

Науковий вісник Львівського національного університету  
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.  
Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University  
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.  
Series: Agricultural sciences

ISSN 2519-2698 print

ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a9817

<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC 636.598.085.55:546.34

## Accumulation lithium in the tissues and organs of goslings concerning of its level in the mixed feed

O. I. Sobolev<sup>1</sup>✉, B. V. Gutyj<sup>2</sup>, S. V. Sobolieva<sup>1</sup>, R. A. Petryshak<sup>2</sup>, O. I. Petryshak<sup>2</sup>, O. S. Naumyuk<sup>2</sup>,  
Y. O. Melnychenko<sup>1</sup>, Z. A. Guta<sup>2</sup>, T. V. Martyshuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

<sup>2</sup>Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

### Article info

Received 22.02.2023

Received in revised form

24.03.2023

Accepted 25.03.2023

**Sobolev, O. I., Gutyj, B. V., Sobolieva, S. V., Petryshak, R. A., Petryshak, O. I., Naumyuk, O. S., Melnychenko, Y. O., Guta, Z. A., & Martyshuk, T. V. (2023). Accumulation lithium in the tissues and organs of goslings concerning of its level in the mixed feed. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 25(98), 99–106. doi: 10.32718/nvlvet-a9817**

Bila Tserkva National Agrarian  
University, 8/1, Soborna Sq.,  
Bila Tserkva, 09117, Ukraine.  
Tel.: + 38-096-443-91-50  
E-mail: sobolev\_a\_i@ukr.net

Stepan Gzhytskyi National  
University of Veterinary Medicine  
and Biotechnologies Lviv,  
Pekarska Str., 50, Lviv,  
79010, Ukraine.  
Tel.: +38-068-136-20-54  
E-mail: bv@ukr.net

We studied the possibility of fortification of goslings' products with lithium and peculiarities of its depositing in the organs and tissues of goslings concerning lithium level in the mixed feed. Experimental studies have been conducted on goose breed Legart. A total of 320 one-day-old goslings were divided on the principle of analogues into four groups and 80 heads each. The goslings of the first control group did not receive the lithium supplement with the feed mix. Experimental groups were fed with the feed mixed that additionally was supplemented with different doses of lithium by the scheme of the experiment. After 70 days of rearing, three birds were randomly selected from each group and their control slaughter. The lithium content in the representative samples of muscle tissue and organs of goslings was determined by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry (ICP-AES). It was established that feeding the growing goslings with mixed feed containing lithium supplements in doses of 0.05, 0.1 and 0.15 mg/kg, contributed to the increase ( $P < 0.001$ ) of the concentration of this trace element in the muscles of the thigh and drumstick accordingly 789.5, 1589.5 and at 3447.4 %, in the muscles of the breast 1096.8, 2080.6 and at 3948.4 %, liver are 455.4, 824.6 and at 1440.8 % are compared to goslings that did not receive lithium supplements. Significantly high values of lithium accumulation factors in organs and tissues of gosling (3.21–14.44) indicated that this element has a substantial accumulating capacity. The meat of goslings enriched with lithium can be considered as a natural product with bio-corrective action that can be used in human nutrition. These meat products can be particularly useful for people that are living in regions with a low environmental level of lithium.

**Key words:** lithium, accumulation, muscle tissue, liver, goslings, dose, all mash.

## Накопичення літію в тканинах і органах гусенят залежно від його рівня в комбікормі

O. I. Sobolev<sup>1</sup>✉, B. V. Gutyj<sup>2</sup>, S. V. Soboleva<sup>1</sup>, R. A. Petryshak<sup>2</sup>, O. I. Petryshak<sup>2</sup>, O. S. Naumyuk<sup>2</sup>,  
Y. O. Melnychenko<sup>1</sup>, Z. A. Guta<sup>2</sup>, T. V. Martyshuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

<sup>2</sup>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Вивчали можливість збагачення продукції гусівництва літієм та особливості депонування літію в органах і тканинах гусенят залежно від його рівня в комбікормі. Експериментальні дослідження проводилися на гусях породи Легарт. Всього 320 добових гусенят розділили за принципом аналогів на чотири групи по 80 голів кожна. Гусенята першої контрольної групи не отримували

добавки літію з комбікормом. Дослідним групам згодовували комбікорми, до яких додатково вводили різні дози літію за схемою досліду. Після 70 днів вирощування, з кожної групи випадковим чином вибирали трьох гусенят і проводили їх контрольний забій. Вміст літію в репрезентативних зразках м'язової тканини та органів гусенят визначали методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП). Встановлено, що згодовування молодняку гусей комбікормів з добавками літію в дозах 0,05, 0,1 та 0,15 мг/кг сприяло підвищенню ( $P < 0,001$ ) концентрації цього мікроелемента в м'язах стегна та голіці відповідно на 789,5 %, 1589,5 та 3447,4 %, в м'язах грудей – на 1096,8 %, 2080,6 та 3948,4 %, в печінці – на 455,4 %, 824,6 та 1440,8 %, порівняно з гусенятами, які не отримували добавки літію. Достовірно високі значення коефіцієнтів накопичення літію в органах і тканинах гусенят (3,21–14,44) свідчать про значну акумулюючу здатність цього елемента. Збагачене літієм м'ясо гусенят можна розглядати як натуральний продукт біокоригуючої дії, який можна використовувати в харчуванні людини. Ці м'ясні продукти можуть бути особливо корисні людям, які проживають в регіонах з низьким рівнем літію в навколишньому середовищі.

