

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001015

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 22-02-2024

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Яринка Дар'я Володимирівна

2. Daria V. Yarynka

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3736-6562

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 091

Назва наукової спеціальності: Біологія та біохімія

Галузь / галузі знань: біологія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 091 Біологія

Дата захисту:

Спеціальність за освітою: Біологія

Місце роботи здобувача: Інститут молекулярної біології і генетики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417101

Місцезнаходження: вул. Академіка Заболотного, буд. 150, Київ, 03143, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** 3459

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут молекулярної біології і генетики Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417101

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Заболотного, буд. 150, Київ, 03143, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут молекулярної біології і генетики Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417101

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Заболотного, буд. 150, Київ, 03143, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 62, 62.99

**Тема дисертації:**

1. Оптичні біосенсорні системи на основі полімерів-біоміметиків та смартфонів для виявлення харчових мікотоксинів: афлатоксину В1 та зеараленону  
Оптичні біосенсорні системи на основі полімерів-біоміметиків та смартфонів для виявлення харчових мікотоксинів: афлатоксину В1 та зеараленону
2. Optical biosensor systems based on biomimetic polymers and smartphones for food mycotoxins (aflatoxin B1 and zearalenone) detection

**Реферат:**

1. Яринка Д.В. Оптичні біосенсорні системи на основі полімерів-біоміметиків та смартфонів для виявлення харчових мікотоксинів: афлатоксину В1 та зеараленону. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 091 Біологія. – Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, Київ, 2023. Щорічно у світі виявляють понаднормові рівні забруднення харчових продуктів мікотоксинами. Крім значних економічних збитків, пов'язаних з втратою врожаю (щорічно через забруднення мікотоксинами втрачається до 25% врожаїв зернових), мікотоксини небезпечні для здоров'я людей та тварин. Згідно з даними Продовольчої та сільськогосподарської організації

ООН (FAO) до найнебезпечніших мікотоксинів належать, серед інших, афлатоксин В1 (АФВ1) та зеараленон (ЗОН). Тому, розробка нових підходів для моніторингу та контролю цих мікотоксинів в продуктах харчування – дуже актуальна. Зважаючи на це, мета дисертаційної роботи – створення оптичних біосенсорних систем на основі смартфонів та полімерів-біоміметиків у формі молекулярно-імпринтованих полімерних мембран для виявлення поширених харчових токсинів (афлатоксину В1 та зеараленону) у продуктах харчування та тваринних кормах. Полімери-біоміметики у формі молекулярно-імпринтованих полімерних (МІП) мембран запропоновано використати як чутливі елементи біосенсорних систем для визначення АФВ1 та ЗОН. Присутній у аналізованому зразку токсин, який зв'язався з поверхнею МІП мембрани за рахунок утворених в її структурі селективних рецепторних сайтів, можна виявляти після опромінення мембран ультрафіолетовим світлом з певною довжиною хвилі. Це, у свою чергу, ініціюватиме природну флуоресценцію мікотоксинів, інтенсивність якої буде пропорційною концентрації токсинів у зразку. Флуоресцентні біосенсорні сигнали, які генеруються полімерами-біоміметиками у формі мембран, можна реєструвати як за допомогою стандартного лабораторного спектрофлуориметра, так і за допомогою камери смартфона з подальшим аналізом за використання комерційно-доступних програм аналізу цифрових зображень (зокрема програми Spotxel® Reader, 2.1.5 для операційної системи Android 6+). Використання смартфона у ролі реєстратора та аналізатора оптичних сенсорних сигналів дозволить скоротити та спростити процедуру визначення аналіту та може успішно замінити високовартісне лабораторне обладнання. На першому етапі роботи, було синтезовано високостабільні чутливі елементи майбутніх біосенсорних систем на основі МІП мембран, які було отримано методом радикальної полімеризації *in situ*, з штучними рецепторними сайтами розпізнавання АФВ1 та ЗОН в їхній структурі та оптимізовано їхній склад. Найкраще розпізнавання АФВ1 виявляли для МІП мембран, синтезованих з використанням акриламід (АА) як функціонального мономера, з мономерної суміші із співвідношенням псевдоматриця : АА 1:2. Встановлено, що МІП мембрани, синтезовані із використанням функціональних мономерів 1-аллілпіперазину (1-АЛП) та етиленглікольметакритфосфату (ЕГМФ), з мономерної суміші із співвідношенням псевдоматриця : ФМ 1:4 та 1:2, відповідно, демонстрували найкращі розпізнавальні властивості щодо ЗОН. Крім того, було досліджено вплив складу аналізованого розчину на здатність синтезованих МІП мембран розпізнавати цільові мікотоксини та визначено оптимальні умови зв'язування аналітів з мікотоксин-селективними рецепторними сайтами. Вперше створено лабораторні прототипи оптичних біосенсорних систем на основі полімерів-біоміметиків та смартфонів для визначення мікотоксинів та досліджено їхні робочі характеристики. Крім того, розроблено підходи до покращення робочих характеристик створених біосенсорних систем для високочутливого визначення згаданих мікотоксинів за рахунок використання флуоресцентного маркера у конкурентному варіанті аналізу, а також наночастинок срібла та явища плазмонного підсилення флуоресценції. Розроблені в дисертаційній роботі прототипи біосенсорних систем були успішно апробовані для визначення АФВ1 та ЗОН у реальних зразках пшеничного, кукурудзяного борошна та мелених зразках зернових культур, спільно з ДП «Укрметрестандарт» проведено метрологічні дослідження розроблених сенсорних систем та затверджено запропоновані методики визначення мікотоксинів.

