

Original researches

Detection of honey falsification with an admixture of sodium bicarbonate using the bromothymol blue indicator

Received: 09 August 2021
Revised: 24 August 2021
Accepted: 06 September 2021

State Biotechnological University,
Akademichna Str, 3/3, Kharkiv region, Mala
Danylivka village, 62341, Ukraine

Tel.: +38-067-186-06-65
E-mail: yacenko-1971@ukr.net

Bila Tserkva National Agrarian University,
Cathedral Square, 8/1, Bila Tserkva, 09117,
Ukraine

Tel.: +38-067-395-21-50
E-mail: nadiyabogatto@ukr.net

Poltava State Agrarian University, Skovorody
Str., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

Tel.: +38-050-183-78-78
E-mail: evstva@ukr.net

Cite this article: Yatsenko, I. V., Lotskin, I. M., Bogatko, N. M., Yevstafyeva, V. O., Mazanna, M. G., & Dehtiarov, M. O. (2021). Detection of honey falsification with an admixture of sodium bicarbonate using the bromothymol blue indicator. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9(3), 135–139.
doi: 10.32819/2021.93021

I. V. Yatsenko*, I. M. Lotskin*, N. M. Bogatko**, V. O. Yevstafyeva***,
M. G. Mazanna*, M. O. Dehtiarov*

* State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

** Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

*** Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

Abstract. A method for detecting honey falsification with sodium bicarbonate, added deliberately to reduce the mass fraction of water in honey, increase its density and consistency, eliminate signs of fermentation and reduce contamination by microorganisms, has been substantiated. The used indicator is bromothymol blue alcohol solution with a mass concentration of 0.01% in an amount of 2-3 drops. In the absence of sodium bicarbonate admixture in honey, the colour of the solution is olive; in case of the sodium bicarbonate addition up to 1.0% of the honey volume - it turns light blue; from 1.1 to 2.0% – sky blue; from 2.1 to 3.0% – dark blue. The proposed method is reliable, fast, easy to carry out, does not require a lot of cost for reagents and can be used in combination with other methods for determining the safety and quality of honey, as well as detecting its falsifications. The developed method can be used to detect honey falsification with sodium bicarbonate when determining its safety and quality in production laboratories at facilities for the production of honey and apiproducs, supermarkets, wholesale depots, stores, state laboratories of the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection (SSUFSCP), in government laboratories, in laboratories at designated border inspection posts when carrying out simple laboratory tests using express methods, as well as during the forensic examination of honey. Based on the results of the developed author's method, it is possible to obtain qualitative characteristics for assessing the honey safety and its quality. The possibility of using an express and effective control system within the framework of simple laboratory tests at designated border inspection posts will allow the implementation of an effective food control system at the stage of their state border verification. Establishing mismatches at the stage of border control and sending laboratory samples for extended laboratory studies (tests) to the state laboratory of the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection, will strengthen the effectiveness of the control system at the stage of early detection of insecurity indicators and prevent the products release that do not meet safety and quality characteristics into circulation. The development of a methodological concept and the creation of a base of methods for detecting honey falsification will contribute to the distribution of safe and high-quality products for consumers, systematization of simple methods for food products study, including honey, in laboratories at designated border inspection posts, during the implementation of state control measures at the Ukrainian state border, will increase the reliability, objectivity and accuracy of the results of the examination, in case of carrying out.

Keywords: honey; falsification; sodium bicarbonate; bromothymol blue; quality and safety

Виявлення фальсифікації меду домішкою натрію гідрокарбонату із застосуванням індикатора бромтимолового синього

