

ных потребностей в человеческих ресурсах определенного качества. Акцент делается на формировании специально-профессиональных компетенций преподавателя высшей школы (профессионально-теоретических, профессионально-методических).

Ключевые слова: компетентность, компетенции, научно-педагогический работник, высшая школа, профессионализм.

Отримано: 23.10.2018

УДК 575:581.151

DOI: 10.32626/2519-8955.2018-3.114-126

О. І. Любинський, д.с.-г.н., професор
e-mail: lubin.alex@gmail.com

Кам'янець-Подільський національний
університет імені Івана Огієнка

вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, 32301, Україна

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ ОРГАНІЗМІВ РОСЛИН І ПРОДУКЦІЇ

У статті подано аналіз сучасних методів виявлення генетично модифікованих організмів рослин і продукції. При використанні того чи іншого методу аналізу ГМО, слід враховувати його чутливість, тривалість реакції, доступність та простоту виконання, вартість реагентів і обладнання, а також можливість здійснювати одночасне детектування якомога більшої кількості зразків.

Найбільш поширеними є методи полімеразної ланцюгової реакції (ПАР), кількісної ПАР реального часу та множинної ПАР. Використання ДНК-біосенсорів дозволяє здійснювати більш якісний скринінг трансгенів. При використанні мікроарей-технологій є можливість детектування необмеженої кількості різних досліджуваних зразків трансгенів.

Подано та проаналізовано сучасні аналітичні підходи до ідентифікування, детектування та кількісного визначення трансгенної ДНК в рослинній сировині та продуктах харчування. Узагальнено правові основи функціонування системи біобезпеки під час здійснення генетично-інженерної діяльності та обігу ГМО у відповідності до міжнародних біоетичних стандартів.

Міжнародні біоетичні стандарти щодо гарантування біобезпеки, пов'язаної зі створенням та використанням продукції з ГМО або їх компонентами, мають установлювати такий правовий режим, при якому вивчення наслідків впливу ГМО на здоров'я та життя людини, всі живі організми й довкілля повинні проводитися виключно в закритому просторі й одночасно в різних регіонах планети. До моменту отримання комплексних, добре перевірених результатів таких досліджень і без наявності об'єктивної фахової міжнародної експертної оцінки, ГМО-продукція не може допускатися у межі відкритого простору.

Ключові слова: ГМО, ПАР, ПАР реального часу, біоетика, детектування, ДНК-біосенсиори, ідентифікація, мікроарей-аналіз.

Постановка проблеми. В даний час чисельність людей на планеті складає 7 млрд. чоловік. До 2030 року очікується зростання до 8 млрд., тому навіть індустріально розвинені країни можуть відчувати

брак продуктів харчування, що призводить до постійного зростання цін на продовольство. Одним з варіантів розв'язання проблеми стало створення генетично модифікованих або трансгенних продуктів. Метод генних модифікацій дозволяє перенести цінні гени від одного об'єкта в інший на рівні ДНК, незалежно від видової належності, і створити принципово нові сорти рослин з конкретними властивостями. В останні роки в світі значно збільшилося виробництво і імпорт трансгенної продукції. За десять років комерційного використання ГМ-культур обсяги споживання, зокрема модифікованої сої, склали: в Росії – 300 тисяч тонн, в країнах ЄС – 50 мільйонів тонн, в США – 500 мільйонів тонн. ГМ соя і кукурудза також є одними з основних джерел білка при годуванні тварин. Внаслідок чого їх додають до складу кормосумішей, комбікормів, кормових добавок, замінників цільного молока для телят, а також до складу сухого корму і консервів для домашніх тварин і птахів [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виникнення будь-яких нових форм у кінцевому результаті завжди відзначається генетичними змінами. В наш час, розвиток сучасних технологій створення ГМО досягнув високого наукового рівня, але існує і протилежна сторона виведення генетично-модифікованих організмів. Генетично модифіковані організми (ГМО) можна визначити як організми, в яких генетичний матеріал (ДНК) змінений неможливим у природі способом. Цю технологію часто називають «сучасною біотехнологією» або «генною технологією», а іноді «рекомбінантною ДНК-технологією» або «генною інженерією». Продукти, до складу яких входять генетично-модифіковані організми з'явилися на ринку Європи у середині 90-х років. Першою серед них були томати. Поступово список ГМО-культур збільшувався і на сьогоднішній день ми маємо досить тривожну картину. У виробництві харчових продуктів використовується: ГМ-сої – 70%; ГМ-кукурудзи – 25%, а також картопля, рис, ріпак, томати, цукровий буряк. Основний виробник продукції із вмістом ГМО – США (68%); Аргентина (11,8%); Канада (6%); Китай (3%). Серед країн ЄС найбільша кількість зареєстрованих повідомлень про використання ГМО належить Франції (28% від загальної кількості по країнам ЄС), Італії (15%), Іспанії (14%) та Великобританії (12%), а також Нідерланди, Німеччина, Бельгія, Португалія. Останнім часом до цього процесу приєдналися інші країни, в тому числі Росія та Україна. Перші ГМО, як комерційні продукти з'явилися на світовому ринку десятиліття тому і поступово почали використовуватися при виробництві сільськогосподарської продукції. Протягом останніх років ринок трансгенних організмів, тобто – організмів (мікроорганізмів, рослин, тварин), що містять в своєму складі ГМО, набуває все більшого розвитку. Існують країни, де дозволено виготовляти та споживати продукти і товари з ГМО. Продукція з трансгенних, або рекомбінантних мікроорганізмів, вже певний час використовується в медицині в багатьох країнах світу – при виготовленні препаратів для лікування людей. Проте, до останнього часу, практично не виникало питання про відповідне маркування такої продукції. Це пояснюється особливостями отримання та

