



**УНИВЕРЗИТЕТ „СВ.КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ - БИТОЛА
ТЕХНОЛОШКО-ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ – ВЕЛЕС**



Иновативни технологии за храна и нутриционизам

**ПРИМЕНА НА СТАТИСТИЧКИ МЕТОДИ ЗА УТВРДУВАЊЕ НА
РАЗЛИКИ И СЛИЧНОСТИ НА МИНЕРАЛНИОТ СОСТАВ НА МЕД
ЗБОГАТЕН СО РАСТИТЕЛНИ ЕКСТРАКТИ СО ПОТЕКЛО ОД
МАКЕДОНИЈА, КОСОВО И АЛБАНИЈА**

Кандидат

Берат Дурмиши

број на индекс 19

Ментор

Ред.проф.д-р Весна Knights

Битола 2024, г.

СОДРЖИНА

Апстракт	3
1. Вовед	4
2. Преглед на литература.....	5
2.1. Концептот на мед збогатен со билни екстракти во здравствената заштита.....	5
2.2. Хемиски и нутритивен состав на медот.....	5
2.3. Терапевтски здравствени ефекти на медот.....	6
3. Материјали и методи	6
3.1. Подготовка на примерок на анализа на минералниот состав и токсични метали	6
3.2. Статистичка анализа.....	7
4. Резултати и дискусија	7
5. ЗАКЛУЧОК.....	14
6. Користена литература	14

СТАТИСТИЧКА АНАЛИЗА НА ПРИСУСТВО НА МИНЕРАЛИ ВО ПРИМЕРОЦИТЕ НА МЕД ЗБОГАТЕНИ СО ПЕТ РАСТИТЕЛНИ ЕКСТРАКТИ ОД МАКЕДОНИЈА, КОСОВО И АЛБАНИЈА

Берат Дурмиши

“Св. Климент Охридски” – Битола, Р.С. Македонија
berat.durmishi@uklo.edu.mk

Весна Книгхтс

[ORCID iD: 0000-0003-1768-2231](https://orcid.org/0000-0003-1768-2231)

“Св. Климент Охридски” – Битола, Р.С. Македонија
vesna.knight@uklo.edu.mk

Апстракт

Медот може да преставува алтернатива на рафинираниот шеќер не само како природен засладувач, туку како храна и лек поради неговите бројни здравствени придобивки. Медот е сложено хемиско соединение, во чиј состав најповеќе влегуваат јаглехидратите, други нутритивни супстанции, но и супстанции кои можат да го загорат здравјето на човекот доколку се наоѓаат во прекумерна концентрација. Целта на докторскиот проект преставува статистичка анализа на влијанието на растителните екстракти врз испитуваниот хемискиот состав на медот. Примероците на мед се збогатени со екстракти од пет растителни видови: рузмарин (*Rosmarinus officinalis* L.), лаванда (*Lavandula officinalis*), орегано (*Origanum vulgare*), Жалфија (*Salvia officinalis* L.) и маслото од бел бор (*Pinus strobus*). Процентот на збогатеност на медот со растителни екстракти е на ниво од 0,5%, 0,8% и 1% (w/w). Примероците од мед се од три региони: Косово, Северна Македонија и Албанија. Испитуван е хемиски состав во однос на хранливи минерали: калиум (K), калциум (Ca), магнезиум (Mg), натриум (Na), железо (Fe), манган (Mn) и цинк (Zn) и токсични метали: олово (Pb), кадмиум (Cd), никел (Ni), бакар (Cu), хром (Cr), кобалт (Co) и арсен (As) пред и по додавањето на растителни екстракти.

Примероците од мед беа анализирани со помош на методот на атомска апсорпциона спектрометрија (Atomic absorption spectrometry -AAS)).

Од резултатите утврдено е дека содржината на токсични метали (Cu, Cr, Co, Ni, As, Cd и Pb) во истражуваните примероци на мед е под токсичните гранични вредности наведени од Светската здравствена организација и *Codex alimentarius*. Содржината на минерали во примероците на мед варира во зависност од регионите каде што се земени и зголемувањето на концентрацијата на растителни екстракти. Медот збогатен со растителни екстракти отвара можност за нови потенцијани примени на овие екстракти кои го поттикнуваат човековото здравјето.

Клучни зборови: Мед, растителни екстракти, хранливи минерали, токсични метали

1. Вовед

Медот претставува слатка, миризлива и вискозна течност, произведена од пчелите (*Apis mellifera*) од нектарот на цвеќето. Овој уникатен производ е заситен со шеќери кои содржат главно моно и дисахариди, како што се гликоза, фруктоза и сахароза, чиј процент достигнува приближно 80% (Pu'šcion-Jakubik et al.2020). Покрај компонентите како аминокиселини, минерали, витамини или биоактивни материи, медот содржи и околу 14-20% вода, што е важен показател за стабилноста на медот (Machado De-Melo et al.2018). Хранливите и лековитите својства на медот потекнуваат конкретно од присуството на овие ензимски и неензимски антиоксиданси (Czernicka et al.2024).

Квалитетот на медот и особено неговиот состав зависи од повеќе фактори на животната средина при производството, како што се: временскиот период, влажноста во внатрешноста на пчелината кошница, условите и третманот на медот при екстракција и складирање, но на прво место зависи од храната на пчелите. Високата здравствена, диетална и технолошка вредност на медот, како и зголемената побарувачка за мед во модерното време (Nichitean et al.2021), доведоа до појава на нов производ - билен мед. Билниот мед е вид на мед, произведен од пчели хранети со сируп кој содржи главно сахароза збогатена со растителни екстракти или овошни сокови (Steinhauer et al.2018). Антимикробното дејство на хербалниот мед против микроорганизмите и *E. coli*, е потврдено во студија на Isidorov et al.2015 година.

И покрај докажаните придобивки од билниот мед, од клиничка гледна точка, дефинитивно се препорачува да се користи само природен мед, кој е само минимално обработен за да помогне во зачувувањето на нивниот природен спектар на биолошка активност (Majtan et al.2021). Варијациите во квалитетот и квалитетот на минералите, хемиските соединенија и хранливите материи, исто така, може да бидат во функција на сезоната на цветање, бројот на фуражни растенија, типот на нектар, хемијата на полен, факторите на животната средина како што се загадувањето и контаминацијата (Owen et al., 2018). Тоа значи дека иако медот е широко конзумиран како природна храна во чиј состав има елементи во трагови и есенцијални минерали, тој може да содржи и токсични метали. Нутритивниот однос што постои помеѓу минералните елементи најдобро се одредува преку минералните соодноси, а тоа е затоа што соодветно може да се дешифрираат физиолошките фактори кои влијаат на метаболизмот и интеракцијата на минералите во телото (Gemed, 2020).