I. В. Яценко*, I. М. Лощкін*, Н. М. Богатко**, В. О. Євстаф'єва***, М. Г. Мазанна*, М. О. Дегтярьов*

* Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

** Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна

*** Полтавський державний аграрний університет, Полтава, Україна

Анотація. Обґрунтовано спосіб виявлення фальсифікації меду натрію гідрокарбонатом, доданого умисно для зниження масової частки води у меді, підвищення його густини і консистенції, усунення ознак закисання та зменшення обсіменіння мікроорганізмами. Застосовано індикатор – спиртовий розчин бромтимолового синього з масовою концентрацією 0,01 % у кількості 2–3 крапель. За відсутності домішки натрію гідрокарбонату в меді колір розчину оливковий; за додавання натрію гідрокарбонату до 1,0 % об'єму меду – блакитного; від 1,1 до 2,0 % – синьо-блакитного; від 2,1 до 3,0 % – темно-синього кольору. Запропонований метод достовірний, експресний, зручний в проведенні, не вимагає витрат на реактиви і може використовуватися в комплексі з іншими методами визначення безпечності і якості меду, а також виявлення його фальсифікацій. Розроблений спосіб може бути використаний для виявлення фальсифікації меду натрію гідрокарбонатом під час визначення його безпечності і якості у виробничих лабораторіях на потужностях з виробництва меду й апіпродуктів, супермаркетах, оптових базах, магазинах, державних лабораторіях Держпродспоживслужби України.

ни, державних лабораторіях ветеринарно-санітарної експертизи на агропродовольчих ринках, в лабораторіях на призначених прикордонних інспекційних постах при проведенні простих лабораторних досліджень, із застосуванням експресних методів, а також під час проведення судової експертизи меду. За результатами розробленого авторського способу можна отримати якісні показники для оцінки безпечності та якості меду. Можливість застосування експресної і ефективної системи контролю, в межах простих лабораторних досліджень на призначених прикордонних інспекційних постах, дозволить впровадити ефективну систему контролю харчових продуктів на етапі їх перевірки на державному кордоні. Встановлення невідповідності на етапі прикордонного контролю та направлення лабораторних зразків для проведення розширених лабораторних досліджень (випробувань) до державної лабораторії Держпродспоживслужби, посилить ефективність системи контролю на етапі раннього виявлення показників небезпечності та недопущення потрапляння в обіг продукції, яка не відповідає за показниками безпечності та якості. Розробка методологічної концепції та створення бази методик з виявлення фальсифікації меду буде сприяти обігу безпечних та якісних продуктів для споживачів, систематизації простих методик дослідження харчових продуктів, в тому числі й меду, в лабораторіях на призначених прикордонних інспекційних постах, під час здійснення заходів державного контролю на державному кордоні України, підвищить достовірність, об'єктивність і точність результатів експертизи, у разі її проведення.

Ключові слова: мед; фальсифікація; натрію гідрокарбонат; бромтимоловий синій; якість і безпечність

Вступ

Продовольча безпека будь-якої країни зумовлена виробництвом, обігом, реалізацією та споживанням населенням якісних і безпечних продуктів харчування, до яких належить і мед – солов'язка, в'язка рідина, зі своєрідним смаком і запахом, що виробляється медоносними бджолами з нектару квіток або пади та входить до загального раціону харчування (Rogala & Szymas, 2004). В ньому міститься близько 400 різних компонентів (Ball, 2007), серед яких азотисті речовини, вітаміни, ферменти, макро- і мікроелементи, альфа- і бета-амілаза (діастаза), інвертаза, кислота фосфатаза, каталаза, пероксидаза, поліфенолоксидаза, глюкооксидаза, ліпаза, редуктаза, протеаза, аскорбіноксидаза, фосфоліпаза, інгулаза, глікогеназа, органічні кислоти, моносахара складають основну частину меду (глюкоза, фруктоза, мальтоза, трегалоза, сахароза й ін.), загальний вміст яких досягає 80%, що залежить від його ботанічного походження (Kerkvliet & Putten, 1973; Lau et al., 2019; Escuredo & Seijo, 2019; Adamchuk et al., 2020).

Основними властивостями меду є його в'язкість, щільність, кристалізація, гігроскопічність, бродіння, теплоємність, теплопровідність, діелектричні властивості тощо (Omar et al., 2016; Pentos & Luczycka, 2018; Don & Petrusha, 2019). Крім того, він має бактерицидні, лікувальні та дієтичні властивості (Meo et al., 2017).

