



2022

НАУКОВІ ПРАЦІ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 28 № 5

*Журнал
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
видається з 1938 року*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2022

Articles with the results of fundamental theoretical developments and applied research in the field of technical and economic sciences are published in this journal. The scripts of articles are reviewed beforehand by leading specialists of corresponding branch.

The journal was designed for professors, tutors, scientists, post-graduates, students of higher education establishments and executives of the food industry.

Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is included into the list of professional editions of Ukraine of technical (specialties — 121, 126, 133, 141, 144, 151, 162, 181) and economic sciences (specialties — 051, 073, 075), category “B” (Decree of MES of Ukraine #975 from July 11, 2019), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

The Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is indexed by the following scientometric databases:

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

The Journal is recommended for publication of research results by the Ministry of Science and Higher Education of Poland.

Editorial office address:

National University of
Food Technologies
Volodymyrska str., 68,
building B, room 412
01601 Kyiv, Ukraine

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies.

Meeting # 3 from October 27, 2022

© NUFT, 2022

У журналі публікуються статті за результатами фундаментальних теоретичних розробок і прикладних досліджень у галузі технічних та економічних наук. Рукописи статей попередньо рецензуються провідними спеціалістами відповідної галузі.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, докторантів і студентів вищих навчальних закладів, керівників підприємств харчової промисловості.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних (спеціальності — 121, 126, 133, 141, 144, 151, 162, 181) та економічних наук (спеціальності — 051, 073, 075), категорія «Б» (Наказ МОН України № 975 від 11.07.2019), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» індексується такими наукометричними базами:

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

Журнал рекомендовано Міністерством науки і вищої освіти Польщі для публікації результатів наукових досліджень.

Адреса редакції:

Національний університет
харчових технологій
вул. Володимирська, 68,
корпус Б, к. 412,
м. Київ, 01601

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій.

Протокол № 3 від 27 жовтня 2022 р.

© НУХТ, 2022

Шевченко О. Ю., Сімахіна Г. О., Маринін А. І. 7
Так усе починалось...

Безпека харчових продуктів

Болгова Н. В. Міжнародна комунікація в 16
питаннях безпеки харчових продуктів

Механічна та електрична інженерія

Михайлов В. М., Загорулько А. М., Загоруль- 26
ко О. Є., Ляшенко Б. В., Ібаєв Е. Б. Розроб-
ка апарата для смаження м'ясних січених
кулінарних виробів

Ткаченко С. В., Штангеев К. О., Стичинсь- 36
кий Є. В., Хомічак Л. М. Визначення швид-
кості фільтрування суспензій у цукровій
промисловості

Самілик М. М. Технологічне та апаратурне 46
забезпечення осмотичної дегідратації ягід
бузини

Харчові технології

Мельник О. П., Шевченко О. Ю., Маринін А. І., 54
Літвинчук С. І. Фальсифікація меду і методи
її виявлення

Михалевич А. П., Поліщук Г. Є., Осьмак Т. Г., 63
Кузьмик У. Г. Визначення оптимальних па-
раметрів процесу визрівання сумішей нежир-
ного кисломолочного морозива з β -глюка-
ном вівса

Сукманов В. О., Николаєнко Д. А. Досліджен- 74
ня властивостей печива із суміші пшенич-
ного та амарантового борошна з додаван-
ням екстракту трави змієголовника молдав-
ського

Сімахіна Г. О. Кріоушкодження рослинних 88
структур при заморожуванні і методи кріо-
протекції: теоретичні аспекти

Авдєєва Л. Ю., Турчина Т. Я., Макарен- 97
ко А. А., Декуша Г. В. Грибні порошки для
виробництва м'ясопродуктів

Цісарик О. Й., Мусій Л. Я., Коваль Г. М., Слив- 105
ка І. М. Розроблення технології йогурту з
геродістичними властивостями

Успенко О. В., Білько М. В., Кучеренко В. М. 118
Оцінка якості безалкогольного вина, виго-
товленого шляхом дистиляції

Юкало В. Г., Крупа О. М., Сторож Л. А. Ек- 127
спрес-аналіз казеїнів коров'ячого молока

Food products safety

Bolgova N. International communication in is-
sues of food safety

Mechanical and Electrical Engineering

Mikhaylov V., Zahorulko A., Zagorulko A., Lia-
shenko B., Ibaiev E. Development of appara-
tus for frying meat chopped culinary products

Tkachenko C., Shtanheiev K., Stychynskiy E.,
Khomichak L. Determination of the filtration
speed suspensions in the sugar production

Samilyk M. Technological and hardware sup-
port of osmotic dehydration of elder berries

