

## АНТИОКСИДАНТНА ТА АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ЗЕРНА ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА БЕЗПЕКИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

Котик А. М., Катеринич О. О., Іонов І. А.

### ВСТУП

На думку багатьох дослідників та фахівців до 2050 року на перше місце серед глобальних проблем людства вийде резистентність до антибіотиків. В такому випадку, якщо антибіотики перестануть працювати, медицина спуститься до рівня середньовіччя, а людина буде вмирати від нежиті. Особливо велика проблема у тваринництві та птахівництві. Наслідки – зараз антибіотики знаходять там, де їх не повинно бути – не тільки в птиці та продуктах її переробки, а в макаронних виробках, борошні тощо.

Зараз в світовому та українському птахівництві спостерігається стабільна тенденція щодо обмеження або зменшення використання антибіотиків. Слоган «без антибіотиків» стає все більш актуальним. Саме тому вже зараз діють програми біобезпеки, які зосереджено на дотриманні певних правил. Перш за все – підтримка здоров'я птиці за рахунок вакцинопрофілактики. В такому випадку оптимізація імунітету в значній мірі допомагає запобігти захворюванням та ускладненням, що спричиняють в подальшому потребу в антибіотиках. Часто до програм додають нові вакцини залежно від того, чи сталися нові спалахи хвороби, чи є потреба оновити програми вакцинації.

По-друге, це якість шкаралупи яєць і здоров'я кишечника, питання які залишаються актуальними темами у сучасному птахівництві. Оскільки все більше виробників зазнають тиску щодо скорочення вживання антибіотиків, здоров'я кишечника стало як ніколи важливим. Тут є 3 компоненти, які потрібно підкорити. Перший – це програма професійного харчування. Співпрацюйте з компетентними та досвідченими фахівцями з годівлі. Вони допоможуть скласти рецептуру, що відповідає умовам у шлунково-кишковому тракті. Уникайте занадто часті зміни дієт та інгредієнтів та використовуйте інгредієнти, які сприяють покращенню здоров'я кишечника. Другий – включає в себе засоби для оздоровлення кишечника, такі як пребіотики, пробіотики та постбіотики. Вони можуть бути корисними для підтримки стабільності мікрофлори та запобігання бактеріальним хворобам. Оскільки все більше виробників зазнають тиску щодо

скорочення вживання антибіотиків, здоров'я кишечника стало як ніколи важливим.

Третє – постійний контроль за мікотоксинами. Мікотоксини, що містяться у кормах, становлять загрозу для здоров'я та добробуту тварин, птаці і в подальшому – людини. Накопичення мікотоксинів спричиняє окисне пошкодження тканин кишечника та старіння організму.

Щоб зменшити вплив патогенних мікроорганізмів виробникам – птахівникам необхідно застосовувати наступні поради. Якість води – оскільки хвороботворні мікроорганізми можуть потрапити до водопроводів та біоплівки, що може призвести до таких проблем, як порушення мікрофлори або дисбактеріоз. Це потенційно може призвести до зараження птахів та необхідності лікування або антибіотиків.

Біозахист – контроль за чистотою обладнання та все, що може доставити небажані хвороботворні мікроорганізми на ферму чи у стадо. Будь-яке обладнання, яке надходить у пташнику, повинно бути чистим.

Вологість підстилки – це основний аспект виробництва при напільному утриманні птиці (без кліток). Важливо тримати низьку вологість підстилки, щоб тримати під контролем паразитів, патогенні мікроорганізми та небажані бактерії.

Дотримання вищезгаданих порад дозволить значно обмежити використання антибіотиків в тваринництві та птахівництві і їх потрапляння до людини.

