

ФТОРСОДЕРЖАЮЩАЯ ПИЩЕВАЯ СОЛЬ КАК НОСИТЕЛЬ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ДОБАВОК ФТОРИДА В БЛИЖАЙШИЕ СРОКИ ПОСЛЕ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИ ХРАНЕНИИ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»,¹
ГУ Республиканский научно-исследовательский центр гигиены²

Электрохимическим методом изучено содержание фторида в 105 пробах фторированной пищевой соли производства ОАО «Мозырьсоль»; этикетка содержит информацию о концентрации фторида в диапазоне 250 ± 100 мг/кг и периоде профилактической активности соли, ограниченном двумя годами. В отдельных пробах соли содержание фторида варьировало от 56 до 420 мг/кг, в среднем составило 200 мг/кгF. При хранении соли в течение года в заводской упаковке и открытой стеклянной банке содержание фторида не изменилось; оно осталось стабильным и после четырех лет хранения соли в полиэтиленовых пакетах.

Ключевые слова: фторсодержащая пищевая соль.

T.V. Papruzhenska, L.M. Kremko

FLUORIDATED TABLE SALT AS FLUORIDE SUPPLEMENT VEHICLE AFTER THE PRODUCTION AND DURING STORAGE PERIOD

The aim of the study was to assess the fluoride content in 105 samples of fluoridated table salt produced by Mozyrsol; direct analysis using ion-selective electrode was applied for fluoride concentration determination. The package sticker inform the fluoride concentration is 250 ± 100 mg/kg, prevention activity period of salt is limited 2,0 years. The fluoride concentration in individual samples varied from 56 to 420 mgF/kg, the average 200 mgF/kg. The salt was preserved for a year in a production plastic package and inside an open glass jar, and the fluoride content has not change; it also remained the same after the salt was kept for four years in plastic bags.

Key words: fluoridated table salt.

Пищевая фторированная (йодированно-фторированная) «домашняя» (син. столовая, кухонная) соль – рекомендованное ВОЗ средство для коммунальной системной профилактики кариеса зубов, широко доступное в мире [9] и в, частности, в Беларуси [3]. Соль признается наиболее эффективным инструментом для автоматического распределения добавок микроэлементов (йода, фтора), но, в силу причин социального, культурного, технологического и физико-химического характера, имеет репутацию «сложного» носителя [7].

Известно, что фторид оказывает дозозависимое воздействие на биосистемы и, в частности на человека: поступление фторида в количестве от 0,6 до 2,9 мгF/сутки рассматривают как оптимальное для здоровья зубов, более высокая фторнагрузка оказывает негативное влияние, наиболее ярким проявлением которого является флюороз [8] – следовательно, недостаточная доза добавок фторида не позволит получить потенциальную профилактическую

пользу, а избыточная может нанести вред; опыт же показывает, что одной из проблем соли как носителя добавок является создание и поддержание заданной концентрации фторида в ней [13].

Целью исследования стало определение фактического содержания фторида во фторированной соли в ближайшие сроки после производства и при хранении.

Материал и методы

Концентрация фторида была изучена в 105 пробах фторированной пищевой соли. 18 проб были взяты из пакетов, приобретенных в торговой сети Беларуси, выпущенных, судя по маркировке на пакетах, ОАО «Мозырьсоль» в апреле, мае, июне, июле, сентябре и октябре одного года, и изучены в течение указанного месяца. Затем соль одной, произвольно выбранной даты выпуска была оставлена на хранение в закрытых заводских полиэтиленовых пакетах и в открытой стеклянной банке, что имитировало возможные способы хранения соли в торго-

вой сети и домашних условиях; количественный анализ фторида в соли, оставленной на хранение, производился ежемесячно в течение года (72 пробы). 15 средних проб были приготовлены из пятнадцати пакетов соли, приготовленной сухим методом с заданной концентрацией 150, 200, 250, 300 и 350 мгF/кг (исследована соль из трех пакетов с каждой концентрацией) и хранившихся в герметичных полиэтиленовых пакетах в горизонтальном положении в течение четырех лет со времени производства.

Исследование в соответствии с методикой, разработанной и утвержденной в Беларуси (МВИ. МН 1753-2002 «Методика выполнения измерений концентраций фтора в поваренной соли потенциометрическим методом»). Из трех углов каждой упаковки соли массой 1кг брали 3 пробы массой по 1,0г; среднюю для упаковки пробу массой 1,0г получали из смеси трех проб. Количественное определение ионного фторида в пробе проводили электрохимическим методом с использованием фторселективного электрода по технологии, совпадающей с таковой, описанной в ГОСТ 4386-89. Расчет концентрации фторида в соли CF (мг/кг) проводили по формуле:

$$CF = A \times V / m, \text{ где}$$

A-концентрация фторида в растворе (мг/л)

V – объем исследуемого раствора, приготовленного на дистиллированной воде с применением лимонно-кислого буфера (20 мл)

m – масса пробы соли (1,0г).

