической активностью к болезнетворным бактериям и обогащены биологически активными добавками разной природы с антиоксидантной активностью (каротинами в составе растительных масел, фосфатидами в виде подсолнечного и соевого лецитина, полифенолами растительных компонентов), витаминами, минеральными веществами и пищевыми волокнами в составе плодово-ягодных и овощных наполнителей. Такое сочетание компонентов является оптимальным в лечебно-профилактическом питании и позволяет на 10–20 % удовлетворить потребности организма в жирно- и водорастворимых витаминах, минералах и пищевых волокнах при употреблении 100–200 г готового продукта (напитка).

ВНИИ жиров совместно с СПбГЦНИИ особо чистых препаратов проведены исследования по культивированию молочнокислых бактерий на комбинированных средах (коровье молоко, соевая основа, соево-овсяная основа, комбинация сред с фруктово-овощными наполнителями). Для исследования были выбраны следующие культуры: лиофилизированная закваска «Витафлор» (симбиотическая система с признаками синтрофии и синергизма, состоящая из двух штаммов *Lbm. Acidophilus*), бифидобактерии, симбиотическая закваска АВТ (культура с несколькими смешанными штаммами, содержащая *Lbm. Acidophilus*, *Bifidobacteria* и *Str. Thermophilus*) и штаммы бифидобактерий из коллекции ФБУН МНИИЭМ им. Г.Н. Габричевского. Проведен электронно-микроскопический анализ культур при выращивании в питательных средах различного состава. Методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), позитивного окрашивания, ультратонких срезов установлено, что на растительных средах морфологические свойства молочнокислых бактерий соответствуют их наиболее активному физиологическому состоянию. Микробные популяции наиболее активно развивающихся молочнокислых бактерий представляют собой биопленки, включающие длинные цепочки клеток крупных размеров, ультраструктурная организация которых свидетельствует о высоком уровне клеточного метаболизма, и полисахаридный комплекс. При культивировании бифидобактерий на соевой основе и соево-молочной среде, в том числе с наполнителями, на поверхности обнаружены характерные для физиологически активного состояния клеток нитевидные выросты, что подтверждает бифидогенные свойства соевой основы [9]. Молочнокислая флора, особенно бифидобактерии, активно развивается на соево-злаковой основе. Для выбора производственных сухих заквасок были проведены дополнительные исследования по культивированию молочнокислых бактерий в зернобобовой среде.

Последние исследования ВНИИ жиров заключаются в изучении возможности использования комбинированных продуктов на основе сои, нута, кедрового ореха и миндаля в питании детей, страдающих целиакией, лактазной недостаточностью и аллергией к белкам коровьего молока. Рассчитаны оптимальные рецептуры напитков на зернобобовой основе, полученных на основе сои, нута, кедрового ореха, миндаля. Соя и нут являются источниками полноценного белка, витаминов группы В, минеральных веществ (магний, кальций, железо, селен). Кедр и миндаль, содержащие до 50 % полноценного растительного жира, позволяют установить жирность напитков на уровне 2,5–3,2 % и обеспечить необходимую калорийность продукта, одновременно обогащая его витаминами (токоферолами) и минералами (магнием, калием, кальцием, железом, марганцем, йодом). Нерастворимый остаток также обладает высокой питательной ценностью, так как содержит до 8 % белка, до 4 % жира и до 1 % клетчатки, витамины и минералы. Соя и миндаль содержат почти столько же полноценного белка, сколько постное мясо. Белок является одним из трех питательных макроэлементов, вместе с углеводами и жирами, которые жизненно необходимы для здоровья, роста и развития ребенка. Потребность в белках выше в младенчестве и детстве из-за быстрого роста, а также при беременности женщин из-за развития плода. Определенные аминокислоты конкурируют по абсорбции, поэтому их потребление должно быть сбалансированным. Например, аргинин является аминокислотой, которая среди других функций известна как исходное вещество окиси азота. Окись азота в необходимом количестве расслабляет кровеносные сосуды и стенки артерий, снижая тем самым кровяное давление и способствуя здоровью сердца. Миндаль содержит высококачественный, хорошо абсорбируемый белок в количестве 20–21 г на 100 г продукта. Достичь сбалансированного нутриентного

состава с адекватным содержанием незаменимых аминокислот, жирных кислот, витаминов и минералов (токоферолов, цинка, марганца, магния, кальция и др.) можно путем сочетания миндаля с бобовыми (например с соей). Мононенасыщенные жиры миндаля и полиненасыщенные жиры сои способствуют снижению общего и LDL-холестерина (липопротеина низкой плотности) при поддержании полезного для здоровья уровня HDL-холестерина (липопротеина высокой плотности). На заключительном этапе работы составлена технология получения пищевой растительной основы с использованием соевой жидкой основы и ядер сладкого миндаля. Комбинированная соево-миндальная жидкая основа обладает насыщенным сладковатым соево-миндальным вкусом, кремовым цветом, однородной консистенцией и содержит: сухие вещества — 17–19 %, белок — 2,8–3,3 %, жир — 7,5–8,5 %. Путем внесения вкусоароматических добавок, наполнителей и ферментации соево-миндальной основы получен широкий спектр продуктов лечебно-профилактического назначения и проведена выработка опытных партий напитков, в т.ч. ферментированных. Клиническая апробация напитков на соево-миндальной основе в лечебно-профилактических учреждениях Санкт-Петербурга показала их хорошую переносимость при включении в рацион питания детей с лактазной недостаточностью, целиакией, пищевой аллергией и заболеваниями желудочно-кишечного тракта [10].

С целью расширения ассортимента напитков на зернобобовой основе разработаны рецептуры стерилизованных сокодержавных напитков длительного хранения на зернобобовой основе, стабилизированных пектинами. Основные компоненты напитков — зернобобовая основа, натуральные концентраты соков (зеленое яблоко), сахар или сахарозаменители (фруктоза, концентрированные смеси фруктовых сахаров «Fruit Up» и др.), стабилизаторы, имеющие в своем составе высокоэтерифицированные пектины; витамины и минеральные вещества. Напитки отличаются хорошими органолептическими показателями, высокой питательной ценностью и стабильными показателями в течение всего срока хранения продукта (1 год). Важным компонентом функциональных продуктов питания, помимо пектина, являются такие пищевые волокна как целлюлоза, гemicеллюлоза, олигосахариды, камеди и лигнин. В рецептуры напитков на зернобобовой и соево-молочной основе, в том числе ферментированных, и десертов на зернобобовой и соево-молочной основе были введены фруктаны инулинового типа цикория в составе пищевых добавок Fibruline и Fibrulose. Эти добавки являются растворимыми пищевыми волокнами, которые не усваиваются и не абсорбируются в желудке и тонком кишечнике. Ферментация Fibruline и Fibrulose происходит в толстом кишечнике, куда они попадают без каких-либо изменений, поскольку инулин не расщепляется в тонком кишечнике ферментами человеческого организма. Обладая пребиотическими свойствами, данные добавки улучшают органолептические свойства продуктов, так как создают наполненность вкуса, увеличивают вязкость и снижают синерезис сгустка ферментированных напитков.

Для детей первого года жизни с аллергией к компонентам коровьего молока и непереносимостью лактозы создаются специальные смеси на основе растительных белков, чаще всего изолятов белка сои. В настоящее время во ВНИИ жиров разработаны смеси с полностью или частично гидролизованными белками коровьего молока. В связи с возникшими спорами по поводу аллергенных свойств соевого белка, были проведены многочисленные исследования, которые достоверно не подтвердили предположение об аллергенных свойствах соевых белков, и прежде всего специфического соевого иммуноглобулина E. В отличие от гидролизованных смесей, смеси с соевым белком не дают перекрестных реакций с белками коровьего молока. В результате клинических исследований установлено, что частично гидролизованные смеси и иногда полностью гидролизованные смеси могут приводить к анафилактическим реакциям, которые могут угрожать жизни младенцев и детей с аллергией к иммуноглобулинам IgE коровьего молока. Смеси с соевыми белками имеют адекватные питательные свойства и соответствующие раннему возрасту органолептические показатели, а стоимость их ниже стоимости гидролизованных смесей. Отделом детского и лечебно-профилактического питания ВНИИ жиров разработана нормативная документация на изолят соевого белка марки «Д» («Белок соевый «Д» по ТУ 9146-00334534-02), разрешенный к применению в детском питании, не уступающий по своим свойствам импортным аналогам. Он вводится в состав сухих смесей для питания детей первого года жизни, а также смесей для беременных и кормящих женщин и композиции для полуфабрикатов школьного питания.

Актуальная проблема специализированного питания — разработка продуктов для питания больных с длительными неинфекционными диареями и синдромом мальабсорбции. Нередко такое состояние обусловлено пищевой непереносимостью, наиболее распространенными видами которой являются лактазная недостаточность и целиакия (глутеновая энтеропатия). Энтеропатия приводит

к возникновению иммунопатологических процессов в присутствии белков зерна некоторых злаковых культур (глиадин пшеницы, секалин ржи, хордеин ячменя, авенин овса), вследствие чего поражается слизистая оболочка тонкой кишки. Ведущий метод лечения целиакии и лактазной недостаточности — диетотерапия [3]. Но на рынке диетпродуктов крайне узкий ассортимент отечественных специализированных продуктов для людей с целиакией.

Как было сказано выше, во ВНИИ жиров разработан широкий ассортимент безлактозных безглютеновых продуктов на зернобобовой основе, включающий напитки, в т.ч. ферментированные, безмолочные аналоги творога и сыра, полуфабрикаты и др. Одной из последних разработок являются безглютеновые десерты и безглютеновые батончики-мюсли. Основные компоненты десертов: соево-злаково-ореховая основа, в т.ч. сухая и сгущенная; продукт соевый белковый; растительные масла с оптимальным соотношением ω -3 и ω -6 жирных кислот 1:2-1:5 (соевое, рапсовое, кукурузное, подсолнечное, чиа); овощные и плодово-ягодные наполнители (яблоко, тыква, клюква, черника и др.), сахарный сироп, стабилизатор на основе камеди и пектина, натуральные вкусовые добавки (стручковая ваниль и корица). Выработанные партии продуктов имеют оптимальный нутриентный состав и хорошие органолептические показатели. Разработана НТД на специализированные десерты, готовятся их медико-биологические испытания [13].

В результате разработки рецептур батончиков мюсли на зернобобовой основе, полученных методом экструзии соево-злакового сырья с последующим смешением компонентов, установлен сбалансированный по содержанию основных нутриентов состав батончиков: масса зернобобовая, орехово-зернобобовая с использованием орехов (грецкий, кедровый, фундук), крупа рисовая, кукурузная и гречневая; хлопья пшённые; семена чиа; смесь сухофруктов (изюм, курага, чернослив, яблоки); сублимированный порошок зелени петрушки и ботвы моркови. Следует отметить высокую пищевую и биологическую ценность зернобобовой и ореховой массы, в связи с чем рекомендуется включение ее в рецептуры диетических продуктов. Положительные результаты, полученные на этапе разработки технологии, позволили подобрать несколько вариантов рецептур батончиков мюсли с различным содержанием многокомпонентной смеси из сушеных ягод и фруктов: изюм, абрикос, чернослив, яблоки с добавлением сублимированного порошка зелени петрушки и ботвы моркови. Состав сублимированного порошка зелени петрушки и ботвы моркови уникален за счет высокого содержания макро- и микроэлементов, витаминов А, С, D. Помимо разнообразного оздоравливающего воздействия на организм (моче-, пото-, желче-, ветрогонного, глистогонного, тонизирующего, повышающего секреторную функцию желудка), они обладают антимикробным действием, а также полезны для профилактики развития кариеса и укрепления эмали зубов. Разработанный продукт характеризуется сбалансированным аминокислотным составом, повышенным содержанием пищевых волокон, минералов (в т.ч. калия) и витаминов (в т.ч. витаминов группы В) за счёт использования в его рецептурах соевой массы и злаков в составе соево-злакового экструдированного полуфабриката, сублимированного порошка зелени петрушки и ботвы моркови, сушеных фруктов и т.д. Безглютеновые батончики мюсли прошли клиническую апробацию у детей, страдающих целиакией и лактазной недостаточностью, которая показала хорошую переносимость данного продукта при использовании его в качестве перекуса. Батончики обладают отличным вкусом и создают у детей необходимое насыщение, помогающее им справиться с чувством голода, возникающим между основными приёмами пищи. Ввиду дефицита недорогих безглютеновых продуктов из отечественного сырья на рынке диетической продукции целесообразно налаживание промышленного выпуска безглютеновых батончиков мюсли на зернобобовой основе [12].

На все перечисленные виды продуктов разработана нормативно-техническая документация, внедрение разработанных технологий в производство позволит расширить ассортимент продуктов лечебно-профилактического назначения на зернобобовой и ореховой основе для питания больных с пищевой аллергией и лактазной недостаточностью и будет способствовать решению проблемы рационального питания российского населения. Все предлагаемые продукты разработаны с применением теоретических основ и принципов технологий продуктов питания для профилактики и лечения социально значимых заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казначеева, Л.Ф. Гастроинтестинальная форма пищевой аллергии у детей: учебное пособие для студентов, педиатров, аллергологов, гастроэнтерологов / Л.Ф. Казначеева. — Новосибирск, 2010. — 48 с.

2. Балаболкин, И.И. Пищевая аллергия / И.И. Балаболкин, С.Н. Денисова, Н.В. Юхтина. — Москва, 2012. — 52 с.
3. Национальные рекомендации по диагностике и лечению целиакии взрослых / Л.Б. Лазебник [и др.]; под общ. ред. Л.Б. Лазебник. — СПб. : Инфо Ол, 2016. — 23 с.
4. Концентраты на основе злаковых для лечебного питания детей и взрослых, страдающих непереносимостью коровьего молока / Л.В. Гапонова [и др.] // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2006. — №1-2, С. М31.
5. Использование пробиотиков в функциональных продуктах на растительной и комбинированной основе / Л.В. Гапонова [и др.] // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2009. — №4. — С. М9.
6. Соево-молочный концентрат — использование в качестве белкового обогатителя / Л.В. Гапонова [и др.] // Молочная промышленность. — 2013. — № 10. — С. 62–63.
7. Функциональные продукты на комбинированной зернобобовой и кедрово-соевой основе как оптимальное решение в питании людей, страдающих целиакией и непереносимостью компонентов коровьего молока / Л.В. Гапонова [и др.] // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2011. — №4. — С. М6.
8. Каши быстрого приготовления на соево-злаковой основе для питания больных целиакией и непереносимостью компонентов коровьего молока / Л.В. Гапонова [и др.] // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2012. — №2-3. — С. М17.
9. Напитки на соево-кедровой основе в лечебно-профилактическом питании людей, страдающих заболеваниями желудочно-кишечного тракта / Л.В. Гапонова [и др.] // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2013. — № 1. — С. М6.
10. Батончики мюсли на соево-злаковой основе в лечебно-профилактическом питании людей с непереносимостью глютена и компонентов коровьего молока / Л.В. Гапонова [и др.] // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2013. — № 2. — С. М7.
11. Безлактозные безглютеновые продукты на зернобобовой основе для питания людей с целиакией и лактазной недостаточностью / Л.В. Гапонова [и др.] // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. — 2014. — № 5. — С. 47–48.
12. Десерты на зернобобовой основе в питании больных с непереносимостью компонентов коровьего молока и целиакией / Л.В. Гапонова [и др.] // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2017. — № 1. — С. 72.

УДК 615.874

Поступила в редакцию 21.06.2019

¹А.А. Шехетов; ^{1,2,3}Х.Х. Шарафетдинов, д.м.н.; ¹О.А. Плотникова, к.м.н.;
¹В.В. Пилипенко, к.м.н.; ¹Р.И. Алексеева, к.м.н.; ¹А.Н. Сасунова;
¹А.А. Кочеткова, д.т.н., профессор; ¹В.М. Воробьева, к.т.н.

¹ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», г. Москва, Российская Федерация

²ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация

³ФГАУ ВО «Первый московский медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва, Российская Федерация

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ С ДИАБЕТИЧЕСКОЙ НЕФРОПАТИЕЙ

Аннотация. В статье представлены современные подходы к диетической поддержке больных с диабетической нефропатией, характеризующейся постепенным склерозированием почечной ткани, приводящим к потере фильтрационной и азотовыделительной функции почек. Одним из путей оптимизации питания больных с диабетической нефропатией является разработка специализированных пищевых продуктов оптимизированного состава. Проведен анализ научно-технической литературы, касающейся роли пищевых и биологически активных веществ в развитии и прогрессировании хронической почечной недостаточности у больных сахарным диабетом 2 типа. Разработаны медико-биологические требования к созданию специализированных пищевых продуктов для больных с диабетической нефропатией. В соответствии с медико-биологическими требованиями к специализированным пищевым продуктам для больных с диабетической нефропатией обоснован состав продукта, включающий источники белка, углеводов, моно- и полиненасыщенных жирных кислот, пищевые волокна, обладающие пребиотическим действием (инулин, фруктоолигосахариды, полидекстроза, пектин), жиро- и водорастворимые витамины, растительные экстракты, содержащие биологически активные вещества, обладающие антиоксидантными свойствами. Наиболее оптимальным является способ многоступенчатого смешивания порошкообразных ингредиентов, обеспечивающий равномерное распределение микронутриентов в основной пищевой массе и их гарантированное содержание в порции готового продукта. Включение специализированных пищевых продуктов в диетический рацион больных с диабетической нефропатией позволит модифицировать его химическую структуру с целью улучшения гликемического и метаболического контроля, замедления прогрессирования хронической почечной недостаточности, улучшения качества жизни пациентов.

Ключевые слова: диабетическая нефропатия, низкобелковые диеты, сахарный диабет 2 типа

¹A.A. Shehetov, ^{1,2,3}Kh. Kh. Sharafetdinov,
¹O.A. Plotnikova, ¹V.V. Pilipenko, ¹R.I. Alekseeva, ¹A.N. Sasunova,
¹A.A. Kochetkova, ¹V.M. Vorobyova

¹FCCI FITS Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russian Federation

²FGBOU DPO Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russian Federation

³FGAOU IN «First Moscow Medical University named after IM. Sechenov» Ministry of Health of Russia (Sechenovskiy University), Moscow, Russian Federation

SPECIALIZED FOODS FOR PATIENTS WITH DIABETIC NEPHROPATHY

Abstract. The article presents modern approaches to dietary support of patients with diabetic nephropathy, characterized by gradual sclerosis of renal tissue, leading to loss of filtration and nitrogen excretion function

of the kidneys. One of the ways to optimize the nutrition of patients with diabetic nephropathy is the development of specialized foods optimized composition. The analysis of scientific and technical literature on the role of food and biologically active substances in the development and progression of chronic renal failure in patients with type 2 diabetes. Medical and biological requirements for the creation of specialized food products for patients with diabetic nephropathy have been developed. In accordance with the medical and biological requirements for specialized food products for patients with diabetic nephropathy, the composition of the product is justified, including sources of protein, carbohydrates, mono- and polyunsaturated fatty acids, dietary fibers having prebiotic action (inulin, fructooligosaccharides, Polydextrose, pectin), fat- and water-soluble vitamins, plant extracts containing biologically active substances having antioxidant properties. The most optimal method is a multi-stage mixing of powdered ingredients, providing a uniform distribution of micronutrients in the bulk of the food and their guaranteed content in the portion of the finished product. The inclusion of specialized foods in the diet of patients with diabetic nephropathy will modify its chemical structure in order to improve glycemic and metabolic control, slow the progression of chronic renal failure, improve the quality of life of patients.

Keywords: diabetic nephropathy, low protein diets, type 2 diabetes

Введение. Сахарный диабет (СД) 2 типа является одной из важнейших проблем здравоохранения в большинстве экономически развитых стран, что связано с широкой распространенностью заболевания, развитием сосудистых осложнений и значительными финансовыми затратами на оказание медико-социальной помощи больным [1, 2].

В настоящее время в мире насчитывается 415 млн. больных СД в возрасте 20–79 лет, из которых 85–95 % составляют пациенты с СД 2 типа. Согласно прогнозам Международной диабетической федерации, к 2040 г. общая численность больных СД увеличится на 54,7 % и составит 642 млн. человек [1]. Среди взрослого населения Российской Федерации распространенность СД 2 типа оценивается на уровне 5,4 %, при этом фактическая численность пациентов с СД в России составляет не менее 8–9 млн. человек [3].

Среди системных сосудистых осложнений важное место занимает диабетическая нефропатия (ДН) — специфическое поражение почек, характеризующееся постепенным склерозированием почечной ткани (преимущественно почечных клубочков), приводящей к потере фильтрационной и азотовыделительной функции почек. Данная патология является основной причиной инвалидизации и смертности больных СД. В последние годы вместо ДН часто используется термин «диабетическая болезнь почек» (ДБП).

Ранняя диагностика ДБП основывается на применении системного мультидисциплинарного подхода, в основе которого комплексное изучение патогенеза ДН, исследование взаимосвязи поражения почек с метаболическими нарушениями у пациентов СД, оценка факторов риска, таких как системная артериальная гипертензия, ишемия почек, вторичный фокально-сегментарный гломерулосклероз, иммунные гломерулопатии и др. [4].

Основой лечения ДБП является комплексная терапия, которая направлена на основные патогенетические механизмы, факторы риска развития и прогрессирования ДН: достижение оптимального гликемического контроля, решение вопросов нефро- и кардиопротекции, начиная со стадии микроальбуминурии вне зависимости от наличия АГ, целевой контроль АД, ограничение потребления белка и хлорида натрия, коррекция избыточной массы тела, дислипидемии, анемии, гиперкалиемии, нарушений фосфорно-кальциевого обмена.

Несмотря на существование клинических рекомендаций по питанию для пациентов с ДН, они достаточно сложно выполнимы в современных условиях, так как с одной стороны, трудно определить адекватный уровень потребления белка для каждого конкретного пациента, страдающего ДБП. С другой стороны имеет место слабая мотивация пациентов на необходимость изменения образа жизни с постоянным и длительным соблюдением диетического рациона с контролируемым содержанием белка и ограничением поваренной соли. Выбор специализированных пищевых продуктов (СПП) для больных с ДН крайне ограничен, особенно это касается пищевых продуктов, модифицированных по количеству и качественному составу белка. Нарушения пищевого и метаболического статуса у больных с ДН определяют необходимость оптимизации и персонализации лечебного питания с целью повышения эффективности комплексной терапии, замедления развития хронической почечной недостаточности (ХПН) и улучшения качества жизни пациентов. Одним из путей оптимизации питания больных с ДН является разработка СПП,

модифицированных по белковому, жировому и углеводному составу, с включением в их состав пищевых ингредиентов, обладающих гипогликемическим, гиполипидемическим и антиоксидантным действием [5].