## **1. Виникнення передумов проблеми антиоксидантної та антимікробної активності зерна**

Важливими властивостями різних видів зерна – основних продуктів живлення тварин і людини – є антимікробна (АМ) та антиоксидантна (АО) активність. Чинниками цих властивостей є фенольні сполуки – фенольні кислоти, флавоноїди, антоціани, авенантраміди, лігнани, алкілрезорцини. АМ активність також може бути проявом присутніх в зерні дефензинів та гевоїноподібних пептидів, метаболітів ендодітних сапрофітних та фітопатогенних бактерій і грибів (ліпопептидних токсинів, мікотоксинів та інших). Вміст АО і АМ факторів в зерні залежить від його генотипу і зовнішнього середовища. АО корму мінімізують вплив вільних радикалів на тваринний організм, що зменшує ризик порушень здоров'я. Наявність в зерні АМ факторів необхідно враховувати при здійсненні заходів по контролю за застосуванням в тваринництві антибіотиків. Фенольні

сполуки та екстракти навіть при нижче мінімальних інгібуючих концентраціях можуть пригнічувати продукцію та/або активність бактеріальних ентеротоксинів<sup>1</sup>. Флавоноїди зерна інгібують фактори бактеріальної вірулентності, включаючи рецептори сигналу кворуму, ферменти, токсини; *in vitro* інгібують утворення біоплівки, прикріплення бактерій до лігандів хазяїна; існують докази ефективності флаваноїдів при інфекції *Helicobacter pylori* та інтоксикації  $\alpha$ -токсином *S. aureus*<sup>2</sup>. Істотним проявом АМ активності зерна є його властивість трансформувати токсичні продукти життєдіяльності мікроорганізмів, в тому числі широко розповсюджений і один з найбільш патогенних забруднювач зерна – Т-2 токсин; в країнах Східної Європи в 2020 р. Т-2 токсин виявили в 45 % зразків<sup>3</sup>.

Метою роботи було визначення рівнів АО і АМ активності зерна та особливості руйнування Т-2 токсину у водному середовищі зерном пшениці, кукурудзи, ячменю, сої, гороху.

## **2. Методи визначення антиоксидантної та антимікробної активності зерна**

Визначили рівні АО і АМ активності зерна кукурудзи, пшениці озимої, проса, ячменю ярого, сої, гороху, соняшникового шроту, сорго, ріпаку. Кількісний вміст в екстрактах зерна суми всіх речовин, яким властива АО активність, визначали титрометричним методом в аскорбінокислотному еквіваленті. Для кількісної оцінки активності в стрептоміциновому еквіваленті АМ факторів застосували біоавтографічний метод, який ґрунтується на тонкошаровій хроматографії екстрактів досліджуваних проб зерна з подальшим проявленням хроматограми за допомогою штаму *Bacillus subtilis*. Концентрації Т-2 токсину визначали біоавтографічним методом з використанням тест-мікроорганізму *Candida pseudotropicalis* 44 нк.

---

<sup>1</sup> Fisher E. L., Otto M., Cheung G. Y. Basis of virulence in enterotoxin-mediated staphylococcal food poisoning. *Front. Microbiol.* 2018. Vol. 9. P. 436. DOI: 10.3389/fmicb.2018.00436

<sup>2</sup> Cushnie T. P., Lamb A. J. Recent advances in understanding the antibacterial properties of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents.* 2011. Vol. 38, № 2. P. 99–107. DOI:10.1016/j.ijantimicag.2011.02.014

<sup>3</sup> Committee on toxicity of chemicals in food, consumer products and the environment. First draft statement on the potential risks of combined exposure to mycotoxins – TOX/2020/52.

### 3. Результати власних досліджень

#### 3.1. Антиоксидантна (АО) та антимікробна (АМ) активність зерна різних культур та продуктів їх переробки.

За результатами багаторічних досліджень нами встановлено різні рівні антиоксидантної (АО) і антимікробної (АМ) активності зерна різних культур вітчизняної селекції (табл. 1).

Встановлено високий діапазон величин показника антиоксидантна активність зерна і продуктів переробки (шрот, макуха). Мінімальні величини показника АО встановлено нами для кукурудзи, пшениці, ріпаку, відповідно – 10,6; 10,2; 10,9 мг/г (в аскорбінокислотному еквіваленті). Невірогідні вищі показники для овса (12,0 мг/г в аскорбінокислотному еквіваленті) та просо просо (12,6). У порівнянні з цим, максимальні показники встановлено для сорго – 48,0 та соняшникової макухи та шроту – 57,0 мг/г в аскорбінокислотному еквіваленті, відповідно.

