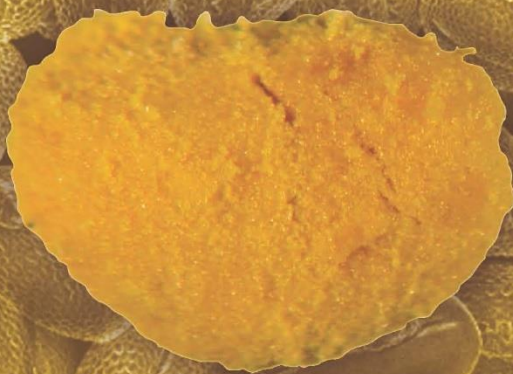
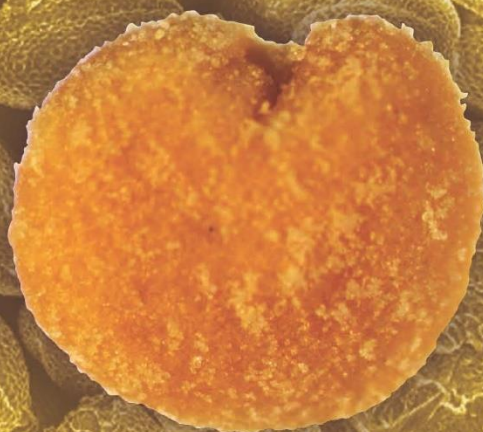


Ján Brindza | Vladimíra Horčinová Sedláčková | Katarína Fatrcová Šramková

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho



Nitra, 2023

DOI: <https://doi.org/10.15414/2023.9788055227092>

Ján Brindza · Vladimíra Horčinová Sedláčková · Katarína Fatrcová Šramková

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho



DOI: <https://doi.org/10.15414/2023.9788055227092>



Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Ústav rastlinných a environmentálnych vied
Ústav výživy a genomiky

Ján Brindza · Vladimíra Horčinová Sedláčková · Katarína Fatrcová Šramková

Biochemický profil včelích peľových obnôžok
kapusty repkovej pravej a maku siateho



Venované

***profesorovi Valeryijovi Brovarskému,
doktorovi biologických vied***

***z Národnej univerzity prírodných a environmentálnych vied
Ukrajiny na počesť jeho celoživotných výsledkov a úspechov
s významným prínosom pre rozvoj včelárstva a využívania včelích
produktov na Ukrajine a na medzinárodnej úrovni.***

Názov monografie: Biochemický profil včelích peľových obnôžok
kapusty repkovej pravej a maku siateho

Autori:

Doc. Ing. Ján Brindza, CSc., (3,31 AH)

Ústav rastlinných a environmentálnych vied, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Ing. Vladimíra Horčinová Sedláčková, PhD., (3,85 AH)

Ústav rastlinných a environmentálnych vied, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Ing. Katarína Fatrcová Šramková, PhD., (3,85 AH)

Ústav výživy a genetiky, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Recenzenti:

Prof. Ing. Janette Musilová, PhD.

Ústav potravín, Fakulta biotechnológie a potravinárstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Doc. Ing. Jarmila Eftimová, PhD.

Katedra farmaceutickej technológie, farmakognózie a botaniky
Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach

Autori fotografií:

Radovan Ostrovský, Alexej Oravec, Zuzana Miklošíková

Odborná spolupráca:

Doc. Ing. Ľuba Ďurišová, PhD., Ing. Radovan Ostrovský, PhD.

Grafická úprava: Ing. Radovan Ostrovský, PhD.

Návrh obálky: Apel s.r.o., Nitra

Vydanie: prvé

Rok vydania: 2023

Edícia: AgroBioNet

Vydavateľ: Vydavateľstvo Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 19. 12. 2023
ako vedeckú monografiu.

Táto publikácia je publikovaná pod licenciou Creative Commons Attribution
NonCommercial4.0 International Public License (CC BY-NC 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ISBN 978-80-552-2709-2



POĎAKOVANIE

Autori publikácie vyslovujú úprimné poďakovanie spolupracovníkom, ktorí prispeli k realizácii Programu uchovania včelstiev a udržateľného využívania všetkých známych aj menej známych včelích produktov a k výskumnému štúdiu včelích peľových obnôžok realizovaného v rámci medzinárodnej siete *AgroBioNet*, do ktorej je zapojených už viac ako 30 univerzitných pracovníkov, výskumných inštitúcií a botanických záhrad zo 14 krajín.

Autori publikácie vyjadrujú poďakovanie profesorovi Valerijovi Brovarskému, profesorky Leonóre Adamchukovej z Národnej univerzity prírodných a environmentálnych vied Ukrajiny v Kyjeve, Mgr. Olge Grygorieve z Národnej botanickej záhrady M. M. Gryshka pri Národnej akadémii vied Ukrajiny v Kyjeve, Ing. Márii Gabriele Ostroľuckej, CSc. z Ústavu genetiky a biotechnológie rastlín pri Centre biológie rastlín a biodiverzity SAV, v. v. i., v Nitre, doc. Mgr. Andrejovi Sinicovi, Ph.D. a Ing. Romanovi Blehovi, Ph.D. z Ústavu sacharidov a cereálií Vysoké školy chemicko-technologickej v Prahe v spolupráci s ktorými sa v podmienkach bývalého Inštitútu ochrany biodiverzity a biologickej bezpečnosti a súčasného Ústavu rastlinných a environmentálnych vied Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov pri Slovenskej poľnohospodárskej univerzite v Nitre realizovalo v rámci viacerých medzinárodných projektov za aktívnej spoluúčasti 49 výskumných pracovníkov a doktorandov výskumné riešenie včelích peľových obnôžok na rôznej úrovni.

Pod'akovanie vyjadrujú autori aj Ing. Radovanovi Ostrovskému, Ph.D. za mikroskopické spracovanie vzoriek peľových zŕn a vyhotovenie fotodokumentácie, Alexejovi Oravcovi za fotodokumentáciu včelích peľových obnôžok na makroskope z rôznych druhov rastlín, Ing. Jane Šimkovej a Eve Chovancovej za technickú pomoc pri zbere včelích peľových obnôžok z hodnotených druhov rastlín.

PREDSLOV

Včelie peľové obnôžky sú jedinečné prírodné produkty vytvorené robotnicami včely medonosnej (*Apis mellifera* L.) a inými druhmi včiel a to fascinujúcim pozbieraním okolo milióna miniatúrnych peľových zŕn z rôznych kvitnúcich druhov rastlín za pomerne krátke časové obdobie s ich následným zvlhčením a stmelením nektárom a/alebo medom a výlučkami slín do starostlivo vyformovaných kompaktných hrudiek, ktoré včely na treťom páre nôh elegantným spôsobom prenášajú do vlastných úľov ako základné potravinové zdroje pre ich živobytie. Peľové obnôžky sú následne zberané včelárom pred vstupom do úľa pomocou peľochytov.