Україна є одним із світових лідерів виробництва меду на душу населення та обсягів експорту за даними ФАО, адже знаходиться в п'ятірці на аграрних світових ринках з його виробництва та реалізації (Bohatko et al., 2020).

Концепція державної політики України передбачає заходи, спрямовані на підтримання працездатності, збереження здоров'я, продовження тривалості та поліпшення якості життя громадян. Додавання будь-яких сторонніх речовин в мед, як харчовий продукт, заборонено як вітчизняними, так і міжнародними правилами (Bogdanov et al., 1999).

Проте високий попит на справжній мед призводить до шахрайства на ринку, яке ставить у невигідне становище виробництво високоякісного справжнього меду. Штучний мед зовні схожий на бджолиний, але відрізняється від нього хімічним складом і лікувально-харчовим значенням. Такий мед найчастіше готується з цукру й реалізується як фальсифікат бджолиного меду (Bashchenko et al., 2016).

Фальсифікацією меду є умисне додавання до його складу інгредієнтів, не передбачених Національним стандартом чи технічними умовами, або заміщення якісних інгредієнтів у складі продукту на інгредієнти низької якості. Фальсифікація меду не лише знижує їх якість, спричиняє негативні моральні та фізіологічні наслідки, а й може бути небезпечною, спричиняючи загрозу здоров'ю і життю споживачів (Venable et al., 2014).

Звичайні процедури хімічного аналізу використовуються для перевірки якості та ідентифікації меду. Проте деякі недоліки окремих методів дослідження, такі як трудомісткість, інвазивність і складна підготовка проб, в хімічних підходах роблять аналіз меду, заснований на спектроскопії вигідним альтернативним методом (Noviyanto et al., 2015).

У зв'язку з цим постає питання розроблення надійних аналітичних методів, щоб гарантувати їхню справжність. Так, спектроскопія і спектрометрія в ближньому інфрачервоному діапазоні (Vis-NIRS) у поєднанні з хемометричними інструментами, такими як ієрархічний кластерний аналіз (HCA), аналіз головних компонентів (PCA), лінійний дискримінантний аналіз (LDA), використовується для розпізнавання меду, фальсифікованого домішкою цукрових сиропів (Guelpa et al., 2017; Vetrova et al., 2017; Ferreira-Gonzalez et al., 2018; Sahlan et al., 2019; Liu et al., 2020 Peng et al., 2020); широко застосовується метод диференційного поглинання радіочастот (Coronel-Gavito et al., 2021); розроблена класифікація фальсифікованого меду за допомогою багатокамерного аналізу (Amiry et al., 2017; Arvanitoyannis et al., 2005) та метод виявлення домішки сторонніх ферментів в оброблений мед (Voldrich et al., 2009); апробовано новий метод диференційної скануючої калориметрії (DSC) для виявлення фальсифікації меду (Cordella et al., 2002); впроваджено реакцію крохмалю з парами йоду (Rendleman, 2003); застосовуються методики виявлення мікроорганізмів у меді (Snowdon & Cliver, 1996).

Присутність ксенобіотиків у меді також є важливою проблемою, адже зменшує його харчову цінність та може бути джерелом алергічних реакцій у споживачів. Так, для індикації їх у меді розроблені й апробовані новітні методи виявлення антибіотиків (Heering et al., 1998; Galarini et al., 2015) та пестицидів (Debayle et al., 2008). Недоліками цих методів є: вибірковість дії, вартісне обладнання, велика тривалість визначення, необхідність застосування вартісних реактивів, потреба в кваліфікованих кадрах і спеціалізованих лабораторіях.

Проте в сучасній науковій літературі дослідниками не достатньо приділено уваги розробці саме експрес-методів виявлення фальсифікації меду у системі контролювання їх безпечності та якості, в тому числі в призначених прикордонних інспекційних пунктах, на етапі державного контролю цього харчового продукту під час ввезення (пересилання) на митну територію України, тому досліджуване питання є актуальним як з теоретичної, так і практичної точки зору.