Для порівняння з даними, які наведено в літературі<sup>4</sup> – загальна АО активність кукурудзи еквівалентна  $181,42 \pm 0,86$ , пшениці –  $76,70 \pm 1,38$ , вівса –  $74,67 \pm 1,49$  і рису –  $55,77 \pm 1,62$  мкмоль вітаміну С/г зерна. В перерахуванні у відповідності до аскорбінокислотного еквіваленту (мг/г) – зерно кукурудзи – 31,8, пшениці – 13,5, вівса – 13,2 і рису – 9,7 мг/г).

Таблиця 1

#### Рівні загальної антиоксидантної і антимікробної активності різних видів зерна

Зразки	АОА, мг/г (в аскорбіно- кислотному еквіваленті)	АМА, мкг/г (в стрепто- міциновому еквіваленті)
кукурудза (n=12)	10,6±0,6	4,8±1,00
пшениця (n=21)	10,2±0,43	1,8 ± 0,30
ячмінь (n=5)	17,5±1,2	2,2±0,30
просо (n=2)	12,6	1,3
овес (n=1)	12	0,7
сорго (n=2)	48	0,6
ріпак (n=1)	10,9	-
тритикале (n=4)	-	0,9±0,40
соевий шрот (n=14)	27,5	0,7±0,60
соняшникові макуха і шрот (n=14)	57±22	0,9±0,20

<sup>4</sup> Adom K. K., Liu R. H. Antioxidants activity of grains. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002. Vol. 50. 6182-6187 <http://dx.doi.org/10.1021/jf0205099>

Додатковий показник – рівень вмісту антимікробної активності (АМ) факторів в зерні слід оцінити як такі, що можуть мати істотний вплив на характер мікрофлори кишечника і в цілому на організм птиці за їх включення в раціон курей. За нашими дослідженнями (табл. 1) мінімальні величини показника АМ встановлено для зернових та продуктів переробки соняшника та сої, а саме – сорго (0,6 мкг/г в стрептоміциновому еквіваленті), овес (0,7) тритикале (0,9) та соєвий (0,7) і соняшниковий шроти та макуха (0,9), відповідно.

Максимальні показники відмічено для кукурудзи (4,8 мкг/г в стрептоміциновому еквіваленті), ячменю (2,2), пшениці (1,8) та просо (1,3).

Ймовірно, слід оцінювати кількісно АО і АМ активність різних видів зерна в залежності від особливостей технології виробництва, що сприятиме вивченню розповсюдженості і рівнів АМ факторів в зерні та оцінці їх значимості для здоров'я і продуктивності тварин.

В літературі не зустрічаються дані щодо подальшого використання зерна, якому властива висока загальна АМ активність. Разом з цим в літературі<sup>5</sup> наведено результати додавання до раціонів курчат-бройлерів, в умовах експериментального некротичного ентериту (викликається патогенними штамами *Clostridium perfringens*), кукурудзи багатой флавоноїдами – факторами яким властива АМ активність. Згідно результатів досліджень було знижено рівень смертності, знижено частоту кишкових уражень та покращено показники росту.

Подібні позитивні результати отримано за використання ліній кукурудзи, генетично відібраних за високим вмісту флавоноїдів при ентериті мишей. В даному випадку це призвело до значної протизапальної активності у дослідних тварин<sup>6,7</sup>.

### **3.2. Здатність рослин трансформувати Т-2 токсин як важливий аспект антимікробної активності**

Необхідність роботи щодо визначення мікотоксикозів у птахівництві пояснюється тим, що з 50-х років минулого століття

---

<sup>5</sup> Buiatte V., Dominguez D., Lesko T., Jenkins M. Inclusion of highflavonoid corn in the diet of broiler chickens as a potential approach for the control of necrotic enteritis. *Poultry Science*. 2022. Vol. 101. Is. 5. 101796. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101796>.

