Кучинська Ірина Вікторівна,
головний науковий співробітник
Українського науково-дослідного інституту
спеціальної техніки та судових експертиз
СБУ, кандидит фармацевтичних наук

АНАЛІЗ КАНАБІСУ ТА ЙОГО ПРОДУКТІВ У КОНТЕКСТІ СУДОВОЇ ЕКСПЕРТИЗИ: АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ КРИМІНАЛІСТИКИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

В умовах воєнного стану питання криміналістики та судової експертизи набувають особливої актуальності. Різноманітні виклики, що виникають у цей період, вимагають від науковців та практиків оперативних і точних методів дослідження. Однією з важливих сфер є аналіз рослинних матеріалів, зокрема канабісу, оскільки його нелегальний обіг і використання значно зростають в умовах соціально-економічної нестабільності. Точність і надійність методів, які використовуються для виявлення та ідентифікації наркотичних речовин, стають критично важливими не лише для правосуддя, але й для забезпечення громадського порядку.

Регулятивні заходи щодо канабісу стикаються з новими формами його використання. Сучасні продукти канабісу містять високий рівень ТГК або канабідіолу (далі – КБД). Вони використовуються у харчових продуктах (випічка, цукерки, напої), електронних цигарках та рідинах для вейпінгу. Смола канабісу тепер часто випускається у розсипчастому вигляді і може містити високий рівень КБД.

Зростання різноманітності цих матеріалів вимагає від судових експертів оновлення методів аналізу для забезпечення точності результатів. Експерти мають виявляти та кількісно визначати низькі рівні ТГК, диференціювати його ізомери (Δ9-ТГК і Δ8-ТГК), ідентифікувати інші канабіноїди. Це потребує надійних, відтворюваних і чутливих методів аналізу, проте відсутність еталонних матеріалів ускладнює роботу лабораторій.

Для України ця тема актуальна через зростання ринку рекреаційних продуктів з канабісом. Швидке поширення цих речовин, їхня невідома психоактивність та відсутність контролю становлять соціальну небезпеку і потребують подальших досліджень, які вже проводяться у країнах ЄС.

Розробка методів для ідентифікації та кількісного визначення канабіноїдів у різних матрицях є важливим завданням. Судовий експерт має бути в курсі сучасних тенденцій аналізу заборонених

речовин та використовувати останні дані аналітичної й судово-криміналістичної літератури у своїй роботі. Це допоможе обирати методи досліджень, враховуючи ресурси й обладнання лабораторій.

Для судово-криміналістичних досліджень важливі наступні компоненти канабісу: тетрагідроканабінолова кислота (далі – ТГКК), канабінол (далі – КБН), КБД, канабігерол (далі –КБГ), канабіварин (далі – КБВ) і канабіхромен (далі – КБХ). ТГК, КБД і КБХ є основними фітоканабіноїдами канабісу. У свіжій біомасі 95% цих компонентів існують у вигляді вихідних сполук: ТГКК, канабідіолової кислоти (далі – КБДК) і канабіхроменової кислоти (далі – КБХК), утворених ферментативним каталізом канабігеролової кислоти. Відповідні ТГК, КБД і КБХ утворюються шляхом декарбоксилювання під впливом світла і тепла.

Декарбоксилювання рідко завершується повністю, тому обидві форми залишаються в матриці. КБН є продуктом розкладу ТГК. Потрібно враховувати фактори, що впливають на стабільність канабіноїдів і результати аналізу, такі як декарбоксилювання ТГКК, окислення ТГК до КБН, ізомеризація Δ9-ТГК у Δ8-ТГК.

Декарбоксилювання ТГКК з утворенням ТГК відбувається під час збору і сушіння конопель, нагріванні зразка, наприклад, при палінні, під впливом світла та при хімічних дослідженнях. У таких умовах ТГК може перетворитися на КБН. Тому вирішальне значення мають правильне зберігання зразків і вибір методів аналізу.

Стабільність канабіноїдів важлива для визначення загального вмісту ТГК. За вмістом ТГК і КБН можна визначити вік зразка конопель, тому порівняльний аналіз стає недоцільним через три місяці після вилучення матеріалу.

