

УДК 638.162.3:638.163.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2026-1-202>

Людмила ЛАЗАРЄВА

кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувачка лабораторії оцінки методів якості та безпечності продукції бджільництва, ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича», вул. Заболотного, 19, м. Київ, Україна, 03680 (medlab1961@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7846-6191

Володимир ПОСТОЄНКО

доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, директор ННЦ, «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича», вул. Заболотного, 19, м. Київ, Україна, 03680 (vpostoenko@ukr.net)

ORCID: 0000-0002-6515-7004

Євген РУДЕНКО

доктор ветеринарних наук, професор, член-кореспондент НААН, провідний науковий співробітник лабораторії клінічної біохімії ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», вул. Григорія Сковороди, 83, м. Харків, Україна, 61023 (rud.ev.v@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-2200-2758

Олена РУДЕНКО

кандидат ветеринарних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник лабораторії клінічної біохімії ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», вул. Григорія Сковороди, 83, м. Харків, Україна, 61023 (rudenko.elena.bio@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-5736-0654

Лариса АКІМЕНКО

кандидат біологічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник лабораторії оцінки методів якості та безпечності продукції бджільництва, ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича», вул. Заболотного, 19, м. Київ, Україна, 03680 (akymenko1@ukr.net)

ORCID: 0000-0002-2773-9927

Ганна ПОСТОЄНКО

доктор філософії, старший науковий співробітник лабораторії технологічних та спеціальних заходів профілактики захворювань бджіл, ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича», вул. Заболотного, 19, м. Київ, Україна, 03680 (vethannap@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-9889-8028

Олександр МІЩЕНКО

кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії технологій утримання бджіл і виробництва продукції бджільництва, ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича», вул. Заболотного, 19, м. Київ, Україна, 03680 (ot.beekeeper.ua@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-9970-8540

Бібліографічний опис статті: Лазарева Л., Постоєнко В., Руденко Є., Руденко О., Акименко Л., Постоєнко Г., Міщенко О. (2026). Аналіз меду на вміст пилкових зерен із рослин, які продукують алкалоїди піролізидини *Фітотерапія. Часопис*, 1, 202–211, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2026-1-202>

АНАЛІЗ МЕДУ НА ВМІСТ ПИЛКОВИХ ЗЕРЕН ІЗ РОСЛИН, ЯКІ ПРОДУКУЮТЬ АЛКАЛОЇДИ ПІРОЛІЗИДИНИ

Актуальність. Мед – унікальний натуральний продукт, який виробляється у природному середовищі та може бути забруднений сторонніми речовинами, зокрема алкалоїдами, які потрапляють у мед із нектару рослин. Поширення рослин – потенційних виробників алкалоїдних речовин може істотно вплинути на корисні властивості меду, знизити конкурентність вітчизняної продукції на світовому ринку. Проведення моніторингових досліджень меду щодо визначення вмісту пилкових зерен рослин, які можуть продукувати алкалоїди, є актуальним напрямом наукових досліджень, зокрема за умов зміни клімату та інтродукції рослин із південних широт у північні регіони, і спрямовані на захист споживачів.

Мета дослідження – моніторинг за країні п'ять років меду різного ботанічного походження за вмістом пилкових зерен рослин, які продукують алкалоїди, установлення їхнього впливу на фізико-хімічні показники його якості згідно з чинною нормативною документацією та обґрунтування використання методу пилкового аналізу для прогнозування наявності алкалоїдів-піролізидинів у меді.

Матеріал і методи. Вибір проб меду, аналіз фізико-хімічних показників здійснювали згідно з ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови». Пилковий склад меду проводили за загальноприйнятими міжнародними методами.

Результати дослідження. Проаналізовано 686 зразків меду з різних регіонів України, з яких 273 зразки містили пилкові зерна рослин, котрі можуть продукувати алкалоїди.

Виявлено, що найчастіше у зразках меду зустрічається пилкок чортполоху (*Carduus L.*) до 12%, найбільший вміст має пилкок чорнокореня (*Cynoglossum officinale L.*) – 28% у зразку меду з Дніпропетровської області, друге місце займає пилкок карагани дерев'янистої (*Caragana arborescens Lam.*) – 15% (Чернігівська область), найбільший вміст волошки (*Centaurea L.*) – до 9% спостерігався у зразках меду Закарпатської та Київської областей, пилкок родини бурачникових (*Boraginaceae*) – 5% присутній у Черкаській, Київській та Одеській областях. Установлено, що за фізико-хімічними показниками досліджені зразки меду відповідали вимогам чинної нормативної документації.

Висновок. Показано наявність у медах пилкових зерен алкалоїдовмісних рослин, що обґрунтовує необхідність моніторингових досліджень за показником вмісту піролізидинових алкалоїдів (ПА). Установлено, що за період із 2022 до 2025 р. кількість зразків з вмістом пилкових зерен рослин – продуцентів ПА змінилася з 14% до 48%. Показано, що найчастіше у зразках меду зустрічається пилкок родини бурачникових (*Boraginaceae*) – 5%, чортполоху (*Carduus L.*) – до 12%, чорнокореня (*Cynoglossum officinale L.*) – 28%, карагани дерев'янистої (*Caragana arborescens Lam.*) – 15%, волошки (*Centaurea L.*) – до 9%. Дослідженнями доведено, що зразки меду різного ботанічного походження з вмістом пилкових зерен рослин – продуцентів алкалоїдів за масовою часткою води, вмістом діастази відповідають вимогам вітчизняних нормативних документів. Обґрунтовано використання методу пилкового аналізу для прогнозування наявності алкалоїдів у меді, що здеешевлює лабораторні дослідження з їх виявлення.

Ключові слова: мед, вміст води, діастаза, алкалоїди, піролізидини.