кої продукції: повністю замкнутий цикл при вирощуванні трансгенних мікроорганізмів у ферментерах без ризиків вивільнення живих ГМО в довкілля та джерела харчування і води з подальшою повною переробкою продукції, отриманням кінцевих хімічних препаратів та їх остаточною очисткою. При використанні трансгенних рослин ситуація змінюється кардинально:

по-перше, трансгенні рослини вирощуються на полях, тобто – у відкритих системах і вже на цій стадії виникає загроза неконтрольованого вивільнення ГМО в довкілля з подальшими передбачуваними наслідками.

по-друге, лише частина рослин іде на переробку, а частина – вживається «у живому вигляді» – без переробки. Але навіть та кількість рослинної сировини, що йде на переробку підлягає лише частковій (неповній) переробці з отриманням борошна, олії і т.п. Впровадження ГМО має бути зваженим. З одного боку, потрібно враховувати переваги, які може принести їх промислове використання, а з іншого – необхідно гарантувати суспільству, що ці технології не завдаватимуть шкоди здоров'ю людини та довкіллю. Саме через це, незважаючи на економічні переваги використання таких організмів, увага громадськості привернута до вирішення проблеми передбачення, а за необхідністю – усунення можливих негативних для здоров'я населення та довкілля наслідків їх використання. Тим більше, що проблема впливу ГМО на здоров'я людей через декілька поколінь, остаточно не вивчена. Встановлено, що наслідками вживання людиною генетично модифікованих продуктів можуть бути алергічні захворювання; порушення обміну речовин; поява стійкості мікрофлори людини до антибіотиків віддалених канцерогенний, тератогенний та мутагенний ефекти внаслідок безпосередньої дії трансгенних білків. Білки, що продукуються вбудованими генами, можуть викликати алергічні захворювання. Вплив на здоров'я людини можуть чинити нові, «незаплановані» білки, що з'являються в генетично-модифікованих рослинах. Це пояснюється тим, що в процесі створення ГМО неможливо передбачити, в яку саме ділянку геному вбудується новий ген. При вбудовуванні нового гену стабільність геному рослини порушується, що може привести до появи у ГМО неочікуваних, у тому числі і токсичних властивостей. При створенні ГМО використовуються маркерні гени стійкості до антибіотиків, які, потрапляючи в організм людини, можуть перейти у кишкову мікрофлору. Наслідком може стати неможливість лікування багатьох інфекційних захворювань. В країнах ЄС з грудня 2004 року заборонено використання ГМО, що мають гени стійкості до антибіотиків. Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендувала виробникам утриматись від використання цих генів, однак корпорації по розробці ГМО повністю не відмовились від них. Ризик від вживання таких ГМО досить значний. Потрапляння в організмі людини гербіцидів. Більшість відомих транс генних рослин стійки до використання сільськогосподарських хімікатів і здатні їх акумулювати [6].

Ідентифікація генетичних модифікацій у сортах рослин, безпека харчових продуктів та в тому числі контроль і моніторинг

продукції і кормів, що містять ГМО, що надходять в останні роки в Україну у великій кількості, є важливим державним завданням з метою їх подальшого маркування та потреба у здійсненні постреєстраційного моніторингу трансгенних організмів.

Мета дослідження – узагальнення сучасних методів якісного та кількісного аналізу різноманітної ГМ-продукції.

Основні результати та їх аналіз. Методи детектування ГМ-організмів (ГМО) повинні відповідати таким критеріям [10]:

1. Дозволяти здійснювати аналіз різних видів ГМО та давати можливість отримати інформацію про кількісний вміст ГМ-матеріалу в досліджуваному об'єкті.
2. Бути придатними для аналізу широкого переліку продуктів харчування та сільськогосподарської сировини, що можуть істотно відрізнятися за складом компонентів, наявністю домішок і перебувають у різному агрегатному стані.
3. Мати високу чутливість, а отримані результати – бути легко інтерпретованими, надійними, достовірними і відтворюваними у будь-якій іншій науковій лабораторії.

