

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Киричук А.А.¹, Рахманин Ю.А.², Скальный А.А.¹, Айсувакова О.П.^{1,3,4}, Тиньков А.А.^{1,3,4}, Грабеклис А.Р.^{1,4}, Скальный А.В.^{1,4}

Влияние обогащённых продуктов на содержание железа, йода и цинка в рационах учащихся школ Республики Таджикистан

¹ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Москва;²ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва;³ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», 150003, Ярославль;⁴ФГАОУ ВО «Первый московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет)», 119435, Москва

Введение. Целью исследования явилось определение содержания железа, йода и цинка в рационах обедов школьников Республики Таджикистан, а также влияния включения в рацион продуктов, предоставляемых Всемирной продовольственной программой (ВПП) ООН.

Материал и методы. Исследование проведено в 2 типах школ, расположенных в Пенджикентском и Айнинском районах Республики Таджикистан. Школы 1-го типа не участвовали в программах по улучшению школьного питания, тогда как школы 2-го типа участвовали в программе ВПП ООН по предоставлению обогащённых микроэлементами продуктов и в государственной программе по улучшению инфраструктуры и предоставлению горячего питания. Анализ содержания железа, йода и цинка проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Результаты. Содержание железа, йода и цинка в обогащённой микроэлементами пшеничной муке, предоставляемой ВПП ООН, превышало соответствующие значения у пшеничной муки местного производства в 2,3; 14 и 4,7 раза соответственно. Йодированная соль ВПП ООН характеризовалась 11-кратным превышением уровня йода по сравнению с образцами местной соли. Использование обогащённой железом и цинком пшеничной муки, а также йодированной соли в школах 2-го типа привело к достоверному повышению потребления железа, йода и цинка в 2,5; 12, а также 4 раза относительно показателей школ 1-го типа соответственно.

Заключение. Таким образом, программа ВПП ООН наряду с организационными мероприятиями по улучшению школьного питания обеспечила до 50 и 100% суточной потребности детей в железе и цинке, тогда как в случае йода даже превышала данные нормы, что свидетельствует об эффективности проводимых мероприятий. В то же время осуществление подобных мероприятий должно проводиться под контролем мониторинга уровня микроэлементов в организме как с целью оценки эффективности, так и безопасности программ.

К л ю ч е в ы е с л о в а : обогащение; железо; цинк; йод; организация питания.

Для цитирования: Киричук А.А., Рахманин Ю.А., Скальный А.А., Айсувакова О.П., Тиньков А.А., Грабеклис А.Р., Скальный А.В. Влияние обогащённых продуктов на содержание железа, йода и цинка в рационах учащихся школ Республики Таджикистан. Гигиена и санитария. 2020; 99 (9): 975-979. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-9-975-979>

Для корреспонденции: Киричук Анатолий Александрович, канд. сельхоз. наук; доцент; ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Москва. E-mail: kirichuk-aa@rudn.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Публикация подготовлена при поддержке Программы РУДН «5-100».

Участие авторов: концепция и дизайн исследований – Киричук А.А., Рахманин Ю.А., Скальный А.В.; сбор и обработка материала – Киричук А.А., Скальный А.А., Айсувакова О.П.; статистическая обработка – Тиньков А.А., Грабеклис А.Р.; написание текста – Киричук А.А., Тиньков А.А.; редактирование – Рахманин Ю.А., Скальный А.В.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила 05.02.2020

Принята к печати 18.09.2020

Опубликована 20.10.2020

Anatoly A. Kirichuk¹, Yury A. Rakhmanin², Andrey A. Skalny¹, Olga P. Ajsuvakova^{1,3,4}, Aleksey A. Tinkov^{1,3,4}, Andrey R. Grabeklis^{1,4}, Anatoly V. Skalny^{1,4}

The influence of fortified food products on dietary iron, iodine, and zinc content in Tajik schoolchildren

¹Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, 117198, Russian Federation;²Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, 119121, Russian Federation;³Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, 150003, Russian Federation;⁴Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119435, Russian Federation

Introduction. The objective of the study is an assessment of dietary iron, iodine, and zinc content in school dinners in Tajik schoolchildren, as well as the influence of the use of fortified products supplied by the UN World Food Programme.