Liudmyla LAZARIEVA

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Laboratory for Assessing Methods of Quality and Safety of Beekeeping Products National Scientific Center «P. I. Prokopovich beekeeping institute», Zabolotnogo, 19, Kiev, Ukraine, 03680 (medlab1961@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7846-6191

Volodymyr POSTOJENKO

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Director of the NSC «Institute of Beekeeping named after P. I. Prokopovich», Ukraine National Scientific Center «P. I. Prokopovich Beekeeping Institute», Zabolotnogo, 19, Kiev, Ukraine, 03680 (vpostoenko@ukr.net)

ORCID: 0000-0002-6515-7004

Yevhen RUDENKO

Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Agrarian Sciences, Clinical biochemistry laboratory, National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine», Hrygoriia Skovorody, 83, Kharkiv, Ukraine, 61023 (rud.ev.v@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-2200-2758

Olena RUDENKO

Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher, Clinical biochemistry laboratory, National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine», Hrygoriia Skovorody, 83, Kharkiv, Ukraine, 61023 (rudenko.elena.bio@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-5736-0654

Larysa AKYMENKO

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher Fellow of the Laboratory of Assessment of Methods of Quality and Safety of Beekeeping Products, National Scientific Center «P. I. Prokopovich Beekeeping Institute», Zabolotnogo, 19, Kiev, Ukraine, , 03680 (akymenkol@ukr.net)

ORCID: 0000-0002-2773-9927

Hanna POSTOJENKO

Doctor of Philosophy, Senior Researcher of the Laboratory of Technological and Special Measures for the Prevention of bee Diseases, National Scientific Center «P. I. Prokopovich Beekeeping Institute», Zabolotnogo, 19, Kyiv, Ukraine, 03127 (vethannap@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-9889-8028 (apostoenko@ukr.net)

Oleksandr MISHCHENKO

Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Beekeeping Technologies and Beekeeping Product Production, National Scientific Center «P. I. Prokopovich Beekeeping Institute», Zabolotnogo, 19, Kiev, Ukraine, 03680 (om.beekeeper.ua@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-9970-8540

To cite this article: Lazarijeva L., Akymenko L., Postoienko V., Rudenko Ye., Rudenko O., Postoienko H., Mishchenko O. (2026). Analiz medu na vmistu pylkovykh zeren z roslyn, yaki produkuiut alkaloidy pirolizydy (Honey analysis for pollen grains that produce pyrrolizidine alkaloids). *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 1, 202–211, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2026-1-202>

HONEY ANALYSIS FOR POLLEN GRAINS THAT PRODUCE PYRROLIZIDINE ALKALOIDS

Actuality. Honey is a unique natural product that is produced in a natural environment and can be contaminated with foreign substances, including alkaloids that enter honey from plant nectar. The spread of plants that are potential producers of alkaloids can significantly affect the beneficial properties of honey and reduce the competitiveness of domestic products on the world market. Monitoring studies of honey to determine the content of pollen grains of plants that can produce alkaloids is a relevant area of scientific research at the present time, in particular, under conditions of climate change and the introduction of plants from southern latitudes to northern regions and is aimed at protecting consumers. .

The purpose of the study – is to monitor over the past 5 years honey of various botanical origins for the content of pollen grains of plants that produce alkaloids, to establish their impact on the physicochemical indicators of its quality according to current regulatory documentation, and to substantiate the use of the pollen analysis method to predict the presence of alkaloids – pyrrolizidines in honey.

Material and methods. Honey sampling and analysis of physicochemical parameters were carried out in accordance with DSTU 4497: 2005 «Natural honey. Technical conditions». The pollen composition of honey was determined using generally accepted international methods.

Research results. 686 honey samples from different regions of Ukraine were analyzed, of which 273 samples contained pollen grains that can produce alkaloids. It was found that . most often in honey samples there is thistle pollen (*Carduus L.*) up to 12%, the highest content is black root pollen (*Cynoglossum officinale L.*) – 28% in a honey sample from the Dnipropetrovsk region, the second place is taken by wood caragana pollen (*Caragana arborescens Lam.*) – 15% (Chernihiv region), the highest content of cornflower (*Centaurea L.*) up to 9% was observed in the Transcarpathian and Kyiv regions, pollen of the Boraginaceae family (*Boraginaceae*) 5% was present in the Cherkasy, Kyiv and Odessa regions. It was established that the physicochemical parameters of the honey complied with the current regulatory documentation.

Conclusion. The presence of pollen grains from alkaloid-containing plants in honeys is shown, which justifies the need for monitoring studies on the content of pyrrolizidine alkaloids (PA). It was established that during the period from 2022 to 2025, the number of samples containing pollen grains of PA-producing plants changed from 14 to 48%. It was shown that the most common pollen in honey samples was the pollen of the Boraginaceae family (*Boraginaceae*) – 5%, thistle (*Carduus L.*) up to 12%, black root (*Cynoglossum officinale L.*) – 28%, caragana arborescens Lam.) – 15%, cornflower (*Centaurea L.*) up to 9%. It has been established that honey samples of various botanical origins containing pollen grains from plants that produce alkaloids meet the requirements of regulatory documents in terms of organoleptic parameters, color, mass fraction of water, and diastase content. The use of the pollen analysis method for predicting the presence of alkaloids in honey is justified, which reduces the cost of laboratory studies for their detection.

Key words: honey, water content, diastase, alkaloids, pyrrolizidines.

Вступ. Актуальність. Мед – унікальний натуральний продукт, який виробляється бджолами з нектару різних квіткових нектароносних рослин та використовується і споживається у всьому світі завдяки його солодкому смаку, поживним та корисним для здоров'я властивостям. Відомо, що він виробляється у природному середовищі та може бути забруднений багатьма природними речовинами (Dubreil-Chéneau et al., 2013).

Аналіз літературних джерел показує, що деякі види квіткового нектару можуть призвести до токсичності меду (Islam et al., 2014).

Природними токсичними речовинами, які можуть потрапляти в мед, є, серед інших, піролізидинові алкалоїди (ПА). В останні роки можна відзначити зростання занепокоєння щодо безпеки

харчових продуктів, у тому числі вмісту в них піролізидинових алкалоїдів. Опубліковано низку робіт про наявність піролізидинів у продуктах харчування, зокрема меду, іноді у дуже високих концентраціях (Bandini, Spisso, 2022; Nakatani et al., 2025; Bodi, et al., 2014; Cramer, Beuerle, 2012; Dübecke et al., 2011). Установлення наявності алкалоїдів у меду є вимогою відповідної Директиви ЄС (Commission Regulation (EU) 2020/2040 of 11 December 2020 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of pyrrolizidine alkaloids in certain foodstuffs (Text with EEA relevance) © EUR-Lex, 14/12/2020, eur-lex.europa.eu), тому використання методу пилкового аналізу може доповнити та вдосконалити дороговартісні методи визначення вмісту ПА у меду.

Тому з метою захисту споживачів актуальним є моніторинг умісту ПА в усіх видах медів (Dübecke et al., 2011; Edgar et al., 2002; Orantes-Bermejo et al., 2013).

