

РОЗДІЛ IV. ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 637.07

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-1(15)-181-188

Наталія Буяльська, Олена Купчик, Наталя Денисова

ВИКОРИСТАННЯ СОРБЕНТІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У МОЛОЧНІЙ СИРОВИНІ

Актуальність теми дослідження. Одними з найсильніших за дією та найбільш поширених хімічних забруднювачів харчових продуктів, зокрема молочних, є важкі метали. На сьогодні є нагальна потреба у визначенні їх вмісту та пошуку шляхів зменшення ризиків, викликаних споживанням забрудненої продукції.

Постановка проблеми. Перерозподіл важких металів у ході технологічних процесів не завжди забезпечує отримання продуктів із безпечним рівнем токсичних металів, тому необхідним є підбір сорбентів та пошук оптимальних технологічних режимів детоксикації вихідної молочної сировини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Виришенню наукових та практичних питань, пов'язаних із моніторингом важких металів у харчових продуктах та розробкою способів їх елімінації, присвячені роботи багатьох відомих учених та практиків.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. У літературних джерелах практично відсутні відомості про вміст важких металів у сухому молоці. У роботах, присвячених вибору сорбентів для детоксикації вихідної молочної сировини, не завжди враховано їхній вплив на вміст у молоці кальцію, білку, жиру тощо.

Постановка завдання. Мета роботи – визначити вміст важких металів у сухому молоці, проаналізувати шляхи їх надходження та на основі отриманих результатів розробити технологічні режими та способи детоксикації важких металів.

Виклад основного матеріалу. Наведені результати аналізу вмісту важких металів у сухому молоці. Запропоновані методи зниження концентрації Pb та Cd в молочної сировині з використанням сорбентів. Досліджений вплив сорбентів на якість сировини. Встановлено, що застосування поліфаму не впливає на органолептичні та основні фізико-хімічні показники молока. Визначений ступінь очистки молока-сировини від важких металів. Встановлені оптимальні умови процесу детоксикації поліфамом (температура, час експозиції сорбенту та його концентрація).

Висновки відповідно до статті. Проведені дослідження дозволяють використовувати молоко-сировину з підвищеним вмістом важких металів в подальшому виробництві молочних продуктів.

Ключові слова: забруднення харчових продуктів; важкі метали; сорбенти; детоксикація; вольтамперометричний аналіз.

Рис.: 1. Табл.: 6. Бібл.: 16.

Актуальність теми дослідження. У зв'язку з інтенсифікацією промисловості й сільського господарства на значних територіях спостерігається нагромадження в ґрунтах важких металів у високих концентраціях, які токсично діють на живі організми. З харчовими продуктами в організм людини надходить приблизно 70 важких металів. Меркурій, кадмій, плумбум, арсен, купрум, стронцій, цинк, ферум зараховані Комісією з Кодексу Аліментаріус до компонентів, вміст яких контролюється в разі міжнародної торгівлі харчовими продуктами [1].

Одними із найнебезпечніших токсикантів серед важких металів є сполуки плумбуму та кадмію, які мають загальнотоксичні, канцерогенні, тератогенні, ембріотоксичні властивості. Забруднення ґрунту Pb і Cd має незворотний характер, тому надходження їх навіть у незначних кількостях протягом тривалого часу призводить до накопичення в ґрунті та міграції в системі «ґрунт – рослина – рослинницька продукція – організм людини».

На жаль, світовий досвід показує, що вміст плумбуму в молоці постійно збільшується. Крім того, що він потрапляє в молоко корів, яких годують зеленими травами та сіном, що містять цей елемент, плумбум може потрапляти безпосередньо в молоко з повітря. Встановлено, що 50 % свинцю з повітря, що використовується при сушінні молока, переходить у сухий продукт. Високу токсичність, а також високу міграційну здатність у системі «ґрунт – вода – рослини» має також кадмій, що зумовлює ймовірність підвищеного надходження його в організм сільськогосподарських тварин і потрапляння в молоко [2; 3].

Металічні забруднення належать до пріоритетних, тому спостереження за ними є обов'язковими для всіх середовищ. Особливо актуально це для харчових продуктів, зокрема й молочних, які у світових ресурсах продовольчих товарів посідають вагоме місце.

