

8. Boldyrev, A.A., Yuneva, M.O., Sorokina, E.V., Kramarenko, G.G., Fedorova, T.N., Konovalova, G.G., and Lankin, V.Z. (2001). Antioxidant Systems in Tissues of Senescence Accelerated Mice. *Biochemistry*, 66(10), 1157–1163. [in Russian].
9. Lushchak, V.I., Bagnyukova, T.V., Luzhna L.I. (2006). Indices of oxidative stress.2. Lipid peroxides. *The Ukrainian Biochemical Journal*, 78(5), 113–119. [in Ukraine].
10. Tarchevsky I.A. (1992). The degradation processes in plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 39(6), 1215–1223. [in Russian].
11. Kubyshkin, A.V., Avidzba, A.M., Borisyuk, V.S., Stoyanov, V.S. (2017). Polyphenols of red grapes in wine and concentrates for use in rehabilitation technologies. *Agricultural Biology*, 52(3), 622–630. [in Russian].
12. Safaei, N, Babaei, H, Azarfarin, R, Jodati, AR, Yaghoubi, A, Sheikhalizadeh, MA. (2017). Comparative Effect of Grape Seed Extract (*Vitis vinifera*) and Ascorbic Acid in Oxidative Stress Induced by On-Pump Coronary Artery Bypass Surgery. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 20(1), 45–51.
<https://doi.org/10.4103/0971-9784.197834>
13. Brazinha, C, Cadima, M, Crespo, JG. (2014) Optimization of extraction of bioactive compounds from different types of grape pomace produced at wineries and distilleries. *Journal of Food Science*. 79(6), E1142-1149. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12476>.
14. Kustova, I.A., Makarova, N.V., Gudkova, A.M. (2017). Obtaining extract from grape secondary raw materials, *Khimija rastitel'nogo syr'ja* [*Chemistry of plant raw material*] 3, 175–184. [in Russian]. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017031659>
15. Batkova, I.A., Makarova, N.V., Yashina, I.A., Novikova, M.N., Smirnova, N.V. (2014). Preparation of Extracts from Husks and Grape Seeds with High Antioxidant Activity. *Food Industry*, 2, 68–70. [in Russian].
16. Marynin A., Zaxarevych, V., Rogovyj, I., Farysyeyev, A., Sukmanov, V. (2016). Patent Ukraine UA 107175U. Kyiv: SOE Ukrainian Intellectual Property Institute. [in Ukraine].
17. Morgan, G.A., Leech, N.L., Gloeckner, G.W., Barrett, K.C. (2012). *IBM SPSS for Introductory Statistics. In: Use and Interpretation*. Fourth Edition. Routledge Taylor & Francis Group, New York. 256.
18. Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.

А. Р. Скiра, О. С. Яремкевич, Н. Л. Заярнюк, М. С. Курка

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології

ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИОКСИДАНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕКСТРАКТІВ З ВИНОГРАДНОГО ЖМИХУ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИХ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ТА КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Досліджено антиоксидантну активність (АА) різних екстрактів виноградних пожитків (*Vitis vinifera L.*). Радикальну абсорбційну активність (РАА) обчислювали в реакціях з радикалами DPPH та ABTS^{•+} та АА у гомогенаті печінки щурів за двома маркерами окисного стресу: вмістом тіобарбітуративних продуктів та карбонільними групами білків. Всі екстракти виявляли антиоксидантну активність. Екстракт на водній основі та 96% етаноловий екстракт, одержаний методом теплової ванни, були інгібіторами утворення вільнорадикального окислення ліпідів та білків. 96% етаноловий екстракт є перспективним для розроблення фармацевтичних та косметичних продуктів.

Ключові слова: екстракти виноградного шроту, радикал-поглинальна активність, антиоксидантні властивості.

Г. А. Буцяк¹, О. В. Швед^{1,2}, З. В. Губрій², В. І. Буцяк¹

¹ Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, кафедра біотехнології та радіології,

² Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології
ovshved@ukr.net; olha.v.shved@lpnu.ua

ОСОБЛИВОСТІ ЕКОСОРБЦІЇ ЕНТЕРОСОРБЕНТОМ ЗА ТОКСИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

<https://doi.org/10.23939/ctas2020.02.086>

Проаналізовано можливості застосування ентеросорбентів як мінеральних добавок для біопрофілактики та попередження затримки важких металів в організмі через можливі забруднення харчових продуктів в результаті порушення біобалансу екосистеми і накопичення їх у біопродукції тваринництва. Вивчена динаміка змін фізіологічних показників організму піддослідних тварин за впливу важких металів залежно від використаних ентеросорбентів як ефективних профілактичних заходів, здатних знизити рівень свинцю у крові та печінці тварин за інтоксикації до рівня контрольних показників.