Мета роботи – розробити якісний експрес-метод виявлення домішки натрію гідрокарбонату в меді натуральному за допомогою індикатора бромтимолового синього.

Матеріал і методи досліджень

Об'єкт дослідження – зразки меду квіткового ($n = 34$), придбаного на агропродовольчих ринках міста Харків.

Виявлення фальсифікації меду натрію гідрокарбонатом здійснювали із застосуванням індикатора – спиртового розчину бромтимолового синього з масовою концентрацією 0,01%. Для дослідження готували зразки досліджуваного розчину меду у співвідношенні 1 : 1 – 1 : 2. В контролі використовували зразки меду без додавання натрію гідрокарбонату, проте в досліді 1 додавали домішки натрію гідрокарбонату до об'єму меду в кількості до 1,0%, в досліді 2 – від 1,1 до 2,0%, в досліді 3 – від 2,1 до 3,0%.

Результати

Для розробки способу виявлення домішки натрію гідрокарбонату в меді натуральному використовували досліджуваний розчин меду у співвідношенні 1 : 1 ($1,05 \pm 0,05$ г меду та $1,05 \pm 0,05$ см³ дистильованої води), у кількості $0,55 \pm 0,50$ см³ (дослід 1), 1 : 1 ($2,05 \pm 0,05$ г меду та $2,05 \pm 0,05$ см³ дистильованої води), у кількості $1,7 \pm 1,0$ см (дослід 2), 1 : 2 ($2,05 \pm 0,05$ г меду та $4,05 \pm 0,05$ см³ дистильованої води), у кількості $2,05 \pm 0,05$ см³ (дослід 3), яку вносили в окремі пробірки, далі додавали градуйованою піпеткою спиртовий розчин бромтимолового синього: 1–2 краплі з масовою концентрацією 0,004% (дослід 1), 1–2 краплі з масовою концентрацією 0,005% (дослід 2), 3 краплі

з масовою концентрацією 0,01% (дослід 3). Далі струшували вміст пробірок і реєстрували колір водного розчину меду: через $11 \pm 1,0$ хвилин (дослід 1), $9 \pm 1,0$ хвилини (дослід 2), $0,75 \pm 0,25$ секунди (дослід 3).

Результати дослідження: світло-оливковий колір розчину меду – за відсутності домішки натрію гідрокарбонату, світло-блакитний – за додавання домішки натрію гідрокарбонату до об'єму меду в кількості до 1,0%, блакитно-зелений – за додавання домішки натрію гідрокарбонату до об'єму меду в кількості від 1,1 до 2,0%, блакитний – за додавання домішки натрію гідрокарбонату до об'єму меду в кількості від 2,1 до 3,0% (табл. 1).

Порівняльна оцінка результатів випробування вищезазначених способів виявлення фальсифікації меду натрію гідрокарбонатом із застосуванням бромтимолового синього до контролю представлена в таблиці 1.

Стабільність показників інтенсивності кольору розчину меду під час виявлення його фальсифікації натрію гідрокарбонатом із застосуванням спиртового розчину бромтимолового синього з масовою концентрацією 0,01% була найвищою у досліді № 3 – $99,9 \pm 0,1\%$. Також більш достовірні дані – у $99,7 \pm 0,3\%$ були отримані у порівнянні до методу визначення кислотності меду та у $99,7 \pm 0,3\%$ до методу визначення масової частки води у меді.

Використовуючи метод за дослідом 3, ми виявляли наявність домішки натрію гідрокарбонату із застосуванням бромтимолового синього за інтенсивністю кольору розчину меду на 34 пробах (табл. 2).