Постановка проблеми. Молоко – повноцінний продукт харчування, незамінна сировина для молокопереробної галузі. Контроль молочної сировини лише за наявністю важких металів, без визначення їх концентрації не захищає споживачів від небезпечної продукції. Встановлено, що в організм тварин із кормами потрапляє 99,8 % загальної кількості *Cu*, 99,8 % *Zn*, 99,9 % *Mn*, 99,6 % *Cd*, і 99,1 % *Pb* [2].

У багатьох країнах світу, і насамперед у США та Німеччині, створюються спеціалізовані науково-дослідні інститути та лабораторії, метою яких є вивчення якості молока у зв'язку з потраплянням у нього шкідливих небажаних компонентів із навколишнього середовища. Ведуться роботи з пошуку та створення методів і апаратів для видалення або дезактивації шкідливих речовин, що містяться в молоці. Для видалення ряду важких металів використовують іонообмінні та електродіалізні процеси. Використання таких пристроїв для видалення з молока шкідливих речовин, безумовно, необхідне в критичних ситуаціях, але широке застосування іонообмінників, електродіалізаторів навряд чи можна вважати виправданим з економічного погляду.

На жаль, у нашій країні таких спеціалізованих інститутів та лабораторій немає. Частими є випадки, коли заради кількісного збільшення виробництва молочних продуктів заводи приймають молоко практично будь-якої якості [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження вчених багатьох країн (Р. Й. Кравців, І. І. Ковальчук, Р. С. Федорук, І. І. Пилипів, І. М. Трахтенберг, Л. О. Тарасенко та ін.) присвячені проблемі забруднення молока та молочних продуктів важкими металами. Рівень забруднення залежить від інтенсивності техногенного навантаження на сільськогосподарські угіддя, повноцінності годівлі та умов утримання тварин [2–9].

Перерозподіл важких металів у ході технологічних процесів не завжди забезпечує отримання продуктів із безпечним рівнем токсичних металів. Дослідження щодо використання сорбентів для детоксикації молочної сировини, проведені Г. М. Забегаловою, В. В. Морозовою та іншими ученими, були спрямовані на встановлення сорбційної ємності сорбентів карболону, полісорбу, порошку та гранул поліфепану й лише незначно стосувались питань впливу сорбенту на основні показники якості і хімічний склад молока. Деякими авторами сорбенти були використані для посилення споживчих властивостей уже готових продуктів. Оцінка тільки сорбції контамінантів є в таких умовах не зовсім об'єктивною тому, що можлива втрата деякої кількості хімічних речовин (насамперед білків і жиру), що акумулюють важкі метали. Оскільки технологічні властивості молока є важливою частиною оцінки придатності його до переробки в інші продукти й надалі визначають якість готових виробів, вивчення цих факторів є необхідним [10; 11].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. На сьогодні ні спеціалісти промисловості, ні споживачі не знають справжнього розподілу всіх шкідливих та небажаних речовин у продуктах, виготовлених на основі молочної сировини. Важливість суворого контролю вмісту важких металів та пошук оптимальних технологічних режимів детоксикації все більше зростає у зв'язку зі складною екологічною ситуацією в Україні.

У літературних джерелах практично немає інформації про вміст важких металів у сухому молоці. Аналіз розрахованих у попередніх роботах ризиків [12] доводить актуальність вдосконалення технології переробки молочної сировини для зниження концентрації важких металів. Корируючі дії, пов'язані зі зниженням ризику вживання забрудненої продукції, повинні бути спрямовані саме на зниження вмісту важких металів у вихідній сировині.

Мета статті – визначити вміст важких металів у сухому молоці, проаналізувати шляхи їх надходження та на основі отриманих результатів розробити технологічні ре-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

жими та способи детоксикації важких металів з урахуванням впливу сорбентів на основні показники якості молока.

Виклад основного матеріалу. Вміст важких металів визначали в зразках сухого незбираного та знежиреного молока, що відповідало вимогам ДСТУ [13], та зразках незбираного молока. Незбиране коров'яче молоко було отримане від здорових тварин та за показниками якості відповідало вимогам ДСТУ 3662-97 [14] на заготівельне молоко. Відбирання проб проводили згідно з ДСТУ ISO 707:2002 [15]. Точкові проби відбирали пробовідбірниками (металева або пластмасова циліндрична трубка з внутрішнім діаметром 9 мм за всією довжиною) або спеціальною квартою з подовженою ручкою місткістю 0,50 або 0,25 дм³. Відібрані точкові проби зливали в посудину, перемішували, отримуючи таким чином об'єднану пробу об'ємом близько 1,0 дм³. Для проведення аналізу з об'єднаної проби після перемішування виділяли пробу об'ємом 0,5 дм³.