Material and methods. The investigation is performed in two types of schools located in Penjikent and Ayni regions of the Tajikistan Republic. Type 1 schools were not involved in the program of school nutrition improvement, whereas type 2 schools took part in the WFP UN program on the supply of fortified products, as well as the governmental program on improvement of infrastructure and provision of hot meals.

Results and discussion. Iron, iodine, and zinc content in fortified wheat flour supplied by WFP UN exceeded the respective values of the local product by a factor of 2.3, 14, and 4.7. Iodized salt (WFP UN) was characterized by an 11-fold increase in iodine content as compared to the locally used salt. The use of fortified wheat flour and iodized salt in type 2 schools for the preparation of school dinners should provide an increased dietary intake of iron, iodine, and zinc by a factor of 2.5, 12, and 4, when compared to type 1 schools, respectively.

Conclusion. Therefore, WFP UN along with governmental efforts aimed at improvement of school meals provided from 50% to 100% of the recommended dietary allowance for iron and zinc, whereas in the case of iodine even exceeded recommended values, being indicative of the efficiency of the efforts. At the same time, such programs should be supported by trace element monitoring in the organism for assessment of both efficiency and safety.

К е y o r d s : fortification; iron; zinc; iodine; arrangements for feeding.

For citation: Kirichuk A.A., Rakhmanin Yu.A., Skalny A.A., Ajsuvakova O.P., Tinkov A.A., Grabeklis A.R., Skalny A.V. The influence of fortified food products on dietary iron, iodine, and zinc content in Tajik schoolchildren. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99 (9): 975-979. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-9-975-979> (In Russ.)

For correspondence: Anatoly A. Kirichuk, MD, Ph.D., Assistant Professor, People's Friendship University of Russia, Moscow, 117198, Russian Federation. E-mail: kirichuk-aa@rudn.ru

Information about the authors:

Kirichuk A.A., <https://orcid.org/0000-0001-5125-5116>; Rakhmanin Yu.A., <https://orcid.org/0000-0003-2067-8014>; Skalny A.A., <https://orcid.org/0000-0002-0934-4315>; Ajsuvakova O.P., <https://orcid.org/0000-0003-4707-9353>; Tinkov A.A., <https://orcid.org/0000-0003-0348-6192>; Grabeklis A.R., <https://orcid.org/0000-0003-4017-4139>; Skalny A.V., <https://orcid.org/0000-0001-7838-1366>

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

Acknowledgments. The publication has been prepared with the support of the "RUDN University Program 5-100".

Contribution: research concept and design – Kirichuk A.A., Rakhmanin Yu.A., Skalny A.V.; collection and processing of materials – Kirichuk A.A., Skalny A.V., Ajsuvakova O.R.; statistical processing – Tinkov A.A., Grabeklis A.R.; writing a text – Kirichuk A.A., Tinkov A.A.; editing – Rakhmanin Yu.A., Skalny A.V.; approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article – all authors.

Received: February 05, 2020

Accepted: July 29, 2020

Published: October 20, 2020

Введение

Эссенциальные микроэлементы играют значительную роль в функционировании организма человека за счёт реализации структурной, сигнальной, кофакторной функции [1]. В этой связи обеспеченность населения микроэлементами в значительной степени определяет популяционное здоровье и демографическую ситуацию [2].

Организм ребёнка в большей степени предрасположен к негативным эффектам дефицита микроэлементов [3]. В частности, дефицит железа, йода и цинка связан с патологией нервной системы, характеризующейся нарушением когнитивных и моторных навыков. Помимо этого дефицит ряда микроэлементов, в первую очередь цинка, связан с нарушением функционирования иммунной системы и развитием инфекционных заболеваний [4].

