

МИКОТОКСИНИ В РОСЛИННІЙ СИРОВИНІ

**А.А. Дубініна, С.О. Ленерт, Т.М. Летуга,
Т.А. Непочатих, І.С. Щербакова**

*Охарактеризовано найбільш розповсюджені забруднювачі продуктів харчування, а саме плісеневі грибки родів *Aspergillus*, *Fusarium* і *Penicillium*. Вивчено умови росту грибків та їх токсикогенність, шляхи забруднення харчових продуктів токсикогенними штамами мікроміцетів і мікотоксинами. Розглянуто класифікацію мікотоксинів і наведено характеристику найбільш небезпечних їх видів.*

Ключові слова: плісеневі грибки, мікотоксини, рослинна сировина, харчові продукти.

МИКОТОКСИНЫ В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ

**А.А. Дубинина, С.А. Ленерт, Т.М. Летуга,
Т.А. Непочатых, И.С. Щербакова**

*Охарактеризованы наиболее распространенные загрязнители продуктов питания, а именно плесневые грибки родов *Aspergillus*, *Fusarium* и *Penicillium*. Изучены условия роста грибков и их токсикогенность, пути загрязнения пищевых продуктов токсикогенными штаммами микромицетов и микотоксинами. Рассмотрена классификация микотоксинов и приведена характеристика наиболее опасных их видов.*

Ключевые слова: плесневые грибки, микотоксины, растительное сырье, пищевые продукты.

MYKOTOXINS IN PLANT RAW MATERIALS

A. Dubinina, S. Lenert, T. Letuta, T. Nepochatykh, I Shcherbakova

*In this article the authors study characteristics, properties and effects of mycotoxins on the human body. The characteristics of the most common food contaminants, namely mold fungi of *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* genera, are considered. Propagating in food products, many mold fungi not only pollute them with toxins, but also worsen organoleptic properties, reduce nutritional value, lead to the damage of these products and unsuitability for technological processing, and the use of livestock feed affected by mold fungi, is the cause of the disease, and*

even the death of animals and birds. In the vast majority of cases, mycogrugs contaminate products of plant origin. Non-observance of technological regulations during the manufacture of products, untimely harvesting or insufficient drying of it before laying on the storage, maintenance and transportation of products at their insufficient protection against moisture leads to the proliferation of toxic micromycetes. Optimum conditions for the development of these mold fungi are: slightly elevated temperature (about 30°C), together with high humidity (about 85%). Mycotoxins are secondary metabolites of microscopic mold fungi. Mycotoxins, in addition to general toxic effects, have mutagenic, teratogenic and carcinogenic properties; even at very low concentrations, they can contribute to the development of toxic effects. The most common in highly toxic foods that present a real danger among all mycotoxins are aflatoxins, sterigmatocystine, ochratoxin, trichothecene, zearalenone, patulin, citrine, rubatoxin. The main role in solving the problem of preventing the infection of agricultural products with mold fungi, producing mycotoxins, should be given to improving the ways of storing plant material, namely the correct selection of regimes and the conditions for its storage.

Keywords: *mold fungi, mycotoxins, vegetable raw materials, food products.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сьогодні в умовах вільного ринку з урахуванням вступу нашої країни у Всесвітню торговельну організацію конкурентоспроможність вітчизняної рослинної продукції стає найважливішою умовою подальшого розвитку сільськогосподарської промисловості України. При цьому екологічна безпека рослинної продукції є одним із найбільш важливих критеріїв оцінки якості.

До елементів, що значно знижують якість рослинної продукції та їх екологічну безпеку, належать мікотоксини.

Мікотоксини – токсичні продукти життєдіяльності мікроскопічних (плісневих) грибків. Щорічний збиток від розвитку плісневих грибків на сільськогосподарських продуктах і промисловій сировині у світі перевищує 30 млрд доларів. На сьогодні відомо понад 500 токсичних метаболітів, які продукуються понад 250 видами мікроскопічних грибків [1].

Особлива увага до проблеми мікотоксинів обумовлена надзвичайно великим поширенням їхніх продуцентів у природі, якими є плісневі грибки, що можуть контамінувати продукти рослинного й тваринного походження на будь-якому етапі – від вирощування до зберігання.