У процесі підготовки проб для аналізу за фізико-хімічними показниками молоко перемішували, перевертаючи посудину не менше трьох разів або переливаючи в іншу посудину та назад не менше двох разів, та підігрівали або охолоджували до температури (20 ± 2) °С. Перед дослідженням консервовану пробу та пробу з відстоєм шаром вершків нагрівали до температури (35 ± 5) °С на водяній бані температурою (48 ± 2) °С та охолоджували до температури (20 ± 2) °С.

Пробопідготовку харчових продуктів проводили з використанням двокамерної печі ПДП, що програмується. Метод засновувався на поєднанні мокрої мінералізації і сухого озолення з добавками. При цьому зменшується час пробопідготовки за рахунок одночасного використання окислювачів і проведення окислення за високої температури, скорочується кількість реактивів. Введення добавок у процесі мінералізації значно зменшує можливі втрати елементів. Мокру мінералізацію проводили нітратною кислотою і перекисом водню. Нітратна кислота переводить у розчин мікроелементи у вигляді розчинних у воді нітратів, видаляє хлор-іони у вигляді HCl і NOCl. Окислення органічних речовин однією нітратною кислотою відбувається важко. Для прискорення процесу окислення мінералізацію проводили з додаванням перекису водню. Для запобігання спінювання розчину спочатку пробу висушували, потім обробляли концентрованою нітратною кислотою, на наступному етапі мокрої мінералізації – сумішшю нітратної кислоти і перекису водню.

Визначення важких металів проводили методом інверсійної вольтамперометрії (ІВ) (свинець – згідно з ГОСТ 26932; кадмій – згідно з ГОСТ 26933; мідь – згідно з ГОСТ 26931; цинк – згідно з ГОСТ 26934) з використанням програмного забезпечення TA-lab та сучасного комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням аналізатора. Метод ІВ-аналізу ґрунтується на здатності елементів, осаджених на ртутно-плівковому електроді, електрохімічно розчинятися при певному потенціалі, характерному для кожного елемента. Реєстрований максимальний анодний струм елемента лінійно залежить від концентрації елемента.

За стандартними методами визначали кислотність молока (ГОСТ 3624), вміст жиру (ГОСТ 5867), густину молока (ДСТУ 6082), масову частку білка (ГОСТ 23327, ГОСТ 25179), вміст кальцію визначали комплексонометричним методом.

Результати досліджень вмісту важких металів у сухому молоці представлені в табл. 1. та на рисунку.

Таблиця 1

Вміст важких металів

| Зразок молока | Zn | Cd | Pb | Cu |
|----------------------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
| Сухе незбиране, виробник 1 | 19,5 ± 3 | Зал. | 2,20 ± 0,02 | 3,40 ± 0,02 |
| Сухе знежирене | 3,72 ± 0,03 | 0,0058 ± 0,0004 | 0,70 ± 0,05 | 15,80 ± 0,5 |
| Сухе незбиране, виробник 2 | 3,30 ± 0,20 | 0,0041 ± 0,0011 | 2,30 ± 0,04 | 3,00 ± 0,05 |
| ГДК [16] | 5 | 0,03 | 0,1 | 1 |