Дефицит эссенциальных микроэлементов затрагивает более 2 млрд человек в мире с наибольшей распространённостью в Центральной Азии [5]. Одной из стран с высоким риском дефицита микронутриентов является Республика Таджикистан (РТ). Так, согласно данным UNICEF, частота анемии у детей в Таджикистане превышает 30% [6]. Среди 623 обследуемых в южном Таджикистане детей 47% страдали зобом [7]. Причиной высокой частоты дефицита микронутриентов у детей в РТ могут являться дефицит микроэлементов в пищевых продуктах [8], недостаточное разнообразие пищи [9], а также распространённость гельминтозов [10]. В этой связи ВПП ООН проводит в РТ программу по улучшению качества питания детей, где дефицит микроэлементов всё ещё является значительной медико-социальной проблемой.

Инструментом реализации ВПП ООН является предоставление обогащённой железом и цинком пшеничной муки, а также йодированной соли. В то же время не установлено, насколько использование данных продуктов повышает потребление микроэлементов детьми. В этой связи целью исследования явилось определение содержания железа, йода и цинка в рационах школьных обедов Пенджикентского и Айнинского районов РТ, а также влияния включения в рацион продуктов, предоставляемых ВПП ООН.

Материал и методы

Исследование проведено в 2 типах школ, расположенных в Пенджикентском и Айнинском районах Республики Таджикистан. Школы 1-го типа не участвовали в программах по улучшению школьного питания, тогда как школы 2-го типа участвовали в программе ВПП ООН по предоставлению обогащённых микроэлементами продуктов, а также являются участниками Программы пилотных проектов по улучшению инфраструктуры и предоставлению горячего питания. В рамках программы ВПП ООН предоставлялись пшеничная мука, обогащённая цинком и железом, а также йодированная соль.

Меню школ 1-го типа было одинаковым на протяжении всей недели и состояло из порции супа угро (250 г), булочки веснушки (45 г), хлеба пшеничного из муки 1-го сорта (102 г), а также 200 мл чая. При этом меню школ 2-го типа существенно отличалось от школ 1-го типа и было различным в зависимости от недели (табл. 1). Меню обедов школ 1-го типа на всём протяжении соответствовало меню 2-го типа школ для 1-го дня 1-й недели. Состав блюд, на основе которого впоследствии рассчитывалось суточное потребление цинка, йода и железа, также представлен в табл. 1.

Для расчёта потребления железа, йода и цинка со школьными обедами проведён анализ содержания данных элементов во всех продуктах, используемых для приготовления блюд меню (см. табл. 1). В ходе пробоподготовки навеску, содержащую 50–100 мг образца, вносили в тефлоновые пробирки, содержащие концентрированную азотную кислоту (Sigma-Aldrich Co., MO, USA), с последующим микроволновым разложением в микроволновой системе Berghof Speed Wave 4 DAP-40 (Berghof Products + Instruments GmbH, Eningen, Germany) при 170–180 °C в течение 20 мин.

Анализ содержания железа, йода и цинка проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой на спектрометре NexION 300D (PerkinElmer Inc., CT, USA), оснащённом автоматическим дозатором ESI SC DX4 (Elemental Scientific Inc., Omaha, USA). Калибровку системы проводили с использованием растворов элементов