Ідентифікацію ГМО можна здійснювати, застосовуючи різні підходи, а саме: аналіз нових фенотипових ознак, що характерні для генно-інженерного організму; визначення специфічних РНК, що експресуються на привнесених генах; вивчення синтезованих у трансгенних організмах нових протеїнів та метаболітів або безпосереднє визначення привнесених фрагментів ДНК, що входили до генетичної конструкції, використаної для трансформації. Найпоширенішими сьогодні методами аналізу ГМО є імунохімічні, які дозволяють детектувати нові синтезовані протеїни в досліджуваному зразку (імуносорбентний аналіз, ELISA та його різновиди, аналіз за допомогою індикаторних смужок-імунострипів), а також методи, що дають змогу встановити наявність привнесених фрагментів ДНК в геномі організму-реципієнта [9].

Методи, що спрямовані на аналізування ДНК, дозволяють заздалегідь здійснити скринінг з метою отримати попередню інформацію про наявність генетичних модифікацій в досліджуваному об'єкті за принципом «ТАК» або «НІ», визначити цільовий привнесений ген; ідентифікувати використану для трансформації генетичну конструкцію та встановити конкретну подію генетичної трансформації (event-specific methods) [2].

Сучасні аспекти дослідження ГМО базуються на використанні полімеразної ланцюгової реакції (ПАР), в основу якої покладено природну здатність ДНК до дуплікації. ПАР використовують для здійснення попереднього скринінгу невідомих зразків на присутність в них ГМО (визначаючи наявність промотору 35S та/або термінатора *nos*, які є найбільш уживаними регуляторними послідовностями для більшості сучасних комерціалізованих ГМ-рослин) і для визначення кількісного вмісту ГМ-компонентів у рослинній та продовольчій сировині [9, 10].

Скринінг ГМО здійснюють, вивчаючи наявність у досліджуваних зразках нуклеотидних послідовностей, що відповідають про-

мотору 35S, та/або термінатора pos. Отримані в ПАР амплікони в подальшому аналізують за допомогою гелі-електрофорезу в агарозному гелі. Звичайний гелі-електрофорез не є автоматизованим, має не дуже високу чутливість і в разі аналізування декількох різних зразків потребує досить багато часу. Тому розроблення мультіплексних аналітичних систем та заміна звичайного агарозного гелі-електрофорезу на більш чутливий капілярний електрофорез є актуальним завданням і на його вирішення спрямовуються зусилля різних наукових колективів. Для вирішення проблеми одночасного детектування різних ГМО-зразків є використання біосенсорів, що зробило тестування ГМО простішим, швидшим та здешевило проведення аналізу. Попит на методи ДНК-аналізу для скринінгу ГМО постійно підтримується розробленням нових сенсорних технологій, які забезпечують більш точне отримання результатів і потребують залучення меншої кількості обладнання порівняно з ПАР. На прикладі простих сенсорів можна спостерігати за швидкими змінами параметрів, зокрема таких, як рН, температура, в'язкість, вміст цукру тощо. Принцип роботи біочипів полягає в специфічній зміні фізичних властивостей. Під час перебігу реакції такі зміни можуть бути перетворені на електричний сигнал. Біосенсиори є специфічними системами, які несуть на собі елементи, що забезпечують перетворення та передачу сигналу. Біоелементи при цьому можуть бути як комплексною структурою, наприклад частиною тканини чи органели, так і складатися з ізоляваних молекул (антитіла, ензими, нуклеїнова кислота). Біочипи можуть мати високу специфічність під час часткового аналізу, що відповідає величині сигналу, прямо пропорційній до вмісту досліджуваного зразка. Технології біосенсорів базуються на використанні оптичних, електрохімічних або п'єзоелектричних трансдукторів, що дозволяють реєструвати ампліфіковані послідовності. Посилення технологій біосенсорів або мікроарей та ПАР є ефективним для детектування ГМО, створюючи умови для високоефективного та швидкісного аналізу зразків. Навіть якщо біочипи згодом не замінять кількісну ПАР для детермінування, використання таких технологій буде доцільним на попередньому етапі контролю у процесі ідентифікування ГМО. Для вивчення ГМО використовують також і метод мікроматриць (мікроарей). Впровадження технології мікроматриць дозволило вирішити багато питань сучасної біології та медицини. Технології мікроарей застосовують для аналізу диференційної експресії генів, детектування SNP (single nucleotide polymorphisms), генотипування, філогенетичного аналізу, ідентифікації маркерів пухлин та для розроблення фармацевтичних препаратів. Технологія мікроарей може поєднуватись із множинною ПАР, наприклад для оцінювання відсоткового вмісту ГМ-частки в рослині, у зразках їжі та харчових домішках, при цьому використовують ПАР-амплікони як комплементарні послідовності для гібридизації з пробамі на ДНК-матриці. Для скринінгу ГМО використовують і мікроматриці із залученням ПНК як іммобілізованих проб, оскільки якість гібридизації за їхньою участю