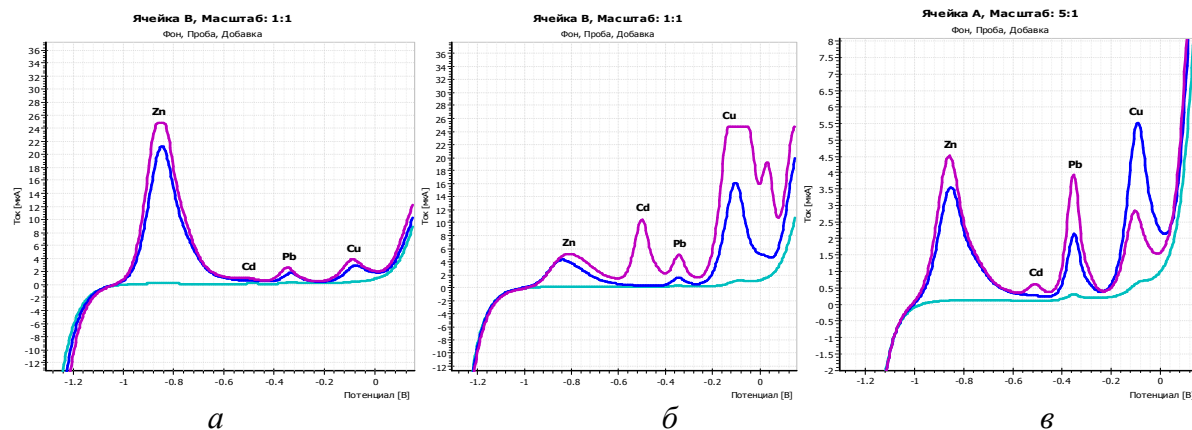


Рис. Вольтамперометричні криві:
 а – молоко сухе незбиране, виробник № 1; б – молоко сухе знежирене;
 в – молоко сухе незбиране, виробник № 2

Сухе незбиране молоко виробника № 1 має перевищення ГДК у 3,9 раза за Цинком, за Плюмбумом – у 22 рази, за Купрумом – у 3,4 раза. У сухому незбираному молоці виробника № 2 спостерігалось перевищення допустимих концентрацій Плюмбуму – у 23 рази, Купруму – у 3 рази. У сухому знежиреному молоці концентрація Плюмбуму перевищує ГДК у 7 разів, Купруму – в 15,8 раза. При цьому вміст Плюмбуму зростає зі збільшенням жирності продукту, що узгоджується з літературними даними.

У попередніх роботах [12] нами досліджений вміст важких металів у молоці незбираному з різних районів Чернігівської області та зразках пастеризованого молока, що дозволяє зробити висновок, що першопричиною перевищення допустимої концентрації важких металів у сухому молоці є перевищення їх вмісту у вихідній сировині.

Для дослідження детоксикаційних властивостей сорбентів нами було обране молоко незбиране зі Сновського району, де концентрація токсичних речовин у різні періоди лактації не перевищувала 2 ГДК (таке молоко вважається умовно-придатним і може бути використано для подальшої переробки [1]). Як сорбенти були обрані фармацевтичні препарати ентеросорбенти – атоксил, поліфам та ентегнін.

Спочатку нами був проведений аналіз впливу обраних сорбентів на зміну органолептичних властивостей молока-сировини при додаванні сорбентів. Сорбент ентегнін виявився гідрофільним, утворив із молоком стійку суспензію коричневого кольору, в зв'язку з чим у подальших дослідженнях нами не використовувався. Смак, колір та запах молока до та після детоксикації сорбентами атоксилем та поліфамом відповідають вимогам стандарту.

Дослідження ефективності очистки молочної сировини проводили за наступних умов: температура – 6 °С та 18 °С, композиція – 5 хв та 20 хв. Сорбенти вносили в молоко незбиране в концентраціях 0,5; 1,0; 5,0; 10,0 г/дм³. Після експозиції суміш фільтрували з наступною відцентровою очисткою молока від сорбентів. Результати досліджень наведені в табл. 2, 3.

Таблиця 2

Вміст важких металів у молоці ($T=18\text{ }^{\circ}\text{C}$, час експозиції – 5 хв, концентрація сорбенту 1 г/дм³)

| Зразок молока | Zn | Cd | Pb | Cu |
|-------------------------|-------------|----------------|---------------|-------------|
| Без додавання сорбенту | 4,6 ± 0,2 | 0,030 ± 0,001 | 0,24 ± 0,07 | - |
| Після очистки поліфамом | 3,10 ± 0,04 | 0,0068 ± 0,003 | 0,050 ± 0,002 | 3,10 ± 0,20 |
| Після очистки атоксилем | 4,10 ± 0,02 | 0,0048 ± 0,003 | 0,10 ± 0,02 | 3,70 ± 0,10 |

Концентрація Цинку та Купруму при додаванні сорбентів змінюється незначно. Додавання атоксилу зменшує концентрацію Плюмбуму в молоці незбираному на 58 %, Кадмію – на 84 %; додавання поліфаму – на 79 та 94 % відповідно. Таким чином, для подальших досліджень технологічних режимів детоксикації був обраний поліфам.