Таблиця 1 – Порівняння способів виявлення фальсифікації меду натрію гідрокарбонатом із застосуванням бромтимолового синього до контролю

Показники, що порівнюються	Контроль	Досліди		
		1	2	3
1. Приготування водного розчину меду:				
співвідношення	1:1	1:1	1:1	1:2
кількість меду, г	1,05 ± 0,05	1,05 ± 0,05	2,05 ± 0,05	2,05 ± 0,05
об'єм дистильованої води, см³	1,05 ± 0,05	1,05 ± 0,05	2,05 ± 0,05	4,05 ± 0,05
об'єм досліджуваної проби меду, см³	0,55 ± 0,50	0,55 ± 0,50	1,7 ± 1,0	2,05 ± 0,05
2. Додавання реактиву:				
назва реактиву	спиртовий розчин бромтимолового синього			
кількість, краплі	1–2	1–2	1–2	2–3
концентрація, %	0,005	0,005	0,01	0,01
3. Експозиція появи кольору, хв/секунди	11 ± 1,0 хв	11 ± 1,0 хв	9 ± 1,0 хв	0,75 ± 0,25 сек
4. Інтенсивність кольору за відсутності домішки натрію гідрокарбонату	світло-оливковий (водний розчин меду)	світло-оливковий (водний розчин меду)		оливково-зелений (водний розчин меду)
5. Інтенсивність кольору за наявності домішки натрію гідрокарбонату	від світло-блакитно-зеленого до блакитного (водний розчин меду)	від світло-блакитно-зеленого до блакитного (водний розчин меду)		від блакитного, синьо-блакитного до темно-синього (водний розчин меду)
6. Швидкість виявлення, хв	19 ± 1,0	19 ± 1,0	17 ± 1,0	3,5 ± 0,5
7. Стабільність показників інтенсивності кольору, %	69,6 ± 0,4	68,6 ± 0,4	72,7 ± 0,4	99,9 ± 0,1
8. Співвідношення результатів досліджень до кислотності меду, %	74,9 ± 3,20	74,9 ± 3,2	80,7 ± 1,3	99,7 ± 0,3
9. Співвідношення результатів досліджень до масової частки води у меді, %	77,6 ± 2,95	77,6 ± 2,95	79,8 ± 0,65	99,7 ± 0,3

Таблиця 2 – Показники фальсифікації меду натрію гідрокарбонатом із застосуванням бромтимолового синього за інтенсивністю кольору розчину меду

Загальна кількість досліджуваних проб меду, n = 34		Інтенсивність кольору розчину меду за дослідом 3		
Кількість проб меду з домішкою натрію гідрокарбонату, n = 22	Блакитний (до 1,0 %), n = 10	синьо-блакитний (1,1–2,0 %), n = 8	темно-синій (2,1–3,0 %), n = 4	
Масова частка води у меді з домішкою натрію гідрокарбонатом (сухого), %	16,65 ± 0,04	14,60 ± 0,03	13,03 ± 0,02	
Масова частка води у меді з домішкою розчину натрію гідрокарбонату, %	21,60 ± 0,03	23,20 ± 0,04	26,00 ± 0,05 і більше	
Колір та кількість проб меду без домішки натрію гідрокарбонату, n = 12	оливково-зелений, n = 12			
Масова частка води у натуральному меді, без домішки натрію гідрокарбонату, %	19,2 ± 0,04			

Проведеними дослідженнями встановлено, що колір розчину меду за наявності домішки натрію гідрокарбонату змінюється в залежності від кількості доданої домішки: оливково-зелений – за відсутності в ньому домішки натрію гідрокарбонату (у 12 досліджених пробах меду); блакитний – за додавання домішки натрію гідрокарбонату до об'єму меду в кількості до 1,0% (у 10 досліджених пробах); синьо-блакитний – за додавання домішки натрію гідрокарбонату до об'єму меду в кількості від 1,1 до 2,0% (у 8 досліджених пробах), темно-синій – за додавання домішки натрію гідрокарбонату до об'єму меду в кількості від 2,1 до 3,0% (у 4 досліджених пробах).