Бидејќи минералите не се конзумираат во комбинирана форма во диетите, анализата на односот на минералите може да предвиди дали минералите одговараат на оптималните физиолошки услови препорачани за интеракции со хранливи материи. Овие минерали извршуваат многу задачи за време на ткивниот метаболизам и не се насочени кон еден тип ткиво, затоа, споредувањето на еден минерал со друг е важна детерминанта за здравствениот квалитет на медот (Rodríguez-Ramos et al.2020). Биорасположивоста и пристапноста на минералите во прехранбените производи може да го подобри ефектот на хроничната неухранетост со микронутриенти што влијае на растот, продуктивноста и перформансите кај луѓето (WHO, 2012). Минералните елементи се важни компоненти на човечката исхрана бидејќи играат витална улога во ублажувањето на здравствената состојба на луѓето.

2. Преглед на литература

2.1. Концептот на мед збогатен со билни екстракти во здравствената заштита

Медот во комбинација со билки е докажан лек за рани и многу болести кој го користеле човечките цивилизации уште од античко време (Kumar et al.2024). Исто така медот збогатен со растителни екстракти, придонесува за посебен и прекрасен спектар на вкусови на различни јадења и пијалоци, без разлика дали е огнен вкус на маринадата или дава деликатна суштина на шолја чај. На пример, збогатувањето на медот со куркума може да ги зголеми неговите антиинфламаторни својства, додека додавањето лимон може потенцијално да ги засили неговите ефекти за зајакнување на имунитетот (D'zugan et al.2017).

Дополнително, користењето збогатен мед како природен засладувач обезбедува замена а шеќерот во различни рецепти, вклучувајќи сосови и печива, обезбедувајќи поздрава алтернатива без да се загрози вкусот (Eteraf-Oskouei & Najafi,2013). Здравствените својства на збогатениот мед произлегуваат од присуството на биолошки активни соединенија, кои вклучуваат растителни секундарни метаболити како што се фенолни киселини, флавоноиди, кумарини, танини, лигнани и терпеноиди (Wink,2015). Во медот, овие компоненти добиени од нектар, полен, прополис и мед се користат за одредување на ботаничкото потекло на медот. Конкретно, обогатениот мед со растителни екстракти покажува силни атрибути за поттикнување на здравјето, особено во однос на антимикробната и антиоксидантната активност (Lukasiewicz et al.2015).

Според референтната литература (Czira et al., 2024) за мед збогатен со босилек, оригано, риган, копар, лук или цимет со застапеност од 0-5% во период од 6 месеци, најголемо ослободување на феноли и флавоноиди е при 1% стапка на билниот екстракт. При 5% стапка на билниот екстракт збогатувањето со копар имало најголем ефект врз содржината на Ca, Cu, K, Mg, Na и Fe во контролниот мед, а лукот имаше најважно влијание врз содржината на B, P, S, Zn, TP и TF.

Збогатувањето на медот со хербални состојки обезбедува нов производ со ветувачки терапевтски потенцијал за третман и превенција на состојби како што се лимфедемот и хроничната венска болест (Sowa et al.2019).

2.2. Хемиски и нутритивен состав на медот

Медот е исклучително концентриран вискозен раствор кој се состои од јаглехидрати (околу 80%), вода (околу 17%) и „други“ состојки (околу 3%). Фруктозата и гликозата се главни јаглехидрати во медот, со многу мали количини на други моно-, ди- или олигосахариди, на пример, сахароза, малтоза, изомалтоза, нигероза, тураноза и малтулоза (Minden-Birkenmaier & Bowlin,2018). Медот има киселост рН од 3 до 5. Содржината на вода (Hossain et al.2020) во медот е витална карактеристика која влијае на неговите физичко-хемиски и органолептички својства како што се бојата, вкусот, специфичната тежина, растворливоста, вискозноста и тенденцијата на кристализација, а исто така игра голема улога во потенцијалната микробна контаминација на медот (Martinotti & Ranzato,2018). Помалиот дел (околу 3%) од „другите“ компоненти се смета дека е многу важен за да влијае не само на органолептичките карактеристики на медот, туку и биоактивните карактеристики на медот.

Овие „други“ компоненти на медот, кои често се нарекуваат негови компоненти без шеќер, вклучуваат флавоноиди, феноли и други органски киселини, супстанции слични на каротеноиди, протеини (ензими), аминокиселини, минерали (Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , P^{3+} , K^{+} , Na^{+} , Zn^{2+}), витамини (особено витамин Ц, витамин Б6, тиамин, ниацин, рибофлавин и пантотенска киселина), пигменти и некои други соединенија. Составот, бојата и вкусот на медот, кој е силно поврзан со присуството на

овие компоненти без шеќер, зависи од неговиот цветен извор, географското потекло, климатските фактори, видовите пчели вклучени во производството на мед, техниките на човечка обработка и складирањето мед пред неговата употреба (Cianciosi et al.2018).

2.3. Терапевтски здравствени ефекти на медот

Медот е најстариот агенс за здравување на раните познат на човештвото кога некои современи хемикалии не успеаја во овој поглед (Samarghandian et al.2017). Експерименталните истражувања илустрираа повеќе документи кои ја поддржуваат неговата употреба во здравувањето на раните поради неговите биоактивности, вклучувајќи антибактериски, антивирусни, антиинфламаторни и антиоксидантни активности (Mieles et al.2022). Медот ги поттикнува леукоцитите да ослободуваат цитокини, што е она што иницира каскади за поправка на ткивото. Покрај тоа, го активира имунолошкиот одговор на инфекција. Медот го промовира создавањето на антитела (Yaghoobi et al.2013). Многу докази укажуваат на употреба на мед за контрола и третман на акутни рани и за благи до умерени површни и со делумна дебелина изгореници (Simon et al.2009).

3. Материјали и методи

Анализирани се вкупно 135 примероци мед од производители во Косово, Северна Македонија и Албанија (по 45 примерок од секоја земја) во периодот од октомври 2023 до март 2024 година. Од секоја земја избрани се 3 различни производители на мед, од секој производител медот е збогатен со 5 екстракти од ароматични растенија како рузмарин (*Rosmarinus officinalis* L), лаванда (*Lavandula officinalis*), оригано (*Origanum vulgare*), жалфија (*Salvia officinalis* L.) и масло од бел бор (*Pinus strobus*) со 3 различни концентрации (0,5, 0,8 и 1%). Примероците се чуваат во фрижидер во соодветно означени, херметички стаклени садови пред да бидат испратени во лабораторија.

Мед со растителни екстракти					
Латинско име	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	<i>Lavandula officinalis</i>	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Salvia officinalis</i> L.	<i>Pinus strobus</i>
Вообичаено име	Рузмарин	Лаванда	Оригано	Жалфија	Масло од бел бор

Табела 1: Растителни екстракти кои се користени за збогатување на испитуваниот мед

3.1. Подготовка на примерок и анализа на минералниот состав и токсични метали

Примероците за анализа на хемискиот состав (минерали и тешки метали) се подготвени според методот АОАС 920.180.