Таблиця 3

Ступінь очистки молока-сировини

| Доза сорбенту, г/дм ³ | Т, 6 °С | | Т, 18 °С | | Т, 6 °С | | Т, 18 °С | |
|-------------------------------------|-----------|-------|----------|-------|-----------|-------|----------|-------|
| | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв |
| | <i>Pb</i> | | | | <i>Cd</i> | | | |
| 0,5 | 82 | 83 | 78 | 79 | 79 | 79 | 75 | 77 |
| 1,0 | 84 | 85 | 79 | 79 | 80 | 79 | 77 | 77 |
| 5,0 | 84 | 85 | 80 | 80 | 79 | 79 | 79 | 77 |

Зменшення дози сорбенту до 0,5 г/дм³ практично не впливає на ступінь адсорбції важких металів. При зростанні концентрації сорбенту активність сорбції також змінюється незначно, тому збільшення дози сорбенту при детоксикації є недоцільною.

Згідно з отриманими даними, при будь-якій дозі сорбенту та температурі найбільший ступінь очистки від Плюмбуму та Кадмію спостерігали в перші п'ять хвилин експозиції. Зі збільшенням тривалості контакту сорбенту з молоком процент очищення збільшувався незначно.

Дослідження температурного режиму десорбції свідчить, що з підвищенням температури ефективність очистки дещо знижується. Це не суперечить літературним даним, оскільки процес екзотермічний і при підвищенні температури адсорбція зменшується.

Лігнін, що входить до складу поліфаму, має «неспецифічну» сорбційну здатність, тобто поряд зі здатністю зв'язувати токсичні речовини, одночасно адсорбує й корисні біологічно активні речовини. Присутність у лігніні фенольних гідроксилів визначає їх здатність зв'язувати більшою мірою катіони та в меншою – аніони, і таким чином впливати на мінеральний склад молока. У зв'язку з цим необхідно також було дослідити вплив сорбентів на основні фізико-хімічні показники молока-сировини. Результати досліджень наведені нижче.

Густина молока в середньому становила 1,0325 г/см³, додавання сорбентів практично не змінювало значення цього показника.

Титрована кислотність молока без сорбентів становила 18 Т°, введення атоксилу та поліфаму в досліджуваних концентраціях не впливало на значення кислотності.

Вміст жиру для незбираного молока без сорбенту становив 3,4 %. Результати аналізу вмісту жиру при додаванні сорбентів представлені в табл. 4.

Таблиця 4

Вміст жиру в молоці після очищення сорбентами

| Доза сорбенту, г/дм ³ | Поліфам | | | | Атоксил | | | |
|-------------------------------------|---------|-------|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| | Т, 6 °С | | Т, 18 °С | | Т, 6 °С | | Т, 18 °С | |
| | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв |
| 0,5 | 3,4 | 3,3 | 3,3 | 3,2 | 3,4 | 3,2 | 3,2 | 3,1 |
| 1,0 | 3,2 | 3,1 | 3,2 | 3,0 | 3,2 | 3,0 | 3,3 | 3,0 |
| 5,0 | 3,1 | 2,9 | 3,0 | 2,8 | 3,1 | 2,9 | 3,0 | 2,8 |
| 10,0 | 3,0 | 2,9 | 2,8 | 2,7 | 2,9 | 2,7 | 2,8 | 2,6 |

Зі збільшенням дози сорбенту та температури спостерігається зниження масової частки жиру, тому введення концентрацій сорбенту більше ніж 5 г/дм³ є недоцільним.

Вміст білка загального в молоці незбираному без сорбенту становив 3,06 %. Результати дослідження цього показника при додаванні поліфаму та атоксилу наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Масова частка загального білка в молоці після очистки, %

| Доза сорбенту, г/дм ³ | Атоксил | | | | Поліфам | | | |
|-------------------------------------|---------|-------|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| | Т, 6 °С | | Т, 18 °С | | Т, 6 °С | | Т, 18 °С | |
| | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв |
| 0,5 | 2,87 | 2,87 | 2,87 | 2,87 | 2,97 | 2,97 | 2,97 | 2,87 |
| 1,0 | 2,78 | 2,78 | 2,78 | 2,78 | 2,87 | 2,87 | 2,87 | 2,87 |
| 5,0 | 2,78 | 2,69 | 2,69 | 2,69 | 2,78 | 2,59 | 2,69 | 2,49 |
| 10,0 | 2,49 | 2,40 | 2,49 | 2,40 | 2,69 | 2,59 | 2,49 | 2,40 |

Згідно з отриманими даними при збільшенні дози сорбенту та температури масова частка загального білка в молоці зменшується, тому за цим показником також не рекомендовано використання високих доз сорбенту.