Таблица 1

Ежедневное меню школьных обедов и состав блюд в школах 1-го и 2-го типов

| День | 1-я неделя | | 2-я неделя | |
|-----------|--|---|----------------------------------|---|
| | блюдо | состав (г) | блюдо | состав (г) |
| Ежедневно | 200 мл чая, содержащего сахар (15), и чай листовой (1,0) | | | |
| 1-й* | Суп Угро (250 г) | Мука пшеничная (15), горох (5), картофель (53), морковь (13), лук репчатый (12), яйцо (0,1 шт.), масло растительное (4,0), соль (0,5) | Суп картофельный с рисом (250 г) | Рисовая крупа (5), картофель (55), морковь (13), лук репчатый (12), масло растительное (3), соль (1,5) |
| | Булочка домашняя (45 г) | Мука пшеничная (30), маргарин (7), сахар (6), яйцо (0,02 шт.), масло растительное (0,1), соль (0,3), дрожжи сухие (0,2) | Булочка домашняя (45 г) | Мука пшеничная (30), маргарин (7), сахар (6), яйцо (0,02 шт.), масло растительное (0,1), соль (0,3), дрожжи сухие (0,2) |
| | Хлеб пшеничный | Мука 1-го сорта (102 г) | Хлеб пшеничный | Мука 1-го сорта (122 г) |
| 2-й | Фасоль отварная (200 г) | Фасоль (97), маргарин (3), соль (1,5) | Маш отварной (200 г) | Горох (8), маш (89), лук репчатый (12), масло растительное (7), соль (1,5) |
| | Булочка веснушка (45 г) | Мука пшеничная (32), маргарин (3), сахар (3), яйцо (0,02 шт.), масло растительное (0,1), соль (0,3), дрожжи сухие (0,2) | Булочка веснушка (45 г) | Мука пшеничная (32), маргарин (3), сахар (3), яйцо (0,02 шт.), масло растительное (0,1), соль (0,3), дрожжи сухие (0,2) |
| | Хлеб пшеничный | Мука 1-го сорта (120 г) | Хлеб пшеничный | Мука 1-го сорта (120 г) |
| 3-й | Ши из свежей капусты (250 г) | Капуста белокочанная (63), картофель (40), морковь свежая (13), лук репчатый (12), томатная паста (2), масло растительное (4), соль (1,5) | Суп из лапши домашней (250 г) | Мука пшеничная (32), морковь (13), лук репчатый (12), яйцо (0,1 шт.), соль (1,8) |
| | Булочка дорожная (45) | Мука пшеничная (29), маргарин (7), сахар (5), масло растительное (0,3), соль (0,3), дрожжи сухие (0,2) | Булочка дорожная (45) | Мука пшеничная (29), маргарин (7), сахар (5), масло растительное (0,3), соль (0,3), дрожжи сухие (0,2) |
| | Хлеб пшеничный | Мука 1-го сорта (124 г) | Хлеб пшеничный | Мука 1-го сорта (124 г) |
| 4-й | Ханум с тыквой (200 г) | Мука пшеничная (65), лук репчатый (28), масло растительное (22), тыква (153), соль (1,7) | Каша рисовая с тыквой (250 г) | Рисовая крупа (44), лук репчатый (12), молоко цельное (11), соль (1,8) |
| | Булочка школьная (45) | Мука пшеничная (37), маргарин (1), сахар (2), масло растительное (0,3), соль (0,5), дрожжи сухие (0,4) | Булочка школьная (45) | Мука пшеничная (37), маргарин (1), сахар (2), масло растительное (0,3), соль (0,5), дрожжи сухие (0,4) |
| | Хлеб пшеничный | Мука 1-го сорта (37 г) | Хлеб пшеничный | Мука 1-го сорта (113 г) |
| 5-й | Суп гороховый (250 г) | Горох (35), морковь свежая (13), лук репчатый (18), масло растительное (4), соль (1,5) | Шавля-шурбо (200 г) | Рисовая крупа (17), горох (32), морковь свежая (13), лук репчатый (12), масло растительное (8), соль (1,5) |
| | Булочка с курагой (45) | Мука пшеничная (32), маргарин (3), сахар (3), масло растительное (0,3), сухофрукты (2), соль (0,3), дрожжи сухие (0,2) | Булочка с курагой (45) | Мука пшеничная (32), маргарин (3), сахар (3), масло растительное (0,3), сухофрукты (2), соль (0,3), дрожжи сухие (0,2) |
| | Хлеб пшеничный | из муки 1-го сорта (120 г) | Хлеб пшеничный | Мука 1-го сорта (75 г) |

Примечание. Представлены данные только о меню школьных обедов, характер питания вне школ не регистрировался. * – Данное меню являлось основным для школ 1-го типа.