Уміст ПА тісно пов'язаний із родинами рослин, із яких вироблено мед. Більшість рослин, які можуть продукувати піролізини, є чудовими продуцентами нектару й пилку, які збирають медоносні бджоли і виробляють із них мед, обніжжя та пергу. Із найбільш вивчених медоносних і пилконосних рослин виділяють чотири родини, які містять найбільшу кількість видів рослин, що містять піролізини – це складноквіткові (*Asteraceae*), бурачникові (*Boraginaceae*), бобові (*Fabaceae*) і кіпрейні (*Onagraceae*). (Hartmann & Ober 2000, Kempf et al., 2008). Також можна виокремити незначну частину родів, які представлені чудовими і відомими нектаро- й пилконосами та широко застосовуються в гомеопатії як лікарські рослини для різних зборів і чаїв: хрестовник звичайний (*Senecio spp.*), коноплевий посконік (*Eupatorium spp.*), білокопитник (*Petasites spp.*), незабудка (*Myosotis spp.*), синяк звичайний (*Echium vulgare*), огуречна трава (*Borago officinalis*), окопник лікарський (*Symphytum spp.*), чорнокорінь лікарський (*Cynoglossum officinale L.*), мати-мачуха (*Tussilago farfata L.*), кіпрей вузьколистий (Іван-чай) (*Chamerion angustifolium (L.) Scop.*) (Roeder, 1995). Піролізини алкалоїди нині викликають особливу зацікавленість, що спричинило моніторингові дослідження як продуктів харчування, так і бджолиного меду в європейських країнах. Бджола не знає кордонів і не може відокремлювати рослини, у яких утворюються і продукуються фітотоксини, зокрема піролізини алкалоїди. Ці речовини становлять небезпеку для здоров'я людини та тварин (URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3144/otrujni-roslin>).

Клінічні та експериментальні дані свідчать про те, що піролізини дуже токсичні для людей і тварин: вони викликають пошкодження печінки, легень, кров'яного русла та мають канцерогенні властивості (Edgar et al., 2015). Тривалий вплив невеликих доз указаних алкалоїдів може призвести до цирозу печінки.

Мінливість забруднення харчових продуктів та рівнів впливу на людей, які спостерігалися у попередніх оцінках, підкреслює необхідність оновлених регіонально-специфічних даних, які можуть допомогти краще оцінити ризики, що становлять ці забруднювачі, особливо в контексті швидкозмінних харчових звичок та кліматичних умов. Саме зазначені чинники впливають на сезонні накопичення піролізинів та їхніх метаболітів у рослинах, які є добрими медодаями та пилконосами.

Основні алкалоїди, які досліджуються, – це тропанові та піролізини. Для їх виявлення використовують такі методи: хроматографічні (ВЕРХ, ГХ), мас-спектрометрії (МС), спеціальні реакції (загальноалкалоїдні реактиви та реакції, як реакція Віталі – Морена для тропанових алкалоїдів). Ці дослідження є досить затратними, що зумовлює пошук і обґрунтування використання сучасних менш вартісних методів якісного аналізу меду на наявність піролізини алкалоїдів. Як раніше нами показано, інформативним методом виявлення їх наявності в медах може бути його пилковий аналіз (Котова Е., Котов А., Гризодуб, <https://www.apteka.ua/article/396544>; Lazarieva et al., 2023).

Мета дослідження – моніторинг за останні п'ять років меду різного ботанічного походження за вмістом пилкових зерен рослин, які продукують алкалоїди, встановлення їхнього впливу на фізико-хімічні показники його якості згідно з чинною нормативною документацією та обґрунтування використання методу пилкового аналізу для прогнозування наявності алкалоїдів у меді.

Матеріали та методи дослідження. Матеріали, використані у цьому дослідженні, включали зразки меду різного ботанічного походження з різних регіонів України за період 2021–2025 рр. Загалом було досліджено 686 зразків різних видів меду. Відбір проб меду, аналіз органолептичних та фізико-хімічних показників проводили методами згідно з ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови» (ДСТУ 4497:2005, 2007). Досліджували фізико-хімічні показники, а саме масову частку води, діастазну активність. Видовий склад пилкових зерен визначали мікроскопічним методом та підтверджували мелісопалінологічним аналізом (Bagameri et al., 2021). Ідентифікацію пилкових зерен медоносів проводили за допомогою атласу та онлайн-бази даних пилкових зерен PalDat (<https://www.paldat.org/>). Отримані дані обробляли статистично за допомогою програми Microsoft Excel 15,0 з обчисленням середнього арифметичного (M) та стандартної похибки (m).

Результати дослідження та їх обговорення. Моніторинг пилкового аналізу зразків меду за останні п'ять років виявив наявність пилкових зерен, які продукують фітотоксини (рис. 1): зі 146 зразків меду бджолиного 2021 р. виявлено 61 зразок; із 57 зразків 2022 р. – лише 8; аналіз 102 зразків меду 2023 р. виявив 35 зразків; у 2024 р. зі 180 – 73 зразки; із 201 зразка 2025 р. 96 мали пилкові зерна з умістом алкалоїдів.

Було досліджено склад пилку 146 зразків меду 2021 р. різного ботанічного походження з різних регіонів

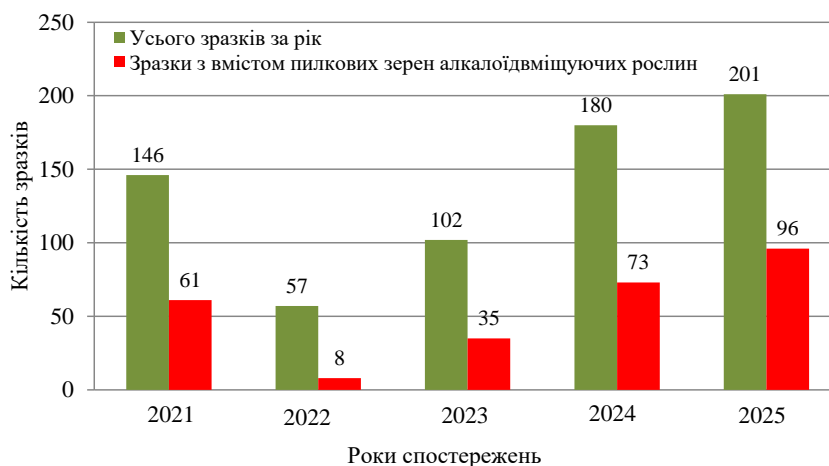


Рис. 1. Динаміка зразків меду з вмістом пилоквих зерен алкалоїдовмісних рослин по роках

України, з яких 61 зразок містили пилокві зерна волошки (*Centaurea L.*), чортополоха (*Carduus L.*), звіробоя (*Hypericum perforatum L.*), калини (*Viburnum opulus L.*), малини (*Rubus idaeus L.*), меліси (*Melissa officinalis L.*), м'яти (*Mentha arvensis L.*), карагани (*Caragana arborescens Lam.*), ріпаку (*Brassica napus L.*), шавлії (*Salvia pratensis L.*), чорнокореня (*Cynoglossum officinale L.*). У Київській та Хмельницькій областях зразки містили пилокві зерна амброзії відповідно 7% і 10%, окопника – до 3% і 5%; у Вінницькій області відсоток пилку з амброзії (*Ambrosia artemisiifolia L.*) становив менше 3%. Найбільший відсоток пилку з волошки – 7% та окопника – 6% спостерігався у Вінницькій області. У зразку Дніпропетровської області виявлено 7% пилоквих зерен чемериці. Вологість зразків коливалася від 17,1% до 20%, діастазне число варіювало від 8,8 од. Готе (травневий мед) до 44,2 од. Готе (падевий мед). Усі досліджувані зразки меду відповідали національним нормативним документам (ДСТУ 4497:2005).