Отже, спосіб за дослідом 3 (табл. 1) нами пропонується як якісний для виявлення наявності домішки натрію гідрокарбонату із застосуванням бромтимолового синього поряд з іншими методами визначення безпечності та якості меду (масової частки води, кислотності, діастазного числа, вмісту сахарози, органолептики).

Обговорення

Питанням фальсифікації меду та інших апіпродуктів здавна приділяється багато уваги, адже всі харчові продукти, у тому числі й мед, котрі призначені для споживання людьми, мають бути безпечними, тобто не заподіювати шкоди здоров'ю, як після споживання, так і не мати віддалених негативних наслідків для здоров'я і життя людей.

Україна є експортером меду на світові ринки (Bohatko et al., 2020). Значний попит на справжній мед призводить до шахрайства на ринку, яке ставить у невигідне становище виробництво високоякісного справжнього меду. У зв'язку з цим, як регламентовано Законом України «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин» (2017), на державному кордоні України будуть організовані призначені прикордонні інспекційні пости, на яких державні ветеринарні інспектори будуть відбирати зразки харчових продуктів та проводити їх прості лабораторні дослідження, у тому числі й меду під час ввезення чи пересилання на митну територію України. Проте ні в чинному законодавстві України, а ні в сучасній науковій літературі не розкрито, які методи дослідження необхідно вважати простими, а також не створено державного реєстру таких методик. Отже, наш потенціал був спрямований на розробку саме експрес-метода виявлення лужних домішок, зокрема натрію гідрокарбонату, за допомогою бромтимолового синього. Натрію гідрокарбонат додають до меду для пригнічення життєдіяльності бактерій, мікроскопічних грибів, дріжджів з метою приховування процесів бродіння у незрілому чи не якісному меді.

У роботі теоретично обґрунтовано та експериментально доведено, що розроблений нами метод виявлення лужних домішок в меді, зокрема натрію гідрокарбонату, за допомогою бромтимолового синього, є експресним, простим у виконанні, має переваги перед існуючими методами визначення безпечності і якості меду, а також виявлення його фальсифікацій, оскільки за результатами способу можна отримати об'єктивні якісні показники щодо зміни кольору розчину меду: оливково-зелений – за відсутності в ньому домішки натрію гідрокарбонату, блакитний – за додавання домішки натрію гідрокарбонату до об'єму меду в кількості до 1,0 %, синьо-блакитний – за додавання домішки натрію гідрокарбонату до об'єму меду в кількості від 1,1 до 2,0 %; темно-синій – за додавання домішки натрію гідрокарбонату до об'єму меду в кількості від 2,1 до 3,0 %.

Розроблений авторський метод виявлення фальсифікації меду натрію гідрокарбонатом може бути використаний під час визначення його безпечності і якості у виробничих лабораторіях на потужностях з виробництва меду і апіпродуктів, супермаркетах, оптових базах, магазинах, державних лабораторіях Держпродспоживслужби України, державних лабораторіях ветеринарно-санітарної експертизи на агропродовольчих ринках, в лабораторіях на призначених прикордонних інспекційних постах для проведення експрес-досліджень, а також під час проведення судової експертизи меду.

Висновки

1. Спосіб виявлення фальсифікації меду натрію гідрокарбонатом із застосуванням бромтимолового синього базується на тому, що використовують досліджуваний розчин меду, приготований у співвідношенні 1 : 2 (2,0–2,1 г меду та 4,0–4,1 см³), у кількості 2,0–2,1 см³, до якого додають градуйованою піпеткою 2–3 краплі спиртового розчину бромтимолового синього з масовою концентрацією 0,01%, перемішуючи вміст пробірки і через 0,5–1,0 секунди встановлюючи наявність оливкового кольору розчину меду за відсутності домішки натрію гідрокарбонату або блакитного кольору – за додавання натрію гідрокарбонату до 1,0% до об'єму меду, або синьо-блакитного кольору – за додавання натрію гідрокарбонату до об'єму меду від 1,1 до 2,0%, або темно-синього кольору – за додавання натрію гідрокарбонату до об'єму меду від 2,1 до 3,0%.