Важливо було також дослідити, як обрані сорбенти впливають на вміст кальцію в молоці. Результати досліджень наведені в табл. 6.

Таблиця 6

Вміст кальцію у 100 г молока після очищення

| Доза сорбенту г/дм ³ | Поліфам | | | | Атоксил | | | |
|------------------------------------|---------|-------|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| | Т, 6 °С | | Т, 18 °С | | Т, 6 °С | | Т, 18 °С | |
| | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв | 5 хв | 20 хв |
| 0,5 | 92 | 92 | 92 | 92 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| 1,0 | 92 | 92 | 92 | 92 | 80 | 80 | 76 | 76 |
| 5,0 | 92 | 92 | 88 | 88 | 76 | 76 | 76 | 76 |
| 10,0 | 84 | 80 | 84 | 76 | 76 | 72 | 76 | 68 |

Відповідно до отриманих даних при збільшенні температури та дози сорбенту більше за 1 г/дм³ вміст кальцію в молоці зменшується.

Висновки відповідно до статті. Проведені дослідження дозволяють використовувати молоко-сировину з підвищеним вмістом важких металів для подальшого виробництва молочних продуктів. Органолептичні властивості молока після детоксикації сорбентами атоксилом та поліфамом відповідають вимогам ДСТУ 3662-97. За результатами досліджень обрані найкращі режими детоксикації молока-сировини: доза поліфаму – 0,5 г/дм³, температура – 6 °С, експозиція – 5 хв.

Контрольні заходи, які щодо зниження ризиків, викликаних важкими металами, можуть включати:

- контроль джерел постачання, тобто встановлення технічних умов на сировину та інгредієнти і сертифікація (атестація) постачальників, яка є підтвердженням допустимих рівнів вмісту важких металів у продукції, що ними постачається;
- технічний контроль, тобто контроль рецептур, контроль режимів внесення сорбенту;
- належне ізолювання сировини під час зберігання та застосування;
- контроль випадкового забруднення;
- періодичний контроль готового продукту.

Список використаних джерел

1. Димань Т. М., Мазур Т. Н. Безпека продовольчої сировини: підручник. Київ: ВЦ «Академія», 2011. 520 с.
2. Федорук Р. С., Ковальчук І. І. Біологічна цінність і якість молока в контексті техногенного забруднення природного середовища та екологічної безпеки. *Біологія тварин*. 2007. Т. 9, № 1-2. С. 10–19.
3. Детергенти сучасності: монографія / за ред. В. А. Бурлаки. Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2012. 652 с.
4. Романов Л. Важкі метали в молоці та продуктах його переробки. *Тваринництво України*. 2000. № 7-8. С. 19.
5. Кравців Р. Й., Буцяк Г. А. Сумісний вплив важких металів на організм тварин. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2008. Т. 10, № 2 (37). С. 3–8.
6. Buialska N., Denisova N., Kupchik E. Problem of accumulation of heavy metals in medicinal plants. *Canadian scientific journal*. 2015. Issue 2. P. 13–19.
7. Кравців Р. Й. Продуктивність та обмін речовин у лактуючих корів за різного вмісту важких металів у раціонах. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 1. С. 29–31.
8. Тарасенко Л. О., Рудь В. І. Санітарно-гігієнічна оцінка якості молока та молочних продуктів у залежності від періоду лактації корів української червоної молочної породи. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних та кормових добавок*. 2014. Вип. 15. № 2-3. С. 179–182.
9. Журавлева Н. И., Бубнов А. Г., Гриневич В. И. Экологический контроль уровня загрязнения свинцом и кадмием мяса и молока крупного рогатого скота. *Безопасность в техносфере*. 2011. № 3. С. 13–19.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

10. Забегалова Г. Н. Разработка технологических приемов детоксикации молока-сырья от солей тяжелых металлов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.18.04 / ФГОУ ВПО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина». Углич, 2006. 22 с.
11. Потороко И. Ю., Забодалова Л. А. Влияние методов детоксикации на технологические свойства молочного сырья. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 2011. № 2. URL: <http://www.open-mechanics.com/journals>.
12. Дослідження вмісту важких металів в молоці як елемент реалізації системи НАССР / Н. Буяльська [та ін.]. *Технічні науки та технології*. 2017. № 2 (8). С. 179–187.
13. ДСТУ 4273:2015 Молоко та вершки сухі. Загальні технічні умови. [Чинний від 01.01.2016]. Київ: ДГІ «УкрНДНЦ», 2015. 15 с.
14. ДСТУ 3662-97 Молоко коров'яче незбиране. Вимоги при закупівлі. [Чинний від 01.07.2002]. Київ: Держстандарт України, 1997. 29 с.
15. ДСТУ ISO 707:2002 Молоко та молочні продукти. Настанови з відбирання проб. [Чинний від 01.10.2003]. Київ: Держстандарт України, 2004. 35 с.
16. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов (Медико-біологічні вимоги та санітарні норми якості продовольчої сировини та харчових продуктів). МБТ и СН № 5061. [Чинний від 1989-08-01]. МОЗ СРСР, 1989.