Целью настоящего исследования была разработка научно обоснованных требований к созданию СПП, модифицированных по белковому, жировому и углеводному составу, для пациентов с ДН.

Материал и методы. Для реализации поставленной цели проведен контент-анализ цитируемых публикаций, расположенных на серверах PubMed, Web of Knowledge и CochraneDatabase. Объектами исследования служили систематические обзоры, метаанализы, рандомизированные контролируемые исследования и монографии по оценке влияния пищевых и биологически активных веществ на показатели гликемического и метаболического контроля, скорость клубочковой фильтрации (СКФ), прогрессирование ХПН у больных с ДН. Всего по теме исследования проанализировано 200 библиографических источников.

Обоснован ингредиентный состав и способ получения СПП, определяемый структурой пищевой матрицы, соотношением ингредиентов в рецептуре, их возможным взаимодействием в зависимости от гранулометрического состава, сыпучести, адгезии, насыпной плотности, электростатических и других свойств используемых ингредиентов.

Для обеспечения реальной физиологической эффективности СПП и приемлемых органолептических свойств, ингредиенты должны отвечать следующим требованиям:

- ♦ полезные свойства вводимых ингредиентов должны быть научно обоснованы;
- ♦ вводимые пищевые ингредиенты должны использоваться в дозировках, обеспечивающих физиологический эффект;
- ♦ добавляемые ингредиенты должны быть безопасными и стабильными в процессе хранения;
- ♦ каждый пищевой ингредиент должен иметь точные физико-химические характеристики, достоверно определяемые с помощью специальных методов анализа.

Результаты и обсуждение. Анализ публикаций отечественных и зарубежных авторов, касающихся влияния рационов с высоким или низким содержанием белка на функцию почек, внутривисцеральную гемодинамику, скорость развития склероза и др., свидетельствует о замедлении прогрессирования склеротического процесса в почках и ХПН на фоне применения низкобелковой диеты [6]. KDOQI (2007) Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations for Diabetes and Chronic Kidney Disease определяет целевой уровень потребления белка у лиц с диабетом и ХБП 1–4-й стадий на уровне 0,8 г/кг/сут. [7]. Высокий уровень потребления белка (>20 % белка от энергоценности рациона или >1,3 г/кг/день) ассоциируется с увеличением альбуминурии, более быстрой потерей почечной функции и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний. Ограничение белка в диете до 0,6 г/кг/сутки может способствовать замедлению прогрессирования ХБП у части пациентов с ДН [8]. Однако при этом методе лечения ДН необходимо обязательно учитывать многообразие и индивидуальные особенности клинического течения заболевания. Важнейшим условием для успешного использования низкобелковой диеты следует рассматривать достижение и поддержание стойкой компенсации углеводного обмена, коррекцию метаболических нарушений и артериальной гипертензии. При использовании в комплексе лечения больных с ДН низкобелковой диеты следует осуществлять систематический контроль за уровнем альбумина, кальция, фосфора, калия в плазме, абсолютным количеством лимфоцитов и эритроцитов в периферической крови, суточной экскрецией мочевины, массой тела.

Обобщение результатов многочисленных исследований по оценке влияния пищевых и биологически активных веществ на показатели гликемического контроля, скорость клубочковой фильтрации, прогрессирование ХПН у больных с ДН позволило сформулировать научно обоснованные требования для разработки СПП, модифицированных по белковому, жировому и углеводному составу. Основными требованиями к созданию СПП для пациентов с ДН является модификация химического состава и энергетической ценности рациона за счет включения в их состав пищевых ингредиентов, позволяющих с позиции доказательной медицины корригировать гипергликемию, гиперлипидемию, АГ, нарушения антиоксидантного статуса в условиях снижения азотвыделительной функции почек у больных СД 2 типа. К таким пищевым ингредиентам относятся:

1) растительные белки, в том числе соевый белок, содержащий изофлавоноиды, позволяющие уменьшить перекисидацию липидов и гипергомоцистеинемию. При разработке СПП для больных с ДН важное значение имеет обеспечение сбалансированности белкового состава с включением белков высокой биологической ценности, обладающих легкой усвояемостью. Малобелковые диеты

с добавлением к рациону соевого белка уменьшают степень склерозирования в почках, главным образом, за счет угнетения тирозин-протеинкиназы — мощного склеростимулирующего агента. Содержащиеся в составе соевых белков пептиды обладают свойствами ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента [9]. Включение в малобелковую диету (0,6–0,8–1,0 г белка/кг массы тела/сут) комплекса незаменимых эссенциальных аминокислот и их кетоаналогов приводит к замедлению прогрессирования ХБП [10]. Применение кетокислот позволяет повысить чувствительность к инсулину, уменьшить нарушения липидного профиля, снизить протеинурию, оптимизировать контроль артериального давления и улучшить качество жизни пациентов с ДН [10]. Кроме того, использование в питании комплексов эссенциальных аминокислот и кетокислот снижает риск отрицательного азотистого баланса, который может возникнуть при длительном применении низкобелковой диеты, и улучшает утилизацию белка;

2) модифицированный мальтодекстрин, частично гидролизуемый пищеварительными ферментами, что приводит к замедлению скорости его гидролиза и более медленному поступлению глюкозы в кровь и, как следствие, к уменьшению постпрандиального гликемического ответа [11];

3) фруктоолигосахариды и растворимые пищевые волокна, позволяющие улучшить показатели углеводного и липидного обмена, обусловленные замедлением опорожнения желудка, уменьшением доступности крахмала для пищеварительных ферментов, снижением абсорбции глюкозы и холестерин в тонком кишечнике [12];

4) моно- и полиненасыщенные жирные кислоты омега-3, позволяющие улучшить липидный спектр крови и показатели гемостаза, оказывающие благоприятное влияние на исходы ДН за счет уменьшения воспаления и эндотелиальной дисфункции [13, 14];

5) витамины (группы В, С, Е, А, D, фолиевая кислота, бета-каротин) для улучшения витаминной обеспеченности пациентов с ДН. Дефицит витаминов D, Е, каротиноидов способствует развитию инсулинорезистентности и атеросклеротических изменений сосудов при СД 2 типа, при этом дефицит витамина D ассоциируется с развитием ДН [15];

6) биологически активные вещества (флавоноиды, катехины, куркумин и др.), обладающие противоокислительным и противовоспалительным действием. Возрастающий интерес к использованию высокоактивных природных антиоксидантов для лечения и профилактики СД 2 типа определяется результатами исследований, демонстрирующими их благоприятные эффекты на моделях ДН. Так, при использовании экспериментальной модели стрептозотоцин-индуцированной ДН установлен защитный эффект эпигаллокатехин-галлата, относящегося к флавоноидам зеленого чая [5]. Показано, что кратковременное добавление куркумы к пище оказывает положительные эффекты на протеинурию, уровень трансформирующего фактора роста- β , фактор некроза опухоли- α и интерлейкин-8 у пациентов с ДН и может применяться как безопасная адъювантная терапия у этих пациентов [16].

Включение разрабатываемых СПП, оптимизированных по белковому, жировому и углеводному составу, в диету больных СД 2 типа с ДН позволит модифицировать химический состав диетического рациона с целью улучшения гликемического и метаболического контроля, замедления прогрессирования ХБП, улучшения качества жизни пациентов.

Технология производства таких продуктов достаточно сложна, поскольку они представляют собой многокомпонентные смеси, в состав которых наряду с основными рецептурными компонентами (источниками белков, жиров, углеводов), входят макро- и микроэлементы, витамины, другие минорные биологически активные вещества. Поэтому основной технологической задачей является получение продукта в виде гомогенной смеси, в которой равномерно распределены все рецептурные компоненты, что позволяет обеспечить поступление в организм необходимых в рекомендуемом количестве нутриентов с одной-двумя порциями готового напитка.

Существующие технологии внесения микродобавок в пищевые продукты базируются, в основном, на процессе смешивания микронутриентов с пищевым носителем. Поскольку микронутриенты являются минорными компонентами рецептуры, основной проблемой становится обеспечение их равномерного распределения по массе обогащаемого продукта.

При производстве продуктов в порошкообразной форме в основном используются следующие технологические схемы: смешивание компонентов в жидком виде с последующей сушкой; сухое смешивание компонентов; комбинированный способ. Принципиальное отличие этих технологических схем заключается в том, что в первом случае все компоненты используются в жидкой форме, для чего водорастворимые компоненты растворяются, а жировые эмульгируются. Полученная смесь затем подвергается сушке. Вторая схема предполагает смешивание компонентов в сухом виде в не-

обходимых пропорциях. В соответствии с комбинированным способом часть компонентов смешивается в растворенном виде, подвергается сушке и затем к ней добавляются минорные (как правило, лабильные) порошкообразные ингредиенты.

Поскольку все рецептурные компоненты присутствуют на рынке в порошкообразной форме (в том числе источники моно- и полиненасыщенных жирных кислот), для производства СПП целесообразно применять технологию, основанную на сухом смешивании пищевых ингредиентов. При использовании этой технологии основными критериями качества готовой продукции являются однородность смеси, равномерность распределения и сохранность минорных ингредиентов, безопасность, соответствие пищевой ценности медико-биологическим требованиям.

Заключение. Проведенный анализ научно-технической литературы свидетельствует, что в программе комплексного лечения ДН наряду с медикаментозной терапией важное место занимает лечебное питание, направленное на удовлетворение потребности конкретного пациента в энергии, эссенциальных макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах с учетом патогенеза болезни, особенностей течения основного и сопутствующих заболеваний, выраженности метаболических нарушений. В достижении этих целей важную роль играют СПП диетического лечебного и диетического профилактического питания. В соответствии с медико-биологическими требованиями к СПП для больных с ДН обоснован состав продукта, включающий источники белка, углеводов, моно- и полиненасыщенных жирных кислот, пищевые волокна, обладающие пребиотическим действием (инулин, фруктоолигосахариды, полидекстроза, пектин), жиро- и водорастворимые витамины, растительные экстракты, содержащие биологически активные вещества, обладающие антиоксидантными свойствами. Проведен анализ существующих технологий производства СПП. Наиболее оптимальным является способ многоступенчатого смешивания порошкообразных ингредиентов, обеспечивающий равномерное распределение микронутриентов в основной пищевой массе и их гарантированное содержание в порции готового продукта.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. / И.И. Дедов [и др.] // Сахарный диабет. — 2017. — Т.20, №1S. — С. 1–121.
2. Аметов, А.С. Сахарный диабет 2 типа. Проблемы и решения / А.С. Аметов. — Изд. 2-е. М. : GEOTAR-Медиа, 2013. — 1032 с.
3. Распространенность сахарного диабета 2 типа у взрослого населения России (исследование NATION) / И. И. Дедов [и др.] // Сахарный диабет. — 2016. — Т.19, №2. — С. 104–112.
4. Аметов, А.С. Сахарный диабет 2 типа. Проблемы и решения / А.С. Аметов. — Изд. 3-е. М.: GEOTAR-Медиа, 2017. — Т.7. — 240 с.
5. Растительные источники фитонутриентов для специализированных пищевых продуктов антидиабетического действия : монография / В.А. Тутельян [и др.]. — М.: Библио-Глобус, 2016. — 420 с.
6. Ritz E. Clinical manifestations and natural history of diabetic kidney disease. / E. Ritz // Med. Clin. North Am. — 2013. Vol. 97, N1. — P. 19–29.
7. KDOQI (2007) Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations for Diabetes and Chronic Kidney Disease. http://www.kidney.org/professionals/KDOQI/guideline_diabetes/ex_summary.htm.
8. American Diabetic Association. Microvascular complications and foot care: Standards of medical care in diabetes — 2018 // Diabetes Care. — 2018. — Vol. 41 (Suppl.1). — P. S105–S118.
9. Эффективность влияния малобелковых диет с применением Кетостерила и соевого изолята на течение экспериментальной почечной недостаточности / А.В.Смирнов [и др.] // Нефрология и диализ. — 2006. — Т.8, №4. — С.344–350.
10. Диабетическая нефропатия и лечебное питание / Д.Д. Иванов // Почка. — 2012. — №2. — С. 44–46.

11. Специализированные пищевые продукты с модифицированным углеводным профилем в коррекции метаболических нарушений при сахарном диабете 2 типа. / X.X. Шарафетдинов [и др.] // Вопросы питания. — 2017. — Т. 86, №6. — С. 56–63.
12. Приоритеты в разработке специализированных пищевых продуктов оптимизированного состава для больных сахарным диабетом 2 типа / В.А. Тутельян [и др.] // Вопросы питания. — 2014. — Т. 83, №6. — С. 41–51.
13. Dietary Approaches in the Management of Diabetic Patients with Kidney Disease / G.J. Ko, K. Kalantar-Zadeh, J. Goldstein-Fuchs, C.M. Rhee // *Nutrients*. — 2017. — Vol.9. — P. 824.
14. Effects of polyunsaturated fatty acid consumption in diabetic nephropathy / H. Shapiro, M. Theilla, J. Attal-Singer, P. Singer // *Nat. Rev. Nephrol.* — 2011. — Vol.7. — P. 110–121.
15. Li D. The association between vitamin D deficiency and diabetic nephropathy in type 2 diabetic patients / D. Li [et al.] // *Zhonghua Nei Ke Za Zhi.* — 2013. — Vol. 52, N 11. — P. 970–974.
16. Miranda-Dhaz A.G. Oxidative Stress in Diabetic Nephropathy with Early Chronic Kidney Disease // A.G. Miranda-Dhaz [et al.] // *J Diabetes Res.* — 2016; 2016: 7047238.

УДК 616.24-002.5-083.2

Поступила в редакцию 21.06.2019

В.П. Карагодин, д.б.н., профессор; О.В. Юрина, к.т.н.*ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», г. Москва,
Российская Федерация***ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПИЩЕВЫЕ
ПРОДУКТЫ — ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Аннотация. Рассмотрены перспективы и сложности использования функциональных и специализированных пищевых продуктов в оздоровительных целях. Предложена трехстадийная модель разработки и внедрения функциональных пищевых продуктов в потребление населением. Представлены данные последних лет, полученные на экспериментальных животных и в клинических исследованиях, характеризующие применение функциональных пищевых продуктов и БАД для профилактики и терапии сердечно-сосудистых заболеваний. Однако остаются неясными и слабоизученными не только механизмы наблюдаемых эффектов, но также и их зависимость от доз и длительности потребления функционального питания. В этой связи определенные надежды связываются с совершенствованием и использованием БАД.

Ключевые слова: функциональные пищевые продукты, специализированная пищевая продукция, биологически активные добавки к пище, оздоровительная эффективность, сердечно-сосудистые заболевания, персонализированная медицина

V. P. Karagodin, O. V. Yurina*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia***FUNCTIONAL AND SPECIALIZED FOODS — PROBLEMS AND PROSPECTS**

Abstract. Both the prospects and the complexity of the use of functional and specialized foods for health purposes are discussed. A three-stage model of the development and introduction of functional products into consumption by the population is proposed. The recent year data, obtained including in experimental animals and human clinical trials, on the prevention and treatment of cardiovascular diseases with functional foods, dietary supplements or their individual components are presented. However, many things remain unclear not only in the mechanisms of the observed effects, but also in their dependence on the dose and duration of exposure. Certain expectations are associated with the latest advances and use of dietary supplements.

Keywords: functional foods, specialized foods, dietary supplements, health-improving efficacy, cardiovascular diseases, personalized medicine

Органами исполнительной власти России утвержден паспорт приоритетного проекта «Формирование здорового образа жизни», а Президентом РФ поставлена задача увеличения средней продолжительности жизни до 80 лет и выше к 2030 году. Общеизвестно, что значимый вклад в решение этих задач может внести изменение структуры питания населения. В частности, такое изменение может быть достигнуто за счет использования нелекарственных оздоровительных средств, в том числе — продуктов специального назначения (ПСН).

Эта категория пищевой продукции весьма разнообразна, но наиболее важны с точки зрения влияния на сохранение здоровья т.н. функциональные пищевые продукты (ФПП). Их особенность — экспериментально подтвержденное направленное действие на профилактику и терапию конкретных патологических состояний человека.

В этом случае преследуются цели как социально-политические (улучшения здоровья нации), так и экономические, а именно:

- ♦ сокращение государственных расходов на лекарственное обеспечение населения на счет использования нелекарственных оздоровительных средств;

- ♦ снижение заболеваемости за счет профилактики и соответствующих расходов на лечение заболевших;
- ♦ экономия средств на оплату бюллетеней заболевших.

В настоящее время относительно успешно реализуется парадигма «производство и потребление ФПП в оздоровительных целях» только в Японии, остальные развитые страны много изучают ФПП и публикуются в рамках соответствующей тематики, включая поиск причин инертности населения к этой продукции, но до Японии все далеко. Это относится и к ситуации в России. Фактически нерешенной проблемой является то, что так и не создана модель, подталкивающая людей к профилактике заболеваний и вспомогательной терапии с помощью такого инструмента, как ФПП.

Вышеуказанные особенности ФПП (экспериментально подтвержденное направленное действие на профилактику и терапию конкретных патологических состояний человека) указывают на необходимость реализации многодисциплинарного подхода к созданию модели их более активного применения в целях оздоровления и долголетия. Вкратце такой подход можно представить как трехстадийную процедуру следующим образом: определение целевого потребительского сегмента, то есть рынка ФПП - диагностика состояния здоровья желающих не стать хроническими больными — предложение им ФПП, предварительно оцененных на эффективность. То есть проект реализуется в рамках концепции т.н. персонализированной медицины. Опишем более подробно отдельные стадии (этапы) функционирования модели.

Этап 1 — анализ российского рынка ФПП и причин его современного состояния. В России наблюдается неразбериха в терминологии ПСН (ФПП, обогащенные ПП, натуральные ПП, пробиотики, БАДы и т.п.), несмотря на наличие нормативной документации, включая Технические Регламенты ТС. Следует указать и на жесткие требования пищевого и рекламного законодательства к информации об оздоровительных свойствах этой продукции, включая маркировку и этикетирование.

Остальные причины, затрудняющие развитие рынка:

- ♦ огромное количество разработчиков и разработок ПСН и ФПП (НИИ, ВУЗы, коммерческие структуры), причем жизненный цикл новых ФПП заканчивается практически сразу после их создания и утверждения нормативных документов. Подтверждение разработчиками эффективности ФПП, как правило, некорректное или вообще отсутствует;
- ♦ слабый интерес к сбыту ФПП у большинства предприятий оптовой и розничной российской торговли (причина — низкий спрос);
- ♦ потребители характеризуются отсутствием информированности о полезности ПСН (ФПП) для здоровья, наличии сомнений (чаще всего — оправданных) в их лечебно-профилактической эффективности, а также отсутствием стимулов и желания к ранней диагностике состояния здоровья. Как результат — крайне низкое среднестатистическое потребление ФПП в РФ по сравнению с Западной Европой (0,5 кг ФПП и около 4,0 кг соответственно);
- ♦ отставание пищевого законодательства от потребностей рынка — до сих пор непонятно, как известить потребителя ПСН (особенно ФПП) об эффективности продукта.

Наконец, информация о состоянии и перспективах развития российского рынка ФПП, включая выявление целевого сегмента, практически отсутствует.

За рубежом дело обстоит существенно по-другому. Например, в статье [1] представлена не только сегментация этого рынка в США, но и предпочитаемая товарная форма ФПП, каналы продаж и т.д. и т.п. Аналогичных публикаций — масса. Все это способствует более активному продвижению ФПП.

Этап 2 — ранняя диагностика проблем со здоровьем. Диагностика здоровья (доклинические признаки патологий, генодиагностика предрасположенности к патологиям) и/или диагностика долголетия (биомаркеры старения, определение биологического возраста и т.п.) развита в мире и в России достаточно хорошо, и этим инструментом следует просто воспользоваться.

Этап 3 — обеспечение сохранения (укрепления) здоровья за счет потребления эффективных ФПП. С учетом результатов, полученных на Этапе 2, представляются рекомендации (физическим лицам) по корректировке здоровья (или активному долголетию) с помощью эффективных ФПП и способам приобретения необходимых ФПП. Для этого на постоянной основе проводится биотестирование ФПП с целью подтверждения их эффективности, специфической по отношению к конкретным патологиям. Используются как простые, так и достаточно сложные методы биотестирования ФПП на эффективность (на культуре клеток человека), результаты которых коррелируют с данными клинических исследований, наряду с результатами добровольной сертификации ФПП (изучение протоколов испытаний ФПП, представленных производителем). Эти ФПП нужны именно тем людям,

у которых методами диагностики (в том числе генетической) обнаружено приближение конкретных проблем, связанных с их здоровьем (долголетием). Именно так осуществляется состыковка спроса и предложения в рамках персонализированной медицины. В настоящее время относительно простые методы биотестирования пищевых продуктов и их ингредиентов (на таких объектах, как простейшие животные, клеточные культуры млекопитающих) успешно развиваются.

С сожалением приходится констатировать, что в этой достаточно логичной цепочке событий, ведущей к поставленной цели, самым слабым звеном оказались именно ФПП. Действительно, еще в 2005 году был утвержден ГОСТ Р 52349 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения» последующим уточняющим и расширяющим это понятие созданием еще целой серии ГОСТов, вплоть до ГОСТ Р 55577-2013 «Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности». Но ни в розничной продовольственной торговле, ни на престижных международных выставках типа ПРОЭКСПО практически невозможно найти продукты, этикетированные как «функциональные». Зато много продуктов, претендующих на никак не нормированное «здоровое питание» — фермерских, натуральных, экологических, пробиотических и т.п.

И тут вполне уместно обратиться к зарубежному опыту по использованию ФПП. С одной стороны — это данные статистики о ежегодном росте этого рынка, хотя достоверность этих данных трудно проверяема.