Примероците од мед од по 5 g се ставаат во порцелански тегли и се загреваат на 100°C во рерна 24 часа, а потоа се минерализираат на 550°C во печка за жарење. Добиената пепел се раствора во 50 ml 5% азотна киселина и се промешува. Растворите беа филтрирани со помош на филтер за шприц со надворешен прстен со големина до 25 mm и хидрофилна тефлонска мембрана со големина на пора од 0,45 µm; филтратите

беа анализирани со помош на атомска апсорпциона спектрометрија (AAS; PerkinElmer, USA).

Концентрациите на елементите во филтратите се квантифицирани врз основа на стандардната крива генерирана со користење на стандардни раствори од анализираните елементи во медот (0,1 ppm, 0,5 ppm и 1,0 ppm). Концентрацијата на калциум (Ca), бакар (Cu), железо (Fe), магнезиум (Mg), натриум (Na), калиум (K) и цинк (Zn) беа одредени на соодветни бранови должини (317,9 nm, 327,4 nm, 238,2 nm, 285,2 nm, 589,6 nm, 766,5 nm и 206,2 nm). Примероците од мед беа подготвени и тестирани за содржината на елементите во три примероци за обезбедување на поголема точност на податоците.

3.2. Статистичка анализа

Податоците беа обработени и табеларно презентирани, со примена на дескриптивна статистика. За тестирање на значајноста на разликите меѓу средните вредности на минералите, користена е статистички тест еднонаочна ANOVA. За утврдување на можната поврзаност помеѓу променливите, покрај применета на Спирманова корелација (Spearman's rank correlation) за испитување на нивото на поврзаност помеѓу елементите во медот, применета е метода на анализа на главни компоненти (PCA). Статистичката обработка е реализирана со помош на програмите Microsoft Excel и SPSS Statistics верзија 25.

4. Резултати и дискусија

Во овој докторски проект, во Табела 1, презентирани се резултатите од извршените хемиски анализи за содржината на минерали и тешки (токсични) метали во примероците од мед. Испитувани се 135 примероци мед кои потекнуваат од три производители од секоја држава (Косово, Северна Македонија и Албанија) во периодот од октомври 2023 до март 2024 година. Во втората колона во табелата претставен е процентот и видот на екстракт од ароматично растение и збогатеност на медот (0,5, 0,8 и 1%). Од третата до четринаесетата колона преставени се резултатите од анализираните елементи на медот (минерали и токсични метали, како што се: калиум (K), калциум (Ca), магнезиум (Mg), натриум (Na), железо (Fe), манган (Mn) и цинк (Zn) и токсични метали како олово (Pb), кадмиум (Cd), никел (Ni), бакар (Cu), хром (Cr), кобалт (Co) и арсен (As).

Во табела 2 е преставени се вредностите од дескриптивна статистика (просечна вредност и стандардна девијација, вкупно и според потеклото-медот од Косово, Албанија и Македонија) на содржината на минерали и токсични метали во примероци од мед збогатени со растителни екстракти. Од вкупната анализа, просечната вредност за Цинк (Zn) во примероците изнесува 1,95 mg/kg, со стандардна девијација од 0,81 mg/kg. Максималната вредност на Zn достигнува 3,85 mg/kg, додека минималната е 0,88 mg/kg. За Кадмиум (Cd), просекот е 0,13 mg/kg, со опсег од 0,01 mg/kg до 0,36 mg/kg. Слични тенденции се забележуваат и за другите елементи, каде што просечните вредности се релативно ниски, но со значителни варијации, што укажува на значајна стандардна девијација.