Food Technologies

Melnyk O., Shevchenko O., Marynin A., Lit-
vynchuk S. Honey adulteration and methods
for its detection

Mykhalevych A., Polischuk G., Osmak T., Kuz-
myk U. Determination of optimal parameters
of ripening process in the production of low-
fat sour milk ice cream with oat β -glucan

Sukmanov V., Nikolaenko D. Study of the
properties of cookies made from a mixture of
wheat and amaranth flour with the addition of
the extract of the herb of Moldavian dragon's
head

Simakhina G. Cryogenous damage of plant struc-
tures during freezing: theoretical aspects

Avdeieiva L., Turchyna T., Makarenko A., De-
kusha H. Mushroom powders for meat pro-
ducts manufacturing

Tsisaryk O., Musii L., Koval H., Slyvka I. De-
velopment of yogurt technology with herodie-
tic properties

Uspalenko O., Bilko M., Kucherenko V. Eva-
luation of the quality of alcohol-free wine pro-
duced by distillation

Yukalo V., Krupa O., Storozh L. Express ana-
lysis of cow milk caseins

- Слободянюк Н. М., Баль І. М., Лебський С. О.* 136 *Slobodyaniuk N., Bal I., Lebskyi S.* Prospects
Перспективи технологій переробки прісно- of freshwater fish processing technologies
водних риб
- Іжевська О. П., Маслійчук О. Б.* 148 *Izhevskya O., Maslichuk O.* Innovations in the
технології виготовлення збитих десертів technology of the manufacturing whipped des-
serts
- Висоцький О. О., Кочубей-Литвиненко О. В.* 158 *Vysotskyi O., Kochubei-lytvynenko O.* The
Вплив пірогенного кремнезему на стабіль- influence of pyrogenic silica on the stability of
ність сироватки молочної сухої під час збе- dry milk whey during storage
рігання

HONEY ADULTERATION AND METHODS FOR ITS DETECTION

O. Melnyk, O. Shevchenko, A. Marynin, S. Litvynchuk

National University of Food Technologies

Key words:

Honey

Direct and indirect

falsification

Falsification markers

Detection methods

Article history:

Received 12.09.2022

Received in revised form

27.09.2022

Accepted 21.10.2022

Corresponding author:

A. Marynin

E-mail:

andrii_marynin@ukr.net

ABSTRACT

Honey is a natural product made from nectar collected by bees from various flowers. The health benefits and high value of honey motivate fraudsters to adulterate honey by directly or indirectly adding cheaper sweeteners: high fructose corn syrup, corn sugar syrup, invert sugar syrup, cane sugar syrup, palm sugar, high fructose inulin syrup etc.

Cheaper sweeteners are added to honey with direct adulteration. Sugar beets, maltose syrup or industrial sugar syrups (glucose and fructose), obtained as a result of thermal, enzymatic or acid treatment of starch can be their sources. Indirect adulteration of honey is the incorporation of sugars into honey via bee feeding. Thus, low quality honey, chemicals and industrial sugars are added to honey during the natural process that occurs in the bee's digestive system.

Honey adulterated can change its chemical composition and properties. Honey adulteration is an urgent problem, as more and more sophisticated methods of adulteration are constantly being developed. Scientists use fast, sensitive and effective methods to detect impurities in honey.

European requirements for quality standards and labeling of natural honey, recorded in the Directive № 2001/110/EU, are high. They refer to the composition of honey in terms of sugar content, moisture, water-insoluble components, free acid, hydroxymethylfurfural, as well as electrical conductivity and diastase activity according to the Shade scale.

The article provides an overview of the effective detection of a wide range of sweeteners in honey by various analytical methods: nuclear magnetic resonance spectroscopy, infrared and Raman spectroscopy, chromatography, differential scanning calorimetry, isotopic analysis, and other methods. The main markers of falsified honey are considered.

ФАЛЬСИФІКАЦІЯ МЕДУ І МЕТОДИ ЇЇ ВИЯВЛЕННЯ

О. П. Мельник, О. Ю. Шевченко, А. І. Маринін, С. І. Літвинчук
Національний університет харчових технологій

Мед — натуральний продукт із нектару, зібраного бджолами з різноманітних квітів. Користь для здоров'я та висока цінність меду мотивують шахраїв до фальсифікації меду шляхом прямого чи непрямого додавання дешевших підсолоджувачів: кукурудзяного сиропу з високим вмістом фруктози, кукурудзяного цукрового сиропу, інвертованого цукрового сиропу, тростинного цукрового сиропу, пальмового цукру, сиропу з високим вмістом фруктози інуліну тощо.

