


ЕКОЛОГІЯ

УДК 637.5'64.04/.05:636.087.72

Вплив різних доз важких металів на показники якості та безпеки м'яса і сала свиней

Чалая О.С. , Чалий О.І. , Нагорний С.А. 

Державний біотехнологічний університет

 E-mail: chaliolisobol@gmail.com



Чалая О.С., Чалий О.І., Нагорний С.А. Вплив різних доз важких металів на показники якості та безпеки м'яса і сала свиней. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2022. № 1. С.168–177.

Chalaya O., Chaly O., Nahorny S. Effect of different doses of heavy metals on quality and safety indices of meat and pig fat. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2022. № 1. PP. 168–177.

Рукопис отримано: 16.01.2022 р.

Прийнято: 31.01.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2022-170-1-168-177

Наведено результати досліджень щодо впливу токсичних доз важких металів, а саме Кадмію та Свинцю (сумісно та окремо) в дозі 10 і 20 гранично допустимих концентрацій на хімічний склад, якості м'язової і жирової тканин свиней. Оцінено застосування експериментальної рослинної добавки як захисного засобу за хронічної інтоксикації важкими металами. За споживання тваринами раціонів з високим рівнем важких металів, як сумісно, так і окремо, відбувалися зміни у хімічному складі та технологічних властивостях м'язової тканини і сала. Вміст у м'ясі сухої речовини, жиру, білка зменшувався, істотнішими ці зміни були в організмі тварин, що отримували підвищені дози Кадмію у I серії, та за сумісного згодовування важких металів у II серії, де їх утримання у раціонах становило 20 гранично допустимих концентрацій. Водночас у м'ясі тварин дослідних груп порівняно із контролем знижувалась калорійність та білково-якісний показник. Активна кислотність м'яса та її вологоутримувальна здатність у тварин усіх груп знаходились у межах норми. Однак у тварин, які отримували з раціоном підвищені дози важких металів, рН м'яса дещо змінювалось у бік нейтрального середовища (рН – 5,3 – 5,5, за контролю рН – 5,1–5,2), вологоутримувальна здатність м'яса дослідних тварин коливалась від 55,24 до 56,5 % (контроль – 55,0–55,1 %). Дослідження якісних показників сала свиней довели, що за дії Кадмію та Свинцю відбувалося зменшення кількості сухої речовин (до 2,84 %) і жиру (до 2,7 %) у салі та збільшення вологи і % клітинних оболонок порівняно із тваринами контрольної групи. Із збільшенням дози важких металів негативні зміни у хімічному складі, технологічних властивостях м'яса і сала дослідних тварин були відчутнішими. Надходження важких металів в організм тварин призвело до накопичення цих токсикантів у м'ясі, водночас із збільшенням дози важких металів зростало і їх накопичення. Так, вміст Кадмію і Свинцю у м'ясі тварин дослідних груп в обох серіях дослідів перевищував встановлені ГДК цих токсикантів, водночас перевищення Свинцю максимально становило у 1,9 раза (II група), а Кадмію – 4,0 раза (IV група). Згодовування експериментальної кормової добавки сприяло поліпшенню хімічного складу та технологічних властивостей м'яса і сала свиней на відгодівлі, зменшенню накопичення токсинів у м'язовій тканині.

Ключові слова: Кадмій, Свинець, м'язова та жирова тканини, хімічний склад, калорійність, вологоутримувальна здатність, активна кислотність, експериментальна рослинна добавка.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Основним завданням галузі тваринництва є забезпечення населення як достатньою кількістю, так і високою якістю виробленої продукції. Нині вимоги споживачів до вибору продукції зростають, особлива увага приділяється не лише якості, а й безпеці харчових продуктів [1].

Якість тваринницької продукції обумовлюється багатьма чинниками, зокрема генетичними особливостями тварин, умовами утримання, віком, а здебільшого якістю та повноцінністю кормів [2, 3]. Безпечна та якісна продукція повинна не лише мати високу поживність та енергетичну цінність, а й відповідати гігієнічним нормативам безпеки щодо вмісту в ній токсичних та інших несприятливих для організму людини речовин [4]. Однак з кожним роком досягти цього стає дедалі важче на тлі загострення екологічних проблем у всьому світі та суттєвого зростання антропогенного впливу на біосферу [5, 6]. Інтенсивний розвиток сільськогосподарства, промисловості, що супроводжуються використанням різних хімічних сполук, мінеральних добрив, пестицидів, призводить до міграції та накопичення в компонентах біосфери (повітря, вода, ґрунт) різних токсинів, що ускладнює виробництво якісної сільськогосподарської продукції [7–9]. Серед численних забруднювачів довкілля одними з найбільш небезпечних є важкі метали, які мають виражені токсикологічні властивості.

У зв'язку з цим актуальним стає вивчення зміни якості і безпечності продукції свинарства за дії різних доз важких металів та пошук можливостей збереження цих показників в умовах надмірного техногенного навантаження.

Нині досить гостро стає питання забруднення біосфери важкими металами. Важкі метали – це умовна назва металів, які мають щільність понад 6 г/см^3 , відносну атомну масу понад 50 а.о.м., більшість з яких токсичні (Цинк, Кадмій, Меркурій, Хром, Свинець та інші) [10, 11]. Існує також думка, що це метали з атомним номером 20 а.о.м. і більше [12]. Згідно з Харчовим кодексом, розробленим комісією ФАО та ВООЗ, найбільш шкідливими з них є Кадмій і Свинець. Ці елементи, навіть за низьких концентрацій, мають виражені токсикологічні властивості і призводять до росту захворювань людей [13–16].

Найінтенсивнішими джерелами надходження цих металів у довкілля є підприємства металургійної та хімічної промисловості, згорання твердого та рідкого палива, пестициди, промислові відходи. Надходження важких металів у довкілля з кожним роком зростає. Так,

через антропогенні джерела у середовище надходить 94–97 % Свинцю, 84–89 % Кадмію [17].

У світі є зони, в яких вміст важких металів у ґрунті, воді, рослинах перевищує встановлені норми, а підвищений вміст Кадмію і Свинцю в м'ясних та молочних продуктах було виявлено багатьма дослідженнями [19, 20]. Важкі метали, надходячи в організм тварин, не лише знижують їх продуктивність [21, 22], а й впливають на хімічний склад, показники біологічної цінності і санітарної якості продукції тваринництва [23].

Встановлено, що за ендемічних захворювань м'ясо тварин переважно буває забруднене мікрофлорою, у зв'язку з чим швидше піддається псуванню порівняно з м'ясом, одержаним від здорових тварин. Крім того, виявлено зміни у показниках якості і біологічної цінності м'яса: зменшується вміст білків м'язової тканини і збільшується сполучнотканинних – колагену та еластину [24].