Резултати од хемиска анализа на елементите

Пр мед	Екстракт %	Zn [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Ca [mg/kg]	Fe [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Cr [mg/kg]	As [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Co [mg/kg]	Mg [mg/kg]	Mn [mg/kg]	K [mg/kg]	Na [mg/kg]
KS	Roz. ^{0.5}	1,353	0,072	132,1	7,026	1,014	0,021	0,031	0	1,936	0,036	42,432	0,128	230,38	28,30
KS	Roz. ^{0.8}	1,158	0,068	135,6	7,341	1,025	0,022	0,023	0	1,961	0,009	44,706	0,129	232,96	33,2
KS	Roz. ¹	1,573	0,076	132,96	7,432	1,025	0,022	0,023	0	1,961	0,011	44,998	0,128	231,52	34,4
KS	Lav. ^{0.5}	0,988	0,074	129,28	2,931	0,495	0,053	0,026	0	0,855	0,005	42,336	0,255	202,49	26,8
KS	Lav. ^{0.8}	1,387	0,084	142,14	2,972	1,010	0,054	0,026	0	0,886	0,005	44,237	0,244	207,02	28,8
KS	Lav. ¹	2,371	0,083	147,37	3,421	1,011	0,053	0,025	0	0,887	0,045	41,995	0,240	209,1	30,9
KS	Ore. ^{0.5}	1,699	0,065	130,34	3,482	0,873	0,055	0,060	0	1,496	0,008	36,355	0,348	314,2	26,7
KS	Ore. ^{0.8}	2,477	0,076	134,63	3,713	1,431	0,057	0,068	0	1,749	0,034	37,765	0,399	319,14	29,3
KS	Ore. ¹	2,933	0,07	133,83	4,354	1,66	0,050	0,07	0	1,771	0,145	36,37	0,403	322,56	30,4
KS	Sa. ^{0.5}	1,845	0,072	214,63	4,187	1,053	0,021	0,016	0	1,296	0,021	47,298	0,374	284,11	31,1
KS	Sa. ^{0.8}	2,209	0,07	223,44	6,845	2,144	0,038	0,018	0	1,246	0,375	47,235	0,413	287,75	32,2
KS	Sa. ¹	2,261	0,08	231,43	6,911	2,455	0,022	0,018	0	1,242	0,062	44,716	0,421	289,1	35,8
KS	P.O. ^{0.5}	3,122	0,03	99,371	5,81	0,981	0,083	0,077	0	1,172	0,010	36,229	0,129	216,51	34,3
KS	P.O. ^{0.8}	3,131	0,04	112,11	7,84	1,04	0,080	0,070	0	1,67	0,096	38,12	0,312	217,4	36,41
KS	P.O. ¹	3,221	0,05	112,56	7,891	1,06	0,082	0,079	0	1,734	0,004	38,71	0,363	217,67	36,4
ALB	Roz. ^{0.5}	2,808	0,12	254,02	8,64	0,518	0,051	0,041	0	1,384	0,361	50,43	0,158	234,82	73,45
ALB	Roz. ^{0.8}	2,592	0,12	263,02	9,85	0,430	0,052	0,017	0	1,049	0,009	46,70	0,179	242,96	77,19
ALB	Roz. ¹	2,814	0,09	256,76	9,56	0,449	0,052	0,016	0	0,836	0,011	45,99	0,127	241,52	77,68
ALB	Lav. ^{0.5}	2,102	0,06	231,29	9,313	1,664	0,043	0,018	0	0,844	0,005	32,33	0,155	204,49	80,34
ALB	Lav. ^{0.8}	2,087	0,05	244,56	10,12	1,864	0,044	0,012	0	0,786	0,005	34,23	0,214	227,02	81,35
ALB	Lav. ¹	3,846	0,01	168,27	11,08	1,331	0,043	0,025	0	2,102	0,045	31,99	0,401	229,1	81,89
ALB	Ore. ^{0.5}	0,989	0,07	211,78	4,561	0,204	0,595	0,05	0	0,696	0,001	26,35	0,148	214,2	160,4
ALB	Ore. ^{0.8}	1,224	0,06	243,01	4,619	0,271	0,655	0,038	0	0,749	0,034	27,76	0,299	220,14	166,2
ALB	Ore. ¹	1,261	0,06	232,92	4,765	0,601	0,657	0,024	0	1,019	0,145	26,37	0,473	223,56	169,1
ALB	Sa. ^{0.5}	1,102	0,05	211,54	3,622	1,041	0,213	0,013	0	0,896	0,021	17,29	0,324	225,11	150,8
ALB	Sa. ^{0.8}	1,237	0,05	204,99	4,467	1,169	0,388	0,012	0	0,846	0,375	27,23	0,443	227,75	153,8
ALB	Sa. ¹	1,261	0,067	208,27	4,917	1,168	0,229	0,045	0	1,202	0,062	34,71	0,269	228,10	154,0
ALB	P.O. ^{0.5}	2,138	0,043	214,84	4,433	0,881	0,835	0,075	0	1,152	0,01	46,22	0,126	213,51	162,8
ALB	P.O. ^{0.8}	2,232	0,04	224,81	4,682	1,074	0,898	0,058	0	0,978	0,1	50,12	0,352	217,45	169,1
ALB	P.O. ¹	2,654	0,05	229,78	4,711	1,101	0,823	0,089	0	0,638	0,005	48,71	0,168	217,67	171,9
MK	Roz. ^{0.5}	0,888	0,12	97,11	11,70	0,65	0,34	0,012	0	0,01	0,001	0,157	0,13	322,20	187,4
MK	Roz. ^{0.8}	0,993	0,14	97,45	12,70	0,76	0,36	0,012	0	0,01	0,001	0,152	0,14	342,6	189,2
MK	Roz. ¹	1,04	0,17	98,65	12,81	0,89	0,43	0,012	0	0,01	0,001	0,152	0,14	357,3	191,2
MK	Lav. ^{0.5}	2,53	0,22	172,33	12,87	0,54	0,481	0,09	0	0,001	0,001	0,153	0,16	245,7	153,3
MK	Lav. ^{0.8}	3,18	0,28	175,31	13,21	0,57	0,534	0,09	0	0,001	0,001	0,163	0,18	247,8	155,5
MK	Lav. ¹	3,65	0,27	178,51	13,65	0,60	0,562	0,09	0	0,001	0,001	0,15	0,19	249,7	158,2
MK	Ore. ^{0.5}	1,30	0,29	174,33	16,03	0,82	0,514	0,016	0	0,001	0,001	0,176	0,15	251,6	87,23
MK	Ore. ^{0.8}	1,81	0,31	178,91	16,12	0,86	0,538	0,016	0	0,001	0,001	0,173	0,177	254,8	89,23
MK	Ore. ¹	2,32	0,35	181,11	16,41	0,91	0,574	0,016	0	0,001	0,001	0,165	0,177	261,4	90,32
MK	Sa. ^{0.5}	1,14	0,33	92,54	15,43	0,71	0,294	0,012	0	0,001	0,001	0,163	0,215	308,4	127,8
MK	Sa. ^{0.8}	1,47	0,20	94,37	15,44	0,76	0,287	0,012	0	0,001	0,001	0,160	0,222	311,5	130,2
MK	Sa. ¹	1,51	0,30	96,52	15,32	0,80	0,27	0,012	0	0,001	0,001	0,163	0,238	316,4	134,4
MK	P.O. ^{0.5}	1,14	0,35	177,51	13,65	0,91	0,124	0,081	0	0,001	0,001	0,173	0,199	372,3	113,8
MK	P.O. ^{0.8}	1,16	0,36	179,88	13,87	0,94	0,122	0,080	0	0,001	0,001	0,174	0,208	381,2	115,7
MK	P.O. ¹	1,76	0,36	184,55	14,07	0,97	0,304	0,081	0	0,001	0,001	0,176	0,208	385,1	118,4

Табела 2. Содржината на минерали и тешки (токсични) метали во примероците од мед збогатени со пет растителни екстракти во процентуална заситеност од 0,5%, 0,8% и 1%.

Дескриптивна статистика

Единица мерка	[mg/kg]	Zn	Cd	Ca	Fe	Cu	Ni	Cr	As	Pb	Co	Mg	Mn	K	Na
вкупно	просек	1,95	0,13	173,12	8,77	0,97	0,27	0,04	0	0,82	0,05	26,05	0,24	261,27	98,82
вкупно	ст.дев	0,81	0,11	52,43	4,43	0,45	0,26	0,03	0	0,69	0,09	19,71	0,10	52,52	57,45
вкупно	min	0,88	0,01	92,54	2,93	0,20	0,02	0,01	0	0,001	0,01	0,15	0,13	202,49	26,70
вкупно	max	3,85	0,36	263,02	16,41	2,46	0,89	0,09	0	2,1	0,38	50,43	0,47	385,1	191,2
Косово	просек	2,12	0,07	147,45	5,48	1,22	0,05	0,04	0	1,46	0,06	41,57	0,29	252,13	31,67
Косово	ст.дев	0,76	0,02	41,15	1,93	0,51	0,02	0,02	0	0,40	0,10	3,99	0,11	44,91	3,33
Албанија	просек	2,02	0,06	226,66	6,62	0,92	0,37	0,04	0	1,01	0,08	36,43	0,26	224,49	128,67
Албанија	ст.дев	0,83	0,03	24,56	2,71	0,50	0,34	0,02	0	0,36	0,12	10,69	0,12	10,46	42,71
Македонија	просек	1,73	0,27	145,25	14,22	0,78	0,38	0,04	0	0,00	0,00	0,16	0,18	307,20	136,13
Македонија	ст.дев	0,84	0,08	41,65	1,47	0,14	0,15	0,04	0	0,00	0,00	0,01	0,03	52,39	35,52