Ключові слова: ентеросгель, екосистема, важкі метали, ентеросорбент, біопродукти.

Вступ

В сучасних умовах урбанізації значна увага науковців та виробників приділяється питанням охорони здоров'я людини, профілактики токсичних захворювань у медичній та ветеринарній практиці, а також питанням захисту екосистем довкілля і урбоекології. Особливу увагу приділяють біоутилізації політантів з важкими металами, біотрансформації забрудненої ними сировини рослинного та тваринного походження, яку використовують для виробництва харчової продукції, також займаються питаннями очищення повітря частково забрудненого важкими металами з вихлопів автотранспорту [1,2].

Сучасні біологічні засоби попередження інтоксикації важкими металами, як правило, направлені не тільки на корекцію ключових обмінних порушень, так званої “токсикодинамічної біопрофілактики”, але й на зниження затримки важких металів в організмі [3]. Перспективними з точки зору біопрофілактики сумісної інтоксикації солями важких металів вважаються біодобавки та ентеросорбенти різного походження [4]. До них відносяться біопротектори, антидоти, синтетичні комплексні та хелатоутворюючі сполуки, адсорбенти різної природи, які активно виводять важкі метали з організму [5,6]. Однак, нерідко, вони викликають негативні побічні прояви (багато з них відносяться до III класу помірно шкідливих

сполук), через що використання їх у медичній та ветеринарній практиці обмежене. Профілактичні та лікувальні заходи часто ускладнюються тим, що велика кількість важких металів фіксується у тканинах кісткового мозку, створюючи своєрідне депо.

Найбільш перспективним щодо сорбції важких металів з біоматеріалу є сорбент “Ентеросгель” (зокрема, компанії “Креома-фарм”), який володіє високою адсорбційною активністю, вибірковою дією зв'язувати і виводити політантанти з організму. Ентеросгель не викликає побічних ефектів, оскільки не ушкоджує слизову оболонку кишечника, не всмоктується в кров і швидко виводиться з організму, тобто є абсолютно не шкідливим. Комплекс фізико-хімічних властивостей (елімінація, адсорбція важких металів, йоннообмінна активність, а також вміст різних елементів, у тому числі есенціальних) визначає його важливість у використанні як біологічно активної добавки в сільському господарстві, в гуманній і ветеринарній медицині та фармакології [7]. Пролонгуючий ефект ентеросорбції яскраво проявляється у морфологічних дослідженнях. Зокрема, під час експериментів на тваринах після застосування ентеросгелю дослідниками не спостерігалися зміни у венозних судинах і різних відділах аорти. У корі головного мозку зменшувались виражені атрофічні зміни

нейронів і вакуолізації цитоплазми. У нирках рідше зустрічалися склерозовані ниркові клубочки. Гепатоцити, переважно із світлою цитоплазмою, в них розрізняють великі ядра з ніжною сіткою хроматину і ядерцями. В цитоплазмі міститься менше ліпідних гранул, що за використання ентеросорбції можна пояснити “додатковою” детоксикацією організму і стабілізацією гомеостазу [8].

В даний час, з метою захисту організму від дії важких металів через їх зв'язування використовують біопротектори (ЕДТА (етилендіамінтетраоцтова кислота), ЕГТА (етиленглікольбіс(β-аміноетиловий естер)-N,N',N'-тетраоцтова кислота), пентацин, імуран, фітин, D-пеніциламін, унітіол). Інтенсивність утворення металокомплексів залежить від величини і константи стійкості кожного металу.

З досліджень [9] щодо гальмування йонів Pb^{2+} , Zn^{2+} та Cd^{2+} Mg^{2+} -залежну АТФ-азну активність актоміозину біометрію видно, що ЕДТА і ЕГТА не усувають інгібуєчий вплив важких металів. Проте, при клінічному свинцевому і ртутному отруєнні, широко використовують динатрієво-калієву сіль ЕДТА, поліамінополіоцтові кислоти.

Очевидно, ЕДТА може володіти інгібуєчою дією зворотно зв'язувати Mg^{2+} та інші двохвалентні йони, внаслідок чого він гальмує активність ферментів, які можуть відновлюватися тільки в присутності даних йонів.