Нами досліджено зразки медозбору 2022 р. з Київської та Кіровоградської областей. Аналіз 57 зразків меду показав у семи зразках Київської області та одному зразку Кіровоградської області наявність пилоквих зерен рослин, які продукують фітотоксини. Зразки меду Київської області містили пилокві зерна волошки (*Centaurea L.*) від 4% до 6%, звіробоя (*Hypericum perforatum L.*) – від 3% до 5%, будяка (*Cirsium arvense L.*) – 3%, калини (*Viburnum opulus L.*) – 5%, синяку (*Echium vulgare L.*) – 6%, пилокві зерна родини складноцвітів (*Asteraceae*) – 3% та амброзії (*Ambrosia artemisiifolia L.*). Вологість зразків коливалася від 16,0% до 19,7%, діастазна активність – від 10,9 од. Готе до 15,9 од. Готе.

Мелісопалінологічний аналіз виявив, що зі 102 зразків меду 2023 р. 35 містили пилок рослин, які продукують алкалоїди. Найчастіше у зразках зустрічаються пилокві зерна з чортополоху (*Carduus L.*) від 3% з Київської, Херсонської – до 9%. У зразках з Харківської області виявлено пилокві зерна чорнокореня від 4%, із Дніпропетровської – до 28%. У медах із Київської області також показано наявність пилку з волошки (*Centaurea L.*) від 4% до 8% та карагана дерев'янистого (*Caragana arborescens Lam.*). Фізико-хімічний аналіз показав, що сім зразків меду мали вологість, що відповідає вимогам щодо першого гатунку (понад 18,5%), ферментативна активність меду відповідала меду вищого гатунку (більше 15,0 од. Готе) згідно з нормативними документами.

Пилковий аналіз 180 зразків 2024 р. виявив, що 96 зразків меду містили пилокві зерна таких рослин, як чортополох (*Carduus L.*) – від 3% до 8%, волошка (*Centaurea L.*) – від 4% до 9%, синяк (*Echium vulgare L.*) – до 4%, будяк (*Cirsium arvense L.*) – до 8%, чорнокорінь лікарський (*Cynoglossum officinale L.*) – до 3%. Уміст пилоквих зерен родини *Boraginaceae* були виявлені у двох зразках Черкаської та Одеської областей – 5% та 3% відповідно. Вологість зразків коливалася від 15,7% до 20,3%, діастазна активність – від 10,63 од. Готе меду травневого до 32,3 од. Готе меду з різнотрав'я.

Зразки меду 2025 р. були отримані з Київської, Одеської, Дніпропетровської, Черкаської, Закарпатської, Житомирської, Кіровоградської, Чернігівської, Харківської, Рівненської, Сумської областей. Аналіз зразків показав, що з досліджених нами 201 зразку 96 містили незначні кількості пилоквих зерен рослин, які продукують фітотоксини. Так, у 28 зразках

меду з Київської області були виявлені пилкові зерна з чортополоху (*Carduus L.*), показник яких коливався від 3% до 7%; у 23 зразках – пилкові зерна волошки (*Centaurea L.*) – від 3% до 9%, у 13 зразках виявлено пилкові зерна будяка (*Cirsium arvense L.*) – від 3% до 5%, синяка (*Echium vulgare L.*) – 3–7%, звіробою звичайного (*Hypericum perforatum L.*) – 3–6%, чорнокореня (*Cynoglossum officinale L.*) та карагана дерев'янистого (*Caragana arborescens Lam.*) – від 3% до 15%. В одному зі зразків мелісопалінологічний аналіз виявив наявність пилку з родини *Boraginaceae*. Дослідження семи зразків Одеської області показало, що у зразках містилися пилкові зерна звіробою (*Hypericum perforatum L.*) – 3%, будяка (*Cirsium arvense L.*) – 4%, чортополоху (*Carduus L.*) – від 3% до 6%, волошки (*Centaurea L.*) – 3%.

Аналіз зразків із Закарпатської області встановив, що в усіх виявлено пилкові зерна: будяка (*Cirsium arvense L.*) – 4%, маку дикого (*Papaver rhoeas L.*) – 3%, синяка (*Echium vulgare L.*) – 6%, волошки (*Centaurea L.*) – від 6% до 9%. Вологість у зразках коливалася від 16,8% до 17,0%, ферментативна активність – від 12,2 од. Готе до 22,7 од. Готе.

У дев'яти зразках Дніпропетровської області вологість коливалася від 15,5% до 18,5%, діастаза – від 10,7 од. Готе до 24,4 од. Готе. У трьох зразках меду переважними були пилкові зерна чортополоху (*Carduus L.*) (12%), калини (*Viburnum opulus L.*), звіробою (*Hypericum perforatum L.*), будяка (*Cirsium arvense L.*), синяка (*Echium vulgare L.*) – від 3% до 9%. В одному зі зразків були присутні пилкові зерна родини *Boraginaceae* – 5%, чортополоху (*Carduus L.*) – 12% та будяка (*Cirsium arvense L.*) – 3%. Вологість такого зразка становила 16,8% і діастаза 12,0 од. Готе.

Пилковий аналіз зразків із Житомирської області показав, що в усіх чотирьох зразках були виявлені: чортополох (*Carduus L.*) – від 3% до 7%, звіробою (*Hypericum perforatum L.*) – 4–5%, в одному зі зразків обліпіха (*Hippophae rhamnoides L.*) – 6%. Вологість двох зразків відповідала меду вищого гатунку, а двох інших – меду першого гатунку (понад 18,5%). Діастаза усіх чотирьох зразків відповідала меду вищого гатунку (більше 15 од. Готе).

Вологість двох зразків Львівської області становила 17,4% та 17,9%, діастаза – відповідно 27,8 од. Готе та 37,9 од. Готе. У зразках були присутні чортополох (*Carduus L.*) – від 4% до 9%, будяк (*Cirsium arvense L.*) *Scop.*) – 3%. Пилковий аналіз двох зразків меду Чернігівської області показав у своєму складі присутність пилкових зерен із калини (*Viburnum opulus L.*) – 3% та в одному з них 5% звіробою (*Hypericum perforatum L.*). Вологість зразків становила 18,1% та 19,4%, діастаза – 19,1 од. Готе і 23,5 од. Готе.

