

DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-17

ВЛИЯНИЕ БЕНТОНитОВОЙ ГЛИНЫ НА ГОМЕОСТАЗ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ У КРЫС В 92-ДНЕВНОМ ПОДОСТРОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

**А.И. Колобанов, А.А. Шумакова, И.Е. Соколов,
В.А. Шипелин, И.В. Гмошинский, С.А. Хотимченко**

Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи,
Российская Федерация, 109240, г. Москва, Устьинский проезд 2/14.

РЕЗЮМЕ. Бентонитовые глины (БГ), содержащиеся в диете и присутствующие в лекарственных препаратах, могут влиять на биодоступность макро- и микроэлементов. Методом ICP-MS исследовано содержание 30 химических элементов в печени и почках крыс, получавших БГ с рационом в дозе 1–100 мг/кг массы тела. Выявлено достоверное влияние БГ на бионакопление эссенциальных элементов Ca, P, K, Fe, Se и Zn, а также снижение содержания токсичного As в почках животных. Полученные данные целесообразно использовать при гигиеническом нормировании содержания наноглин в пищевой продукции, а также при разработке протоколов использования препаратов БГ в качестве энтеросорбентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глины, бентонит, пищевая продукция, микроэлементы, биодоступность, крысы.

Для цитирования: Колобанов А.И., Шумакова А.А., Соколов И.Е., Шипелин В.А., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Влияние бентонитовой глины на гомеостаз микроэлементов у крыс в 92-дневном подостром эксперименте. Микроэлементы в медицине. 2024;25(3):40–42. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-17.

ВВЕДЕНИЕ

Бентонитовая глина (БГ), в том числе в наноформе, применяется во многих областях промышленности, в частности в пищевых производствах (Abdel-Wahhab et al., 2015; Anwerye et al., 2023), где она используется в качестве пищевой добавки E558 и компонента упаковочных материалов. Кроме того, БГ входят в состав адсорбентов (для очистки масел и напитков), носителей лекарств и витаминов (Rodrigues et al., 2013). Благодаря выраженным адсорбционным и ионообменным свойствам, БГ могут влиять на всасывание в кишечнике пищевых веществ и токсикантов (Damato et al., 2022). Вместе с тем вопрос о влиянии БГ на всасывание, биодоступность и бионакопление эссенциальных и токсичных макро- и микроэлементов изучен недостаточно. Цель работы – изучение влияния вводимой с рационом БГ на накопление элементов во внутренних органах крыс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали бентонитовую глину "Монамет 1Н1®" (производства АО "МЕТАКЛАЙ", Россия). Эксперимент проведен на 40 крысах-самцах Вистар (4 группы по 10 животных в каждой). В ходе работы соблюдали принципы биомедицинской этики (Директива 2010/63/EU, 2012). В течение 92 сут животные групп с 1-й по 4-ю получали полусинтетический сбалансированный рацион с добавлением БГ в дозах 0 (контроль); 1; 10 и 100 мг на 1 кг массы тела соответственно. Крыс выводили из эксперимента путем обескровливания из нижней полой вены под глубокой эфирной анестезией. Содержание 30 химических элементов (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Gd, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Rb, Se, Sr, Tl, V, Zn) в печени и почках крыс определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) с использованием прибора серии 7700х (Agilent Technologies, Япония). Методика анализа подробно представлена ранее (Shumakova et al., 2020). Предел количественного определения (LOQ) для всех элементов составил 0,005 мг/кг влажной массы ткани. Статистическую обработку проводили с определением выборочного среднего, стандартной ошибки. Достоверность различий устанавливали согласно *t*-критерию Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$. Исключение выпадающих значений выполняли согласно критерию Граббса.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Содержание в органах крыс Ag, Be, Cd, La, Ce, Gd, Cs и Tl во всех случаях было ниже LOQ. В печени крыс, получавших БГ, наблюдалось статистически значимое дозозависимое снижение содер-

жания В, Са и Se по сравнению с контрольной группой (рисунок, а). Одновременно повышалось содержание Zn, Cr и Ni. В группе 2 (1 мг/кг) снижалось также содержание К, Mn и Rb, но эти эффекты не были дозозависимыми. В почках изменения минерального состава были более значительными и охватывали 13 элементов (рисунок, б). Так, отмечалось дозозависимое снижение под влиянием БГ содержания As, Са, Cr, Cu, Fe, К, Mg, Mn, Ni, Р, Se и Zn, а также В (данные не показаны).