Отже, актуальним є вивчення характеру зараження рослинної сировини плісневими грибками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дати визначення поняттю «мікотоксини» досить складно, оскільки їхня дія не обмежується тільки впливом на тварин і людину, а поширюється й на

рослини, найпростіших, комах, мікроорганізми, віруси, тобто поняття «мікотоксини» інтерферує з поняттям «антибіотики», які, у свою чергу, впливають не тільки на мікроорганізми. Уведення «дозових нормативів» мало допомагає визначенню поняття «мікотоксини». Мікотоксини є найважливішими вторинними метаболітами мікроскопічних грибків, які протягом останніх 35–40 років визнані одними з найбільш шкідливих для здоров'я людини й тварин агентів [2].

Для багатьох із мікотоксинів встановлена структура, вивчені властивості й біохімічний механізм впливу, розроблені методи виділення, ідентифікації й кількісного визначення. З огляду на те, що мікотоксини, крім загальотоксичної дії, мають мутагенні, тератогенні й канцерогенні властивості, а також істотно впливають на імунний статус теплокровних, їх варто розглядати як одну з найважливіших проблем [3; 4].

Потенційна й реальна небезпека мікотоксинів значно підсилюється їхньою високою стабільністю до різних несприятливих впливів, таких як кип'ятіння, обробка мінеральними кислотами, лугами й іншими агентами.

Географія поширення мікотоксинів охоплює більшість країн усіх континентів. Контамінації мікотоксинами зазнають усі основні продукти харчування, корми, продовольча сировина, а інтенсивні торговельні зв'язки між різними країнами значною мірою сприяють поширенню як мікотоксинів, так і мікотоксикозів, отже є підстави вважати, що ця проблема є глобальною.

Мікотоксикози класифікуються за переважним ураженням певних органів або систем. Так, до нейротоксикозів належать ерготизм (*Claviceps purpurea*), мікотоксикози, що супроводжуються тремором (*Aspergillus fumigatus* та ін.); серцеву форму бері-бері пов'язують із дією цитреовиридину (*Penicillium citreo-viride*). Гепатоксикози переважно включають досить рідкі випадки гострих афлатоксикозів (*Asp. flavus*, *Asp. parasiticus*), синдром Рейя, цироз печінки, спричинений циклохлоротином (*P. islandicum*). До нефротоксикозів відносять Балканську нефропатію, в етіології якої простежується зв'язок з охратоксином А (*Asp. ochraceus*). До токсикозів із захворюванням шлунково-кишкового тракту й кровотворних органів відносять аліментарну токсичну алейкію (АТА), причинним агентом якої є здебільшого токсини *Fusarium sporotrichiella*. Окрему групу становлять дерматоксикози й респіраторні мікотоксикози (*Stachybotrys chartarum*, *Dendrodochium toxicum*, *Myrothecium vertucaria* та ін.). Припускають, що зеараленон (Т-2 токсин), що має естрогенний ефект, може бути причиною випадків раннього статевого дозрівання й зміни вторинних полових ознак (*F. graminearum*) [5–7].

Існуючі класифікації мікотоксинів засновані переважно на їхній хімічній природі. Серед мікотоксинів зустрічаються не тільки речовини білкової природи, а й глюкозиди, стероїди, полікетиди, сесквітерпеноїди, різні гетероцикли, полісахариди, органічні кислоти, макролідні структури тощо. Різноманіття хімічних структур мікотоксинів затримує оцінку шляхів їхнього біогенезу. Однак у разі детальнішого розгляду виявляється, що вони синтезуються з досить обмеженої кількості продуктів основного метаболізму, таких як ацетат, мевалонат, деякі амінокислоти шляхом конденсації, окиснювання, відновлення, алкілування, циклізації. У цей час добре вивчено п'ять основних шляхів біосинтезу мікотоксинів:

- полікетидний, характерний для афлатоксинів, стеригматоцистину, патуліну та ін.;
- терпеноїдний, характерний для великої групи трихотеценових мікотоксинів;
- через цикл трикарбонових кислот, характерний для рубратоксинів;
- амінокислотний, характерний для ергоалкалоїдів, споридесміну та ін.;
- змішаний, характерний для похідних циклопіазонової кислоти.