Za ostatných 20 rokov sa stali stredobodom pozornosti špecialistov na výživu, terapeutov a hlavne záujmu spracovania v potravinárskom, farmaceutickom a kozmetickom priemysle.

Z historického hľadiska predstihlo praktické využívanie včelích peľových obnôžok v rôznych oblastiach pred spoznaním ich mnohých vlastností a hlavne chemického zloženia. Včelie peľové obnôžky podľa dostupných literárnych poznatkov už prakticky využívali staroveké civilizácie v mnohých krajinách sveta už niekoľko storočí, a to čiastočne vo výžive ľudí, ale hlavne pre ich terapeutické účinky pri liečení mnohých zdravotných problémov.

Výskumný záujem o štúdium včelích peľových obnôžok sa enormne zvýšil po zavedení mikroskopov pri spoznaní priam neuveriteľnej biodiverzity voľným okom nevidiacich morfológických znakov peľových zŕn z hľadiska ich veľkosti, tvaru, farby a povrchovej textúry, ktoré sú špecifické pre jednotlivé rastlinné druhy, na základe ktorých sú identifikovateľné.

Druhý trend sa vo výskumu včelích peľových obnôžok významne rozšíril takmer vo všetkých krajinách sveta po zavedení moderných analyzátorov na stanovovanie nielen základných biochemických komponentov, ako sú bielkoviny, lipidy, sacharidy, vitamíny a minerálne látky, ktoré obsahujú vo vyššom alebo nižšom obsahu peľové zrná zo všetkých druhov rastlín, ale hlavne až neuveriteľného počtu biologicky aktívnych látok na úrovni polyfenolov a ďalších komponentov, ktoré sú špecifické pre jednotlivé peľové zrná rastlinných druhov.

Tretí trend, ktorý sa v ostatných desaťročiach enormne rozširuje, je výskumné spoznávanie účinkov jednokvetých ako aj viackvetých včelích peľových obnôžok na zlepšovanie zdravotného stavu a výživy ľudí a zvierat. Experimentálne aj v klinických testoch sa s aplikáciou jednokvetých ako aj viackvetých včelích peľových obnôžok v mnohých výskumných inštitúciách potvrdzujú účinky v prevencii a terapii civilizačných ako aj ostatných chorôb rôznych orgánov ľudí a zvierat, ktoré sa už využívali v ľudovej medicíne v mnohých krajinách.

Po získaní veľkého rozsahu výsledkov a poznatkov o chemickom zložení včelích peľových obnôžok a porovnávaním s požiadavkami na denné odporúčané dávky pre výživu ľudí, nezávisle mnohí autori dospeli k záveru, že včelie peľové obnôžky predstavujú „jedinečný prírodný produkt pre ľudskú výživu s priaznivým obsahom základných živín a komplexom zlúčenín podmieňujúcich udržiavanie a zlepšovanie

zdravia". Uvedená orientácia výskumných štúdií sa prakticky prejavila prípravou včelích peľových obnôžok ako výživových doplnkov pre rôzne kategórie ľudí. Súčasne mnohé výskumné pracoviská začali testovať včelie peľové obnôžky z vybraných druhov rastlín v kategórii „funkčné potraviny“ s veľmi priaznivými výsledkami.

Jedným z ďalších trendov výskumných štúdií je zameranie na využitie včelích peľových obnôžok v kŕmení hospodárskych zvierat s priamym využitím v prírodnej forme bez úpravy alebo ako doplnok a prímies do kŕmnych zmesí pre hospodárske zvieratá, hydinu, ryby a v rozmnožovaní a chove opel'ovačov. V tejto oblasti boli získané mnohé zaujímavé poznatky pre praktické využívanie včelích peľových obnôžok.

S intenzívnejším využívaním včelích peľových obnôžok vo výžive ľudí, zvierat a opel'ovačov sa výskum rozšíril v novej orientácii na spoznanie splňania ich kvality s ohľadom na hygienické normy a bezpečnosť ich využívania vo vzťahu k prítomnosti mikroorganizmov a stanovenému obsahu mykotoxínov, ťažkých kovov, rezíduí po agropesticídach a iných nežiaducich komponentov získaných z pestovateľského prostredia.

V ostatných rokoch včelárska verejnosť získala dostatočné skúsenosti na zber, skladovanie, balenie a transport včelích peľových obnôžok, čo v nadväznosti na intenzívne rozšírenie výskumných štúdií s nahromadením veľkého rozsahu výsledkov a poznatkov z rôzneho hľadiska sa mnohé spoločnosti začali aktívnejšie orientovať na výkup včelích peľových obnôžok a potenciálneho využitia ich veľkoprodukcie v oblasti výroby výživových doplnkov, kŕmnych zmesí, prídavkov do farmaceutických a kozmetických prípravkov a pre iné účely.

V medzinárodnej sieti AgroBioNet zriadenej Slovenskou poľnohospodárskou univerzitou v Nitre a Národnou botanickou záhradou M. M. Gryshka pri Národnej akadémii vied Ukrajiny je zapojených už viac ako 30 univerzitných pracovísk, výskumných inštitúcií a botanických záhrad zo 14 krajín, ktoré okrem iného realizujú viac ako 20 rokov aj dlhodobý program „Uchovanie a udržateľné využívanie včelstiev a ich produktov pre zlepšenie výživy, zdravia a kvality života“. Program sa realizuje formou výskumných, edukačných a rozvojových projektov na národnej aj medzinárodnej úrovni. Na realizácii projektových aktivít sa podieľajú hlavne výskumní pracovníci, doktorandi a študenti z rôznych krajín, ale hlavne Ukrajiny, Ruskej federácie, Českej republiky, Srbska, Moldavska, Arménska a Uzbekistanu.

Realizované výskumné projekty na národnej a medzinárodnej úrovni boli riešené s finančnou podporou agentúr: APVT (1), VEGA (1), Štrukturálne fondy EU (1), Erasmus (3) a bilaterálnych dohôd medzi Slovenskom, Ukrajinou, Moldavskom, Arménskom, Ruskou federáciou a Srbskom.

V prvom bloku sú výskumné aktivity orientované na biochemické zloženie medov rôzneho botanického a geografického pôvodu.

V druhom bloku sa pozornosť vo výskumných aktivitách sústredila na morfológickú charakteristiku peľových zŕn z voľne rastúcich, tradične pestovaných, menej využívaných a málo známych rastlinných druhov s cieľom prípravy databázy peľových zŕn na Slovensku.

Tretí blok je zameraný na štúdium fyzikálno-morfologických, biochemických, mikrobiologických, technologických, senzorických a mnohých iných vlastností hlavne jednokvetových včelích peľových obnôžok z rôznych druhov rastlín pre ich potenciálne využitie hlavne vo výžive.

V ďalšom bloku sa výskum orientuje aj na overenie účinkov konzumácie včelích peľových obnôžok na zmeny v metabolizme pokusných zvierat a to v rámci realizácie oficiálne schválených klinických testov.