є дещо вищою. ПНК-чипи було розроблено для паралельного аналізу чотирьох ГМ-ліній кукурудзи, одного трансгенного сорту сої, двох ендогенних контролів та продуктів харчування. Закріплення ПНК-проб на носії було схожим за принципом дії до олігонуклеотидних. Використовують мікроарей-технологію для ідентифікації ГМО в продуктах харчування. Особливу увагу приділяють детектуванню невідомих ГМО, оскільки зі зростанням попиту на модифіковані рослини збільшується й можливість потрапляння на ринок незареєстрованих трансгенів, що становить значний ризик для довкілля. Окрім скринінгу трансгенів велику увагу приділяють й ідентифікації так званих непередбачених ефектів» (синтез нехарактерних для модифікованого організму сполук) у ГМ-продуктах. Найефективніший спосіб ідентифікації полягає в аналізі фланкуючих регіонів на межі ГМ-конструкція – геном рослини. У випадку подібних досліджень інформація стосовно складу геному не ГМ-організмів та регуляції генної експресії й досі лишається обмеженою, тому актуальним є секвенування та аналіз місця вбудовування ГМ-конструкції – важливий момент у визначенні майбутніх можливих фенотипових змін у трансгенній рослині. Ймовірні зміни у фенотипі рослин можуть бути ідентифіковані шляхом порівняння аналізу росту, врожайності, стійкості до хвороб, хімічного складу тощо інтактних та ГМ-рослин. Аналіз хімічного складу є важливою частиною проведення досліджень з безпечності харчових ГМ-продуктів [9].

Описана методика дозволяє ідентифікувати і кількісно визначати ГМО в продуктах харчування за допомогою полімеразної ланцюгової реакції «в реальному часі». Проведено порівняльний аналіз трьох методик виділення ДНК в харчових продуктах і тест-визначення («Nucleo Spin Food» (США,) «Сорб-ГМО-А», Синтол, (Росія), «Комплект реактивів для виділення ДНК» (Україна)), а також дана порівняльна оцінка трьох різних наборів для кількісного визначення ГМД (тест-систем): «TaqMan®GMO Maize 35S Detection Kit» (США); «Кукуруза 35S количество» (Росія); «ПЦР-РВ смесь ГМО-кукуруза» (Україна) [13].

Трансформація рослин за допомогою штучних синтезованих генів чи міні-хромосом, які дають змогу переносити цілі «блоки» генетичної інформації, створює можливість формування нових, синтетичних організмів, що, в свою чергу, відразу порушує питання біобезпеки генно-інженерної діяльності, розширюючи коло етичних питань у дискусіях про місце, значення і роль сучасних біотехнологій [5].

Конвенція ООН про охорону біологічного різноманіття, ухвалена під час проведення міжнародної конференції в Ріо-де-Жанейро 5 червня 1992 року, фактично, стала першим багатостороннім нормативно-правовим актом, який проголосив необхідність дотримання правил біобезпеки при поводженні з живими видозміненими організмами, отриманими в результаті застосування біотехнології [4]. Згідно з Конвенцією, під поняттям «біобезпека» розуміється система правил та заходів, що мають зменшити чи запобігти потенційним ризикам, пов'язаним із використанням біотехнології та її продуктів.

Продукція, що містить ГМО, почала з'являтися у продажу в різних країнах світу з середини 90-х років минулого століття. Але, на відміну від США, де такі товари частіше всього не маркувалися, а, отже, безперешкодно потрапляли й до багатьох інших держав, уключаючи країни колишнього СРСР, у Західній та Північній Європі одразу ж дуже прискіпливо поставилися до цієї продукції. Уряди держав даних регіонів вимагали надання інформації про ГМО-походження продуктів та можливі ризики, що існують для споживачів при їхньому вживанні. Керуючись вимогами міжнародних біоетичних стандартів, постачальники мали ретельно роз'яснювати населенню, чим саме може загрозувати споживання продуктів харчування, лікарських препаратів або іншої продукції, що містить ГМО чи їх компоненти. Європейський Союз імплементував до свого законодавства міжнародні стандарти біоетики в частині забезпечення біобезпеки, пов'язаної із застосуванням ГМО та їх компонентів, розробивши на їх основі європейські стандарти обігу продукції із вмістом ГМО та їх компонентів на території своїх країн-членів і використання ГМО у відкритих та закритих системах; регламентувавши діяльність, пов'язану з використанням, поширенням, збутом, експортом/імпортом продукції, що містить ГМО; а також запровадивши систему виявлення ГМО у продуктах споживання [3].