Характерною рисою продуцентів мікотоксинів є їхня здатність синтезувати родини мікотоксинів. Ця особливість, хоча й не є для них унікальною, оскільки поширена серед мікроорганізмів, що утворюють антибіотики, до тепер не знайшла переконливого пояснення. Утворення родин мікотоксинів, що незначно розрізняються за будовою й фізико-хімічними властивостями, визначає виняткову складність виділення багатьох із них [8; 9].

Різноманіття структур, утворених певним штамом, з одного боку, значно ускладнює клінічну картину мікотоксикозів, з іншого – може бути ілюстрацією можливої багатовекторності біологічних ефектів мікотоксинів.

Про сучасний стан мікотоксикології можна робити висновки за численними оригінальними публікаціями, де головним чином досліджено поширення токсиноутворювальних грибків і їх токсигенний потенціал, хімічну природу мікотоксинів, методи їх визначення й біологічні властивості [1; 3].

Зокрема, одними з перших радянських учених, які займалися питаннями мікотоксинів у 70-ті роки були М.Ф. Нестерин, В.А. Тутельян, В.І. Мочалов, А.А. Покровський, Л.В. Кравченко, С.Н. Харченко, та ін. С.Н. Харченко видав «Довідник по мікозам та

мікотоксикозам с/г тварин» (1982). В.А. Тутельян випустив збірник навчально-методичних матеріалів «Оцінка забруднення харчових продуктів мікотоксинами» (1985), де викладено методи дослідження мікотоксинів та виділення їх із грибків, подано морфологічні характеристики продуцентів.

Однією з найбільш характерних властивостей більшості відомих мікотоксинів є їхня антимікробна активність. І не випадково багато їх спочатку виявлено під час пошуку антибіотичних речовин, зокрема цитринін, пеніцилова кислота, патулін, мікофенолова кислота, трихотецин та ін. [10].

Антибіотичні властивості різних мікотоксинів вивчалися багатьма дослідниками, серед них В.І. Білай, Н.М. Підопличко, В.І. Дахновський, А.М. Зайченко, С.М. Харченко та ін. [11; 12]. При цьому в більшості випадків певною мірою розглядалися прикладні аспекти. Однак з урахуванням високої токсичності нативних речовин цього класу виявляється мало ймовірним використання їх як антибіотиків.

Мікотоксини є стійкими до впливу хімічних і фізичних чинників. Загальноприйняті засоби технологічної та кулінарної обробки лише частково зменшують їх вміст у харчових продуктах. Висока температура (вище 200 °С), заморожування, висушування, опромінення радіоактивними та ультрафіолетовими променями є малоефективними. Існуючі способи знезараження забрудненої мікотоксинами продукції складні як у методичному, так і в технологічному аспекті. Профілактика із застосуванням сорбентів і лікування токсикозу дороги й не завжди ефективні [2; 5].

Метою статті є характеристика, вивчення властивостей мікотоксинів та чинників, що впливають на їх вміст у харчових продуктах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Недотримання технологічних регламентів виробництва продуктів харчування, несвоєчасне збирання врожаю або недостатнє сушіння його перед закладанням на зберігання, зберігання й транспортування продуктів із недостатнім їх захистом від зволоження призводять до розмноження токсигенних мікроміцетів. Розмножуючись на харчових продуктах, багато плісневих грибків не тільки забруднюють їх токсинами, але й погіршують органолептичні властивості, знижують харчову цінність, призводять до псування продуктів і непридатності для технологічної переробки, а використання у тваринництві кормів, уражених плісневими грибами, є причиною захворювань і навіть загибелі тварин і птиці.

Мікотоксини найчастіше синтезуються недосконалими грибами родин *Fusarium*, *Aspergillus*, *Murothecium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Penicillium* та ін. [12].

Більшість грибків є аеробними організмами. Їх виявляють майже всюди в надзвичайно малих кількостях. Вони здебільшого є мікроорганізмами, що споживають органічні речовини всюди, де тільки дозволяють вологість і температура, усередині й поза межами приміщення.

За оптимальних умов грибки розмножуються та утворюють колонії, підвищуючи концентрацію мікотоксинів. Деякі грибки продукують небезпечні токсини тільки за певних рівнів вологості, температури й вмісту кисню в повітрі (табл. 1) [13; 14].