Realizované edukačné projekty pre problematiku rozvoja včelárstva boli finančne podporené z agentúr Poľnohospodárska platobná agentúra (4), Medzinárodný vyšehradský fond (1), KEGA (1) a Agentúra pre rozvoj, Rakúsko (1). Projekty boli orientované na transfer poznatkov získaných z výskumných aktivít pre včelársku verejnosť vo forme akreditovaných špecializovaných kurzov v rámci programu celoživotného vzdelávania. Celkovo boli realizované 4 kurzy na národnej úrovni (530 absolventov) a 5 kurzov na medzinárodnej úrovni (celkovo 591 absolventov, z toho Moldavsko – 149, Ukrajina – 412 a Arménsko – 137).

Rozsiahle výsledky získané z výskumných aktivít prezentovali autorské kolektívy v príprave rukopisov a vydaní 18 monografií, 185 vedeckých a odborných publikácií vydaných vo vedeckých periodikách v rámci Slovenska a na medzinárodnej úrovni.

V predloženej vedeckej monografii prezentuje autorský kolektív porovnanie komplexnejších výsledkov z biochemických analýz jednokvetových včelích peľových obnôžok z dvoch významných olejnin, a to maku siateho (*Papaver somniferum* L.) a kapusty repkovej pravej (*Brassica napus* sk. Napus).

Cieľom tejto výskumnej štúdie je potvrdiť, že peľové zrná každého rastlinného druhu, aj keď sú zhodnou technológiou včiel pozbierané z kvetov a preformované do obnôžok vhodných pre jednoduchý transport do úľov, sú v komplexnejšom biochemickom zložení rozdielne, a preto aj ich výživové, terapeutické, senzorické a iné účinky budú rozdielne, aj keď človek nie je schopný tieto rozdiely rozlíšiť.

Sú to významné poznatky, ktoré je potrebné maximálne rešpektovať na úrovni včelárskej verejnosti a to hlavne pri voľnom predaji spravidla polyflorálnych včelích peľových obnôžok, ale aj pre väčšie obchodné spoločnosti, ktoré vykupujú včelie peľové obnôžky v rozsiahlejších objemoch a spravidla ich miešajú. A najviac zodpovednosti pripadá na spracovateľské spoločnosti a apiterapeutov, ktorí zo včelích peľových obnôžok zabezpečujú už výrobu výživových doplnkov, terapeutických produktov a rôznych iných výrobkov.

Najväčším paradoxom praktického využívania včelích peľových obnôžok je, že všetky ich už známe a menej známe jedinečné vlastnosti a najmä chemické zloženie, na ktoré poukazujeme aj v úvodnom prehľade tejto publikácie, a o ktorých sú už prezentované a dostupné rozsiahle poznatky v tisíckach vedeckých prác, nie sú stabilné a sú viac alebo menej ovplyvnené nielen botanickým a geografickým pôvodom, ale aj pestovateľským prostredím, biotickými faktormi (chorobami a živočíšnymi škodcami na rastlinách) a abiotickými faktormi prostredia (stresovými faktormi) každého vegetačného obdobia, klimatickými zmenami, podmienkami skladovania a inými známymi aj neznámymi faktormi.

ABSTRACT

The main object of the publication is the presentation of results and knowledge from a more comprehensive experimental study of the economic value of monofloral bee pollen (BP) obtained by beekeepers from two model oil crops - *Brassica napus* Napus Group (BN) and *Papaver somniferum* L. (PS) in Slovak conditions in the system "from pollen grains to food products". BN is a very important oilseed in many countries of the world and at the same time a very important source of nectar and pollen for bee colonies and other pollinators. PS is the oldest very important medicinal plant, the source of many alkaloids for pharmaceutical use and the use of the seed as a source of quality oil and calcium for food use. Simultaneously, it is among the most important sources of pollen for bee colonies and other pollinators. Bee pollen grains from both species have been recognized by many research groups as high-quality sources for food and therapeutic purposes. In the conducted experiments, the morphometric characteristics of pollen grains were determined, namely the length of the polar axis (BN 39.04 μm and PS 38.34 μm), the length of the equatorial axis (BN 24.36 μm and PS 36.41 μm), shape index (BN 1.60 and PS 1.05) and the morphometric characteristics of BP namely average weight (BN 13.56 mg and PS 14.96 mg), height (BN 3.43 mm and PS 3.14 mm) and width (BN 3.89 mm and PS 3.73 mm). To find out the biochemical profile, the content of proteins (BN 23.78 and PS 20.39%) and amino acids (in both species dominated by essential Lys, Leu, Val and non-essential (Glu, Asp, Ppro), lipids (BN 4.39 % and PS 4.26%) and fatty acids (linolenic acid, palmitic acid and linoleic acid dominated in both species), carbohydrates, minerals (dominant content in both species P, K and S), pH (BN 4.80 and PS 4.26) of organic acids (lactic acid was determined in both species), polyphenols (coumaric acid, quercetin, hydroxybenzoic acid and rutin dominated in both species), heavy metals (overlimit contents were not determined) and agropesticide residues (overlimit contents were not determined contents). Simultaneously, the antioxidant activity was determined. BPs were used in the verification of the innovative technology of muesli bars, traditional pasta and the preparation of yogurts. After the addition of BPs to the products, their antioxidant activity and the colouring of the products increased.

Key words:

Brassica napus Napus Group, *Papaver somniferum* L., pollen, bee pollen, morphometric traits, chemical composition, proteins, amino acids, lipids, fatty acids, minerals, polyphenols, heavy metals, agropesticide residues, antioxidant activity, muesli bars, traditional pasta