References

1. Dyman, T. M., Mazur, T. N. (2011). *Bezpeka prodovolchoi syrovyny : Pidruchnyk [Safety of food raw materials: Textbook]*. Kyiv: VTs «Akademiiia» [in Ukrainian].
2. Fedoruk, R. S., Kovalchuk, I. I. (2007). Biologichna tsinnist i yakist moloka v konteksti tekhnogennoho zabrudnennia pryrodnoho seredovyscha ta ekolohichnoi bezpeky [Biological value and quality of milk is in context of technogenic contamination of natural environment and ecological safety]. *Biologhiia tvaryn – The animal biology*, 9 (1–2), 10–19 [in Ukrainian].
3. Burlaka, V. (Ed.), Grabar, I., Mykytyuk, V., Zasekin, D., Borshchenko, V., Suknenko, T. ... Tumanov, V. (2012). *Deterhenty suchasnosti [Detergents of our time]*. Zhytomyr: Vyd-vo «Zhytomyrskiyi natsionalnyi ahroekolohichniy universytet» [in Ukrainian].
4. Romanov, L. (2000). Vazhki metaly v molotsi ta produktakh yoho pererobky [Heavy metals in milk and products of its processing]. *Tvarynystvo Ukrainy – Livestock of Ukraine*, 7–8, 19 [in Ukrainian].
5. Kravtsiv, R. Y., Butsiak, H. A. (2008). Sumisnyi vplyv vazhkykh metaliv na orhanizm tvaryn [The combined effect of heavy metals on animals]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Hzhystyko – Scientific messenger of LNUVMB named after S. Z. Gzhystyj*, 10, 2 (37), 3–8 [in Ukrainian].
6. Buialska, N., Denisova, N., Kupchik, E. (2015). Problem of accumulation of heavy metals in medicinal plants. *Canadian scientific journal*, 2, 13–19 [in English].
7. Kravtsiv, R. I. (2004). Produktivnist ta obmin rechovyn u laktuiuchykh koriv za riznoho vmistu vazhkykh metaliv u ratsionakh [Productivity and metabolism in lactating cows at different level of heavy metals in rations]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 1, 29–31 [in Ukrainian].
8. Tarasenko, L. O., Rud, V. I. (2014). Sanitarno-hihienichna otsinka yakosti moloka ta molochnykh produktiv u zalezhnosti vid periodu laktatsii koriv ukrainskoi chervonoj molochnoj porody [Sanitary-hygienic assessment of the quality of milk and dairy products, depending on the period of lactation cows ukrainian red dairy breed]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu biologii tvaryn i Derzhavnoho naukovodoslidnoho kontrolnoho instytutu vetpreparativ ta kormovykh dobavok – The scientific and technical bulletin of the SCIVP of veterinary medical products and feed additives*, 15 (2–3), 179–182 [in Ukrainian].
9. Zhuravleva, N. I., Bubnov, A. G., Grinevich, V. I. (2011). Ekologicheskii kontrol urovnia zagriazneniia svintsom i kadmiem miasa i moloka krupnogo rogatogo skota [Ecological control of the level of contamination with lead and cadmium of meat and milk of cattle]. *Bezopasnost v tekhnosfere – Safety in technosphere*, 3, 13–19 [in Russian].
10. Zabegalova, G. N. (2006). *Razrabotka tekhnologicheskikh priemov detoksikatsii moloka-syria ot solei tiazhelykh metallov [Development of technological methods for detoxifying raw milk from salts of heavy metals]*. (Doctor's thesis). FGOU VPO «Vologodskaia gosudarstvennaia molochnokhoziaistvennaia akademiia imeni N. V. Vereshchagina», Uglich [in Russian].
11. Potoroکو, I. Iu., Zabodalova, L. A. (2011). Vliianie metodov detoksikatsii na tekhnologicheskie svoistva molochnogo syria [Impact of detoxification methods on technological properties of crude dairy material]. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Protcessy i apparaty pishchevykh proizvodstv» – Scientific Journal NRU ITMO. Processes and Food Production Equipment*, 2. Retrieved from <http://www.open-mechanics.com/journals>.