<sup>6</sup> Wu B., Bhatnagar R., Indukuri V. V., Chopra S., March K. Intestinal mucosal barrier function restoration in mice by maize diet containing enriched Flavan-4-Ols. *Nutrients*. 2020. Vol. 12, № 4. P. 1–13. DOI: 10.3390/nu12040896

<sup>7</sup> Wu B., Chang H., Marini R., Chopra S., Reddivari L. Characterization of maize near-isogenic lines with enhanced flavonoid expression to be used as tools in diet-health complexity. *Front. Plant Sci*. 2021. Vol. 11. P. 1–13. DOI: 10.3389/fpls.2020.619598

водночас з інтенсивним розвитком тваринництва (птахівництва) і кормо виробництва у тварин почастішали випадки синдромів, які супроводжувались погіршенням показників збереженості, продуктивності та відтворних якостей і спричиняли істотні збитки. Птиця нерідко мала незадовільний імунний стан, що сприяло спалахам інфекційних хвороб.

Нам вдалось виявити в фузаріозній кукурудзі мікотоксин з групи трихотecenів типу А – Т-2 токсин, який був відомий з 1968 року як фактор, що викликав в США летальний токсикоз великої рогатої худоби, і протягом 1975–76 років розробити методи його виготовлення в кристалічному стані та визначення в кормах. Отже, результати цієї роботи вказали напрям подальших досліджень: належало контролювати в зерні та зерно продуктах наявність саме трихотecenових мікотоксинів, вивчити їх дію на птицю, знайти засоби та способи діагностики і профілактики.

Протягом наступних років ми одержали високопродуктивні штами-продуценти найбільш значимих мікотоксинів – Т-2 токсину (етіологічного фактору важкого часто смертельного захворювання людей – аліментарної токсичної алейкії – і кормових токсикозів сільськогосподарських тварин) і зеараленону – естрогенного фактора з групи лактонів резорцинової кислоти.

Виявили раніше невідому властивість насіння злакових і бобових культур та плодів овочевих культур трансформувати Т-2 токсин з утворенням менш токсичних метаболітів; цей факт вказує на доцільність докладного систематичного вивчення у сільськогосподарських культур властивості знешкоджувати основні мікотоксини, що контамінують корми та харчові продукти. Встановили також, що названа властивість має різні кількісні характеристики у різних сортів кукурудзи і в нормальних умовах зберігається на стабільному рівні протягом року (термін спостереження). Одержана інформація може знайти використання в рослинництві (наприклад, для створення нових конкурентноспроможних сортів з підвищеною резистентністю до контамінації мікотоксинами), а також у кормо виробництві з метою вдосконалення технології виготовлення доброякісних кормів.

Як важливий аспект АМ активності дослідили властивість різних видів зерна трансформувати Т-2 токсин. Встановлено, що інкубація суміші подрібненого контамінованого Т-2 токсином зерна з водою (1:10) при 20 °С має наслідком трансформацію Т-2 токсину до НТ-2 токсину. Властивість руйнувати Т-2 токсин залежить від виду зерна (табл. 2).

**Рівень Т-2 токсину в різних видах зерна за різної тривалості їх інкубації у водному середовищі, %.**

Вид зерна	Тривалість інкубації в водному середовищі, хв.				
	0	5	60	120	240
Соя	100	21	0	0	0
Горох	100	17,5	0	0	0
Пшениця	100	43	37	25	13
Кукурудза	100	13	0	0	0
Ячмінь	100	100	100	87,5	55

Найбільш активними виявились соя, горох і кукурудза, значно менш активні пшениця і ячмінь. Отримані таким чином результати можуть пояснити відомі розбіжності в оцінці різних видів зерна як потенціального середовища для накопичення трихотеценових мікотоксинів (наприклад, за опублікованими даними, забруднення Т-2 токсином актуальне для пшениці і незначне для гороху чи сої).

За нашими дослідженнями встановлено, що швидкість руйнування Т-2 токсину визначається співвідношенням мас Т-2 токсину (мкг) і зерна (мг). При співвідношеннях в межах 0,56–36 мкг Т-2/мг кукурудзи, швидкість руйнування в була межах 0,43–16,9 мкг Т-2 токсину/г кукурудзи/хвилину ( $r = 0.94$ ) (табл. 3). Математична закономірність щодо залежності швидкості трансформації Т-2 токсину у водному екстракті кукурудзи від співвідношення мас Т-2 токсину (мкг) і кукурудзи (мг) в середовищі наведено на рис. 1.