**Ключові слова:** літій, акумуляція, м'язова тканина, печінка, молодняк гусей, доза, комбікорм.

## Вступ

Сьогодні відомо більше ніж 50 мінеральних елементів, що постійно присутні в організмі людини та тварин. Останнім часом експериментально доведена життєва необхідність ряду мікроелементів, які раніше вважалися умовно-есенціальними. Серед таких біогенних елементів і літій.

Біохімічні механізми дії літію різнопланові і пов'язані з дією багатьох гормонів, ферментів, вітамінів, мікроелементів та транскрипцією генів, що регулюють ріст клітин.

За результатами чисельних наукових досліджень, проведених на різних видах тварин і птиці встановлено, що літій володіє антиоксидантними (Plotnikov et al., 2016), антибактеріальними (Stachelska, 2015), антистресовими, адаптогенними (Ostrenko et al., 2017), радіопротекторними (Antushevich et al., 2013), антивірусними (Chen et al., 2015; Qian et al., 2018), протипухлинними (Kaufmann et al., 2011), антиметастатичними (Maeng et al., 2016) та імуномодулюючими (Maddu & Raghavendra, 2015) властивостями. Отримано цікаві експериментальні дані щодо позитивного впливу літію на остеогенез (Wang et al., 2015).

Літій вже давно з успіхом використовуються у медицині як ефективний засіб для лікування та профілактики багатьох хвороб, зокрема афективних біполярних розладів у маніакальній та депресивній фазах (Malhi et al., 2017), деменції (Gerhard et al., 2015), хвороби Альцгеймера (Matsunaga et al., 2015), хвороби Паркінсона та Хантингтона (Lazzara & Kim, 2015), деяких видів раку (Berk et al., 2017), остеопорозу (Tang et al., 2015). Низькі дози літію знижують загальну смертність і сприяють продовженню життя людини (Zarse et al., 2011).

З огляду на викладене вище забезпечення організму людини літієм в оптимальних кількостях має важливе значення. Сьогодні більшість населення планети, за винятком таких географічних регіонів, як Північна Чилі та Північна Аргентина, споживає з продуктами харчування літію менше, ніж необхідно (Sobolev et al., 2019; Szklarska & Rzymiski, 2019).

У різних країнах світу рівень споживання населенням літію з продуктами харчування неоднаковий і становить, мг/доб.: Бельгія – 0,001–0,015; Канада – 0,022; Фінляндія – 0,035; Франція – 0,048; Туреччина – 0,029–0,051; Іспанія – 0,011–0,105; Англія – 0,107; Австрія – 0,348; Німеччина – 0,182–0,546; Японія – 0,812; США – 0,429–0,821; Данія – 1,009; Швеція – 1,090; Мексика – 1,485; Китай – 1,560 (Van Cauwenbergh et al., 1999; Schrauzer, 2002; Kalonji et al.,

2015). У людей із низьким літієвим статусом порушується ріст тканин і репродуктивна функція, скорочується тривалість життя через передчасне старіння, підвищується агресивність, виникають проблеми з поведінкою. Використовуючи методи кореляційного аналізу, вчені встановили обернену високовірогідну залежність між рівнем надходження літію в організм людини та рівнем самогубств серед населення, а також рівнем насильницьких злочинів, таких як вбивства, зґвалтування та пограбування (Giotakos et al., 2015; Kohno et al., 2020).

Існує два основних шляхи забезпеченості організму людини цим мікроелементом – прийом препаратів літію у вигляді неорганічних або органічних сполук і споживання продуктів харчування, збагачених літієм. У літературі є повідомлення про способи підвищення концентрації літію в овочах і фруктах, а також продуктах їх технологічної переробки (Pifferi, 2017). Проте кількість наукових публікацій щодо можливості та методів збагачення продуктів птахівництва літієм, для споживання людиною, є обмеженою. У науковій літературі є повідомлення про те, що при введенні добавки літію в комбікорми для курчат-бройлерів у дозі 66,0 мг/кг його концентрація в білому м'ясі зростає на 211,1 %, у червоному – на 426,4 % та в печінці – на 257,6 % порівняно з птицею контрольної групи, яка не отримувала добавки літію з кормом (Miftakhutdinova et al., 2020). В іншій роботі автори стверджують, що навіть при короткочасному згодовуванні курчат-бройлерам (протягом п'яти днів) комбікормів, збагачених літієм із розрахунку 47,5 мг/кг, його концентрація в білому м'ясі зростає на 33,6 %, у червоному – на 104,2 % (Miftakhutdinov et al., 2021). Також варто зазначити, що на сьогодні розроблено технологію приготування пасти з м'яса птиці, збагаченого літієм (Miftakhutdinova et al., 2021). Аналіз результатів експериментальних досліджень свідчить про те, що концентрація літію в м'ясі птиці залежить від його вмісту в раціоні, форми препарату та тривалості введення в раціон. Крім того, значну роль в накопиченні літію відіграють видові та породні особливості сільськогосподарської птиці, які, ймовірно, зумовлені генетичними та фізіологічними факторами. Крім того, деякі дослідники встановили, що введення добавок літію у комбікорми для птиці підвищує вміст білка і жиру в м'язах грудей і ніг, а також їхню енергетичну та біологічну цінність (Sobolev & Gutj, 2019), поліпшує органолептичні показники та технологічні характеристики м'яса (Miftakhutdinova et al., 2020).