У Харківській, Сумській областях виявлено пилкові зерна з чортополоху (*Carduus L.*), чорнокореня (*Cynoglossum officinale L.*), волошки (*Centaurea L.*), звіробою (*Hypericum perforatum L.*). Аналіз двох зразків із Рівненської області виявив у своєму складі пилок родини складноцвіті (*Asteraceae*) – до 6%, звіробою (*Hypericum perforatum L.*) – 3%. Вологість та діастаза всіх зразків відповідали меду вищого гатунку: вологість – 17,9% та 17,57%, діастаза – 35,8 од. Готе та 20,1 од. Готе. Мелісопалінологічний аналіз одного зі зразків меду Київської області виявив наявність пилку рослин роду, що належить до родини *Boraginaceae* – 5%.

Результати досліджень зразків меду 2021 р. показав, що вміст води коливався в межах від 17,1% до 20%; у зразках меду 2022 р. – від 16,0% до 19,7%, 2024 р. – від 15,7% до 20,3%, 2025 р. – від 16,8% до 19,4%. За результатами аналізу виявлено, що за вмістом води сім зразків 2023 р. мали вологість першого гатунку (понад 18,5%).

Діастазне число у меді 2021 р. коливалося у широких межах – від 8,8 од. Готе (травневий мед) до 44,2 од. Готе (падевий мед). Під час дослідження зразків меду 2022 р. коливання – від 10,9 од. Готе до 15,9 од. Готе; 2023 р. – усі зразки меду відповідали вищому гатунку (більше 15 од. Готе); у зразках 2024 р. було виявлено коливання діастазної активності від 10,63 од. Готе (травневий мед) до 32,3 од. Готе (меду з різнотрав'я); у зразках 2025 р. спостерігалися коливання від 12,0 од. Готе до 35,8 од. Готе. Отримані дані свідчать, що всі зразки відповідали чинній нормативній документації.

За останні п'ять років кожен рік мав тенденцію до зростання температури через глобальні зміни клімату. Літні сезони 2021–2025 рр. були дуже спекотними, за даними Центральної геофізичної обсерваторії (УНІАН – <https://www.unian.ua>).

На рис. 2 показано динаміку кількості зразків меду ($y\%$), які були з умістом зерен пилку з рослин продуцентів алкалоїдів від загальної кількості досліджених зразків. У 2021 р. частка позитивних зразків становила 42%, у подальшому встановлено, що з початку війни у 2022 р. відзначено найменший відсоток (14%), а в останні чотири роки спостерігалася тенденція до зростання кількості зразків меду з умістом пилкових зерен, що містять алкалоїди (2023 р. – 34%, 2024 р. – 41%).

Зміни клімату впливають на властивість рослин, які є добрими медодаями та пилконосами, продукувати алкалоїди в умовах посухи і високих температур. З'ясовано, що найбільшу кількість зразків відзначено у 2025 р. Із досліджених 201 зразка 48% з умістом пилків, що містять ПА.

За повідомленнями інших авторів, найбільшу кількість ПА продукують рослини родин складно-

цвітів (*Asteraceae*), шорстколисті (*Boraginaceae*), барвінкові (*Apocynaceae*) та бобові (*Fabaceae*) (Kaltner, Rychlik, Gareis, Gottschalk, 2020).

Мелісопоналогічний аналіз зразків меду, проведений нами впродовж п'яти років, виявив види рослин – продуцентів ПА-речовин, що зустрічалися в різних регіонах України (табл.).

Таблиця

Види рослин, які зустрічаються в різних регіонах України

Родини рослин	Вид рослин
Складноцвіті (<i>Asteraceae</i>)	Волошка (<i>Centaurea L.</i>)
	Чортополох (<i>Carduus L.</i>)
	Амброзія (<i>Ambrosia artemisiifolia L.</i>)
	Будяк (<i>Cirsium arvense (L.) Scop.</i>)
Бурячникові (<i>Boraginaceae</i>)	Синяк (<i>Echium L.</i>)
	Чорнокорінь (<i>Cynoglossum officinale L.</i>)
	Окопник лікарський (<i>Symphytum officinale L.</i>)
Губоцвіті (<i>Lamiaceae</i>)	Меліса (<i>Melissa officinalis L.</i>)
	М'ята (<i>Mentha arvensis L.</i>)
	Шавлія (<i>Salvia pratensis L.</i>)
Звіробійні (<i>Hypericaceae</i>)	Звіробій (<i>Hypericum perforatum L.</i>)
Бобові (<i>Fabaceae</i>)	Карагана (<i>Caragana arborescens Lam.</i>)
Лохові (<i>Elaeagnaceae</i>)	Облепіха (<i>Hippophae rhamnoides L.</i>)
Жимолостеві (<i>Caprifoliaceae</i>)	Калина (<i>Viburnum opulus L.</i>)

Наші дослідження показали, що у зразках меду з 2021 по 2025 р. виявлено пилкові зерна родини складноцвітів (*Asteraceae*) – до 12% та звіробою (*Hypericum perforatum L.*) – 6% у Рівненській області; у Київській області – пилкові зерна з чортополоху (*Carduus L.*) – до 8%; волошки (*Centaurea L.*) – до 9%; у 13 зразках пилкові зерна будяка (*Cirsium arvense L.*) – до 5%, синяка (*Echium vulgare L.*) – до 7%, звіробою (*Hypericum perforatum L.*) – до 6%, чорнокореня (*Cynoglossum officinale L.*) та карагани (*Caragana arborescens Lam.*) – від 3% до 15%. Відзначено, що найбільший уміст пилкових зерен чорнокореня (28%) виявлено у зразку Київської області (2023 р.). Найчастіше виявляли пилкові зерна волошки (*Centaurea L.*) – від 4% до 6%, звіробою (*Hypericum perforatum L.*) – від 3% до 5%, будяка (*Cirsium arvense L.*) – 3%, калини (*Viburnum opulus L.*) – 5%, синяку (*Echium vulgare L.*) – 6% у зразках меду 2024 р. Зразки меду з Київської та Хмельницької областей (2021 р.) містили пилкові зерна амброзії (*Ambrosia artemisiifolia L.*) – відповідно 7% і 10%, окопника (*Symphytum officinale L.*) – до 3% і 5%; у зразках із Вінницької області відсоток пилку з амброзії (*Ambrosia artemisiifolia L.*) становив менше 3%.