При прямій фальсифікації в мед додають дешевші підсолоджувачі. Їх джерелом можуть бути цукрові буряки, мальтозний сироп або промислові цукрові сиропи (глюкоза і фруктоза), отримані в результаті термічної, ферментної або кислотної обробки крохмалю. Непряма фальсифікація меду — це включення цукрів у мед за допомогою бджолиного годування. Неякісний мед, хімічні речовини та промислові цукри додаються в мед під час природного процесу, що відбувається в травній системі бджоли.

Медова фальсифікація є актуальною проблемою, оскільки постійно розробляються все більш складні методи фальсифікації. Щоб виявити домішки в меді, вчені використовують швидкі, чутливі та ефективні методи.

Європейські вимоги до стандартів якості та маркування меду натурально, зафіксовані у Директиві Ради № 2001/110/ЄС, є високими. Вони стосуються складу меду щодо вмісту цукрів, вологи, нерозчинних у воді компонентів, вільної кислоти, гідроксиметилфурфуролу, електричної провідності та діастазної активності за шкалою Шейда.

У статті наведено огляд ефективного виявлення широкого спектра підсолоджувачів у меді різноманітними аналітичними методами: ядерноюмагнітно-резонансною спектроскопією, інфрачервоною та раманівською спектроскопією, хроматографією, диференційною скануючою калориметрією, ізотопним аналізом та іншими методами. Розглянуто основні маркери фальсифікованого меду.

Ключові слова: мед, пряма та непряма фальсифікація, маркери фальсифікації, методи виявлення.

Постановка проблеми. Мед є одним з найдавніших харчових продуктів людства. У ньому міститься комплекс поживних речовин, що підтримують міцне здоров'я або сприяють одужанню людини (Rahman, Gan, & Khalil, 2014; Rao, Krishnan, Salleh, & Gan, 2016; Samarghandian, Farkhondeh, & Samini, 2017). Основними складовими меду є вуглеводи (цукри), з яких моносахариди (фруктоза і глюкоза) становлять близько 75%, а також невеликі кількості дисахаридів (сахароза) та інших типів цукрів (олігосахаридів і тетрасахаридів); вода (16% ± 1), зола (0,2%), амінокислоти (< 0,1%), ферменти, вітаміни, фенольні сполуки та інші речовини, присутні в слідових кількостях.

Мед і допоміжні продукти бджільництва (маточне молочко, віск, прополіс, бджолину отруту, квітковий пилок) широко використовують у понад 40 галузях

промисловості, а також у медицині, скульптурі, живописі. Проте в сучасному турбулентному світі з розвитком промисловості зростає забруднення навколишнього середовища токсичними речовинами і, як наслідок, це сприяє поширенню хвороб і зменшенню світових популяцій медоносних бджіл. Цей факт у поєднанні з високим попитом призводить до того, що мед стає все більш дефіцитним товаром, а тому його фальсифікація зростає. Мед можуть фальсифікувати на різних етапах просування на ринку, оскільки глобальні ланцюги постачання включають різні операції імпорту-експорту.

Завдяки прогресивним технологіям аналізу харчових продуктів можна ідентифікувати наявність або відсутність фальсифікованих забруднень у меді. Якість меду може бути визначена за фізичними, сенсорними, хімічними та мікробіологічними характеристиками (Pilizota, & Tiban, 2009).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стан і тенденції розвитку ринку меду досліджено у (Данкевич В., Данкевич Є., & Пивовар, 2018; Журавльова, & Сментина, 2019; Луців, Жолінська, & Сенік, 2020). На обсяги виробництва та експорту продуктів бджільництва безпосередній вплив має кількість бджолосімей. В Україні в останні роки зменшується їх кількість, однак за обсягами експорту меду Україна належить до десятки основних світових виробників меду.

У працях (Pirvutoiu, & Popescu, 2011; Soyulu, & Silici, 2018; Zak, 2017) показано, що розвиток національних ринків продукції бджільництва обмежений рядом факторів, до яких належить масова загибель бджіл у багатьох країнах, обмежені природні ресурси, несприятливі природно-кліматичні умови, подорожчання паливно-мастильних матеріалів тощо. Відповідні тенденції позначаються і на глобальному ринку продукції бджільництва.