Дослідження впливу важких металів на якість продукції тваринництва здебільшого зводиться до вивчення рівня накопичення токсинів у м'ясі та внутрішніх органах тварин. Тимчасом технологічні властивості, харчову цінність та біологічну повноцінність м'яса не вивчають [25, 26]. Крім того, продукцію відбирають з місць реалізації, що не дає змоги знати, яка кількість токсинів надходила за весь період відгодовів тварин з кормами [27].

Отже, залишаються не вирішеними питання, пов'язані із вивченням впливу раціонів з різним вмістом важких металів на якість м'ясної продукції. Це спричинено складнощами у проведенні подібних досліджень у виробничих умовах, зокрема наявністю необхідної кількості кормів, що містять у своєму складі надмірну кількість важких металів, і в необхідному співвідношенні. Вирішити ці проблеми можливо створенням штучної моделі екоцидного впливу, тобто введенням у корми додатково необхідної кількості та співвідношення важких металів, що і було використано у дослідженнях.

Для зменшення негативної дії важких металів на організм тварин розробляють ефективні та економічно вигідні засоби. Особливо перспективним у цьому напрямі є використання речовин природного походження і препаратів на їх основі [28].

Мета дослідження – встановити вплив різних доз Кадмію і Свинцю на хімічний склад, технологічні якості м'яса і сала свиней, а також ефективність експериментальної кормової добавки з метою відновлення якості продукції свинарства, отриманої у несприятливих екологічних умовах.

Матеріал і методи дослідження. Для досягнення зазначеної мети було штучно створено модель екоцидного впливу. Для цього за принципом пар-аналогів було сформовано 5 груп по 10 голів кнурців-кастратів великої білої породи в кожній віком 4 місяці. Основний раціон тварин за рівнем енергетичного живлення та поживних речовин відповідав нормам годівлі для свиней [29]. Солі важких металів додавали вручну до основного корму у дозах, встановлених схемою досліду (табл. 1). Дослід проводили у 2 серії, у кожному вносили різні дози важких металів.

Тваринам V дослідної групи разом із забрудненими кормами згодовували експериментальну рослинну добавку впродовж усього періоду відгодівлі, з метою попередження всмоктування та прискорення елімінації важких металів з організму тварин.

Експериментальна добавка містила борошно лікарських рослин, екстракт дубу, вітаміни А, С, D₃ та Е, метіонати Цинку, Міді, Кобальту і Марганцю [31].

Усіх тварин утримували в однакових технологічних умовах (кількість тварин у групі, порідний та статеві-віковий склад, режими утри-

мання і годівлі), відмінність за групами полягала у виді токсиканту, що давали з раціоном, виді їх дії (сукупної та окремої) та наявності експериментальної добавки, а між серіями — дози важких металів.

Наприкінці експерименту з кожної групи було відібрано по 3 голови тварин і проведено контрольний забій. Під час забою від кожної тварини відбирали середню пробу м'язової тканини з найдовшого м'яза спини (700 г) і сала (200 г) на рівні 9–12 грудних хребців. Параметри хімічного складу і фізико-хімічні властивості м'яса, сала оцінювали за кожною твариною окремо (3 показники у групі), а порівняння показників між групами було за середніми показниками у групі. Дослідження проводили в аналітичній лабораторії Інституту тваринництва НААН (м. Харків).

Концентрацію Свинцю і Кадмію у біологічному матеріалі встановлювали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі типу ААС-30 (Німеччина). Матеріали досліджень обробляли математико-статистичними методами із застосуванням пакетів прикладних програм "Excel-2010" фірми Microsoft [30, 31].

Таблиця 1 – Схема досліду з вивчення впливу важких металів на продукцію свинарства

Група	Кількість голів у групі	Умови дослідів
Підготовчий період (15 діб)		
I–V	10	ОР (основний раціон) (вміст у кормах Pb<5 мг/кг, Cd<0,4 мг/кг)
I серія		
Основний період (138 діб)		
I (контроль)	10	ОР (вміст у кормах Pb<5 мг/кг, Cd<0,4 мг/кг)
II		ОР + Pb у дозі 10×ГДК* (50 мг/кг корму)
III		ОР + Cd у дозі 10×ГДК (4 мг/кг корму)
IV		ОР + Pb у дозі 10×ГДК (50 мг/кг) + Cd у дозі 10×ГДК (4 мг/кг)
V		ОР + Pb у дозі 10×ГДК (50 мг/кг) + Cd у дозі 10×ГДК (4 мг/кг) + експериментальна добавка (30 г/на голову/на добу)
II серія		
Основний період (139 діб)		
I (контроль)	10	ОР (вміст у кормах Pb<5 мг/кг, Cd<0,4 мг/кг)
II		ОР + Pb у дозі 20×ГДК* (100 мг/кг корму)
III		ОР + Cd у дозі 20×ГДК (8 мг/кг корму)
IV		ОР + Pb у дозі 20×ГДК (100 мг/кг) + Cd у дозі 20×ГДК (8 мг/кг)
V		ОР + Pb у дозі 20×ГДК (100 мг/кг) + Cd у дозі 20×ГДК (8 мг/кг) + експериментальна добавка (30 г/на голову/на добу)

Примітка: * ГДК – гранично допустима концентрація.

Результати дослідження та обговорення. Результати аналізу показників хімічного складу найдовшого м'яза спини дослідних свиней свідчать, що надходження важких металів з кормом негативно позначилось на вмісті сухої речовини, жиру, білка, істотнішими ці зміни були у тварин IV групи (Свинець+Кадмій) як у I, так і у II серії дослідів ($P>0,95$) (табл. 2). Вміст сухої речовини у м'ясі тварин цих груп зменшувався за 2-ма серіями від 1,37 ($P>0,95$) до 2,72 % ($P>0,99$), жиру і білка – відповідно на 0,35 і 1,44 % ($P>0,99$) та 0,92 % і 1,5 % ($P>0,95$). Зменшення цих показників здебільшого відбулося через зростання кількості вологи у м'ясі у I серії, а також кількості золи у II серії дослідів через збільшення накопиченням Свинцю і Кадмію у м'ясі тварин.

За дії експериментальної добавки на тлі інтоксикації важкими металами показники хімічного складу м'яса (вміст сухої речовини, білка, жиру), калорійність, білково-якісний показник покращувались порівняно із тваринами IV групи і наближались до рівня контролю як у I, так і у II серії дослідів.