Результаты исследования. Содержание фторида в отдельных пробах «свежей» фторированной соли, произведенной в различные месяцы одного года, колебалось от 56 до 420 мг/кг, при этом за пределами допустимого диапазона концентраций фторида в соли осталось 12% проб. Следует отме-

тить, что в пробах, взятых из трех углов одного пакета соли, содержание фторида было близким ($\pm 10\%$) только в 1/5 части случаев, в 40%-ный диапазон уложились 2/3 случаев, максимальные различия составили 220% (средняя величина различий – 38%).

Содержание фторида в средних пробах соли варьировало меньше-от 100,3 до 288,5 мгF/кг, мода 204,2 мгF/кг – и в 98% случаев укладывалась в диапазон, заданный ТУ РБ 101191824.6.035-2000; средняя концентрация фторида в пакете соли составила $200,6 \pm 13,1$ мгF/кг.

Динамика среднего содержания фторида в пакетах соли после хранения в течение 1-12 мес в закрытом и открытом виде представлены на рисунке 1.

Графический анализ данных свидетельствует об отсутствии существенного снижения концентрации фторида в соли как при хранении в герметичных упаковках ($y = -0,962x + 98,667$, $R^2 = -0,0851$), так и при открытом хранении ($y = -0,592x + 95,206$, $R^2 = 0,0309$).

Данные, представленные на рисунке 2, отражают содержание фторида в соли через четыре года после ее производства.

Во время исследования содержание фторида в пробах соли из образцов, приготовленных в лаборатории в соответствии с техническими допусками производителя (250 ± 100 мгF/кг), через четыре года хранения обнаружено от 68 до 360 мгF/кг; отклонения в сторону превышения заданной концентрации отмечены в 8 случаях из 15, в меньшую-в 7 случаях; средние уровни отклонений составили, соответственно, $+27,57 \pm 6,5\%$ и $-20,65 \pm 6,6\%$ ($t=0,3$; $p>0,5$), что согласуется с представленными выше сведениями о варьировании концентрации фторида в связи с технологией фторирования соли. Сред-

нее содержание фторида в пищевой соли, хранившейся в течение четырех лет, составило $254,26 \pm 18,23$ мгF/кг (аналогичный показатель для исходных образцов- $250 \pm 19,26$, $t=0,16$; $p>0,5$), что позволяет говорить об отсутствии значимых изменений содержания фторида в соли при ее хранении в указанный период времени.