POUŽITÉ SKRATKY

AAS	AAS Atomic Absorption Spectrometry / Atómová absorpčná spektrometria
AgroBioNet	Agrobiodiversity network / Označenie medzinárodnej siete pracovníkov a expertov orientovaných na výskum, vzdelávanie a rozvoj agrobiodiverzity
AIC	Akaike information criterion / Informačné kritérium Akaike je odhad chyby predikcie a tým aj relatívnej kvality štatistických modelov
AM	Arménsko – kódové označenie krajiny – Štandard WIPO ST. 3
APVT	Agentúra na podporu vedy a techniky; v súčasnosti APVV – Agentúra na podporu vedy a výskumu
ARfD	Acute reference dose / Akútna referenčná dávka
AUTPAL	Verein zur förderung der palynologischen forschung in Österreich, Autentické Združenie na podporu palynologického výskumu v Rakúsku
CAC	Codex Alimentarius Commission / Komisia pre Potravinový kódex
CBQoL	Colour Blind Quality of Life Scale / Škála kvality života pri farbosleposti
CCDB	Chromosome Counts Database / Databáza počtu chromozómov
CI	Confidence interval / Interval spoľahlivosti
CIE	International Commission on Illumination / Medzinárodná komisia pre osvetľovanie
CIT	Citrinín
CONTAM	Panel on Contaminants in the Food Chain / Vedecká komisia pre kontaminujúce látky v potravinovom reťazci
CONTAM EFSA	Panel on Contaminants in the Food Chain / Vedecká komisia pre kontaminujúce látky v potravinovom reťazci Európskeho úradu pre bezpečnosť potravín
CVD	Congenital Colour Vision Deficiency / Vrodená porucha farebného videnia
CZ	Česká republika – kódové označenie krajiny – Štandard WIPO ST. 3
DON	Deoxynivalenol
E	Equatorial axis / Šírka ekvatoriálnej osi peľového zrna (μm)
EFSA	European Food Safety Authority / Európsky úrad pre bezpečnosť potravín
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations / Organizácia Spojených národov pre výživu a poľnohospodárstvo
FB	Fumonizíny
GC-MS GAS	GC-MS Gas Chromatography – Mass Spectrometry / Plynová chromatografia – hmotnostná spektrometria
GC-MS/MS	GC-MS/MS Gas Chromatography – Tandem Mass Spectrometry / Plynová chromatografia – tandemová hmotnostná spektrometria
GMO	Genetically modified organisms/ Geneticky modifikované organizmy
HPLC-MS/MS	High-performance liquid chromatography – tandem mass spectrometry / Vysokoučinná kvapalinová chromatografia a tandemová hmotnostná spektrometria
HVOD	Hepatic veno-occlusive disease / Venookluzívne ochorenie pečene (VOD) alebo venookluzívne ochorenie s imunodeficienciou

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

i.p.	Intraperitoneálny – Nachádzajúci sa v brušnej dutine
i.v.	Intavenózný – Vnútrožilový
IARC	International Agency for Research on Cancer / Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny
ICBB	International Commission for Bee Botany / Medzinárodná komisia pre botaniku včiel
ICPPR	The International Commission on Plant Pollinator Relations / Medzinárodná komisia pre vzťahy opel'ovačov rastlín založená v roku 1950 ako International Commission for Bee Botany (ICBB) / Medzinárodná komisia pre botaniku včiel
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change / Medzivládny panel o zmene klímy
LBP	Lyophilized bee pollen extract / Lyofilizovaný extrakt z včelieho peľu (LBP)
LC-MS/MS	Liquid chromatography with tandem mass spectrometry / Kvapalinová chromatografia a tandemová hmotnostná spektrometria
LCVP	The Leipzig Catalogue of Vascular Plants / Lipský katalóg cievnatých rastlín
MD	Moldavská republika – kódové označenie krajiny – Štandard WIPO ST. 3
MUFA	Monounsaturated fatty acids / Mononenasytené mastné kyseliny
NIV	Nivalenon
NTP	National Toxicology Programme / Národný toxikologický program
OTA	Ochratoxín
P	Polar axis/ Dĺžka polárnej osi peľového zrna (μm)
P/E	Shape index/ Tvarový index peľového zrna
PalDat	Palynological Database / Databáza peľových zrn z rastlinných druhov
PANO	Pyrolizidínové alkaloidy (PA) a ich N-oxidy (PANO)
PAS	Pyrrrolizidine alkaloid / Pyrolizidínové alkaloidy
PAT	Patulín
PlantFAdb	Phylogenetic Fatty Acid Database / Databáza mastných kyselín
PUFA	Polyunsaturated fatty acids / Polynenasýtené mastné kyseliny
PUFA	Polyunsaturated fatty acids / Polynenasýtené mastné kyseliny
RS	Republika Srbska – kódové označenie krajiny – Štandard WIPO ST. 3
SEM	Skenovací elektrónový mikroskop
SFA	Saturated fatty acids / Saturované mastné kyseliny
SK	Slovenská republika – kódové označenie krajiny – Štandard WIPO ST. 3
TEM	Transmisný elektrónový mikroskop
TPL	The Plant List / Referenčný zoznam názvov cievnatých rastlín
TUFA	Total unsaturated fatty acids / Celkové nenasýtené mastné kyseliny
UA	Ukrajina – kódové označenie krajiny – Štandard WIPO ST. 3
VEGA	Vedecká grantová agentúra
ZEN	Zearalenon

Medzinárodné skratky pre aminokyseliny

Ala / ALA	Alanín
Arg / ARG	Arginín
Asn / ASN	Asparagín
Asp / ASP	Asparágová kyselina
Cys / CYS	Cysteín
Phe / PHE	Fenylalanín
Gln / GLN	Glutamín
Glu / GLU	Glutámová kyselina
Gly / GLY	Glycín
His / HIS	Histidín
Ile / ILE	Izoleucín
Leu / LEU	Leucín
Lys / LYS	Lyzín
Met / MET	Metionín
Pro / PRO	Prolín
Ser / SER	Serín
Thr / THR	Treonín
Trp / TRP	Tryptofán
Tyr / TYR	Tyrozín
Val / VAL	Valín

OBSAH	strana
1 ÚVOD	1
1.1 Včelie peľové obnôžky	2
1.2 Zber včelích peľových obnôžok	4
1.3 Základné chemické zloženie včelích peľových obnôžok	4
1.4 pH včelích peľových obnôžok	6
1.5 Bielkoviny a aminokyseliny	7
1.6 Lipidy a mastné kyseliny	9
1.7 Sacharidy	10
1.8 Vitamíny	11
1.9 Minerálne látky	11
1.10 Biologicky aktívne zlúčeniny	12
1.11 Prírodné farbivá	12
1.12 Prchavé zlúčeniny	13
1.13 Výživová hodnota a stráviteľnosť včelích peľových obnôžok	13
1.14 Včelie peľové obnôžky ako funkčné potraviny	15
1.15 Terapeutické účinky	16
1.16 Účinnosť včelích produktov na liečbu ochorenia COVID 19	18
1.17 Využitie v potravinárstve	19
1.18 Využitie v kozmetike	20
1.19 Využitie v kŕmení hospodárskych zvierat	20
1.20 Alergické reakcie	21
1.21 Toxické kovy a polokovy	23
1.22 Rezíduá agropesticídov	24
1.23 Mikroorganizmy a mykotoxíny	25
1.24 Pyrolizidínové alkaloidy	28
1.25 Perfluóralkylové látky	29
1.26 Včelie peľové obnôžky z GMO rastlín	31
1.27 Produkcia včelích peľových obnôžok	32
1.28 Záonné požiadavky na kvalitu včelích peľových obnôžok	32
1.29 Výskumné aktivity so včelími peľovými obnôžkami v podmienkach Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre	33
2 CIELE	35
3 MATERIÁL A METÓDY	37
3.1 Objekty experimentálneho štúdia	37
3.2 Zber peľu a jeho príprava na fotodokumentáciu na skenovacím elektrónovom mikroskope	39
3.3 Fotodokumentácia vzoriek na skenovacím elektrónovom mikroskope	39
3.4 Morfometrická analýza peľových zŕn	39
3.5 Konzervovanie obnôžkového peľu	40
3.6 Morfológická analýza včelích peľových obnôžok	40