Проблеми фальсифікації меду розглянуто в працях (Jaafar та ін., 2020; Sea, Wahab, Yaacob, & Groshal, 2019; Zhang, & Abdulla, 2022). Мед як високоякісна їжа вразливий до фальсифікації. Фальсифікація меду представлена різноманітними видами: асортиментна (часткова заміна цінних видів менш цінними), кількісна (відхилення від номінальної маси або об'єму), інформаційна (неточна, неправдива інформація про мед у маркуванні та рекламі, підроблення сертифіката відповідності, товаросупровідних і митних документів, ветеринарного свідоцтва, штрих-коду), якісна (додавання до натурального меду різноманітних домішок: цукрів, цукрового сиропу, крохмалю чи борошна, цукрової або крохмальної патоки, штучного чи зацукрованого меду). Мед став мішенню нечесних осіб і виробників, які отримують прибуток від цього прибуткового бізнесу.

За даними (Se, Ghoshal, & Lani, 2018; Zabrodskia, & Vorlova, 2014), найбільш часто для фальсифікації меду використовується кукурудзяний сироп з високим вмістом фруктози, інвертований цукровий сироп, тростинний цукровий сироп, пальмовий цукор, сироп з високим вмістом фруктози інуліну тощо.

У праці (Bertelli та ін., 2010) представлено метод ЯМР для дослідження фальсифікації меду шляхом навмисного додавання різних концентрацій сиропів. ЯМР-спектроскопія дає змогу швидко отримати ЯМР-спектри та виявити домішки в меді з одночасним кількісним визначенням різних хімічних сполук з одного спектра, що може допомогти зрозуміти складні хімічні маркери в меді. Показано, що цей метод має високу відтворюваність результатів.

Автори (Cordella та ін., 2002) використовували диференціальну скануючу калориметрію для вивчення термічної поведінки меду та промислових цукрових сиропів. Результати досліджень показали хорошу відтворюваність методу для всіх досліджуваних зразків, ефекти фальсифікації меду промисловими сиропами виявилися помітними на рівні 5%. Встановлено лінійну залежність між відсотком доданого сиропу й температурою склування за результатами ентальпії плавлення в температурному діапазоні 40—90 °С.

У працях (Das, 2017; Li та ін., 2017) використано спектроскопію ближнього інфрачервоного діапазону для якісного та кількісного виявлення меду, фальсифікованого кукурудзяним сиропом з високим вмістом фруктози або мальтозним сиропом. Спектри записували в режимі трансфлексії з використанням різних методів моделювання: найменших квадратів, регресії, м'якого незалежного моделювання класових аналогів (SIMCA) тощо. Фальсифікація сиропами збільшує кількість вільних молекул води та зменшує кількість структурованих молекул води, особливо тримерів води, які полегшують взаємодію з іншими молекулами. Значення абсорбції в певних спектральних областях вказують на вміст домішок через відмінності хімічних компонентів між чистим медом і сиропами.

Автори (Morales, Corzo, & Sanz, 2008) вивчали профілі олігосахаридів для виявлення фальсифікації меду з використанням кукурудзяного сиропу і кукурудзяних сиропів з високим вмістом фруктози. Було проаналізовано 9 цукрових сиропів та 25 зразків меду за допомогою високоефективної аніонообмінної хроматографії в поєднанні з імпульсним амперометричним детектуванням. Зразки попередньо обробляли активованим вугіллям для видалення моно- та дисахаридів. Цей метод дає змогу виявити фальсифікації меду кукурудзяним сиропом кількості до 5%.

У праці (Ruiz-Matute, Rodriguez-Sanchez, Sanz, & Martinez-Castro, 2010) використано метод газової хроматографії для виявлення фальсифікації меду інуліновими сиропами з високим вмістом фруктози. Досліджено вуглеводний склад сиропів різного ступеня полімеризації. У всіх пробах виявлено фруктозу, сахарозу, діангідриди фруктози, інулобіозу, кетози та інулотріозу. За результатами проведених експериментів встановлено, що інулотріоза виявилася найкращим маркером для виявлення фальсифікації меду в цих сиропах.

У працях (Trifkovic, Andric, & Yesilada, 2019; Zhang, & Abdulla, 2022) показано ефективність використання газової хроматографії для виявлення летких і напівлетких молекул (аромат меду), таких як моносахариди, дисахариди, трисахариди та домішки (кукурудзяний сироп з високим вмістом фруктози, інуліновий сироп з високим вмістом фруктози, інверсний цукровий сироп) у меді.

Високоефективну рідинну хроматографію використовують для ідентифікації широкого спектра хімічних маркерів для виявлення фальсифікації меду (Kamal, & Klein, 2011; Wang та ін., 2015), але вона вимагає розчинників, газу-носія, реагентів, трудомісткого процесу підготовки зразків і значного часу, щоб зразки пройшли всередині колонок для отримання остаточних результатів. Крім того, система може аналізувати лише один зразок за раз. Тому ці методи можуть бути непридатними для великомасштабних застосувань.