Обсуждение и выводы

Относительно узкий «коридор безопасности» фторида (меньший, чем,

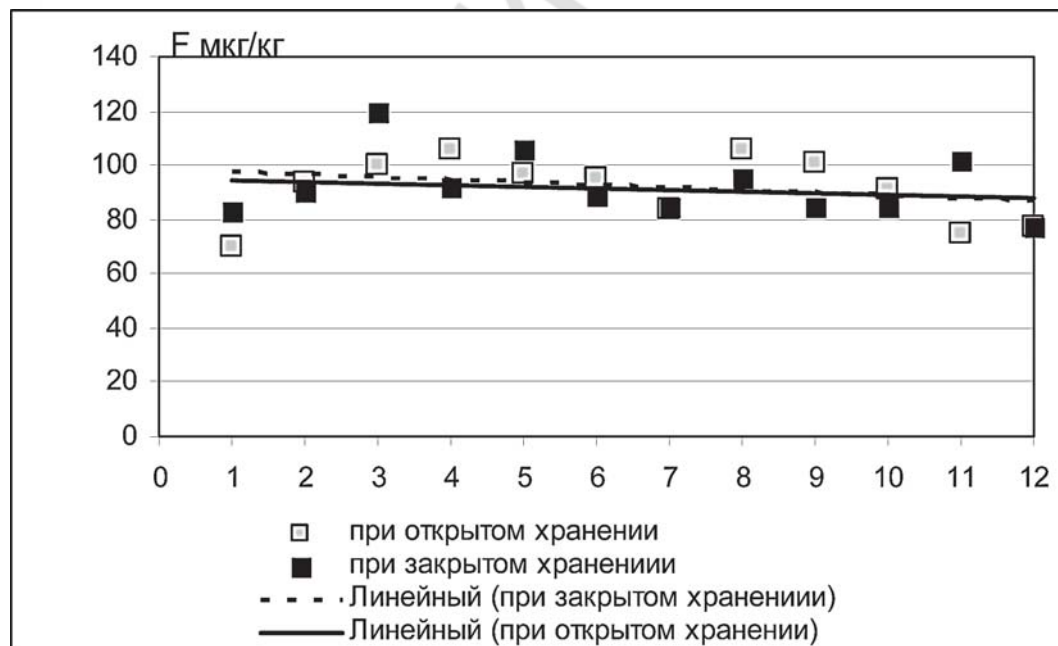


Рис. 1 Содержание фторида во фторсодержащей пищевой соли при хранении в закрытом полиэтиленовом пакете и открытой стеклянной банке в течение года.

например, для йода) обуславливает строгое отношение к величине добавок, в том числе распространяемых на коммунальном уровне. Одним из параметров, определяющих увеличение фторнагрузки при потреблении фторированной соли, является концентрация фторида в ней. Рекомендованный ВОЗ уровень концентрации фторида в соли-200-250мгF/кг-рассчитан на потребление 1-2г соли с пищей, приготовленной на домашней кухне, т.е. на точную добавку 0,25-0,50мгF [12].

Фторированная соль не относится к фармакологическим средствам, потому в отношении величины целевой концентрации фторида и амплитуды допустимых отклонений подчиняется требованиям, предъявляемым к продуктам питания по части содержания в них минералов и витаминов – менее строгим, чем требования к лекарственным препаратам [3]. Международный Кодекс соли не содержит указаний относительно точности дозировки фторида в соли; как руководство к действию принимают правила, прописанные в разделе 3.4.3. «Контроль качества» для йодированной соли: отклонения от заданной концентрации микроэлементов в соли не должны превышать 15-20%, как и принято в пищевой индустрии [4]. Для швейцарской, немецкой и французской соли предписан диапазон концентраций фторида $250 \pm 50 \text{ppmF}$ ($\pm 20\%$) [12]; для белорусской соли аналогичные технические условия от 1991 года заменены на менее строгие (ТО РБ 101191824.6.035, ГОСТ 13830), допускающие отклонения до 40% ($250 \pm 100 \text{ppmF}$), что объясняют технической недостижимостью более высокой точности.

Соль вообще и йодировано-фторированную соль в частности обычно не проверяют в гигиенических лабораториях, контролирующих качество пищевых продуктов, так как полагают, что риск отравления этими продуктами невысок. Как правило, постоянный контроль за концентрацией фторида в соли поручают самому производителю – в рамках философии, известной как «должная производственная

практика» (good manufacturing practice-GMP) [14]. Однако исследования, проведенные в ряде стран в университетских лабораториях в рамках профилактических проектов, нередко обнаруживают слабую самодисциплину производителей, что дает основания думать о необходимости проведения независимого мониторинга качества соли как носителя добавок фторида [5, 6]. Отклонения концентрации фторида от заданного уровня могут быть связаны с факторами, действующими на этапах производства, транспортировки и хранения соли [15]. Добавки фторида в соль вносят двумя методами: влажным (над массой соли, движущейся по конвейеру, разбрызгивают препарат, содержащий фторид калия; и сухим (порошок фторида натрия смешивают с солью); и в первом, и во втором случае существуют риски неточного расчета дозы/концентрации фторсодержащего препарата, вносимого в соль, а также неравномерного распределения фторида в массе обогащаемой соли (для влажного метода второй риск ниже, чем для сухого)¹[13]. Концентрация фторида может варьировать в зависимости от величины кристаллов хлорида натрия: мелкие кристаллы имеют относительно большую совокупную площадь и поэтому сорбируют больше фторида, чем крупные; в соли с разным размером кристаллов в пробах из одной партии с целевой концентрацией 250мгF/кг находят и 100, и 500мгF/кг [3]. Фактическая концентрация может варьировать еще шире из-за сегрегации кристаллов, имеющей место при транспортировке (на заводском конвейере до места упаковки, при перевозке готовой продукции в торговую сеть) и хранении соли; явления сегрегации выражены больше в крупной соли (каменной, морской), чем в рафинированной, в крупных упаковках (более 10 кг) больше, чем в мелких (до 1,5кг) [7, 13]. Обсуждая риски негетогенности распределения фторида в соли, доступной белорусскому потребителю, следует отметить, что фторированная соль производства ОАО «Мозырьсоль»-обогащенная фторидом калия влажным способом, рафинированная,