2. Yarynka D.V. Optical biosensor systems based on biomimetic polymers and smartphones for food mycotoxins (aflatoxin B1 and zearalenone) detection. – The manuscript. A dissertation submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (091 Biology). – Institute of Molecular Biology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2023. Annually excessive levels of mycotoxins in food products are detected worldwide. In addition to the significant economic losses associated with crop loss (about 25% of food products are lost every year due to mycotoxins contamination), mycotoxins are dangerous for human and animal health. According to the Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), the most dangerous mycotoxins are, among others, aflatoxin B1 (AFB1) and zearalenone (ZON). Therefore, developing new approaches for monitoring and controlling these mycotoxins in food products is very important. Thus, the dissertation aims to create optical biosensor systems based on smartphones and biomimetic polymers in the form of molecularly imprinted polymer membranes to detect worldwide food toxins (AFB1 and ZON) in food products and animal feed. Biomimetic polymers in the form of molecularly imprinted polymer (MIP) membranes are

proposed as sensitive elements of biosensor systems to determine AFB1 and ZON. The toxin from analysed sample, bound with the selective receptor sites formed in the MIPs' structure, can be detected after irradiation of the membranes with ultraviolet (UV) light of a specific wavelength. It will initiate the fluorescence of mycotoxins, the intensity of which will be proportional to the concentration of toxins in the sample. Fluorescent sensor signals generated by the biomimetic polymers in the form of membranes can be registered both with a standard laboratory fluorimeter and with smartphone camera using commercially available digital image analysis programs for smartphones (in particular, the Spotxcel program for the Android 6+ operating system) for further analysis. Using a smartphone as an analyser will simplify the analyte determination procedure and can successfully replace expensive laboratory equipment outside laboratories. Thus, this method can be used outside the laboratory. Firstly, highly stable sensitive elements based on MIP membranes with artificial receptor sites for AFB1 and ZON recognition in MIPs' structure were synthesised by the in situ radical polymerisation method and optimised. The best recognition of AFB1 was found for MIP membranes synthesised using acrylamide (AA) as a functional monomer from a monomer mixture with a 1:2 "dummy" template: AA ratio. It was established that the MIP membranes synthesised using the functional monomers 1-allylpiperazine (1-ALP) and ethylene glycol methacrylate phosphate (EGMF), with 1:4 and 1:2 "dummy" template: functional monomer ratio, respectively, demonstrated the best recognition properties in response to adding ZON. Also, the influence of the analysed sample conditions on the ability of the synthesised MIP membranes to recognise the target mycotoxins was investigated and optimised. For the first time, laboratory prototypes of biosensor systems based on biomimetic polymers and smartphones for the mycotoxins analysis were created, and their analytical characteristics were investigated. In addition, to improve the working characteristics of proposed biosensor systems for highly sensitive mycotoxins analysis, new approaches were developed based on the use of a fluorescent marker in competitive analysis, as well as silver nanoparticles and plasmon-enhanced fluorescence. Prototypes of fluorescent biosensor systems based on smartphones and MIP membranes were successfully tested to determine AFB1 and ZON in wheat and corn real flour samples. In cooperation with the SE "Ukrmetrteststandard" the metrological studies of the developed sensor systems were carried out and the proposed methods for the mycotoxins analysis were approved.