12. Buial'ska, N., Denysova, N., Kupchik, O., Prus, T. (2017). Doslidzhennia vmistu vazhkykh metaliv v molotsi yak element realizatsii systemy HACCP [Research of heavy metals content in milk as an element of the implementation of HACCP]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 2 (8), 179–187 [in Ukrainian].

13. Moloko ta vershky sukhi. Zahalni tekhnichni umovy [Dry milk and cream. General specifications]. DSTU 4273:2015 (January 1, 2016).

14. Moloko koroviache nezbyrane. Vymohy pry zakupivli [Whole cow milk. Requirements for purchasing]. DSTU 3662-97 (July 1, 2002).

15. Moloko ta molochni produkty. Nastanovy z vidbyrannia prob [Milk and dairy products. Guidance on sampling]. DSTU ISO 707:2002 (October 1, 2003).

16. Mediko-biologicheskie trebovaniia i sanitarnye normy kachestva prodovol'stvennogo syria i pishchevykh produktov (Medyko-biologichni vymohy ta sanitarni normy yakosti prodovolchoi syrovyny ta kharchovykh produktiv) [Medical and biological requirements and sanitary standards of quality of food raw materials and food products] (1989). MBT i SN 5061 from 01.08.1989 № 5061.

UDC 637.07

Nataliia Buial'ska, Elena Kupchik, Natalia Denisova

USE OF SORBENTS FOR REDUCING THE CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN MILK RAW MATERIAL

Urgency of the research. Heavy metals are one of the most toxic and most common chemical food contaminants, in particular dairy. To date, there is an urgent need to determine their content and to find ways in order to reduce the risks caused by the use of contaminated food.

Target setting. Redistribution of heavy metals during technological processes does not always ensure the production of products with a safe level of toxic metals, so it is necessary to select sorbents and to search for optimal technological regimes for detoxifying the milk raw material.

Actual scientific researches and issues analysis. The scientific works of many well-known scientists and practitioners is devoted to the solution of scientific and practical issues related to the monitoring of heavy metals in food products and to the development of methods for their elimination.

Uninvestigated parts of general matters defining. In literary sources there is practically no information on the content of heavy metals in dry milk. Their effect on the content of calcium, protein, fat, etc. in milk is not always taken into account in the scientific works devoted to the choice of sorbents for detoxification of the milk raw material.

The research objective. The purpose of the work is to determine the content of heavy metals in dry milk, to analyze pathways for them and on the basis of the obtained results to develop technological regimes and methods for detoxifying heavy metals.

The statement of basic materials. The results of the analysis of heavy metals in dry milk are given. Methods for reducing the concentration of Pb and Cd in dairy raw materials using sorbents are proposed. The influence of sorbents on the quality of raw materials has been studied. It is established that the use of polypham does not affect the organoleptic and basic physicochemical parameters of milk. The degree of purification of dairy raw material from heavy metals is determined. The optimal conditions for the detoxification process by polypham (temperature, time of exposure of the sorbent and its concentration) are established.

Conclusions. The carried out researches allow to use dairy raw material with the raised maintenance of heavy metals in the further manufacture of dairy products.

Keywords: food contamination; heavy metals; sorbents; detoxification; voltammetric analysis.

Fig.: 1. Table: 6. References: 16.

Буяльська Наталія Павлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Buial'ska Nataliia – PhD in technical sciences, Associate Professor, Department of Food Technology, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: buial'ska@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6800-5604>

ResearcherID: G-2935-2014

Scopus Author ID: 57196191416

Купчик Олена Юрійвна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, Чернігівський національний педагогічний університет імені Т. Г. Шевченка (вул. Гетьмана Полуботка, 53, м. Чернігів, 14000, Україна).

Kupchik Elena – PhD in Chemical Sciences, Associate Professor of the Chemical Department, Chernihiv T. G. Shevchenko National Pedagogical University (53 Polubotka Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: kupchik.olena@gmail.com

Денисова Наталя Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Denisova Natalia – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Food Technology, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: 4386793@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3522-4210>

ResearcherID: G-6068-2016