Подібні дослідження проведено нами і для сої. Так при співвідношеннях в межах 1,7–110 мкг Т-2 / мг сої швидкість руйнування в була межах 1,25–29,6 мкг Т-2 токсину/г сої/хвилину ( $r = 0.99$ ) (табл. 4). Графічне відображення залежності швидкості трансформації Т-2 токсину у водному екстракті сої від співвідношення мас Т-2 токсину (мкг) і сої (мг) в середовищі представлено на рис. 2.

ксенобіотиків в рослинах відбувається двома шляхами. Гідроксилування, гідроліз або окислення ксенобіотиків за участю естераз, амідаз та цитохром Р450-залежної гідроксилази (всі ці ферменти присутні в клітинах рослин) мають наслідком підвищення полярності ксенобіотиків та їх реактивності. Іншою ефективною стратегією детоксикації в тканинах рослин є кон'югація ксенобіотиків з цукрами, сульфатом, глутатионом або амінокислотами в результаті

реакцій, що каталізуються ферментами глюкозил-, малоніл- або глутатіон S-трансферазами<sup>8,9</sup>.

Таблиця 3

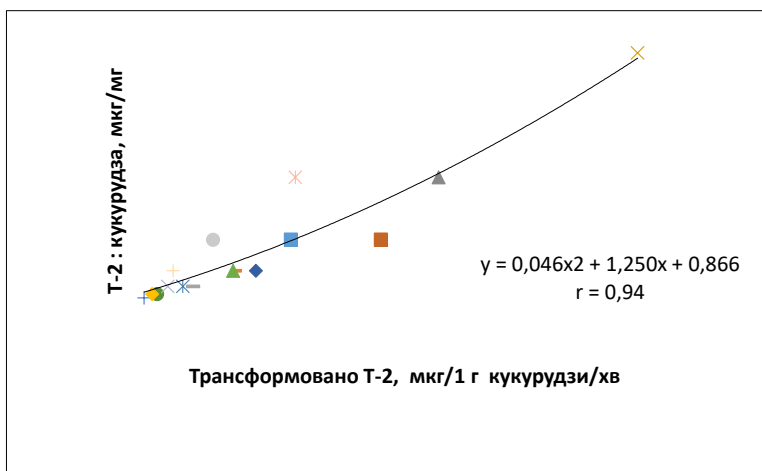
**Параметри трансформації Т-2 токсину  
водним екстрактом кукурудзи**

кукурудза, мг/мл	Т-2, мкг/мл	Трансформовано Т-2			Т-2 : к-за, мкг/мг
		мкг Т-2/мл	мкг Т-2 /Г к-зи	мкг Т-2/Г к-зи/ хв	
100	450	450	4500	4,166667	4,5
50	450	450	9000	8,333333	9
25	450	277	11080	10,25926	18
12,5	450	228	18240	16,88889	36
100	225	187	1870	1,731481	2,25
100	112	94	940	0,87037	1,12
100	56	47	470	0,435185	0,56
50	225	187	3740	3,462963	4,5
50	112	112	2240	2,074074	2,24
50	56	38	760	0,703704	1,12
25	225	144	5760	5,333333	9
25	112	92	3680	3,407407	4,48
25	56	33	1320	1,222222	2,24
12,5	225	74	5920	5,481481	18
12,5	112	37	2960	2,740741	8,96
12,5	56	19	1520	1,407407	4,48

<sup>8</sup> Meng-Reiterer J., Bueschl C., Rechthaler J. Metabolism of HT-2 Toxin and T-2 Toxin in Oats. *Toxins* (Basel). 2016. Vol. 8, № 12. P. 364–381. DOI: 10.3390/toxins8120364

<sup>9</sup> Nathanail A. V., Varga E., Meng-Reiterer J., Christoph Bueschl C. Metabolism of the Fusarium Mycotoxins T-2 Toxin and HT-2 Toxin in Wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015. Vol. 63, № 35. P. 7862–7872. DOI.org/10.1021/acs.jafc.5b02697