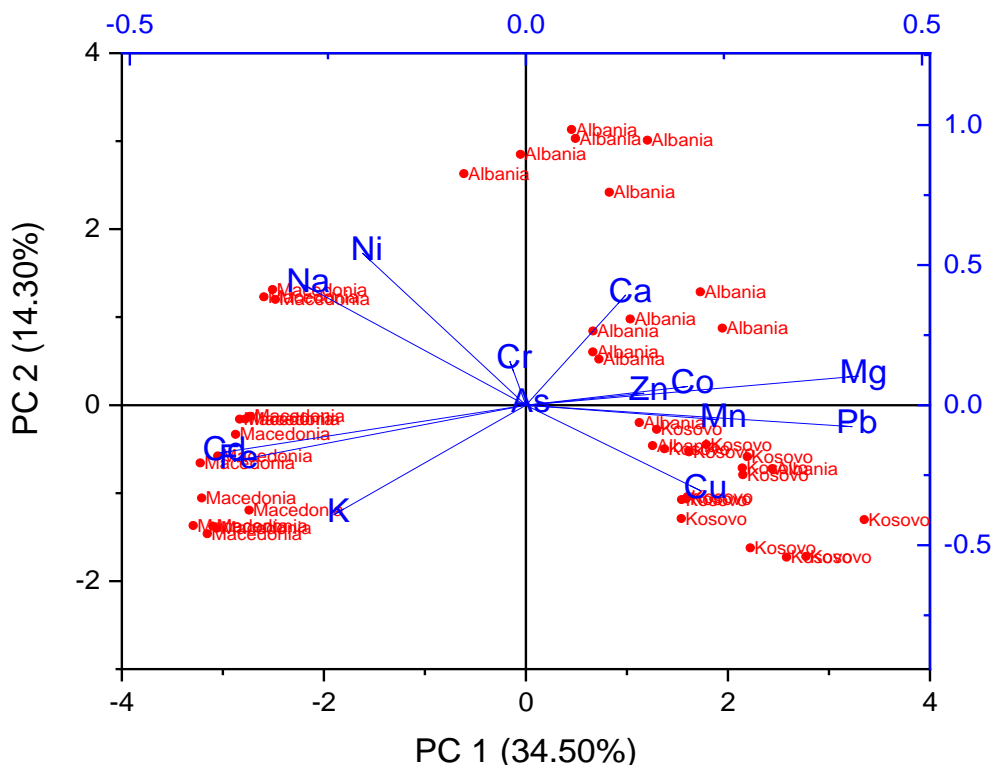
Табела 2. Дескриптивна статистика (просечна вредност и стандардна девијација) на содржината на минерали и токсични метали во примероци од мед збогатени со растителни екстракти

Елементот К е најзастапениот минерал, следен од Са, На, Mg, Fe, Cu и Zn. Овој елемент имал најголема вредност во медот од Северна Македонија и Косово. Овој резултат е во согласност со референтни литератури (Kek et al.2017), каде е докажано дека како најзастапен минерал во медот е К, споредуван со други спроведени студии од оваа област. Елементот Са е втор најзастапен минерал во медот од Северна Македонија и Косово, но трет највисок во медот од Албанија. Од добиените резултата исто така, се откри поголема содржина на Na во медот во споредба со медот што беше истражуван во претходните студии од Rodríguez-Ramos et al.2020; Robin Lim et al.2022. Елементите како што се К, Са и Mg се неопходни за растот на растенијата и затоа се нарекуваат макронутриенти. Елементот К генерално делува како активатор за ензимите и ја олеснува осморегулацијата.

Елементот Са е суштински за регулирање на ензимските активности, клеточната делба и адхезијата, додека Mg е составен дел од молекулата на хлорофилот и исто така делува како регулаторна ензимска реакција. Затоа, не е изненадувачки што овие минерали ги има во изобилство во растенијата и нивната количина во медот збогатен со растенија се зголемува. Затоа, не е изненадувачки што овие минерали ги има во изобилство во растенијата и нивната количина во медот збогатен со растенија се зголемува.

Анализа завистост на испитуваните елементи со методот на главна компонента (Principal Component Analysis (PCA))

На слика бр.1, се прикажани резултатите од анализа на главни компоненти (PCA), која се користи за да се визуализираат врските и поврзаностите меѓу променливите (во овој случај минералите и токсичните елементи).



Слика бр.1: Анализа на главни компоненти (PCA)

Основна анализа: PC1 (прва главна компонента) објаснува 34.50% од вкупната варијанса, додека PC2 (втора главна компонента) објаснува 14.30%. Ова значи дека заедно, овие две компоненти објаснуваат 48.80% од вкупната варијанса на податоците. Елементите што се наоѓаат подалеку од центарот (почетокот на оските) имаат посилен придонес во објаснувањето на варијабилноста во податоците. На пример, Cu, Pb, и Ca се наоѓаат подалеку од центарот и се поизразени на оските, што значи дека тие имаат поголемо влијание во првата компонента (PC1).

Елементите кои имаат слична насока на векторите имаат позитивна корелација меѓу себе. На пример, Cu и Pb имаат слична насока, што укажува на тоа дека се позитивно корелирани во рамките на првата компонента. Елементите кои се во спротивни насоки имаат негативна корелација. Пример за ова се K и Ca, бидејќи нивните вектори се насочени во спротивни насоки. Векторите кои се блиску до центарот (како Cr, Zn) имаат помал придонес за објаснување на вкупната варијабилност.

Анализа завистост на испитуваните елементи со методот на Спирман корелација

Во табела 3, претставени се вредностите на коефициентот на Спирманова корелација (Spearman's rank correlation), која е важна за да се разбере како елементите во медот реагираат едни со други, во кава релација се и како зависат меѓусебно, од што можат да се изведат заклучоци можни влијанија на квалитетот и безбедноста на медот.

Пронајдени се значајни позитивни корелации: Fe и Cd ($\rho = 0.656$): Позитивна корелација, што значи дека како што расте концентрацијата на Fe, исто така, се зголемува и концентрацијата на Cd. Ni и Na ($\rho = 0.798$)-висока позитивна корелација, што покажува дека кога Ni е повисок, Na исто така ќе биде повисок. Pb и Co ($\rho = 0.767$): Ова е висока позитивна

корелација, што значи дека концентрациите на овие два елемента се често поврзани, и кога еден е зголемен, другиот е исто така зголемен. Mg и Pb ($\rho = 0.714$): Висока позитивна корелација, што укажува на можноста за слично движење на овие два елемента.

Од спроведениот Спирманов тест пронајдени се значајни негативни корелации: Pb и Cd ($\rho = -0.673$): Ова е значајна негативна корелација, што значи дека како што се зголемува концентрацијата на Cd, концентрацијата на Pb се намалува. Fe и Pb ($\rho = -0.633$): Ова значи дека кога се зголемува концентрацијата на Fe, концентрацијата на Pb обично се намалува. Ni и Pb ($\rho = -0.605$): Ова покажува дека кога Ni е на високо ниво, Pb е веројатно на пониско ниво.