Незважаючи на постійний розвиток методів виявлення фальсифікованого меду, необхідно активізувати зусилля для розробки нових і передових аналітичних методів, які дають змогу легко і швидко перевіряти справжність меду.

Мета дослідження: аналіз проблем і перспектив розвитку методів визначення фальсифікації меду натурального.

Матеріали і методи. Під час дослідження використано методи аналізу та синтезу, наукового узагальнення і порівняння даних наукових джерел. Методи аналізу та синтезу взаємопов'язані (Важинський, & Щербак, 2016; Крушельницька, 2003; П'ятницька-Позднякова, 2003). При підготовці статті їх використано одночасно, оскільки після виконання аналітичної роботи виникла потреба в синтезі та інтеграції результатів аналізу.

Інформаційною базою дослідження були роботи вітчизняних і зарубіжних вчених.

Викладення основних результатів дослідження. Фальсифікація меду може бути прямою або непрямую та купажною. При прямій фальсифікації до меду додають певне співвідношення сиропів для підвищення його солодкого смаку, в той час як при непрямій фальсифікації бджіл годують цукровими сиропами для збільшення виходу меду у вуликах.

Рослини, які є джерелами речовин, що використовуються для фальсифікації меду, можна класифікувати як рослини С3 та С4, зважаючи на їх вуглецевий обмін. Рослинами С3 є рис, пшениця та буряк, тоді як кукурудза та цукрова тростина належать до С4.

Рослини С3 фіксують атмосферний CO₂ за допомогою циклу Кальвіна, першим продуктом якого є тривуглецева 3-фосфогліцерінова кислота, рослини С4 фіксують CO₂ за допомогою циклу Хегча-Слака з утворенням чотириуглецевої цавлевооцтової кислоти.

Аналіз співвідношення стабільних ізотопів вуглецю (SCIRA) є одним із прийнятих стандартних методів виявлення домішок у меді (Padovan, Jong, Rodrigues, & Marchini, 2003) і використовується також для розрізнення меду різного ботанічного походження (Bontempo та ін., 2017). Цей метод добре себе зарекомендував для виявлення фальсифікації меду з додаванням цукрових сиропів з рослин С4 (Guler та ін., 2014). Виявлення домішок цукру з рослин С3 є більш складним, оскільки їхній профіль 13C/12C дуже схожий на цукри в натуральному меді, до того ж його найнижча межа виявлення починається з 20% і насправді є досить високою, що вимагає подальших досліджень для покращення його чутливості.

Інфрачервона (ІЧ) спектроскопія є популярним методом виявлення домішок у меді. Цій техніці надають перевагу через кілька помітних характеристик, таких як швидкість, легкі протоколи підготовки зразків, придатність до реального моніторингу. Як правило, ІЧ-спектри вимірюють у двох областях — близькій (N) (10000—4000 см⁻¹) і середній (M) (4000—450 см⁻¹). ІЧ-спектроскопія може точно ідентифікувати широкий спектр домішок, отриманих із рослин С3 та С4.

Спектри комбінаційного розсіювання (раманівська спектроскопія) доповнюють інформацію, отриману з інфрачервоних спектральних даних, і при використанні в поєднанні з хемометричними методами можуть забезпечити високоточну кількісну оцінку різних домішок цукру в меді (Li, Shan, & Ling, 2012; Zhang, &

Abdulla, 2022). Раманівська спектроскопія є швидкою та економічно ефективною без виснажливої попередньої обробки зразків, тому підходить для аналізу на місці.

Високоєфективна аніонообмінна хроматографія, інтегрована із системою імпульсного амперометричного детектування (HPLC-PAD), використовується для оцінки вуглеводневого складу меду, включаючи моно-, ди-, оліго- та полісахариди, однак необхідна кропітка робота з удосконалення, щоб скоротити трудомісткий етап попередньої обробки зразків, перш ніж цю техніку можна буде використовувати для звичайного скринінгу (Megherbi, Herbreteau, Faure, & Salvador, 2009).

Додавання цукру поєднується з термічною обробкою для виробництва однорідної суміші і продажу її як чистого меду споживачам. При тепловій обробці меду утворюється проміжна сполука гідроксиметилфурфурол, що є маркером фальсифікації меду. Високоєфективна рідинна хроматографія, газова хромато-маспектрометрія, міцелярна електрокінетична хроматографія і вольтаметрія є методами, які застосовують для визначення гідроксиметилфурфуролу у фальсифікованому меді (Basar, & Ozdemir, 2018; Fakhlaei et al., 2020). Крім того, спостерігається тенденція до зниження значень рН і зростання активності води (a_w) при додаванні фруктози і сахаридів у чистий мед (Hostalkova, Klingelhofer, & Morlock, 2013).