Технологічні якості м'яса дослідних свиней визначали за вологоутримувальною здатністю та активною кислотністю (pH). Вологоутримувальна здатність м'яса визначається кількістю у ньому зв'язаної води та впливає на вихід готової продукції, соковитість і ніжність м'яса. Свинина доброї якості має вологоутримувальну здатність на рівні 53–66 %. За даними досліджень цей показник у м'ясі дослідних тварин коливався від 55,24 до 56,46 % і був у межах норми в усіх групах (табл. 3).

Таблиця 2 – Хімічний склад м'яса свиней ($M \pm m$, ($n=3$))

Показники	Група тварин				
	I (контроль)	II	III	IV	V
Волога, %	$73,42 \pm 0,26^1$ $73,33 \pm 0,11$	$75,03 \pm 0,60$ $75,28 \pm 0,57^*$	$75,48 \pm 0,49^*$ $75,44 \pm 0,27^{**}$	$74,73 \pm 0,22^*$ $76,05 \pm 0,41^{**}$	$73,6 \pm 0,08$ $73,8 \pm 0,16$
Суша речовина, %, у т. ч.:	$26,58 \pm 0,26$ $26,67 \pm 0,11$	$24,97 \pm 0,60$ $24,72 \pm 0,57^*$	$24,52 \pm 0,49^*$ $24,56 \pm 0,27^{**}$	$25,27 \pm 0,22^*$ $23,95 \pm 0,41^{**}$	$26,36 \pm 0,08$ $26,21 \pm 0,16$
жир	$3,81 \pm 0,20$ $3,80 \pm 0,25$	$3,12 \pm 0,60$ $3,02 \pm 0,58$	$2,87 \pm 0,57$ $2,71 \pm 0,38$	$3,46 \pm 0,22$ $2,36 \pm 0,08^{**}$	$3,85 \pm 0,36$ $3,73 \pm 0,22$
білок	$22,07 \pm 0,29$ $22,21 \pm 0,19$	$21,21 \pm 0,34$ $21,00 \pm 0,15^{**}$	$21,07 \pm 0,29$ $21,05 \pm 0,26^*$	$21,15 \pm 0,30$ $20,71 \pm 0,14^{**}$	$21,78 \pm 0,24$ $21,74 \pm 0,24$
зола	$0,70 \pm 0,05$ $0,66 \pm 0,06$	$0,64 \pm 0,08$ $0,70 \pm 0,03$	$0,58 \pm 0,04$ $0,80 \pm 0,08$	$0,66 \pm 0,11$ $0,86 \pm 0,19$	$0,73 \pm 0,07$ $0,74 \pm 0,08$
Калорійність 1 кг м'яса, ккал	$1350,96 \pm 22,9$ $1357,40 \pm 17,3$	$1170,6 \pm 77,8$ $1152,28 \pm 8,5$ ***	$1124,5 \pm 47,2^*$ $1109,70 \pm 35,8$ ***	$1132,9 \pm 54,1^*$ $1067,60 \pm 14,8^{**}$	$1290,6 \pm 16,39$ $1274,5 \pm 18,13^*$
Відношення триптофану до оксипроліну	$6,70 \pm 0,11$ $6,64 \pm 0,09$	$6,70 \pm 0,19$ $6,41 \pm 0,02$	$6,41 \pm 0,09$ $6,36 \pm 0,10$	$6,65 \pm 0,04$ $6,09 \pm 0,09$	$6,8 \pm 0,08$ $6,45 \pm 0,17$

Примітка: достовірність відмінності від контролю за *** $P>0,999$, ** $P>0,99$, * $P>0,95$.

¹ – у числівнику наведено дані I, а у займеннику – II серії досліджень.

Зменшення жиру і білка у м'ясі за дії важких металів позначилося на його калорійності. Так, калорійність м'яса тварин II–IV дослідних груп достовірно зменшувалася порівняно із контролем у межах від 180,4 (II група) до 226,46 ккал (III група) у I серії та від 205,12 (II група) до 289,8 ккал (IV група) у II серії. Вміст триптофану у м'ясі тварин цих груп також зменшувався, що мало вплив на білково-якісний показник – найменшим він був у тварин III групи у I серії та IV у II серії і становив відповідно 6,41 та 6,09.

Одним з важливих чинників, що визначає якість свинини, є кислотність (pH). Цей показник залежить від вмісту глікогену у м'язах на момент забою і є ознакою фізіологічного стану тварин перед забоєм, а також відображає перебіг післязабійних процесів у тушах. Вона визначає стадію зрілості м'яса, його збереження і придатність до оброблення. У живих м'язах реакція близька до нейтральної (pH – 7,0–7,2). Через 48 годин після забою дозріле м'ясо здорових тварин має pH 5,2–5,98. З підвищенням pH (вище норми) склад мікрофлори м'яса змі-

нюється, і воно швидко псується. За результатами досліджень активна кислотність м'яса у тварин усіх груп знаходилася в межах норми, однак у тварин, які отримували з раціоном підвищені дози важких металів, рН м'яса дещо змінювалось у бік нейтрального середовища, і ці зміни були достовірними у м'ясі тварин III та IV дослідних груп ($P>0,95$, $P>0,99$). Це може свідчити про зміни складу мікрофлори м'яса і стати причиною його швидкого псування.

Дослідження якісних показників сала свиней, отриманого в умовах двох дослідів, довели, що за дії важких металів відбувалось зниження кількості сухої речовини (від 0,04 до 2,04 % у I серії та від 0,96 до 2,84 % у II серії) і жиру (від 0,12 до 2,3 % у I серії та від 0,6 до 2,7 % у II серії) у салі порівняно з тваринами контрольної групи. Це зменшення відбувалось через збільшення вологості і % клітинних оболонок (табл. 4).

Застосування експериментальної рослинної добавки на тлі вживання тваринами надмірних доз важких металів, дало змогу покращити показники хімічного складу сала (% сухої речовини, жиру, % клітинних оболонок), водночас вміст сухої речовини, жиру зростає, а % клітинних оболонок зменшувався, що свідчить про позитивні зміни у якості сала.

Введення в раціон молодняку свиней підвищених доз Свинцю і Кадмію мало вплив на характер накопичення цих токсикантів у м'ясі тварин (рис. 1, 2). Так, Свинець найбільше накопичувався у м'ясі тварин II та IV дослідних груп, водночас перевищення за ГДК становило у I серії відповідно на 0,13 мг/кг в обох групах, а у II серії – відповідно у 1,9 та 1,5 рази.

Кадмій у м'ясі найбільше накопичувався у тварин II та IV груп, з перевагою у IV групі, водночас перевищення за ГДК в обох серіях становило у 2–2,5 рази в III групі та у 2,25 – 4 рази у IV групі. Із збільшенням дози важких металів зростає і вміст їх у м'ясі тварин.