фасованная в пакеты и тубы массой от 250г до 1кг – имеет оптимальные характеристики как соль-носитель добавок фторида, выгодно отличающие ее от таковых соли, доступной в странах Латинской Америки (с низким качеством), некоторых сортов фторированной соли во Франции («натуральной морской») и Швейцарии (упакованной в мешки по 20 г для хлебо-

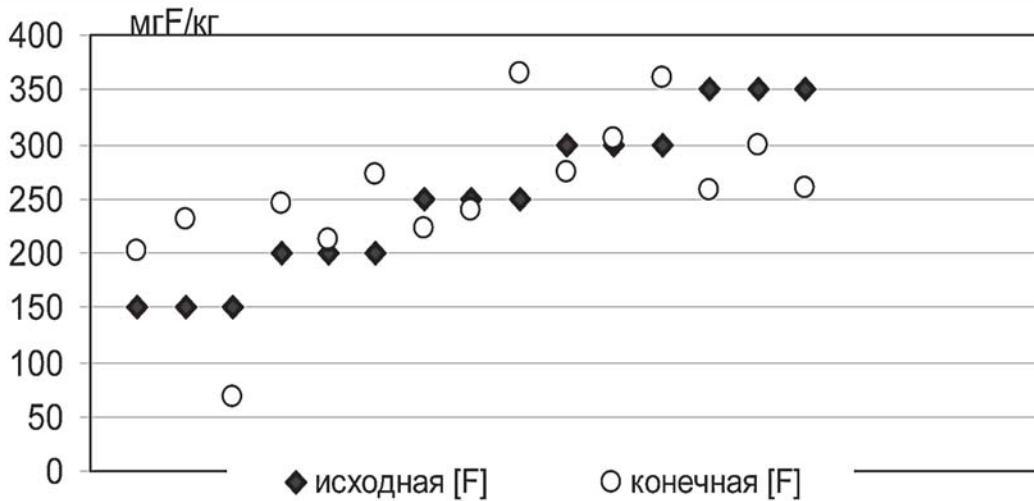


Рис. 2. Содержание фторида в соли, приготовленной с заданной концентрацией в диапазоне от 150 до 350 мгF/кг, спустя 4 года хранения.

пекерен и больших кухонь [12]. Тем не менее, отдельные пробы белорусской имели широкий разброс концентрации фторида-от 56 до 420 мг/кг, при этом в каждой десятой пробе уровень фторида выходил за рамки допустимого максимума; диапазон полученных данных несколько уже такового, описанного в Мексике, пользующей для фторирования крупную морскую соль (от 0 до 485мг/кгF), частота несоответствия заданным пределам концентрации фторида-ниже (в Мексике – 93%) [5]. Распределение фторида в объеме одной упаковки белорусской соли было неравномерным (средняя величина различий между уровнями концентрации проб, взятых из разных углов пакета – 38%), что не позволяет согласиться с выводами испанских исследователей, не обнаруживших разницы в соответствующих параметрах соли, взятой из верхней, средней и нижней частей упаковки соли [8], но вполне согласуется с мнением швейцарских экспертов, полагающих более рациональным (для нивелирования указанных различий) одномоментное использование большого количества фторсодержащей соли (например, в больших кухнях, хлебопекарнях). Среднее содержание фторида в исследованных образцах белорусской соли составило 200мг/кгF, что несколько выше, чем в соли, производившейся тем же заводом в предыдущие годы (120-180 мг/кгF [3], сопоставимо с концентрациями в соли, произведенной и распространяемой в Колумбии (184 мг/кг [10]), в Мексике (197мгF/кг [8]), ниже, чем в соли, произведенной в Уругвае (220-244 мгF/кг), и колумбийской соли, доступной в Эквадоре (250 мгF/кг) и в Боготе (260мгF/кг) [6].

Известны предположения о потере фторида во время хранения соли [11]. Опыт использования йодированной пищевой соли для профилактики эндемического зоба показал, что при хранении соль теряла йод: за первые два месяца-30%, за 6 мес. – 70% от начальной концентрации [1]. Видимо по аналогии с этими данными, производители указывали на упаковках белорусской соли, выпущенной в 1997-1999гг., срок профилактического действия фторированной соли, ограниченный 6 месяцами. На упаковках соли, произведенной после значительного перерыва в октябре 2000 года, содержится информация о профилактическом действии фторированной и йодировано-фторированной соли до двух лет. В настоящее время на упаковках соли указано, что фторированная соль сохраняет свои профилактические свойства в течение двух лет, а йодировано-фторированная – в течение полутора лет, по истечении которых соль должна использоваться «как обычная кухонная соль без добавок». Исследования, проведенные нами процессе хранения фторированной соли как в герметичной пластиковой упаковке, так и в открытой стеклянной таре, ежемесячно в течение первого года хранения, а затем и по истечении четырех лет со времени производства, дают основание поддержать мнение пионеров фторирования соли о том, что «продукт сохраняет профилактические свойства в течение по

меньшей мере четырех лет» [3] и, соответственно, рекомендовать производителю соли уточнить содержание этикетки на соли [13].