У медичній практиці також широко використовують імуран – імунодепресор антиметаболітів, який застосовують у лікуванні та пролонгуванні часу функціонування трансплантованих органів і тканин. Під його впливом спостерігали в організмі морських свинок різке зменшення кількості важких металів [10].

Високим ступенем комплексоутворення володіє фітин, який складається із сумішей кальцієвих і магнієвих солей інозитфосфорної кислоти. [11]. З інших комплексоутворюючих сполук для виведення із організму важких металів використовують фосфіцин та триферацин [12].

Вивчення антидотних властивостей тіолових сполук інтенсивно проводилось ще в 40–60-х роках минулого століття, коли був запропонований вітчизняний препарат – унітіол [13]. Дані клінічного дослідження препарату унітіолу за хронічної інтоксикації парами металічної ртуті підтверджують його антидотну дію, що дозволяє

використовувати його у медичній практиці [14]. За кадмієвої інтоксикації, введення унітіолу до певної міри стабілізує процеси в еритроцитах, сприяє підвищенню резистентності останніх [15]. Однак, в максимальних дозах (60 мг/кг), унітіол викликає побічний ефект, що проявляється у зменшенні кількості еритроцитів та вмісту гемоглобіну в крові. У сировотці крові зменшується рівень білка, пригнічуються активності каталази, пероксидази, лужної фосфатази, виникають деструкції клітин, які супроводжуються виходом у кровеносну систему амінотрансфераз (АсАТ, АлАТ), у печінці зменшується синтез альбумінів та розвивається жирова дистрофія.

Окрім того що ці препарати активно виводять важкі метали, також нерідко вони викликають негативні побічні прояви: збіднюють організм мікроелементами, супроводжують зміни у крові, проявляють алергічні реакції, а тому вони не завжди придатні для постійного використання. Зокрема, у перші дні їх застосування підвищується виведення важких металів з організму, але цей процес супроводжується збільшенням вмісту метаболітів порфіринового обміну в сечі, що свідчить про мобілізацію депонованих металів. Про це стверджують деякі автори [16], що комплексоутворюючі сполуки, які використовуються в даний час, поряд з виведенням важких металів, активно виводять і інші елементи, зменшують їх вміст в депо (в печінці і кістковому мозку). У результаті такого лікування часто підвищується анемічний синдром.

В той же час при використанні різних пектинів: бурякового, яблучного та пектин-вітамінного драже спостерігалось достовірне зниження рівня ртуті в крові у всіх вікових груп шурів. У старих шурів ступінь виведення ртуті виявилась ефективнішою при використанні пектин-вітамінного драже. У середніх за віком шурів усі три пектини виводять ртуть однаково, а для молодняку шурів найбільш ефективним є буряковий пектин [17].

А тому, використання в даному випадку традиційної медикаментозної терапії далеко не завжди корисне та інколи навіть протипоказане, внаслідок зростання частоти розповсюдження побічних проявів, відносної токсичності синтетичних препаратів, високої вартості та неефективності при тривалій дії фізичних і хімічних факторів.

Мета

Метою дослідження було вивчення адсорбційної активності доступних ентеросорбентів: ентеросгелю, активованого вугілля та пектину яблучного щодо виведення важких металів з організму лабораторних тварин.

Матеріали і методи дослідження

Експериментальні дослідження проводили на білих щурах лінії Wistar, з початковою живою масою 170-200г, які знаходились на повноцінному раціоні віварію Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького. Тварин утримували за сталої температури ($20\pm 2^\circ\text{C}$) та вологості (відносна вологість $50\pm 5\%$) із світловим режимом 12 годин і вільним доступом до води, для підстилки використовували стружку листяних порід дерев [18]. Залежно від напрямів досліджень формували одну контрольну, а решту – дослідних груп (здебільшого по 5–7 голів у кожній).

Для характеристики фонових рівнів вмісту важких металів використовували результати власних досліджень, а також літературні дані. В експерименті моделювали реальне навантаження найпоширеніших поллютантів, зокрема, міді, кадмію, цинку та свинцю, які є потужним джерелом емісії вугільних шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну. В атмосферному повітрі, воді відкритих водоймищ, ґрунті та колодязній воді в районі наших досліджень зареєстровано значне підвищення даних сполук, що відповідно у 2,5, 12,0, 13,0 і 1,5–3,0 рази перевищують ГДК [19].