2. Запропонований спосіб достовірний, експресний, зручний в проведенні, не вимагає витрат на реактиви і може використовуватися в комплексі з іншими способами визначення безпечності і якості меду, а також виявлення його фальсифікацій.

3. Розробка методологічної концепції та створення бази методик з виявлення фальсифікації харчових продуктів, у т.ч. меду буде сприяти реалізації безпечних та якісних продуктів

для споживачів, систематизації простих методик дослідження харчових продуктів, в тому числі й меду на призначених прикордонних інспекційних постах під час здійснення заходів державного ветеринарно-санітарного контролю на державному кордоні України, підвищить достовірність, об'єктивність і точність результатів дослідження.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці експрес-методів виявлення не складних видів фальсифікацій інших харчових продуктів тваринного походження.

References

- Adamchuk, L., Sukhenko, V., Akulonok, O., Bilotserkivets, T., Vyshniak, V., Lisohurska, D., Lisohurska, O., Slobodyanyuk, N., Shanina, O., & Galyasnyj, I. (2020). Methods for determining the botanical origin of honey. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 483–493.
- Amiry, S., Esmaili, M., & Alizadeh, M. (2017). Classification of adulterated honeys by multivariate analysis. *Food Chemistry*, 224, 390–397.
- Arvanitoyannis, I. S., Chalhouh, C., Gotsiou, P., Lydakakis-Simantiris, N., & Kefalas, P. (2005). Novel quality control methods in conjunction with chemometrics (multivariate analysis) for detecting honey authenticity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(3), 193–203.
- Ball, D. W. (2007). The chemical composition of honey. *Journal of Chemical Education*, 84(10), 1643.
- Bashchenko, M. I., Posoienko, V. O., & Lazariyeva, L. M. (2016). Udoskonalennia systemy otsinky yakosti ta bezpechnosti medu bdzholynoho v Ukraini. *Visnyk Ahramoi Nauky*, 6, 23–28 (in Ukrainian).
- Bogatko, N. M., Mazur, T. H., Bogatko, L. M., Yatsenko, I. V., Savchuk, H. V., Dudus, T. V., & Bogatko, D. L. (2020). Bezpechnist ta yakist medu ta apiproduktiv: monohrafiia. Bila Tserkva (in Ukrainian).
- Bogdanov, S., Lüllmann, C., Martin, P., von der Ohe, W., Russmann, H., Vorwohl, G., Odo, L. P., Sabatini, A. G., Marazzan, G. L., & Vit, P. (1999). Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey Commission. *Bee World*, 80(2), 61–69.
- Coronel-Gaviro, J., Yagüe-Jiménez, V., & Blanco-Murillo, J. L. (2021). Nonintrusive honey fraud detection and quantification based on differential radiofrequency absorbance analysis. *Journal of Food Engineering*, 295, 110448.
- Cordella, C., Antinelli, J.-F., Aurieres, C., Faucon, J.-P., Cabrol-Bass, D., & Sbirrazzuoli, N. (2001). 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 203–208.
- Don, I., & Petrusha, Y. (2019). Physical and chemical indexes of different sorts honey quality. *ΛΟΓΟΣ. The Art of Scientific Mind*, (7), 46–49.
- Debayle, D., Dessalces, G., & Grenier-Loustalot, M. F. (2008). Multi-residue analysis of traces of pesticides and antibiotics in honey by HPLC-MS-MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 391(3), 1011–1020.
- Escuredo, O., & Seijo, M. C. (2019). Honey: chemical composition, stability and authenticity. *Foods*, 8(11), 577.
- Ferreiro-González, M., Espada-Bellido, E., Guillén-Cueto, L., Palma, M., Barroso, C. G., & Barbero, G. F. (2018). Rapid quantification of honey adulteration by visible-near infrared spectroscopy combined with chemometrics. *Talanta*, 188, 288–292.
- Galarini, R., Saluti, G., Giusepponi, D., Rossi, R., & Moretti, S. (2015). Multiclass determination of 27 antibiotics in honey. *Food Control*, 48, 12–24.