Для рутинного аналізу канабісу та продуктів, що його містять, важливо використовувати репрезентативний матеріал. Загальні аспекти відбору зразків наведені в «Посібнику з репрезентативного відбору зразків наркотиків» і «Посібнику з відбору зразків незаконних наркотиків для кількісного аналізу» Робочої групи з наркотиків ENFSI.

Зберігання рослинної сировини має відбуватися в темному місці при температурі –20 °C, щоб запобігти окисленню ТГК до КБН. Свіжий рослинний матеріал слід зберігати в паперових пакетах, щоб уникнути плісняви через високу вологість. Зразки потрібно висушити: при температурі нижче 70 °C до постійної ваги і вмісту вологи 8-13%, або при 40 °C у печі протягом 12 годин.

Для якісного хроматографічного аналізу гомогенізація рослинного канабісу не є обов’язковою, якщо використовуються

частини з найвищими рівнями ТГК, також не є необхідним сушіння смоли канабісу.

Харчові продукти, напої або добавки, що містять канабіноїди, потребують підготовки перед аналізом. Зазвичай рідкі зразки змішують з розчинником, гомогенізують і, за потреби, декарбоксилюють. Така підготовка може призвести до перевантаження аналізатора й недостовірних результатів. Процедура екстрагування є ключовим етапом підготовки зразків канабісу. Вона повинна бути простою, селективною та відтворюваною. Для екстракції використовують розчинники різної полярності залежно від ліпофільності компонентів канабісу.

Поширені методи екстракції включають рідинно-рідинне екстрагування для витягання біоактивних речовин з олій або інших рідин, і твердо-рідинне екстрагування для рослинного матеріалу. На вихід канабіноїдів впливають кількість послідовних екстракцій, розмір частинок і температура. Екстракція при високих температурах викликає декарбоксилювання канабіноїдних кислот до нейтральних сполук, що спотворює результати, тому рекомендується використовувати ультразвук, мікрохвилі, рідинне екстрагування під тиском і надкритичне рідинне екстрагування.

Взагалі вибір методу залежить від цілей аналізу, характеристик об'єктів та аналітичних вимог (якісні і/або кількісні дані, визначення низьких рівнів Δ9-ТГК, диференціювання ізомерів Δ9-ТГК, виявлення інших канабіноїдів).

Тонкошарова хроматографія використовується для початкового якісного скринінгу канабіноїдів як простий і доступний метод. Газова хроматографія (далі – ГХ) є швидким методом з відмінними роздільними властивостями для аналізу канабіноїдів у рослинних матеріалах і біологічних матрицях, однак вона не підходить для ідентифікації канабіноїдних кислот (ТГКК і КБДК) через їх декарбоксилювання у високотемпературному інжекторі.

У продуктах, не призначених для куріння, ТГК і ТГКК слід ідентифікувати та кількісно визначати окремо, оскільки ТГК підлягає міжнародному контролю. Для збереження кислотної структури канабіноїдів проводять дериватизацію, яка покращує профіль канабіноїдів, але ускладнює та здорожчує аналіз. Неповна дериватизація може призвести до неточних результатів через термічну деградацію.

Найпоширенішими детекторами для ГХ є мас-спектрометричний (далі – МС) та полум'яно-іонізаційний (далі – ПІД). ГХ-МС забезпечує високий рівень фрагментації та ідентифікацію

через бібліотеки даних, тоді як ГХ-ПІД пропонує економічний метод з високою роздільною здатністю та широким динамічним діапазоном для точного кількісного визначення канабіноїдів.

Для точної ідентифікації та кількісного визначення канабіноїдів використовують ретельний вибір хроматографічних методів у поєднанні з чутливими методами виявлення. Рідинна хроматографія (далі – РХ) є передовим методом для складних зразків канабіноїдів. Вісокоефективна рідинна хроматографія (далі – ВЕРХ) та ультраефективна РХ дозволяють скоротити час розділення та аналізувати всі канабіноїди, включно з кислотними попередниками, без дериватизації, зберігаючи автентичний склад.