У другій половині 1990-х років було прийнято директиви та інші нормативно-правові акти ЄС про поводження з ГМО у відкритих та закритих системах, які передбачали запровадження досить жорстких санкцій у разі їх порушення. Мотивацією для ухвалення зазначених документів, перш за все, стало прагнення захистити здоров'я людей і чистоту навколишнього середовища. На території країн-членів Євросоюзу було запроваджено жорсткі правила Картахенського протоколу з біобезпеки щодо транскордонного розповсюдження ГМО. Надзвичайно обмеженим і суворим регламентованим залишається використання ГМО під час здійснення досліджень у сфері генної інженерії у закритих системах (особливо щодо подолання небезпечних захворювань), а також під час виробництва продуктів харчування. Крім того, після оприлюднення даних про негативні наслідки поширення продуктів, що містять генетично-модифіковані компоненти (зокрема, збільшення випадків онкологічних захворювань), на території США і тих країн, куди вони постачалися з території останніх, продукція, що містить або може містити ГМО, зазнає суворої перевірки перед тим як потрапити на ринок ЄС. Така перевірка здійснюється в спеціальних лабораторіях, що входять до європейської мережі Спільного дослідного центру Європейського Союзу. Законодавство ЄС установлює чіткі правила маркування продуктів із вмістом ГМО і надання населенню країн-членів інформації про можливі негативні наслідки вживання чи використання такої продукції для життя та здоров'я людини, а також усі можливі біотичні ризики її застосування у сільськогосподарському тваринництві чи рослинництві. В Україні спеціальний Закон "Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні гене-

тично модифікованих організмів” було прийнято тільки у 2007 році. Цей документ проголосив установа системи біологічної безпеки, потреба в якій виникає у зв'язку зі здійсненням в Україні та за її межами генетично-інженерної діяльності, результати котрої у вигляді генетично-модифікованих організмів можуть завдати шкоду життю та здоров'ю людини, а також негативно вплинути на довкілля. Хоча, по суті, даний Закон можна розглядати лише як рамковий акт, на основі якого необхідно розробити спеціальні закони, котрі, спираючись на відповідні міжнародні біоетичні стандарти, детально регламентуватимуть порядок здійснення генетично-інженерної діяльності у замкнених і відкритих системах, а також устанавлюватимуть систему експертизи у сфері створення та використання ГМО. В Україні відсутній належний контроль за згаданою продукцією і відповідна науково-дослідна база для вивчення впливу ГМО або їх компонентів на життя та здоров'я людини й екосистеми, що функціонують на території країни. Хоча добре відомо, що немаркована сільськогосподарська продукція американської селекції з умістом ГМО широко використовувалася в Україні ще до прийняття згаданого Закону, підписання відповідних нормативно-правових документів та запровадження загальних міжнародних і європейських біоетичних стандартів щодо поводження з ГМО з метою втілення правила біобезпеки як сукупності умов та заходів, що сприяють запобіганню можливому шкідливому впливу генетично-інженерної діяльності на здоров'я людини та довкілля. Закон України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» є доволі формалізованим і, відтак, не може реально гарантувати біобезпеку, про яку в ньому йдеться. Його ухвалення, фактично, легалізувало в Україні систему широкого обігу генетично-модифікованих організмів та продукції, отриманої за допомогою ГМО, в той час, коли розповсюдження таких продуктів на території країн-членів ЄС залишається суворо обмеженим. Після вступу до СОТ 2008 року український ринок узагалі став одним із основних споживачів ГМО-продукції в Європі, що особливо стосується сфер дитячого харчування та дитячої медицини. Доцільними є не тільки розроблення і прийняття в Україні спеціальних законів – «Про поводження з ГМО у закритих системах», «Про поводження з ГМО у відкритих системах», «Про порядок увозу-вивозу сировини, готової продукції, що містить ГМО та їх компоненти», «Про систему контролю та здійснення експертизи у сфері створення та використання продукції, що містить ГМО або їх компоненти», – а й запровадження системи жорсткого контролю за використанням такої продукції. Крім того, потрібно привести систему обігу продуктів, що містять у своєму складі ГМО або їх компоненти, у відповідність до європейської, чітко визначивши їхній перелік. Та ГМО-вмісна продукція, котра заборонена для використання на території держав-членів ЄС, але перебуває в широкому вжитку на території України, має бути вилучена з обігу на підставі спеціального нормативно-правового акту, який повинен бути

якомога швидше розроблений та введений у дію парламентом. В іншому разі, українські продукти харчування не матимуть попиту на ринках згаданих країн, а конституційні біоетичні права громадян України на життя, здоров'я та безпечне довкілля постійно порушуватимуться. Зважаючи на те, що, відповідно до міжнародних біоетичних стандартів, обов'язковою вимогою є інформування споживача не тільки про наявність ГМО в продуктах споживання, а й про можливі ризики для здоров'я, пов'язані з їх застосуванням, відповідна інформація має широко розповсюджуватися у суспільстві через ЗМІ та інші доступні засоби поширення даних. Під час упровадження загальносвітового, регіонального і міжрегіонального міжнародного біоетичного законодавства та формуванні відповідних, у тому числі модельних біоетичних кодексів, розділи цих міжнародно-правових актів, присвячені питанням гарантування біобезпеки в суспільстві при створенні та використанні ГМО та їх компонентів, мають містити чіткі правила поводження з останніми, окремі правові механізми регулювання їх використання, а також визначати порядок і межі застосування ГМО [12].