с различной концентрацией, изготовленных с использованием наборов стандартов Universal Data Acquisition Standards Kit (PerkinElmer Inc., CT, USA). В ходе анализа также проводили внутреннюю online-стандартизацию с использованием растворов Yttrium (Y) и Rhodium (Rh) Pure Single-Element Standard от производителя оборудования (PerkinElmer Inc., CT, USA). Контроль качества лабораторных исследований осуществляли посредством ежедневного анализа сертифицированного референтного образца GBW09101 (Shanghai Institute of Nuclear Research, Academia Sinica, China). Данные о содержании изучаемых элементов в образцах выражались в мкг/г (табл. 2).

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием программного пакета Statistica 10.0 (Statsoft, OK, USA). Данные о содержании железа, йода и цинка в образцах пищевых продуктов представлены в виде средней

арифметической величины и среднеквадратического отклонения ($Mean \pm SD$). Погрупповое сравнение проводили посредством непараметрического U -критерия Манна–Уитни при уровне достоверности $p < 0,05$.

Результаты

Посредством анализа продуктов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой установлено, что содержание железа, йода и цинка в обогащённой микроэлементами пшеничной муке, предоставляемой ВПП ООН, превышало соответствующие значения пшеничной муки местного производства в 2,3; 14 и 4,7 раза. Йодированная соль ВПП ООН характеризовалась 11-кратным превышением уровня йода по сравнению с образцами местной соли. При этом отмечено некоторое снижение содержания

Таблица 2

Содержание железа, йода и цинка (мкг/г) в продуктах питания, используемых для приготовления школьных обедов, *Mean* ± *SD*

| Продукт | Fe, мкг/г | I, мкг/г | Zn, мкг/г |
|------------------------|-------------|-----------------|---------------|
| Вода | 0,03 ± 0,02 | 0,0007 ± 0,0005 | 0,084 ± 0,132 |
| Горох | 25,2 ± 5,5 | 0,085 ± 0,022 | 31,5 ± 5,2 |
| Дрожжи | 72,6 ± 58,2 | 0,475 ± 0,538 | 178,7 ± 26,6 |
| Капуста белокочанная | 3,68 ± 0,72 | 0,217 ± 0,251 | 1,43 ± 0,83 |
| Картофель | 4,13 ± 0,74 | 0,081 ± 0,024 | 3,16 ± 0,42 |
| Лук | 4,68 ± 2,48 | 0,66 ± 0,39 | 2,86 ± 0,49 |
| Маргарин | 1,35 ± 1,01 | 0,112 ± 0,044 | 0,38 ± 0,06 |
| Масло растительное | 0,12 ± 0,08 | 0,064 ± 0,006 | 0,44 ± 0,39 |
| Маш | 26,3 ± 8,1 | 0,103 ± 0,002 | 26,8 ± 8,9 |
| Морковь | 7,79 ± 1,01 | 0,081 ± 0,068 | 2,2 ± 0,5 |
| Пшеничная мука | 10,3 ± 2,5 | 0,017 ± 0,041 | 10,1 ± 3,9 |
| Пшеничная мука ВПП ООН | 23,2 ± 2,8* | 0,244 ± 0,011* | 47,2 ± 9,6* |
| Сахар | 0,88 ± 0,51 | 0,122 ± 0,062 | 0,29 ± 0,12 |
| Соль | 23,7 ± 28,8 | 12,0 ± 6,8 | 0,92 ± 0,42 |
| Соль ВПП ООН | 11,2 ± 6,8 | 135 ± 63* | 0,57 ± 0,47 |
| Сухофрукты | 48,6 ± 41,9 | 0,114 ± 0,157 | 4,46 ± 2,51 |
| Томатная паста | 26,5 ± 7,4 | 0,053 ± 0,018 | 2,13 ± 0,73 |
| Тыква | 4,43 ± 1,62 | 0,088 ± 0,383 | 2,49 ± 1,09 |
| Фасоль | 40,5 ± 19,5 | 0,083 ± 0,067 | 35,8 ± 5,8 |
| Чёрный чай | 167 ± 82 | 1,012 ± 0,748 | 36,9 ± 3,8 |
| Яичный белок | 0,92 ± 0,58 | 0,175 ± 0,144 | 0,74 ± 0,16 |
| Яичный желток | 43,6 ± 6,9 | 1,22 ± 0,81 | 37,6 ± 5,7 |

