

**РЕЗУЛЬТАТИ БІОТЕСТУВАННЯ ХАРЧОВИХ КОНСЕРВАНТІВ І БАРВНИКІВ****Володимир Никифоров**

доктор біологічних наук, професор кафедри екології і біотехнологій

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, Кременчук, Україна, 39600, volnyk2015@gmail.com

**ORCID: 0000-0001-8917-2340**

**Анна Василенко**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, Кременчук, Україна, 39600

**Софія Молоштан**

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, бульвар Тараса Шевченка, 13, Київ, Україна, 01601

Актуальність дослідження зумовлена широким спектром харчових добавок, що є негативним чинником впливу на здоров'я людини, яке вважається фахівцями з екології основним критерієм оцінювання якості довкілля. Метою роботи передбачено токсикологічне дослідження 12 найбільш уживаних харчових добавок (по шість консервантів і штучних барвників) методом біотестування. Визначено рівні гострої та хронічної токсичної дії водних розчинів харчових добавок на тест-об'єкт у максимально допустимих концентраціях.

У результаті дослідження встановлено кореляційний зв'язок між концентраціями харчових добавок і рівнями небезпеки для здоров'я людини. Відповідно до мети та завдань доведено доцільність застосування методу біотестування для забезпечення надійного визначення токсикологічної складової впливу консервантів і штучних барвників на здоров'я людини. Визначено подальші перспективи досліджень за даним науковим напрямком.

**Ключові слова:** харчові добавки, консерванти, барвники, токсичність, біотестування, здоров'я людини.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Проблема використання смакових добавок різного призначення під час виготовлення харчових продуктів є актуальною і потребує науково обґрунтованих технологічних рішень, оскільки вони зумовлюють погіршення здоров'я населення, негативно впливають на рівень екологічної безпеки та ступінь ризику виникнення тих чи інших захворювань різних нозологічних груп.

Протягом останнього десятиліття харчова промисловість забезпечує одні з найвищих темпів обсягу виробництва продукції серед інших галузей економіки України. Проте у гонитві за прибутком, збільшенням терміну придатності, створенням привабливого вигляду виробники нехтують безпечністю та якістю харчових продуктів.

На сучасному етапі розвитку харчової промисловості виникла значна кількість екологічних проблем, пов'язаних із токсикологічним впливом на здоров'я людини. Насамперед потребують перегляду й оновлення національні нормативи щодо безпечного вмісту харчових добавок у продуктах, а також обмеження чи при-

пинення та/або заборони використання деяких із них [1].

Здоров'я населення, як складова екологічної безпеки, значною мірою залежить від харчування, оскільки воно забезпечує ріст і розвиток організму людини, а також його адаптацію в умовах техногенного забруднення довкілля. Тому до початку 90-х років ХХ ст. уживання харчових добавок в Україні було обмеженим. За даними Інституту екогігієни і токсикології імені Медведя щороку кожен українець у середньому з'їдає три кілограми хімічних сполук. Слід зазначити, що 1994 року, згідно з Постановою Кабінету Міністрів України, було дозволено використання 194 харчових добавок, 2011 року – уже 235 (50 з них у Європі визнані небезпечними) [2, 3].

Для охорони здоров'я населення та з метою обмеження надходження до організму людини токсичних речовин встановлено максимально допустимі рівні концентрацій (МДР) харчових добавок у продуктах. Переважна більшість із них змінює структурно-функціональну організацію біосистем людини на молекулярному (мутагенні, канцерогенні й імунотоксичні), клітинному

(викликають порушення окисного фосфорилування у мітохондріях і нейротоксичні ефекти) й органо-тканинному (зумовлюють розлади травної та репродуктивної функцій) рівнях. Вони беруть певну участь у формуванні тих чи інших патологічних процесів [1, 4].

Контроль безпечності харчових добавок на міжнародному рівні здійснює Об'єднаний комітет експертів ФАО/ВООЗ з харчових добавок і контамінантів (забруднювачів) – ЖЕСФА. 1991 року створено спеціальну систему «Codex Alimentarius», де збираються останні дані досліджень про харчові домішки. В Україні аналогічні питання належать до сфери діяльності Департаменту Держсанепіднагляду МОЗ України.