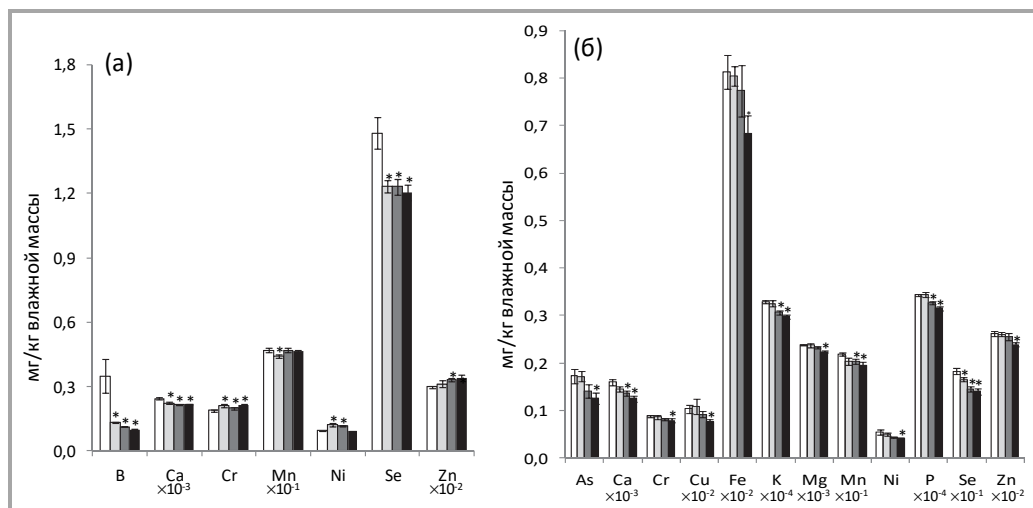


Рисунок. Содержание минеральных веществ в ткани печени и почек крыс по данным ICP-MS.

Ось ординат – содержание, мг/кг массы тела, $M \pm m$.

Ось абсцисс – элемент, масштаб (множитель) представляемых данных.

* – различие с группой 1 достоверно, $p < 0,05$

Полученные данные свидетельствуют о выраженном влиянии потребления с рационом БГ на минеральный гомеостаз у экспериментальных животных. В ряде случаев (содержание К, Са, Р и Mg) эти изменения были небольшими по амплитуде, но, по-видимому, биологически значимыми, так как уровень этих эссенциальных макроэлементов в тканях жестко гомеостатизируется. В случае Se, Са и элемента с недостаточно установленной функцией – бора (В) их содержание согласованно снижалось в обоих органах, что может указывать на ухудшение биодоступности этих элементов, связанное с сорбционными свойствами БГ. Для таких переходных металлов, как Zn, Ni и Cr, изменения были неоднозначными, а именно: возрастание накопления в печени и снижение в почках, что может указывать на нарушение межорганный транспорта этих элементов вследствие изменений в экспрессии транспортных белков. Последнее обстоятельство, однако, требует отдельного исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты работы показали, что при наибольшей дозе БГ, 100 мг/кг массы тела, наблюдаются наиболее существенные изменения в микроэлементном гомеостазе, включая снижение бионакопления таких эссенциальных элементов, как Са, Р, К, Fe, Se и Zn. В качестве положительного эффекта следует указать на снижение бионакопления в почках токсичного и канцерогенного элемента мышьяка (As). Полученные данные целесообразно использовать при гигиеническом нормировании остатков наноглин в пищевой продукции, а также в протоколах использования препаратов БГ в качестве энтеросорбентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке фундаментальных исследований в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования (Тема № 0529-2019-0057 «Разработка системы качества и безопасности пищевой продукции, в том числе пищевых добавок и спиртосодержащих напитков, полученных биотехнологическими методами»; регистрационный номер в ЕГИСУ НИОКТР АААА-А19-119032590091-4).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Директива 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях. Санкт-Петербург: RusLASA. 2012; 50 с. [Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. (In Russ.)].

Abdel-Wahhab M.A., El-Nekeety A.A., Hathout A.S., et al. Preparation and characterization of organo-modified nano montmorillonite and evaluation of its ability to adsorb aflatoxins, fumonisins and zearalenone from aqueous solution. Nano Sci. Tech. Open Lib. 2015; 1(1): 27–34.

Anwer A.H., Ahtesham A., Shoeb M., et al. State-of-the-art advances in nanocomposite and bio-nanocomposite polymeric materials: A comprehensive review. Adv Colloid Interface Sci. 2023; 318: 102955.

Damato A., Vianello F., Novelli E., et al. Comprehensive review on the interactions of clay minerals with animal physiology and production. Front Vet Sci. 2022; 9: 889612.

Rodrigues L.A., Figueiras A., Veiga F., et al. The systems containing clays and clay minerals from modified drug release: A review. Colloids Surf. B Biointerfaces. 2013; 103: 642–651.

Shumakova A.A., Shipelin V.A., Trusov N.V., Gmoshinski I.V. Content of essential and toxic trace elements in organs of obese Wistar and Zucker leprfa rats receiving quercetin. J. Trace Elem. Med. Biol. 2020; 64: 126687.

INFLUENCE OF BENTONITE CLAY ON HOMEOSTASIS OF MICROELEMENTS IN RATS IN A 92-DAY SUBACUTUS EXPERIMENT

**A.I. Kolobanov, A.A. Shumakova, I.E. Sokolov,
V.A. Shipelin, I.V. Gmoshinski, S.A. Khotimchenko**

Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety,
Ust'insky proezd 2/14, Moscow, 109240, Russian Federation

ABSTRACT. Bentonite clays (BC) presented in food products and used in pharmaceuticals, can affect the bioavailability of essential and toxic elements contained in the diet. The content of 30 chemical elements in the liver and kidneys of rats that received BC with a diet at a dose of 1-100 mg/kg body weight for 92 days was studied using ICP-MS. A significant effect of BC on the bioaccumulation of essential elements such as Ca, P, K, Fe, Se and Zn, as well as a decrease in the content of toxic As in the kidneys of animals, was revealed. It is advisable to use the obtained data for hygienic regulation of the content of nanoclays in food products, as well as for the development of protocols for the use of BC preparations as enterosorbents.

KEYWORDS: clays, bentonite, food products, trace elements, bioavailability, rats.