Аналіз зразків показав, що у двох зразках Черкаської, Одеської (2024 р.) та в одному зразку Київської областей були виявлені пилкові зерна родини *Boraginaceae* – до 28% (2023). Дослідники інших країн мелісопалінологічним аналізом виявили наявність пилку з роду, що належить до родини

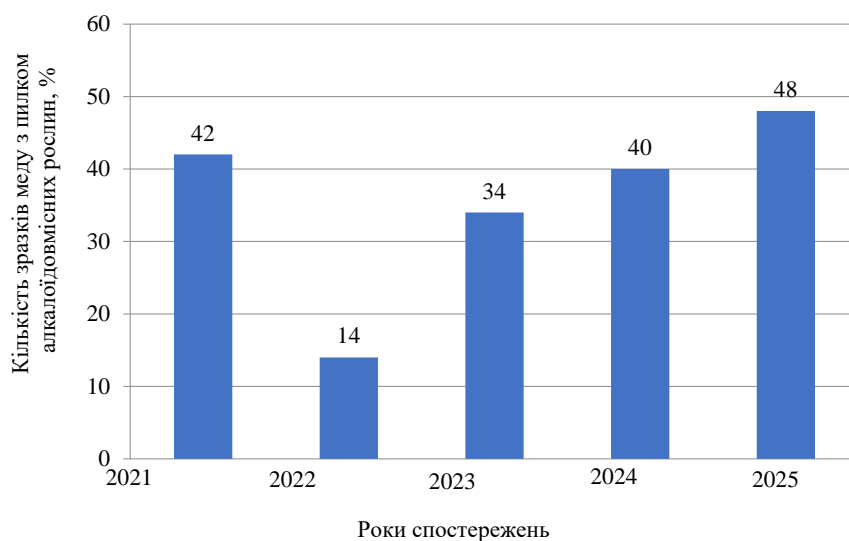


Рис. 2. Динаміка зразків меду з умістом пилкових зерен алкалоїдовмісних рослин по роках

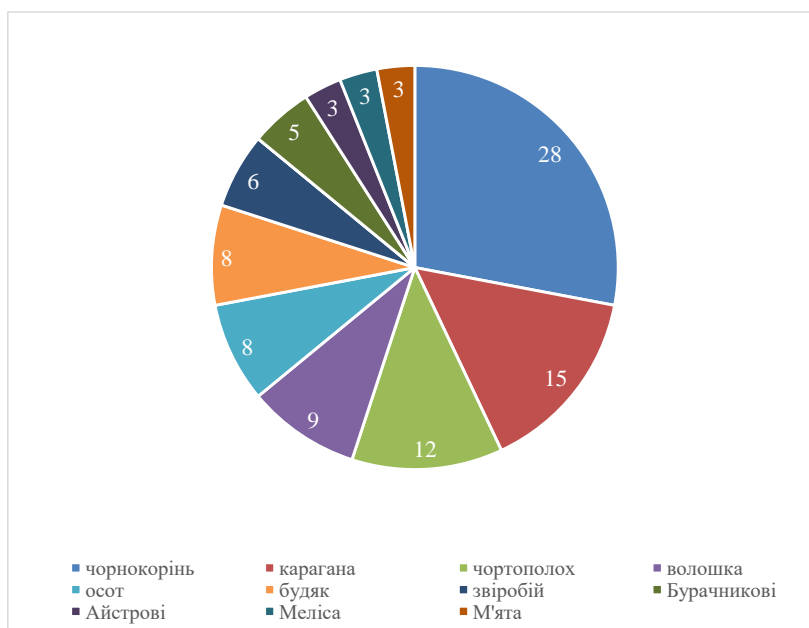


Рис. 3. Відносний вміст рослин продуцентів пилку, які містять алкалоїди (у % від загального вмісту пилку рослин – продуцентів алкалоїдів у меді)

Boraginaceae, який продукує алкалоїд Ехімідин (*Echium*) (Kast C. et al., 2014).

Результати досліджень, що наведені на рис. 3, свідчать, що найчастіше у зразках меду зустрічається пилко чортополоху (*Carduus L.*) – до 12%, перше місце займає пилко чорнокореня (*Synoglossum officinale L.*) – 28% у зразку меду з Дніпропетровської області, друге місце займає пилко карагани дерев'янистої (*Caragana arborescens Lam.*) – 15% (Чернігівська область), найбільший вміст волошки (*Centaurea L.*) – до 9% спостерігався у зразках Закарпатської, Київської областей; пилко родини бурчаникових (*Boraginaceae*) – 5% був присутній у зразках Черкаської, Київської та Одеської областей.

Дані результати досліджень можуть бути дуже корисними для виробників меду, виробничі потужності яких знаходяться в регіонах із поширенням різних видів рослин, що продукують ПА, а за умов зміни клімату зростає ареал цих рослин. Отримані результати можуть знайти попит у структурах, що здійснюють контроль за якістю меду та відповідають за гармонізацією стандартів з вимогами ЄС (Держспоживслужба та Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи). Даний метод пилкового аналізу дасть змогу спростити процедуру визначення ПА у меді шляхом попереднього виявлення пилкових зерен рослин – продуцентів ПА.

Висновки. У період із 2021 по 2025 р. було досліджено 686 зразків меду різного ботанічного походження, виробленого у різних регіонах України, на предмет наявності у меді пилкових зерен алкалоїд-продукуючих рослин.

Дослідженнями встановлено чітку тенденцію до збільшення кількості зразків меду з вмістом пилкових зерен алкалоїдпродукуючих рослин із 14% у 2022 р. до 48% у 2025 р.

У досліджених зразках меду визначено найбільш поширені види рослин, що можуть продукувати отруйні алкалоїди, а саме: пилко родини бурчаникових (*Boraginaceae*) – 5%, волошки (*Centaurea L.*) – до 9%, чортополоху (*Carduus L.*) – до 12%, карагани дерев'янистої (*Caragana arborescens Lam.*) – 15%, чорнокореня (*Synoglossum officinale L.*) – 28%.

Показано, що зразки меду різного ботанічного походження з вмістом пилкових зерен із рослин – продуцентів алкалоїдів за масовою часткою води, вмістом діастази відповідають вимогам вітчизняних нормативних документів.

Обґрунтовано використання методу пилкового аналізу для прогнозування наявності алкалоїдів у меді, що є вимогою відповідної Директиви ЄС (Commission Regulation (EU) 2020/2040 of 11 December 2020 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of pyrrolizidine alkaloids in certain foodstuffs (Text with EEA relevance) © EUR-Lex, 14/12/2020, eur-lex.europa.eu).

