

DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОРБЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОБИОТИЧЕСКИХ ШТАММОВ *BACILLUS* SP. В УСЛОВИЯХ ОСТРОЙ ИНТОКСИКАЦИИ ЦИНКОМ И МЕДЬЮ

А.Н. СизенцовФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
Российская Федерация, 460018, Оренбург, пр. Победы, д. 13

РЕЗЮМЕ. Сравнительный анализ результатов экспериментальных исследований, направленных на оценку использования биоремедиационного потенциала пробиотических штаммов *Bacillus* sp. в условиях острой интоксикации цинком и медью, свидетельствует о значительном снижении данных элементов в исследуемых группах опытных групп. Максимальные сорбционные показатели при интоксикации цинком регистрируются на применении *B. subtilis* 534 и составляют 60,51%, в то время как при интоксикации медью максимальные значения процента выведения составили 45,29% для *B. cereus* IP 5832 «Бактисубтил» и 45,88 % для *B. subtilis* ВКПМ В 7048 и *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 «Ветом 2».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биосорбция, цинк, медь, острая интоксикация.

Для цитирования: Сизенцов А.Н. Использование сорбционного потенциала пробиотических штаммов *Bacillus* sp. в условиях острой интоксикации цинком и медью. Микроэлементы в медицине. 2024;25(3):13–15. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-6.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях возрастающего уровня техногенной нагрузки на окружающую среду возникает острая необходимость в поиске новых экологически безопасных методических подходов, направленных на поддержание биологических систем различного уровня организации в пределах референтных физиологически значимых показателей. Несмотря на то, что многие тяжелые металлы являются эссенциально значимыми (Zn, Cu, Co и др.), поступление их в организм в дозах, превышающих пороговые значения, приводит к развитию патологических состояний и накоплению в тканях свободных металлов (Plum et al., 2010). Многие микроорганизмы для борьбы с последствиями избытка цинка и меди выработали широкий спектр защитных механизмов. Например, *B. subtilis* вырабатывает внеклеточное полимерное вещество полигамма-глутамат (γ -PGA) в качестве защитного механизма в ответ на избыток цинка и меди (Deol et al., 2022).

Ц е л ь р а б о т ы – провести комплексную оценку эффективности применения пробиотических штаммов *Bacillus* sp. в условиях острой интоксикации цинком и медью в модельном эксперименте на крысах Wistar.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Блок экспериментальных исследований реализовали в условиях вивария на группах аналогах крыс Wistar по 20 особей в каждой группе. Были сформированы 3 контрольные группы: K_0 – интактная, K_1 – интоксикация цинком (75 мг/кг), K_2 – интоксикация Cu (50 мг/кг) и 6 опытных: O_1 (Zn + *B. subtilis* 534), O_2 (Zn + *B. cereus* IP 5832), O_3 (Zn + *B. subtilis* ВКПМ В 7048 и *B. licheniformis* ВКПМ В 7038). В группах O_4 , O_5 и O_6 проводили модельную оценку эффективности применения бактериальных штаммов при интоксикации медью. В эксперименте использовали растворы солей $ZnSO_4$ и $CuSO_4$, которые вводили однократно индивидуально натошак *per os*. Корректирующую терапию с использованием пробиотических штаммов осуществляли по средству индивидуального введения суспензии тестируемых штаммов на основе 0,7% NaCl в дозе 1 мл (не менее 1×10^9 КОЕ/мл) в течение 7 дней. Состояние животных оценивали в течение 21 суток с интервалом 7 суток на основании морфофизиологических, биохимических и иммунологических (показатели неспецифической резистентности) показателей крови, гистологического исследования органов мишеней (печень, селезенка) и содержания исследуемых элементов в тканях (кожный покров, мышечная и костная ткани).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Ключевое значение в эксперименте имел показатель содержания тяжелых металлов в биологических образцах, так как его значение в опытных группах по отношению к группам интоксикации позволяло оценить уровень сорбционных характеристик бактериальных штаммов *Bacillus* sp. методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

При анализе итогового результата оценки сорбционных характеристик тестируемых бактериальных штаммов установлено, что уровень содержания исследуемых элементов в исследуемых биологических образцах группы контролей интоксикации значительно превышает показатели интактной группы на 55,46 и 60,58% для цинка и меди соответственно. При этом максимальные достоверно значимые уровни локализации обоих элементов регистрируются в костной ткани – цинка на 75,46% ($p<0,01$), меди – 64,06% ($p<0,001$), и кожном покрове на 35,71% ($p<0,05$) и 62,07% ($p<0,01$) соответственно по отношению к контролю интоксикации.

Курсовой прием пробиотических штаммов оказывает положительную динамику на уровень содержания исследуемых элементов в тканях, проявляющийся значительным снижением их уровня вплоть до показателей интактной группы. При этом следует отметить, что наиболее активно бактериальные штаммы сорбируют и выводят из организма цинк. Максимальные показатели выведения регистрируются на фоне применения *B. subtilis* 534, применение которого позволило снизить концентрацию металла не только по отношению к контролю интоксикации, но и интактной группы на 60,51 и 11,32% соответственно. Процент выведения меди из организма животных тестируемыми штаммами имеет относительно близкие значения в диапазоне от 41,18% (*B. subtilis* 534) до 45,88% (*B. subtilis* ВКПМ В 7048 и *B. licheniformis* ВКПМ В 7038).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщенный анализ результатов экспериментальных исследований свидетельствует о высоком уровне биоаккумуляции цинка и меди в организме животных с превышением контрольных значений на 55,46 и 60,58% соответственно. Потенциал и перспективность использования пробиотических транзиторных штаммов рода *Bacillus* sp. свидетельствует о высоком уровне сорбции не только в желудочно-кишечном тракте, но и в организме в целом. Процент выведения цинка в опытных группах составляет от 35,29 до 60,51%, меди – от 41,18 до 45,88%. При этом уровень сорбции имеет обратную корреляционную зависимость, штаммы, обладающие максимальными показателями аккумуляции одного элемента показывают минимальный уровень сорбции другого.

Работа выполнена при поддержке государственного задания FSGU-2023-0007.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Plum L.M., Rink L., Haase H. The essential toxin: impact of zinc on human health. Int J Environ Res Public Health. 2010; 7(4): 1342–65. DOI: 10.3390/ijerph7041342.
- Deol R., Louis A., Glazer H.L., et al. Poly-Gamma-Glutamic Acid Secretion Protects *Bacillus subtilis* from Zinc and Copper Intoxication. Microbiol Spectr. 2022; 10(2): e0132921. DOI: 10.1128/spectrum.01329-21.

USE OF SORPTION POTENTIAL OF PROBIOTIC STRAINS *BACILLUS* SP. IN CONDITIONS OF ACUTE INTOXICATION WITH ZINC AND COPPER

A.N. Sizentsov

Orenburg State University,
Pobedy Ave. 13, Orenburg, 460018, Russian Federation

ABSTRACT. Comparative analysis of the results of experimental studies aimed at assessing the use of bioremediation potential of probiotic strains of *Bacillus* sp. under conditions of acute intoxication with Zn and Cu indicates a significant decrease in these elements in the studied samples of the experimental groups. The maximum sorption indicators for zinc intoxication are recorded for the use of *B. subtilis* 534 and amount to 60.51%, while for copper intoxication the maximum values of the percentage of excretion were 45.29% for *B. cereus* IP 5832 «Baktisubtil» and 45.88% *B. subtilis* ВКПМ В 7048 and *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 «Vetom 2».

KEY WORDS: biosorption, zinc, copper, acute intoxication.