С другой — английская публикация под названием «Functional foods or functionally marketed foods? A critique of, and alternative to, the category of ‘functional foods’» («Функциональные пищевые продукты или функционально маркируемые пищевые продукты? Критика категории «функциональные пищевые продукты» и ее возможные альтернативы») [2]. По мнению автора, исходя из многочисленных определений категории ФПП, провести четкую границу между ними и «нефункциональными пищевыми продуктами» попросту невозможно. Показательны и названия других разделов этой статьи: способен ли пищевой продукт быть функциональным; сконструированные из нутриентов пищевые продукты; зачем уходить от основных питательных функций; размытие границ между обработанными и натуральными продуктами, а также между пищей и лекарством. По мнению автора, подавляющая часть ФПП является результатом существенной технологической переработки, что делает их менее натуральными и «здоровыми». Сомнительным представляется и наделение ФПП свойствами лекарств.

Аналогичную позицию занимает американец Д. Каплан в статье «What’s Wrong with Functional Foods?» (Что не так с ФПП?), University of North Texas [3]. В частности, он считает, что полезность ФПП для здоровья преувеличена, а иногда и вообще отсутствует, остаются вопросы по их эффективности; декларируемые медико-биологические свойства ФПП размывают границы между пищевыми продуктами и лекарствами; сбыт ФПП стимулируется пищевой индустрией, а не медициной, поэтому развитие рынка ФПП часто оказывается более выгодным для производителей, чем для потребителей ФПП.

Как иллюстрация к некоторым из этих умозаключений рассмотрим попытки коррекции патологий с помощью ФПП на примере сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Действительно, для ранней профилактики и ингибирования атерогенеза представляется целесообразным применение ФПП, поскольку многие из них не оказывают побочного действия при достаточной эффективности и привлекательны по ценовой доступности, что обеспечивает возможность длительного или даже пожизненного применения [4, 5].

Антиатеросклеротическое действие ФПП на основе томатов принято связывать с содержащимся в них ликопеном, для которого показана зависимость эффект-доза [6]. В обзоре [7] систематизированы данные клинических исследований по таким косвенным эффектам ФПП, как снижение веса и кровяного давления, нормализация обмена глюкозы и липидов, улучшение функционирования эндотелия, а также антиокислительное и противовоспалительное действие. Однако в ряде испытаний не была подтверждена достоверность антитромботического действия ФПП на основе томатов. Указывается на зависимость кардиозащитных эффектов томатов от способов их кулинарной обработки [8] и неопределенности данных о полезности диет с высоким содержанием томатов.

Как и следовало ожидать, другими ФПП, привлекающими внимание кардиологов, явилась рыбная продукция как источник полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) Омега-3, защищающих от ССЗ. Однако оригинальное популяционное исследование, проведенное в течение 7 лет [9], вступило в противоречие с этой точкой зрения. Действительно, потребление жирной рыбы или ФПП на основе рыбьего жира не приводило к изменению формирования атеросклеротических бляшек, кон-

тролируемых с помощью УЗИ сонных артерий. В то же время потребление тощей рыбы снижало вероятность развития атеросклеротических бляшек, что указывает, по мнению авторов, на существование молекулярных механизмов, не связанных с действием ПНЖК Омега-3. Возможно, эти эффекты обусловлены содержащимися в рыбе пептидами и такими аминокислотами, как таурин и глицин [10, 11].

Помимо этого, полезность ПНЖК Омега3 может снижаться при кулинарной (термической) обработке рыбы как сырья для получения ФПП [12, 13].

Подробное исследование еще одного продукта (брусники) на кардиометаболические процессы описано в работе [14]. В частности, авторами представлены данные по влиянию потребления брусники на липидный профиль сыворотки крови, артериальное давление, функции эндотелия, глюкорегулирование и разнообразные маркеры воспаления и окислительного стресса. Обнаруженные эффекты были обусловлены, как правило, полифенолами. Это подтверждено в большой серии экспериментов на клеточных моделях, лабораторных животных и добровольцах на уровне прямых и косвенных взаимодействий, в том числе с участием микробиоты. Тем не менее, указывается и на возможную синергию полифенолов с фенольными кислотами, изопреноидами, олигосахаридами и некоторыми другими соединениями. Однако авторы отмечают, что однозначная интерпретация полученных результатов затруднена различиями в товарной форме ФПП (соки, экстракты или высушенные ягоды), величиной используемых доз и длительностью их применения, а также характеристиками популяций.

В самое последнее время опубликованы результаты изучения антиатеросклеротического действия кизила (*Cornelian cherry*), в котором в качестве активного начала ягоды также рассматриваются полифенолы [15]. В работе обнаружено выраженное действие, сопоставимое со статинами, кизила на липидо-углеводный обмен, тромбоцитарную активность, содержание суммарного холестерина и липопротеидов низкой плотности в крови, маркеры воспаления и окислительного стресса. Однако, как и предыдущей работе, авторы вынуждены указать на недостаточные стандартизацию использованных препаратов и длительность наблюдений при клинических испытаниях.

Наконец, следует упомянуть еще одну статью, в которой акцент делается на полифенолы, но другого пищевого продукта — оливкового масла [16]. Достоинством этого обзора является тщательное рассмотрение молекулярных и клеточных эффектов полифенолов, а также токоферолов и ПНЖК. Важнейшим из них является предотвращение дисфункции эндотелия в результате окислительного стресса. В частности, утверждается, что биологически активные вещества оливкового масла ослабляют окислительный стресс и улучшают функционирование эндотелия за счет противовоспалительного, антиокислительного и антитромботического действия.

Как известно, концепция «функциональное питание» развивается с начала 80-х годов, поэтому неудивительно, что определение категории соответствующей продукции претерпело неоднократные изменения. Одним из последних определений ФПП является следующее: “Natural or processed foods that contains known or unknown biologically-active compounds; which, in defined, effective non-toxic amounts, provide a clinically proven and documented health benefit for the prevention, management, or treatment of chronic disease” [17]. Таким образом, ФПП могут быть как натуральными, так и переработанными, то есть специально сконструированными. Более того, в ряде стран к ФПП относят также БАДы в форме таблеток или капсул. Способы получения переработанных ФПП подробно описаны в [18] и включают такие технологии, как микроинкапсулирование, суперкритическое экстрагирование и т.п.

Обращает на себя внимание такой феномен, что влияние полученных переработкой ФПП [19] на ССЗ изучено меньшей степени, чем действие натуральных ФПП. Более того, в обзоре [20] подвергается сомнению целесообразность введения в состав пищевых продуктов фитостерина для борьбы с гиперхолестеринемией, что подтверждено не только исследованиями на животных, но и клиническими испытаниями.

Тем не менее, с помощью ФПП, являющегося желтком куриных яиц, конъюгированного с линолевой кислотой и потребляемого экспериментальными животными, были достигнуты такие результаты, как снижение содержания холестерина в крови, противовоспалительное и антиатерогенное действие, благоприятное влияние на состав холестеринных бляшек [21].

Похожие данные (влияние на липидный профиль, гистологические признаки, толщину интимомедиального слоя и т.п.) были получены при использовании экстрактов из листьев *Mallotus furetianus* в течении 9 недель использования их при кормлении крыс [22].

Как известно, биологически активные добавки к пище (БАД) часто рассматриваются как аналоги ФПП по отношению к оздоровительным эффектам. Однако экспериментальных данных, подтвер-

ждающих влияние БАД на атеросклероз, опубликовано относительно немного. В этой связи следует отметить наиболее полное описание пролонгированного антиатеросклеротического действия БАД на основе порошкообразного чеснока, зарегистрированного под названием Алликор [23]. В указанной статье рассмотрены как не прямые эффекты Алликора как на факторы риска, так и прямое действие этой БАД на сосудистую стенку. Более того, приведены результаты двухлетнего клинического исследования, которые демонстрируют достоверную эффективность Алликора в отношении процессов атерогенеза. Близкими по составу БАД, обнаружившими способность ингибировать накопление липопротеидов в сосудистой стенке, являются Инфламинат и Каринат [24].

Что же касается ситуации с ФПП в России, то к вышеупомянутым проблемам добавляются такие, как до сих пор неурегулированная процедура подтверждения эффективности (ясно, что только биотестированием здесь не обойтись), а также сложности с определением дозировок и длительности потребления этой продукции. И очевидно, что в обозримом будущем эти трудности мало преодолимы.

Какой же инструмент применять в таком случае для корректировки нутритивного статуса человека, если таковое вмешательство требуется?

Если «спасать» категорию ФПП, в которую столько труда вложено как у нас, так и за рубежом, то наиболее разумными представляются следующие действия.

Власть (государство) и прикладная наука:

Совершенствование нормативно-правовых документов по ФПП, особенно в отношении подтверждения эффективности. Возможно, в направлении развития системы добровольной сертификации на эффективность.

Государственный проект по ЗОЖ — уточнить, почему «обойдены» ФПП?

Стимулировать образовательные программы, информирующие население об особенностях ФПП и их влиянии на здоровье.

Рекомендовать СМИ, особенно ТВ — уделять больше внимание ФПП.

Разработать предложения по обоснованию норм потребления ФПП с учетом закономерностей «доза — эффект».

Не финансировать разработку новых ФПП, пока неясна рыночная судьба существующих.

Бизнес, задачи:

Создать отраслевое объединение (союз, ассоциацию), способствующее решению общих проблем производителей и торговцев ФПП.

Но наиболее простое решение — обратить внимание на взаимозаменяемость ФПП с БАД, существенно дискредитированными в последние годы в связи с мошенничеством ряда операторов этого рынка. Как бы ни был сложен вопрос с подтверждением эффективности БАД-парафармацевтиков, проблеме корректировки нутритивного статуса человека они, несомненно, решить способны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kolady, D.E. Awareness and use of probiotics among the millennials in the United States: Drivers and implications [Text] / D.E. Kolady, K. Kattelmann, C. Vukovich, J. Scaria // *Functional Foods in Health and Disease*. — 2018. — № 8(10). — P. 505–518.
2. Scrinis, G. Functional foods or functionally marketed foods? A critique of, and alternative to, the category of 'functional foods' [Text] / G. Scrinis // *Public Health Nutrition*. — 2008. — № 11(5). — P. 541–545.
3. Kaplan, D. What's Wrong with Functional Foods? [Text] / D. Kaplan // *Journal of Philosophical Research*. — 2007. — № 32. — P. 177–187.
4. Kirichenko, T.V. Phytotherapy for the Prevention of Atherosclerosis-Associated Early Cerebral Ischemia [Text] / T.V. Kirichenko, V.A. Myasoedova, I.A. Sobenin, A.N. Orekhov // *Curr. Drug Metab.* — 2018. — № 19(5). — P. 408–413.
5. Orekhov, A.N. Editorial: Conventional, Traditional and Alternative Therapies for Cardiovascular Disorders. Part 3: Alternative Therapy [Text] / A.N. Orekhov, E.A. Ivanova // *Curr. Pharm. Des.* — 2017. — № 23(8). — P. 1133–1134.
6. Mordente, A. Lycopene and cardiovascular diseases: an update [Text] / A. Mordente, B. Guantario, E. Meucci, A. Silvestrini, E. Lombardi, G. E. Martorana, B. Giardina, V. Böhm // *Curr. Med. Chem.* — 2011. — № 18. — P. 1146–1163.
7. Yanai, H. The anti-atherosclerotic effects of tomatoes [Text] / H. Yanai, H. Adachi, A. Kawaguchi, M. Hakoshima, Y. Waragai, T. Harigae, Y. Masui, K. Kakuta, H. Hamasaki, H. Katsuyama, A. Sako // *Functional Foods in Health and Disease*. — 2017. — № 7(6). — P. 411–428.

8. Valderas-Martinez, P. Tomato Sauce Enriched with Olive Oil Exerts Greater Effects on Cardiovascular Disease Risk Factors than Raw Tomato and Tomato Sauce: A Randomized Trial [Text] / P. Valderas-Martinez, G. Chiva-Blanch, R. Casas, S. Arranz, M. Martínez-Huélamo, M. UrpiSarda, X. Torrado, D. Corella, R. M. Lamuela-Raventós, R. Estruch // *Nutrients*. – 2016. – № 8. – P. 170.
9. Johnsen, S.H. Fish consumption, fish oil supplements and risk of atherosclerosis in the Tromsø study [Text] / S.H. Johnsen, B.K. Jacobsen, S.K. Brækkan, J.Hansen, E.B. Mathiesen // *Nutrition Journal*. – 2018. – № 17. – P. 56.
10. Jensen, I. Dietary intake of cod and scallop reduces atherosclerotic burden in female apolipoprotein E deficient mice fed a western-type high fat diet for 13 weeks[Text] / I. Jensen, M. Walquist, B. Liaset, E. O. Elvevoll, K. Eilertsen // *Nutr. Metab.* – 2016. – № 13. – P. 8.
11. Tørris, C. Lean fish consumption is associated with lower risk of metabolic syndrome: a Norwegian cross sectional study [Text] / C. Tørris, M. Molin, M.S. Cvancarova // *BMC Public Health*. – 2016. – № 16. – P. 347.
12. Candela, M. Deep-fat frying modifies high-fat fish lipid fraction [Text] / M. Candela, I. Astiasaran, J. Bello // *J. Agric. Food Chem.* – 1998. – № 46. – P. 2793–2796.
13. Mozaffarian, D. Cardiac benefits of fish consumption may depend on the type of fish meal consumed: the cardiovascular health study[Text] / D. Mozaffarian, R.N. Lemaitre, L.H. Kuller, G.L. Burke, R.P. Tracy, D.S. Siscovick // *Circulation*. – 2003. – № 107. – P. 1372–1377.
14. Blumberg, J.B. Impact of Cranberries on Gut Microbiota and Cardiometabolic Health: Proceedings of the Cranberry Health Research Conference [Text] / J.B. Blumberg, A.B. Christian, G. Krueger, M.A. Lila, C.C. Neto, J.A. Novotny, J.D. Reed, A. Rodriguez-Mateos, C.D. Toner // *Advances in Nutrition*. – 2015. – № 7(4). – P. 759S–770S.
15. Lietava, J. Effects of Cornelian Cherry on Atherosclerosis and Its Risk Factors [Text] / J. Lietava, N. Beerova, S.V. Klymenko, E. Panghyova, I. Varga, O. Pechanova // *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. – 2019. – № 3. – P. 1475–1483.
16. Summerhill, V. Vasculoprotective Role of Olive Oil Compounds via Modulation of Oxidative Stress in Atherosclerosis [Text] / V. Summerhill, V. Karagodin, A. Grechko, V. Myasoedova, A. Orekhov // *Front. Cardiovasc. Med.* – 2018. – № 21(5). – P. 188.
17. Martirosyan, D. M. A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique? [Text] / D. M. Martirosyan, J. Singh // *Functional Foods in Health and Disease*. – 2015. – № 5(6). – P. 209–223.
18. Functional food product development [Text] / edited by J. Smith, E. Charter // A. John Wiley & Sons, Ltd., Publication. – 2010. – 505 p.
19. Scrinis, G. From techno-corporate food to alternative agri-food movements [Text] / G. Scrinis // *Local Global*. – 2007. – № 4. – P. 112–140.
20. Köhler, J. Plant sterol enriched functional food and atherosclerosis [Text] / J. Köhler, D. Teupser, A. Elsässer, O. Weingärtner // *British Journal of Pharmacology*. – 2017. – № 174(11). – P. 1281–1289.
21. Franczyk-Żarów, M. Functional effects of eggs, naturally enriched with conjugated linoleic acid, on the blood lipid profile, development of atherosclerosis and composition of atherosclerotic plaque in apolipoprotein E and low-density lipoprotein receptor double-knockout mice (apoE/LDLR^{-/-}) [Text] / M. Franczyk-Żarów, R.B. Kostogrys, B. Szymczyk, J. Jawień, M. Gajda, T. Cichocki, L. Wojnar, S. Chlopicki, P.M. Pisulewski // *British Journal of Nutrition*. – 2008. – № 99(1). – P. 49–58.
22. Yueli, L. Comparison of anti-atherosclerotic effects of two different extracts from leaves of *Mallotus furetianus* [Text] / L. Yueli, W. Liqun, W. Haitao, L. Lianbo, Y. Xinan // *Asian Pacific journal of tropical medicine*. – 2011. – № 11. – P. 15.
23. Karagodin, V.P. Antiatherosclerotic and Cardioprotective Effects of Time-Released Garlic Powder Pills [Text] / V.P. Karagodin, I.A. Sobenin, A.N. Orekhov // *Current Pharmaceutical Design*. – 2015. – № 22(2). – P. 196–213.
24. Orekhov, A.N. Anti-atherosclerotic Drugs from Natural Products [Text] / A.N. Orekhov // *Nat. Prod. Chem. Res.* – 2015. – № 1. – P. 121.

УДК 579.67(047.31)

Поступила в редакцию 31.07.2019

**Т.В. Амвросьева, д.м.н., профессор; О.Н. Казинец; Н.В. Поклонская, к.б.н.;
С.К. Лозюк; Ю.А. Шилова; Ю.Б. Колтунова**

*Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр эпидемиологии
и микробиологии», г. Минск, Республика Беларусь*

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ВИРУСНОЙ КОНТАМИНАЦИИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ И ОЦЕНКИ ЕЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ

Аннотация. В статье представлены результаты изучения вирусной контаминации пищевой продукции (ПП) с использованием современных технологий и методов для индикации вирусологических рисков здоровью человека. Общая частота вирусного загрязнения исследованных проб ПП (n=403) составила 10,17 %. В перечень обнаруженных вирусных патогенов вошли ротавирусы (1,99 %), норовирусы (4,47 %), кишечных аденовирусы (3,47 %), энтеровирусы (0,25 %). Наибольшее число положительных проб выявлено в овощах (6,2 %), меньше в салатах (1,5 %) и мясных изделиях (1,0 %), в остальных видах ПП частота детекции генетического материала кишечных вирусов колебалась в пределах 0,25–0,5 %. Разработанный алгоритм индикации вирусной контаминации и оценки вирусологической безопасности ПП для здоровья потребителей в ходе апробации в полевых условиях показал свою высокую результативность и эффективность в использовании. Его дальнейшее широкое внедрение в практику будет способствовать профилактике пищевых вирусных инфекций и улучшению эпидемиологического благополучия населения страны в целом.

Ключевые слова: пищевые продукты, вирусы, санитарно-вирусологический контроль, полимеразная цепная реакция

**T.V. Amvrosieva, O.N. Kazinets, N.V. Paklonskaya, S.K. Laziuk, Yu. A. Shilova,
Yu. B. Kaltunova**

The Republican Research and Practical Center for Epidemiology and Microbiology, Minsk, Belarus

MODERN APPROACHES AND METHODS OF SOLVING THE PROBLEM OF STUDYING VIRAL CONTAMINATION OF FOOD PRODUCTS AND EVALUATING ITS HEALTH HAZARDS

Abstract. The article presents the results of food products viral control gained by using modern technologies and methods for indicating epidemiological risks to human health. The overall frequency of viral contamination of the analyzed samples of food products (n = 403) was 10.17 %. Positive samples for rotaviruses (1.99 %), noroviruses (4.47 %), intestinal adenoviruses (3.47 %), and enteroviruses (0.25 %) were detected. The highest number of positive samples was found in vegetables (6.2 %), less in salads (1.5 %) and meat products (1.0 %). In the rest of the analyzed products the frequency of the viral genetic material detection varied from 0.25 % to 0.5 %. The developed algorithm for indicating viral contamination and food virological health safety assessment showed its high effectiveness and efficiency in field testing. Being further introduced, the algorithm will help food infection prevention and improve the epidemiological state of the population as a whole.

Keywords: food products, viruses, sanitary and viral control, polymerase chain reaction

Введение. Безопасность продовольственного сырья и пищевой продукции (ПП) для здоровья населения представляет собой важную проблему общественного здравоохранения. В большинстве стран, где имеются системы отчетности в отношении кишечных вирусных заболеваний, связанных с пищевым фактором, отмечается тенденция их увеличения на протяжении последних пятнадцати лет. Данная проблема приобретает сегодня все большую значимость вследствие усиливающихся торговых и культурных связей между государствами и континентами.

Вирусы, попадающие в организм человека с контаминированной ПП, включают широкий круг патогенов и, в первую очередь, кишечных, таких как норовирусы (NoV), ротавирусы (РВ), энтеровирусы (ЭВ), кишечные аденовирусы (АдВ), астровирусы (АсВ), вирусы гепатита А (ВГА) и Е (ВГЕ). Именно данная группа инфекционных агентов чаще всего ассоциируется с так называемыми пищевыми вирусными инфекциями [1, 2, 3].

Попадая в организм человека алиментарным путем, болезнетворные вирусы могут вызывать развитие широкого спектра инфекционных заболеваний и серьезных патологий. На практике пищевые вирусные инфекции чаще регистрируются как острые гастроэнтериты (ОГЭ) или острые кишечные инфекции (ОКИ). Особое внимание заслуживает рост вспышек вирусных инфекций, ассоциируемых с пищевым путем передачи. Так, согласно информации Центра по контролю за заболеваниями (CDC) из числа зарегистрированных в США в последние годы пищевых вспышек 48 % имели вирусную этиологию [4, 5]. По мировой статистике среди доминирующих возбудителей вирусных вспышек пищевого происхождения первое место занимают NoV. В соответствии с данными европейской системы наблюдений (Food-borne viruses in Europe network) NoV явились этиологической причиной более 85 % вспышек небактериальных ОГЭ [6, 7].

Следует отметить, что одним из важных аспектов контроля безопасности ПП в отношении вирусных патогенов является разработка соответствующей методологии и методов индикации их вирусной контаминации. Имеющиеся в мировой литературе на эту тему данные ограничены и разрознены [2, 3, 7]. Остается открытым ряд вопросов. Среди них наиболее актуальным является выбор репрезентативных контролируемых показателей вирусного загрязнения ПП и их оценка. В этой связи определенный интерес представляет методология индикации и управления вирусологическими рисками.

Выбор адекватных подходов, технологических приемов, схем и алгоритмов исследований, а также критериев оценки степени опасности ПП, контаминированных вирусами с учетом их инфицирующих доз, имеет важное значение для оценки вероятности заражения человека.

Целью настоящей работы была разработка современных технологий и методов контроля вирусной контаминации ПП для индикации вирусологических рисков здоровью человека.

Материалы и методы. За период с мая 2016 г. по апрель 2019 г. из торговой сети и по эпидемиологическим показаниям отобрано и исследовано 403 пробы ПП, которые включали овощи (помидоры, кабачки, морковь, капусту белокачанную, капусту пекинскую, редис, огурцы, баклажаны, перец), ягоды замороженные (черника, брусника), фрукты (хурма, бананы, виноград), зелень (укроп, зеленый лук, салат листовой, петрушка), молочные продукты (йогурт, творог, молоко, сырки творожные, сыр), кулинарные продукты (салаты многокомпонентные), мясные изделия, морепродукты, расфасованные воды.

Пробоподготовку образцов ПП осуществляли в соответствии с ранее разработанной инструкцией по применению [8].

Контроль стадий пробоподготовки проводили с использованием контрольных образцов, представляющих собой псевдовирусные частицы, состоящие из диагностически значимых фрагментов РНК ЭВ или NoV, упакованных в белковую оболочку бактериофага MS2 (РНПЦ ЭМ). Основным свойством этих контрольных образцов является способность имитировать РНК-содержащий безоболочечный вирус и тем самым контролировать все этапы санитарно-вирусологического исследования ПП, начиная с этапа сорбции-элюции, и заканчивая диагностической ПЦР.

Выделение РНК/ДНК вирусных частиц из проб проводили с помощью набора «Рибопреп», производства «Амплисенс» (г.Москва).

Индикацию РНК/ДНК проводили методом ПЦР в режиме реального времени с гибридизационно-флуоресцентной детекцией продуктов реакции.

Постановку реакции обратной транскрипции осуществляли с использованием набора «РЕВЕРТА», производства «Амплисенс» (Россия).

Аmplификацию полученной в реакции обратной транскрипции кДНК осуществляли с использованием тест-систем для выявления NoV II геногруппы методом ПЦР «NoV II-ПЦР» и для выявления ЭВ методом ПЦР «ЭВ-ПЦР», производства РНПЦЭМ (г. Минск).

Выявление ДНК/РНК АдВ группы F, РВ группы А и АсВ проводили с помощью набора «Амплисенс ОКИ скрин-FL».

Постановку ПЦР в реальном времени проводили на амплификаторах RotorGene 3000 и 6000 (Corbett Life Sciences, Австралия) и CFX 96 Real-Time System (Bio-Rad, США).

Для накопления фрагментов генома вируса с целью секвенирования использовали Diamant HF ДНК полимеразу, 2,5x реакционный буфер «HF», содержащий 0,5 мМ смесь дезоксирибонуклеотидов

и 5 мМ раствор $MgCl_2$ (ГНУ «Институт микробиологии НАН Б», Беларусь). Амплификацию осуществляли с применением взятых из литературных источников праймеров и зондов, синтезированных фирмой PrimeTech (Беларусь).

Реакцию секвенирования проводили с помощью набора «GenomLab Dye Terminator Cycle Sequencing with Quick Start Kit» (Beckman coulter, США). Детекцию результатов осуществляли на приборе SEQ 8 000 (Beckman coulter, США), анализ результатов — в MEGA6 [9].

Молекулярное типирование выполняли с помощью программного продукта Norovirus Genotyping Tool Version 1.0, доступного для свободного использования в режиме онлайн по адресу <http://www.rivm.nl/mpf/norovirus/typingtool>, и BLAST, открытого для свободного использования по адресу <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>.

Результаты и обсуждение. Как показывает мировая практика, к наиболее эпидемически значимым ПП в отношении контаминации кишечными вирусами (КВ) относятся морепродукты, овощи, ягоды, фрукты, салаты, зелень. Эти группы ПП наиболее часто контаминируются первичным путем, т.е. в процессе выращивания, а также использовании для полива сточных вод и контаминированных удобрений, что нередко становится причиной вспышек вирусных инфекций [1, 3]. Однако чаще всего имеет место вторичный путь контаминации ПП, который реализуется при их транспортировке, упаковке или через грязные руки вирусоносителей (поваров, раздатчиков, продавцов) [2, 10]. Обычно во время вспышек заболеваемости присоединяется контактно-бытовой путь трансмиссии возбудителей в сочетании с передачей инфекции от человека к человеку или через загрязнение объектов окружающей среды. КВ имеют низкую инфекционную дозу, хорошо выживают во внешней среде, куда выделяются в избытке с фекалиями. Все эти факторы способствуют их широкому распространению в популяции человека и возникновению вспышек кишечных вирусных инфекций, которые происходят чаще в закрытых коллективах, таких как школы, колледжи, учреждения для ухода за детьми, воинские части, дома для престарелых, а также у путешественников на круизных лайнерах, в отелях, лагерях [1, 2, 3]. Несмотря на имеющиеся достижения в области санитарной вирусологии ПП в ряде стран, чаще всего расследование причин пищевых инфекций в очагах проводится исходя из данных классического эпидобследования и результатов диагностических исследований у заболевших пациентов.

В настоящей работе проведены исследования различных групп ПП ($n=403$), отобранных из торговой сети, а также доставляемых в лабораторию по направлениям врачей-эпидемиологов во время регистрации групповой заболеваемости КВИ. Исследовались пробы различной консистенции (жидкие, твердые и полутвердые). Все ПП подвергались пробоподготовке [8], последующая индикация вирусных РНК/ДНК осуществлялась методом ПЦР с гибридационно-флуоресцентной детекцией в режиме реального времени. Данный метод детекции генетического материала вирусов — контаминантов ПП в настоящее время является наиболее чувствительным, позволяющим выявлять единичные вирусные частицы в исследуемых образцах. В перечень детектируемых вирусных патогенов вошли НоВ, ЭВ, РВ, АдВ и АсВ, которые являются наиболее эпидемически значимыми среди КВ с алиментарным путем передачи. Кроме этого, в мясной ПП определяли ВГЕ, учитывая повышенный риск ее контаминации данным возбудителем [7].

Разработанный нами и апробированный на практике алгоритм исследования ПП представлен на рис. 1. Принимая во внимание данные наших предыдущих исследований, в структуре анализируемой ПП преобладали овощи (21,59 %) и салаты (21,84 %) — как пища повышенного риска контаминации [11]. В перечень другой исследуемой ПП вошли ягоды и фрукты (17,12 %), зелень (13,4 %), молочные продукты (12,16 %), мясные изделия (10,17 %), морепродукты (1,99 %), расфасованные воды (1,74 %).

Общая частота обнаружения вирусного материала в проанализированных пробах составила 10,17 %. Среди выявленных вирусов-контаминантов оказались РВ, НоВ, кишечные АдВ, ЭВ. При этом АсВ и ВГЕ не были обнаружены. Наибольшее число положительных проб выявлено в овощах (6,2 %). В салатах и мясных изделиях контаминация составила 1,5 % и 1,0 %, соответственно. В остальной ПП частота детекции генетического материала КВ колебалась в пределах 0,25–0,5 %. Лидирующее положение среди выявленных вирусных агентов занимали НоВ (4,47 %) и АдВ (3,47 %). Обнаружение РВ и ЭВ составило 1,99 и 0,25 %, соответственно.

Наиболее разнообразный спектр вирусов-контаминантов выявлен в овощной продукции, в которой удалось обнаружить НоВ, РВ и АдВ. В зелени, морепродуктах ягодах и молочных продуктах были обнаружены единичные пробы с частотой 0,25–0,5 %. В молочных продуктах выявлена единичная положительная на НоВ, в зелени — две положительные пробы в отношении РВ. В расфасованных водах положительные пробы не были выявлены.

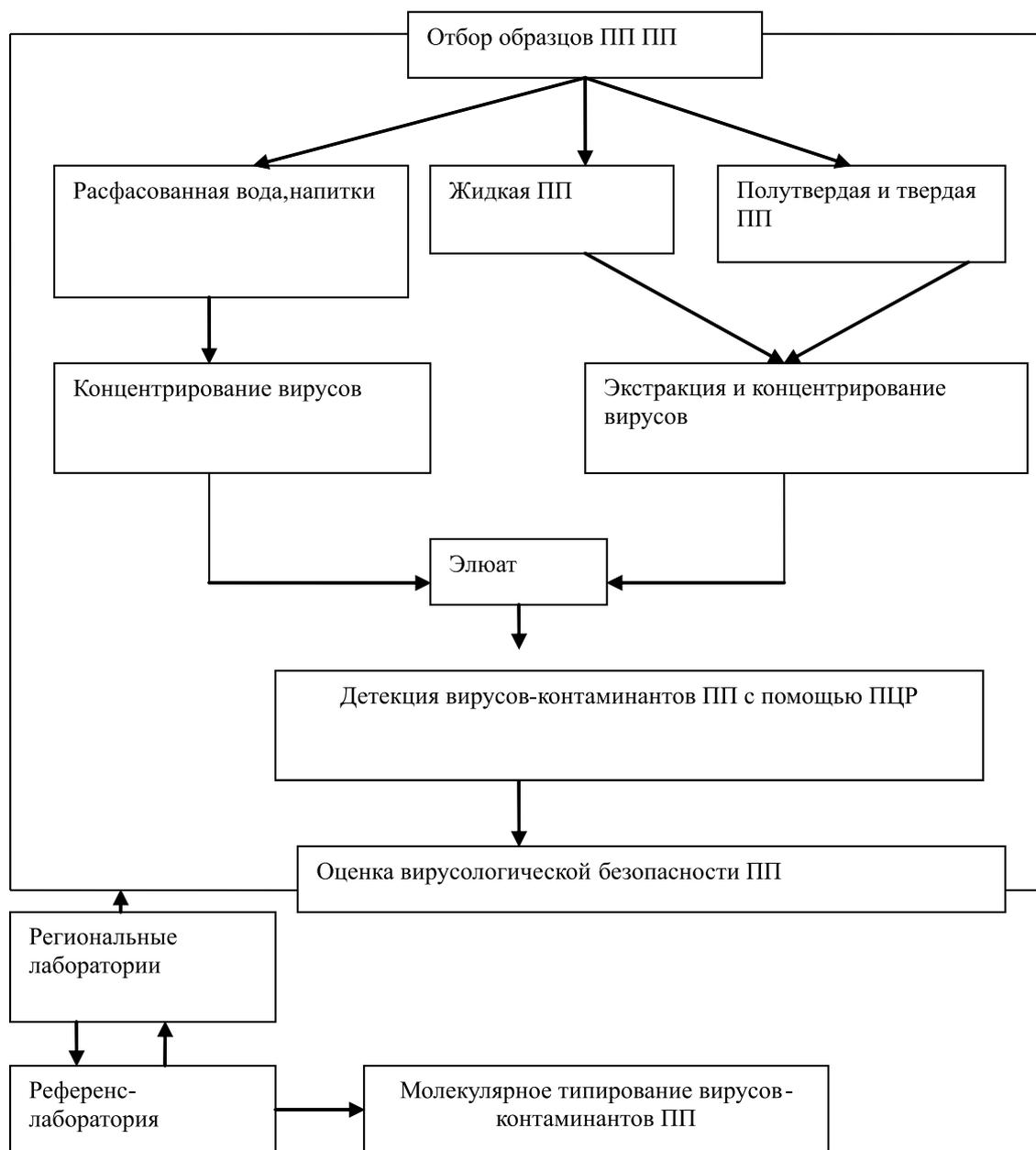


Рис. 1. Алгоритм индикации вирусной контаминации и оценки вирусологической безопасности ПП

Для оценки вирусологической безопасности ПП проводили учет экспозиции обнаруженных вирусных агентов, которая соответствовала уровню циклов их амплификации (Ст). Установлено, что они были в пределах 36–39 циклов, что соответствовало примерно одной вирусной частице. Учитывая тот факт, что КВ являются чрезвычайно контагиозными и для развития инфекции, по мнению ведущих специалистов, достаточно одной вирусной частицы, можно сделать заключение о том, что ПП, в которых выявлены РНК/ДНК вирусов являются потенциально опасными.

Проведение молекулярно-эпидемиологических исследований с целью установления путей и факторов передачи пищевых вирусных инфекций является заключительным важным этапом санитарно-вирусологических исследований ПП. Получение нуклеотидных последовательностей вирусов-контаминантов и их сравнение с вирусами, циркулирующими среди населения, является одной из задач проводимого санитарно-вирусологического контроля. Данные исследования в нашей стране пока возможно осуществлять только на базе референс — лаборатории РНПЦ ЭМ. Для их выполнения из содержащих НоВ проб, была выделена вирусная РНК и накоплены фрагменты гена РНК-зависимой

РНК-полимеразы с целью дальнейшего секвенирования и молекулярного типирования. Так как вирусный материал в контаминированных ПП содержится в очень малой концентрации, и в наших исследованиях она была в пределах 1–10 ГЭ на мл (34,21–35,87 циклов амплификации), то накопить фрагменты ДНК для проведения секвенирования удалось не для всех выявленных НоВ. Идентифицированные нуклеотидные последовательности НоВ депонированы в международный GenBank.

По результатам проведенного молекулярного типирования установлено, что проанализированные НоВ принадлежали ко II геногруппе, которой отводится доминирующая роль в возникновении групповой и спорадической заболеваемости норовирусной инфекцией в человеческой популяции (табл. 1).

Таблица 1. Результаты молекулярного типирования НоВ, выявленных в ПП

№ п/п	Наименование ПП	Тип вируса-контаминанта	Результат генотипирования	Номер депонента в GenBank
1	Овощи (кабачок)	Норовирус	GII.4 2006b Den Haag	KY214375
2	Овощи (кабачок)	Норовирус	GII.4 2006b Den Haag	KY214376
3	Молочный продукт (творог)	НоВ	GII.P16 /GII.2	MF 163173
4	Кабачок	НоВ	GII.P16	MH423864
5	Капуста белокачанная	НоВ	GII.Pe.	MH423865

Обнаруженный в кабачках НоВ принадлежал к генотипу GII.4 2006b Den Haag, который ранее циркулировал среди населения нашей страны и был этиологическим агентом регистрируемой заболеваемости ОГЭ. Идентифицированный в пробе капусты белокачанной НоВ принадлежал к генотипу GII.Pe, который впервые был выявлен на территории Республики Беларусь в 2015 году и широко распространен на сегодняшний день. Генотипы GII.P16 и GII.P16 /GII.2, обнаруженные в кабачке и молочном продукте, соответственно, являются довольно новыми для нашей страны. Впервые они были зарегистрированы на территории нашей страны в 2016 году у пациентов с ОКИ и явились этиологическими агентами вспышек норовирусной инфекции в закрытом коллективе.

Анализируя полученные результаты с позиции оценки вирусологического риска, можно утверждать, что данные образцы ПП представляли потенциальную эпидемическую опасность для здоровья их потребителей. Учитывая крайне низкую инфицирующую дозу НоВ и их высокую устойчивость в среде технологического окружения, в этом случае очевиден реальный риск реализации пищевого пути передачи возбудителя.

Итогом проведенной работы стала разработка инструкции по применению, содержащей алгоритм индикации вирусной контаминации и оценки вирусологической безопасности пищевой продукции [12]. Данный алгоритм может быть использован в комплексе медицинских услуг, направленных на медицинскую профилактику инфекций с пищевым путем передачи.

Заключение. В результате проведенных исследований разработан современный алгоритм индикации вирусной контаминации и оценки безопасности ПП в отношении вирусных инфекций человека, который в ходе апробации в полевых условиях показал свою высокую результативность и эффективность использования. Его дальнейшее широкое внедрение в практику будет способствовать профилактике пищевых вирусных инфекций и улучшению эпидемиологического благополучия населения страны в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Koopmans, M. Foodborne viruses: an emerging problem / M. Koopmans, E. Duizer // *Int. J. Food Microbiol.* — 2004. — Vol. 90. — P. 23–41.
2. Appleton, H. Control of food-borne viruses. Health and the food-chain / H. Appleton // *Br. Med. Bull.* — 2000. — Vol. 56. — P. 172–183.
3. Viruses as a cause of foodborne diseases: a review of the literature / P. Vasickova [et al.] // *Vet. Med. Czech.* — 2005. — Vol. 50, N 3. — P. 89–104.
4. Carter, M. J. Enterically infecting viruses: pathogenicity, transmission and significance for food and waterborne infection / M. J. Carter // *J. Appl. Microbiol.* — 2005. — Vol. 98. — P. 1354–1380.
5. CDC. Vital signs: foodborne norovirus outbreaks — United States, 2009–2012 / A. J. Hall [et al.] // *Morb. Mortal. Wkly. Rep.* — 2014. — Vol. 63. — P. 491–495.

6. Disease burden of foodborne pathogens in The Netherlands, 2009 / A. H. Havelaar [et al.] // *Int. J. Food Microbiol.* — 2012. — Vol.156. — P. 231–238.
7. Todd, E. C. Viruses of foodborne origin: a review / E. C. Todd, J. D. Greig // *Virus Adaptation and Treatment.* — 2015. — Vol. 7. — P. 25-45. DOI: <https://doi.org/10.2147/VAAT.S50108>.
8. Методы контроля качества пищевых продуктов по вирусологическим показателям: инструкция по применению: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 11.02.2009, рег. № 166-1208. — Минск, 2009. — 21 с.
9. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0 / K. Tamura [et al.] // *Mol. Biol. Evol.* — 2013. — Vol. 30. — P. 2725–2729. DOI: [10.1093/molbev/mst197](https://doi.org/10.1093/molbev/mst197).
10. Sources of calicivirus contamination in foodborne outbreaks in Denmark, 2005–2011 — the role of the asymptomatic food handler / K. T. Franck [et al.] // *J. Infect. Dis.* — 2015. — Vol. 211. — P. 563–570.
11. Современные методические подходы и технологии в области санитарной вирусологии пищевых продуктов для индикации эпидемических рисков здоровью человека / Т. В. Амвросьева [и др.] // *Донозология.* — 2018. — № 2. — С.15–18.
12. Алгоритм индикации и оценки вирусологической безопасности пищевой продукции: инструкция по применению: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 19.12.2018, рег. № 010-1118 [Электронный ресурс]. — Минск: РНПЦЭМ, 2019. — Режим доступа: <http://med.by/methods/pdf/010-1118>. — Дата доступа: 23.07.2019.

УДК 577.118 : 613.2-053.3

Поступила в редакцию 31.07.2019

Е.О. Гузик, к.м.н., доцент; А.Г. Коледа, к.б.н.*ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ДИСБАЛАНС МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПИТАНИИ ДЕТЕЙ ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА

Аннотация. Восполнение потребности учащихся в необходимых макроэлементах является одним из важнейших условий обеспечения оптимальных темпов их развития, устойчивости и адекватной адаптации к действию неблагоприятных факторов среды обитания. Недостаточное поступление макро- и микроэлементов приводит к отставанию детей в физическом, нервно-психическом развитии, повышенной заболеваемости [1].

Сложившаяся на сегодняшний день ситуация в питании населения характеризуется как кризисная в отношении обеспеченности микронутриентами в результате образования «ножниц»: снижение энерготрат сопровождается снижением потребности в пище при сохранении потребности в микронутриентах и практически неизменной пищевой плотности рациона (т.е. насыщенности его полезными веществами). Иными словами, дефицит микронутриентов запрограммирован: современный человек не может даже теоретически с адекватным рационом из традиционных пищевых продуктов получить микронутриенты в необходимых количествах [2]. Значительные различия в структуре потребления продуктов питания населением, а также варьирование содержания минеральных веществ в современных пищевых продуктах, обусловленное особенностями их производства, определяет актуальность изучения фактического поступления минеральных веществ с пищей для разработки рекомендаций по коррекции дисэлементозов.

Ключевые слова: макроэлементы, рацион питания, атомно-эмиссионная спектрометрия

E. O. Guzik, A. G. Koleda*Belarusian medical academy of post-graduate education, Minsk, Republic of Belarus*

MACRO-ELEMENT IMBALANCE IN NUTRITION OF CHILDREN OF ADOLESCENT

Abstract. Insufficient consumption of macro- and micronutrients leads to lag of children in physical, neuropsychic development, increased morbidity. In the study, based on a hygienic assessment of actual nutrition, 1 200 students of 10-12 years old (620 boys and 580 girls) studying in 9 schools and 9 gymnasiums of Minsk, using theoretical and laboratory methods studied the intake of macronutrients with food. A reduced, in relation to physiological needs, average daily calcium intake was found in 53.5% of students. Half of the examined children with a diet receive a greater amount of magnesium and phosphorus compared to their physiological need, which adversely affects the ratio of calcium, phosphorus and magnesium and can be an unfavorable factor contributing to a decrease in the level of calcium absorption. An excess of potassium and sodium intake in Minsk students was found in 92.7 and 100.0% of diets. The actual intake of sodium with the diet is two times higher than similar estimates.

Keywords: macroelements, food, atomic emission spectrometry

Цель исследования: на основании гигиенической оценки фактического питания детей 10–12 лет с использованием теоретических и лабораторных методов исследования выявить приоритетные проблемы в поступлении макроэлементов с пищей.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 1200 учащихся 10–12 лет, проживающих в г. Минске (620 мальчиков и 580 девочек), обучающихся в 18 учреждениях общего среднего образования г. Минска. Для оценки поступления кальция, фосфора, магния, калия, натрия с рационом

питания обследуемой группе детей был использован частотный метод [3], который позволяет получить информацию о питании за предыдущий месяц до проведения опроса. При этом учитываются количество и частота потребления каждого продукта.

Оценка полученных данных производилась исходя из Санитарных норм и правил «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» [4] для кальция, фосфора, магния и калия. Поступление натрия с рационом питания было оценено согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» [5]. Поскольку нормативы различны для детей 10 и 11–12 лет, оценка проводилась исходя из возрастных особенностей потребления.

Для изучения фактического минерального состава пищевых продуктов, используемых в питании учащихся, на пищеблоках 18 учреждений общего среднего образования г. Минска было отобрано 196 проб основных пищевых продуктов с последующей оценкой фактического поступления макроэлементов обследуемой группе детей.

Исследование химического состава пищевых продуктов проводилось в лаборатории спектрометрических исследований республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой Ultima 2 (Horiba Jobin Yvon, Япония-Франция) [6], а далее сравнивались со справочными значениями [7]. Минерализацию образцов пищевых продуктов проводили с использованием системы микроволновой минерализации Mars 5 (SEM Corporation, США).

Поскольку распределение полученных данных отлично от нормального, для описания полученных данных использованы медиана и межквартильный интервал (Me [q25; q75]). Для оценки статистической значимости различий между двумя группами использован критерий Манна-Уитни.

Результаты и их обсуждение. Проведенный анализ структуры потребления пищевых продуктов свидетельствует (рисунок), что основным источником поступления кальция 10–12-летним учащимся являются молоко и молочные продукты (53,1%). Поступление макроэлемента за счет овощей и фруктов составляет 12,9 и 12,2% соответственно. С хлебобулочными изделиями поступает 6,7% кальция, кашами и макаронами — 5,4%, мясом и мясными продуктами — 4,0% макроэлемента. С рыбой и морепродуктами, в силу низкой частоты их потребления, поступает лишь 0,6% кальция.