ЛІТЕРАТУРА

- ДСТУ 4497:2005. Мед натуральний. Технічні умови [Чинний від 2005-12-28]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 22 с. (Нац. стандарт України).
- Котова Е., Котов А., Гризодуб О. Проблеми контролю вмісту піролізидинових алкалоїдів у вітчизняній сировині листя мати-й-мачухи. URL: <https://www.apteka.ua/article/396544>
- Мазур Т. Константні методи математичної обробки кількісних показників. *Ветеринарна медицина України*. 1997. № 9. С. 35–37.
- Фармацевтична енциклопедія. Отруйні рослини. Фітотоксини : вебсайт. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3144/otrujni-roslin>
- Bagameri L., Giurgiu A. I., Baci G.M. et al. Microscopical techniques used in melissopalino logy for botanical origin of honey determination. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. 2021. LXIV(1). P. 423–428.
- Bandini T. B., Spisso B. F. Detection, dietary exposure assessment and risk evaluation of quinolones and pyrrolizidine in commercial honey from Brazil. *Food Additives and Contaminants. Part B* 2022. 15(2), 89–97. <https://doi.org/10.1080/19393210.2022.2028310>
- Bodi D., Ronczka S., Gottschalk C., Behr N., Skibba A., Wagner M., Lahrssen-Wiederholt M., Preiss-Weigert A. These a determination of pyrrolizidine alkaloids in tea, herbal drugs and honey. *Food Addit Contam.* 2014. A 31(11):1886–1895. <https://doi.org/10.1080/19440049.2014.964337>
- Commission Regulation (EU) 2020/2040 of 11 December 2020 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of pyrrolizidine alkaloids in certain foodstuffs (Text with EEA relevance) © EUR-Lex, 14/12/2020, eur-lex.europa.eu
- Cramer L., Beuerle T. Detection and quantification of pyrrolizidinealkaloids in antibacterial medical honeys. *Planta Med.* 2012. 78(18). 1976–1982. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327900>
- Dübecke A., Beckh G., Lüllmann C. Pyrrolizidine alkaloids in honey and bee pollen. *Food Addit Contam.* 2011. 28(3). 348–358. <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.541594>
- Dubreil-Chéneau E., Pirotais Y., Verdon E., Hurtaud-Pessel D. Confirmation of 13 sulfonamides in honey by liquid chromatography– tandem mass spectrometry for monitoring plans: validation according to European Union Decision 2002/657/EC. *J Chromatogr.* 2013. A 1339:128–136
- Edgar J. A., Molyneux R. J., Colegate S. M. Pyrrolizidine alkaloids: potential role in the etiology of cancers, pulmonary hypertension, congenital anomalies, and liver disease. *Chem Res Toxicol.* 2015. 28(1). 4–20. <https://doi.org/10.1021/tx500403t>
- Edgar J. A., Roeder E., Molyneux R. J. Honey from plants containing pyrrolizidine alkaloids: a potential threat to health. *J Agric Food Chem.* 2002. 50(10). 2719–2730. <https://doi.org/10.1021/jf0114482>
- Islam M. N., Khalil M. I., Islam M. A., Gan S. H. Toxic compounds in honey. 2014. *J Appl Toxicol.* 34(7).733–742. <https://doi.org/10.1002/jat.2952>
- Kaltner F., Rychlik M., Gareis M., Gottschalk C., Occurrence M. Risk Assessment of Pyrrolizidine Alkaloids in Spices and Culinary Herbs from Various Geographical Origins. *Chair of Food Safety, Faculty of Veterinary Medicine, Ludwig-Maximilians-University of Munich*. 2020. 15 p.
- Kast C., Dübecke A., Kilchenmann V., Bieri K., Böhlen M., Zoller O., Beckh G. and Lüllmann C. Analysis of Swiss honeys for pyrrolizidine alkaloids. *Journal of Apicultural Research*. 2014. 53(1). 75–83. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.53.1.07>
- Kempf M., Beuerle T., Bhringer M., Denner M., Trost D., von der Ohe K., BhavanamVBR, Schreier P. Pyrrolizidine alkaloids in honey: risk analysis by gas chromatography-mass spectrometry. *Mol Nutr Food Res.* 2008. 52(10). 1193–1200. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200800051>
- Lazarieva L., Akymenko L., Postoienco V. et al. Specific quality indicators of monofloral linden honey. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2023. Vol. 13 (1). 161–168. (WoS) <https://doi.org/10.31407/ijeess13.120>
- Orantes-Bermejo F. J., Serra Bonvehí J., Gómez-Pajuelo A., Megiasa M., Torresa C. Pyrrolizidine alkaloids: their occurrence in Spanish honey collected from purple viper's bugloss (*Echium* spp.). *Food Addit Contam.* 2013. 30(10). 1799–1806. <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.817686>
- PalDat – Palynological Database an online publication on recent pollen. AutPal – Society for the Promotion of Palynological Research in Austria. ZVR–Zahl: 378481059. Department of Botany and Biodiversity Research. University of Vienna. URL: <https://www.paldat.org>
- Roeder E. Medicinal plants in Europe containing pyrrolizidine alkaloids. *Pharmazie*. 1995. V50, (N2): p. 83–98, PMID: 7700976 https://www.researchgate.net/profile/Erhard-Roeder-Roeder/publication/15498141_Medicinal_Plans_in_Europe_Containing_Pyrrolizidine_Alkaloids/links/0912f50631d1822ea0000000/Medicinal-Plans-in-Europe-Containing-Pyrrolizidine-Alkaloids.pdf
- Tadashi Nakatani, Kazuo Yamazaki, Misako Nakamura, Nobuyasu Yamaguchi. Pyrrolizidine alkaloids in honey: occurrence and profile analysis in Japan. 2025. *Food Chem.* Dec. 25; 496(2): 146790 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.146790>
- Thomas Hartmann & Dietrich Ober. Biosynthesis and Metabolism of Pyrrolizidine Alkaloids in Plants and Specialized Insect Herbivores. *Topics in Current Chemistry*. 2000. Vol.209 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2000

REFERENCES

- Bagameri, L., Giurgiu, A.I., Bac, i G. M. et al. (2021). Microscopical techniques used in melissopalino logy for botanical origin of honey determination. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. LXIV(1). P. 423–428.
- Bandini, T. B., Spisso, B. F. (2022) Detection, dietary exposure assessment and risk evaluation of quinolones and pyrrolizidine in commercial honey from Brazil. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 15(2), 89–97. <https://doi.org/10.1080/19393210.2022.2028310>
- Bodi, D., Ronczka, S., Gottschalk, C., Behr, N., Skibba, A., Wagner, M., Lahrssen-Wiederholt, M., Preiss-Weigert, A. (2014). These a Determination of pyrrolizidine alkaloids in tea, herbal drugs and honey. *Food Addit Contam Part A* 31(11):1886–1895. <https://doi.org/10.1080/19440049.2014.964337>