Диференційну скануючу калориметрію використовують для визначення термічних властивостей меду (температура фазового переходу, ентальпія плавлення і зміна теплоємності) під впливом безпосереднього додавання фальсифікаторів цукрового сиропу (Sobrino-Gregorio, Vargas, Chiralt, & Escriche, 2017; Turhan, Tetik, & Tavukcuoglu, 2008). Сиропи і мед мають істотні відмінності в теплових явищах, а також амплітудах і положеннях на температурній шкалі.

Крім гідроксиметилфурфуролу, ферментативна активність діастази може використовуватися для виявлення фальсифікації меду (Yilmaz, 2014). Ферментативна активність — показник, що відображає процес перетворення нектару в мед в процесі дозрівання. У разі фальсифікації меду цукровим сиропом значно знижується ферментативна активність, кількість інвертного цукру, мінеральних речовин і підвищується рівень сахарози.

Вміст азоту, проліну, калію і натрію в чистому меді набагато вищий, ніж у фальсифікованому меді. Вміст амінокислот у меді становить 50—300 мг/кг, пролін є найбільш поширеною амінокислотою (50—85%), тому коефіцієнт концентрації проліну (180 мг/кг) є індикаційним значенням для диференціації натурального та фальсифікованого меду (Nisbet, Kazak, & Ardali, 2018).

Вологість меду характеризує його зрілість і визначає придатність для тривалого зберігання. Залежить від пори медозбору, погоди, вологості місцевості, співвідношення цукрів, умов зберігання, виду тари.

Непряма фальсифікація останнім часом стала серйозною проблемою. З усіх фальсифікацій меду цю підробку визначити найважче. Складність виявлення цукрового меду полягає в тому, що склад натурального меду мінливий і показники якості меду можуть помилково бути прийняті за показники, що характеризують його як фальсифікат.

Ефективним методом виявлення меду фальсифікованого за допомогою цукрових сиропів є одновимірний (1D) і двовимірний (2D) ядерний магнітний

резонанс (ЯМР) (Bertelli та ін., 2010). Надвисокопродуктивна рідинна хроматографія у поєднанні з час-прольотною мас-спектрометрією (UHPLC/Q-TOF-MS) застосовується для виявлення непрямой фальсифікації меду кукурудзяним сиропом з високим вмістом фруктози та інвертованим сиропом (Arroyo-Manzanares, 2019).

При купажній фальсифікації високоякісний мед змішують з більш дешевим, який має низьку якість і поживність. Методом купажування також змішують більш цінні монофлорні меди з поліфлорними сортами з різних партій, які відрізняються фізико-хімічними й органолептичними показниками, характеристиками аромату і смаку. Купажування також проводять для реалізації старого меду, додаючи при цьому різні ароматизатори, добавки і барвники. Використовують різні методи виявлення такої фальсифікації: рідинну хроматографію поєднанні з електрохімічним детектуванням, ^1H ЯМР-спектроскопію, ІЧ-спектроскопію (Fakhlaei, 2020; Sea, Wahab, Yaacob, & Groshal, 2019; Zabrodska, & Vorlova, 2014) та інші методи.

Висновки

Якщо порівняти зі спектроскопічними методами, традиційні хроматографічні методи за своєю суттю потребують багато часу, залежить від кваліфікованого персоналу, дорого коштують і використовують токсичні та неекологічні витратні матеріали. Точність і надійність хроматографічних методів є незаперечними, оскільки широкий спектр фальсифікаторів меду успішно ідентифіковано за допомогою хроматографії.

Спектроскопічні методи є більш практичними при виявленні домішок у меді через шахрайські дії, оскільки ці методи прості у виконанні та швидші, ніж хроматографічні методи. ЯМР чудовий і надійний метод для виявлення домішок меду, але його висока ціна та вимога до кваліфікованого персоналу обмежують застосування цього методу.