В експериментальних дослідженнях з вивчення адсорбційної активності ентеросорбентів, а також їх впливу на елімінацію йонів Cd^{2+} і Pb^{2+} з організму токсикованих щурів, були сформовані п'ять груп, з них одна контрольна (7 голів), решта – дослідні (по 21 голів). Дослідні групи тварин (I – IV) відповідно інтоксиковували солями важких металів (I група – $\text{CdCl}_2 + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} + \text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{CuCl}_2$; II група – $\text{CdCl}_2 + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} + \text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; III група – $\text{CdCl}_2 + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} + \text{CuCl}_2$; IV група – $\text{CdCl}_2 + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ у перерахунку на катіони металів 1,17 мг, 3,14 мг, 425 та 5,30 мг відповідно в концентрації, що відображає реальне забруднення району наших досліджень) упродовж 45 діб.

На 30-й день експерименту кожну із чотирьох дослідних груп було розділено ще на

три групи, яким упродовж 15 днів вводили внутрішньошлунково за допомогою зонду ентеросорбенти, а саме ентеросгель (“Креома-фарм”), активоване вугілля (Український консорціум “Екосорб”) у дозі 0,14г на одну тварину в добу та пектин яблучний низькоетерифікований (AU-701, German) у формі 2% суспензії в дозі 10 мл/кг. Використана кількість ентеросорбентів відповідає рекомендованим для людей дозам. Упродовж дослідів щотижня зважували тварин.

Визначення кількості важких металів у досліджуваних об'єктах проводили відповідно до Державних стандартів (ДСТУ 26927-86, 26929-86, 26931-86 – 26934-86). Концентрацію важких металів досліджували методом спектрофотометрії [20], використовуючи режим абсорбції у повітряно-ацетиленовому полум'ї на атомно-абсорбційному спектрофотометрі ААС-30.

Для визначення концентрації важких металів у крові формували 11 дослідних груп, а саме згодовували солі важких металів та їх суміші у таких поєднаннях:

1 дослідна група – $\text{Cd} + \text{Pb} + \text{Zn} + \text{Cu}$; 2 – $\text{Cd} + \text{Pb}$; 3 – $\text{Cd} + \text{Pb} + \text{Zn}$; 4 – $\text{Cd} + \text{Pb} + \text{Cu}$; 5 – $\text{Cd} + \text{Zn}$; 6 – $\text{Cd} + \text{Cu}$; 7 – $\text{Pb} + \text{Zn}$; 8 – $\text{Pb} + \text{Cu}$; 9 – $\text{Zn} + \text{Cu}$; 10 – Zn ; 11 – Cu .

Кров для аналізів забирали у скляні пробірки з насиченим розчином оксалату калію як антикоагулянту.

У кінці експерименту щурів декапітували за умов легкого етерного наркозу. Отримані органи та тканини відмивали холодним фізіологічним розчином упродовж 35–50 с, проводили зважування окремих органів і вираховували вагові коефіцієнти, в окремих випадках органи заморожували та зберігали в рідкому азоті до моменту досліджень. Проби крові забирали під час декапітації щурів.

Експериментальні досліді з тваринами проводили згідно з принципами біоетики поводження з тваринами [18].

Одержані дані обробляли математично за загальноновизнаними методами варіаційної статистики. Вірогідність відмінностей між показниками дослідної і контрольної груп оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента [21].

Результати досліджень та обговорення

З огляду на проблеми застосування сорбентів для захисту організму і, зокрема, системи травлення, сьогодні значна увага приділяється речовинам природного походження і препаратам,

створеним на їх основі. Широке використання цих препаратів дає змогу позбутися ряду істотних недоліків традиційних лікувальних заходів, які ґрунтуються, як правило, на використанні специфічних протиотрут або препаратів різної хімічної природи, що взаємодіють з катіонами токсичних елементів, утворюючи з металами комплексні сполуки, внаслідок чого останні гублять біологічну активність і виводяться з організму.

У ході експериментальних досліджень на біоматеріалі піддослідних тварин виявлено, що адсорбційна активність доступних ентеро-

сорбентів: ентеросгелю, активованого вугілля та пектину яблучного низькоетерифікованого має різний рівень захисту.

Аналізуючи дані про абсорбуючу активність ентеросгелю щодо дії важких металів (табл.1), встановлено, що використання ентеросорбенту впродовж 15 днів поряд із згодуванням щурам різних сумішей важких металів (Cd+Pb+Zn+Cu), сприяло значному попередженню надходження йонів Cd²⁺ і Pb²⁺ з шлунково-кишкового тракту, а також підвищеній елімінації їх з організму піддослідних тварин (порівняно з контрольним зразком тварин).