Примечание. * – Достоверность различий между продуктами в/вне программы ВПП ООН при $p < 0,05$.

железа и цинка в образцах йодированной соли, которое, однако, не являлось достоверным ввиду высокой вариабельности показателей.

Максимальное содержание железа в пищевых продуктах 1-го типа школ отмечено для чёрного чая, дрожжей, сухофруктов, а также яичного желтка. В то же время вследствие незначительного потребления данных продуктов в пересчёте на сутки за двухнедельный период данные продукты не могут являться значимыми источниками железа. В свою очередь обогащение железом пшеничной муки, суточное потребление которой за неделю составляет 121 г/сут, обеспечивало организм ребёнка дополнительными ~1,6 мг/сут железа, что для детей 7–10 лет составляло от 16 до 20% от суточной нормы потребления (8–10 мг/сут) [11].

Вне зависимости от источника продуктов содержание йода было максимальным в образцах соли. С учётом средне-суточного потребления соли за счёт обедов, составляющего 2,8 г/сут, обогащение соли йодом обеспечивает организм ребёнка дополнительными 344 мкг/сут йода, что даже превышает рекомендованную норму потребления йода для детей 6–12 лет (120 мкг/сут) [12].

Как и в случае железа, продуктами, наиболее богатыми цинком, в рационе детей 1-го типа школ являлись дрожжи, яичный желток, листовой чай, фасоль. Учитывая незначительное количество данных продуктов, потребляемых ежедневно, их вклад в общее потребление цинка не может рассматриваться как ключевой. При этом для школ 2-го типа пшеничная мука ВПП ООН являлась вторым после дрожжей продуктом, характеризующимся максимальным содержанием цинка. В частности, с учётом ежедневного потребления муки использование муки ВПП ООН позволяет дополнить

рацион ребёнка 4,5 мг/сут цинка, что для детей 7–10 лет составляет от 56% (при RDA (9–12 лет) = 8 мг/сут) до 90% (при RDA (4–8 лет) = 5 мг/сут) [12].

На основании данных о составе рационов питания детей 1-го и 2-го типов школ, а также определения непосредственного содержания железа, йода и цинка в пищевых продуктах рассчитано суточное потребление данных микроэлементов за счёт школьных обедов. Установлено, что использование обогащённой железом и цинком пшеничной муки, а также йодированной соли в школах 2-го типа приводило к достоверному повышению потребления железа, йода и цинка в 2,5; 12 и 4 раза соответственно относительно показателей школ 1-го типа. Таким образом, программа ВПП ООН наряду с организационными мероприятиями по улучшению школьного питания обеспечивала до 50 и 100% суточной потребности детей в железе и цинке (с учётом RDA для соответствующего возраста). В то же время использование соли с высоким содержанием йода приводило к превышению рекомендованных норм (RDA) потребления для детей соответствующего возраста.

Обсуждение

Результаты исследования показали, что использование обогащённых продуктов (ВПП ООН) приводит к существенному повышению содержания железа, йода и цинка в рационах школьников РТ. Данные наблюдения согласуются с ранее полученными авторами данными о повышении уровня данных микроэлементов в волосах детей, вовлечённых в программу ВПП ООН (ТЭЕ), что свидетельствует об эффективности проведения данных мероприятий.