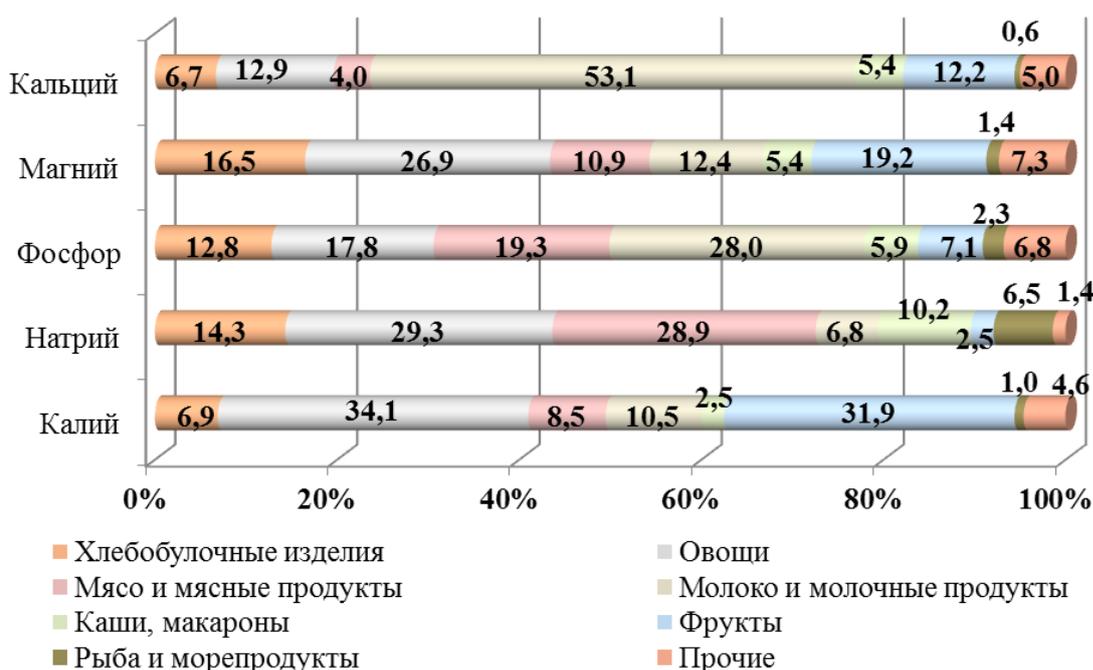


Рис. Основные источники поступления минеральных веществ с рационом питания учащихся 10–12 лет, проживающим на территории г. Минска (%)

Фактическое содержание кальция в пищевых продуктах, отобранных в учреждениях образования г. Минска и используемых в питании учащихся, значительно варьирует относительно справочных значений [6]. Лишь в 28,6 % исследованных пищевых продуктов содержание кальция соответствует, в 41,3 % ниже, 30,1 % — выше справочных значений. Так, например, в молоке составляет 125,0 % от справочных величин (1512,8 мг/кг против 1210,0 мг/кг), в сливочном масле — 146,5 % (351,6 мг/кг против 240,0 мг/кг), в твороге — 81,9 % (982,8 мг/кг против 1200,0 мг/кг), в сыре — 76,2 % (7618,2 (7327,4; 9051,3) мг/кг против 10000 мг/кг).

При изучении основных источников поступления **фосфора** с пищей детям г. Минска установлено, что с молоком и молочными продуктами поступает 28,0 % макроэлемента, с мясом и мясными продуктами — 19,3%, овощами — 17,8%, хлебобулочными изделиями — 12,8 %. Меньше фосфора поступает с фруктами (7,1 %), кашами и макаронами (5,9 %), рыбой и морепродуктами (2,3 %).

По данным наших исследований, в трети проанализированных пищевых продуктов содержание фосфора ниже (32,8%), в трети — выше (31,3%) справочных величин. Так, в молоке и сливочном масле содержание фосфора ниже табличных значений и составляет 769,1 мг/кг (против 910,0 мг/кг) и 218,2 мг/кг (против 300,0 мг/кг), соответственно. При этом концентрация его в сыре соответствует 108,8% значений, указанных в таблицах химического состава пищевых продуктов (5875,0 мг/кг против 5400,0 мг/кг), в твороге — 116,8% (2208,0 мг/кг против 1890,0 мг/кг). Концентрация фосфора в мясе и рыбе соответствует справочным значениям и составляет для филе птицы 114,6% (1959,4 (1553,0; 2114,2) мг/кг против 1710,0 мг/кг), для свинины — 111,8% (1900,8 (1488,7; 2315,5) мг/кг против 1700,0 мг/кг), говядины — 116,8% (2196,3 (2194,1; 2198,6) мг/кг против 1880,0 мг/кг), филе рыбы — 93,1% (2235,4 (1789,7; 4075,0) мг/кг против 2400,0 мг/кг).

Основным источником поступления **магния** с рационом питания являются овощи и фрукты (26,9 и 19,2% соответственно). За счет хлебобулочных изделий поступает 16,5% макроэлемента, с молоком и молочными продуктами — 12,4%, мясом и мясными продуктами — 10,9%. Незначительное количество магния, согласно полученным данным, поступает с рыбой (5,4%), кашами и макаронами (1,4% от суточного потребления макроэлемента).

Согласно полученным данным, в каждом четвертом исследованном пищевом продукте (25,3%) содержание магния ниже, в 42,3% — выше справочных значений. Содержание магния, по сравнению со справочными величинами, снижено в овощах и фруктах и составляет: в помидорах 55,2% от справочных значений (110,4 (98,6; 122,2) мг/кг против 200 мг/кг); в моркови 55,9% (212,6 (160,4; 268,2) мг/кг против 380,0 мг/кг); в яблоках 66,2% (59,6 (45,2; 88,9) мг/кг против 90,0 мг/кг); в картофеле 80,3% (184,8 (137,2; 208,6) мг/кг против 230,0 мг/кг); в огурцах 81,9% (114,7 (103,8; 178,7) мг/кг против 140,0 мг/кг). Лишь в капусте белокочанной, луке репчатом и свекле содержание магния соответствует справочным величинам и составляет 154,6 (134,7; 185,7) мг/кг (против 160,0 мг/кг), 164,1 (111,2; 179,8) мг/кг (против 140,0 мг/кг) и 269,5 (193,1; 346,4) мг/кг (против 220,0 мг/кг), соответственно.

Основной вклад в поступление **калия** вносят фрукты и овощи (31,9 и 34,1% соответственно), молоко и молочные продукты (10,5%). Потребление с мясом и мясными продуктами составляет 8,5%, с хлебобулочными изделиями — 6,9%. Наименьшим является поступление макроэлемента с кашами и макаронами (2,5%), рыбой и морепродуктами (1,0%).

Изучение содержания калия в продуктах, используемых в питании учащихся, свидетельствует, что в каждом третьем исследованном продукте (33,2%) его содержание ниже, в 29,1% — выше справочных величин. Анализ минерального состава овощей выявил, что содержание в них калия значительно выше (на 26,2 – 54,9%) фактического содержания данного макроэлемента относительно справочных величин и составляет: в моркови 134,9% (2698,4 (2608,8; 3590,4) мг/кг против 2000,0 мг/кг); в капусте 154,9% (2865,4 (2617,9; 3352,4) мг/кг против 1850,0 мг/кг); в свекле 133,6% (3846,3 (3141,0; 4383,8) мг/кг против 2880,0 мг/кг); в репчатом луке 140,9% (2465,7 (1953,9; 3173,6) мг/кг против 1750,0 мг/кг); в огурцах 126,2% (1779,6 (1626,8; 1897,9) мг/кг против 1410,0 мг/кг). Ниже справочных величин оказалось содержание калия в картофеле (3958,3 (3717,7; 5198,9) мг/кг против 5680,0 мг/кг), помидорах (2276,2 (2257,7; 2294,7) мг/кг против 2900,0 мг/кг). В яблоках концентрация калия составляет 44,7% от справочных величин (1242,9 (1188,8; 1326,8) мг/кг против 2780,0 мг/кг).

Обращает на себя особое внимание тот факт, что при справочном содержании калия в батоне 1310,0 мг/кг фактическая его концентрация составляет 314,4 (290,5; 349,8) мг/кг. Аналогичная ситуация характерна для ржаного хлеба: при справочном значении 2450,0 мг/кг фактическое содержа-

ние — 441,6 (408,8; 612,3) мг/кг. При этом концентрация калия в пшеничной муке на 21% выше справочного значения (1476,6 (1405,7; 1491,8) мг/кг против 1220,0 мг/кг).

Согласно данным научной литературы, основным источником поступления **натрия** в организм человека является поваренная соль. Однако частотный метод исследования не позволяет оценить количество потребляемой соли. Нами выявлено, что среди основных групп пищевых продуктов овощи (29,3%), мясо и мясные продукты (28,9%) вносят основной вклад в поступление макроэлемента. С хлебобулочными изделиями поступает 14,3% от физиологической потребности в натрии, молоком и молочными продуктами — 6,8%, рыбой и морепродуктами — 6,5%. Наименьший вклад вносят фрукты, их доля составляет 2,5%.

В ходе исследования установлено, что в 69,9% пищевых продуктов, используемых в питании учащихся, содержание натрия выше справочных значений и лишь в 10,7% им соответствует. Выявлен значительный разброс в содержании натрия в различных овощах. Так, концентрация макроэлемента ниже справочных значений (на 29,2 - 35,9%) отмечена в свекле 29,2% (251,0 (158,7; 327,5) мг/кг против 860,0 мг/кг); помидорах 34,5% (138,1 (126,9; 149,3) мг/кг против 400,0 мг/кг); картофеле 35,9% (100,5 (94,3; 102,2) мг/кг против 280,0 мг/кг). Выявлено, что содержание натрия значительно выше (на 118,7 - 229,5%) справочных величин в моркови (403,0 (364,5; 436,6) мг/кг против 210,0 мг/кг), капусте (298,3 (260,7; 365,5) мг/кг против 130,0 мг/кг), репчатом луке (213,6 (142,6; 244,1) мг/кг против 180,0 мг/кг), огурцах (147,5 (105,4; 167,8) мг/кг против 80,0 мг/кг). Обращает на себя внимание тот факт, что в обработанных пищевых продуктах (таких как батон, сыр, сливочное масло) содержание натрия на 59,0 - 190,1 % выше справочных значений.

Результаты оценки поступления макроэлементов с рационом питания частотным методом по результатам анкетирования родителей 1200 учащихся г. Минска представлены в табл. 1–2. Поскольку в ходе исследования выявлены статистически значимые различия в фактическом содержании макроэлементов в пищевых продуктах, отобранных в учреждениях общего среднего образования, относительно справочных значений, нами также проведена гигиеническая оценка потребления минеральных веществ с пищей детьми в возрасте 10–12 лет с учетом фактического минерального состава пищевых продуктов, используемых в питании учащихся. На основании результатов лабораторных исследований о макроэлементном составе пищевых продуктов проведен перерасчет и сравнительная оценка поступления макроэлементов учащимся с учетом выявленных различий (табл. 1–2).

При оценке рациона питания с использованием частотного метода установлено, что с данным источником в организм обследованных мальчиков 10 лет в среднем поступает 841,3 (583,3; 1252,2) мг/сут кальция (табл. 1), что составляет 76,5% от суточной нормы (1100 мг/сут). У девочек 10 лет потребление кальция статистически значимо не отличается от мальчиков ($U=7622,0$; $Z=0,755$; $p=0,45$) и составляет 80,6% от возрастной нормы (886,1 (616,3; 1298,6) мг/сут). У учащихся 11–12 лет поступление кальция мальчикам и девочкам составило 966,1 (643,4; 1368,0) и 869,0 (623,0; 1291,2) мг/сут, соответственно (табл. 2), что лишь на 80,5% обеспечивает потребность в кальции мальчиков и на 72,4% — девочек данной возрастной группы.

Вместе с тем, средние уровни потребления часто нивелируют картину распространённости дефицита или избытка поступления макроэлемента. Нами установлены значительные индивидуальные различия в поступлении кальция с пищей: отмечено недостаточное потребление макроэлемента в 62,3% случаев при избытке — у 27,0 %.

При оценке фактического поступления кальция с учетом результатов лабораторных исследований установлено, что полученные средние значения для мальчиков 10 лет выше расчетных на 11,2%, для девочек 10 лет — на 11,7%. Однако тенденция недостаточного поступления макроэлемента с рационом питания сохранена: при учете лабораторных данных о минеральном составе пищевых продуктов в организм обследованных мальчиков 10 лет в среднем поступает 947,4 (625,7; 1454,9) мг/сут кальция (86,1% от суточной нормы). Для девочек данный показатель составил 1004,0 (707,7; 1533,8) мг/сут (91,3% от нормы).

У 11–12-летних мальчиков и девочек показатели фактического поступления кальция, скорректированные относительно фактического содержания макроэлемента в пищевых продуктах, составляют 1074,5 (737,1; 1543,9) и 966,2 (688,9; 1468,4) мг/сут, соответственно, при норме физиологической потребности в макроэлементе равной 1200 мг/сут, что на 10,08% у мальчиков и на 10,06% у девочек выше расчетных данных. Таким образом, потребность в кальции у мальчиков данной возрастной группы обеспечена на 89,5%, у девочек — на 80,5%. С учетом результатов лабораторных исследований 53,5% обследованных учащихся ежедневно с пищей потребляют недостаточное количество кальция при избыточном его поступлении у трети обследованных.

Таблица 1. Содержание макроэлементов в суточном рационе питания учащихся 10 лет, проживающих в г. Минске (Ме (q25; q75)), мг/сут

Элемент	Мальчики, n=127		Девочки, n=127		Физиологическая потребность
	Оценка частотным методом	Расчет с учетом лабораторных исследований	Оценка частотным методом	Расчет с учетом лабораторных исследований	
Ca	841,3 (583,3; 1252,2)	947,4 (625,7; 1454,9)	886,1 (616,3; 1298,6)	1004,0 (707,7; 1533,8)	1100
P	1223,7 (928,4; 1704,5)	1200,3 (893,9; 1651,3)	1226,4 (911,9; 1772,1)	1185,7 (876,3; 1750,5)	1100
Mg	305,1 (217,2; 418,2)	334,8 (247,4; 471,6)	312,1 (223,7; 447,6)	341,3 (246,5; 507,4)	250
K	3456,3 (2520,0; 4871,2)	2933,0 (2130,9; 3987,8)	3752,8 (2527,5; 5091,9)	3082,0 (2187,9; 4409,6)	900
Na	3733,9 (2669,3; 4942,9)	7388,5 (5430,9; 9908,7)	3586,0 (2525,5; 5563,8)	7519,8 (5131,4; 10858,1)	1000

Таблица 2. Содержание макроэлементов в суточном рационе питания учащихся 11-12 лет, проживающих в г. Минске (Ме (q25; q75)), мг/сут

Элемент	Мальчики, n=493		Девочки, n=453		Физиологическая потребность
	Оценка частотным методом	Расчет с учетом лабораторных исследований	Оценка частотным методом	Расчет с учетом лабораторных исследований	
Ca	966,1 (643,4; 1368,0)	1074,5 (737,1; 1543,9)	869,0 (623,0; 1291,2)	966,2 (688,9; 1468,4)	1200
P	1307,1 (961,8; 1830,3)	1305,0 (949,9; 1823,3)	1245,3 (927,2; 1718,0)	1238,0 (903,2; 1700,9)	1200
Mg	325,7 (235,7; 451,5)	364,5 (260,6; 499,8)	315,9 (233,1; 436,4)	343,3 (252,8; 484,3)	300
K	3643,7 (2642,1; 5326,7)	3095,9 (2239,0; 4497,9)	3606,4 (2713,8; 5132,1)	3064,2 (2244,0; 4320,5)	1500
Na	3977,9 (2753,5; 5672,7)	7830,2 (5432,7; 11265,9)	3918,2 (2842,4; 5522,7)	7866,7 (5635,3; 11024,1)	1100

В ходе исследования установлено, что потребление фосфора мальчиками 10 лет составляет 111,2% от физиологической потребности (1223,7 (928,4; 1704,5) мг/сут при норме 1100 мг/сут). У девочек данный показатель — 111,5% (1226,4 (911,9; 1772,1) мг/сут при норме 1100 мг/сут). Среднесуточное потребление фосфора мальчиками 11-12 лет составляет 108,9% от норм физиологической потребности (1307,1 (961,8; 1830,3) мг/сут при норме 1200 мг/сут). Поступление макроэлемента девочкам данной возрастной группы составляет 103,8% от возрастной нормы. При изучении индивидуальных особенностей питания избыточное потребление фосфора установлено в половине случаев (47,8%).

В ходе изучения поступления фосфора с пищей с учетом лабораторных исследований учащимся г. Минска было установлено, что среднее потребление макроэлемента мальчиками 10 лет всего на 1,9% меньше по сравнению с теоретическими данными и составляет 109,1% от физиологической потребности (1200,3 (893,9; 1651,3) мг/сут при норме 1100 мг/сут). У девочек поступление фосфора с пищей с учетом лабораторных данных составляет 107,8% от возрастной нормы (1185,7 (876,3; 1750,5) мг/сут при норме 1100 мг/сут), что на 3,4% ниже результатов, полученных расчетным методом (различия статистически не значимы $U=7834,0$; $Z=0,39$; $p=0,69$).

Аналогичная ситуация характерна для учащихся 11-12 лет. Среднесуточное фактическое потребление фосфора мальчиками данной возрастной группы составляет 108,8% от возрастной нормы (1305,0 (949,9; 1823,3) мг/сут при физиологической потребности 1200 мг/сут), что на 0,16% ниже полученных расчетным методом данных. Поступление макроэлемента девочкам составляет 103,2% от физиологической потребности (1238,0 (903,2; 1700,9) мг/сут при норме 1200 мг/сут), что на 0,6% ниже расчетных данных.

В ходе исследования потребления магния учащимися г. Минска с помощью частотного метода исследования установлено, что мальчикам и девочкам 10 лет поступает, соответственно, 122,0 и 124,8% от физиологической потребности в макроэлементе, что составляет, соответственно, 305,1 (217,2; 418,2) и 312,1 (223,7; 447,6) мг/сут (табл. 1).

В 11-12-летнем возрасте поступление магния с рационом питания между мальчиками и девочками находится в пределах рекомендуемой в нашей республике возрастной нормы, составляя 325,7 (235,7; 451,5) и 315,9 (233,1; 436,4) мг/сут, соответственно (табл. 2).

При оценке поступления магния с рационом питания учащимся г. Минска, скорректированным относительно фактического его содержания в пищевых продуктах, установлено, что у мальчиков 10 лет оно на 8,9% больше, по сравнению с расчетным, и составляет 334,8 (247,4; 471,6) мг/сут (133,9% от нормы). У девочек – на 8,6% больше (341,3 (246,5; 507,4) мг/сут (136,5% от нормы)) при отсутствии статистически значимых различий между теоретическими и лабораторными данными.

У детей 11–12 лет установлено наличие статистически значимых отличий в расчетном и фактическом поступлении магния мальчикам ($U=106940$; $Z=-3,26$; $p=0,001$) и девочкам ($U=91496,0$; $Z=-2,82$; $p=0,005$) данной возрастной группы. Так, среднее поступление макроэлемента мальчикам составляет 364,5 (260,6; 499,8) (при норме 300 мг/сут), что на 10,6% больше, по сравнению с расчетными данными. Девочкам данной возрастной группы ежесуточно поступает 343,3 (252,8; 484,3) мг/сут макроэлемента (при норме 300 мг/сут), что на 8,0% выше расчетных данных.

В ходе исследования с использованием теоретических методов нами установлено, что поступление калия с пищей практически в 4 раза превышает физиологическую норму для 10-летних детей (табл. 1). Поступление калия мальчикам и девочкам данной возрастной группы статистически значимо не различается ($U=7447,0$; $Z=-1,05$; $p=0,29$) и составляет, соответственно, 384,0 и 417% от нормы.

У 11–12-летних учащихся статистически значимых различий в поступлении калия в зависимости от пола не выявлено ($U=111350,0$; $Z=0,07$; $p=0,94$). Так, мальчикам данной возрастной группы поступает 3643,7 (2642,1; 5326,7) мг/сут (242,9% от нормы), девочкам — 3606,4 (2713,8; 5132,1) мг/сут (240,4% от нормы). Таким образом, у детей данной возрастной группы отмечено превышение поступления калия с пищей относительно физиологической потребности (1500 мг/сут) более чем в два раза. Ежедневно потребляет избыточное количество калия 97,1% обследованных учащихся.

В ходе исследования поступления калия с рационом питания, скорректированным относительно фактического содержания макроэлементов в пищевых продуктах, подтвердились данные об избыточном поступлении макроэлемента с пищей. Отмечено, что его потребление более чем в 3 раза превышает физиологическую потребность 10-летних детей. Так, поступление калия мальчикам данной возрастной группы составляет 2933,0 (2130,9; 3987,8) мг/сут при норме 900 мг/сут (325,9% от физиологической потребности). Однако это на 17,8% ниже данных, полученных расчетным путем, при наличии статистически значимых различий между ними ($U=6499,0$; $Z=0,007$; $p=0,007$).

Для девочек данной возрастной группы характерна аналогичная ситуация. Фактическое поступление калия составляет 3082,0 (2187,9; 4409,6) мг/сут при норме 900 мг/сут (342,4% от физиологической потребности), что на 21,8% ниже расчетных данных при наличии статистически значимых различий между группами ($U=6508,0$; $Z=2,66$; $p=0,008$).

У 11–12-летних учащихся отмечено двукратное превышение физиологической потребности в калии (1500 мг/сут). Однако, как и для учащихся 10 лет, полученные данные оказались ниже расчетных (у мальчиков на 11,6%, у девочек — на 22,5%) при наличии статистически значимых различий между расчетными и фактическими данными ($U=99998,0$; $Z=4,81$; $p=0,000001$ и $U=80995,0$; $Z=5,49$; $p=0,000000$, соответственно). Так, мальчикам данной возрастной группы его поступает 3095,9 (2239,0; 4497,9) мг/сут (206,4% от нормы), девочкам — 3064,2 (2244,0; 4320,5) мг/сут (204,3% от нормы).