## Мета дослідження

Метою наших досліджень було вивчення можливості збагачення літєм продукції гусівництва та вивчення особливостей відкладення літію в органах і тканинах гусенят, залежно від його рівня в комбікормі.

## Матеріал і методи досліджень

Експериментальні дослідження проводили на молодняку гусей породи Легарт. Для проведення дослідів було сформовано, за принципом аналогів, чотири групи із добового молодняку по 80 голів у кожній. Гусенята першої контрольної групи не отримували добавки літію з комбікормом. Дослідним групам згодували комбікори, до яких додатково вводили різні дози літію згідно зі схемою дослідів (табл. 1). Літій у комбікормі для гусенят вводили у складі мінерального преміксу в наноаквахелатній формі, отриманий від ТОВ “Наноматеріали та нанотехнології” (Україна).

**Таблиця 1**  
Схема дослідів

Група	Добавка літію в комбікори, мг/кг
1 контрольна	Повнораціонний комбікорм – ПК
2 дослідна	ПК + 0,05
3 дослідна	ПК + 0,10
4 дослідна	ПК + 0,15

Тривалість дослідів становила 70 діб і відповідала періоду вирощування гусенят на м'ясо. Упродовж усього періоду вирощування гусенят згодували сухі комбікори, збалансовані за основними поживними та біологічно активними речовинами відповідно до діючих норм. Корми гусенят згодували досхо-чу протягом усього дослідного періоду.

Птицю утримували на підлозі (на незмінній підстилці) з вільним доступом до корму і води. Технологічні параметри утримання гусенят у всіх групах були однаковими та відповідали нормам, що рекомендовані для молодняку гусей. Щільність посадки гусенят у віці 1–3 тижні становила 8 гол./м<sup>2</sup>, а у віці 4–10 тижнів – 4 гол./м<sup>2</sup>. Фронт годівлі гусенят у віці 1–3 тижні становив 1,5 см/гол., а у віці 4–10 тижнів – 2,5 см/гол. Фронт напування гусенят у віці 1–3 тижні становив 1,5 см/гол., а у віці 4–10 тижнів 2,0 см/гол. (Galibarenko et al., 2005).

Наприкінці дослідів, у віці 70 днів, випадковим чином відібрали по 3 голови птиці (1 самець і 2 самки) з кожної групи та здійснили їх контрольний забій відповідно до вимог законодавства (Zakon Ukrainy, 2006). Після контрольного забою гусенят проводили повне анатомічне розбирання їхніх тушок згідно з існуючими методичними рекомендаціями (Lukashenko, 2013). Під час анатомічного розбирання тушок гусенят відбирали репрезентативні зразки

м'язів стегна, гомілки, грудей та печінки за державним стандартом. Кожен зразок був упакований у щільний, вологостійкий пластиковий пакет. З моменту відбору до початку аналізу проби зберігали за температури від 0 до 2 °C не більше ніж 24 годин.

Хімічний аналіз м'язової тканини та органів птиці на вміст літію проводили в атестованій лабораторії аналітичної хімії та моніторингу токсичних речовин Інституту гігієни праці ім. Ю. І. Кундієва НАМН України (м. Київ).

Вміст літію в м'язовій тканині та органах птиці визначали методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) на приладі Optima 210 DV фірми Perkin Elmer (США). Роботою спектрометра керувала програма WinLab32. Результати оброблялися приладом і виводилися на монітор в необхідному форматі.

Підготовку проб до аналізу проводили згідно з методичними рекомендаціями (Andrusyshyna et al., 2014). Зразки готували для аналізу в два етапи. На першому етапі м'язи стегна, гомілки, грудей та печінку висушували до постійної маси в сушильній шафі (Mettler UF55, Німеччина) за температури 103 ± 2 °C (DSTU ISO 1442:2005, 2008). Вміст вологи в м'язах стегна та гомілки в середньому по групах коливався від 71,4 до 74,3 %, а в м'язах грудей – від 73,2 до 74,8 %. На другому етапі до 0,1 г висушених м'язів стегна, гомілки, грудей та печінки додавали 2,0 мл концентрованої азотної кислоти (HNO<sub>3</sub>) (Merck, Німеччина) з подальшою мінералізацією в мікрохвильовій печі MWS-2 (Berghof, Німеччина). Отриману мінералізовану речовину розчиняли в деіонізованій воді (18 Ом) об'ємом 10 мл і аналізували за допомогою методу АЕС-ІЗП.

Інтенсивність біологічного накопичення літію в м'язовій тканині та печінці гусенят оцінювали за коефіцієнтом накопичення (КН), який розраховували за формулою:

$$KH = \frac{K_M}{K_K} \quad (1)$$

де К<sub>м</sub> – вміст літію у м'язовій тканині або печінці гусенят, мг/кг свіжої тканини; К<sub>к</sub> – доза введення літію у комбікорм, мг/кг.

Для математичної обробки отриманих результатів використовувалася комп'ютерна програма статистичної обробки Microsoft Excel 2010. Для виявлення статистично значущої різниці між середніми значеннями в дослідних групах використовували дисперсійний аналіз (процедура однофакторного дисперсійного аналізу). Відмінності середніх значень вважали статистично вірогідними за P < 0,05.

## Результати та їх обговорення

Одержані дані показали, що з підвищенням вмісту літію в комбікормах для гусенят вірогідно зростала його концентрація в м'язовій тканині та печінці птиці (табл. 2).