Обогащение пшеничной муки микроэлементами, в том числе железом и цинком, рассматривается в качестве эффективного инструмента повышения поступления микро-нутриентов в организм [13]. В частности, использование обогащённой цинком и железом пшеничной муки в течение года достоверно повышает обеспеченность цинком и железом женщин и их детей [14]. При этом, несмотря на ранее имеющиеся указания, последние исследования продемонстрировали отсутствие отрицательного влияния обогащения пшеницы цинком на биодоступность микроэлемента [15].

Аналогичное влияние продемонстрировано в случае обогащённых железом продуктов. Так, результаты метаанализа продемонстрировали недостаточное количество данных относительно снижения частоты анемии в результате использования обогащённой железом муки, однако свидетельствуют о достоверном повышении уровня ферритина [16]. Обогащение продуктов железом признано экономически эффективным мероприятием по повышению обеспеченности железом жителей Бразилии [17]. Также продемонстрировано, что фортификация продуктов органическими формами железа может повышать биодоступность данного элемента [18, 19].

Использование йодированной соли является одним из наиболее эффективных средств повышения обеспеченности населения йодом [20]. В частности, использование йодированной соли существенно снижало частоту йододефицита и гипотиреозного зоба у детей [21]. В то же время результаты исследования показали, что в текущем режиме может иметь место избыточное поступление йода в организм детей. Несмотря на относительно хорошую переносимость избытка йода, выраженное превышение может также индуцировать патологию щитовидной железы [22].

Заключение

Таким образом, реализация программы ВПП ООН по обогащению рационов питания школьников РТ является эффективным инструментом, обеспечивающим от 50 до 100% потребности детей в железе, цинке и йоде. В то же время проведение подобных мероприятий должно проводиться под контролем мониторинга уровня микроэлементов в организме как с целью оценки эффективности, так и безопасности программ.

Литература

(п.п. 3–22 см. References)

1. Оберлис Д., Харланд Б.Ф., Скальный А.В. *Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных*. М.; 2018.
2. Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Детков В.Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации. *Экология человека*. 2013; (11): 3–12.