Оптимальними умовами, що забезпечують розвиток цих плісневих грибків, є дещо підвищена температура (близько 30 °С) разом із підвищеною вологістю (близько 85%).

Таблиця 1

Умови росту грибків і токсикогенність

Чинник	Умови росту грибків			Токсикогенність		
	min	optimal	max	min	optimal	max
1	2	3	4	5	6	7
Температура, °С	–	35–38	60	1–4	24–30	44
pH	1.5–3.5	4.5–6.9	8–11	4.6	5.5–7.0	–
Відносна вологість повітря, %	70	85–99	–	83	–	–
Наявність цукру (глюкоза, галактоза, сахароза)	–			Стимулює синтез мікотоксинів		
Концентрація солі	–			Стимулює при 1–3% та зупиняє ріст починаючи з 8% розчину NaCl		
Мінеральні елементи	–			Стимулює за наявності цинку (Zn) та марганцю (Mn). Гальмується за вмісту міді (Cu) та барю (Ba)		
Вуглекислий газ	–			Збільшення кількості CO ₂ гальмує дію, важливу для токсикогенезу		

На сьогодні відсутні сорти сільськогосподарських культур, що стійкі до зараження токсиноутворювальними штамми грибків або мають здатність не накопичувати шкідливих речовин. Це пояснюється тим, що зазначені патогени не є облигатними паразитами. На вегетуючих рослинах вони поводяться як біотрофи, на насінні – як нектрофіти, у ґрунті на залишках рослин – як сапротрофи. Штами цих видів не мають ознак вірулентності. Тому в процесі еволюції не утворилися генетичні коадаптованні системи «ген проти гена», властиві системі «рослина – господар – облигатні паразити». Передбачається, що стійкість до фузаріозу має колос пшениці, що контролюється двома-трьома великими генами, кукурудзи і рису – можливо, декількома великими генами і генами-модифікаторами. Генетика імунітету відносно токсиноутворювальних штамів аспергілусу і пенцилліуму вивчена ще менше [12; 13].

Існують лише окремі відомості про механізми рослин, що інгібують накопичення або прискорюють деградацію мікотоксинів у зерні й фруктових-овочевій сировині. Складність вивчення цих реакцій у тому, що відсутня стійка кореляція між ступенем зараження рослини і накопиченням токсинів в урожаї (рис. 2) [1; 7].

Серед мікотоксинів токсичними властивостями та поширеністю в природних умовах характеризуються афлатоксини, охратоксини, патулін, зеараленон і трихотеценові мікотоксини, хоча потенційно небезпечними для людини та сільськогосподарських тварин є багато інших мікотоксинів.

Найбільшу небезпеку для людини становлять афлатоксини. Основними продуцентами афлатоксинів є міцеліальні мікроскопічні грибки, представники роду *Aspergillus*. У природі афлатоксинів існує багато, але найбільше вивчені тільки п'ять основних їх представників, що позначаються літерами латинського алфавіту В1, В2, С1, С2, М1. Основні сільськогосподарські культури, в яких містяться афлатоксини, – це арахіс, кукурудза, ячмінь. Дослідниками експериментально доведений канцерогенний, мутагенний, тератогенний та імунодепресивний ефект афлатоксинів. Токсична дія обумовлена їх взаємодією з нуклеофільними ділянками ДНК, РНК і білків [1; 16].

У разі споживання продуктів, забруднених афлатоксинами, в організмі тварин і людини розвиваються небезпечні захворювання – афлатоксикози. Афлатоксикози найчастіше реєструють у країнах зі спекотним вологим кліматом, де його спалахи особливо небезпечні [4; 16].

Охратоксин А продукується *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus carbonarium*. Він відомий як один із найнебезпечніших контамінантів продуктів харчування та тваринних кормів. Продуктів, які можуть містити охратоксини, досить багато. Це злакові та продукти з них, сухофрукти, кава, чай, виноград, виноградний сік, вино, какао,

шоколад, пиво, м'ясо, продукти зі свинини, бобові, молоко та молочні продукти, спеції, олії [1; 17].