Тому за об'єкт дослідження обрано найбільш уживані у харчовій промисловості України шість консервантів і шість синтетичних барвників. Предметом – є вплив харчових добавок на здоров'я людини. Під час токсикологічного дослідження застосовано науковий метод біологічного тестування, який передбачає використання як тест-об'єкт ракоподібних – планктонних представників з надряду гіллястовусих (*Cladocera*) – *Daphnia magna* Straus. Цей модельний організм має значні переваги над іншими тест-об'єктами – доступність, швидкість отримання у значній кількості, простота лабораторного культивування, тривалий життєвий цикл і генетична подібність завдяки партеногенезу [4–6].

Методику визначення гострої летальної та хронічної токсичності води на нижчих ракоподібних атестовано головним метрологом Міністерства екології та природних ресурсів України. Відповідні керівні нормативні документи (КНД) 211.1.4.055-97 і 211.1.4.056-97 розроблено Українським науково-дослідним інститутом екологічних проблем (УкрНДІЕП) Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України; Технічним комітетом зі стандартизації ТК82 «Охорона навколишнього природного середовища та раціональне використання ресурсів України».

Методику визначення гострої летальної та хронічної токсичності призначено для біотестування поверхневих, підземних, питних і стічних вод, водних розчинів окремих речовин, їх сумішей, водних витяжок ґрунтів, відходів та донних відкладень тощо. Використаний метод біотестування – це процедура встановлення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку незалежно від того,

які речовини і в якому поєднанні викликають зміни життєво важливих функцій у тест-об'єктів. Завдяки простоті, оперативності та доступності біотестування набуло широкого визнання і використання в усьому світі поряд з методами аналітичної хімії [7–10].

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Згідно із Законом України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» харчовою домішкою є природна або синтетична сировина, яка спеціально уводиться у харчовий продукт для надання йому бажаних властивостей та якісних показників: збереження поживних властивостей, надання привабливого вигляду, збільшення терміну зберігання, полегшення технологічної обробки продовольчої сировини, здешевлення та скорочення технологічного процесу [2, 11].

У Міжнародному Харчовому Кодексі «Codex Alimentarius» поняття «харчові добавки» визначено як будь-які речовини, що у нормальних умовах не застосовуються як їжа і не використовуються як типові її інгредієнти, незалежно від наявності у них харчової цінності, умисно додаються в їжу для технологічних цілей (враховуючи покращення органолептичних властивостей) у процесі виробництва, обробки, упаковки, транспортування, зберігання харчових продуктів [12, 13].

У Європейському Союзі для регулювання цих добавок, а також для інформування споживачів, кожній домішці після схвалення присвоюється унікальний номер – «Е індекс». Ця схема нумерації прийнята і видана Міжнародною Комісією ФАО/ВООЗ для найпоширеніших харчових добавок у Європі. Оцінювання безпеки та затвердження переліку добавок, дозволених для використання у харчових продуктах, є обов'язком Європейського органу з безпеки харчових продуктів. Домішки нумеруються залежно від тієї функції, яку вони виконують [14].

На наш погляд, помилково вважати, що абсолютно всі харчові домішки шкідливі для людини. Дія багатьох із них негативний вплив на здоров'я людини остаточно не з'ясований. Безпечними можна назвати лише невелику кількість харчових добавок, але навіть їх лікарі не рекомендують вживати дітям до п'яти років. Це такі, як куркумін Е-100 (додають до складу соусів, готових страв з рисом, варених, рибних паштетів), каротин Е-160а виробляють із томатів), янтарна кислота Е-363 (міститься в десертах, супах, сухих напоях), альгінат натрію Е-400 (виробляють із морських

водоростей), карбонат магнію E-504 (розрихлювач тіста, що додають до складу сирів, жувальних гумок), тауматин E-957 (підсолоджувач, який міститься у морозиві, сухофруктах, жувальній гумці без цукру), лимонна кислота E-330 тощо. Останню деякі автори вважають канцерогенною, але жодного наукового доказу цього не надано. До того ж, лимонна кислота синтезується в людському організмі, а також міститься у багатьох продуктах рослинного походження.