Література

- Важинський, С. Е., Шербак, Т. І. (2016). *Методика та організація наукових досліджень*: навч. посіб. Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка.
- Данкевич, В., Данкевич, Є., Пивовар, П. (2018). Формування кон'юнктури світового ринку меду: сучасний стан і перспективи для українських експортерів. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. Vol. 4 (2), 37—54. URL: www.are-journal.com.
- Журавльова, А., Сментина, Н. (2019). Кон'юнктура світового ринку меду та перспективи для України. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 1 (264). 48—62. <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2019-1-264-48-52>.
- Крушельницька, В. О. (2003). *Методологія та організація наукових досліджень*: навч. посіб. К.: Кондор.
- Луців, Н., Жолинська, Г., Сенік, Л. (2020). Ринок меду натурального. *Товари і ринки*, 4, 43—56. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020\(36\)04](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020(36)04).
- П'ятницька-Позднякова, І. С. (2003). *Основи наукових досліджень у вищій школі*: навч. посібник. К.
- Arroyo-Manzanares, N., Garcia-Nicolas, M., Castell, A., Campillo, N., Vinas, P., Lopez-Garcia, I., Hernandez-Cordoba, M. (2019). Untargeted headspace gas chromatography–ion mobility spectrometry analysis for detection of adulterated honey. *Talanta*. 205:120123. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.120123>.

- Basar, B., Ozdemir, D. (2018). Determination of honey adulteration with beet sugar and corn syrup using infrared spectroscopy and genetic-algorithm-based multivariate calibration. *J. Sci. Food Agric.*, 98:5616—5624. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9105>.
- Bertelli, D., Lolli, M., Papotti, G., Bortolotti, L., Serra, G., Plessi, M. (2010). Detection of honey adulteration by sugar syrups using one-dimensional and two-dimensional high-resolution nuclear magnetic resonance. *J. Agric. Food Chem.*, 58: 8495—8501. <https://doi.org/10.1021/jf101460t>.
- Bontempo, L., Camin, F., Ziller, L., Perini, M., Nicolini, G., Larcher, R. (2017). Isotopic and elemental composition of selected types of Italian honey. *Measurement*, 98: 283—289. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.11.022>.
- Cordella, C., Antinelli, J., Aurieres, C., Faucon, J., Cabrol-Bass, D., Sbirrazzuoli, N. (2002). Use of differential scanning calorimetry (DSC) as a new technique for detection of adulteration in honeys. 1. Study of adulteration effect on honey thermal behavior. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 203—208. <https://doi.org/10.1021/jf010752s>.
- Das, C., Chakraborty, S., Acharya, K., Bera, N., Chattopadhyay, D., Karmakar, A., Chattopadhyay, S. (2017). FT-MIR supported Electrical Impedance Spectroscopy based study of sugar adulterated honeys from different floral origin. *Talanta*, 171: 327—334. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.05.016>.
- Fakhlai, R., Selamat J., Khatib, A., Razis, A., Sukor, R., Ahmad, S., Babadi, A. (2020). The Toxic Impact of Honey Adulteration: A Review. *Foods*, 9 (11): 1538. <https://doi.org/10.3390/foods9111538>.
- Guler, A., Kocaokutgen, H., Garipoglu, A. V., Onder, H., Ekinci, D., Biyik, S. (2014). Detection of adulterated honey produced by honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies fed with different levels of commercial industrial sugar (C3 and C4 plants) syrups by the carbon isotope ratio analysis. *Food Chem.*, 155: 155—160. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.033>.
- Hostalkova, A., Klingelhofer, I., Morlock, G. (2013). Comparison of an HPTLC method with the Reflectoquant assay for rapid determination of 5-hydroxymethylfurfural in honey. *Anal. Bioanal. Chem.*, 405: 9207—9218. <https://doi.org/10.1007/s00216-013-7339-6>.
- Jaafar, M., Othman, M., Yaacob, M., Talip, B., Ilyas, M., Ngajikin, N., Fauzi, N. (2020). A Review on Honey Adulteration and the Available Detection Approaches. *Int. J. Integr. Eng.*, 12 (2): 125—131. <https://doi.org/10.30880/ijie.00.00.0000.00.0000>.
- Kamal, M., Klein, P. (2011). Determination of sugars in honey by liquid chromatography. *Saudi J. Biol. Sci.*, 18: 17—21. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.09.003>.
- Li, S., Shan, Y., Zhu, X., Zhang, X., Ling, G. (2012). Detection of honey adulteration by high fructose corn syrup and maltose syrup using Raman spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*. 28 (1): 69—74. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.07.006>.
- Li, S., Zhang, X., Shan, Y., Su, D., Ma, Q., Wen, R., Li, J. (2017). Qualitative and quantitative detection of honey adulterated with high-fructose corn syrup and maltose syrup by using near-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 218: 231—236. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.105>.
- Megherbi, M., Herbreteau, B., Faure, R., Salvador, A. (2009). Polysaccharides as a marker for detection of corn sugar syrup addition in honey. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 2105—2111. <https://doi.org/10.1021/jf803384q>.
- Morales, V., Corzo, N., Sanz, M. (2008). HPAEC-PAD oligosaccharide analysis to detect adulterations of honey with sugar syrups. *Food Chem.*, 107: 922—928. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.050>.
- Nisbet, C., Kazak, F., Ardali, Y. (2018). Determination of quality criteria that allow differentiation between honey adulterated with sugar and pure honey. *Biol. Trace Elem. Res.*, 186: 288—293. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1305-2>.
- Padovan, G., Jong D., Rodrigues L., Marchini J. (2003). Detection of adulteration of commercial honey samples by the ¹³C/¹²C isotopic ratio. *Food Chem.*, 82: 633—636. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00504-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00504-6).
- Pilizota, V., Tiban, N. (2009). Category: natural products advances in honey adulteration detection. *Food Safety Magazine*, 60—64. URL:<http://www.foodsafetymagazine.com/articlepf.as?pid=3320&sub=sub1>.