Таким образом, доза добавки фторида из 1г (т.е. из количества соли, рекомендованного для приготовления одной порции блюда [2]), доступной населению Беларуси промышленной фторированной пищевой соли может колебаться от 0,06 до 0,42мгF; при одномоментном вложении большого количества соли (как, например, в кухне учреждения образования) можно рассчитывать на добавку фторида из 1г соли на уровне 0,01-0,28мгF, в среднем – 0,2мгF. Содержание фторида в соли сохраняется на заданном уровне не менее четырех лет.

Литература

1. Кмит, Г. И. К вопросу о содержании йода в йодированной соли у жителей Закарпатской области / Г. И. Кмит, Э. А. Межвинская // Зобная болезнь. Киев: Госмедиздат, 1959. С. 302 – 304.
2. Нормы питания детей в ДУ, утвержденные Постановлением Мин. Образ. РБ, МЗ РБ и Мин Торг РБ от 15.09.2003 № 62/42/46 // Национальный реестр правовых актов РБ. 2003. №112. 40 с.
3. Попруженко, Т.В. Фториды в коммунальной профилактике кариеса зубов в 2 ч. Ч.2. Использование системных источников фторида для профилактики кариеса зубов / Т.В. Попруженко, Т.Н. Терехова // Минск, БГМУ, 2010. 262 с.
4. Codex Standard for Food Grade salt / WHO, CX Stand 150-1985, Rev.1 – 1997, Amend. 1 – 1999. Amend. 2. 2001
5. Content of table salt in Mexico City / G. Maupome Carvantes [et al.] // Bol. Oficina Sanit. Panam. 1995. Vol. 119. N 3. P. 195 – 201.
6. Estupinan-Day, S. General Guidelines for Drafting a Legal Framework Mandatory Iodization and Fluoridation of Salt for Human Consumption Pan American Health Organization (PAHO) / S. Estupinan-Day // Washington, DC: WHO, 2001. 45 p.
7. Fluorides and oral health. Report of a WHO expert committee on oral health status and fluoride use Geneva / WHO // WHO Technical Report Series 846. Geneva, 2002. 67 p.
8. Franco Cortes, A.M. Monitoreo de la Concentracion de Fluor en Sal de Cocina Utilizada por Ninos Colombianos. / A.M. Franco Cortes [et al.] // CES de Odontologia 2003. Vol.16. P. 21 – 26.
9. Galindo, D. La Estabilidad del Fluor en la Sal de Cocina. Estudio de Laboratorio/ D. Galindo, F.Galindo // Fundacion Santa Fe de Bogota, Comite de investigaciones y publicaciones Biomedicas. 1992. Vol.1. P. 42 – 7.
10. Marthaler, T.M. Salt fluoridation in Europe, comparisons with Latin America / T.M. Marthaler // 8th World Salt Symposium, 2000. 2000. Volume 2. P. 1021 – 1026.
11. Marthaler, T.M. Practical aspects of salt fluoridation // T.M. Marthaler // Helv. Odont. Acta. 1983. Vol. 27. P. 39 – 56.
12. Marthaler, T.M. Salt fluoridation – an alternative in automatic prevention of dental caries / T.M Marthaler, P.E. Petersen // Int. Dent. J. 2005. Vol. 55. № 6. P. 351 – 358.
13. Martinez-Mier, E.A. Evaluation of the direct and diffusion methods for the determination of fluoride content in table salt / E.A Martinez-Mier [et al.] // Community Dent Health. 2009. Vol. 26. N4. P. 204 – 210.
14. Restepo, D. Salt fluoridation: an alternative measure to water fluoridation / D. Restepo // Int. Dent. J. 1967. Vol. 17. P. 4 – 8.
15. Stecher, P. The Merck Index of Chemicals and Drugs / P. Stecher. Merck & Co, 1960. P. 952 – 960.

¹ Как правило, в первые месяцы производства концентрация фторида в соли может быть на 20-30% ниже заданной (из-за перестраховки в связи с высокой вероятностью погрешностей в работе), но

в течение полугода производство должно быть отлажено до уровня, обеспечивающего точность в 15% [7]

Поступила 26.10.2011 г.