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

3.7 Biochemické analýzy	41
3.7.1 Stanovenie celkovej sušiny, bielkovín, popola a obsahu lipidov	41
3.7.2 Stanovenie obsahu aminokyselín	41
3.7.3 Stanovenie obsahu mastných kyselín	41
3.7.4 Stanovenie obsahu makroprvkov a mikroprvkov	42
3.7.5 Stanovenie obsahu sacharidov	42
3.7.6 Stanovenie obsahu karotenoidov	42
3.7.7 Stanovenie antioxidačnej aktivity	42
3.7.8 Obsah polyfenolov	43
3.7.9 Príprava vzoriek pre vibračné spektroskopické metódy	43
3.7.10 Použité vibračné spektroskopické metódy	43
3.7.11 Stanovenie biochemických profilov	44
3.7.12 Analýza FTIR, FT NIR a VIS spektier	44
3.7.13 Príprava prototypov müsli tyčiniek so včelími peľovými obnôžkami	44
3.7.14 Determinácia stupňa tolerancie / intolerancie na potraviny	44
3.7.15 Štatistická analýza experimentálnych údajov	45
4 VÝSLEDKY A DISKUSIA	46
4.1 Morfológická charakteristika peľových zŕn	46
4.1.1 Kapusta repková pravá	46
4.1.2 Mak siaty	50
4.2 Morfológická charakteristika včelích peľových obnôžok	54
4.2.1 Kapusta repková pravá (<i>Brassica napus</i> sk. Napus)	54
4.2.2 Mak siaty (<i>Papaver somniferum</i> L.)	58
4.3 Biochemická charakteristika včelích peľových obnôžok	61
4.3.1 Základné chemické zloženie včelích peľových obnôžok z hodnotených druhov	61
4.3.2 Bielkoviny a aminokyseliny	64
4.3.3 Lipidy a mastné kyseliny	68
4.3.4 Sacharidy	70
4.3.5 Vitamíny	71
4.3.6 Minerálne látky	71
4.3.7 Organické kyseliny	74
4.3.8 Polyfenoly	74
4.3.9 Rezíduá z agropesticídov	80
4.3.10 Antioxidačná aktivita včelích peľových obnôžok	82
4.3.11 Aplikácia NIR spektier	84
4.4 Využitie včelích peľových obnôžok v inovovaných potravinových výrobkoch	86
5 ZÁVERY	90
6 POUŽITÉ LITERÁRNE ZDROJE	92

1 ÚVOD

Peľové zrná, peľ, predstavujú najmenšie samostatné časti každej rastliny, ktoré dosahujú mikroskopickú veľkosť od 4 do 250 μm . Nielenže sú najmenšie časti na rastlinách, ale vo všeobecnosti aj najmenej poznané. Je to jednoducho z dôvodu, že botanické spoločnosti evidujú už viac ako 350 tisíc druhov rastlín (Freiberg et al., 2020), ale pritom morfológia peľových zŕn bola zatiaľ určená len v prípade asi 10 % rastlín. Hoci sú peľové zrná super miniatúrne a ľudským okom neviditeľné, bolo potrebné botanikom čakať až do objaveniu svetelného mikroskopu, ktorý im umožnil spoznať fascinujúce tvary, textúry a mnohé iné znaky a detaily na ich povrchu. Do objavenia mikroskopu ich ľudské oko nevidelo. Prvé pozorovania peľových zŕn uskutočnil Grew, 1662 (Halbritter et al., 2018). Jednotlivé peľové zrná sú dostatočne malé, a preto je nevyhnutné ich zväčšenie, aby bolo možné vidieť detaily v ich tvare a na povrchu. Bolo potrebné čakať viac ako 100 rokov, kedy údajne Sprengel, 1793 (Halbritter et al., 2018) ako prvý zistil, že každý rastlinný druh má odlišnú morfológiu peľových zŕn a súčasne si všimol na povrchu rôzne otvory, buď póry alebo brázdy v stene peľových zŕn, dokonca štrbiny alebo trhliny, podľa ktorých bolo možné neskôr rozlíšiť anemofilné a entomofilné druhy rastlín.

Najväčší prínos z intenzívneho štúdia morfológie peľových zŕn dosiahol švédsky biológ Gunnar Erdtman, ktorý od 50. do 70. rokov 20. storočia prezentoval svoje rozsiahle poznatky vo viacerých významných publikáciách, a tie sa stali základnými učebnicami z danej oblasti (Erdtman, 1943, 1952, 1969, 1987; Erdtman a Roger, 2007). V nich prezentoval a zaviedol terminológiu pre opis veľmi zložitej, rôznorodej a takmer bezhraničnej morfológie peľových zŕn z rastlinných druhov, ktorá sa stala integračným nástrojom vo väčšine taxonomických systémov.

Kvalita a kvantita morfológických znakov a detailov používaných na rozlíšenie peľových zŕn medzi taxónmi sa podstatne zlepšila pomocou mikroskopie s vysokým rozlíšením – metódami elektrónovej mikroskopie (EM) a to s využitím skenovacej elektrónovej mikroskopie (SEM, rozlíšenie < 5 nm) a transmisnej elektrónovej mikroskopie (TEM, rozlíšenie 0,2 nm). EM však vyžaduje deštruktívne metódy prípravy, ktoré sú často príliš časovo náročné. Z uvedeného dôvodu sa v ostatnom období začína čoraz viac využívať alternatívna optická zobrazovacia technika s vysokým rozlíšením tzv. konfokálna super rozlíšiteľná mikroskopia Airyscan. Tento systém vytvára obrazy porovnateľné s EM, ale je nedeštruktívny a využíva materiál pripravený na podložných sklíčkach. Okrem toho mikroskopia Airyscan zachytáva trojrozmernú (3D) morfológiu povrchov peľu a vnútorných štruktúr, vrátane znakov až do 140 nm, menších ako je difrakčný limit svetla. Tento mikroskop pomáha presnejšie stanovovať rozdiely v znakoch a detailoch peľových zŕn medzi rastlinnými druhmi a súčasne umožňuje zabezpečovať presnejšie opisy morfológických znakov peľových zŕn (Sivaguru et al. 2018).