Згодовування експериментальної рослинної добавки на тлі інтоксикації важкими металами спрямо зменшенню кумуляції і підвищенню елімінації Свинцю та Кадмію з організму, що позитивно позначилось на їх умісті в м'ясі тварин. Так, у I серії дослідів, за дії добавки, спостерігали зменшення їх умісту в м'ясі тварин V групи порівняно з тваринами інших дослідних груп. Водночас ці показники наближались до показників контролю та не перевищували ГДК за цими токсикантами. У II серії дослідів уміст Свинцю і Кадмію у м'ясі тварин V групи порівняно з цими самими показниками інших дослідних груп також

Таблиця 3 – Технологічні якості найдовшого м'яза свиней ($M \pm m$, $n=3$)

Показники	Група тварин				
	I (контроль)	II	III	IV	V
Вологоутримувальна здатність, %	$55,0 \pm 1,1$ $55,1 \pm 7,6$	$55,3 \pm 2,3$ $55,5 \pm 0,2$	$55,80 \pm 2,16$ $55,93 \pm 0,1$	$55,24 \pm 2,6$ $56,46 \pm 0,1$	$54,57 \pm 1,8$ $55,69 \pm 3,1$
Активна кислотність (pH)	$5,2 \pm 0,02$ $5,1 \pm 0,03$	$5,30 \pm 0,02^*$ $5,27 \pm 0,06$	$5,45 \pm 0,06^*$ $5,45 \pm 0,09^*$	$5,33 \pm 0,04$ $5,53 \pm 0,04^{**}$	$5,30 \pm 0,03$ $5,27 \pm 0,08$

Примітка: достовірність відмінності від контролю за *** $P>0,999$, ** $P>0,99$, * $P>0,95$.

Таблиця 4 – Хімічний склад сала дослідних тварин ($M \pm m$, $n=3$)

Показники	Група тварин				
	I (контроль)	II	III	IV	V
Суша речовина, %	$94,44 \pm 0,2$ $94,41 \pm 0,3$	$94,4 \pm 0,5$ $93,45 \pm 0,4$	$92,4 \pm 0,3^{**}$ $92,09 \pm 0,2^{**}$	$92,7 \pm 0,2^{**}$ $91,57 \pm 0,3^{**}$	$94,11 \pm 0,07$ $93,83 \pm 0,4$
Вологість, %	$5,56 \pm 0,23$ $5,59 \pm 0,3$	$5,59 \pm 0,5$ $6,55 \pm 0,4$	$7,59 \pm 0,3^{**}$ $7,91 \pm 0,2$	$7,23 \pm 0,2^{**}$ $8,43 \pm 0,3$	$5,89 \pm 0,5$ $6,17 \pm 0,5$
% клітинних оболонок	$3,54 \pm 0,06$ $3,59 \pm 0,1$	$3,63 \pm 0,59$ $3,25 \pm 0,3$	$3,76 \pm 0,25$ $3,96 \pm 0,4$	$2,9 \pm 0,4$ $3,51 \pm 0,29$	$2,82 \pm 0,4$ $2,97 \pm 0,1^*$
% жиру	$90,9 \pm 0,2$ $90,8 \pm 0,4$	$90,78 \pm 0,95$ $90,2 \pm 0,49$	$88,6 \pm 0,57^*$ $88,1 \pm 0,45^*$	$89,8 \pm 0,5$ $88,06 \pm 0,4^{**}$	$91,29 \pm 0,76$ $90,86 \pm 0,5$

Примітка: достовірність відмінності від контролю за *** $P>0,999$, ** $P>0,99$, * $P>0,95$.

був меншим, однак перевищував показники контролю та встановлені для них ГДК. Позитивна дія добавки зумовлена фармакологічними якостями її складників. Добавка містить комплекс природних компонентів (лікарські рослини, вітаміни, метіонати мікроелементів), поєднання яких забезпечує зв'язування токсинів в організмі та їх швидке виведення, активі-

зацію імунної та антиоксидантної систем, нормалізацію обміну речовин, а також зміцнення організму загалом [31].

Отже, додавання до основного раціону свиней комплексної добавки може бути захисним заходом, що покращує якість м'ясної сировини, за умови техногенного забруднення кормів важкими металами.

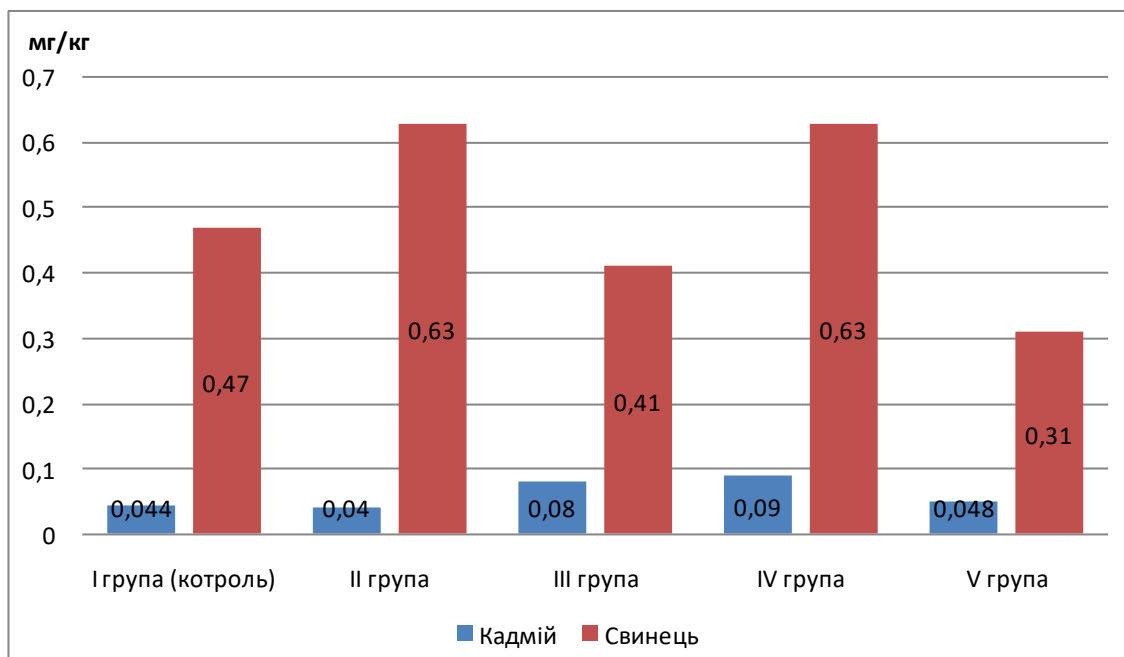


Рис. 1. Вміст Кадмію та Свинцю у м'ясі дослідних тварин (I серія дослідів), $n = 3$, мг/кг.