- Pirvutoiu, I., Popescu, A. (2011). Analysis of Romania's Honey Market. *Animal Science and Biotechnologies*, 44 (2): 500—503.
- Rahman, M., Gan, S., Khalil, M. (2014). Neurological effects of honey: Current and future prospects. *Evid. Based Complement. Altern. Med.*, 958721. <https://doi.org/10.1155/2014/958721>.
- Rao, P., Krishnan, K., Salleh, N., Gan, S. (2016). Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless bees: A comparative review. *Rev. Bras. Farmacogn.*, 26: 657—664. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.01.012>.
- Ruiz-Matute, A., Rodriguez-Sanchez, S., Sanz, M., Martinez-Castro, I. (2010). Detection of adulterations of honey with high fructose syrups from inulin by GC analysis. *J. Food Compos Anal.*, 23 (3): 273—276. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.10.004>.
- Samarghandian, S., Farkhondeh, T., Samini, F. (2017). Honey and health: A review of recent clinical research. *Pharmacogn. Res.*, 9 (2): 121—127. <https://doi.org/10.4103/0974-8490.204647>.
- Se, K., Ghoshal, S., Wahab, R., Ibrahim, R., Lani, M. (2018). A simple approach for rapid detection and quantification of adulterants in stingless bees (Heterotrigona itama) honey. *Food Res. Int.*, 105: 453—460. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.012>.
- Sea, K., Wahab, R., Yaacob, S., Groshal, S. (2019). Detection techniques for adulterants in honey: Challenges and recent trends. *Journal of Food Composition and Analysis*. 80: 16—32. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.04.001>.
- Sobrinho-Gregorio, L., Vargas, M., Chiralt, A., Escriche, I. (2017). Thermal properties of honey as affected by the addition of sugar syrup. *J. Food Eng.* 213: 69—75. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.014>.
- Soylu, M., Silici, S. (2018). Honey consumption preferences of university students. *Journal of Human Sciences*, 15 (1): 386—399. <https://doi.org/10.14687/jhs.v15i1.5255>. 23.
- Trifkovic, J., Andric, F., Ristivojevic, P., Guzelmeric, E., Yesilada, E. (2019). Analytical methods in tracing honey authenticity. *Journal of AOAC International*. 100 (4): 827—839. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0142>.
- Turhan, I., Tetik, N., Karhan, M., Gurel, F., Tavukcuoglu, H. (2008). Quality of honeys influenced by thermal treatment. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 41 (8): 1396—1399. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.09.008>.
- Wang, S., Guo, Q., Wang, L., Lin, L., Shi, H., Cao, H., Cao, B. (2015). Detection of honey adulteration with starch syrup by high performance liquid chromatography. *Food Chem.*, 172: 669—674. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.044>.
- Yilmaz, M., Tatlisu, N., Toker, O., Karaman, S., Dertli, E., Sagdic, O., Arici, M. (2014). Steady, dynamic and creep rheological analysis as a novel approach to detect honey adulteration by fructose and saccharose syrups: Correlations with HPLC-RID results. *Food Res. Int.*, 64: 634—646. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.009>.
- Zabrodska, B., Vorlova, L. (2014). Adulteration of honey and available methods for detection — a review. *Acta Vet.*, 83: 85—102. <https://doi.org/10.2754/avb201483S10S85>.
- Zak, N. (2017). Honey market in the opinion of young consumers. *Handel wewnętrzny*, 1(366): 424—438.
- Zhang G., Abdulla W. (2022). On honey authentication and adulterant detection techniques (2022). *Food Control*, 138. 108992. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108992>.