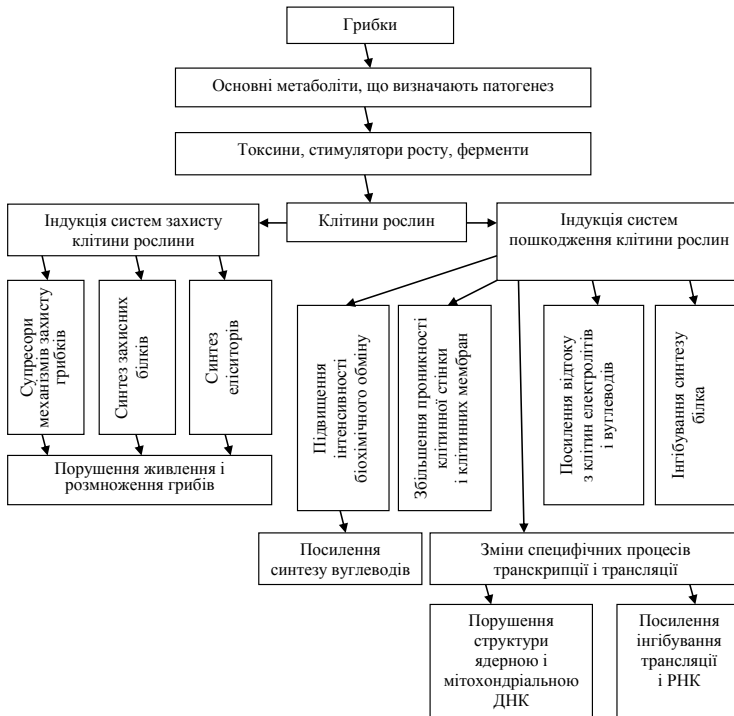


Рис. 2. Біологічний вплив метаболітів токсикогенних грибів на клітини уражених рослин

Макроциклічні тріхотецени (МЦГЦ) становлять групу високотоксичних вторинних метаболітів, що утворюються деякими видами мікроскопічних грибів, – причинних агентів токсикозу людини і тварин. Тріхотецени продукуються грибами *Fusarium sporotrichiella*, *Fusarium solani*, *Fusarium graminearum* та ін. Ця група включає понад 80 мікотоксинів, які підрозділяють на чотири типи: А (токсин Т-2, диацетоксискирпенол), В (дезоксиніваленол, ніваленол), С (рорідин) і D (кروتонин). Вони можуть чинити нейротоксичну, лейкопенічну, дерматотоксичну, імунодепресивну дію. Ці мікотоксини можуть накопичуватися в таких продуктах як: пшениця, ячмінь, жито, кукурудза, гречка, просо, овес, рис [1; 18].

Патулін є полікетидним лактоном. Продуцентами патуліну можуть бути різні види грибків роду *Penicillium*. Патулін є стійким до температурної обробки, особливо в кислому середовищі, тому пастеризація не знешкоджує його. Патуліном переважно можуть бути контаміновані фрукти і деякі овочі. Найчастіше він зустрічається в яблуках. Експериментально встановлено, що цитрусові плоди і деякі овочеві культури (картопля, цибуля, редиска, редька, баклажани, цвітна капуста, гарбуз, хрін) мають природну резистентність до зараження продуцентами патуліну [1; 19].

У літературі наведено результати медико-біологічних досліджень, що підтверджують тераогенність патуліну. Крім того, він здатен порушувати функції мітохондріальних і цитоплазми мембран, що є небезпечним для організму людини, особливо дітей. Відомі також дані про його імунодепресивну дію [2].

Тяжкість токсичних ефектів мікотоксинів для людини, велике поширення в різних видах харчових продуктів і малі дози, необхідні для розвитку токсикозу, дозволяють фахівцям уважати мікотоксини одним із найважливіших показників продовольчої безпеки. Головна небезпека мікотоксинів – це низькі концентрації, необхідні для розвитку токсичного ефекту. Постійне потрапляння комплексу мікотоксинів у кількостях навіть у 2–3 рази менше за ГДК більше позначається на організмі, ніж за високого вмісту одного мікотоксину. При цьому між різними токсинами виникає синергізм і, як наслідок, неспецифічна клініка і важкий перебіг отруєння. Розвиток досліджень у галузі мікотоксикології показав, що інтоксикація мікотоксинами є не лише реальною, але й украй серйозною загрозою для здоров'я населення планети. Більше того, за масштабами небезпеки хронічні мікотоксикози значно перевершують усі відомі спалахи гострих форм отруєнь у Японії, Росії, Індії, Китаї і США з летальним результатом для багатьох тисяч людей [2; 6].

Основним засобом профілактики мікотоксикозів є запобігання розвитку плісневих грибків і токсиноутворення на харчових продуктах. Останнім часом у цьому напрямі вживаються інтенсивні загальнодержавні заходи. Установлено суворий санітарний контроль як за вітчизняною, так і за імпортованою продукцією. Розробляються засоби знешкодження забруднених мікотоксинами продуктів і кормів [20]. Для ряду мікотоксинів установлені відповідні регламенти.

Нормативними документами ВОЗ на вміст мікотоксинів є:

- CAC/RCP 50. Code of Practice for the Prevention and Reduction of Patulin Contamination in Apple Juice and Apple Juice;
- CAC/RCP 51. Code of Practice for the Prevention and Reduction of Mycotoxin Contamination in Cereals, including Annexes on Ochratoxin A, Zearalenone, Fumonisin and tricothecenes.

Із 1995 року деякі країни запровадили нормування вмісту патуліну, в основному у фруктах та продуктах їх переробки. У більшості країн встановлено допустиму межу вмісту патуліну на рівні 50 мкг/кг. Зокрема, стандартом Codex Alimentarius, що регламентує вміст контамінантів і токсинів у харчових продуктах (Codex general standart for contaminants and toxins in foods) визначено, що вміст патуліну в яблучному соку не повинен перевищувати 50 мкг/кг.

На сьогодні в Україні регламентується вміст таких мікотоксинів у різних групах харчових продуктів: афлатоксин В1 та М1 (0,005 мг/кг), зеараленон (1 мг/кг), Т-2 токсин (0,1 мг/кг), дезоксиніваленон (0,5 мг/кг) та патулін (0,05 мг/кг).

Висновки. Подано характеристику, вивчено властивості та дію мікотоксинів на організм людини. Мікотоксини, крім загально токсичного впливу, мають мутагенні, тератогенні й канцерогенні властивості, а також істотно впливають на імунний статус теплокровних. Головна увага у вирішенні проблеми, пов'язаної із запобіганням зараженню сільськогосподарської продукції плісневими грибами–продуцентами мікотоксинів, має приділятися удосконаленню способів зберігання рослинної сировини, а саме правильному підбору режимів та умов її зберігання.

Список джерел інформації / References

1. Castegnaro, M. Pfohl-Leszkowicz, A. (2002), “Les mycotoxines: contaminants omniprésents dans l'alimentation animale et humaine, dans La sécurité alimentaire du consommateur”, Lavoisier, Tec&Doc.
2. Климова Е. В. Мікотоксини у харчових продуктах: хімічна структура, токсикологічна безпека, правові аспекти; моніторингові дослідження, методи контролю та їх достовірність / Е. В. Климова // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 2005. – № 1. – С. 37.
Klimova, E. (2005), “Mycotoxins in food: chemical structure, toxicological safety, legal aspects; the cash, methods and controls they receive” [“Мікотоксини у харчових продуктах: хімічна структура, токсикологічна безпека, правові аспекти; моніторингові дослідження, методи контролю та їх достовірність”, *Ekologicheskaya bezopasnost v APK. Referativnyy zhurnal*], No. 1, p. 37.
3. Смоляр В. І. Сучасний стан харчової токсикології / В. І. Смоляр // Сучасні проблеми токсикології. – 2000. – № 3. – С. 53–56.
Smolyar, V. I. (2000), “Current state of food toxicology” [“Suchasniy stan harchovoyi toksikologiyi”, *Suchasni problemi toksikologiyi*], No. 3, pp. 53-56.
4. Pittet, A. (2001), “Natural occurrence of mycotoxins in foods and feeds: a decade in review”, *Mycotoxins and phycotoxins in perspective at the turn of the millennium* [Proceedings of the Xth International IUPAC symposium on Mycotoxins and phycotoxins by W.J. de Koe, R.A. Samson, H.P. Van Egmond, J. Gilbert and M. Sabino], pp. 153-172.
5. Bennett, J.W., Klich, M. (2003), “Mycotoxins”, *Clin. Microbiol. Rev.*, No. 16, pp. 497-516.

6. Микотоксини: причини, виникнення, шкідливість, способи обезврежування // Ветеринарія. Реферативний журнал. – 2005. – № 2. – С. 565.

(2005) “Mycotoxins: causes, occurrence, harmfulness, methods of neutralization” [“Mikotoksinyi: prichyni, vzniknovenie, vredonosnost, sposoby i obezvrezhivaniya”, *Veterinariya. Referativnyi zhurnal*], No. 2, p. 565.

7. Wild, C. P., Gong, Y.Y. (2010), “Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue”, *Carcinogenesis*, No. 31, pp. 71-82. DOI: 10.1093/carcin/bgp264

8. Otteneider, H. (2001), “Mykotoxine, Lebensmittel-Kontaminanten – Versucheiner Standortbestimmung”, *Dt. Lebensmittel-Rundsch.*, Jg.97, H.9, pp. 334-338.

9. Christen, P. (2005), “Mycotoxines: un risque a ne as prendre”, *Process alim.*, No. 1213, pp. 94-95.

10. Харченко С. Н. Антимікробна активність микотоксинів / С. Н. Харченко // Микробиол. журн. – 1986. – Т. 48, № 1. – С. 71–77.

Harchenko, S. (1986), “Antimicrobial activity of mycotoxins” [“Antimikrobnaya aktivnost mikotoksinov”, *Mikrobiol. zhurn*], Vol. 48, No. 1, pp. 71-77.

11. Аксьонова В. І. Антибіотики у продуктах харчування / В. І. Аксьонова // Антибіотики. – 1987. – Т. 8. – С. 107.

Aksonova, V. (1987), “Antibiotics in food” [“Antibiotiki u produktah harchuvannya”, *Antibiotiki*], Vol. 8, p. 107.

12. Коляденко В. Г. Микотоксини плісневих грибів: гепатотоксична, нефротоксична, канцерогенна, мутагенна та ембріотоксична дія (огляд і аналіз літератури, обґрунтування доцільності проведення подальших досліджень) / В. Г. Коляденко, В. І. Степаненко, А. В. Кравченко // Український журнал дерматології, венерології, косметології. – 2002. – № 1. – С. 47–50.

Kolyadenko, V. (2002), “Mycotoxins of mold fungus: hepatotoxic, nephrotoxic, carcinogenic, mutagenic and embryotoxic effects (review and analysis of literature, justification of the feasibility of further research)” [“Mikotoksini plisnevih gribiv: hepatotoksichna, nefrotoksichna, kantserogenna, mutagenna ta embriotoksichna diya (oglyad i analiz literaturi, obgruntuvannya dotsilnosti provedennya podalshih doslidzhen)”, *Ukrayinskiy zhurnal dermatologiyi, venerologiyi, kosmetologiyi*], No. 1, pp. 47-50.

13. Монастирський О. А. Токсинуотворюючі гриби та микотоксини / О. А. Монастирський // Захист та карантин рослин. – 2006. – № 11. – С. 18–20.

Monastirskiy, O. (2006), “Toxic fungi and mycotoxins” [“Toksinoutvoryuyuchi gribi ta mikotoksini”, *Zahist ta karantin roslin*], No. 11, pp. 18-20.

14. Ramirez, M. (2006), “Temperature and water activity effects on growth and temporal deoxinivalenol production by two argentinian strains of *Fusarium graminearum* on irradiated wheat grain”, *J. Food Microbiol.*, Vol. 106, pp. 291-296.

15. Frisvad, J.C. (2004), “Mycotoxins, drugs and other extrolites produced by species in *Penicillium* subgenus *Penicillium*”, *Studies in Mycology*, Vol. 49, pp. 201-242.

16. Lewis, L. (2005), “Aflatoxin contamination of commercial maize products during an outbreak of acute aflatoxicosis in Eastern and Central Kenya”, *Aflatoxicosis Investigation Group*, Vol. 113, pp. 1763-1767.

17. Строй А. М. Токсикологічна характеристика охратоксину А та актуальність його регламентацій в Україні / А. М. Строй, Н. В. Гладка //

Актуальні проблеми токсикології. Безпека життєдіяльності людини: VIII міжнар. наук.-практ. конф. – 2007. – С. 38.

Stroy, A. (2007), “Toxicological characteristic of ochratoxin A and relevance of its regulations in Ukraine” [Toksikologichna harakteristika ohratoksynu A ta aktualnist yogo reglamentatsiy v Ukrayini], *VIII mizhnar. nauk.-prakt. konf. Aktualni problemi toksikologiyi. Bezpeka zhittediyalnosti lyudini*], p. 38.

18. Зайченко А. М. Макроциклічні трихотеценові мікотоксини: біологічна активність / А. М. Зайченко, Є. В. Андрієнко, Є. С. Циганенко // Сучасні проблеми токсикології. – 2006. – № 3. – С. 59–64.

Zaychenko, A. (2006), “Macrocyclic Trichothecene Mycotoxins: Biological activity” [Makrotsiklichni trihotetsenovi mikotoksini: biologichna aktivnist’], *Suchasni problemi toksikologiyi*, No. 3. pp. 59-64.

19. Manfoud, R. (2002), “The mycotoxin patulin alters the barrier function of the intestinal epithelium: mechanism of action of the toxin and protective effects of glutathione”, *Toxicol. And Appl. Pharmacol.*, No. 181, pp. 209-218.

20. Ахметов Ф. Г. Профилактика микотоксикозов у животных / Ф. Г. Ахметов, А. В. Иванов, М. Я. Трemasов // Ветеринария. – 2001. – № 2. – С. 47–50.

Ahmetov, F. (2001), “Prevention of mycotoxicosis in animals” [“Profilaktika mikotoksikozov u zhyvotnyih”, *Veterinariya*], No. 2, pp. 47-50.

Дубініна Антоніна Анатоліївна, др техн. наук, проф., кафедра товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-48; e-mail: tovaroved206@ukr.net.

Дубинина Антонина Анатольевна, др техн. наук, проф., кафедра товароведения и экспертизы товаров, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-48; e-mail: tovaroved206@ukr.net.

Dubinina Antonina, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Commodity Research and Expertise of Goods, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska st., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-48; e-mail: tovaroved206@ukr.net.

Ленерг Світлана Олександрівна, канд. техн. наук, докторант, кафедра товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-48; e-mail: tovaroved206@ukr.net.

Ленерг Светлана Александровна, канд. техн. наук, докторант, кафедра товароведения и экспертизы товаров, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-48; e-mail: tovaroved206@ukr.net.

Lenert Svitlana, PhD, Associate Professor, Department of Commodity Research and Expertise of Goods, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska st., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-48; e-mail: tovaroved206@ukr.net.

Летуца Тетяна Миколаївна, канд. техн. наук, проф., кафедра товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-48; e-mail: lettanya@ukr.net.

Летуца Татьяна Николаевна, канд. техн. наук, проф., кафедра товароведения и экспертизы товаров, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-48; e-mail: lettanya@ukr.net.

Letuta Tatiana, PhD, Associate Professor, Department of Commodity Research and Expertise of Goods, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska st., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-48; e-mail: lettanya@ukr.net.

Нечопатих Тетяна Анатоліївна, канд. техн. наук, доц., кафедра товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-48; e-mail: tovaroved206@ukr.net.

Нечопатых Татьяна Анатольевна, канд. техн. наук, доц., кафедра товароведения и экспертизы товаров, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-48; e-mail: tovaroved206@ukr.net.

Nepochatykh Tatiana, PhD, Associate Professor, Department of Commodity Research and Expertise of Goods, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska st., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-48; e-mail: tovaroved206@ukr.net.

Щербакова Інна Сергіївна, асп., кафедра товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 0958841006; e-mail: scherbakova_is@ukr.net.

Щербакова Инна Сергеевна, асп., кафедра товароведения и экспертизы товаров, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: 0958841006; e-mail: scherbakova_is@ukr.net.

Shcherbakova Inna, Postgraduate Student, Department of Commodity Research and Expertise of Goods, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska st., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: 0958841006; e-mail: scherbakova_is@ukr.net.

DOI: 10.5281/zenodo.3263751