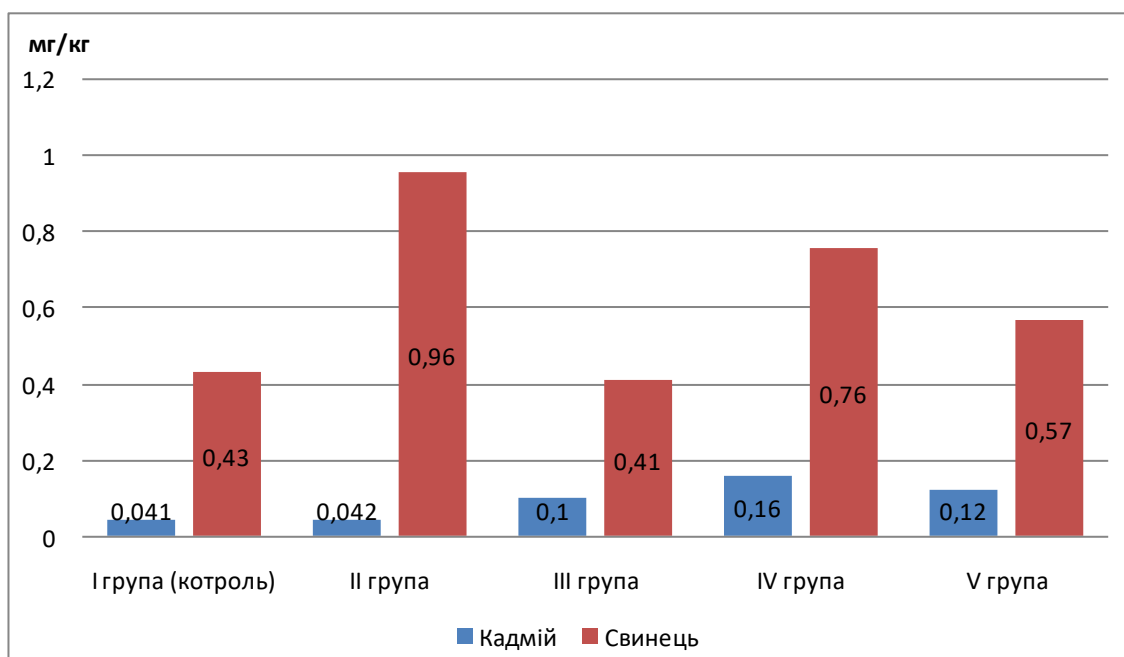


Рис. 2. Вміст Кадмію та Свинцю у м'ясі дослідних тварин (II серія дослідів), $M \pm m$, $n = 3$, мг/кг.

Висновки. Встановлено, що за впливу кормів з підвищеним вмістом важких металів відбувалися зміни якісних показників м'яса і сала свиней. Так, за дії Кадмію і Свинцю зменшувалася вміст сухої речовини, жиру, білка у м'ясі тварин, істотнішими ці зміни були у тварин IV групи, як у I, так і у II серії дослідів. Вміст сухої речовини у м'ясі тварин цих груп зменшувався за 2-ма серіями від 1,37 ($P>0,95$) до 2,72 % ($P>0,99$), жиру і білка – відповідно на 0,35 і 1,44 % ($P>0,99$) та 0,92 і 1,5 % ($P>0,95$). Зміна якісних показників м'яса позначилася на його калорійності. Так, калорійність м'яса тварин II–IV дослідних груп знизилася порівняно з контролем у межах від 180,4 (II група) до 226,46 ккал (III група) у I серії та від 205,12 (II група) до 289,8 ккал (IV група) у II серії. Білково-якісний показник м'яса цих тварин також зменшувався і найменшим він був у тварин III групи у I серії та IV групи у II серії і становив відповідно 6,41 та 6,09.

2. Технологічні властивості м'яса свиней, зокрема вологоутримувальна здатність та рівень рН у м'ясі тварин дослідних груп в обох серіях досліджень знаходилися у межах норми. Однак за дії важких металів спостерігали незначне зміщення рівня рН у бік нейтрального середовища та збільшення вологоутримувальної здатності м'яса, показник якої коливався від 55,1 до 56,5 %.

3. Аналіз якісних показників сала свиней довів, що за дії важких металів відбувалось зниження кількості сухої речовини і жиру у салі та збільшення вологи і % клітинних оболонок порівняно із тваринами контрольної групи, водночас зі збільшенням дози важких металів відмінності у цих показниках порівняно з контролем були суттєвішими.

4. Введення в раціон молодняку свиней підвищених доз Свинцю і Кадмію призвело до накопичення цих токсикантів у м'ясі тварин, водночас із збільшенням дози важких металів зростало і їх накопичення. Концентрація Кадмію і Свинцю у м'ясі тварин дослідних груп в обох серіях дослідів перевищувала встановлені ГДК цих токсикантів, водночас перевищення Свинцю максимально становило у 1,9 раза (II група) та Кадмію – 4,0 раза (IV група).

5. Згодовування тваринам разом із важкими металами експериментальної добавки сприяло відновленню якісних показників м'яса, зокрема зростанню вмісту сухої речовини (до 2,3 %), білка (до 1,0 %) і жиру (до 1,4 %), калорійності м'яса (до 19,4 %), білково-якісного показника (до 5,9 %) порівняно із тваринами, що отримували з раціоном лише важкі метали. Позитив-

ний вплив добавки позначився і на показниках хімічного складу сала, водночас вміст сухої речовини, жиру зростав, а % клітинних оболонок зменшувався. Крім того, рослинна добавка сприяла зменшенню кумуляції і підвищенню елімінації Свинцю і Кадмію з організму, що позитивно позначилось на їх концентрації у м'язовій тканині.