References

1. Oberlis D., Kharland B.F., Skal'nyy A.V. *Biological Role of Trace Elements in Human and Animals [Biologicheskaya rol' makro- i mikroelementov u cheloveka i zhivotnykh]*. Moscow; 2018. (in Russian)
2. Agadzhanian N.A., Skal'nyy A.V., Detkov V.Yu. Human elemental portrait: morbidity, demography and problem of nation health management. *Ekologiya cheloveka*. 2013; (11): 3–12. (in Russian)
3. Yasuda H., Tsutsui T. Infants and elderly are susceptible to zinc deficiency. *Sci. Rep.* 2016; (6): 21850. <https://doi.org/10.1038/srep21850>
4. Bonaventura P., Benedetti G., Albarède F., Miossec P. Zinc and its role in immunity and inflammation. *Autoimmun. Rev.* 2015; 14(4): 277–85. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2014.11.008>
5. Tulchinsky T.H. Micronutrient deficiency conditions: global health issues. *Public Health Rev.* 2010; 32: 243. <https://doi.org/10.1007/BF03391600>
6. Micronutrient Status Survey in Tajikistan, 2009. Ministry of Health Republic of Tajikistan, UNICEF; 2009. Available at: http://kan-kaz.org/english/files/web_unicef2010.pdf (Accessed 4 May 2019)
7. Matthys B., Davlatmamadova M., Karimova G., Jean-Richard V., Zimmermann M.B., Wyss K. Iodine nutritional status and risk factors for goitre among schoolchildren in South Tajikistan. *BMC Endocr. Disord.* 2013; 13: 50. <https://doi.org/10.1186/1472-6823-13-50>
8. Takeshima H., Akramov K.T., Park A., Ilyasov J., Liu Y., Ergasheva T. Agriculture–nutrition linkages in Tajikistan: Evidence from household survey data. *Intl. Food Policy Res. Inst.* 2018; 1770: 1–35.
9. Khodjamurodov G., Sodiqova D., Akkazieva B., Rechel B. Tajikistan: Health system review. *Health Syst. Trans.* 2016; 18(1): 1–114.
10. Matthys B., Bobieva M., Karimova G., Mengliboeva Z., Jean-Richard V., Hoimnazarova M., et al. Prevalence and risk factors of helminths and intestinal protozoa infections among children from primary schools in western Tajikistan. *Parasit. Vectors.* 2011; 4: 195. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-195>
11. Trumbo P., Yates A.A., Schlicker S., Poos M. Dietary reference intakes: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. *J. Am. Diet. Assoc.* 2001; 101(3): 294–301. [https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(01\)00078-5](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(01)00078-5)
12. WHO. Guideline: fortification of food-grade salt with iodine for the prevention and control of iodine deficiency disorders. Geneva: World Health Organization; 2014.
13. Balk J., Connorton J.M., Wan Y., Lovegrove A., Moore K.L., Uauy C., et al. Improving wheat as a source of iron and zinc for global nutrition. *Nutr. Bull.* 2019; 44(1): 53–9.
14. Engle-Stone R., Nankap M., Ndjebayi A.O., Allen L.H., Shahab-Ferdows S., Hampel D., et al. Brown, Iron, zinc, folate, and vitamin B-12 status increased among women and children in Yaoundé and Douala, Cameroon, 1 year after introducing fortified wheat flour. *J. Nutr.* 2017; 147(7): 1426–36. <https://doi.org/10.3945/jn.116.245076>
15. Signorell C., Zimmermann M.B., Cakmak I., Wegmüller R., Zeder C., Hurrell R., et al. Zinc absorption from agronomically biofortified wheat is similar to post-harvest fortified wheat and is a substantial source of bioavailable zinc in humans. *J. Nutr.* 2019; 149(5): 840–6. <https://doi.org/10.1093/jn/nxy328>
16. Pachon H., Spohrer R., Mei Z., Serdula M.K. Evidence of the effectiveness of flour fortification programs on iron status and anemia: a systematic review. *Nutr. Rev.* 2015; 73(11): 780–95. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv037>
17. dos Santos Vieira D.A., Steluti J., Verly E., Marchioni D.M., Fisberg R.M. Brazilians' experiences with iron fortification: evidence of effectiveness for reducing inadequate iron intakes with fortified flour policy. *Publ. Health Nutr.* 2017; 20(2): 363–70. <https://doi.org/10.1017/s1368980016001981>
18. Diego Quintaes K., Barberá R., Cilla A. Iron bioavailability in iron-fortified cereal foods: The contribution of in vitro studies. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 2017; 57(10): 2028–41. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.866543>
19. de Romana D.L., Salazar M., Hambidge K.M., Penny M.E., Peerson J.M., Krebs N.F., et al. Longitudinal measurements of zinc absorption in Peruvian children consuming wheat products fortified with iron only or iron and 1 of 2 amounts of zinc. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005; 81(3): 637–47. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.3.637>
20. Zimmermann M.B. Iodine deficiency. In: Luster M., Duntas L.H., Wartofsky L. *The Thyroid and Its Diseases*. Cham: Springer; 2019: 101–7. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72102-6_8
21. Shan Z., Chen L., Lian X., Liu C., Shi B., Shi L., et al. Iodine status and prevalence of thyroid disorders after introduction of mandatory universal salt iodization for 16 years in China: a cross-sectional study in 10 cities. *Thyroid.* 2016; 26(8): 1125–30. <https://doi.org/10.1089/thy.2015.0613>
22. Leung A.M., Braverman L.E. Consequences of excess iodine. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2014; 10(3): 136–42. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2013.251>