Na základe rozsiahlych poznatkov zo štúdia morfológie peľových zŕn, ktoré boli dosiahnuté v ostatných rokoch, možno jednoznačne deklarovať, že peľové zrná sa vyznačujú mnohými unikátnymi vlastnosťami, a preto sa stávajú objektami mnohých

d'alších rozsiahlych výskumných štúdií z rôznych oblastí a pre rôzne praktické možnosti využívania. Okrem iného medzi najznámejšie jedinečnosti patrí:

a) Peľové zrná predstavujú samčí gametofyt rastlín. Majú formu jemného prachu s drobnými čiastočkami, ktoré sa líšia farbou podľa kvetového pôvodu. Sú produktom redukčného delenia (meiózy). Obsahujú iba jednu sadu chromozómov, a preto sa charakterizujú ako haploidné, čo má nenahraditeľný význam v reprodukčnom procese rastlín (Stephen, 2014). Sú nositeľmi genetického programu z jednej generácie na druhú, čím zabezpečujú dôležitú entitu v nepretržitom biologickom cykle kvitnúcich rastlín.

b) Mikroskopická veľkosť s vysokým stupňom rozmanitosti v tvaroch a rôznych znakoch na ich povrchu je špecifická pre jednotlivé druhy rastlín, na základe ktorých je ich možné rozlišovať a identifikovať, čo sa v súčasnosti využíva na určovanie botanického a geografického pôvodu a originality včelích produktov ako aj v iných oblastiach.

c) Špecifická anatomická štruktúra so špecifickým chemickým zložením, ktorá im umožňuje znášať bez poškodenia aj teploty 100 °C a prežívanie napr. v skamenelých horninách aj niekoľko miliónov rokov.

d) Peľové zrná každého druhu rastlín obsahujú všetky základné biogénne zlúčeniny s rôznym obsahom a pomerom, preto ich včely a opel'ovači a iné živočíšne organizmy využívajú ako základné zdroje ich živobytia. Starí Egypťania opisujú peľ ako „životodarný prach“. Peľové zrná sa prostredníctvom včelích peľových obnôžok už využívajú aj vo výžive človeka a hospodárskych zvierat.

e) Peľové zrná každého druhu súčasne obsahujú aj špecifické biologicky aktívne zlúčeniny na úrovni polyfenolov, ktoré už využívali a využívajú mnohé civilizácie ako významné terapeutické prírodné zdroje.

1.1 Včelie peľové obnôžky

Včelie peľové obnôžky sa aktívne využívajú nepretržite už 300 rokov. Po stáročia sú známe svojimi liečivými a zdraviu prospešnými účinkami. Boli súčasťou stravy starovekého obyvateľstva, najmä Číňanov a Egypťanov (Denisow a Denisow-Pietrzyk, 2016). V mnohých krajinách sveta sa tradične používajú ako prirodzená potravinová, ktorá zabraňuje starnutiu a dodáva energiu (Klaric et al., 2018).

Organizovaný zber prírodného peľu vo väčšom objeme z rastlín je v podstate technicky možný špecifickými odsávacmi, ale technologicky je to zložitý proces. Niektoré spoločnosti zberajú prírodný peľ z rastlinných druhov v menšom objeme a to pre výskumné účely a najmä pre testovanie alergikov.

Jedine včely medonosné a voľne žijúce druhy včiel zabezpečujú dômyselným systémom zber veľmi malých peľových zrn z kvitnúcich druhov rastlín vo významnom rozsahu. Nektár a peľové zrná sú hlavnými zdrojmi živín potrebných na prežitie a zdravie včelstiev. Nektár je produkovaný v nektáriách rastlín a slúži ako základný prírodný zdroj na výrobu medu včelami (Roy et al., 2017). Kvetový nektár poskytuje včelám uhlík, dusík a aj ďalšie zložky potravy, akými sú lipidy, bielkoviny, vitamíny a minerálne látky.

Peľové zrná predstavujú pre včely jediný prírodný zdroj, ktorý im poskytuje kvalitné bielkoviny, tuky, vitamíny, minerálne látky a ostatné významné prírodné zlúčeniny pre zachovanie svojich včelstiev (Doležal a Toth, 2018). Je tiež všeobecne známe, že miniatúrne a ľudským okom ani neviditeľné peľové zrná z kvitnúcich druhov rastlín sú včely schopné jedinečným procesom pozbierať a uskladniť vo forme tzv. peľových obnôžok. V tejto geniálnej forme dokážu včely svojimi sekretmi žliaz v kombinácii s pozbieraným nektárom z kvetov uložiť viac ako milión peľových zrn za pomerne veľmi krátky čas a zabezpečiť ich bezproblémový transport do úľov na tretom páre svojich nôh pre výživu a zachovanie včelstiev. V úľoch ich uchovávajú v bunkách voskových plástov. Včelstvá využívajú takto nazbieraný peľ pre výživu v čerstvom stave po donáške do úľov.

„Včelí“ alebo obnôžkový peľ predstavuje základné krmivo pre včelstvo, pre ktoré je zdrojom bielkovín. Peľové zrná z rôznych rastlinných druhov majú rôznu výživnú hodnotu pre včely (Přidal, 2001). O vysokej nutričnej hodnote peľu svedčí mimoriadne rýchly rast larvy včely dostávajúcej v prvých dňoch výživu od mladých včiel. Mladé včely, ktoré samé peľ konzumujú a ich hltanová žľaza môže vytvárať výživu pre ostatné larvy, ich krmia tak, že za prvých 5 – 6 dní larva robotnice zväčší svoju pôvodnú hmotnosť (asi 0,11 mg) viac ako 1300-krát. Larva matky sa zväčší za ten istý čas až 2700-krát a larva trúda dokonca 3200-krát (Dobrovoda, 1986).

Interakcia kvet-včela predstavuje vzájomne prepojený vzťah, v ktorom sa kvety rozmnožujú sexuálne a včely sa živia najcennejšími štruktúrami, ktoré produkujú rastliny, a to je nektár a peľ. Proces opelovania a zabezpečovanie samotnej reprodukcie je špecifický a dômyselný pre jednotlivé druhy rastlín vrátane tvaru, veľkosti a sfarbenia kvetov a súkvetí so súbežnou produkciou špecifických vôní známych ako feromóny (Glover, 2011). Včely robotnice vykonávajú stovky letov do kvetov, aby nazbierali potrebné množstvo peľu a nektáru pre zabezpečenie výživy svojho včelstva. Komplex činností včiel pri zbieraní nektáru a peľu sa označuje ako „hľadanie potravy“, čo je veľmi významné a nevyhnutné pre prežitie včelstiev. Hľadanie potravy je špecifické správanie, ktoré sa vyvíja u včiel robotníc vo veku od jedného do dvoch týždňov. Mladé včely uskutočňujú mnoho prieskumných letov, aby sa zoznámili a vo veku 21 dní opustili svoje úle, aby hľadali a zbierali nektár, medovicu, peľ, vodu a mnoho základných prvkov, ako aj živicu používanú na udržanie hygienického prostredia v úľoch (Vance et al., 2009). Včely, ktoré hľadajú potravu, používajú svoje sosáky na zbieranie nektáru a vody pumpovaním a vzlínaním; tekutiny uchovávajú v špeciálnych zberacích orgánoch v ich organizme. Väčšina včiel si vyvinula špecializované mechanizmy na transport peľu do svojich hniezd a prispôsobila svoje správanie tak, aby preniesli peľ zo svojho tela do úľa (Thorp, 2000).