Для кількісного визначення канабіноїдів у складних екстрактах використовують детектори на діодній матриці та УФ-детектори, які є простими та недорогими методами з точними результатами. Детектори на діодній матриці вимірюють широкий діапазон довжин хвиль одночасно, забезпечуючи детальніший аналіз.

РХ-МС є переважним методом аналізу канабіноїдів, дозволяючи досліджувати їх у будь-якому типі мас-детектора. Часопрольотний мас-детектор (далі – TOF), окремо або в комбінації з квадруполем, використовують для ідентифікації та кількісного визначення канабіноїдів у складних матрицях, таких як харчові продукти з канабісом.

Через подібність маси та фрагментації канабіноїдів використовують подвійний підхід: хроматографічне розділення з діодним детектором і квадрупольний кількісний аналіз. Мас-детектор з потрійним квадруполем особливо корисний для аналізу сполук з низькою концентрацією канабіноїдів, наприклад, у рідинах людського організму.

Мас-детектори з іонною пасткою, такі як Orbitrap, часто поєднують із квадрупольним мас-детектором, створюючи QTrap. Ці детектори забезпечують багатоетапний мас-спектроскопічний аналіз з високою роздільною здатністю. Orbitrap та LC-QqQ використовують для дослідження продуктів з низьким вмістом канабіноїдів.

Метод ядерного магнітного резонансу (далі – ЯМР) є потужним інструментом для аналізу хімічних сполук, включно з канабіноїдами. У судово-криміналістичних лабораторіях ЯМР використовують для ідентифікації та кількісного визначення канабіноїдів у наркотичних засобах. ЯМР ґрунтується на вимірюванні електромагнітних сигналів, які надають інформацію про структуру та кількість речовин. Пряме вимірювання можливе для олій канабісу без необхідності калібрування

стандартними зразками, що дозволяє швидко визначати склад багатокомпонентних сумішей.

Останніми роками для аналізу канабісу активно використовують інфрачервону та раманівську спектроскопію. Метод ближньої інфрачервоної спектроскопії є найпоширенішим у спектральному діапазоні інфрачервоної спектроскопії. Переваги цих методів включають зручність, швидкість, а також неінвазивний та неруйнівний аналіз без потреби у попередній обробці зразків. Портативні такі пристрої дозволяють проводити тестування поза лабораторією. Однак ці методи мають нижчу чутливість порівняно з РХ і ГХ та вимагають багатовимірного аналізу даних. Результати раманівської спектроскопії можуть спотворюватися флуоресцентними молекулами, такими як хлорофіл.

Для аналізу складних матриць, як у випадку з канабісом, використовують хемометричні інструменти, які допомагають здобувати необхідну інформацію із отриманих даних.

Надійність та відтворюваність даних, отриманих у судово-криміналістичних лабораторіях, є важливими для слідства та судових розглядів. Лабораторії мають використовувати акредитовані методи ISO/IEC 17025, зокрема для визначення Δ9-ТГК та інших канабіноїдів, дотримуючись законодавства (0,08% – максимально допустима норма ТГК в Україні).

Аналітичні стандарти є ключовими для кількісного аналізу канабіноїдів. Доступні стандарти від виробників, таких як Cayman, Cerilliant, Accu Standard, Merck, Restek, LGC Standards та Reagecon Diagnostics.

Морфологічні та хіміко-аналітичні методи зазвичай достатні для ідентифікації канабісу. У випадках, коли зразок не має виразних морфологічних ознак або містить низький рівень ТГК, ефективнішою є ідентифікація канабісу на основі аналізу ДНК.

Перелік методів дослідження канабісу не є вичерпним, охоплено лише основні.

Таким чином, інтеграція новітніх аналітичних технологій та підходів у практику криміналістичних та судових досліджень є необхідною для ефективного вирішення актуальних питань у сфері правопорядку в умовах воєнного стану. Це забезпечить не лише точність і надійність експертиз, але й підвищить загальний рівень безпеки та законності в суспільстві.