Результаты нашего исследования показали, что поступление натрия обследованным учащимся практически в четыре раза превышает физиологическую возрастную норму в данном макроэлементе. Ежедневный средний уровень потребления его мальчиками и девочками 10 лет составляет 3733,9 (2669,3; 4942,9) и 3586,0 (2525,5; 5563,8) мг/сут, соответственно, при норме 1000 мг/сут, что соответствует 373,4 и 358,6% от рекомендуемого возрастного уровня потребления. Статистически значимых различий в зависимости от пола не выявлено ($U=7955,0$; $Z=-0,19$; $p=0,85$).

Для детей 11–12 лет поступление данного макроэлемента соответствует 361,6 и 356,2% от физиологической потребности в нем и составляет 3977,9 (2753,5; 5672,7) и 3918,2 (2842,4; 5522,7) мг/сут, соответственно, при норме 1100 мг/сут. Статистически значимых различий между анализируемыми группами не выявлено ($U=110281,0$; $Z=0,33$; $p=0,74$). Установлено, что в суточном рационе 99,7% детей г. Минска имеет место превышение физиологической нормы потребления натрия.

Анализ поступления макроэлемента с пищей с учетом лабораторных данных содержания его в пищевых продуктах выявил, что фактическое потребление натрия мальчиками и девочками 10 лет соответствует 7388,5 (5430,9; 9908,7) и 7519,8 (5131,4; 10858,1) мг/сут, что составляет 738,9 и 752,0% от нормы. Полученные результаты практически в два раза превышают данные, полученные частотным методом (различия статистически значимы: $U=2618,0$; $Z=-9,3$; $p=0,000000$ и $U=2936,0$; $Z=-8,76$; $p=0,000000$, соответственно).

Для мальчиков и девочек 11–12 лет поступление натрия составляет 7830,2 (5432,7; 11265,9) и 7866,7 (5635,3; 11024,1) мг/сут, соответственно, что составляет 711,8 и 715,2 % физиологической нормы. Относительно расчетных величин эти данные выше на 350,2 и 359,0%, соответственно, при наличии статистически значимых различий между расчетными и фактическими данными ($U=43284,0$; $Z=-17,5$; $p=0,00$ и $U=32303,0$; $Z=-17,85$; $p=0,00$).

Установлено, что в фактическом суточном рационе 100% детей г. Минска имеет место превышение физиологической нормы потребления натрия.

Заключение. В ходе проведенного исследования по оценке поступления макроэлементов с рационом питания детям 10 и 11–12 лет, проживающим в г. Минске, установлено недостаточное потребление кальция более чем половиной обследованных учащихся при избыточном поступлении калия и натрия детям всех возрастно-половых групп. Поступление фосфора характеризуется как оптимальное, потребление магния — как избыточное. Ежедневно 50,3 и 47,8% учащихся потребляют большее, по сравнению с физиологической потребностью, количество магния и фосфора при недостаточном их поступлении в трети проанализированных рационов.

При изучении фактического питания с использованием частотного метода и лабораторных данных о химическом составе пищевых продуктов было выявлено сниженное, по отношению к физиологической потребности, среднесуточное потребление кальция учащимися 10–12 лет, проживающими в г. Минске (недостаток поступления макроэлемента с рационом питания выявлен у 53,5% обследованных). Среднесуточное поступление магния и фосфора соответствует физиологической потребности у детей 11–12 лет и превышает ее у учащихся 10 лет. У половины обследованных детей с рационом поступает большее, по сравнению с физиологической потребностью, количество данных макроэлементов, что неблагоприятно сказывается на соотношении кальция, фосфора и магния и может быть неблагоприятным фактором, способствующим снижению уровня усвоения кальция. Избыток поступления с рационом питания калия и натрия учащимся г. Минска выявлен, соответственно, в 92,7 и 100,0% рационов. Обращает на себя внимание тот факт, что фактическое поступление натрия детям всех возрастно-половых групп в два раза превышает аналогичные расчетные показатели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косенко, И.М. Микронутриенты и здоровье детей / И.М. Косенко // *Вопр. соврем. педиатрии.* — 2011. — Т. 10, № 6. — С. 179–185.
2. Тутельян, В.А. Оптимальное питание: новая медицинская технология оздоровления населения (постановка проблемы) / В.А. Тутельян, А.К. Батулин, Б.П. Суханов // *Весті Нац. акад. навук Беларусі. Сер. мед. навук.* — 2006. — № 2. — С. 7–12.
3. Изучение фактического питания на основе метода анализа частоты потребления пищевых продуктов : инструкция по применению № 017-1211, утв. Главным гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 15.12.2011. — Минск, 2011.
4. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь : санитар. нормы и правила : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 20 нояб. 2012 г. № 180. — Минск, 2012. — 21 с.
5. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : метод. рекомендации 2.3.1.2432-08 : утв. Руководителем Федер. службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Гл. гос. санитар. врачом Рос. Федерации 18.12.2008 / Науч.-исслед. ин-т питания [и др.] — 36 с.
6. Boumans, P. W. J. M. Inductively coupled plasma emission spectrometry / P. W. J. M. Boumans. — New York, 1987. — Pt. 1 : Methodology, instrumentation, performance. — 375 p.
7. Скурихин, Н.М. Методы определения микроэлементов в пищевых продуктах СПб АН СССР. Проблемы аналитической химии / Н.М. Скурихин. — Т. VII. — М. : Наука, 1988. — 132 с.

¹Е.В. Федоренко, к.м.н.; ²Е.Г. Мохорт, к.м.н.; ³Н.Д. Коломиец, д.м.н.;
²Т.В. Мохорт, д.м.н.; ⁴С.В. Петренко, к.б.н.

¹Республиканский научно-практический центр гигиены, г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Республика Беларусь

³Белорусская академия последипломного образования, г. Минск, Республика Беларусь

⁴Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь

ЙОДНАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: ОЦЕНКА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЙОДА С СОЛЬЮ И ОСНОВНЫМИ ПИЩЕВЫМИ ПРОДУКТАМИ

Аннотация. Проблема йодного дефицита в Беларуси остается актуальной. В Республике Беларусь была разработана и внедрена стратегия ликвидации йодного дефицита среди населения. К настоящему времени достигнуты значительные успехи в борьбе с йодной недостаточностью, на что указывает адекватное потребление йода в питании.

Ключевые слова: йод, йодированная соль, мониторинг, йодный дефицит

¹E.V. Fedorenko, ²A.G. Mokhort, ³N.D. Kolomiets, ²T.V. Mokhort, ⁴S.V. Petrenko

¹Republican Centre for Hygiene, Epidemiology and Public Health, Minsk, Belarus

²Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

³Belarusian Medical Academy of post-graduate Education, Minsk, Belarus

⁴International Sakharov Environmental University, Minsk, Belarus

IODINE SUFFICIENCY OF THE POPULATION IN THE REPUBLIC OF BELARUS: ASSESSMENT OF IODINE CONSUMPTION WITH SALT AND BASIC FOOD

Abstract. The problem of iodine deficiency in Belarus remains topical. Strategy for elimination of iodine deficiency among the population was developed and implemented in the Republic of Belarus. Currently adequate iodine consumption achieved.

Keywords: iodine, iodized salt, monitoring, iodine deficiency

В Беларуси, являющейся геохимическим йоддефицитным регионом, разработана и внедрена с 2000 г. уникальная стратегия ликвидации йодного дефицита, основанная на использовании йодированной соли и фортификации продуктов питания (йодированной солью), что было определено постановлением Главного санитарного врача № 11 от 21.03.2000 г. «О проведении профилактики йоддефицитных заболеваний» и Постановлением Совета Министров № 484 от 6.04.2001 г. «О предупреждении заболеваний, связанных с дефицитом йода» и ряда документов с последующим принятием закона о питании. Согласно этим документам регламентировано использование йодированной соли при производстве большинства пищевых продуктов (за исключением сыров и сырных продуктов, продуктов переработки океанических рыб и морепродуктов).

Анализ индикаторов, определенных IodineGlobalNetwork, включающих медиану экскреции йода с мочой у школьников более 100 мкг/л, беременных женщин более 150 мкг/л на национальном и/или субнациональном уровне и некоторые другие, позволил экспертам рекомендовать Международному совету по контролю йоддефицитными заболеваниями (ICCIDD) отнести в 2013 г. Беларусь к странам с адекватной йодной обеспеченностью [1, 2].

С 1999 г. в Республике Беларусь в выборочных ограниченных группах населения проводятся исследования по комплексной оценке экскреции йода с мочой; доли обследованных, потребляющих йодированную соль, а также и доли пациентов с увеличением размеров щитовидной железы. Начиная с 2001 г. мониторинга свидетельствовали об отсутствии йодного дефицита — медиана йодурии во всех проведенных исследованиях составляла более 100 мкг/л.

Критерием эффективности программы борьбы с дефицитом йода является оценка показателей, характеризующих качество используемой йодированной соли, её долю на рынке и стоимость. В Республике Беларусь солевые комбинаты в г. Мозыре и г. Солигорске производят достаточные количества высококачественной йодированной соли, что покрывает потребность страны, при этом стоимость её не отличается от нейодированной. Данные мониторинга продаж йодированной соли на рис. 1 и свидетельствуют о том, что доля йодированной соли в 2018 г. составила 77,2 %. Приведенные данные не включают использование морской соли.

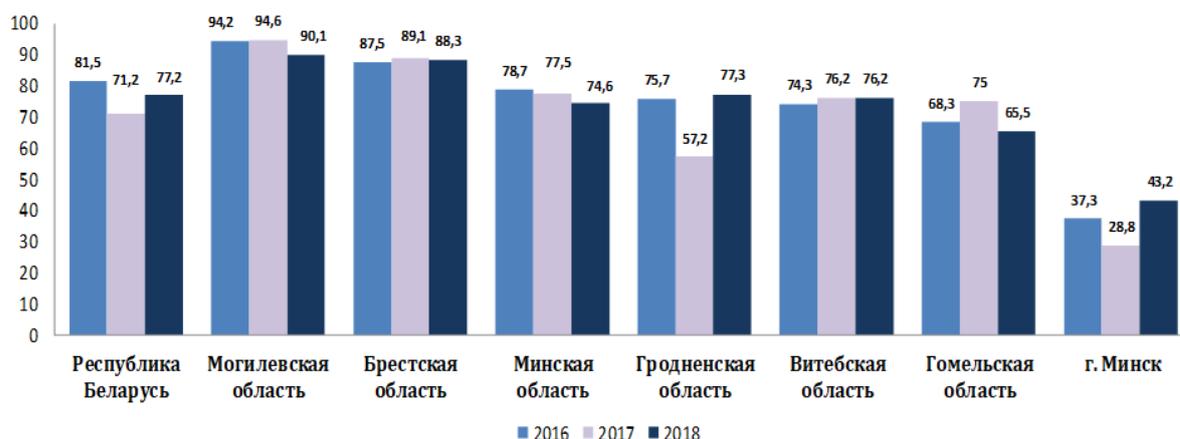


Рис. 1. Средний уровень продаж йодированной соли в Республике Беларусь в 2016–2018 гг.

В условиях использования более 20 % нейодированной соли адекватная йодная обеспеченность достигнута, что обусловлено поступлением йода из пищевых продуктов, при изготовлении которых использована йодированная соль. Для оценки потребления йода с пищевыми продуктами был проведен анализ его поступления с готовыми пищевыми продуктами. В табл. 1 приведены результаты расчетной оценки потребления йода. Результаты анализа свидетельствуют о том, что усредненный рацион обеспечивает поступление 222,0 мкг йода в сутки.

Таблица 1. Результаты расчетной оценки потребления йода с основными пищевыми продуктами

Группа продуктов	Суточное потребление г/сутки	Содержание йода в мкг/сутки
Хлебопродукты	162,7	64
Колбасные продукты	50,0	64,1
Молочные продукты	280,0	54,1
Овощи	430,5	17,2
Крупы и макаронные изделия	162,7	10,2
Мясо всех видов	112,9	7,5
Картофель	98,3	4,9
Итого		222,0

Программы фортификации пищевых продуктов различными микроэлементами сталкиваются с опасениями избыточного потребления. Этот вопрос возникал и при использовании йода, в связи с применением иных форм обогащения пищевой продукции йодом — например, йодказеина. Указанное индуцировало проведение расчетов, необходимых для исключения избыточного потребления йода. Расчеты соотносились с верхними безопасными уровнями потребления йода, которые в разных странах колеблются и составляют 600–1100 мкг в сутки.

На основании расчетов потребления йодированной соли и пищевых продуктов, был сделан вывод, что использование в составе рациона пищевых продуктов, обогащенных йодом в промышленных условиях за счет использования йодированной соли, даже без учета использования йодированной соли для досаливания пищи в домашних хозяйствах, физиологическая потребность (150 мкг в сутки) в указанном микроэлементе для взрослых обеспечивается. Для исключения избыточного потребления йода была проведена оценка различных моделей потребления продуктов - реалистичных и агравированных сценариев, при которых учитывалось дополнительное потребление пищевой продукции.

В табл. 2 представлены результаты, согласно которым агравированная модель, допускающая потребление наряду с продуктами, изготовленными с использованием йодированной соли и иных продуктов, дополнительно обогащенных обсуждаемым микронутриентом, обеспечивает поступление в организм 683,1 мкг/сутки йода при условии выбора максимального перцентиля потребления (при допустимом безопасном среднесуточном потреблении йода до 1000 мкг/сутки). Приведенные данные свидетельствуют о безопасности избранной стратегии и привели к ослаблению негативного отношения к использованию йодированной соли при промышленном изготовлении продуктов питания.

Таблица 2. Уровень йода в рационе взрослых с различным уровнем потребления пищевых продуктов по оценке различных моделей потребления продуктов

Уровень потребления	Поступление йода при потреблении пищевых продуктов, мкг/сутки			
	Без обогащения	с долей обогащенных:		
		10%	50%	100%
Среднестатистический (медиана потребления)	92,0	161,7	197,5	242,3
Высокий (90процентильпотребления)	234,2	470,6	565,0	683,1

На этапе внедрения национальной стратегии возникали проблемы, обусловленные непониманием абсолютной необходимости достижения адекватного потребления йода с пищевыми продуктами. Высказывалась точка зрения о «правах человека» на выбор вида используемой соли, о невозможности использования йодированной соли при домашнем консервировании. Время показало, что информированность населения, достигнутая посредством активной информационной кампании (листовки, баннеры, социальная реклама на телевидении и др.), обеспечила принятие подавляющим большинством населения решения в пользу использования йодированной соли при наличии выбора.

Целью данной публикации не является приведение данных о позитивных изменениях со стороны тиреоидного статуса у населения Республики Беларусь, однако, бесспорно доказано снижение заболеваемости диффузным зобом у детей и взрослых, врожденным гипотиреозом и уменьшение размеров щитовидной железы [3].

Не вызывает сомнений негативное влияние на кардиоваскулярные риски высокого уровня потребления соли. Это факт определил ограничение потребления соли до менее 5 г в сутки к 2025 г. для снижения частоты артериальной гипертензии на 25 % (Резолюция ВОЗ 66.10). Республика Беларусь относится к странам с высоким потреблением соли, поэтому в стране активизируются мероприятия, целью которых является снижение использования соли и готовых продуктов, являющихся основным источником соли в рационе, с целью обеспечения «здорового питания». Для потенциального внедрения мер, разработанных Всемирной йодной сетью, и предполагающих увеличение содержания йода в соли, необходимо проведение анализа количества потребления соли различными группами населения и разработка дифференцированного подхода для различных возрастных групп и групп риска развития йоддефицитной патологии.

Несмотря на адекватность используемой в стране методологии (экскреция йода с мочой, УЗИ с определением размеров щитовидной железы, оценка использования йодированной соли), изменение характера питания за последние десять лет и использование выборочных когорт, достаточных для оценки йодной обеспеченности, существует необходимость проведения общенационального исследования в Республике Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Leung AM, Avram M, Brenner AV, et al. Potential Risks of Excess Iodine Ingestion and Exposure: Statement by the American Thyroid Association Public Health Committee. *Thyroid*. 2015; 25(2): 145–146.
2. Мохорт, Т.В. Проблема йодной обеспеченности в Республике Беларусь: результаты внедрения стратегии ликвидации йодного дефицита / Т.В. Мохорт, Н.Д. Коломиец, С.В. Петренко // *Международный эндокринологический журнал*. — 2016. — №1 (73) — С. 11–18.
3. Мохорт, Т.В. Динамический мониторинг йодной обеспеченности в Беларуси: результаты и проблемы / Т.В. Мохорт, Н.Д. Коломиец, С.В. Петренко // *Проблемы эндокринологии*. — 2018. — №3(64). — С. 170–179.

M. M. Özcan, Z. Değerli

Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, University of Selçuk, 42031 Konya, Turkey

EFFECT ON HUMAN HEALTH AND BIOACTIVE COMPONENTS OF LINSEED

Abstract. In recent years, consumers have seen food as a key nutritional tool as well as substances with beneficial effects on health. When examined in this regard, linseed is an important herbal resource containing health beneficial compounds. Linseed, which is rich in α -linolenic acid and good quality protein, is a natural source of phytochemicals such as flavonoids, lignans and phenolic acids. Linseed seed is generally grouped as “functional food”, “bioactive food” and / or “endocrine active food. In this review, biologically active compounds found in flax seed structure and their health benefits are discussed.

Keywords: linseed, functional food, bioactive food, α -linolenic acid

Introduction

Linseed (*Linum usitatissimum*) (flaxseed) is the only plant species of economic importance from the Linaceae family. Linum, which is one of the most important members of Linaceae family, has about 230 species (Heywood et al., 1993). The genus Linum grows in the temperate and subtropical regions of Asia, mainly in the Mediterranean basin, southwest and north of America (Zohary et al. 2012). Linen (*Linum usitatissimum*), 30-100 cm tall, blue-flowered and is a one-year culture plant, and 4-6 mm long, egg-shaped, flat, bright, reddish brown color, odorless, oily and delicious (Oomah and Mazza, 1997; Mazza, 1998). In recent years, consumers expect not only to eat from food, but also to provide health benefits because of reducing the risk of being ill, increasing the desire to maintain a healthy life and developing healthy nutrition awareness. Functional foods have become one of the fastest growing sectors of the food industry with the discovery of new ingredients in line with the developments in science and technology, their association with health, economic reasons and treatment costs, as well as increasing consumer interest in new products and quality (Berner and O'Donnell, 1998; Korthals, 2002).

Functional foods are foods or food components that have additional benefits on human physiology and metabolic functions in addition to meeting the body's essential nutrient requirements, thereby contributing to disease protection and a healthier life (Berner and O'Donnell, 1998). Linseed oil obtained from seeds of flax plant in the past; oil lamp oil, painkiller and cough expectorant was seen as important; today it is important with its industrial use. (Duguid et al. 2007). It is cultivated for *Linum usitatissimum*, fiber and oil obtained from seed, which is also known as grassland seed, siyekek and zeyrek seed among the people. Linseed is a rich source of unsaturated fatty acids (linoleic and linolenic acids) as well as a rich source of lignans and, in particular, sekoiolaricirinolin diglucoside. Due to this valuable composition of flax seed, its importance in human nutrition is increasing day by day. It is stated that linseed is an important source in terms of α -linolenic acid which is one of the fatty acids of plant origin (Harris et al., 2008). This increased the use of flax species as a gene source in breeding studies. Flax seed contains 35-45% oil. The polyunsaturated fat content of the fat it contains is 70-71%, while the saturated fat content is 18%. It is known that more than half of polyunsaturated fatty acids form α -linolenic fatty acids (Ramcharitar et al., 2005; Alpaslan and Hayta, 2006). In addition, 10-31% protein (Bhatty and Cherdkiatgumchai, 1990; Oomah and Mazza, 1993), 3-10% mucilage agent, steroids, cyanogenic glycosides (0.1-1.5%), highly soluble and insoluble fiber (Oomah and Mazza, 2000), plenty of potassium, a small amount of magnesium, iron, copper, zinc, as well as mineral substances, including vitamin A, including various vitamins. It is a valuable animal feed for cattle because it contains 32-37% protein and 5-8% fat in its remaining meal after fat removal (Gencer, 1993). Generally linseed is grouped as “functional food”, iyo bioactive food ”and / or“ endocrine active food ”. The nutritional value and protective effect of linseed is due to its complex structure. Linseed contains nutritional and non-nutritional components. Depending on the dose, time and frequency of consumption of these components, both beneficial and harmful effects may be encountered (Wiesenfeld et al., 2003). Linseed is generally present as unground (whole) seed, ground seed and linseed oil. The nutritional values of these three states of flax are given in Table 1 (Bloedon and Szapary, 2004).

Table 1. Composition of linseed and their products (g/100 g)

Product	Energy (kcal)	ALA (g)	Total diet fibre (g)	Soluble fibre (g)	Secoisolariciresinol diglucosid (SDG)(mg)
Raw (whole) linseed	454,5	22,7	27,3	6,82	8,8
Ground linseed	450,0	22,5	27,5	6,88	6,4
Linseed oil	885,7	57,1	0,0	0,00	0,0

ALA: α -linolenic acid, SDG: Secoisolariciresinol diglucosid

2. Bioactive compounds in linseed and its benefits

2.1. Lipids

Linseed oil is one of the richest sources of α -linolenic acid (ALA), one of the omega-3 (n-3) fatty acids, which makes up about 55% of fatty acids (Bloedon and Szapary, 2004). The interest in flaxseed began with the presence of 50% omega-3 fatty acid in the oil obtained by cold pressing. Linseeds cultivated in Canada are 5% palmitic acid (16: 0), 3% stearic acid (18: 0), 17% oleic acid (18: 1n-9), 15% linoleic acid (18: 2n-6) and 59% α -linolenic acid (ALA; 18: 3n-3). Oil content and quality of flaxseed varies depending on the species and hereditary characteristics. In addition, environmental factors such as temperature, soil conditions, cultural practices and plant diseases also affect oil content and quality. The highest variability in fatty acid composition was observed in oleic acid (14-60%), linoleic acid (3-21%) and linolenic acid (31-72%) (Mazza, 1998). Although flaxseed oil has been consumed in India, China and Europe for centuries, it is regarded as an inedible oil due to its rapid oxidation and polymerization in most western countries and does not have the status of GRAS (generally accepted as reliable). Therefore, modifications were made in flaxseed oil to reduce linolenic acid content to levels below the 3% limit in order to increase both its stability and competitiveness between salad and cooking oils. As a result of the breeding studies on the type of linen flax, the linolenic acid content of linseed oil (<3%) was decreased while the linoleic acid content was increased (Mazza, 1998; Bloedon and Szapary, 2004). In this way, it finds consumption area as cooking oil (Schuster, 1992). Foods containing naturally high amounts of α -linolenic acid (ALA) are given in Table 2.

Table 2. α -linolenic acid contents of some seed/kernel oils

Seed/Kernel	α -linolenic acid (%)
Linseed	55
Canola	10
Walnut	10
Soybean	7
Pig	1

The percentage of ALA in flaxseed is 5.5 times higher than the next best source (Bloedon and Szapary, 2004). Omega-3 fatty acids are divided into 3 different groups as linolenic acid, eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexanoic acid (DHA) and are important for nutrition. Omega-3 fatty acids play a role in various regulatory functions in the body, including pulse, blood pressure, immune system response and breakdown of fats. Deficiency of slow growth, visual weakness, numbness in the arms and legs, weakness in learning ability and behavioral changes are seen (Korthals, 2002). In a study on mice, mice were fed high fat-cholesterol diets with 10-20% linseed, and as a result, HDL (good cholesterol) and triglyceride levels did not change, but serum cholesterol increased (Wiesenfeld et al., 2003). In another study with flaxseed and sunflower seeds, it was observed that LDL (bad cholesterol) cholesterol was significantly reduced in the diet with flaxseed (14.7%) and serum HDL cholesterol and triglyceride concentration were not affected by diet with both seeds (Arjmandi et al. (1998). Another alternative mechanism for the effect of ALA on cancer is based on the effects of fatty acids on cytokine production and other immunomodulatory effects of α -linolenic acid (Mazza, 1998). Recently, secondary products of peroxidation of polyunsaturated fatty acids have been reported to damage cancer cells. It has been reported that this inhibitory effect of fatty acids such as α -linolenic acid can prevent the development of breast tumors and is partly due to toxic compounds formed as a result of lipid peroxidation (Wanasundara and Shahidi, 1997; Klotzbach-Shimomura, 2001). Linseed fatty acids (omega 3-6-9) are vital for maintaining body temperature, making myelin sheaths, preserving tissues and producing energy. Linseed oil is also used against chronic constipation. While continuous use of highly effective laxative drugs irritates the intestinal mucosa, resulting in the loss of minerals such as potassium, essential for the organism, but not

for linseed oil (Berner and O'Donnell, 1998; Mazza, 1998; Klotzbach-Shimomura, 2001; Bloedon and Szapary, 2004).

2.2. Proteins

The protein content of linseed varies depending on genetic and environmental factors. Cold growth conditions lead to low protein and hot growth conditions cause high protein content (Mazza, 1998; Chung et al., 2005). As a result of the studies, it has been reported that flax seed contains two main storage protein groups which are salt soluble high molecular weight (11–12 S) and water soluble low molecular weight (1,6–2 S) (Madhusudhan and Singh, 1983; Oomah et al. (2006). Although the protein fraction of linseed contains aminoacids in appropriate proportions, it is poor in lysine, threonine and tyrosine. It is also a good source of methionine and cysteine. The essential amino acid index of oil-free flax seed is 69'. Linseed protein concentrate and isolate is not commercially available as well as being produced under laboratory conditions (Mazza, 1998). 70–85% of flaxseed proteins are composed of globulins (Bhathena et al., 2002; Oomah et al., 2006). Flaxseed protein products exhibit suitable water absorption, emulsion activity and emulsion stability. In terms of these qualities, they are superior to soybean products. Linseed protein isolate obtained by alkali extract and acid precipitation shows high water and oil absorption properties. It also has high foaming property. Compared to soy proteins, linseed proteins have structurally more lipophilic and lower trypsin inhibitory activity (Mazza, 1998; Bhathena et al., 2002). In a study in which the effects of flaxseed protein and soy protein on plasma triglyceride and uric acid amounts were determined, it was found that linseed had a much more hypotriglyceremic effect than soy protein and that linseed had twice the decrease in triglyceride concentration compared to soy protein. In addition, linseed causes a significant decrease in the amount of serum uric acid, while soy protein has an adverse effect (Borgmeyer et al., 1992).

Linseed protein can affect blood glucose in two different ways; (i) may induce a decrease in glycemic index by promoting insulin secretion; Linseed proteins have also been reported to have antifungal properties. Therefore, it can be used to prevent mold growth in some food systems (Orcheson et al., 1998).

2.3. Gums: Soluble Polysaccharides

Since linseed contains about 28 g of dietary fiber per 100 g, it is a good source of soluble polysaccharides. Linseed gums can be extracted by treating flaxseed with hot water, plus alcohol precipitation and freeze-drying (Mazza, 1998; Klotzbach-Shimomura, 2001). The linseed fibrous rind accounts for 30–39% of the seed weight and contains very small amounts of protein and fat, but is rich in polysaccharides. The outer surface of the shell is covered with epidermis containing musilage and the inner part has endosperm. Musilage is a heterogeneous polysaccharide that forms a large part of the soluble fiber fraction of flaxseed and also has hypoglycemic effect in humans (Chung et al., 2005). About 24% of linseed fiber consists of a water-soluble fraction (Klotzbach-Shimomura, 2001). The soluble polysaccharides of flaxseed contain decreasing amounts of glucose, xylose, galactose, rhamnose, arabinose and fructose respectively. Mucilage is also used as a thickening and stabilizing agent (Wanasundara and Shahidi, 1997). Linseed fiber reduces serum cholesterol and does not increase blood glucose levels. Soluble fiber delays digestion and decreases glycemic index by increasing viscosity of small intestinal content and absorption of carbohydrates (Oomah and Mazza, 1997; Klotzbach-Shimomura, 2001). In a study using flaxseed as fiber, it was observed that intestinal movements increased by 30% per week with 50g flaxseed daily intake. Water-soluble fibers of flaxseed can help maintain blood glucose levels constant (Klotzbach-Shimomura, 2001).⁷

2.4. Phytochemicals

Nutraceutical food (functional foods) includes isolated foodstuffs, nutritional supplements, engineered foods, functional foods, vegetable products, processed products such as cereals, soups and beverages. The phytochemicals of non-vitamin nutraceuticals, which are defined as useful chemicals in foods, are of plant origin. There are more than 900 phytochemicals in the composition of foods. There are numerous *in vivo*, *in vitro* and clinical trial data that nutrition based on herbal products can reduce the risk of chronic diseases, particularly cancer. Health authorities recommend diets that are rich in cereals, fresh vegetables and fruits, and which reduce the proportion of animal meats and fats. When linseed is examined in this respect, it is a natural source of phytochemicals such as lignan, phenolic acid, flavonoids and tocopherols as well as being rich in α -linolenic acid and good quality protein (Berner and O'Donnell, 1998; Mazza, 1998; Korthals, 2002).

2.4.1. Lignans

The first study of lignans, a group of chemicals of plant origin, was conducted in the 1980s. As a result of this study, researchers observed more lignans in vegetarians than non-vegetarians. Lignan is abundant in the bark of flax seed and contains 100 times more lignan than its closest competitor (Kris-Etherton et al., 2002; Collins et al., 2003). Lignans are phenolic compounds composed of 2,3-dibenzylbutane nucleus by the

coupling of two cinnamic acid residues. Plant lignans conjugated with carbohydrates are converted into enterodiol and enterolactone, which are mammalian lignans by bacteria in the intestine (Bloedon and Szapary, 2004). Flax seed is the richest source (0.2–3.7 mg / g seed) in mammalian lignan precursor, secoisolaricircinol diglucoside (SDG). When SDG in flaxseed is taken into the body, it is converted to enterodiol by dehydroxylation and de-sterilization by facultative aerobic bacteria in the intestine. Then enterodiol is oxidized to enterolactone (Mazza, 1998). These lignans are synthesized by the intestinal bacteria and then absorbed and transported to the liver and sent to the gallbladder. In addition, flaxseed contains minor lignans, including isolarikiresinol, pinoresinol and matairesinol (Kris-Etherton et al., 2002; Bloedon and Szapary, 2004). Although the exact mechanism by which the lignans in linseed and its composition cannot prevent tumor formation cannot be determined, several mechanisms are recommended in this regard. Lignans are called phyto-estrogens and are one of the substances of plant origin that have a structure similar to estrogen hormone in the body (Kris-Etherton et al., 2002). In postmenopausal women, estrogen decreased the amount of lipoprotein, while linseed lignans had a similar effect on serum lipoprotein concentration. Lipoprotein concentration, a strong symptom of cardiovascular disease, was significantly reduced with flaxseed application (Arjmandi et al., 1998). Dietary 5% flaxseed was found to reduce the amount of dimethyl benzanthracene that caused tumor formation in mammals. Lignans with these biological effects are an alternative to traditional estrogen therapies in the prevention and treatment of hormone-based cancers (Kris-Etherton et al., 2002; Bloedon and Szapary, 2004).

In addition, lignans inhibit the growth of tumor cells as they can inhibit membrane ATPase activity and inhibit enzymes associated with cell proliferation. In studies conducted with high dose uptake of flaxseed, it has been investigated whether SDG or mammalian type lignans have genotoxic effect and lignans have no genotoxic effect (Berner and O'Donnell, 1998; Mazza, 1998).

Lignans can reduce serum cholesterol by regulating the activity of 7α -hydroxylase and acylCoA cholesterol transferase enzymes involved in cholesterol metabolism. Linseed lignans can also reduce oxidative stress. SDG, enterodiol and enterolactone show antioxidant effect by inhibiting peroxidation of polyunsaturated fatty acids in vivo (Bloedon and Szapary, 2004).

SDG in linseed has anticancer and antioxidant properties as well as antiviral, antibacterial and antifungal properties. It is also a powerful antioxidant and a substance that strengthens the immune system against different diseases. Linseed extracts, and particularly purified lignans, are protective against skin cancer and may act as antioxidants in the inhibition of activation of promutagens and procarcinogens. In addition, they also affect cholesterol homeostasis by inhibiting the enzyme involved in the formation of bile acid from cholesterol and thereby reduce the risk of colon cancer (Mazza, 1998; Dabrosin et al., 2002; Bloedon and Szapary, 2004).

2.4.2. Phenolic acids

Phenolic acids are present in oilseeds as hydroxylated derivatives of benzoic and cinnamic acids. Linseed contains 810 g / kg total phenolic acid, 5 g / kg esterified phenolic acid and 3–5 g / kg etherified phenolic acid. The level of total and esterified phenolic acids is 81 and 73.9 mg / 100 g in skinless and oil free flaxseed (Oomah et al., 1995). The major phenolic acids found in these products are trans-ferulic (46%), trans-synapic (36%), p-coumaric (7.5%) and trans-caffeic (6.5%) acids. The change in phenolic acid content is due to seasonal effects (Haris et al., 1993). The phenolic acids contained in the oilseed linseed powder are ferulic acid (10.9 mg / kg), chlorogenic acid (7.5 mg / g), gallic acid (2.8 mg / g) and 4-hydroxybenzoic acid (trace amounts) (Mazza, 1998; Fiuza et al., 2004). Cinnamic acid esters, such as caffeic acid phenethyl and benzyl esters, exhibit antiproliferative action against certain types of cancer cells. Gallic acid and its esters are hydroxybenzoic derivatives and are used as antioxidants in both the food and pharmaceutical industries. The antioxidant, antimicrobial and anticancer effects of linseed are due to phenolic acids. In addition, phenolic and phytyc acids have a hypocholesterolemic effect, as well as reducing the risk of breast and colon cancer (Oomah et al., 1995; Oomah et al., 1996; Mazza, 1998).

2.4.3. Flavonoids

Flavonoids are found in photosynthetic cells and are a group of natural benzo- γ -pyran derivatives (Cook and Samman, 1996).

Flavonoids have biological activity against allergies, inflammation, free radicals, hepatotoxins, microbes, viruses, ulcers and platelet grouping. In addition, flavonoids reduce lipid peroxidation, capillary permeability and brittleness, and inhibit the activity of enzyme systems in combination with cyclooxygenase and lipoxygenase (Oomah et al., 1996; Berner and O'Donnell, 1998). It has been reported that approximately 50% reduction in coronary heart disease is seen when high flavonoid intake (about 30 mg / day) is compared with low intake

(<19 mg / day). The mechanism of this effect is probably thought to be inhibition of platelet aggregation by LDL oxidation (Collins et al., 2003).

Linseed flavan C- and O-glycosides are the main flavonoids (Mazza, 1998). The content of flavonoids in flax seed varies between 35 and 71 mg / 100 g. Cultural diversity and environmental factors influence this level (Oomah et al., 1996).

2.4.4. Tocopherols

Tocopherols are the most powerful natural antioxidants soluble in oil. Linseed oil contains α , β , γ and tocopherols and the total tocopherol content varies between 40–50 mg / 100 g (Mazza, 1998). Gamma-tocopherol (which constitutes more than 80% of the total tocopherol) in flaxseed oil shows only 10–20% of the biological vitamin E effect of α -tocopherol, although it has much more antioxidant activity than α -tocopherol in vitro (Javouhey Donzel et al., 1993). The amount of tocopherol in linseed is affected by culture, specific and environmental conditions. 26% of total tocopherol is found in the bark of flax seed. Tocopherols protect polyunsaturated fatty acids in the cell membrane against oxidation and contribute to antioxidant capacity by keeping selenium in a reducing form. In addition, vitamin E, nitrosamines have been found to adversely affect the formation (Mazza, 1998). Vitamin A and vitamin E contents of flaxseed were reported as 5.85 IU / g and 18.17 μ g / g, respectively (Wiesenfeld et al., 2003).

2.5. Mineral Contents

Flax seeds contain the most potassium, phosphorus, sodium, magnesium and calcium, respectively (Champagne, 2008). Flax seeds have similar properties in terms of potassium and data show that flax seed is a rich source of potassium. Phosphorus is an important macro element for flax seeds. The fourth most common element in the body is magnesium. The recommended amount of magnesium per day is 320 mg. Magnesium deficiency causes depression, low IQ level and addiction (Champagne, 2008).

Trace elements found in flax seeds; fluorine, vanadium, chromium, manganese, iron, cobalt, copper, zinc, selenium, molybdenum and iodine. Trace elements are essential for the biological structure, but at the same time more than necessary can be toxic (Fraga, 2005).

Zinc is the most common element in flax seed among micro elements. Zinc is an important element in the healing of wounds and is needed in the metabolic activity of 300 body enzymes and in addition, protein and DNA synthesis is required in cell division. Biological uptake of zinc in food depends entirely on the level of phytate, and foods containing high phytate favorably affect the biological uptake of zinc (Hambidge et al., 2008).

Essential trace elements manganese, normal fat, protein, and is required for amino acid metabolism (Erikson et al., 2007).

Copper, another essential element, is found in the structure of the enzyme with many metals. Copper deficiency anemia in the body, skeletal and nervous system disorders are seen (Davis, 1987). The recommended daily amount in human nutrition is 1.5–3 mg / day (Parr, 1990).

Nickel, hydrogenase and carbon monoxide are essential for the biosynthesis of the enzyme dehydrogenase, and nickel deficiency causes a slowdown in growth and a slowdown in the activity of some enzymes. The daily nickel requirement of adult individuals is not more than 25–30 μ g and excessive consumption of nickel causes zinc deficiency in the body (Anke et al., 1995).

The amount of lithium in flax seeds ranged from 4.20–5.50 μ g / g, while the amount of lead known as heavy metal ranged from 4 to 5 μ g / g. Cadmium is also heavy metal and the amount of flax seeds is 0.22–0.55 μ g / g (Goldhaber, 2003).

The amount of chromium in flax seeds varies between 0.06–0.55 μ g / g. Chrome is available in two ways. One of these is Cr + 3, which is biologically active and is found in foods, and the other Cr + 6 is toxic and is mostly the result of industrial pollution. Biologically active chromium is essential for maintaining normal glucose metabolism in the body. The toxic effect of Cr + 3 is quite weak, but it causes problems in the liver and kidneys in high doses. The amount of chromium in the tissues of diabetic patients is much less than that of non-diabetic patients and chromium is known as a dietary supplement given to diabetic patients (Goldhaber, 2003).

3. The effects of linseed on health

Functional food is a term that emphasizes the relationship between food and health. Increasing scientific studies have shown that food components (phytochemicals of plant origin, zoologicals of animal origin) have positive effects on health and contribute to the prevention of diseases such as cardiovascular diseases, cancer and osteoporosis (Hasler, 2002a; 2002b).

Linseed has high nutritional properties and protects against obesity, cardiovascular diseases, various cancers and many diseases and also improves the health of the products in which flaxseed is added. Food industry has

been trying to produce products enriched with dietary fiber, omega, protein, carbohydrate, amino acids, vitamins, minerals which have positive effects on human health in recent years. Especially the increase in cardiovascular diseases seen in our society which consumes products with high saturated fat content has increased the interest in products with high content of omega fatty acids. It is thought that seeds rich in unsaturated fatty acids, such as flaxseed, can be consumed naturally in people by using omega fatty acids in different food products (Burdurlu and Karadeniz, 2003; Yuksel et al., 2014).

Linseed was investigated in detail against cancer and heart protection. Fiber-rich seeds contain lignan, interact with intestinal bacteria to form two estrogen-like compounds and prevent the development of some estrogen-dependent tumors. Linseed reduced colon, breast and lung tumors in rodents. It is stated that the risk of breast cancer can be reduced by consuming 10 gr of flaxseed per day (Kardinaal et al., 1997; Rickard et al., 1999; Hasler, 2002a). Linseed has been shown to reduce the total amount of testosterone and free androgen index values in prostate cancer (Bloedon and Szapary, 2004).

4. Conclusion

As can be seen from this summary information, it is observed that flax seed has positive/negative effects on nutrition and health. Linseed is a food that can be easily consumed by people sensitive to certain foods in terms of the richness of gluten-free and fat, protein, micro and macro element content. Linseed is not only considered in terms of its richness in fat, omega-3 fatty acid, protein and minerals, it is also known to be a good source of fiber that helps digestion and is a source of lignan. On the other hand, it should be remembered that it contains cyanogenic glycoside, linatin and phytic acid which will adversely affect the nutrients taken. The recommended daily amount of linseed for human consumption should not exceed 1-2 tablespoons.

REFERENCES

1. Alpaslan, M., Hayta, M., 2006, The Effects of Flaxseed, Soy and Corn Flours on The Textural and Sensory Properties of A Bakery Product, *Journal of Food Quality*, 29 (6), 617-627.
2. Anke, M., Angelow, L., Gleis, M., Müller, M., Illing, H., 1995, The Biological Importance of Nickel in The Food Chain, *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 352 (1-2), 92-96.
3. Arjmandi, B. H., Khan, D. A., Juma, S., Drum, M. L., Venkatesh, S., Sohn, E., Wei, L., Derman, R., 1998, Whole Flaxseed Consumption Lowers Serum LDL-Cholesterol and Lipoprotein (a) Concentrations in Postmenopausal Women, *Nutrition Research*, 18 (7), 1203-1214.
4. Berner, L. A., O'Donnell, J. A., 1998, Functional Foods and Health Claims Legislation: Applications To Dairy Foods, *International Dairy Journal*, 8 (5-6), 355-362.
5. Bhatena, S. J., Ali, A. A., Mohamed, A. I., Hansen, C. T., Velasquez, M. T., 2002, Differential Effects of Dietary Flaxseed Protein and Soy Protein on Plasma Triglyceride and Uric Acid Levels in Animal Models, *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13 (11), 684-689.
6. Bhatti, R. S., Cherdkiatgumchai, P., 1990, Compositional Analysis of Laboratory Prepared and Commercial Samples of Linseed Meal and of Hull Isolated From Flax, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67 (2), 79-84.
7. Bloedon, L. T. ve Szapary, P. O., 2004, Flaxseed and Cardiovascular Risk, *Nutrition Reviews*, 62 (1), 18-27.
8. Borgmeyer, J. R., Smith, C. E., Huynh, Q. K., 1992, Isolation, Characterization of A 25 kDa Antifungal Protein From Flax Seeds, *Biochemical Biophysical Research Communications*, 187 (1), 480-487.
9. Burdurlu, H. S., Karadeniz, F., 2003, Gədəlarda Diyet Lifinin İnnemi, *Gəda Məhendislipi Dergisi*, 7 (15), 18-25.
10. Champagne, C. M., 2008, Magnesium in Hypertension, Cardiovascular Disease, Metabolic Syndrome, and Other Conditions: A Review, *Nutrition in Clinical Practice*, 23 (2), 142-151.
11. Chung, M. W. Y., Lei, B., Li-Chan, E. C. Y., 2005, Isolation and Structural Characterization of The Major Protein Fraction From NorMan Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.), *Food Chemistry*, 90 (1-2), 271-279.
12. Collins, T. F. X., Sprando, R. L., Black, T. N., Olejnik, N., Wiesenfeld, P. W., Babu, U. S., Bryant, M., Flynn, T. J., Ruggles, D. I., 2003, Effects of Flaxseed and Defatted Flaxseed Meal on Reproduction and Development in Rats, *Food Chemical Toxicology*, 41 (6), 819-834.
13. Cook, N. C., Samman, S., 1996, Flavonoids Chemistry, Metabolism, Cardioprotective Effects, and Dietary Sources, *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 7 (2), 66-76.

14. Dabrosin, C., Chen, J., Wang, L., Thompson, L. U., 2002, Flaxseed Inhibits Metastasis and Decreases Extracellular Vascular Endothelial Growth Factor in Human Breast Cancer Xenografts, *Cancer Letters*, 185 (1), 31-37.
15. Davis, G. K., 1987, Copper. In 'Trace elements in Human and Animal Nutrition'. 5th Edn. Vol. 42. (Ed. W Mertz), Academic Press: New York: 301-364.
16. Davis, P. H., 1967, Linum L. In: Flora of Turkey and The East Aegean Islands, (Ed.: P.H. Davis). *Edinburgh: Edinburgh University Press* (2), 425-450.
17. Duguid, S., Lafond, G., McAndrew, D. W., Rashid, K. Y., Ulrich, A., 2007, Growing Flax: Production, Management & Diagnostic Guide, *Winnipeg, MB: Flax Council of Canada*.
18. Erikson, K. M., Thompson, K., Aschner, J., Aschner, M., 2007, Manganese Neurotoxicity: A Focus on The Neonate, *Pharmacology Therapeutics*, 113 (2), 369-377.
19. Ertup, F., 1998, Anadolu'nun İçnemli Yap Bitkilerinden Keten/Linum ve Özgin/Eruca, *TUBA-AR (Turkish Academy of Sciences Journal of Archaeology)* (1), 113-127.
20. Fiuza, M. S., Gomes, C., Teixeira, L. J., Girao da Cruz, M. T., Cordeiro, M. N. D. S., Milhazes, N., Borges and Marques, M. P. M., 2004, Phenolic Acid Derivatives with Potential Anticancer Properties-A StructureActivity Relationship Study, *Bioorganic & Medicinal Chemistry* (12), 3581-3589.
21. Fraga, C. G., 2005, Relevance, Essentiality and Toxicity of Trace Elements in Human Health, *Molecular Aspects of Medicine*, 26 (4-5), 235-244.
22. Gencer, O., 1993, Genel Tarla Bitkileri (Endüstri Bitkileri), *Zukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Adana*.
23. Goldhaber, S. B., 2003, Trace Element Risk Assessment: Essentiality vs. Toxicity, *Regulatory Toxicology Pharmacology*, 38 (2), 232-242.
24. Гьнер, А., Vural, M., Duman, H., Dünmez, A. A., Sapban, H., 1996, The Flora of The Kütücegiz-Dalyan Specially Protected Area (Mugla-Turkey), *Turkish Journal of Botany*, 20 (4), 329-373.
25. Hambidge, K. M., Miller, L. V., Westcott, J. E., Krebs, N. F., 2008, Dietary Reference Intakes for Zinc May Require Adjustment for Phytate Intake Based Upon Model Predictions, *The Journal of Nutrition*, 138 (12), 2363-2366.
26. Harris, W. S., Miller, M., Tighe, A. P., Davidson, M. H., Schaefer, E. J., 2008, Omega-3 Fatty Acids and Coronary Heart Disease Risk: Clinical and Mechanistic Perspectives, *Atherosclerosis*, 197 (1), 12-24.
27. Hasler, C. M., 2002a, Functional Foods: Benefits, Concerns and Challenges A Position Paper From The American Council on Science and Health, *The Journal of Nutrition*, 132 (12), 3772-3781.
28. Hasler, C. M., 2002b, The Cardiovascular Effects of Soy Products, *Journal of Cardiovascular Nursing*, 16 (4), 50-63.
29. Heywood, V. H., Moore, D. M., Richardson, I. B. K., Stearn, W. T., 1993, Flowering Plants of The World, 582.13 F644, Oxford University Press.
30. Hickey, M., King, C., 1988, 100 Families of Flowering Plants, Cambridge University Press.
31. Javouhey Donzel, A., Guenot, L., Maupoil, V., Rochette, L., Rocquelin, G., 1993, Rat Vitamin E Status and Heart Lipid Peroxidation: Effect of Dietary α -Linolenic Acid and Marine n-3 Fatty Acids, *Lipids*, 28 (7), 651-655.
32. Kardinaal, A. F. M., Waalkens-Berendsen, D. H., Arts, C. J. M., 1997, Pseudo-Oestrogens in The Diet: Health Benefits and Safety Concerns, *Trends in Food Science Technology*, 8 (10), 327-333.
33. Klotzbach-Shimomura, K., 2001, Functional Foods: The Role of Physiologically Active Compounds in Relation To Disease, *Topics in Clinical Nutrition*, 16 (2), 68-78.
34. Korthals, M., 2002, The Struggle Over Functional Foods: Justice and The Social Meaning of Functional Foods, *Journal of Agricultural Environmental Ethics*, 15 (3), 313-324.
35. Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Griel, A. E., Etherton, T. D., 2002, Bioactive Compounds in Foods: Their Role in The Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer, *The American Journal of Medicine*, 113 (9), 71-88.
36. Madhusudhan, K. T., Singh, N., 1983, Studies on Linseed Proteins, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 31 (5), 959-963.
37. Mazza, G., 1998, In: Functional Foods, Biochemical and Processing Aspects, Lancaster, Pennsylvania: Technomic Publishing Company (Flaxseed Products For Disease Prevention), 91-127.

38. Oomah, B. D., Mazza, G., 1993, Flaxseed Proteins—A Review, *Food Chemistry*, 48 (2), 109-114.
39. Oomah, B. D., Kenaschuk, E. O., Mazza, G., 1995, Phenolic Acids in Flaxseed, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 43 (8), 2016-2019.
40. Oomah, B. D., Mazza, G., Kenaschuk, E. O., 1996, Flavonoid Content of Flaxseed. Influence of Cultivar and Environment, *Euphytica*, 90 (2), 163-167.
41. Oomah, B. D., Mazza, G., 1997, Effect of Dehulling on Chemical Composition and Physical Properties of Flaxseed, *LWT-Food Science Technology*, 30 (2), 135-140.
42. Oomah, B. D., Mazza, G., 2000, Bioactive Components of Flaxseed: Occurrence, *Phytochemicals Phytopharmaceuticals*, 106.
43. Oomah, B. D., Der, T. J., Godfrey, D. V., 2006, Thermal Characteristics of Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) Proteins, *Food Chemistry*, 98 (4), 733-741.
44. Orcheson, L. J., Rickard, S. E., Seidl, M. M., Thompson, L. U., 1998, Flaxseed and Its Mammalian Lignan Precursor Cause A Lengthening or Cessation of Estrous Cycling in Rats, *Cancer Letters*, 125 (1-2), 69-76.
45. Parr, R. M., 1990, Recommended Dietary Intakes of Trace Elements: Some Observations on Their Definition and Interpretation in Comparison with Actual Levels of Dietary Intake, In: Trace Elements in Clinical Medicine, Eds: Springer, p. 325-331.
46. Ramcharitar, A., Badrie, N., Mattfeldt-Beman, M., Matsuo, H., Ridley, C., 2005, Consumer Acceptability of Muffins With Flaxseed (*Linum usitatissimum*), *Journal of Food Science*, 70 (7), s504-s507.
47. Rickard, S. E., Yuan, Y. V., Chen, J., Thompson, L. U., 1999, Dose Effects of Flaxseed and Its Lignan on N-Methyl-N-Nitrosourea-Induced Mammary Tumorigenesis in Rats, *Nutrition Cancer*, 35 (1), 50-57.
48. Robertson, K. R., 1972, The Genera of Geraniaceae in The Southeastern United States, *Journal of the Arnold Arboretum*, 53 (2), 182-201.
49. Schuster, W. H., 1992, Lein/Flachs (*Linum usitatissimum* L.), in: Цпpflanzen ibn Europa, *DLG-Verlag, Frankfurt am Main*, 239.
50. Vromans, J., 2006, Molecular Genetic Studies in Flax (*Linum usitatissimum* L.).
51. Wanasundara, P. K. J. P. D. ve Shahidi, F. J. F. c., 1997, Removal of Flaxseed Mucilage by Chemical and Enzymatic Treatments, *Food Chemistry*, 59 (1), 47-55.
52. Wiesenfeld, P. W., Babu, U. S., Collins, T. F. X., Sprando, R., O'Donnell, M. W., Flynn, T. J., Black, T., Olejnik, N., 2003, Flaxseed Increased α -linolenic and Eicosapentaenoic Acid and Decreased Arachidonic Acid in Serum and Tissues of Rat Dams and Offspring, *Food Chemical Toxicology*, 41 (6), 841-855.
53. Yuksel, F., Karaman, S., Kayacier, A., 2014, Enrichment of Wheat Chips with Omega-3 Fatty Acid by Flaxseed Addition: Textural and Some Physicochemical Properties, *Food Chemistry*, 145, 910-917.
54. Zohary, D., Hopf, M., Weiss, E., 2012, Domestication of Plants in The Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and The Mediterranean Basin, Oxford University Press on Demand.

¹С.В.Зверев; ²В.А.Зубцов, д.м.н., профессор, академик РАЕН; ³Д.П. Ефремов

¹*ВНИИЗ — филиал ФГБНУ «ФНЦ Пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Российская Федерация*

²*ФГБНУ «ФНЦ Лубяных культур», г. Тверь, Российская Федерация*

³*Алтайская сельскохозяйственная корпорация, г. Барнаул, Российская Федерация*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА СПОСОБА ОБРУШЕНИЯ СЕМЯН ЛЬНА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация: Льняное семя — источник ценных пищевых продуктов и нутриентов. Таковыми, кроме масла, являются белок и лигнан. Однако содержание этих компонентов неравномерно распределено по анатомическим частям семени. Для их эффективного извлечения желательны анатомические части семян разделить. Например, для получения высокобелкового продукта с минимальным содержанием пищевых волокон, а так же сырья (для выделения лигнана) в виде оболочек, необходимо оболочки отделить от семядолей и эндосперма (обрушить). Технологический процесс обрушения семян включает традиционные для зернопереработки операции сушки, дробления, ситового и пневмосепарирования. Для дробления семян использовался центробежный шелушитель (дробилка). Далее применялись операции отсева на ситах и пневмосепарирование. В результате получено три фракции: одна в виде дробленого ядра с повышенным содержанием белка (27 %) и масла (33 %), вторая в виде оболочек (с содержанием клетчатки до 32 %), третья в виде смеси мелких частиц оболочки и ядра.

Ключевые слова: льняное семя, обрушение, дробление, ситовое и пневмосепарирование

¹S.M. Zverev, ²V.A. Zubcov, ³D.P. Efremov

¹*VNII of grain and products of its processing—branch FGBNU «FNC Food systems. V.m. Gorbatova «RUSSIAN ACADEMY of SCIENCES, Moscow, Russian Federation*

²*FGBNU «FNC bast crops», Tver, Russian Federation*

³*AFK, Barnaul, Russian Federation*

THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF HOW THE COLLAPSE OF FLAX SEED AND ITS TEMPERING

Abstract. Linseed is a source of valuable food and nutrients. As such, in addition to oil, are protein and lignans. However, the content of these components is unevenly distributed over the anatomical parts of the seed. For their effective extraction, it is desirable to separate the anatomical parts of the seeds. For example, to obtain a high-protein product with a minimum content of dietary fibers, as well as raw materials (for the isolation of Lignan) in the form of shells, it is necessary to separate the shells from the cotyledons and endosperm (collapse). The technological process of seed collapse includes traditional grain processing operations of drying, crushing, sieve and pneumatic separation. For crushing of seeds were used centrifugal de-hulling machine (crusher). Next was applied the operation of sieving in sieves and pneumoseparation. The result is three fractions, one in the form of crushed kernels with an increased protein content (27 %) and oil (33 %), the shells (with a fiber content up to 32 %), the third in the form of a mixture of small particles of shell and kernel.

Keywords: flax seed, collapse, fragmentation, situlae and pneumoseparation

Введение. Использование льносемян и продуктов их переработки на пищевые цели позволяет получить очень существенный дополнительный народнохозяйственный эффект, связанный с обогащением рационов питания населения высококачественным растительным белком который при высокой пищевой ценности в несколько раз дешевле белка, потребляемого из продуктов животного происхождения [1].

Семена льна состоит из оболочки, эндосперма и семядоля. В льняном семени в среднем содержится около 35 % жира, 23 % белка, 22 % безазотистых экстрактивных веществ, 9 % клетчатки, 3 % золы и 8 % воды. Однако, эти цифры существенно зависят от сорта семян и условий возделывания. При этом, основная доля белка и масла сосредоточена в эндосперме и семядолях, а клетчатки — в оболочках, как это видно из табл. 1.

Таблица 1. Химический состав анатомических частей сменя льна, %

Анатомические части	Доля	Протеин (N*6,25)	Липиды	Зола	Углеводы (кроме целлюлозы)	Целлюлоза	Влажность
Семя в целом	100	21,42	48,40	4,06	26,12	4,47	4,32
Ядро	69,07	19,10	39,15	4,36	17,39	1,29	4,18
Эндосперм	13,92	32,20	40,36	2,56	24,89	5,26	5,29
Семенная оболочка	17,01	1,18	8,19	3,29	80,34	17,93	11,36

Кроме масла, семя льна является источником лигнана (сосредоточен в оболочках), а эндосперм и семядоли — высококачественного белка. Однако извлечение этих компонентов связано с определенными трудностями.

Для повышения эффективности извлечения биоактивных веществ из семени, представляется целесообразным в качестве сырья использовать именно те анатомические части, где эти нутриенты в основном сосредоточены. С этой целью эти анатомические части необходимо выделить. Однако, из-за морфологических особенностей многие масличные семена, такие как рапс, лен и т.д. с трудом поддаются обрушиванию и разделению, что заметно снижает качество получаемых масел и белка.

Селективная дезинтеграция — традиционный способ получения из растительного сырья полуфабрикатов. Этот метод включает операции измельчения, в результате чего получается полидисперсный сыпучий материал, и фракционирование по тем или иным физико-технологическим свойствам (размер частиц, скорость витания, цвет и т.п.). Комплексная переработка отходов масличного сырья в настоящее время признана входящей в критические технологии и требующие инновационного развития. Ранее проведенные эксперименты показали высокую эффективность использования для обрушения зерна белого люпина центробежного шелушителя (дробилки) [2].

Объект и методы исследования. Объектом исследования служили нативные семена масличного льна сорта Северный (Барнаул, ООО «АгроЛён»).

Измельчение семян льна проводили на лабораторном центробежном шелушителе с регулируемой частотой вращения рабочего диска.

Для отсева дробленки использовались сита лабораторные для анализа зерновых культур (ГОСТ Р 51568-99. ИСО 3310-1-90. Сита лабораторные из металлической проволочной сетки. Технические условия). Для обозначения в тексте используется значек #.

Пневмосепарирование проводилось на лабораторной установке фирмы «Buhler» с регулируемой скоростью потока воздуха в пневмоканале.

Для взвешивания продуктов шелушения использовались лабораторные весы с точностью до 0,01 г.

Влажность определялась по ГОСТ 10856-96 (Семена масличные. Метод определения влажности), содержание жира — по ГОСТ 10857-64 (Семена масличные. Методы определения масличности), белка — на анализаторе белка по Кьельдалю, сырой клетчатки — по ГОСТ 13496.2-91 (Метод определения сырой клетчатки), полисахаридов — по методике количественного определения суммарного содержания полисахаридов в семенах льна [3].

Технологическая схема процесса обрушения семени льна представлена на рис. 1.

Ранее при обрушении семян льна влажностью 3 % на центробежном шелушителе при скорости удара 41 м/с и отсева на 7 фракции (отсев на 4 ситах) были получены следующие результаты [4]:

1. Суммарный выход приемлемого белкового продукта в виде осадка после пневмосепарирования составляет более 55 %. Содержание в нем белка 21,6 %, клетчатки 23 %, жира 36,0 %.

2. Суммарный продукт в виде оболочек содержит белка 15 %, клетчатки 58,0 %, жира 9,0 %.

Однако, такая схема требует, как минимум, четырех пневмосепараторов, что существенно увеличивает капитальные затраты при организации производства. Поэтому был апробирован простейший трехфракционный вариант.

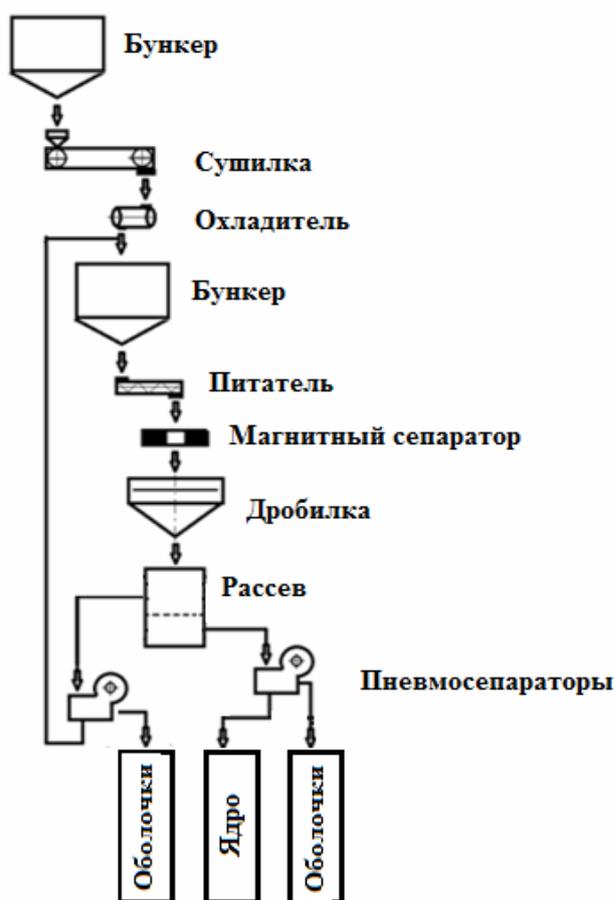


Рис. 1. Технологическая схема экспериментального обрушения семян льна

Обрушение проводилось по следующей схеме:

1. Нефракционированные семена (влажность 3,5 %) измельчались на центробежной дробилке при скорости периферии диска 41 м/с.
 2. Дробленка рассеивалась на две фракции сход-проход на сите #1,6.
 3. Дробление проводилось один раз (без подачи схода с сита #1,6 на доизмельчение).
 4. Проход сита #1,6 подвергали пневмосепарированию.
- Режимы и полученные результаты (ошибка $\pm 10\%$) представлены в табл. 2.

Таблица 2. Режимы и полученные результаты обрушения семян льна

Сито #*, мм	V, м/с	Осадок, %	Относ, %
Сход #1,6	4,8	3,2	9,6
Проход сита #1,6	4,2	50,8	37,4

***сита лабораторные из металлической проволочной сетки**

На рис. 2 даны фотографии продуктов дробления после пневмосепарирования.

Обсуждение результатов и выводы. Из рис. 2 видно, что осадок, хотя и засорен частично мелко фракцией оболочки, явно содержит большее количество дробленого ядра, чем отходы.

Ниже приведен биохимический состав продуктов обрушения:

- ♦ отходы крупной фракции — белок — 21,69 % (общий азот 3,47 %), клетчатка — 32 %, жиры — 18 %.
 - ♦ отходы мелкой фракции — белок — 20,34 % (общий азот 3,25 %), клетчатка — 12 %, жиры — 12 %.
 - ♦ осадок (ядро) — белок — 27,34 % (общий азот 4,37 %), клетчатка — 3 %, жиры — 32,8 %.
- Содержание полисахаридов в оболочках (суммарные отходы двух фракций) — 47 %.

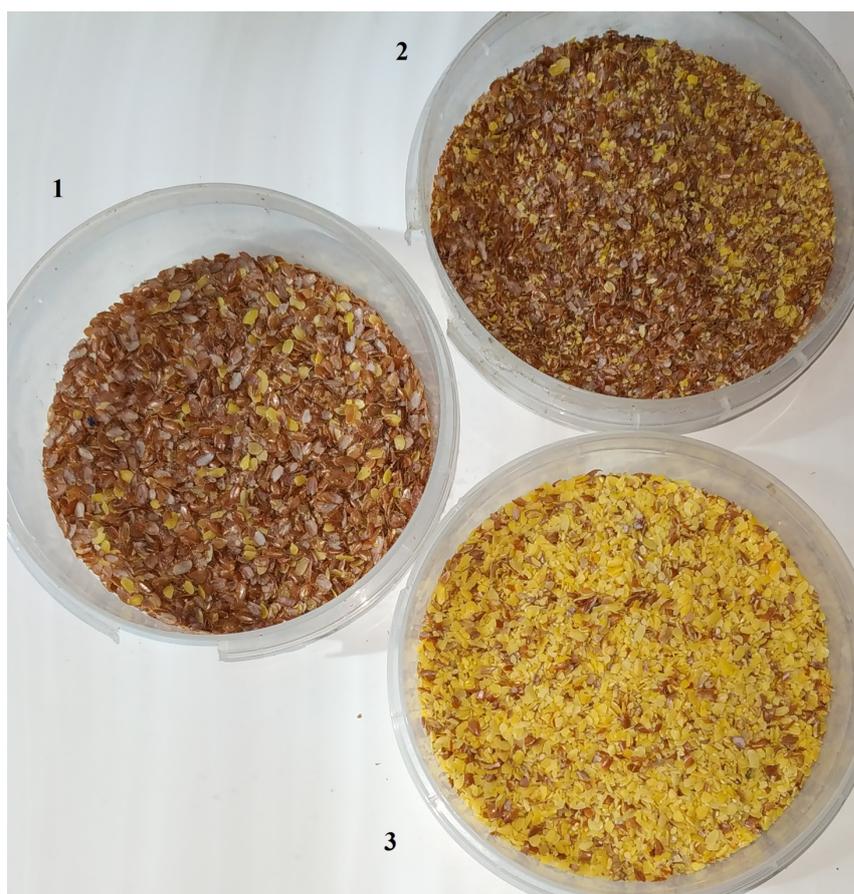


Рис. 2. Продукты обрушения семян льна проход сита #1,6 и скорость воздуха при пневмосепарировании $V = 4,2$ м/с: 1 — отходы крупной фракции; 2 — отходы мелкой фракции; 3 — осадок

Таким образом, предлагаемый вариант технологической схемы обрушения нативных семян льна в принципе позволяет, в большей или меньшей степени, выделить из них компоненту в виде ядра (с повышенным содержанием белка и масла) и оболочки (с повышенным содержанием лигнанов и пищевых волокон). После отжима масла из фракции ядра содержание белка в жмыхе возрастает и он может быть использован в качестве высокобелковой добавки как в пищевой промышленности, так и в кормопроизводстве. Однако экономическая целесообразность такого разделения подлежит оценке в каждом конкретном случае.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубцов, В.А. Инновационные технологии переработки семян льна. Часть 2/ В.А. Зубцов [и др.]. — Тверь: Твер. Гос. Ун-т, 2014. — 160 с.
2. Зверев, С.В. Белый люпин: обрушение и термообработка зерна / С.В. Зверев, А.Э. Ставцев, А.С. Цыгуткин. — М. : ООО «Сам Полиграфист». — 2019. — 128 с.
3. Зубцов, В.А. Эффективность дезинтеграции семян льна на центробежном шелушителе / В.А. Зубцов, С.В. Зверев, Ю.Ф. Росляков, В.В. Гончар // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2019. — № 1 (367). — С. 89–92.
4. Оленников, Д.Н. Методика количественного определения суммарного содержания полисахаридов в семенах льна (*Linum usitatissimum* L) / Д.Н. Оленников, Л.М. Танхаева // Химия растительного сырья. — 2007. — том № 4. — С.79–83.