		Zn	Cd	Ca	Fe	Cu	Ni	Cr	As	Pb	Co	Mg	Mn	K	Na
Zn	Spearman	1	-0.196	0.201	0.033	0.230	-0.142	0.444	--	0.273	0.287	0.327	0.133	-0.157	-0.269
Cd	Spearman	-0.196	1	-0.191	0.656	-0.444	0.121	-0.118	--	-0.673	-0.615	-0.518	-0.257	0.688	0.089
Ca	Spearman	0.201	-0.191	1	-0.174	0.057	0.028	0.089	--	0.048	0.347	0.432	0.104	-0.271	0.131
Fe	Spearman	0.032	0.656	-0.175	1	-0.282	0.216	-0.178	--	-0.633	-0.619	-0.612	-0.365	0.534	0.345
Cu	Spearman	0.230	-0.444	0.057	-0.282	1	-0.403	-0.003	--	0.492	0.486	0.359	0.429	-0.064	-0.328
Ni	Spearman	-0.141	0.121	0.027	0.216	-0.404	1	0.166	--	-0.605	-0.389	-0.483	-0.090	-0.005	0.798
Cr	Spearman	0.444	-0.118	0.089	-0.178	-0.003	0.166	1	--	0.113	0.024	0.163	0.025	-0.162	-0.079
As	Spearman	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	Spearman	0.272	-0.673	0.047	-0.632	0.491	-0.605	0.113	--	1	0.767	0.714	0.259	-0.322	-0.568
Co	Spearman	0.286	-0.615	0.347	-0.619	0.485	-0.389	0.024	--	0.768	1	0.674	0.493	-0.340	-0.358
Mg	Spearman	0.326	-0.518	0.431	-0.611	0.358	-0.483	0.163	--	0.714	0.674	1	0.124	-0.452	-0.523
Mn	Spearman	0.132	-0.256	0.104	-0.365	0.428	-0.090	0.024	--	0.259	0.493	0.123	1	0.008	-0.186
K	Spearman	-0.157	0.687	-0.270	0.534	-0.064	-0.004	-0.162	--	-0.322	-0.340	-0.452	0.008	1	0.095
Na	Spearman	-0.269	0.089	0.131	0.345	-0.327	0.798	-0.078	--	-0.568	-0.358	-0.523	-0.186	0.095	1

Табела 3. Коэффициент на корелација на редот на Спирман (Spearman) помеѓу измерените параметри на медот

Умерени корелации има помеѓу: Fe и K ($\rho = 0.534$): Позитивна корелација, но не толку силна како некои од другите, што покажува дека постои умерена поврзаност помеѓу Fe и K. Zn и Cr ($\rho = 0.444$): Умерена позитивна корелација, што значи дека нивото на овие два елемента некако заеднички расте.

Слаби корелации: Zn и Fe ($\rho = 0.033$): Ова покажува речиси никаква корелација меѓу овие два елемента. Cr и Mn ($\rho = 0.025$): Слаба позитивна корелација која покажува многу мал степен на зависност.

ANOVA тест за проценка на статистичките значајни разлики во концентрациите на различни елементи во медот

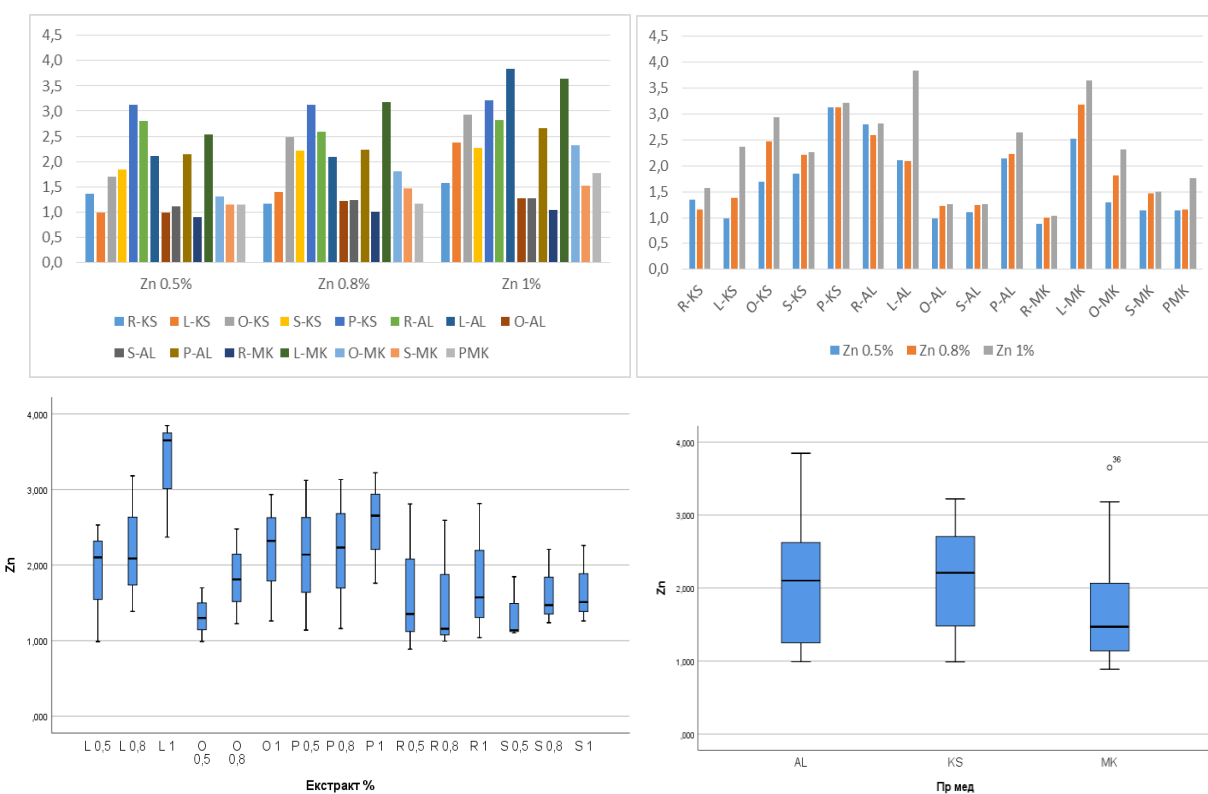
Доколку со корелацијата се утврдува поврзаноста на елементите, со помош на статистичкиот тест ANOVA ќе се утврдат статистичките значајни разлики помеѓу елементите по регион и по процент на застапеност на хербалниот екстракт.

Табела 5 покажува резултати од ANOVA тестот за проценка на статистичките значајни разлики (за веројатност $p < 0,05$), на застапеност на елемент во медот по региони, во зависност од процентуалната застапеност на хербалниот екстракт (0,5%, 0,8% и 1%).

	Zn	Cd	Ca	Fe	Cu	Ni	Cr	As	Pb	Co	Mg	Mn	K	Na
P-value	0,049	0,973	0,931	0,850	0,00001	0,944	0,884	/	0,910	0,619	0,980	0,175	0,888	0,976
ANOVA	2,443	0,027	0,072	0,164	9,917	0,058	0,124	/	0,095	0,485	0,020	1,817	0,119	0,024

Табела 5. Стстистички значајност по региони во однос на присуство на елементот во процентуална застапеност на хербалното растние.

Клучнени елементи со статистички значајна разлика се Cu (бакар): P-value = 0.000, и Zn(цинк) со P-value = 0.049, што укажува дека има статистички значајни разлики во концентрацијата на бакар и цинк според процентуална застапеност на хербалниот екстракт по региони. ANOVAcu = 9,917 укажува на силна разлика помеѓу групите, и не толку силна но сепак значајна разлика ANOVAzn=2,443. Ова е доказ дека избраните хербални екстракти немаат стстистички значајно влијане на концентрацијата на бакар и цинк, туку примероците на медот во зависно од потеклото по регион.