- Guelpa, A., Marini, F., du Plessis, A., Slabbert, R., & Manley, M. (2017). Verification of authenticity and fraud detection in South African honey using NIR spectroscopy. *Food Control*, 73, 1388–1396.
- Heering, W., Usleber, E., Dietrich, R., & Märklbauer, E. (1998). Immunochemical screening for antimicrobial drug residues in commercial honey. *The Analyst*, 123(12), 2759–2762.
- Kerkvliet, J. D., & Putten, A. P. J. (1973). The diastase number of honey: A comparative study. *Zeitschrift Fur Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung*, 153(2), 87–93.
- Lau, P., Bryant, V., Ellis, J. D., Huang, Z. Y., Sullivan, J., Schmehl, D. R., Cabrera, A. R., & Rangel, J. (2019). Seasonal variation of pollen collected by honey bees (*Apis mellifera*) in developed areas across four regions in the United States. *PLOS ONE*, 14(6), e0217294.
- Liu, W., Zhang, Y., Li, M., Han, D., & Liu, W. (2020). Determination of invert syrup adulterated in acacia honey by terahertz spectroscopy with different spectral features. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 1913–1921.
- Meo, S. A., Al-Asiri, S. A., Mahesar, A. L., & Ansari, M. J. (2017). Role of honey in modern medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(5), 975–978.
- Noviyanto, A., Abdullah, W., Yu, W., & Salicic, Z. (2015). Research trends in optical spectrum for honey analysis. 2015 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA). 416–425.
- Omar, A. F., Mardziah Yahaya, O. K., Tan, K. C., Mail, M. H., & Seeni, A. (2016). The influence of additional water content towards the spectroscopy and physicochemical properties of genus *Apis* and stingless bee honey. *Optical Sensing and Detection IV*.
- Peng, J., Xie, W., Jiang, J., Zhao, Z., Zhou, F., & Liu, F. (2020). Fast quantification of honey adulteration with laser-induced breakdown spectroscopy and chemometric methods. *Foods*, 9(3), 341.
- Pentoś, K., & Łuczycka, D. (2017). Dielectric properties of honey: the potential usability for quality assessment. *European Food Research and Technology*, 244(5), 873–880.
- Rendleman, J. A. (2003). The reaction of starch with iodine vapor. Determination of iodide-ion content of starch-iodine complexes. *Carbohydrate Polymers*, 51(2), 191–202.
- Rogala, R., & Szymas, B. (2004). Nutritional value for bees of pollen substitute enriched with synthetic amino acids – Part II. Biological methods. *Journal of Apicultural Science*, 48(1), 29–36.
- Sahlan, M., Karwita, S., Gozan, M., Hermansyah, H., Yohda, M., Yoo, Y. J., & Pratami, D. K. (2019). Identification and classification of honey's authenticity by attenuated total reflectance Fourier-transform infrared spectroscopy and chemometric method. *Veterinary World*, 12(8), 1304–1310.
- Snowdon, J. A., & Cliver, D. O. (1996). Microorganisms in honey. *International Journal of Food Microbiology*, 31(1-3), 1–26.
- Venable, R., Haynes, C., & Cook, J. M. (2014). Reported prevalence and quantitative LC-MS methods for the analysis of veterinary drug residues in honey: a review. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31(4), 621–640.
- Vetrova, O. V., Kalashnikova, D. A., Melkov, V. N., & Simonova, G. V. (2017). Detection of honey adulterations with sugar syrups by stable isotope mass spectrometry. *Journal of Analytical Chemistry*, 72(7), 756–760.
- Voldřich, M., Rajchl, A., Čížková, H., & Cuhra, P. (2009). Detection of foreign enzyme addition into the adulterated honey. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(1), 280–282.