Priemerná hmotnosť včelích peľových obnôžok je približne 7,5 – 8 mg, ktorá sa mení podľa dostupnosti peľu počas návštevy kvetov a druhov. Vetrom opelivé rastlinné druhy poskytujú ľahší a suchší peľ, výsledkom čoho sú väčšie a voľne usporiadané peľové obnôžky, zatiaľ čo entomofilné rastliny poskytujú peľ v menšej a kompaktnejšej forme (Friedman a Barrett, 2009).

Čerstvý peľ z rastlinných druhov môže mať rozličné tvary a veľkosti, zatiaľ čo sušené peľové obnôžky sú zvyčajne guľovité alebo vretenovité (Barene et al., 2015).

Bleha et al. (2019) stanovili na hodnotených včelích peľových obnôžkach z druhov *Brassica napus*, *Helianthus annuus*, *Papaver somniferum*, *Phacelia tanacetifolia*, *Robinia pseudoacacia* a *Trifolium repens*, pozbieraných zo Slovenska, priemernú hmotnosť 11,85 g, výšku 3,10 mm a šírku 3,55 mm.

Kvalitu peľových zŕn možno zhruba posúdiť aj na základe ich farby, ktorá je spojená s rastlinnými pigmentmi, ako sú karotenoidy a antokyány, a ktoré sa prirodzene nachádzajú v rôznych koncentráciách v peľových zrnách (Sattler et al., 2015). Prirodzená farba peľových zŕn sa po zbere včelami z kvetov môže v dôsledku pridávania vlhkosti, výlučkov včelích žliaz a nektáru pri formovaní včelích peľových obnôžok aj výrazne zmeniť. Peľové zrná a následne aj včelie peľové obnôžky si zachovávajú farebné odtiene špecifické pre rastlinné druhy od bielej po čiernu farbu. Avšak peľové zrná a aj včelie peľové obnôžky, vytvorené včelami z toho istého druhu rastlín, môžu mať určité farebné odtiene (obrázok 9, 12), čo závisí od mnohých faktorov, a to najmä od chemického zloženia pestovateľského prostredia, obsahu vody, použitého nektáru včelami a mnohých ďalších. To znamená, že farba peľových zŕn a následne aj včelích peľových obnôžok nie je stabilná.

Farba je ovplyvnená aj chemickým zložením peľových zŕn, čo sa potvrdilo fotokolorimetrickými štúdiami a následne určenou koreláciou medzi hodnotami farieb a obsahom Ca, Mg a Fe (Yang et al., 2013). Podobné farebné hodnoty pri štúdiu včelích peľových obnôžok z regiónov Brazílie odporučili de Melo et al. (2016) ako indexy na určenie celkového obsahu fenolov a antioxidačného a antimikrobiálneho potenciálu a to na základe stanovenej korelácie medzi týmito parametrami. Zmena farby včelích peľových obnôžok môže byť spôsobená aj oxidačnými reakciami niektorých zlúčenín, ako sú polyfenoly, a mnohými inými počas procesu sušenia (Da Silva et al., 2009).

1.2 Zber včelích peľových obnôžok

Včely robotnice využívajú slabé elektrostatické pole vytvorené medzi telom včiel (kladne nabitým) a kvetom, aby priľnuli tisíce peľových zŕn, ktoré sú spravidla nabité záporne. Peľové zrná včely následne aglutinujú pomocou hrebeňov a chlupov na zadných nohách, ktoré po navlhčení so sekrétmi slín a nektárom postupne vytvorili a vyformovali hrudku z peľových zŕn – včelíu obnôžku (Thakur a Nanda, 2020).

Pre odchyt a zber včelích peľových obnôžok existujú už rôzne dômyselné zariadenia umiestnené pri vchode včiel nesúce peľové obnôžky do úľov. Pri prechode včiel cez lapač sa peľové obnôžky z nôh uvoľnia a postupne padajú do zbernej nádoby (Salazar-González et al., 2018; Nuvoloni et al., 2021).

Problematika vytvárania a zberu včelích peľových obnôžok a ich následná pozberová úprava je podrobne opísaná v publikácii Brovarskyj et al. (2010).

1.3 Základné chemické zloženie včelích peľových obnôžok

Podľa systematického prehľadu viac ako 100 štúdií obsahuje včelí obnôžkový peľ v priemere 54,22 % (18,50 – 84,25 %) sacharidov, 21,30 % (4,50 – 40,70 %) bielkovín, 5,31 % (0,41 – 13,50 %) lipidov, 8,15 % (31,26 %) vlákniny, 2,91 % (0,50 – 7,75 %) popola (Thakur a Nanda, 2020).

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

Včelí obnôžkový peľ má vysoký obsah polysacharidov (50 %), obsahuje bielkoviny (6-28 %) a voľné aminokyseliny (6 %), tuky a lipidy (1 – 20 %), jednoduché cukry (4 – 10 %) (Tyler, 1993). Jednoduché cukry pravdepodobne pochádzajú z nektáru, polysacharidy a bielkoviny prevažne z peľových zŕn (Roulston a Cane, 2000; Manning, 2001).

Zloženie sušeného včelieho obnôžkového peľu tvoria bielkoviny (10 – 40 %), lipidy (1 – 13 %), sacharidy (13 – 55 %), vláknina pektín (0,3 – 20 %), popol (2 – 6 %), ďalšie látky (2 – 6 %) (González-Martín et al., 2007; Bogdanov a Gallmann, 2008).

Podľa najnovších národných údajov vzduchom vysušené včelie peľové obnôžky (pri teplote 40°C) obsahujú 32,8 % bielkovín vrátane 11,5 % esenciálnych aminokyselín, 40,7 % redukujúcich cukrov vrátane 3,7 % sacharózy, 12,8 % lipidov, 0,19 % vitamínu C, 0,07 % β -karoténu, 4,0 % bioprvkov (Komosinska-Vassev et al., 2015).

O včelie peľové obnôžky v ostatných rokoch enormne vzrástol záujem a to hlavne pre ich unikátnu výživnú hodnotu. Primárne pozostáva z lipidov, proteínov a mikroživín, ktoré sú nevyhnutné pre včely, ale má tiež potenciál fungovať ako nutraceutikum pre ľudí a chrániť pred niekoľkými ochoreniami. Včelí peľ obsahuje okrem iných živín popol (2 – 6 %), bielkoviny (10 – 40 %), lipidy (1 – 13 %), hrubú vlákninu (0,3 – 20 %) a sacharidy (13 – 55 %) (Campos et al., 2008). Okrem toho obsahuje všetky potrebné aminokyseliny, voľné aminokyseliny, vitamíny, predovšetkým vitamíny skupiny B-komplexu, potrebné minerálne látky, karotenoidy a flavonoidy (Ghosh et al., 2017; Thakur a Nanda, 2020). Obsahuje tiež rôzne polyfenolové zlúčeniny vrátane fenolových kyselín, antokyanínov, flavonoidov, flavanolov, flavanónov a ďalších, ktoré vykazujú rôzne biologické a terapeutické vlastnosti (Abdelnour et al., 2019; Thakur a Nanda, 2020).

