

УДК: 613.27: 615.916:546.62

# АЛЮМІНІЙ ЯК КОНТАМІНАНТ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

**Б.П. Кузьмінов, доктор мед. наук, професор, Т.С. Зазуляк, кандидат біол. наук,  
А.М. де Агіар Даніель, кандидат хім. наук; Р.В. Харчук**

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

**Резюме.** Розглянуто проблему контамінації алюмінієм харчової продукції, як основного джерела надходження цієї речовини до людського організму. Експериментально визначено вміст алюмінію в деяких харчових продуктах за допомогою розробленої нами спектрофотометричної методики. Встановлено, що алюміній міститься в молоці (до 1,2 мг/кг), каві натуральній розчинній (до 2,9 мг/кг), цукрі (до 3,6 мг/кг). Більшою мірою — в хлібі (до 18,3 мг/кг), овочевій продукції (до 26,6 мг/кг), какао-порошку (до 38,1 мг/кг), а також в шоколадних виробах (до 65,2 мг/кг). У зв'язку з високим вмістом алюмінію рекомендовано обмежити в раціоні дітей ясельного віку споживання шоколадних виробів та продукції, яка містить какао.

**Ключові слова:** алюміній, контамінація харчових продуктів, токсична дія, вміст алюмінію

**Резюме.** Рассмотрена проблема контаминации алюминием пищевой продукции, как основного источника поступления этого вещества в организм человека. Экспериментально определено содержание алюминия в некоторых пищевых продуктах с помощью разработанной нами спектрофотометрической методики. Установлено, что алюминий содержится в молоке (до 1,2 мг/кг), кофе натуральном растворимом (до 2,9 мг/кг), сахаре (до 3,6 мг/кг). В большей степени — в хлебе (до 18,3 мг/кг), овощной продукции (до 26,6 мг/кг), какао-порошке (до 38,1 мг/кг), а также в шоколадных изделиях (до 65,2 мг/кг). В связи с высоким содержанием алюминия рекомендуется ограничить в рационе детей ясельного возраста потребление шоколадных изделий и продукции, содержащей какао.

**Ключевые слова:** алюминий, контаминация пищевых продуктов, токсическое действие, содержание алюминия

**Summary.** The problem of contamination of food with aluminum was discovered by us, as the main source of supplying of this substance in the human body. The contents of aluminum in some food products was experimentally determined with the help of spectrophotometric method developed by us. It is established, that aluminum is contained in milk (up to 1,2 mg/kg), in instant coffee (up to 2,9 mg/kg), sugar (up to 3,6 mg/kg). In a greater measure — in bread (up to 18,3 mg/kg), vegetable products (up to 26,6 mg/kg), cocoa powder (up to 38,1 mg/kg), ), as well as chocolate products (up to 65,2 mg/kg). Due to the high content of aluminum, it is recommended to limit in a ration the children of nursery age of consumption of chocolate and products containing cocoa.

**Keywords:** aluminum, contamination of food, the contents of aluminum.

Алюміній є одним із хімічних елементів, який широко розповсюджений в земній корі та в побуті людини. Джерелами надходження алюмінію до людського організму є атмосферне повітря, лікарські препарати, косметичні засоби, вироби побутової хімії, вода. Проте вважається, що основним джерелом є харчові продукти, що обумовлено використанням алюмінієвого посуду, пакувальних матеріалів і виробничого обладнання на основі алюмінію, а також деяких харчових добавок [1–5]. Окрім того, алюміній може потрапляти в харчові продукти з ґрунту, який містить алюмосилікати і які внаслідок антропогенного впливу переходять у рухомі міграційні форми [5, 6].

Численні дослідження останніх років доводять, що хронічний вплив іонів алюмінію може призвести до інтоксикації організму людини [5–7]. Законодавство України регламентує вміст алюмінію в деяких об'єктах довкілля — атмосферному

повітрі (гранично-допустима концентрація (ГДК) оксиду алюмінію в перерахунку на алюміній становить 0,01 мг/м<sup>3</sup>, окремих солей алюмінію — 0,006 мг/м<sup>3</sup>), у воді питній (норматив 0,2 мг/м<sup>3</sup> та 0,5 мг/м<sup>3</sup> — для води, обробленої реагентами на основі алюмінію), а також регламентується рівень міграції алюмінію з пакувальних матеріалів для харчових продуктів та посуду (норматив 0,5 мг/дм<sup>3</sup>). Вміст алюмінію в харчових продуктах в Україні не регламентується. Щоб запобігти негативного впливові алюмінію на здоров'я населення, необхідно проводити контроль за фактичним поступленням речовини до людського організму, що і визначило мету та завдання нашої роботи.

## Мета роботи

Аналіз проблеми надходження алюмінію до організму людини з харчовими продуктами; експериментальне визначення вмісту алюмінію в харчо-

вих продуктах за допомогою розробленої в ході виконання роботи методики вимірювання масової концентрації речовини.

Об'єкти та методи досліджень: характер токсичної дії алюмінію на організм теплокровних тварин та людини, а також вміст алюмінію в хлібі, кондитерській продукції, продуктах рослинного походження, сировині для виготовлення харчових продуктів — борошні пшеничному, цукрі, какао-порошку та ін. Визначення алюмінію виконували спектрофотометричним методом, який базується на вимірюванні світлопоглинання розчину сполуки жовтого кольору, що утворюється в результаті взаємодії іонів алюмінію з алюміноном. Максимум поглинання при довжині хвилі 540 нм. Реакція проходить в ацетатному буферному розчині при рН 4,9. Для усунення впливу іонів трьохвалентного заліза, які вступають в аналогічну реакцію з алюміноном, проводили попереднє відновлення іонів заліза до двовалентного стану за допомогою аскорбінової кислоти. Пробопідготовка для вимірювання здійснювалась методом сухої мінералізації в муфельній печі. Межа виявлення алюмінію в об'ємі проби, який аналізується, — 1 мкг (0,02 мкг/см<sup>3</sup>), границі сумарної відносної похибки ( $\pm$ ) в умовах однієї лабораторії при P = 0,95 не перевищували 20 %.

### Результати та їх обговорення

Алюміній — елемент третьої групи періодичної системи, метал, в сполуках проявляє ступінь окиснення +3. Є хімічно активною речовиною. На повітрі легко покривається оксидною плівкою, яка запобігає його подальшому окисненню. Однак при наявності в металі чи навколишньому середовищі ртуті, натрію, магнію, кальцію, силіцію, міді і деяких інших елементів міцність оксидної плівки її захисні властивості різко знижуються. [6, 7]. Чистий алюміній нерозчинний у воді, оцтовій кислоті, реагує з соляною та сірчаною кислотою. Цукри, зокрема сахароза, можуть утворювати достатньо міцні адсорбційні комплекси з атомами алюмінію [8]. Доведеним є вплив фторидів на здатність до корозії металічного алюмінію, тому не рекомендовано зберігати в алюмінієвій тарі продукти, багаті фтором, такі як чай, м'ясо, морепродукти, фторована вода. Наявність у водних розчинах таких речовин як аскорбінова кислота та хлористий натрій (особливо у присутності фторидів) підсилюють вилугування іонів алюмінію з харчових алюмінієвих сплавів і за нетривалий час експозиції (кип'ятіння розчину) рівень алюмінію досягає концентрації 0,5 мг/м<sup>3</sup> [2].

Сполуки алюмінію впливають на обмін фосфору і вуглецю в організмі людини, на розвиток епітеліальної і сполучної тканин, регенерацію кісткових тканин, пригнічують процеси гліколізу, що є ймовірною причиною різних неврологічних розладів

людини. Надлишок солей алюмінію погіршує засвоєння кальцію організмом, одночасно при цьому в 10–20 разів збільшується його вміст у кістках, печінці, сім'яниках, мозку і в щитовидній залозі [7, 9, 10].

Внутрішньошлункове введення алюмінію щурам у дозі 2,5 мг/кг (при перерахунку на середню масу тіла щурів 180 г отримуємо дозу 450 мг на добу) в хронічному експерименті призводило до порушення умовно-рефлекторної діяльності, зміни активності лужної фосфатази в сироватці крові та поведінкових реакцій [6, 7, 9, 10]. Хлорид алюмінію при аналогічному введенні мишам у дозі 19 мг/кг і щурам у дозі 200 мг/кг призводив до порушення у тварин вуглеводного обміну, накопичення алюмінію в кістках, печінці, сім'яниках, до негативного балансу фосфору, затримці приросту маси тіла потомства. При спарюванні тварин після хронічного впливу і надходження речовини в період вагітності в діапазоні доз від 0,0125 до 5,0 мг/кг спостерігалось збільшення ембріональної смертності. Встановлено дозозалежне підвищення частоти домінуючих летальних мутацій і частоти хромосомних аберацій в клітинах кісткового мозку. Дозу 0,25 мг/кг (при перерахунку на середню масу тіла щурів 180 г отримуємо дозу 45 мг на добу) можна розглядати як порогову за мутагенним ефектом. Також встановлені морфологічні зміни в корі головного мозку і гіпокампі тварин при дозі 5 мг/кг і в меншій мірі — 0,25 мг/кг (при перерахунку на середню масу тіла щурів 180 г отримуємо відповідно дози 900 мг на добу та 45 мг на добу) [11–16].

За рекомендаціями ФАО ВООЗ кількість алюмінію, який потрапляє в організм людини упродовж тижня, не повинен перевищувати 7 мг на 1 кг маси тіла (тобто 1 мг на 1 кг маси тіла за добу); за іншими даними добова норма надходження алюмінію до людського організму — не більше 12 мг [5].

У деяких продуктах харчування алюміній міститься в наступних кількостях (мг/кг): пшениця — 42, горох — 36, кукурудза — 16, м'ясо та м'ясні вироби — від 1,6 до 20, цвітна капуста, морква, помідори, яблука — до 150, в листі чаю 850 — 1400, в молочних вершках — від 50 до 500. Вважають, що щоденне споживання двох літрів чаю, що містить до 200 мг алюмінію, нешкідливе для людей зі здоровими нирками, але небезпечно для осіб, які страждають на захворювання нирок [3, 4, 17].

Результати проведених нами експериментальних досліджень наведені в таблиці 1.

Як свідчать дані, наведені в таблиці 1, всі зразки дослідженої продукції містять алюміній в тих чи інших кількостях. Орієнтуючись на нормативи, які були чинні в Україні до 1986 року, можна стверджувати, що вміст алюмінію в хлібі, молочній та овочевій продукції, яка є основою харчових раціонів людини, наближається до межі допустимої норми, а в деяких зразках молока — перевищує в 1,2 раза.

Таблиця 1

**Вміст алюмінію в окремих харчових продуктах та харчовій сировині**

Назва продукції	Кількість зразків	Визначений вміст, мг/кг	ГДК, мг/кг *
Хліб пшеничний	10	Від 2,1 до 18,3	20,0
Молоко коров'яче	5	Від 0,4 до 1,2	1,0
Цукерки з шоколадною начинкою та драже шоколадне	7	Від 12,1 до 22,1	– **
Чорний шоколад	7	Від 15,4 до 43,7	– **
Молочний шоколад	7	Від 10,3 до 65,2	– **
Шоколад з молочно-фруктовими наповнювачами	7	Від 12,6 до 44,7	– **
Вафлі, покриті шоколадною глазур'ю	4	Від 2,6 до 13,5	– **
Кава натуральна розчинна	4	Від 2,0 до 2,9	– **
Листя петрушки	5	Від 1,5 до 10,6	30,0
Капуста білокачанна	5	Від 14,2 до 26,6	30,0
Картопля	5	Від 4,2 до 10,4	30,0
Борошно пшеничне	5	Від 4,2 до 5,1	– **
Цукор білий	5	Від 1,5 до 3,6	– **
Какао-порошок	5	Від 7,5 до 38,1	– **
Мальтодекстрин	3	Від 7,1 до 8,2	– **
Лецитин соєвий	3	Від 0,4 до 2,9	– **

Примітка: \* — ГДК — гранично допустима концентрація алюмінію в харчових продуктах, регламентована документом «Временные гигиенические нормативы содержания некоторых химических элементов в основных пищевых продуктах», затв. Мінздравом СРСР від 30.09.81 р. за № 2450-81[18]. Втратив чинність з 1986 року.

Примітка: \*\* — ГДК алюмінію не встановлено.

Продукція на основі какао (цукерки, шоколад), яка часто присутня в раціоні дітей, в тому числі ясельного віку, містить достатньо високу кількість алюмінію — до 65,2 мг/кг. Виходячи з рекомендацій FAO/WHO щодо допустимої добової дози алюмінію та враховуючи, що вага дітей ясельного віку в середньому становить 16 кг, максимальна кількість алюмінію, яка може потрапляти в організм дитини за добу, становить 16 мг. Тобто 250 г шоколадної продукції містить допустиму добову дозу речовини. Враховуючи, що алюміній споживається й з іншими харчовими продуктами, можна рекомендувати батькам обмежувати в раціоні дітей ясельного віку споживання шоколадних виробів та продукції, яка містить какао.

**Висновки**

1. Алюміній є елементом, який в силу свого широкого розповсюдження в природних об'єк-

тах та в побуті може бути контамінантом харчових продуктів.

2. Дані щодо токсичності алюмінію та його сполук вказують на їхню біологічну активність та на здатність негативно впливати на теплорегуляційні органи при хронічному впливові в досить низьких дозах, а саме — біля 45 мг на добу.
3. Наявність алюмінію в харчових продуктах підтверджена чисельними дослідженнями, проведені нами експерименти показали, що алюміній міститься в молоці (до 1,2 мг/кг), каві натуральній розчинній — до 2,9 мг/кг, цукрі — до 3,6 мг/кг. Більшою мірою — в хлібі (до 18,3 мг/кг) та в овочевій продукції (до 26,6 мг/кг).
4. У зв'язку з високим вмістом алюмінію (до 65,2 мг/кг) рекомендовано батькам дітей ясельного віку обмежити в харчовому раціоні споживання шоколадної продукції.

## ЛІТЕРАТУРА

- Исидоров В.И. Введение в химическую экотоксикологию / Исидоров В.И. –СПб.: Химиздат, 1999. – 256 С.
2. Тянтова Е.Н. Экоотоксикологические аспекты выщелачивания алюминия из сплавов в присутствии галогенидов и аскорбиновой кислоты: автореф. дисс. на соиск. степени канд. хим. наук: спец. 03.00.16 «Экология» / Е.Н. Тянтова. –Москва, 2006. –20 С.
3. On the Evaluation of a new study related to the bioavailability of aluminium in food / European Food Safety Authority// EFSA Journal/ –2011. –Vol 9(5). –P. 1–16.
4. Проданчук Г.М. Визначення вмісту хімічних елементів у хлібі методикою мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою. Результати і аналіз отриманих даних / Г.М. Проданчук, О.О. Макарова // Проблеми харчування. –К., 2010. –№ 3–4 (23). –С. 72–75.
5. Saiyed SM. Aluminium content of some foods and food products in the USA, with aluminium food additives / SM Saiyed, RA Yokel // Food Addit Contam. –2005. –Vol. 22(3). –P. 234–244.
6. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов 1–IV групп: Справочное издание / А.Л. Бандман, Л.С. Гудзовский и др. Под ред. В. А. Филова. –Л.: Химия, 1988. –512 С.
7. Бдюхина О.Е. Токсикокинетика алюминия и потенциальная опасность его соединений для животных: автореф. дисс. на соиск. степени канд. биол. наук: спец. 16.00.04 «Ветеринарная фармакология с токсикологией» / О.Е. Бдюхина. –Казань, 2006. –20 с.
8. Шерстюк В.П. Взаємодія цукристих речовин з поверхнею пакувальної алюмінієвої фольги / В.П. Шерстюк, Л.С. Дегтярьов, О.О. Сарапулова // Упаковка. –К., 2011. –№ 1. –С. 50–54.
9. Белоусов Ю.Б. Потенциальная токсичность алюминийсодержащих препаратов / Ю.Б. Белоусов, К.Г. Гуревич // М., Фарматека. –2005. –№ 12 (107). –С. 75–78.
10. Барановская А.Т. Патоморфологические проявления токсикодинамики соединений алюминия у животных: автореф. дисс. на соиск. степени канд. вет. наук: спец. 16.00.02 «Патология, онкология и морфология животных» / А.Т. Барановская. –Омск, 2009. –19 с.
11. Микроэлементозы человека /А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. – М.: Медицина, 1991. –446 С.
12. Пішак В.П. Хроноритмічні паралелі токсичного впливу солей важких металів на функцію нирок / В.П. Пішак, В.Г. Висоцька // Сучасні проблеми токсикології. –К., 2012. –№ 2. –С. 40–44.
13. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Ф.Т. Бингам, М. Коста, Эйхенбергер и др.; под ред. Х. Зигель, А. Зигель; пер. с англ. С.Д. Давыдовой. –М.: Мир, 1993. –368 с.
14. Roy Walker P. Effects of aluminum and other cationson the structure of brain and liver chromatin / P. Roy Walker, Julie Le Blanc, Marianna Sikorska // Biochemistry. –1989. –Vol. 28 (9). –P. 3911–3915.
15. Robert A. Goyer. Toxican dessenti almetal in teractions /A. Goyer Robert // Annual Review of Nutrition. –1997. –Vol. 17: (July 1997). –P. 37–50.
16. Gulya K. Cholinotoxic Effects of Aluminumin Rat Brain/ K. Gulya, Z. Rakonczay, P. Kasa // Journal of Neurochemistry. –1990. –Vol. 54, Issue 3. –P. 1020–1026
17. Turhan S. Aluminium contents in baked meats wrapped in aluminium foil / S. Turhan // Meat Science. –2006. –Vol. 74(4). –P. 644–647.
18. Временные гигиенические нормативы содержания некоторых химических элементов в основных пищевых продуктах № 2450-81. –утв. 30.09.81. –М.: Минздрав СССР, 1982. –121 с.

Надійшла до редакції 8.06.2013 р.