Ці акти повинні запроваджувати уніфіковані міжнародні біоетичні стандарти щодо гарантування біобезпеки, пов'язаної зі створенням та використанням продукції з ГМО або їх компонентами, на території усіх континентів світу [1].

Згідно з такими стандартами, жоден продукт, що містить ГМО або їх компоненти (незалежно від його призначення), котрий не пройшов ретельної перевірки щодо його впливу на здоров'я людини, стан екосистем або їх складових як при короткостроковому, так і при довгостроковому вживанні, не повинен потрапляти до обігу в суспільстві, а порушення цих правил має передбачати найжорсткіші санкції. Крім того, вилученню із суспільного обігу повинні підлягати й ті продукти з ГМО або їх компонентами, які активно використовувалися без проведення належної перевірки або виявили свій негативний вплив на здоров'я чи життя людини, стан довкілля чи оптимальне функціонування екосистем ще до запровадження згаданих стандартів. Міжнародні біоетичні стандарти щодо гарантування біобезпеки, пов'язаної зі створенням та використанням продукції з ГМО або їх компонентами, мають установлювати такий правовий режим, при якому вивчення наслідків впливу ГМО на здоров'я та життя людини, всі живі організми й довкілля повинні проводитися виключно в закритому просторі й одночасно в різних регіонах планети. До моменту отримання комплексних, добре перевічених результатів таких досліджень і без наявності об'єктивної фахової міжнародної експертної оцінки останніх, ГМО-продукція не може допускатися у межі відкритого простору. Відтак, ця продукція повинна бути повністю вилучена з широкого обігу, а її вживання та використання мають бути суворо заборонені до отримання даних про стовідсоткову безпеку такої продукції [14].

Висновки.

1. При використанні того чи іншого методу аналізу ГМО, слід враховувати його чутливість, тривалість реакції, доступність та простоту виконання, вартість реагентів і обладнання, а та-

кож можливість здійснювати одночасне детектування якомога більшої кількості зразків.

2. Найбільш широко застосовуваними методами аналізу ГМО є різні варіанти полімеразної ланцюгової реакції. Використання ДНК-біосенсорів дозволяє здійснювати більш якісний скринінг трансгенів. При використанні мікроарей-технологій є можливість детектування необмеженої кількості різних досліджуваних зразків трансгенів.
3. Міжнародні біоетичні стандарти щодо гарантування біобезпеки, пов'язаної зі створенням та використанням продукції з ГМО або їх компонентами, мають установлювати такий правовий режим, при якому вивчення наслідків впливу ГМО на здоров'я та життя людини, всі живі організми й довкілля повинні проводитися виключно в закритому просторі й одночасно в різних регіонах планети. До моменту отримання комплексних, добре перевірених результатів таких досліджень і без наявності об'єктивної фахової міжнародної експертної оцінки останніх, ГМО-продукція не може допускатися у межі відкритого простору.

Список використаних джерел:

1. Всеобщая декларация о биоэтике и правах человека от 19 октября 2005 г. [Электронный ресурс] / Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (UNESCO). – Режим доступа: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180r.pdf>.
2. Генетически модифицированные источники пищи: оценка безопасности и контроль / под ред. В.А. Тутельяна. – М. : Издво РАМН, 2007. – С. 71-72.
3. Ермишин А.П. Биотехнология. Биобезопасность. Биоэтика / А.П. Ермишин и др. ; под ред. А.А. Ермишина. – Мн. : Техналогія, 2005. – 430 с.
4. Конвенція ООН про охорону біологічного різноманіття від 5 червня 1992 р. [Електронний ресурс] / Конвенцію ратифіковано Законом України № 257/94-ВР від 29 листопада 1994 р. – Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/995_030.
5. Кузнецов В.В. Возможные биологические риски при использовании генетически модифицированных сельскохозяйственных культур / В.В. Кузнецов // Вестник ДВО РАН. – 2005. – №3. – С. 40-54.
6. Маєш знати, що вживати – проблема генетично-модифікованих організмів (ГМО) в Україні – реальність сьогодні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ukrcsm.kiev.ua/media/umtst_doc/publication/gmo1.pdf.
7. Про правові основи функціонування системи біобезпеки під час здійснення генетично-інженерної діяльності та обігу ГМО в контексті застосування міжнародних біоетичних стандартів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.viche.info/journal/3580>.
8. Сарбаканова Ш.Т. Определение ГМО в продуктах и кормах для животных (методические рекомендации) / Ш.Т. Сарбаканова, Н.С. Омарбек. – Алматы, 2014. – 11 с.
9. Секан А.С. Сучасні методи молекулярного аналізу генетично модифікованих рослин / А.С. Секан, Б.В. Сорочинський // *Biotechnologia Acta*. – 2011. – Т. 4, №1. – С. 106-114. – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/biot20114112>.
10. Сорочинський Б.В. Біотехнологічні (генетично модифіковані) рослини / Б.В. Сорочинський, О.О. Данильченко, Г.В. Кріпка. – 2-е вид, доп. – К. : КВІЦ, 2006. – 220 с.