6. Перспективним є вивчення дегустаційних властивостей м'яса, вмісту ксенобіотиків і ступеня їх накопичення в салі, а також змін цих показників за дослідження на інших ставово-вікових групах тварин за тих самих умов дослідів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Котелевич В. А. Якість та продовольча безпека тваринницької продукції в Житомирському регіоні. Органічне виробництво і продовольча безпека. Житомир: Видавець О. О. Євенок, 2018. С. 255–261.
2. Lebet B. Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. Published online by Cambridge University Press. 2008. Vol. 2. Issue 10. P. 1548–1558. DOI:10.1017/S1751731108002796
3. Коваленко Б. П., Шевченко О. Б. Органолептическая оценка мяса разных генотипов свиней. Ветеринария, технологии тваринництва та природо-користування. 2021. № 7. С. 47–52. DOI:10.31890/vtp.2021.07.07
4. Обов'язковий мінімальний перелік досліджень сировини, продукції тваринного та рослинного походження, комбікормової сировини, комбікормів, вітамінних препаратів та інше, які слід проводити в державних лабораторіях ветеринарної медицини і за результатами яких видається ветеринарне свідоцтво (Ф - 2). Держ. деп. вет. медицини. К., 1998. 32 с.
5. Басиладзе Г. В., Каландия Е. Г. Влияние загрязненного тяжёлыми металлами молока на безопасность молочных продуктов. Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сборник статей V Международной научно-практической конференции. Пенза: РИО ПГАУ, 2017. С. 10–13.
6. Куранова А. П., Иванова Е. Б. Тяжёлые металлы как экотоксиканты. Прикладная токсикология. 2010. Т. 1. № 2. С. 14–17.
7. Димань Т.М., Гриневич Н.Є., Мазур Т.Г. Безпека харчових гідробіотів: підручник; за наук. ред. Т. Димань. К.: ВЦ «Академія» (Серія «Альма-матер»), 2022. 256 с.
8. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Харчування як основний чинник збереження стану здоров'я населення. Проблемы старения и долголетия. 2016. Т. 25. № 2. С. 204–214.
9. Молнар Д. І., Соскіда І. М. Безпека продуктів харчування. Економіка і суспільство. 2016. Вип. 6. С. 266–271.
10. Химия тяжелых металлов в окружающей среде. Загрязняющие вещества в окружающей

среде / под ред. А. Моцика, Д. Л.Пинского. Пушкино-Братислава: Природа, 2001. С. 75–115.

11. Димань Т.М., Мазур Т.Г. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів. К.: ВЦ «Академія» (Серія «Альма-матер»), 2011. 520 с.

12. Barcelo I. Pochenrieder Ch. Plant water relations as affected by heavy metal stress a review. I. Plant Nutr. 1990.

13. Микроэлементы в питании человека: докл. комис. экспертов ВОЗ. М.: Медицина, 1975. 74 с.

14. Effect of heavy metals on, and handling by, the kidney/O. Barbier et al. Nephron Physiol. 2005. 99(4). P. 105–110.

15. admium In: Safety Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, Fifty Fifth Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Geneva: WHO Food Additives Series, 46, World Health Organization, Geneva. 2011. P. 305–380.

16. Qiao Yi Chen, Thomas Des Marais, Max Costa. Metals and Mechanisms of Carcinogenesis. Annu Rev Pharmacol Toxicol. 2019. № 6 (59). P. 537–554. DOI:10.1146/annurev-pharmtox-010818-021031

17. Heavy Metal Pollution Delineation Based on Uncertainty in a Coastal Industrial City in the Yangtze River Delta, China/ Hu. Bifeng et al. Int Journal Environ Res Public Health. 2018. Vol. 15 (4). 710 p. DOI:10.3390/ijerph15040710

18. Food Safety Analysis of Milk and Beef in Southwestern Uganda/Keneth I. Kasozi et al. Journal Environ Public Health. 2018. 13. DOI:10.1155/2018/1627180

19. Засекін Д. А. Моніторинг важких металів у довкіллі та способи зниження їх надлишку в організмі тварин: автор. дис. ... д-ра вет. наук: 16.00.06. НАУ. К.: Б. в. 2002. 40 с.

20. Чалая О. С. Вплив різних рівнів кадмію та свинцю в раціоні молодяку свиней на продуктивності та забійні якості. Таврійський науковий вісник: науковий журнал. Херсон, 2013. Вип. 83. С. 196–202.

21. Булавкіна Т. П., Семенов С. О. Перехід важких металів з кормів у продукти забою свиней. Свиноарство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. К., 1999. Вип. 54. С. 129–132.

22. Кособрюхов А. Н. Микроэлементы как ветеринарно-санитарная проблема. Тез. докл. Всесоюз. совещ. по микроэлементам. Рига, 1965. С. 66–68.

23. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса и молока, при эндемических болезнях, возникающих у животных, в условиях биогеохимических провинций: проблемная лекция / под ред. А. Н. Кособрюхова. Троицк, 1982. 26 с.

24. Arsenic, cadmium, cobalt, copper, lead, mercury, molybdenum, selenium and zinc concentrations in liver, kidney and muscle in Australian sheep/D. J. MacLachlan et al. Journal of Food Composition and Analysis. 2016. Vol. 50. P. 97–107. DOI:10.1016/j.jfca.2016.05.015

25. Chen S. S., Lin Y. W., Kao Y. M., Shih Y. C. Trace elements and heavy metals in poultry and livestock meat in Taiwan. Food Additives & Contaminants. 2013. Part B. Vol. 6. P. 231–236. DOI:10.1080/19393210.2013.804884

26. Adzitey F., Kumah A., Mensah K. S. B. Assessment of the Presence of Selected Heavy Metals and their Concentration Levels in Fresh and Grilled Beef. Guinea Fowl Meat in the Tamale Metropolis, Ghana. Research Journal of Environmental Sciences. 2015. Vol. 9 (3). P. 152–158. DOI:10.3923/rjes.2015.152.158

27. Бокова Т. И. Экологические основы инновационного совершенствования пищевых продуктов: монография. Новосибирск: Изд-во НГАСУ 2011. 284 с.

28. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А. П. Калашников и др. М.: Агропромиздат. 1985. 352 с.

29. Барановський Д. І., Гетманець О. М., Хохлов А. М. Біометрія в програмному середовищі MS Excel: навчальний посібник. Харків: СПД ФО Бровін О. В., 2017. 90 с.

30. Лебедько Е. Я., Хохлов А. М., Барановський Д. І., Гетманець О. М. Біометрія в Excel. СПб: ЭБС Лань, 2018. 172 с.

31. Чалая О. С. Рекомендації щодо застосування комплексної фітодобавки при відгодівлі свиней в умовах надмірного екоцидного впливу. Науково-технічний бюлетень № 115. ІТ НААНУ. Харків, 2016. С. 237–241.

REFERENCES

1. Kotelevich, V. A. (2018). Yakist ta prodovolcha bezpeka tvarinnitskoyi produktsiyi v Zhytomirskomu regioni [Quality and food safety of livestock products in the Zhytomyr region]. Organichne virobnytstvo i prodovolcha bezpeka [Organic production and food security]. Zhytomyr: Publisher O.O. Evenok, pp. 255–261.

2. Lebre, B. (2008). Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. Published online by Cambridge University Press. Vol. 2, Issue 10, pp. 1548–1558. DOI:10.1017/S1751731108002796

3. Kovalenko, B. P., Shevchenko, O. B. (2021). Organolepticheskaya otsenka myasa raznyih genotipov sviney [Organoleptic evaluation of meat of different genotypes of pigs]. Veterinariya, tehnologiyi tvarinnitstva ta prirodozokoristuvannya [Veterinary medicine, animal husbandry technologies and nature management]. № 7 pp. 47–52. DOI:10.31890/vtp.2021.07.07

4. Obov'yazkoviy minimalniy perelik doslidzhen sirovini, produktsiyi tvarinnogo ta roslinnogo pohodzhennya, kombikormovoyi sirovini, kombikormiv, vitaminnih preparativ ta inshe, yaki slid provoditi v derzhavni laboratoriyah veterinarnoyi meditsini i za rezultatami yakih vidaetsya veterinarne svidotstvo (F - 2) [Mandatory minimum list of studies of raw materials, products of animal and plant origin, feed materials, compound feeds, vitamin preparations, etc., which should be conducted in state laboratories of veterinary medicine and the results of which are issued veterinary certificate (F - 2)]. State dep. vet medicine. K., 1998, 32 p.

5. Basiladze, G. V., Kalandiya, E. G. (2017). Vliyanie zagrjaznennogo tjazhjolymi metallami moloka na bezopasnost' molochnyh produktov [Impact of milk

contaminated with heavy metals on the safety of dairy products]. *Innovacionnye tehnologii v APK: teoriya i praktika: sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Innovative technologies in the agro-industrial sector: theory and practice: collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference]. Penza: RIO PSAU, pp. 10–13.

6. Kuranova, A. P., Ivanova, E. B. (2010). Tjzhjolye metally kak jekotoksikanty [Heavy metals as ecotoxikants]. *Prikladnaja toksikologija* [Applied Toxicology]. 1 (2), pp. 14–17.

7. Dyman' T.M., Hrynevych N.Ye., Mazur T.H. (2022). Bezpeka harchovyh gidrobiontiv: pidruchnyk za nauk. red. T. Dyman' [Safety of food aquatic organisms: Textbook For science. ed. T. Diman.]. K.: VC "Academy" (Series "Alma Mater"), 256 p.

8. Simahina, G. O., Naumenko, N. V. (2016). Harchuvannja jak osnovnyj chynnyk zberezhenja stanu zdorov'ja naselennja [Nutrition as the main factor in preserving the state of health of the population]. *Problemy starenija i dolgoletija* [Problems of aging and longevity]. 25 (2), pp. 204–214.

9. Molnar, D. I., Soskida, I. M. (2016). Bezpeka produktiv harchuvannja [Food safety]. *Ekonomika i suspil'stvo* [Economy and society]. 6, pp. 266–271.

10. Pinskiy, D. L., Motsik, A. (2001). Himiya tyazhelyih metallov v okruzhayuschej srede [Chemistry of heavy metals in the environment]. *Zagryaznyayushchie veschestva v okruzhayuschej srede* [Pollutants in the environment]. Nature in Pushino-Bratislava, pp. 75–115.

11. Dyman' T.M., Mazur T.H. (2011). Bezpeka prodovol'choi' syrovyny i harchovyh produktiv [Safety of food raw materials and food products]. K.: VC "Academy" (Series "Alma Mater"), 520 p.

12. Barcelo, I., Pochenrieder, Ch. (1990). Plant water relations as affect ted by heavy metal stress a review. *I. Plant Nutr.* pp. 1–37

13. Mikroelementyi v pitanii cheloveka: dokl. komis. ekspertov VOZ [Trace elements in human nutrition: report. comis. WHO experts]. 1975, M.: Medicine, 74 p.

14. Barbier, O., Jacquillet, G., Tauc, M. (2005). Effect of heavy metals on, and handling by, the kidney. *Nephron Physiol.* 99(4), pp. 105–110.

15. Cadmium In: Safety Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, Fifty Fifth Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). (2011). Geneva: WHO Food Additives Series, 46, World Health Organization, Geneva. pp. 305–380.

16. Qiao, Yi Chen., Thomas, Des Marais., Max, Costa. (2019). Metals and Mechanisms of Carcinogenesis. *Annu Rev Pharmacol Toxicol.* no. 6 (59), pp. 537–554. DOI:10.1146/annurev-pharmtox-010818-021031

17. Bifeng, Hu., Ruiying, Zhao., Songchao, Chen., Yue, Zhou., Bin, Jin., Yan, Li., Zhou, Shi. (2018). Heavy Metal Pollution Delineation Based on Uncertainty in a Coastal Industrial City in the Yangtze River Delta, China. *Int Journal Environ Res Public Health.* Vol. 15 (4), 710 p. DOI:10.3390/ijerph15040710

18. Keneth, I.K., Phyllis, C.N., Sarah, N., Dickson, S.T., Andrew, N., Pwaveno, H.B. (2018). Food Safety Analysis of Milk and Beef in Southwestern Uganda. *Journal Environ Public Health.* 13. DOI:10.1155/2018/1627180

19. Zasekin, D. A. (2002). Monitoring vazhkih metaliv u dovkilli ta sposobi znizhennya yih nadlishku v organizmi tvarin: avtor. dis. doktora vet. nauk: 16.00.06. [Monitoring of important metals in dovkilli and ways to reduce their excess in the organisms of creatures: abstract of the thesis of a doctor of veterinary sciences: 16.00.06.]. NAU. K. 40 p.

20. Chalaya, O. S. (2013). Vplyv riznyh rivniv kadmiju ta svyncju v racioni molodnjaku svynej na produktyvnosti ta zabijni jakosti [Influence of different levels of cadmium and lead in the diet of young pigs on productivity and slaughter quality]. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk: naukovyj zhurnal* [Tavriysky Scientific Bulletin: Scientific Journal]. Issue 83, pp. 196–202.

21. BulavkIna, T. P.(1999). Perehid vazhkih metaliv z kormiv u produkti zaboyu sviney [Transition of heavy metals from feed to pig slaughter products]. *Svinarstvo: mizhvidomchij tematichnij naukoviy zbirnik* [Pig breeding: interdepartmental thematic scientific collection]. K., Issue 54, pp. 129–132.

22. Kosobryuhov, A. N. (1965). Mikrojelementy kak veterinarno-sanitarnaja problema [Microelements as a veterinary-sanitary problem]. *Tez. dokl. Vsesojuz. soveshh. po mikrojelementam* [Proc. report All-Union. meeting on trace elements]. Riga, pp. 66–68.