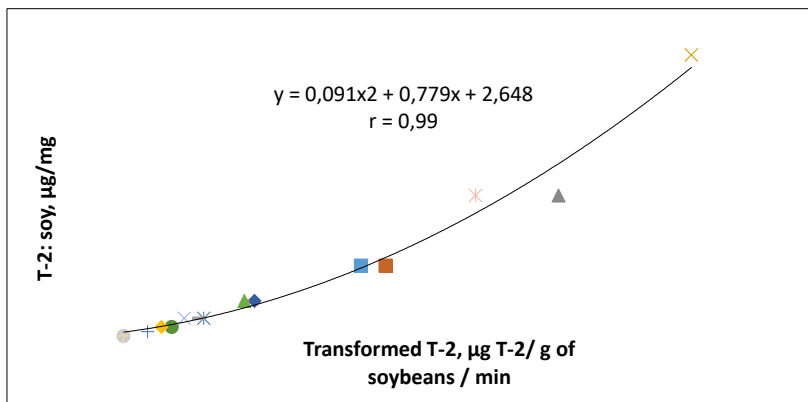


**Рис. 1. Залежність швидкості трансформації Т-2 токсину у водному екстракті кукурудзи від співвідношення мас Т-2 токсину (мкг) і кукурудзи (мг) в середовищі**

Таблиця 4

**Параметри трансформації Т-2 токсину водним екстрактом сої**

соя, мг/мл	Т-2, мкг/мл	Трансформовано Т-2			Т-2 : соя, мкг/мг
		мкг Т-2/мл	мкг Т-2/г сої	мкг Т-2/г сої / хв	
80	1100	655	8187,5	6,8	13,7
40	1100	655	16375	13,6	27,5
20	1100	544	27200	22,6	55
10	1100	355	35500	29,5	110
80	550	401	5012,5	4,1	6,9
80	280	241	3012,5	2,5	3,5
80	140	120	1500	1,25	1,7
40	550	297	7425	6,18	13,7
40	280	190	4750	3,9	6,9
40	140	95	2375	1,9	3,5
20	550	297	14850	12,3	27,5
20	280	151	7550	6,29	13,7
20	140	76	3800	3,16	6,9
10	550	220	22000	18,3	55



**Рис. 2. Залежність швидкості трансформації Т-2 токсину у водному екстракті сої від співвідношення мас Т-2 токсину (мкг) і сої (мг) в середовищі**

За літературними даними встановлено, що трансформація

Представлені таким чином матеріали власних досліджень свідчать про наявність у рослин факторів, які в подальшому можуть мати суттєвий вплив, як на формування вартості кормових інгредієнтів так і на біобезпеку використання харчових продуктів для людини і тварин. Саме тому для нас є актуальним подальший розвиток досліджень та напрями використання даних показників – антиоксидантна і антимікробна активність зернових, як результатів забруднення, або навпаки – перші кроки щодо створення і подальшої селекції на шляху до функціональної їжі.

## ВИСНОВКИ

Види зерна розрізняються за антимікробною (1–8 *мкг/г* в стрептоміциновому еквіваленті), антиоксидантною (10–17 *мг/г* в аскорбіно-кислотному еквіваленті), і Т-2 токсин-трансформуючою активністю (найбільш активні кукурудза, соя, швидкості руйнування якими Т-2 токсину, відповідно, до 16,9 і 29,6 *мкг Т-2 токсину/г зерна/хвилину*, і горох; значно менш активні пшениця і ячмінь). Середні рівні загальної антиоксидантної активності вітчизняної кукурудзи – 10,6±0,6, пшениці – 10,2±0,43, проса – 12,55, ячменю ярого – 17,5±1,2 *мг/г*. Середні рівні загальної антимікробної активності кукурудзи – 4,8±1, пшениці – 1,8 ± 0,3, проса – 3,25, ячменю ярого – 5,4±1,2 *мкг/г*. Зерну властива Т-2 токсин-трансформуюча активність, яка найбільш виражена у насіння бобових культур (соя, горох) та у кукурудзи, що може бути використано з метою детоксикації кормів, які контаміновано

T-2 токсином, за вологого або комбінованого типу годівлі тварин (гусей, качок, свиней). Характеристики різних партій зерна, а також кормових та харчових зернопродуктів доцільно доповнити інформацією щодо загальної антиоксидантної і антимікробної (в т. ч. токсинтрансформуючої) активності.