Слика бр.2: Присуство на Zn (цинк) по региони и процентуална застапеност на хербалното растение.

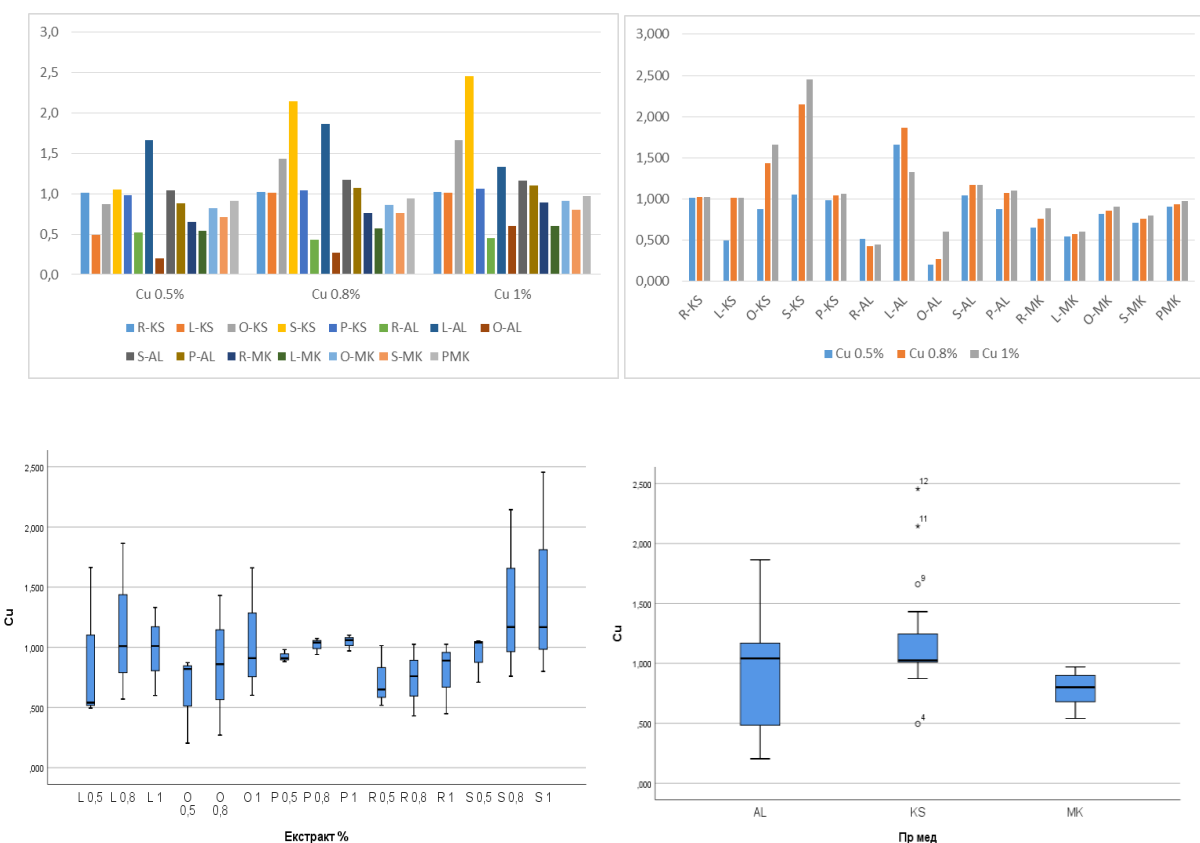
По утврдената стстистички значајна разлика, презентирани се граfiците на вредностите на Zn (слика бр.2) и Cu (слика бр.3) за да се добие визуелен ефект. На првите два столбести граfiци е прикажана зависноста на концентрацијата на елементот цинк (Zn) во различни региони на земјата на три различни концентрации (0.5%, 0.8%, и 1%). Секоја боја на столбот означува одделна концентрација. R- е краренка за користен екстракт од рузмарин, L- лаванда, O- орегано, S- жалфија, P- масло од бел бор, додека кртенките KS претсатвува Косово, Al-Албаниа, МК-Македонија.

На слика бр.2 и слика бр.3, од визуелниот приказ може да се видат разликите меѓу регионите и концентрациите, при што може да се забележи дека некои региони имаат по високи или по ниски вредности независно од концентрацијата, додека други

покажуваат разлики кои може да се толкуваат преку анализа на ANOVA што укажува на влијанието на регионот врз содржината на цинк и бакар.

На третиот график, прикажани се групи со правоаголници (boxplot) што го претставуваат распонот и распределбата на концентрациите на цинк во различни екстракти изразени како проценти (0.5%, 0.8%, и 1%). Овој график овозможува поглед на медијаната, кватилите, како и потенцијални отстапувања (outliers) што се означени со точки.

На четвртиот график презентирани се различните висини на правоаголниците (boxplot) и различните позиции на медијаните кои укажуваат на варијации во распределбата на концентрациите на цинк (слика бр 2) и бакар (слика бр.3) меѓу различните проценти на екстракт, по региони (AL,KS, МК), што може да подразбира различно присуство на елементот по региони како во основниот мед така и во медот со екстракт.



Слика бр.3: Присуство на Cu (бакар) по региони и процентуална застапеност на хербалното растение.

5. Заклучок

Поаѓајќи од мотивот за здравствени придобивки од растителни екстракти, додадени се пет хербални екстракти во медот (рузмарин, лаванда, оригано, жалфија и масло од бел бор) со потекло од три региони (Косово, Северна Македонија и Албанија). Извршена е хемиска анализа на минерали и токсични (тешки) метали на збогатениот мед.

Калиумот, калциумот и натриумот беа главните елементи пронајдени во комерцијалниот мед. Аналитичките определби на содржината на потенцијално токсични метални во медот збогатен со растителни екстракти во овој труд не покажаа високи концентрации, што не претставува ризик за здравјето на потрошувачите. Што се однесува до регулативите за контрола на квалитетот и упатствата за мед, недостигаат моментално достапни регулативи и упатства за мед збогатен со билни екстракти. Разликите во концентрацијата во примероците од мед третирани со растителни екстракти не беа големи и тоа може да се припише на географската дистрибуција на регионот што подразбира не многу варијации во климатските услови. Во однос на регионот пронајдени се статистички значајности за цинкот и бакарот.

Не се добиени статистички значајни разлики во однос процентот на растителен екстракт и присуството на елементите во медот со хербални екстракти, но сепак добиените резултати во овој труд можат да претставуваат добар придонес поради ограничените информации за хемискиот состав на медот збогатен со растителни екстракти, со оглед на потенцијалот за раст на маркетинг и побарувачка на ваков производ.

Ова истражување претставува само дел од докторскиот труд, каде во понатамошните истражувања би го истражувал влијанието на растителни екстракти на физичко-хемиските својства на медот, со цел да се зголеми неговата нутритивна вредност и маркетинг потенцијал, што ултимативно придонесува кон подобрување на стандардите и квалитетот на производите на пазарот на мед.