### **Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

### **Публікації:**

- An enhanced fluorescent sensor system based on molecularly imprinted polymer chips with silver nanoparticles for highly-sensitive zearalenone analysis / Yarynka, D., Chegel, V., Piletska, E., Piletsky, S., Dubey, L., Dubey, I. Ya., Brovko, O., Nikolaiev, R., and Sergeyeva, T. // *Analyst*, 2023, 148(11), P. 2633–2643.
- Highly-selective and sensitive plasmon-enhanced fluorescence sensor of aflatoxins / Sergeyeva, T., Yarynka, D., Lytvyn, V., Demydov, P., Lopatynskiy, A., Stepanenko, Ye., Brovko, O., Pinchuk, A., Chegel, V. // *Analyst*, 2022, 147(6), P. 1135–1143.
- Zearalenone-selective biomimetic-based sensor system and its validation for real samples' analysis / Yarynka, D. V., Sergeyeva, T. A., Piletska, E. V., Stepanenko, Y., Brovko, O. O., Piletsky, S. A., El'skaya, A. V. // *Biopolymers and Cell*, 2021, 37(6), P. 438–446.
- Validation of aflatoxin B1 MIP membrane-based smartphone sensor system for real sample applications / Yarynka, D. V., Sergeyeva, T. A., Piletska, E. V., Linnik, R. P., Antonyuk, M. Z., Brovko, O. O., Piletsky, S. A.,

El'skay A. // Biopolymers and Cell, 2021, 37(5), P. 346–356.

- Sensor based on molecularly imprinted polymer membranes and smartphone for detection of Fusarium contamination in cereals / Sergeyeva, T., Yarynka, D., Dubey, L., Dubey, I., Piletska, E., Linnik, R., Antonyuk M., Ternovska T., Brovko O., Piletsky S., El'skay A. // Sensors 2020, 20, 4304.
- Development of a smartphone-based biomimetic sensor for aflatoxin B1 detection using molecularly imprinted polymer membranes / Sergeyeva, T., Yarynka, D., Piletska, E., Linnik, R., Zaporozhets, O., Brovko, O., Piletsky, S., El'skay, A. // Elsevier, Talanta, 201, 2019, P. 204–210.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** пристрої; технології; методи, теорії, гіпотези; аналітичні матеріали

**Соціально-економічна спрямованість:** поліпшення стану навколишнього середовища; поліпшення якості життя та здоров'я населення, ефективності діагностики та лікування хворих

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:** 0117U002879 0118U006190

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Сергеева Тетяна Анатоліївна
2. Tetyana Sergeyeva

**Кваліфікація:** д. б. н., пров.н.с., 03.00.20

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-3486-2701

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут молекулярної біології і генетики Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417101

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Заболотного, буд. 150, Київ, 03143, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Курдиш Іван Кириллович
2. Ivan K. Kurdish

**Кваліфікація:** д. б. н., професор, 03.00.20

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:** ;<https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=cioxrqgAAAAJ>

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417087

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Заболотного, буд. 154, Київ, 03143, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Гончар Михайло Васильович

2. Mykhailo Gonchar

**Кваліфікація:** д.б.н., професор, 03.00.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-8861-4477

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут біології клітини Національної академії наук  
України

**Код за ЄДРПОУ:** 25255758

**Місцезнаходження:** вул. Драгоманова, буд. 14/16, Львів, 79005, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Ярмолюк Сергій Миколайович

2. Sergiy M. Yarmolyuk

**Кваліфікація:** д.х.н., професор, 02.00.10, 02.00.10

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-5898-6103

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут молекулярної біології і генетики Національної  
академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417101

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Заболотного, буд. 150, Київ, 03143, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Кунах Віктор Анатолійович
2. Viktor Kunakh

**Кваліфікація:** д.б.н., професор, 03.00.15

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-9418-3172

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут молекулярної біології і генетики Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417101

**Місцезнаходження:** вул. Академіка Заболотного, буд. 150, Київ, 03143, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Корнелюк Олександр Іванович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Корнелюк Олександр Іванович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Крупська І.В.

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна