

## ЛАБОРАТОРНИЙ КОНТРОЛЬ КСЕНОБІОТИКІВ «ВІД ЛАНУ ДО СТОЛУ»

Хижан А. О.<sup>1</sup>, Терещенко Н. Ю.<sup>2\*</sup>, Хижан О. І.<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Національний університет біоресурсів та природокористування України,  
Київ (Україна),

<sup>2</sup>Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, Київ (Україна)

\*e-mail: pub.scientific.work@gmail.com

Методологія лабораторного контролю показників якості та безпеки рослинних продуктів харчування, яка сприяла просуванню та зростанню експорту української продукції до країн ЄС у довоєнний період [1], сьогодні потребує оновлення та гармонізації з новими вимогами європейських країн щодо якості та безпеки.

Зважаючи на величезну кількість показників, зокрема ксенобіотиків різних класів органічних сполук, доцільно гармонізувати норми та переліки сполук, що є обов'язкові для лабораторного контролю в Україні, з нормами та переліками, затвердженими у країнах Європи. Європейський підхід сьогодні забезпечує послідовні дослідження показників на всьому ланцюгу «від лану до столу». Ґрунтуючись на результатах попередніх досліджень [2, 3] і змінах у нормативно-правовому регулюванні лабораторного контролю, в роботі запропоновано актуалізувати переліки ксенобіотиків та розробити методологію, що дасть змогу контролювати ксенобіотики у продуктах харчування, ґрунті та воді.

Лабораторний контроль ксенобіотиків здійснено відповідно до груп та класів органічних речовин. Робота проведена з використанням розчинників та реактивів кваліфікації «для хроматографії» та «ч. д. а.»: ацетонітрил, метанол, гліцерин, діетиловий ефір, хлороформ, ізопропанол, деіонізована вода, оцтова кислота, трифтороцтова кислота, хлоридна кислота, сульфатна кислота, гідроксид натрію, сульфат магнію, хлорид натрію, хлорид кальцію, цитрат натрію. Для очистки рослинних витяжок від коекстрактивних речовин використовували сорбенти:  $Al_2O_3$  та  $nSiO_2$ , активоване вугілля марки ОУ-А (ДСТУ 4453-74), колонки ТФЕ (ChromSpher Pi, Varian<sup>TM</sup>), картриджі, заповнені сумішами первинних і вторинних амінів виробництва Supelco. В роботі використовувано зразки, отримані на різних етапах ланцюга «від лану до столу»: насіння олійних культур (соняшник, соя, льон), зерно хлібних злаків, листя салату різних сортів, плоди яблук, плоди овочевих культур, ядра волоського горіха, вода з водоєм для поливу культур, ґрунт. Сформовано паралельні лабораторні проби, з яких по три проби підлягали штучному збагаченню цільовими ксенобіотиками. Гомогенізація проб проводилася шляхом подрібнення у стакані лабораторного млина-гомогенізатора ЛЗМ-1 за різних температур (від +4 °С до +25 °С). Для отримання рослинної витяжки застосовувалися хімічні речовини кваліфікації «ч. д. а.»: ацетонітрил, метанол, ацетон, н-гексан, толуол, ізопропанол, кислоти (оцтова, мурашина, трифтороцтова, соляна). Перелічені сполуки застосовувалися як індивідуальні екстрагенти або в сумішах, зокрема в су-

міші з деіонізованою водою. Для буферизації розчину шару гомогенізованого зразка та на етапі очистки рослинної витяжки використовували хімічні сполуки кваліфікації «ч. д. а.»: сульфат магнію, хлорид натрію, цитрат натрію, хлорид кальцію, оксид алюмінію. Екстракція здійснювалася методом мацерації в пластикових пробірках із політетрафторетилену, в колбах із темного скла та пластикових колбах із поліметилпентену, захищених світлонепроникними кожухами. Інтенсифікація масопереносу під час вилучення аналітів відбувалася за варіювання співвідношення сировина-екстрагент, під дією температури, перемішування, ультразвукових хвиль частотою 37 кГц (генерувалися установкою фірми Advantage Lab). Розділення фаз екстракційної системи проведено з використанням центрифуги Thermo Scientific за 10 хв, 7 000 об/хв., 4 °С. Отримана витяжка підлягала очищенню від коекстрактивних речовин методами рідинно-рідинної екстракції або дисперсійної екстракції з використанням картриджів, заповнених сумішами сорбентів виробництва Supelco. Концентрування очищеного екстракту проведено за допомогою ротаційного випаровувача фірми ІКА. Аналіз вмісту ксенобіотиків в отриманих розчинах проведено методом високоефективної рідинної хроматографії із флуоресцентним та діодноматричним детекторами (ВЕРХ/ФЛД та ВЕРХ/ДАД) із застосуванням хроматографів Ultimate 3000 фірми Dionex, методом високоефективної хроматографії з мас-селективним детектором із застосуванням хроматографа Dionex Summit MSD-3200Q TRAP та методом газової мас-спектрометрії із застосуванням хроматографа GC/MS A.01.10.3/Agilent Technologies. Результати аналітичних сигналів, спектри аналітів опрацьовані за допомогою калібрувальних залежностей і баз даних програми Chromeleon 6.0 та інсталюваної бібліотеки мас-спектрів NIST 0.5.

У дослідженнях встановлено, що для лабораторного контролю ізомерів ксенобіотиків необхідно визначати величини, що характеризують особливості структури молекул, та вивчити вплив умов лабораторного контролю на величини отриманих аналітичних сигналів цільових молекул. Параметри, що опрацьовуються під час розробки методик аналізу та дають змогу записати моделі методик: молекулярна вага ( $M$ ), електричний дипольний момент ( $\mu$ ), величина коефіцієнту розподілу в системі октанол-вода ( $\log P_{ow}$ ).

Враховуючи те, що вищезазначені параметри характеризують властивості ксенобіотиків і не враховують вплив коекстрактивних сполук, для лабораторного контролю проводяться дослідження тривалості процесу екстракції та визначення оптимальних режимів дії хроматографічного дослідження аналітів у модельних системах та зразках продукції рослинництва.

У роботі встановлено, що найбільш повно екстрагуються ксенобіотики зі зразків продукції рослинництва, матриця яких містить слідові кількості жирів. Найбільш складним, з погляду проведення процесу підготовки проби до дослідження та згідно з відсотком вилучення ксенобіотиків, є процес отримання рослинної ви-

тяжки з насіння олійних культур. Хоча відсоток вилучених ксенобіотиків із насіння є меншим за відсоток тих самих маркерів, вилучених із листя салату та плодів і ягід, процес виконання пробопідготовки насіння олійних культур є задовільним. Встановлений середній відсоток екстрагування штучно внесеного ксенобіотика є більшим за 80 %, що відповідає Європейським рекомендаціям і є достатнім для умов методики [4]. Варто зазначити, що на вміст ксенобіотиків у витяжках, отриманих зі зразків, штучно збагачених аналітами, впливає температура процесу та тривалість екстракції. Найбільш оптимальними умовами є температура від +4 °С до +25 °С та дія екстрагента протягом 5–25 хв.

Встановлені оптимальні умови лабораторного контролю вмісту ксенобіотиків в об'єктах «від лану до столу» дають змогу проводити вимірювання одночасно понад 200 хімічних сполук пестицидів, застосовуючи варіативний склад екстрагентів, загальна кількість контрольованих пестицидів становить понад 350 сполук та їх метаболітів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Monitoring in oils pesticides residues and polycyclic aromatic hydrocarbons for safety of vegetable oils / S. Melnychuk, V. Lohanska, Y. Baranov et al. *Potravinarstvo: Scientific Journal for Food Industry*. Vol. 7, Special Issue. 2013. С. 45–52.
2. Determination of xenobiotic imidacloprid content in surface waters / N. Y. Hrybova, O. I. Khyzhan, V. I. Maksin et al. *Journal of Water Chemistry and Technology*. 2019. Т. 41. С. 313–317.
3. Tereshchenko N., Kovshun L., Bobunov O. A hybrid technique for measuring the content of xenobiotics in wild and cultivated blueberries. *Plant and Soil*. 2022. Т. 13, № 1. С. 51–59.
4. Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. Document № *SANCO/12495/2011* [Implemented by 01/01/2014]. *European Commission health & Consumer Protection Directorate-General*. 2013. 48 p. (Safety of the food chain Chemicals, contaminants, pesticides).

### ПТАХИ ЯК ІНДИКАТОР ВПЛИВУ БОЙОВИХ ДІЙ НА СТАН ВОДНО-БОЛОТНИХ УГІДЬ НА АЗОВО-ЧОРНОМОРСЬКОМУ УЗБЕРЕЖЖІ УКРАЇНИ

**Черничко Р.**

*Азово-Чорноморська міжвідомча орнітологічна станція  
Інституту зоології НАНУ ім. І. І. Шмальгаузена НАН України, Київ (Україна)  
e-mail: waderbirds.gmail.com*

На Азово-Чорноморському узбережжі України знаходиться велика кількість водно-болотних угідь (ВБУ), більшість із яких належать до списку таких, що охороняються Міжнародною Рамсарською конвенцією та входять до природно-заповідного фонду України. Під час повномасштабного вторгнення Росії на територію України всі вони тою чи іншою мірою потерпають від впливу воєнних дій. Птахи – одні з перших представників біоти, які швидко реагують на зміни середовища і можуть слугувати індикатором цих змін. Для оцінки впливу воєнних дій на ВБУ