11. Сорочинський Б.В. Непередбачені ефекти генетичних модифікацій рослин та методи їхнього аналізу / Б.В. Сорочинський, О.М. Бурлака, В.Д. Науменко, А.С. Секан // Цитология и генетика. – 2011. – Т. 45, №4. – С. 65-75.
12. Третьякова В. Міжнародно-правові аспекти сучасної біоетики / В. Третьякова // Віче. – 2012. – №24. – С. 19-21.
13. Чмиленко Ф.А. Определение ГМО в продуктах питания. Сравнение методик выделения ДНК / Ф.А. Чмиленко, Н.П. Минаева, Л.П. Сидорова // Методы и объекты химического анализа. – 2011. – Т. 6, №1. – С. 28-37.
14. Чому мораторій на ГМО може лише збільшити їх кількість в Україні? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agravery.com/uk/posts/author/show?slug=comu-moratorij-na-gmo-moze-lise-zbilstiti-ih-kilkist-v-ukraini>.

References:

1. Vseobshhaja deklaracija o biojetike i pravah cheloveka ot 19 oktjabrja 2005 g. [Elektronnij resurs] / Organizacija Ob"edinennyh Nacij po voprosam obrazovanija, nauki i kul'tury (UNESCO). – Rezhim dostupu: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180r.pdf>.
2. Geneticheski modifirovannye istochniki pishhi: ocenka bezopasnosti i kontrol' / pod red. V.A. Tutel'jana. – M. : Izdvo RAMN, 2007. – S. 71-72.
3. Ermishin A.P. Biotehnologija. Biobezopasnost'. Biojetika / A.P. Ermishin i dr. ; pod red. A.L. Ermishina. – Mn. : Tjehnologija, 2005. – 430 s.
4. Konvencija OON pro okhoronu biologichnogo riznomanittja vid 5 chervnja 1992 r. [Elektronnyj resurs] / Konvenciju ratyfikovano Zakonom Ukrainy №257/94-VR vid 29 lystopada 1994 r. – Rezhym dostupu: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/995030>.
5. Kuznecov V.V. Vozmozhnye biologicheskie riski pri ispol'zovanii geneticheski modifirovannyh sel'skohozjajstvennyh kul'tur / V.V. Kuznecov // Vestnik DVO RAN. – 2005. – №3. – S. 40-54.
6. Majesh znaty, shho vzhvyaty – problema ghenetychno-modyfikovanykh orghanizmv v Ukraini – realnistj sjoghodennja [Elektronnyj resurs]. – Rezhym dostupu: http://ukrcsm.kiev.ua/media/umst_doc/publication/gmo1.pdf.
7. Pro pravovi osnovy funkcionuvannja systemy biobezpeky pid chas zdjennja ghenetychno-inzhenernoj dijajlnosti ta obighu GhMO v konteksti zastosuvannja mizhnarodnykh bioetychnykh standartiv [Elektronnyj resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.viche.info/journal/3580>.
8. Sarbakanova Sh.T. Opredelenie GMO v produktah i kormah dlja zhivotnyh (metodicheskie rekomendacii) / Sh.T. Sarbakanova, N.S. Omarbek. – Almaty, 2014. – 11 s.
9. Sekan A.S. Suchasni metody molekularnogo analizu ghenetychno-modyfikovanykh roslyn / A.S. Sekan, B.V. Sorochynskij // Biotechnologia Acta. – 2011. – Т. 4, №1. – S. 106-114. – Rezhym dostupu: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/biot20114112>.
10. Sorochynskij B.V. Biotekhnologichni (ghenetychno-modyfikovani) roslyny / B.V. Sorochynskij, O.O. Danylchenko, Gh.V. Kripka. – 2-e vyd., dop. – K. : KVIC, 2006. – 220 s.
11. Sorochynskij B.V. Neperedbacheni efekty ghenetychnykh modifikacij roslyn ta metody jikhnjogho analizu / B.V. Sorochynskij, O.M. Burlaka, V.D. Naumenko, A.C. Sekan // Cytologyja y ghenetyka. – 2011. – Т. 45, №4. – S. 65-75.
12. Tretjjakova V. Mizhnarodno-pravovi aspekty suchasnoj bioetyky / V. Tretjjakova // Viche, 2012. – №24. – S. 19-21.
13. Chmilenko F.A. Opredelenie GMO v produktah pitaniya. Sravnenie metodik vydelenija DNK / F.A. Chmilenko, N.P. Minaeva, L.P. Sidorova // Metody i obekty himicheskogo analiza. – 2011. – Т. 6, №1. – S. 28-37.