Таблиця 1

Вміст кадмію і свинцю в крові та печінці щурів при застосуванні ентеросгелю як ентеросорбента, мг/кг, M ± m, n = 10

Суміш солей	Кров		Печінка	
	Cd	Pb	Cd	Pb
До застосування ентеросгелю				
Контроль	0,056±0,006	0,21±0,02	0,63±0,04	0,32±0,03
Cd+Pb+Zn+Cu	0,67±0,05*	0,78±0,05*	7,77±0,38*	1,61±0,09*
Cd+Pb+Zn	0,68±0,06*	0,70±0,04*	6,96±0,36*	1,54±0,08*
Cd+Pb+Cu	0,70±0,04*	0,86±0,06*	7,26±0,34*	1,92±0,11*
Cd+Pb	0,89±0,06*	0,92±0,04*	11,66±0,72*	2,11±0,14*
Після застосування ентеросгелю				
Cd+Pb+Zn+Cu	0,28±0,03*,**	0,22±0,02**	2,89±0,16*,**	0,31±0,03**
Cd+Pb+Zn	0,28±0,03*,**	0,18±0,01**	2,53±0,14*,**	0,27±0,03**
Cd+Pb+Cu	0,27±0,02*,**	0,27±0,03**	2,97±0,18*,**	0,41±0,03*,**
Cd+Pb	0,34±0,03*,**	0,33±0,03*,**	4,48±0,31*,**	0,37±0,03**

Примітка. В цій і наступних таблицях * – статистично вірогідна різниця щодо контролю (* – P<0,05; ** – P<0,01).

Рівень кадмію в крові і печінці токсикованих щурів за умов застосування різних ентеросорбентів змінювався неоднаково і практично не залежав від комбінацій солей важких металів, хоча за використання активованого вугілля у крові щурів, токсикованих солями кадмію і свинцю, концентрація Cd була на 38,6 % нижчою за контроль і на 12,4–16,2 % перевищувала інші дослідні групи, яким згодували активоване вугілля. Серед використаних ентеросорбентів, щодо попередження надходження йонів Cd²⁺ в організм дослідної групи щурів, найвищою адсорбційною активністю володіє ентеросгель, застосування якого сприяло зменшенню на 59,7 і 61,1 % досліджуваного важкого металу. (середні дані за використання всіх досліджуваних сорбентів), відповідно у крові та печінці отруєних щурів.

Результати застосування активованого вугілля як ентеросорбенту для піддослідних тварин також вказують на певну абсорбуючу активність активованого вугілля щодо дії важких металів (табл. 2).

Аналіз результатів (табл.1–3) показав, що використані як ентеросорбенти активоване вугілля та низькоетерифікований яблучний пектин також сприяли зниженню концентрації кадмію у крові та печінці, відповідно, на 29,2 і 32,2 та 50,0 і 55,8%, однак вона була нижчою в середньому на 19,7–30,2 та 5,3–28,9%, порівняно з групою, де застосовували ентеросгель.

Разом з цим, рівня кадмію в крові та печінці, характерного для інактивованих щурів (у табл.1–3 – контроль), в експерименті досягнути не вдалося. Слід зауважити, що під час отруєння дослідних щурів, рівень кадмію в крові і печінці

відповідно зріс у 12,8 і 13,1 рази (середні значення за дослідними групами порівняно з аналогічними показниками контрольної групи щурів), що є свідченням значної кумулятивної дії цього елемента в організмі щурів. Згодований щурам дослідної групи ентеросгель також сприяв зниженню вмісту кадмію в печінці, хоча його концентрація у 4,0–7,1 рази перевищувала показники контрольної групи. З метою підвищення елімінації кадмію з печінки, можливо, потрібно збільшити час застосування ентеросгелю.

Застосування ентеросорбентів з метою попередження надходження та виведення надлишку свинцю із крові і печінки токсикованих солями важких металів (Cd+Pb+Zn+Cu) щурів, про-

являли таку саму адсорбційну активність, як і до йонів кадмію, хоча за використання ентеросгелю вміст свинцю у крові (II дослідна група – Cd+Pb+Zn) та печінці (I і II дослідні групи, які відповідно були навантажені солями: Cd+Pb+Zn+Cu та Cd+Pb+Zn) був нижчим від контрольних показників, що, можливо, пов'язано із взаємодією між окремими металами, комбінація яких підвищує елімінацію важких металів і, зокрема, свинцю з організму.

Результати застосування яблучного пектину як ентеросорбенту для піддослідних тварин також вказують на трохи вищу абсорбуючу активність, аніж активованого вугілля щодо дії важких металів (табл. 3).

Таблиця 2

Вміст кадмію і свинцю в крові та печінці щурів при застосуванні активованого вугілля як ентеросорбента, мг/кг, $M \pm m$, n = 10

Суміш солей	Кров		Печінка	
	Cd	Pb	Cd	Pb
До застосування активованого вугілля				
Контроль	0,056±0,006	0,21±0,02	0,63±0,04	0,32±0,03
Cd+Pb+Zn+Cu	0,67±0,05*	0,78±0,05*	7,77±0,38*	1,61±0,09*
Cd+Pb+Zn	0,68±0,06*	0,70±0,04*	6,96±0,36*	1,54±0,08*
Cd+Pb+Cu	0,70±0,04*	0,86±0,06*	7,26±0,34*	1,92±0,11*
Cd+Pb	0,89±0,06*	0,92±0,04*	11,66±0,72*	2,11±0,14*
Після застосування активованого вугілля				
Cd+Pb+Zn+Cu	0,31±0,03*,**	0,25±0,02**	3,04±0,16*,**	0,42±0,03**
Cd+Pb+Zn	0,30±0,03*,**	0,24±0,01**	3,17±0,14*,**	0,39±0,03**
Cd+Pb+Cu	0,29±0,02*,**	0,29±0,03**	3,20±0,18*,**	0,46±0,03*,**
Cd+Pb	0,36±0,03*,**	0,34±0,03*,**	4,64±0,31*,**	0,48±0,03**

Таблиця 3

Вміст кадмію і свинцю в крові та печінці щурів при застосуванні яблучного пектину як ентеросорбента, мг/кг, $M \pm m$, n = 10

Суміш солей	Кров		Печінка	
	Cd	Pb	Cd	Pb
До застосування яблучного пектину				
Контроль	0,056±0,006	0,21±0,02	0,63±0,04	0,32±0,03
Cd+Pb+Zn+Cu	0,67±0,05*	0,78±0,05*	7,77±0,38*	1,61±0,09*
Cd+Pb+Zn	0,68±0,06*	0,70±0,04*	6,96±0,36*	1,54±0,08*
Cd+Pb+Cu	0,70±0,04*	0,86±0,06*	7,26±0,34*	1,92±0,11*
Cd+Pb	0,89±0,06*	0,92±0,04*	11,66±0,72*	2,11±0,14*
Після застосування яблучного пектину				
Cd+Pb+Zn+Cu	0,32±0,03*,**	0,32±0,03*,**	3,38±0,21*,**	0,94±0,07*,**
Cd+Pb+Zn	0,34±0,04*,**	0,24±0,03*,**	3,47±0,22*,**	0,76±0,05*,**
Cd+Pb+Cu	0,35±0,04*,**	0,33±0,03*,**	3,14±0,16*,**	0,99±0,08*,**
Cd+Pb	0,41±0,04*,**	0,38±0,04*,**	4,65±0,32*,**	1,04±0,09*,**

Щодо адсорбційної активності досліджуваних сорбентів (табл.4), то як і в першому випадку найвищою адсорбційною активністю вирізняється ентеросгель, згодовування якого найкраще попереджує надходження та сприяє виведенню свинцю з організму щурів. Так, ентеросгель знижує рівень свинцю в крові і печінці на 39,5 і 7,4% та 45,6 і 32,8% відповідно, порівняно з активованим вугіллям та низькоетерифікованим яблучним пектином.

Таким чином, використання сорбентів з метою попередження надходження та виведення важких металів з організму отруєних щурів є ефективним профілактичним заходом, що дає можливість знизити рівень свинцю у крові та печінці щурів за інтоксикації (Cd+Pb+Zn – у крові) та (Cd+Pb+Zn+Cu, Cd+Pb+Zn – у печінці) до рівня контрольних показників. Для нормалізації вмісту рухомих форм свинцю в інших

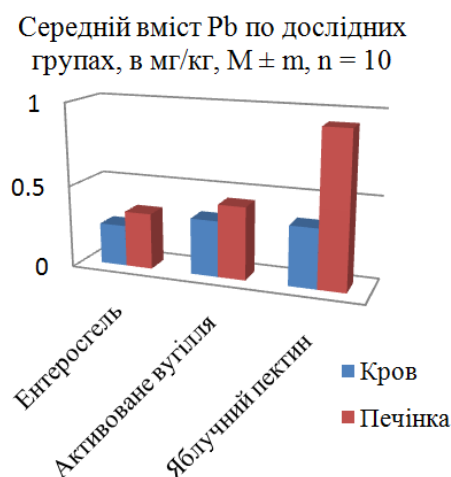
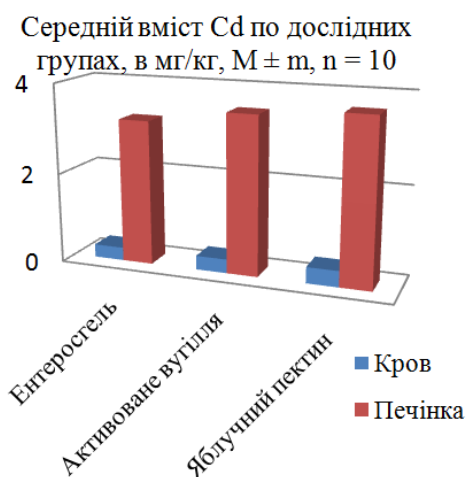
дослідних групах, а також вмісту рухомих форм кадмію в усіх дослідних групах термін використання вказаних ентеросорбентів недостатній.

З використаних ентеросорбентів найбільш перспективним, з найвищою адсорбційною активністю є ентеросгель, який ефективно адсорбує з вмістимого кишечника (через мембрани з капілярів слизової оболонки кишечника) та крові продукти незавершеного метаболізму, важкі метали та інші токсичні речовини. Як ефективний ентеросорбент – ентеросгель, попереджує надходження важких металів в організм лабораторних тварин, а також сприяє покращенню фізіолого-біохімічного статусу. Активоване вугілля та низькоетерифікований яблучний пектин як ентеросорбенти в рекомендованих для людей дозах порівняно з ентеросгелем (в умовах нашого експерименту) проявляють нижчу адсорбційну активність щодо попередження надходження важких металів в організм.

Таблиця 4

Порівняння активності використаних ентеросорбентів, в мг/кг, $M \pm m$, $n = 10$

Середній вміст важких металів по дослідних групах	Ентеросгель		Активоване вугілля		Яблучний пектин	
	Кров	Печінка	Кров	Печінка	Кров	Печінка
Cd	0,29	3,21	0,31	3,51	0,36	3,66
Pb	0,25	0,34	0,34	0,44	0,36	0,93



Динаміка активності використаних ентеросорбентів

Висновки

Результати дослідження показують ефективність ентеросорбентів з метою попередження всмоктування важких металів з шлунково-кишкового тракту, а також елімінації їх, зокрема кадмію і свинцю, з організму тварин. Найкращою

адсорбційною активністю володіє ентеросгель, застосування якого в середньому знижує рівень кадмію і свинцю у крові і печінці, відповідно, на 59,8 і 69,2 та 61,1 і 31,2%, попри можливість часткової акумуляції токсикантів, що може бути усунено збільшенням тривалості згодовування.

References

1. Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Sutton, D. J. (2012). Heavy Metal Toxicity and the Environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 101, 133–164. doi:10.1007/978-3-7643-8340-4_6.
2. Sharma, R. K., Agrawal, M. (2005). Biological effects of heavy metals: An overview. *Journal of Environmental Biology*, 26 (2 suppl), 301–313.
3. Tarasenko, Yu. A., Herashchenko, I. I., Kartel N.T. (2014). Enterosorbtsiia kak metod vyvedeniia iz orhanizma tiazhelykh metallov i radionuklidov. *Poverkhnost*, 6(21), 110–121. [in Russian]
4. Kravtsiv, R. Y., Butsiak, V. I., Butsiak, H. A., Cherevko, M. V. (2008). Vykorystannia enterosorbentiv dlia pokrashchennia yakosti tvarynnytskoi produktsii. *Naukovyi visnyk LNUVMBT im. S.Z.Hzhytskoho*, 10, 1(36), ch.1, 193–198. [in Ukrainian]
5. Herashchenko, I. I. (2014). *Enterosorbenty: likarski zasoby i diietychni dobavky*. Kyiv: Instytut khimii poverkhni im. O.O. Chuika NAN Ukrainy. [in Ukrainian]
6. Nykolaiev, V. H., Mikhalovskyi, S. V., & Huryna, N.M. (2005). Sovremennyye enterosorbenty i mekhanizmy ikh deistviia (Obzor). *Efferentnaia terapiia*, 11(4), 3–17. [in Russian]
7. Nykolaiev, V., Bardakhivskaia, K. (21 hrudnia 2009). Enterosgel – universalnyi kremnii-orhanicheskii enterosorbent. *Apteka online. № 50 (721)*. Retrieved from <https://www.apteka.ua/article/22545>. [in Russian]
8. Dolzhenko, M. N., Semenov, V. H. (2002). Vliianiie enterosorbtsii na prodolzhytelnost zhyzni. *Doktor*, 5, 65. [in Russian]
9. Labyntseva, R. D., Ulianenko, T. V., Kosterin, S.A. (1998). Vliiane ionov tiazholykh metallov na superprepsipitatsiiu i ATF-aznuuiu aktivnost aktomiozina hladkoi myshtsy matki. *Ukr. biokhim. zhurn.*, 70(2), 71–77. [in Russian]
10. Kovalenko, V.N. (Red). (2019). *Kompendium 2019 - lekarstvennyie preparaty*. Kyiv: Morion. [in Russian]
11. Mashkovskii, M. D. (2019). *Lekarstvennyie sredstva. 16-e izdaniie*. Moskva: Novaia volna. [in Russian]
12. Ovcharenko, O. P., Lazar, A. P., Matiushko, R. P. (2002). *Osnovy radiatsiinoi medytsyny: Navch. Posibnyk*. Odesa: Odes. derzh. med. un-t. [in Ukrainian]
13. Holubeva, M.I., Bobryneva, I.A., Orlova, T.M. (2001). Unitiol. *Toksikologicheskii vestnik*, 1, 47–48. [in Russian]
14. Maksimov, Yu. A., Krasniuk, E. P., Ovrutskii, V. M. (2000). Antidotnaia effektivnost resintezirovannoho unitiola. *Sovremennyye problemy toksikologii*, 1, 44–46. [in Russian]
15. Hubskeyi, Yu. I., Ersteniuk, H. M. (2004). Stan erytrotsyarnykh membran pry korektsii kadmiievoi intoksykatsii unitiolom. *Dosiahnennia biolohii ta medytsyny*, 1(3), 64–67. [in Ukrainian]
16. Zhukov, I. V., Androsova, V. A. (2001). Vliianiie prirodnykh tseolitov na rezistentnost orhanizma zhivotnykh. *Veterinariia*, 5, 49–51. [in Ukrainian]
17. Kozlov, K. P., Andrusyshyna, I. M., Didenko, M. M. (2004). Porivnialna otsinka efektyvnosti pektynovykh kompozytsii pry dii rtuti. *Suchasni problemy toksykologii*, 3, 58–62. [in Ukrainian]
18. Stekolnikov, A. A., Yashyn, A. V., Shcherbakov, H. H. (2017). *Laboratornyie zhyvotnyie. Uchebnoe posobiie*. Moskva: Lan. [in Russian]
19. Tarasiuk, O. O. (2003). Stan mikrotsenozu nosohlotky v umovakh antropohennoho navantazhennia ksenobiotykamy. *Dovkillia ta zdorovia*, 4(27), 22–26. [in Ukrainian]
20. Melnychenko, O. P., Yakymenko, I. L., Shevchenko, R. L. (2006). *Statystychna obrobka eksperymentalnykh danykh: Navchalnyi posibnyk*. Bila Tserkva, 34. [in Ukrainian]

G.A. Butsiak¹, O.V. Shved^{1,2}, Z.V. Hubrii², V.I. Butsiak¹

¹Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv
Department of Biotechnology and Radiology,

²Lviv Polytechnic National University,
Department of Technology of Biologically Active Substances, Pharmacy and Biotechnology

FEATURES OF ECOSORPTION BY ENTEROSORBENT UNDER TOXIC LOADING OF HEAVY METALS

The possibilities of using enterosorbents as mineral additives for bioprophylaxis and prevention of heavy metal retention in the body due to possible food contamination as a result of ecosystem biobalance and their accumulation in livestock bioproducts are analyzed. The dynamics of changes in physiological parameters of the body of experimental animals under the influence of heavy metals depending on the used enterosorbents as effective preventive measures that can reduce the level of lead in the blood and liver of animals in intoxication to control levels.

Key words: enterosgel, ecosystem, heavy metals, enterosorbent, protein products.