**Таблиця 2**

Концентрація літію у м'язовій тканині та печінці 70-денних гусенят, мкг/100 г свіжої тканини ( $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ )

Показник	Група			
	I контрольна	II дослідна	III дослідна	IV дослідна
М'язи стегна та гомілки	1,9 ± 0,03	16,9 ± 0,28***	32,1 ± 0,50***	67,4 ± 0,97***
М'язи грудей	3,1 ± 0,04	37,1 ± 0,62***	67,6 ± 1,21***	125,5 ± 2,02***
Печінка	13,0 ± 0,45	72,2 ± 3,11***	120,2 ± 3,82***	200,3 ± 7,41***

Примітка: вірогідність різниці між контрольною та дослідними групами: \*\*\* – P < 0,001

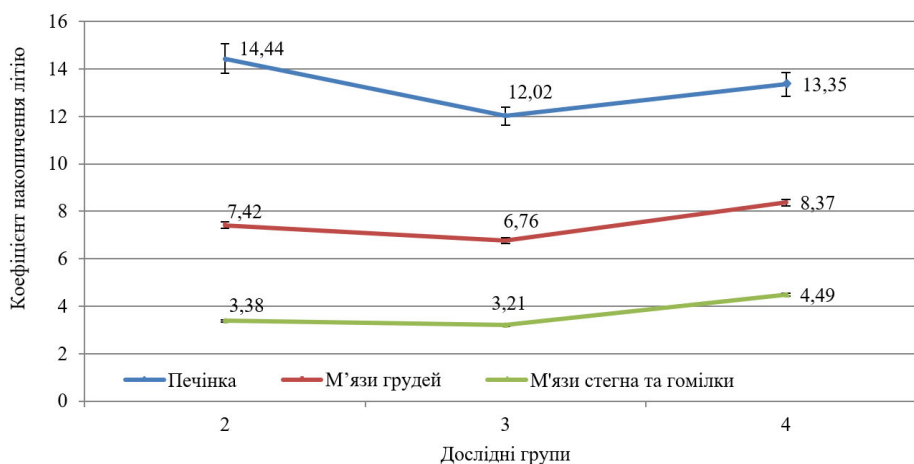
Більш детальний аналіз зразків м'язової тканини гусенят показав, що в м'язах стегна та гомілки другої дослідної групи концентрація літію становила 16,9 мкг/100 г, третьої групи – 32,1 та четвертої групи – 67,4 мкг/100 г, тимчасом як у контрольній групі концентрація літію в цій же тканині становила лише 1,9 мкг/100 г. Таким чином, вміст літію у м'язах стегна та гомілки гусенят дослідних груп вірогідно збільшився (P < 0,001) на 789,5 %, 1589,5 та 3447,4 % відповідно.

Чітко виражена різниця на користь молодняку дослідних груп простежувалася і за концентрацією літію у м'язах грудей. Так, якщо цей показник у гусенят контрольної групи становив 3,1 мкг/100 г, а у ровесників з другої дослідної групи він був вірогідно вищим на 1096,8 % (P < 0,001), третьої групи – на 2080,6 % (P < 0,001) та четвертої групи – на 3948,4 % (P < 0,001).

Печінка зазвичай вважається основним депо мікроелементів в організмі тварин і птиці. Тому очікува-

но максимальні концентрації літію були виявлені в тканинах печінки гусенят. Як і в м'язовій тканині, концентрація літію в печінці також залежить від його вмісту в комбікормах. Зокрема, концентрація літію в печінці гусенят другої дослідної групи становила 72,2 мкг/100 г, третьої групи – 120,2 та четвертої групи – 203,3 мкг/100 г, тимчасом як у птиці з контрольної групи аналогічний показник становив 13,0 мкг/100 г. Різниця в концентрації літію між контрольною та дослідними групами була дещо меншою, ніж у м'язовій тканині. Так, у другій, третій та четвертій дослідних групах вміст літію в печінці був відповідно на 455,4 %, 824,6 та 1440,8 % вищим (P < 0,001), ніж у контрольній групі.

Розрахунки коефіцієнтів дозозалежного накопичення літію в різних тканинах показали, що вони не були лінійними, тобто збільшення концентрації літію в організмі гусенят не було пропорційним кількості літію, спожитого з кормом (рис. 1).



**Рис. 1.** Коефіцієнти накопичення літію у м'язовій тканині та печінці гусенят дослідних груп

Так, при введенні літію в дозі 0,05 мг на 1 кг комбікорму коефіцієнт його накопичення в м'язах стегна та гомілки гусенят другої дослідної групи становив 3,38, у м'язах грудей – 7,42, в печінці – 14,44. Хоча гусенятам третьої дослідної групи згодовували комбікорм, збагачений літієм у дозі 0,10 мг/кг, відповідні коефіцієнти були дещо нижчими порівняно з другою дослідною групою і становили відповідно 3,21, 6,76 та 12,02. Гусенята четвертої дослідної групи отримували кормову суміш, збагачену літієм у дозі 0,15 мг/кг. Для них коефіцієнти накопичення літію в двох групах м'язів і печінці становили відповідно 4,49, 8,37 і 13,35. Таким чином, інтенсивність біологічного нако-

пичення літію в м'язовій тканині та печінці гусей була хвилеподібною. Досить високі значення коефіцієнтів накопичення літію в органах і тканинах гусенят (3,21–14,44) свідчать про значну накопичувальну здатність цього елемента.

Так, при введенні в комбікорми літію у дозі 0,05 мг/кг коефіцієнт накопичення його у м'язах стегна та гомілки гусенят другої дослідної групи становив 3,38, у м'язах грудей – 7,42 та у печінці – 14,44. Хоча гусенятам третьої дослідної групи згодовували комбікорм, збагачений літієм у дозі 0,10 мг/кг, відповідні коефіцієнти були дещо нижчими порівняно з другою дослідною групою і становили відповідно 3,21, 6,76 та

12,02. Гусенята четвертої дослідної групи отримували комбікорм, збагачений літієм у дозі 0,15 мг/кг. Для них коефіцієнти накопичення літію в двох групах м'язів і печінки становили відповідно 4,49, 8,37 та 13,35. Таким чином, інтенсивність біологічного накопичення літію в м'язовій тканині та печінці гусей була хвилеподібною. Досить високі значення коефіцієнтів накопичення літію в органах і тканинах гусенят (3,21–14,44) свідчать про значну акумулюючу здатність цього елемента.

Отримані результати узгоджуються з висновками інших вчених, які в дослідях на курчатах-бройлерах встановили, що з підвищенням рівня літію в комбікормах зростає його концентрація у продуктах птахівництва. Проте дані щодо впливу добавок різних доз літію в комбікорми на його накопичення в органах і тканинах курчат-бройлерів досить суперечливі й не завжди піддаються коректному порівнянню. [Miftahutdinova et al. \(2020\)](#) повідомили, що введення літієвих добавок у комбікорми для курчат-бройлерів із розрахунку 66,0 мг/кг сприяло підвищенню його концентрації в білому м'ясі до 4,18 мг/кг, у червоному – до 4,52 мг/кг та в печінці – до 3,40 мг/кг. Різниця, порівняно з контрольною групою, становила відповідно 211,1 %, 426,4 та 257,6 %.

У своєму пізнішому дослідженні [Miftakhutdinov et al. \(2021\)](#) отримали результати, які доводять, що при згодовуванні курчатам-бройлерам за п'ять днів до забою комбікорму, збагаченого літієм із розрахунку 47,5 мг/кг, концентрація його в білому м'ясі становила 1,43 мг/кг, у червоному м'ясі – 1,54 мг/кг, що на 33,6 та 104,2 % більше, ніж у контрольній групі. У курчат-бройлерів контрольної групи, яких вирощували за природного вмісту літію в комбікормах, його концентрація в білому та червоному м'ясі при першому дослідженні становила відповідно 1,98 та 1,06 мг/кг, а при другому – 1,07 та 0,71 мг/кг.

Водночас у літературі є дані про те, що за відсутності добавок літію в комбікормах середній вміст його в м'язах грудей курчат-бройлерів становить 2,581 мг/кг, а в м'язах ніг – 2,130 мг/кг ([González-Weller et al., 2013](#)). Відмінності в концентраціях літію в м'ясі курчат-бройлерів контрольних груп можна пояснити відмінностями геохімічних зон, умовами годівлі, в яких проводилися дослідження, та складом раціонів. Загалом це не суперечить раніше опублікованим даним про те, що в м'ясі птиці рівень літію може коливатися від 0,006 мг/кг ([Leblanc et al., 2005](#)) до 3,217 мг/кг ([Mueller et al., 2010](#)).

Наші експериментальні дані ще раз підтвердили залежність, встановлену раніше іншими вченими, і дозволяють з високою часткою впевненості стверджувати, що продукти з м'яса птиці можна збагатити літієм, вводючи його до складу комбікорму для птиці. Такий підхід також дозволить виключити випадки токсикозів у населення в разі непомірного споживання окремими особами збагаченого мікроелементом м'яса завдяки буферному ефекту тканин тварин. Варто зазначити, що поріг токсичної дози літію для людини коливається від 90 до 200 мг/доб. і залежить від статі, маси тіла, віку та фізіологічного стану конкретної особи.

На даний момент офіційних рекомендацій експертів ФАО/ВООЗ щодо дієтичних норм споживання літію людиною немає ([WHO, 1996](#)). При цьому окремими країнами встановлено адекватний та гранично допустимий (безпечний) рівень споживання літію з продуктами харчування для своїх громадян. Наприклад, у Росії ці межі встановлені відповідно до 0,1 та 0,3 мг/доб. Існуючі результати наукових досліджень дають підставу вважати, що рекомендованою нормою споживання літію з продуктами харчування та водою для дорослої людини вагою 70 кг є 1,0 мг/доб ([Schrauzer, 2002](#)). У подальшому була рекомендована доза щоденного споживання літію – 14,3 мкг на 1 кг маси тіла людини ([Aral & Vecchio-Sadus, 2008](#)).

Оскільки м'язова тканина, на відміну від печінки, має значно більшу частку серед їстівних частин тушки птиці, її можна вважати основним джерелом літію для людини. Наші розрахунки показують, що споживання збагаченого літієм м'яса гусенят у межах рекомендованих фізіологічних норм в Україні (145 г/доб. м'яса та субпродуктів) ([Postanova, 2016](#)) у середньому може покрити від 3,9 до 14,0 % добової потреби дорослої людини в цьому мікроелементі, залежно від складу комбікорму гусенят і, отже, від концентрації літію в м'язовій тканині. Виходячи з рекомендованої дози добового споживання літію 14,3 мкг на 1 кг маси тіла, можна оцінити рівень фізіологічної потреби в цьому мікроелементі дітей та підлітків. Аналогічні розрахунки можна зробити і для основних соціально-демографічних груп населення в інших країнах, враховуючи діючі в цих країнах норми споживання м'яса та м'ясних продуктів.

## Висновки

Кількість літію в продуктах птахівництва, призначених для споживання людиною, зокрема в продуктах гусівництва, можна ефективно регулювати, додаючи літієві добавки в комбікорми для птиці. Аналіз одержаних даних дозволив встановити деякі факти та закономірності: літій був виявлений у всіх зразках, які досліджувалися; з підвищенням рівня літію в комбікормах для молодняку гусей відповідно зростала його концентрація в м'язовій тканині та печінці птиці; концентрація літію в тканинах і органах зростає в такому порядку: м'язи стегна та гомілки < м'язи грудей < печінка.

З точки зору гігієни харчування введення літію в наноаквахелатній формі в комбікорми для гусенят у дозах 0,05, 0,10 та 0,15 мг/кг забезпечує підвищення концентрації цього мікроелемента в м'язах стегна та гомілки відповідно на 789,5 %, 1589,5 та 3447,4 %, у м'язах грудей – на 1096,8 %, 2080,6 та 3948,4 %, в печінці – на 455,4 %, 824,6 та на 1440,8 %, порівняно з аналогічними показниками у гусенят, яким згодовували комбікорми без добавок літію. Нелінійне збільшення коефіцієнтів накопичення літію в м'язовій тканині та печінці гусей зі збільшенням дози літію в комбікормі може свідчити про ступінчастий біохімічний механізм метаболізму літію в організмі. Для з'ясування гомеостазу літію необхідні додаткові дослідження.

Наші результати демонструють, що м'ясо молодняку гусей може бути значно збагачене літієм і, отже, може розглядатися як природний продукт, збагачений літієм, який можна включати в щоденний раціон людини. Ця м'ясна продукція може бути особливо корисною для людей, які проживають у регіонах з низьким рівнем вмісту літію у природному середовищі.

**Відомості про конфлікт інтересів.** Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

## References

- Andrusyshyna, I.M., Lampeka, O.G., Golub, I.O., Lubjanova, I.P., & Harchenko, T.D. (2014). Ocinka porushen' mineral'nogo obminu u profesijnyh kontyngentiv za dopomogoju metodu atomno-emisijnoi' spektroskopii' z induktyvno zv'jazanoju plazmoju: metodychni rekomendacii'. Avicena, Kyi'v (in Ukrainian).
- Antushevich, A.A., Antushevich, A.E., Grebenjuk, A.N., Tarumov, R.A., & Antonov, V.G. (2013). Jeksperimental'noe izuchenie lechebnoj jeffektivnosti litievoj soli disul'fida glutaciona v uslovijah ostrogo vneshnego vozdeystvija gamma-izluchenija. Radiacionnaja biologija. Radiojekologija, 53(5), 451–458. DOI: 10.7868/S0869803113050044 (in Russian).
- Aral, H., & Vecchio-Sadus, A. (2008). Toxicity of lithium to humans and the environmen – a literature review. Ecotoxicol Environ Safety, 70(3), 349–356. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2008.02.026.
- Berk, M., Cowdery, S., Williams, L., & Malhi G.S. (2017). Recalibrating the risks and benefits of lithium therapy. The British Journal of Psychiatry, 211(1), 1–2. DOI: 10.1192/bjp.bp.116.193789.
- Chen, Y., Yan, H., Zheng, H., Shi, Y., Sun, L., Wang, C., & Sun, J. (2015). Antiviral effect of lithium chloride on infection of cells by porcine parvovirus. Archives of virology, 160(4), 1015–1020. DOI:10.1007/s00705-015-2352-z.
- DSTU ISO 1442:2005. (2008). M'jaso ta m'jasni produkty. Metod vyznachennja vmistu vologi (kontrol'nyi metod). Derzhstandart Ukrai'ny, Kyi'v (in Ukrainian).
- Galibarenko, M., Smirnov, O., Pasichnyj, V., Rjabokon', Ju., Ivko, I., Mel'nyk, B., Pudov, V., Kul'baba, C., Dujunov, B., Sohac'kyj, M., Vashkulat, M., Kyrejeva, I., Bulyga, N., & Demydenko, V. (2005). VNTP-APK-04.05. Pidpryjemstva ptahivnyctva. Ministerstvo agrarnoi' polityky, Kyi'v (in Ukrainian).
- Gerhard, T., Devanand, D. P., Huang, C., Crystal, S., & Olfson, M. (2015). Lithium treatment and risk for dementia in adults with bipolar disorder: population-based cohort study. The British Journal of Psychiatry, 207(1), 46–51. DOI: 10.1192/bjp.bp.114.154047.
- Giotakos, O., Tsouvelas, G., Nisianakis, P., Giakalou, V., Lavdas, A., Tsiamitas, C., Katsaris, P., & Kontaxakis, V. (2015). A negative association between lithium in drinking water and the incidences of homicides, in Greece. Biological Trace Element Research, 164, 165–168. DOI: 10.1007/s12011-014-0210-6.
- González-Weller, D., Rubio, C., Gutiérrez, A., Luis-González, G., Mesa, J.M., Revert, C., Ojeda, A.B., & Hardisson, A. (2013). Dietary intake of barium, bismuth, chromium, lithium, and strontium in a Spanish population (Canary Islands, Spain). Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association, 62, 856–858. DOI: 10.1016/j.fct.2013.10.026.
- Kalonji, E., Sirot, V., Noel, L., Guerin, T., Margaritis, I., & Leblanc, J.-C. (2015). Nutritional risk assessment of eleven minerals and trace elements: prevalence of inadequate and excessive intakes from the second french total diet study. European Journal of Nutrition and Food Safety, 5(4), 281–296. DOI: 10.9734/EJNFS/2015/18193.
- Kaufmann, L., Marinescu, G., Nazarenko, I., Thiele, W., Oberle, C., Sleeman, J., & Blattner, C. (2011). LiCl induces TNF- $\alpha$  and FasL production, thereby stimulating apoptosis in cancer cells. Cell Communication and Signaling: CCS, 9, 15. DOI: 10.1186/1478-811X-9-15.
- Kohno, K., Ishii, N., Hirakawa, H., & Terao, T. (2020). Lithium in drinking water and crime rates in Japan: Cross-sectional study. BJPsych Open, 6(6), E122. DOI: 10.1192/bjo.2020.63.
- Lazzara, C. A., & Kim, Y.-H. (2015). Potential application of lithium in Parkinson's and other neurodegenerative diseases. Frontiers in Neuroscience, 9, 403. DOI: 10.3389/fnins.2015.00403.
- Leblanc, J. C., Guérin, T., Noël, L., Calamassi-Tran, G., Volatier, J. L., & Verger, P. (2005). Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st French Total Diet Study. Food additives and contaminants, 22(7), 624–641. DOI: 10.1080/02652030500135367.
- Lukashenko, V.S. (2013). Metodika provedenija anatomicheskoj razdelki tushek, organolepticheskoj ocenki kachestva mjasa i jaic sel'skohozjajstvennoj pticy i morfologii jaic : metodicheskoe rukovodstvo. VNITIP, Sergiev Posad (in Russian).
- Maddu, N., & Raghavendra, P. B. (2015). Review of lithium effects on immune cells. Immunopharmacol Immunotoxicol, 37(2), 111–125. DOI: 10.3109/08923973.2014.998369.
- Maeng, Y. S., Lee, R., Lee, B., Choi, S. I., & Kim, E. K. (2016). Lithium inhibits tumor lymphangiogenesis and metastasis through the inhibition of TGF $\beta$ 1 expression in cancer cells. Scientific Reports, 6, 20739. DOI: 10.1038/srep20739.
- Malhi, G. S., Gessler, D., & Outhred, T. (2017). The use of lithium for the treatment of bipolar disorder: Recommendations from clinical practice guidelines. Journal of Affective Disorders, 217, 266–280. DOI: 10.1016/j.jad.2017.03.052.
- Matsunaga, S., Kishi, T., Annas, P., Basun, H., Hampel, H., & Iwata, N. (2015). Lithium as a treatment for Alzheimer's Disease: a systematic review and meta-analysis. Journal of Alzheimer's disease, 48(2), 403–410. DOI: 10.3233/JAD-150437.
- Miftahutdinova, E. A., Tikhonov, S. L., & Tikhonova, N. V. (2020). Development of lithium-containing feed additive and its use for fortification of chicken broilers meat and by-products. Theory and Practice of Meat

- Processing, 5(1), 27–31. DOI: 10.21323/2414-438X-2020-5-1-27-31.
- Miftakhutdinov, A., Sayfulmulukov, E., & Nogovitsina, E. (2021). Safety monitoring of broiler chicken meat when correcting pre-slaughter stress using feed supplement “PIK-Antistress”. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 624, 012175. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012175.
- Miftakhutdinova, E., Tikhonov, S., Diachkova, A., Miftakhutdinov, A., Tikhonova, N., Tretyakova, I., Brashko, I., Pestova, I., Saifulmuliukov, E., & Nogovitsina, E. (2021). Technology optimization for the production of meat paste with lithium. International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences, 10(1), 101–108. DOI: 10.51847/Ye\_NBs4.
- Miftakhutdinova, E., Tikhonov, S., Tikhonova, N., & Timakova, R. (2020). An effect of anti-stress feed additives on broiler productivity and meat quality. Theory and Practice of Meat Processing, 5(2), 4–11. DOI: 10.21323/2414-438X-2020-5-2-4-11.
- Mueller, R., Betz, L., & Anke, M. (2010). Essentiality of the ultra trace element lithium to the nutrition of animals and man. Proceedings of the 30. Scientific symposium of industrial toxicology, Bratislava, Slovakia. June 16–18, 2010. 134–143.
- Ostrenko, K. S., Galochkina, V. P., Koloskova, E. M., & Galochkin, V. A. (2017) Organicheskie soli litija – jeffektivnye antistressovye preparaty novogo pokolenija [Organic lithium salts – effective anti-stress drugs of a new generation]. Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh [Problems of the biology of productive animals], 2, 5–28 (in Russian).
- Pifferi, P.G. (2017). EP 2 794 516 B1. Composition for increasing lithium and selenium content in vegetables and their processed products and use thereof. Date of publication and mention of the grant of the patent: 08.03.2017. Bologna, Italy.
- Plotnikov, E., Voronova, O., Linert, W., Martemianov, D., Korotkova, E., Dorozhko, E., Astashkina, A., Martemianova, I., Ivanova, S., & Bokhan, N. (2016). Antioxidant and immunotropic properties of some lithium salts. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 6(1), 86–89. DOI: 10.7324/JAPS.2016.600115.
- Postanova Kabinetu Ministriv Ukraïny (2016). Pro zatverdzhennja naboriv produktiv harchuvannja, naboriv neprodovol'chyh tovariv ta naboriv poslug dlja osnovnyh social'nyh i demografichnyh grup naseleennja (vid 11.10.2016, № 780). Kyïv (in Ukrainian).
- Qian, K., Cheng, X., Zhang, D., Shao, H., Yao, Y., Nair, V., & Qin, A. (2018). Antiviral effect of lithium chloride on replication of avian leukosis virus subgroup J in cell culture. Archives of Virology, 163(4), 987–995. DOI: 10.1007/s00705-017-3692-7.
- Schrauzer, G. N. (2002). Lithium: occurrence, dietary intakes, nutritional essentiality. Journal of the American College of Nutrition, 21(1), 14–21. DOI: 10.1080/07315724.2002.10719188.
- Sobolev, O. I., & Gutyj, B. V. (2019). The quality of gosling meat depending on the level of lithium in mixed fodders. Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences, 2(2), 3–6. DOI:10.32718/ujvas2-2.01.
- Sobolev, O. I., Gutyj, B. V., Darmohray, L. M., Sobolieva, S. V., Ivanina, V. V., Kuzmenko, O. A., Karkach, P. M., Fesenko, V. F., Bilkevych, V. V., Mashkin, Y. O., Trofymchuk, A. M., Stavetska, R. V., Tkachenko, S. V., Babenko, O. I., Klopenko, N. I., & Chernyuk, S. V. (2019). Lithium in the natural environment and its migration in the trophic chain. Ukrainian Journal of Ecology, 9(2), 195–203. URL: <https://www.ujecology.com/articles/lithium-in-the-natural-environment-and-its-migration-in-the-trophic-chain.pdf>.
- Sobolev, O. I., Gutyj, B. V., Sobolieva, S. V., Shaposhnik, V. M., Sljusarenko, A. A., Stoyanovskyy, V. G., Kamratska, O. I., Karkach, P. M., Bilkevych, V. V., Stavetska, R. V., Babenko, O. I., Bushtruk, M. V., Starostenko, I. S., Klopenko, N. I., Korol'-Bezpala, L. P., & Bezpalyi, I. F. (2019) Digestibility of nutrients by young geese for use of lithium in the composition of fodder. Ukrainian Journal of Ecology, 9(1), 1–6. URL: <https://www.ujecology.com/articles/digestibility-of-nutrients-by-young-geese-for-use-of-lithium-in-the-composition-of-fodder.pdf>.
- Sobolev, O. I., Gutyj, B. V., Sobolieva, S. V., Fesenko, V. F., Bilkevych, V. V., Babenko, O. I., Klopenko, N. I., Kachan, A. D., Kosior, L. T., Lastovska, I. O., Vered, P. I., Shulko, O. P., Onyshchenko, L. S., & Slobodeniuk, O. I. (2019). The influence of different doses of lithium additive in mixed feed on the balance of nitrogen in organism of goslings. Ukrainian Journal of Ecology, 9(2), 91–96. URL: <https://www.ujecology.com/articles/the-influence-of-different-doses-of-lithium-additive-in-mixed-feed-on-the-balance-of-nitrogen-in-organism-of-goslings.pdf>.
- Stachelska, M. A. (2015). Inhibitory properties of lithium, sodium and potassium o-, m- and p-coumarates against Escherichia coli O157:H7. Acta scientiarum polonorum. Technologia alimentaria, 14(1), 77–84. DOI: 10.17306/J.AFS.2015.1.9.
- Szklarska, D., & Rzymiski, P. (2019). Is Lithium a micronutrient? From biological activity and epidemiological observation to food fortification. Biological Trace Element Research, 189, 18–27. DOI: 10.1007/s12011-018-1455-2.
- Tang, L., Chen, Y., Pei, F., & Zhang, H. (2015). Lithium chloride modulates adipogenesis and osteogenesis of human bone marrow-derived mesenchymal stem cells. Cell Physiol Biochem, 37(1), 143–152. DOI: 10.1159/00043034.
- Van Cauwenbergh, R., Hendrix, P., Robberecht, H., & Deelstra, H. (1999). Daily dietary lithium intake in Belgium using duplicate portion sampling. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 208(3), 153–155. DOI: 10.1007/s002170050393.
- Wang, X., Zhu, S., Jiang, X., Li, Y., Song, D., & Hu, J. (2015). Systemic administration of lithium improves distracted bone regeneration in rats. Calcified Tissue Research, 96(6), 534–540. DOI: 10.1007/s00223-015-0004-7.
- WHO/IAEA/FAO. (1996). Trace elements in human nutrition and health. World Health Organization, Geneva.

- Zakon Ukrainy (2006). Pro zahyst tvaryn vid zhorstokogo povodzhennja [On the Protection of Animals from Cruelty]. URL: [https://zakononline.com.ua/documents/show/271179\\_\\_677277](https://zakononline.com.ua/documents/show/271179__677277) (in Ukrainian).
- Zarse, K., Terao, T., Tian, J., Iwata, N., Ishii, N., & Ristow, M. (2011). Low-dose lithium uptake promotes longevity in humans and metazoans. *European Journal of Nutrition*, 50(5), 387–389. DOI: 10.1007/s00394-011-0171-x.