23. Kosobryuhova, A. N. (1982). Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza myasa i moloka, pri endemicheskikh boleznyah, vznikayuschih u zhivotnyih, v usloviyah biogeohimicheskikh provintsiy: problemnaya lektsiya [Veterinary and sanitary examination of meat and milk, with endemic diseases that occur in animals, in the conditions of biogeochemical provinces: a problematic lecture]. *Troitsk*, 26 p.

24. Maclachlan, D. J., Budd, K., Connolly, J., Derrick, J., Tobin, T. (2016). Arsenic, cadmium, cobalt, copper, lead, mercury, molybdenum, selenium and zinc concentrations in liver, kidney and muscle in Australian sheep. *Journal of Food Composition and Analysis.* Vol. 50, pp. 97–107. DOI:10.1016/j.jfca.2016.05.015

25. Chen, S. S., Lin, Y. W., Kao, Y. M., Shih, Y. C. (2013). Trace elements and heavy metals in poultry and livestock meat in Taiwan. *Food Additives & Contaminants. Part B*, Vol. 6, pp. 231–236. DOI:10.1080/19393210.2013.804884

26. Adzitey F., Kumah A., Mensah, S. B. K. (2015). Assessment of the Presence of Selected Heavy Metals and their Concentration Levels in Fresh and Grilled Beef. Guinea Fowl Meat in the Tamale Metropolis, Ghana. *Research Journal of Environmental Sciences.* Vol. 9(3), pp. 152–158. DOI:10.3923/rjes.2015.152.158

27. Bokova, T. I. (2011). Jekologicheskie osnovy innovacionnogo sovershenstvovaniya pishhevyh produktov: monografija [Ecological foundations of innovative improvement of food products: maonograph]. Novosibirsk: Publishing House of the NSAU, 284 p.

28. Kalashnikov, A. P., Kleymenov, N. I., Bakanov, V. N. (1985). Normy i ratsiony kormleniya sel'skohozyaystvennykh zhivotnykh [Norms and diets for feeding farm animals]. Moscow: Agropromizdat, 352 p.

29. Baranovsky, D. I., Hetmanets, O. M., Khokhlov, A. M. (2017). Biometrija v programnomu seredovyshhi MS Excel: navchal'nyj posibnyk [Biometrics in the MS Excel software environment: tutorial]. Harkiv: SPD FO Brovin O. V. [Kharkiv: State Enterprise of the Federal District Brovin O. V.]. 90 p.

30. Lebedko, E. Ya., Khokhlov, A. M., Baranovsky, D. I., Getmanets, O. M. (2018). Biometrija v Ehccl [Biometrics in Excel]. St. Petersburg: ELS Lan, 172 p.

31. Chalaya, O. S. (2016). Rekomendacii' shhodo zastosuvannja kompleksnoi' fitodobavky pry vidgodivli svynej v umovah nadmirnogo ekocydного vplyvu [Recommendations for the use of complex phytonutrients in fattening pigs in conditions of excessive ecocidal exposure]. Naukovo-tehnichnyj bjuleten' № 115 [Scientific and technical bulletin № 115]. IT NAASU. Kharkiv, pp. 237–241.

Effect of different doses of heavy metals on quality and safety indices of meat and pig fat

Chalaya O., Chaly O., Nahorny S.

The results of studies of the effect of toxic doses of heavy metals, namely Cadmium and Lead (jointly and separately) at the dose of 10 and 20 maximum allowable concentrations on the chemical composition and quality of the muscle and adipose tissues of pigs are presented. The assessment is given of the use of the experimental herbal supplement as protective agent for chronic intoxication with heavy metals. When animals consumed diets with the high level of heavy metals, both jointly and separately, there were changes in the chemical composition and technological properties of muscle tissue and bacon. The content of dry matter, fat, and protein in meat decreased, and these changes were

more significant in the organisms of animals receiving increased doses of Cadmium in series I and when heavy metals were fed together in series II, where their content in diets was 20 maximum allowable concentrations. Along with this, in the meat of the animals of the experimental groups, compared with the control, the calorie content and protein-quality index decreased. The active acidity of meat and its water-retaining capacity in animals of all groups were within the normal range. However, in animals that received high doses of heavy metals with the diet, the pH of the meat slightly changed towards neutral environment (pH - 5.3 - 5.5, with pH control - 5.1 - 5.2), the water-holding capacity of the meat of experimental animals ranged from 55.24% to 56.5% (control - 55.0 - 55.1%). Studies of the qualitative indicators of pig bacon experimentally showed that under the influence of Cadmium and Lead there was the decrease in the amount of dry matter (up to 2.84%) and fat (up to 2.7%) in the bacon, the increase in moisture and % of cell membranes compared to control animal groups. With the increase in the dose of heavy metals, negative changes in the chemical composition and technological properties of the meat and bacon of experimental animals were more noticeable. The intake of heavy metals into the organism of animals led to the accumulation of these toxicants in meat, and with the increase in the dose of heavy metals, their accumulation also increased. Thus, the content of Cadmium and Lead in the meat of animals of the experimental groups in both series of experiments exceeded the established MPC for these toxicants, while the excess for Lead was maximum 1.9 times (Group II), and for Cadmium 4.0 times (Group IV). Feeding the experimental feed additive helped to improve the chemical composition and technological properties of meat and bacon of fattening pigs, and to reduce the accumulation of toxins in muscle tissue.

Key words: pork, bacon, quality, Cadmium, Lead, water-holding capacity, experimental herbal supplement.



Copyright: Чалая О.С., Чалий О.І., Нагорний С.А. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ORCID iD:

Чалая О.С.

Чалий О.І.

Нагорний С.А.

<https://orcid.org/0000-0003-0189-6657>

<https://orcid.org/0000-0001-6159-9908>

<https://orcid.org/0000-0001-7870-2342>



Наукове видання

**Технологія виробництва
і переробки продукції тваринництва**

Збірник наукових праць

№ 1 (170) 2022

*Редактор – І.М. Вергелес
Комп'ютерне верстання: В.С. Мельник*

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації

КВ.№15169-3741Р від 03.03.2009 р. №1-05/1

Формат 60¹/₈. Ум.др.арк.20,7. Тираж 300.

Підписано до друку 24.06.2022 р.

Видавець і виготовлювач:

Білоцерківський національний аграрний університет,
09117, Біла Церква, Соборна площа, 8/1, тел. 33-11-01,
e-mail: redakciaviddil@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції

ДК № 3984 від 17.02.2011 р.