### АНОТАЦІЯ

Встановлено наявність в зерні кукурудзи, пшениці озимої, проса, ячменю ярого, сої, гороху, сорго, ріпаку, соняшниковому та соєвому шроті, як продуктів переробки, факторів антиоксидантної (АО) та антимікробної (АМ) активності. Рівень антиоксидантної (в аскорбіно-кислотному еквіваленті) та антимікробної (в стрептоміциновому еквіваленті) активності були в межах 10,2–57 мг/г і 0,6–4,8 мкг/г, відповідно. На нашу думку це необхідно враховувати, як при подальшій селекції зернових культур, так і при їх використання в годівлі тварин та харчуванні людей. Разом з цим встановлено властивість трансформувати в водному середовищі T-2 токсин до НТ-токсину найбільш виражена сої, гороху і кукурудзи, менш активні пшениця і ячмінь. Швидкість руйнування T-2 токсину визначається співвідношенням мас T-2 токсину (мкг) і зерна (мг); у кукурудзи і сої при 0,56–36 і 1,7–110 мкг T-2 / мг зерна швидкість руйнування 0,43–16,9 і 1,25–29,6 мкг T-2 токсину/г зерна/хвилину, відповідно.

### Література

1. Fisher E. L., Otto M., Cheung G. Y. Basis of virulence in enterotoxin-mediated staphylococcal food poisoning. *Front. Microbiol.* 2018. Vol. 9. P.436. DOI: 10.3389/fmicb.2018.00436
2. Cushnie T. P., Lamb A. J. Recent advances in understanding the antibacterial properties of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents.* 2011. Vol.38, no. 2. P. 99–107. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2011.02.014
3. Committee on toxicity of chemicals in food, consumer products and the environment. First draft statement on the potential risks of combined exposure to mycotoxins – TOX/2020/52.
4. Adom K. K., Liu R. H. Antioxidants activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2002. Vol. 50. 6182–6187. DOI: <https://dx.doi.org/10.1021/jf0205099>
5. Buiatte V., Dominguez D., Lesko T., Jenkins M. Inclusion of highflavonoid corn in the diet of broiler chickens as a potential approach for the control of necrotic enteritis. *Poultry Science.* 2022. Vol. 101. Is. 5. 101796. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101796>.

6. Wu B., Bhatnagar R., Indukuri V. V., Chopra S., March K. Intestinal mucosal barrier function restoration in mice by maize diet containing enriched Flavan-4-Ols. *Nutrients*. 2020. Vol. 12, no. 4. P. 1–13. DOI: 10.3390/nu12040896

7. Wu B., Chang H., Marini R., Chopra S., Reddivari L. Characterization of maize near-isogenic lines with enhanced flavonoid expression to be used as tools in diet-health complexity. *Front. Plant Sci*. 2021. Vol. 11. P.1–13. DOI: 10.3389/fpls.2020.619598

8. Meng-Reiterer J., Bueschl C., Rechthaler J. Metabolism of HT-2 Toxin and T-2 Toxin in Oats. *Toxins (Basel)*. 2016. Vol. 8, no. 12. P. 364–381. DOI: 10.3390/toxins8120364

9. Nathanail A. V., Varga E., Meng-Reiterer J., Christoph Bueschl C. Metabolism of the Fusarium Mycotoxins T-2 Toxin and HT-2 Toxin in Wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015. Vol. 63, no. 35. P. 7862–7872. DOI: DOI.org/10.1021/acs.jafc.5b02697

**Information about the authors:**

**Kotyk Anatoly Mykolaiovych,**

Doctor of Veterinary Sciences,

Senior Researcher

State Research Poultry Station of the National Academy  
of Agrarian Sciences of Ukraine

Birky, Kharkiv region, 63421, Ukraine

**Katerynych Oleg Oleksandrovykh,**

Doctor of Agricultural Sciences,

Senior Researcher

State Research Poultry Station of the National Academy  
of Agrarian Sciences of Ukraine

Birky, Kharkiv region, 63421, Ukraine;

Professor at the Department at Molecular Biology and Biotechnology

V. N. Karazin Kharkiv National University

4, Svobody sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

**Ionov Igor Anatoliiovych,**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,

Corresponding Member of the National Academy

of Agrarian Sciences of Ukraine,

H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University

29, Alchevskykh str., Kharkiv, 61002, Ukraine