- Commission Regulation (EU) 2020/2040 of 11 December 2020 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of pyrrolizidine alkaloids in certain foodstuffs (Text with EEA relevance) © EUR-Lex, 14/12/2020, eur-lex.europa.eu
- Cramer, L., Beuerle, T. (2012). Detection and quantification of pyrrolizidinealkaloids in antibacterial medical honeys. *Planta Med.* 78(18). 1976–1982. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327900>
- Dübecke, A., Beckh, G., Lüllmann, C. (2011). Pyrrolizidine alkaloids in honey and bee pollen. *Food Addit Contam. Part A.* 28(3). 348–358. <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.541594>
- Dubreil-Chéneau, E., Pirotais, Y., Verdon, E., Hurtaud-Pessel, D. (2013) Confirmation of 13 sulfonamides in honey by liquid chromatography– tandem mass spectrometry for monitoring plans: validation according to European Union Decision 2002/657/EC. *J Chromatogr A* 1339:128–136
- Edgar, J. A., Molyneux, R. J., Colegate, S. M. (2015). Pyrrolizidine alkaloids: potential role in the etiology of cancers, pulmonary hypertension, congenital anomalies, and liver disease. *Chem Res Toxicol.* 28(1). 4–20. <https://doi.org/10.1021/tx500403t>
- Edgar, J. A., Roeder, E., Molyneux, R. J. (2002). Honey from plants containing pyrrolizidine alkaloids: a potential threat to health. *J Agric Food Chem.* 50(10). 2719–2730. <https://doi.org/10.1021/jf0114482>
- Farmatsevtychna entsyklopediia. Otrui ni roslyny. Fitotoksyny [Pharmaceutical Encyclopedia. Poisonous Plants. Phytotoxins:]. Retrieved from: <https://www.pharmacencyclopedia.com.ua/article/3144/otrujni-roslyn>
- Islam, M. N., Khalil, M. I., Islam, M. A., Gan, S. H. (2014) Toxic compounds in honey. *J Appl Toxicol.* 34(7). 733–742. <https://doi.org/10.1002/jat.2952>
- Kaltner, F., Rychlik, M., Gareis, M., Gottschalk, Ch. (2020). Munich Occurrence and Risk Assessment of Pyrrolizidine Alkaloids in Spices and Culinary Herbs from Various Geographical Origin. Chair of Food Safety, Faculty of Veterinary Medicine, Ludwig-Maximilians-University of Munich. 15 p.
- Kast, C., Dübecke, A., Kilchenmann, V., Bieri, K., Böhlen, M., Zoller, O., Beckh, G. and Lüllmann, C. (2014). Analysis of Swiss honeys for pyrrolizidine alkaloids. *Journal of Apicultural Research.* 53(1), 75–83. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.53.1.07>
- Kempf, M., Beuerle, T., Bhringer, M., Denner, M., Trost, D., von der Ohe, K., Bhavanam, V. B. R., Schreier, P. (2008). Pyrrolizidine alkaloids in honey: risk analysis by gas chromatography-mass spectrometry. *Mol Nutr Food Res.* 52(10). 1193–1200. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200800051>
- Kotova E., Kotov A., Hryzodub O. Problemy kontroliu vmistu pirolizydy novykh alkaloidiv u vitchyzniani i syrovyni lystia maty-y-machukhy [Kotova E., Kotov A., Gryzodub O. Problems of controlling the content of pyrrolizidine alkaloids in domestic raw materials of coltsfoot leaves]. Retrieved from: <https://www.apteka.ua/article/396544>
- Lazarieva, L., Akymenko, L., Postoienko, V. et al. (2023.) Specific quality indicators of monofloral linden honey. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. Vol. 13 (1). 161–168 (WoS) <https://doi.org/10.31407/ijeess13.120>
- Mazur T. 1997. Constant methods of mathematical processing of quantitative indicators. *Veterinary medicine of Ukraine* 9, 35–37 (in Ukrainian)
- Natural honey. Technical conditions: SSU 4497-2005 [Valid since 2005-12-28], 2007, Kyiv: SSUFSCP of Ukraine, 22 p. (in Ukrainian).
- Orantes-Bermejo, F. J., Serra Bonvehib, J., Gómez-Pajuoloc, A., Megiasa, M., Torres, C. (2013). Pyrrolizidine alkaloids: their occurrence in Spanish honey collected from purple viper's bugloss (*Echium* spp.). *Food Addit Contam Part A.* 30(10):1799–1806. <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.817686>
- PalDat – Palynological Database an online publication on recent pollen. AutPal – Society for the Promotion of Palynological Research in Austria. ZVR–Zahl: 378481059. Department of Botany and Biodiversity Research. University of Vienna. URL: <https://www.paldat.org>
- Roeder, E. (1995). Medicinal plants in Europe containing pyrrolizidine alkaloids. *Pharmazie*, V50, (N2): p. 83–98, PMID: 7700976 https://www.researchgate.net/profile/Erhard-Roeder-Roeder/publication/15498141_Medicinal_Plants_in_Europe_Containing_Pyrrolizidine_Alkaloids/links/0912f50631d1822ea0000000/Medicinal-Plants-in-Europe-Containing-Pyrrolizidine-Alkaloids.pdf
- Tadashi Nakatani, Kazuo Yamazaki, Misako Nakamura, Nobuyasu Yamaguchi. (2025). Pyrrolizidine alkaloids in honey: occurrence and profile analysis in Japan. *Food Chem. Dec. 25; 496(2): 146790* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.146790>
- Thomas Hartmann & Dietrich Ober. (2000). Biosynthesis and Metabolism of Pyrrolizidine Alkaloids in Plants and Specialized Insect Herbivores. *Topics in Current Chemistry, Vol. 209* © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2000 <https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-48146-X>

Дата першого надходження статті до видання: 04.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.04.2026

Конфлікт інтересів: відсутній.

Внесок авторів:

Лазарева Л.М. – ідея дослідження, побудова алгоритму, пошук інформації, участь у написанні, коректування статті, висновків;

Постосенко В.О. – ідея, участь у написанні, коректування статті, висновків;

Руденко Є.В. – ідея, пошук інформації, участь у написанні, коректування статті, висновків;

Руденко О.П. – участь у написанні;

Акименко Л.І. – участь у написанні, оформлення статті;

Постосенко Г.В. – участь у написанні статті;

Міщенко О.А. – участь у написанні статті.

Електронна адреса для листування з авторами: medlab1961@gmail.com