14. Chomu moratorij na GhMO mozhe lyshe zbilshyty jikh kiljkistj v Ukraini?. [Elektronnyj resurs]. – Rezhym dostupu: <http://agravery.com/uk/posts/author/show?slug=comu-moratorij-na-gmo-moze-lise-zbiltsiti-ih-killkistj-v-ukraini>.

A. I. Lubinsky, D.Agric. Sc., Professor
e-mail: lubin.alex@gmail.com

Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University
Ohiienko str., 61, Kamianets-Podilskyi, 32301, Ukraine

MODERN METHODS OF DETERMINATION OF GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS OF PLANTS AND PRODUCTION

The article deals with analysis of modern methods of identifying genetically modified organisms of plants and products. When using this or that GMO analysis method, we should take into account its sensitivity, response time, availability and ease of execution, the cost of reagents and equipment, as well as the ability to simultaneously detect as many samples as possible.

The most common are polymerase chain reaction (PCR), quantitative real-time PCR and multiple PCR. The use of DNA-biosensors allows for a better screening of transgenes. When using microarray technology it is possible to detect an unlimited number of different samples of transgenes studied.

The modern analytical approaches to the identification, detection and quantification of transgenic DNA in plant material and food products are presented and analyzed. The legal bases of functioning of the biosafety system during the implementation of genetic engineering activities and GMO treatment in accordance with international bioethical standards are generalized.

International bioethical standards on biosecurity related to the creation and use of products with GMOs or their components should establish a legal regime in which the study of the effects of GMOs on human health and life, all living organisms and the environment should be conducted solely in closed space and simultaneously in different regions of the planet. By the time of obtaining comprehensive, well-tested results of such research and without an objective international expert assessment, GMO products can not be allowed to consume.

Key words: GMO, PCR, real time PCR, bioethics, detection, DNA-biosensors, identification, microarray analysis.

А. И. Любинский, д.с.-х.н., профессор
e-mail: lubin.alex@gmail.com

Каменец-Подольский национальный университет имени Ивана Огненко
ул. Огненко, 61, г. Каменец-Подольский, 32301, Украина

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОРГАНИЗМОВ РАСТЕНИЙ И ПРОДУКЦИИ

В статье представлен анализ современных методов выявления генетически модифицированных организмов растений и продукции. При использовании того или иного метода анализа ГМО, следует учитывать его чувствительность, продолжительность реакции, доступность и простоту выполнения, стоимость реагентов и оборудования, а также возможность осуществлять одновременное детектирование как можно большего количества образцов.

Наиболее распространенными являются методы полимеразной цепной реакции (ПЦР), количественной ПЦР реального времени и множественной ПЦР. Использование ДНК-биосенсоров позво-

ляет осуществлять более качественный скрининг трансгенов. При использовании микроарей-технологий является возможность детектирования неограниченного количества различных исследуемых образцов трансгенов.

Подано и проанализированы современные аналитические подходы к идентификации, детектированию и количественного определения трансгенной ДНК в растительном сырье и продуктах питания. Обсуждены правовые основы функционирования системы биобезопасности при осуществлении генетически-инженерной деятельности и обращения с ГМО в соответствии с международными биотическими стандартами.

Международные биотические стандарты по обеспечению биобезопасности, связанной с созданием и использованием продукции с ГМО или их компонентами, должны устанавливать такой правовой режим, при котором изучение последствий влияния ГМО на здоровье и жизнь человека, все живые организмы и окружающую среду должны проводиться исключительно в закрытом пространстве и одновременно в разных регионах планеты. К моменту получения комплексных, хорошо проверенных результатов таких исследований и без наличия объективной профессиональной международной экспертной оценки, ГМО-продукция не может допускаться в пределы открытого пространства.

Ключевые слова: ГМО, ПЦР, ПЦР реального времени, биоэтика, детектирования, ДНК-биосенсоры, идентификация, микроарей-анализ.

Отримано: 19.10.2018

УДК 377.36

DOI: 10.32626/2519-8955.2018-3.126-142

А. Г. Саблук, здобувач
e-mail: lab.eco@idri.edu.ua
Уманський державний педагогічний
університет імені Павла Тичини
вул. Садова, 2, м. Умань, 20300, Україна

СТРУКТУРА ГОТОВНОСТІ МАЙБУТНІХ МОЛОДШИХ СПЕЦІАЛІСТІВ СЕСТРИНСЬКОЇ СПРАВИ ДО ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

У статті відповідно до поставленої мети розкрито структуру та сутність структурних елементів готовності майбутніх молодших спеціалістів сестринської справи до професійної діяльності, до якої віднесено критерії, показники та рівні. Для розкриття мети дослідження використано теоретичний метод – аналіз наукових джерел із проблеми дослідження, метод узагальнення та класифікації. Визначено критерії готовності майбутніх медичних сестер до професійної діяльності: інтелектуально-когнітивний (інформаційний, пізнавальний, орієнтаційний), мотиваційно-ціннісний (вольовий, емоційний, рефлексивний), операційно-діяльнісний (процесуальний, практичний, оцінний). Встановлено, що мотиваційно-