Алергікам і астматикам не рекомендується вживати антиокислювач октилгаллакт E-311. Напад астми можуть спровокувати також домішки бутилгідроксианізол E-320 і бутилгідрокситолуол E-321, які входять до складу деяких жирових продуктів і жувальних гумок. E-320 до того ж затримує воду в організмі та підвищує вміст холестерину, що у свою чергу негативно позначається на функціях печінки та серцево-судинної системи.

Харчові продукти з додаванням червоних і жовтих барвників, наприклад, з тартразином E-102, нерідко викликають харчову алергію. Цей барвник використовують у цукерках, морозиві, кондитерських виробках, напоях тощо. Інший штучний харчовий барвник еритрозин E-127 спричинює токсичну дію, провокуючи захворювання щитовидної залози [15, 16].

Харчові консерванти нітрит і нітрат натрію (E-250 і E-251) застосовуються повсюдно, незважаючи на те, що викликають різноманітні алергічні та запальні реакції, головний біль, печінкові коліки, дратівливість і стомлюваність. Речовини, що позначаються кодом E-231 (ортофенілфенол) і E-232 (ортофенілфенол натрію), шкідливі для шкіри. Ці домішки використовують у виробництві різних ковбас, м'ясних продуктів із тривалим терміном зберігання і консервів.

Барвники та консерванти негативно впливають на імунну систему, порушують природну мікрофлору кишечника. А функціональні порушення кишечника призводять до онкологічних і серцево-судинних патологій. Останнім часом у спеціалізованих виданнях з'явилися переконливі дані про канцерогенний вплив E-250 (нітрит натрію) і E-251 (нітрат натрію) на клітини.

E-103, E-105, E-121, E-123, E-125, E-126, E-130, E-131, E-142, E-153 – харчові барвники, що містяться в солодкій газованій воді, льодяниках, кольоровому морозиві. Вони можуть призвести до утворення злоякісних пухлин. E-171–173 – штучні барвники, що можуть призвести до захворювань печінки та нирок. E-210, E-211,

E-213-217, E-240 – харчові консерванти, що містяться в усіх видах консервованих продуктів (грибах, компотах, соках, варенні), можуть викликати утворення злоякісних пухлин. E-230-232, E-239 – штучні консерванти, що зумовлюють алергічні реакції.

E-311-313 – антиоксиданти (антиокислювачі), які містяться в йогуртах, кисломолочних продуктах, ковбасних виробках, вершковому маслі, шоколаді. Можуть викликати захворювання шлунково-кишкового тракту. E-407, E-447, E-450, E-461-466 – стабілізатори і загусники, які містяться у варенні, джемі, згущеному молоці, шоколадному сирі. Можуть викликати захворювання печінки та нирок, органів шлунково-кишкового тракту тощо.

E-924a, E-924b – піногасники, що містяться в газованих напоях, можуть призвести до утворення злоякісних пухлин. Окрім того, є харчові добавки, які категорично заборонені, наприклад, E-121 – штучний барвник (цитрусовий червоний), а також E-240 – дуже небезпечний формальдегід. Індекс E-173 наданий порошковому алюмінію, який застосовують для прикрашання імпортованих цукерок та інших кондитерських виробів і який також є забороненим [17].

Піногасники, глазуриувачі та розрихлювачі не надто небезпечні для організму, на відміну від замінників натурального цукру – підсолоджувачів. Найпоширеніший підсолоджувач на сьогодні – аспартам E-951 – входить до складу понад шести тисяч продуктів харчування. Саме до нього лікарі висувають серйозні претензії. При 30°C аспартам починає розпадатися на метанол і формальдегід, який вважають одним з найактивніших канцерогенів. Постійний прийом аспартаму викликає головний біль, дзвін у вухах, алергію і депресію. Інший підсолоджувач – цикламат E-951 – у США, Франції, Великій Британії та ще в деяких країнах заборонено з 1969 року. Доведено, що він провокує ниркову недостатність. Людям з порушеннями обміну речовин, захворюваннями нирок й органів серцево-судинної системи підсолоджувачі протипоказані.

Гостру летальну (ГТ) і хронічну токсичність (ХТ) досліджено на ракоподібних *Daphnia magna* Straus шляхом додавання у воду 12 харчових добавок, уміст яких був на максимально допустимому рівні (МДР) (табл. 1). Для дослідження обрано такі найпоширеніші харчові добавки: тартразин E-102, жовтий «сонячний захід» E-110, азорубін E-122, понсо 4R E-124, індигокармін E-132, діамантовий синій E-133, сорбінова кислота E-200,

Таблиця 1

Загальна характеристика та результати короткочасного біотестування для визначення гострої токсичності (ГТ) водних розчинів штучних харчових барвників (1–6) і консервантів (7–12)

№	Індекс і назва	МДР, мг/дм <sup>3</sup>	ГТ, %
1	E-102* Тартразин Tartrazine	30	25
2	E-110* Жовтий «сонячний захід» Sunsetyellow	50	25
3	E-122** Азорубін Azorubine	50	20
4	E-124* Понсо 4R Ponceau 4R	50	25
5	E-132 Індигокармін Indigotine	30	20
6	E-133 Діамантовий синій Brilliant blue	25	20
7	E-200 Сорбінова кислота Sorbic acid	500	10
8	E-210 Бензойна кислота Benzoic acid	150	10
9	E-211 Бензоат натрію Benzoate	150	10
10	E-240 Формальдегід Formaldehyde	0,001	20
11	E-250 Нітрит натрію Sodium nitrite	3,3	10
12	E-284 Борна кислота Boric acid	0,5	10

Примітки: \* – заборонені в ЄС; \*\* – заборонені у Швеції, Норвегії та Австрії

сорбат калію E-202, бензойна кислота E-210, бензоат натрію E-211, формальдегід E-240, нітрит натрію E-250 і борна кислота E-284. Більшість із них є шкідливими для здоров'я людини, оскільки викликають різноманітні порушення різноманітних функцій клітин, тканин й органів людини. Більшість з них є онкогенними, мутагенними чи алергенними сполуками, або зумовлюють інші аномалії дихальних шляхів, очей, шкіри, ЦНС, спричиняють хвороби травної системи тощо [16].

Під час короткочасного біотестування протягом 24 годин токсичного впливу харчових добавок на тест-об'єкт не виявлено, оскільки кількість загиблих особин дафній не перевищувала 25% (для тартразину, жовтого «сонячного заходу», понсо 4R). Водні розчини азорубіну, діамантового синього, формальдегіду, індигокарміну у концентраціях максимально допустимого рівня викликали загибель 20% тест-об'єкта. Решта харчових добавок призвели до загибелі десяти (нітрит натрію, сорбінова кислота, бензойна кислота, бензоат натрію, борна кислота) відсотків особин дафній відповідно (рис. 1).

У разі відсутності гострої (летальної) дії тестованої речовини на модельний організм керівним нормативним документом 211.1.4.056-97 [6] передбачено проведення довготривалого біотестування задля визначення хронічного впливу водного розчину цієї речовини на дафній. Тому під час наступного етапу досліджень було проведено тривале біотестування (протягом дев'яти діб) задля визначення хронічного токсичного впливу харчових добавок на тест-об'єкт. Тестування мало трикратну повторність (n = 3). Для

визначення плодючості враховувалася кількість молодих особин дафній у перерахунку на одну дорослу вихідну самку в контрольній воді та у водних розчинах харчових добавок (табл. 2).

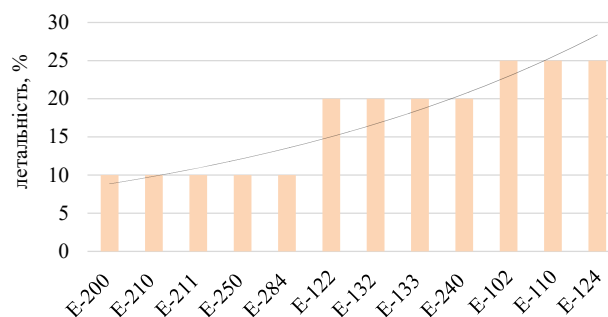


Рис. 1. Рівні летальності модельних організмів у водних розчинах штучних харчових барвників і консервантів

Значення середнього арифметичного виживання коливалося від 9,51 (для сорбінової кислоти) до 11,30 (для діамантового синього). Середнє квадратичне відхилення виживання і плодючості зареєстровано у діапазоні від 0,30 (для тартразину) до 1,38 (для сорбінової кислоти). Достовірність результатів перевірялася за t-критерієм Стьюдента. Для цього обчислювали фактичний критерій достовірності і порівнювали його з теоретичним [11, 12]. За результатами досліджень 12 харчових добавок методом біотестування встановлено, що їх водні розчини здійснюють хронічний токсичний вплив на дафній, який зумовлює зниження їх плодючості.

Результати тривалого біотестування для визначення хронічної токсичності (ХТ) водних розчинів штучних харчових барвників (1–6) і консервантів (7–12)

№	індекс	Назва домішки	Середнє арифметичне значення виживання x, особин	Середнє квадрат. значення відхилення виживання і плодючості б, особин	Значення похибки середнього арифмет. виживання і плодючості s, особин
1	E-102	Тартразин	9,95	0,30	0,17
2	E-110	Жовтий «сонячний захід»	10,47	0,61	0,35
3	E-122	Азорубін	9,83	0,84	0,49
4	E-124	Понсо 4R	9,91	0,64	0,37
5	E-132	Індигокармін	10,77	0,33	0,19
6	E-133	Діамантовий синій	11,30	0,37	0,21
7	E-200	Сорбінова кислота	9,51	1,38	0,80
8	E-210	Бензойна кислота	11,06	0,33	0,19
9	E-211	Бензоат натрію	9,54	1,30	0,75
10	E-240	Формальдегід	10,51	0,92	0,53
11	E-250	Нітрит натрію	10,46	0,32	0,18
12	E-284	Борна кислота	11,22	0,37	0,21

На підставі отриманих під час досліджень даних розпочато розроблення рекомендацій щодо посилення вимог до використання харчових добавок, узгодження національних норм і стандартів з європейськими та світовими. Також пропонується прийняти рішення на державному рівні щодо розміщення додаткової інформації про вміст «небезпечної шестірки» штучних смакових барвників на маркуванні харчових продуктів, як це передбачено у відповідному регламенті Європейського парламенту.

**ВИСНОВКИ.** За результатами аналізу літературних даних встановлено, що 50 найменувань харчових добавок, які у цивілізованому світі визнані небезпечними, в Україні додаються у продукти харчування без жодних застережень і обмежень. Більшість з них мають канцерогенний і мутагенний вплив на організм людини, викликають алергію, провокують гіпертензію, порушують травну і репродуктивну функції тощо.

За допомогою методу біотестування визначено рівні гострої і хронічної токсичної дії водних розчинів 12 штучних харчових барвників (тартразин, жовтий «сонячний захід», азорубін, понсо 4R, індигокармін, діамантовий синій) і консервантів (сорбінова та бензойна кислота, бензоат натрію, формальдегід, нітрит натрію, борна кислота) на тест-об'єкт *Daphnia magna* Straus.

Доведено, що досліджені харчові домішки у концентраціях на рівні встановлених державними стандартами гранично допустимих зна-

чень не викликають гострого токсичного впливу на тест-об'єкт, оскільки відсоток загиблих особин дафній не перевищував 25. Установлено, що всі досліджувані харчові добавки спричинюють хронічну токсичну дію на тест-об'єкт, оскільки критерій достовірності у всіх випадках перевищує 2,78.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Смоляр В. І. Фізіологія та гігієна харчування. К.: Здоров'я, 2000. 332 с.
2. Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини: Закон України від 24.10.2002 № 191–IV. *Голос України*. 2002. 13 листоп. (№ 213).
3. Про затвердження переліку харчових добавок, дозволених для використання у харчових продуктах: Постанова Кабінету Міністрів України від 04.01.1999 № 12. *Офіційний вісник України*. 1999. 22 січня (№ 1). С. 75.
4. Екотрофологія. Основи екологічно безпечного харчування: навчальний посібник / Димань Т. М. та ін.; за наук. ред. Т. М. Димань. К.: Лібра, 2006. 304 с.
5. Токсичні речовини у харчових продуктах та методи їх визначення: підручник / Дубініна А. А. та ін. К.: ВД «Професіонал», 2007. 384 с..
6. Біотестування як метод оцінки якості питних вод. *Вісник національної академії наук України*. 2006. № 10. С. 55–57.
7. Пономарьов П. Х., Сирохман І. В. Безпека харчових продуктів та продовольчої сировини: навчальний посібник. К.: Лібра, 1999. 272 с.
8. ДСТУ 4174:2003 Якість води. Визначення сублетальної та хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphnia magna* Straus.

9. Никифоров В. В., Василенко А. М. Результати біотестування водних розчинів харчових добавок. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2013. Вип. 1. С. 126–129.
10. Tonkopii V., Iofina I. The usage of *Daphnia magna* as alternative bioobject in ecotoxicology. *Proc. 6th World Congress on Alternatives & Animal Use in the Life Sciences* (Tokyo, Japan, 2007). P. 567.
11. Смоляр В. І. Харчова експертиза. К.: Здоров'я, 2005. 505 с.
12. Mathews A. W. (2009-9-03). What's Really in Supplements? *Wall Street Journal*. New York: Dow Jones Company, 2009. P. 21.
13. Murray M. T. *Encyclopedia of nutritional supplements*. New York: Harmony, 1996. 576 p.
14. Європейські вимоги до харчових добавок: довідник. Львів: Ленорам, 1997. 126 с.
15. *Toxicological evaluation of certain food additives*. Geneva, 1981. p. 259.
16. Смоляр В. І. Токсичні ефекти харчових добавок. Київ: Національний університет харчових технологій, 2003. 24 с.
17. Токсикологічна оцінка окремих харчових добавок та забруднюючих добавок. Серія 32. Женева: ВООЗ, 2003.

## RESULTS OF FOOD BIOTESTING PRESERVATIVES AND DYES

### **Volodymyr Nykyforov**

Doctor of Biological Sciences,

Professor of the Department of Ecology and Biotechnologies

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Pershotravneva str., 20, Kremenchuk, Ukraine, 39600, volnyk2015@gmail.com

**ORCID: 0000-0001-8917-2340**

### **Anna Vasylenko**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Pershotravneva str., 20, Kremenchuk, Ukraine, 39600, volnyk2015@gmail.com

### **Sofia Moloshtan**

Bogomolets National Medical University, Taras Shevchenko Boulevard, 13, Kyiv, Ukraine, 01601

The relevance of the research is determined by the wide range of food additives, which is a negative factor affecting human health, which is considered by experts in ecology to be the main criterion for assessing the quality of the environment. The purpose of the research is the toxicological study of the 12 most used food additives (six preservatives and artificial dyes each) by the biotesting method. The levels of acute and chronic toxic effects of aqueous solutions of food additives on the test object in the maximum permissible concentrations were determined.

As a result of the research, a correlation was established between the concentrations of food impurities and the levels of danger to human health. In accordance with the purpose and tasks, the expediency of using the biotesting method to ensure a reliable determination of the toxicological component of the effect of preservatives and artificial dyes on human health has been proven. The further prospects of research in this scientific direction have been determined.

**Key words:** food additives, preservatives, dyes, toxicity, biotesting, human health.

*Стаття надійшла 04.08.2022*