6. Користена литература

- Chin N. L., Tan S. W., Yusof Y. A. & Chua L. S. (2017). Classification of honey from its bee origin via chemical profiles and mineral content. *Food Analytical Methods* 10(1): 19–30. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0544-0>
- Cianciosi, D.; Forbes-Hernández, T.Y.; Afrin, S.; Gasparrini, M.; Reboredo-Rodriguez, P.; Manna, P.P.; Zhang, J.; Lamas, L.B.; Flórez, S.M.; Toyos, P.A.; et al. (2018). Phenolic Compounds in Honey and Their Associated Health Benefits: A Review. *Molecules*. 23, 2322
- Czernicka MA, Sowa-Borowiec P, Dudek T, Cichoński J, Puchalski C, Chrzanowski G. (2024). Antioxidant Capacity of Honey Enriched by Wildflowers. *Applied Sciences*. 2024; 14(5):2018. <https://doi.org/10.3390/app14052018>
- Czipa, N., Phillips, C.J.C., Topa, E. et al. (2024). Release of elements and phenolic and flavonoid compounds from herbs and spices into acacia honey during infusion. *J Food Sci Technol*. <https://doi.org/10.1007/s13197-024-06019-8>
- D'zуган M., Sowa P., Kwaśniewska M., Wesółowska M., Czernicka M. (2017). Physicochemical parameters and antioxidant activity of bee honey enriched with herbs. *Plant foods for human nutrition*. 72, 74–81.

- Eteraf-Oskouei, T., & Najafi, M. (2013). Traditional and Modern Uses of Natural Honey in Human Diseases: A Review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 16(6), 731-742. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3758027/>
- Gemedede, H.F. (2020). Nutritional and antinutritional evaluation of complementary foods formulated from maize, pea and anchote flours. *Food Science and Nutrition*, 00: 1 – 9. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1516>
- Ghashm AA, Othman NH, Khattak MN, Ismail NM, Saini R. (2010). Antiproliferative effect of Tualang honey on oral squamous cell carcinoma and osteosarcoma cell lines. *BMC Complement Altern Med*.10:49.
- Hossain, M. L., Lim, L. Y., Hammer, K., Hettiarachchi, D., & Locher, C. (2020). Honey-Based Medicinal Formulations: A Critical Review. *Applied Sciences*, 11(11), 5159. <https://doi.org/10.3390/app11115159>
- Isidorov, V.A.; Bagan, R.; Bakier, S.; Swiecicka, I. (2015). Chemical composition and antimicrobial activity of Polish herbhoney. *Food Chem*. 171, 84–88.
- Kumar, S., Verma, M., Hajam, Y. A., & Kumar, R. (2024). Honey infused with herbs: A boon to cure pathological diseases. *Heliyon*, 10(1), e23302. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23302>
- Lukasiewicz, M., Kowalski, S., & Makarewicz, M. (2015). Antimicrobial and antioxidant activity of selected Polish herbhoney. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 547-553. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.029>
- Machado De-Melo, A.A.; Almeida-Muradian, L.B.; Sancho, M.T.; Pascual-Maté, A. (2018). Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *J Apic. Res*. 57, 5–37.
- Majtan, J.; Bucekova, M.; Kafantaris, I.; Szveda, P.; Hammer, K.; Mossialos, D. (2021). Honey antibacterial activity: A neglected aspect of honey quality assurance as functional food. *Trends Food Sci. Technol*. 118 Pt B, 870–886.
- Martinotti, S.; Ranzato, E. (2018). Honey, Wound Repair and Regenerative Medicine. *J. Funct. Biomater*. 8, 9, 34.
- Mieles, J. Y., Vyas, C., Aslan, E., Humphreys, G., Diver, C., & Bartolo, P. (2022). Honey: An Advanced Antimicrobial and Wound Healing Biomaterial for Tissue Engineering Applications. *Pharmaceutics*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14081663>
- Minden-Birkenmaier, B.A.; Bowlin, G.L. (2018). Honey-Based Templates in Wound Healing and Tissue Engineering. *Bioengineering* 2018, 5, 46.
- Nichitean, A.L.; Constantinescu-Aruxandei, D.; Oancea, F. (2021). Health promoting quality of the Romanian honey. *Sci. Bull. Series F Biotechnol*. 25, 95–103.
- Owen, J.K., Gilman, J.C., & Ilich, Z.J. (2018). Utilizing dietary micronutrient ratios in nutritional research may be more informative than focusing in single nutrients. *Nutrients*, 10: 1 – 24. <https://doi.org/10.3390/nu10010107>
- Puścion-Jakubik, A.; Borawska, M.H.; Socha, K. (2020). Modern Methods for Assessing the Quality of Bee Honey and Botanical Origin Identification. *Foods*, 9, 1028.
- Robin Lim, A. H., Sam, L. M., Gobilik, J., Ador, K., Nyuk Choon, J. L., Majampan, J., & Benedick, S. (2022). Physicochemical Properties of Honey from Contract Beekeepers, Street Vendors and Branded Honey in Sabah, Malaysia. *Tropical Life Sciences Research*, 33(3), 61-83. <https://doi.org/10.21315/tlsr2022.33.3.5>

- Rodríguez-Ramos, F., Marcano, E., Aguiar, G. et al. (2020). Mineral composition of artisanal and commercial honeys from Venezuela: a comparison of sample pre-treatment strategies. *SN Appl. Sci.* 2, 2080. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03917-2>
- Rodríguez-Ramos, F., Marcano, E., Aguiar, G. et al. (2020). Mineral composition of artisanal and commercial honeys from Venezuela: a comparison of sample pre-treatment strategies. *SN Appl. Sci.* 2, 2080. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03917-2>
- Simon A, Traynor K, Santos K, Blaser G, Bode U, Molan P. Medical honey for wound care – still the ‘latest resort’? *Evid Based Complement Alternat Med.* 2009;6:165–73.
- Sowa, P., Tarapatsky, M., Puchalski, C. et al. A novel honey-based product enriched with coumarin from *Melilotus* flowers. *Food Measure* 13, 1748–1754 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00092-w>
- Steinhauer, N.; Kulhanek, K.; Antúnez, K.; Human, H.; Chantawannakul, P.; Chauzat, M.-P.; VanEngelsdorp, D. (2018). Drivers of colony losses. *Curr. Opin. Insect Sci.* 26, 142–148.
- Wink, M. (2015). Modes of Action of Herbal Medicines and Plant Secondary Metabolites. *Medicines*, 2(3), 251-286. <https://doi.org/10.3390/medicines2030251>
- World Health Organisation (WHO) (2004). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition* (2nd Edition). Bangkok, Thailand: WHO/FAO. 362p.
- World Health Organisation (WHO) (2012). *Technical note: supplementary foods for the management of moderate acute malnutrition in infants and children 6–59 months of age*. World Health Organization, Geneva, ISBN: 9789241504423, Pages: 12.