Podľa Pridala (2005a, 2005b) chemické zloženie včelieho obnôžkového peľu tvorí 7,5 – 35 % bielkovín, 1 – 15 % tukov a 15 – 45 % cukrov.

Chemické zloženie včelích peľových obnôžok sa líši v závislosti od mnohých premenných vrátane botanických zdrojov, druhov včiel, sezónnych podmienok, rastlinného zdroja a geografického pôvodu (Gardana et al., 2018; Li et al., 2018). Zloženie živín možno zmeniť aj spôsobmi spracovania a podmienkami skladovania. Chemické zloženie peľových zŕn a tým aj včelích peľových obnôžok, závisí predovšetkým od botanického zdroja – rastlinného druhu, z ktorého pochádza, mení sa podľa geografického pôvodu, môžu ho ovplyvniť environmentálne podmienky, pôdne a klimatické podmienky lokality, na ktorej rastlina rastie, osobitne podmienky v období vývinu a dozrievania peľových zŕn v peľnici, ďalej činnosť včelárov a manipulácia s peľom, čas zberu peľu (Orzáez Villanueva et al., 2002; Campos et al., 2008; Feás et al., 2012; Liolios et al., 2015).

Predpokladá sa, že chemické zloženie včelích peľových obnôžok vytvorených z rovnakého botanického druhu by malo byť v podstate zhodné s chemickým zložením samotných peľových zŕn z daného rastlinného druhu. V skutočnosti dochádza k určitým zmenám v chemickom zložení včelích peľových obnôžok, ako aj ich farby, a to hlavne vplyvom stmelenia peľových zŕn včelami pri formovaní obnôžok svojimi výlučkami žliaz,

nektárom z rastlín a medom (Synytsa et al., 2010; Synytsa et al., 2011; Bleha et al., 2019; Bleha et al., 2021)

Včelie peľové obnôžky sú bohaté na živiny a sú veľmi hygroskopické. Je to z dôvodu, že prišli do kontaktu s nektárom a slinami, a preto majú vysoký obsah vlhkosti. Aby sa zabránilo rýchlej fermentácii a znehodnoteniu včelích peľových obnôžok, je potrebné ich konzumovať alebo spracovať v čerstvom stave alebo zabezpečiť ich vysušenie alebo zmrazenie, čo je kľúčové pre predĺženie ich trvanlivosti a uchovanie ich cenného chemického zloženia (Ares et al., 2018; Thakur a Nanda, 2020). Z tohto dôvodu je obsah vody vo včelích peľových obnôžkach významný ukazovateľ ich kvality, k čomu jednoznačne dospeli mnohé výskumné kolektívy, ktoré analyzovali obsah vody – obsah vlhkosti vo včelích peľových obnôžkach. Prezentované výsledky danej problematiky v literárnych poznatkoch sú rozdielne. Obsah vody v čerstvo nazbieraných včelích peľových obnôžkach určili viacerí autori v rozsahu od 20 % do 30 % (Campos et al., 2008). Uvedené hodnoty vlhkosti sú nepriaznivé pre skladovanie včelích peľových obnôžok z dôvodu priaznivého prostredia pre rast húb a baktérií (Kačániová et al., 2011; Mauriello et al., 2017). Preto mnohí autori odporúčajú ihneď po odobratí včelích peľových obnôžok zabezpečiť ich zmrazenie (Campos et al., 2010) alebo uskladnenie v inertnej atmosfére (Percie du Sert, 2009). V mnohých krajinách, v ktorých už prijali právne smernice pre kvalitu včelích peľových obnôžok, je jednoznačne určený obsah vody v sušených včelích peľových obnôžkach. Hranica v Brazílii je 4 % (Martins et al., 2011), vo Švajčiarsku 6 % (De Melo, 2011), v Argentíne 8 % (Coronel, 2004) a v Bulharsku 10 % (Radev et al., 2018).

Čerstvý včelí peľ obsahuje 20 až 30 % vody, čo podporuje rozmnožovanie mikroorganizmov a chemické/enzymatické reakcie, ktoré vedú k znehodnoteniu produktu skladovaného pri izbovej teplote. Aby sa zachovala jeho kvalita a predĺžila sa trvanlivosť, je včelí peľ podrobený procesu dehydratácie, ktorý znižuje jeho obsah vody na 4 – 8 % (Campos et al., 2008). Na druhej strane môže tento proces viesť k strate niektorých zložiek, ako je beta-karotén a vitamín E (Pereira De Melo a De Almeida-Muradian, 2010).

1.4 pH včelích peľových obnôžok

Pri včelích peľových obnôžkach sa podľa údajov z literárnych zdrojov určili hodnoty pH v rozsahu od 3,49 do 6,33, čo dokazuje prirodzenú mierne kyslú povahu.

Hodnoty pH určil Feás et al. (2012) v Portugalsku v rozsahu 4,3 – 5,2, Karabagias et al. (2018) v Grécku (4,70) a Thakur a Nanda (2018a) v Indii v rozsahu 4,74 – 5,48.

Zuluaga-Domínguez et al. (2018) určili pri čerstvých včelích peľových obnôžkach pH 4,16 a po jeho vysušení pri teplote 40 °C pH 4,02, pri teplote 50 °C pH 4,04 a pri teplote 60 °C pH 4,11. Uvedené zmeny v pH dokazujú, že pod 60 °C sa podporuje mikrobiálna činnosť na včelích peľových obnôžkach, ktorou sa pH znižuje a naopak titrovateľná kyslosť zvyšuje.

Parametre – pH a titrovateľná kyslosť sú kritickými ukazovateľmi počas skladovania včelích peľových obnôžok, pretože môžu ovplyvniť ich stabilitu a trvanlivosť. Obidve hodnoty naznačujú aj dynamickú mikrobiálnu aktivitu v potravinách (Nogueira et al.,

2012). Zvýšené hodnoty pH a titrovateľnej kyslosti v potravinách sú spôsobené ich fermentáciou, najmä grampozitívnymi baktériami.

1.5 Bielkoviny a aminokyseliny

Je všeobecne známe, že pre včelstvá a mnohé opel'ovače tvorí peľ a nektár z rastlín strategický a nenahraditeľný zdroj pre ich existenciu a uspokojenie svojich nutričných potrieb (Roulston a Goodell, 2011). Vzhľadom na to, že peľ je primárnym zdrojom bielkovín pre včelstvá, je dôležité zabezpečiť pre nich dostatočné plochy voľne rastúcich ako aj zámerne pestovaných druhov rastlín pre zásobovanie bielkovinami včelstiev vo forme včelích peľových obnôžok počas celého vegetačného obdobia (Vaudo et al., 2015).

Včelie peľové obnôžky sú významným a ideálnym prírodným zdrojom vysokého a kvalitného obsahu bielkovín pre včelstvá a ďalšie opel'ovače, ktoré im poskytujú potrebné prvky pre ich dlhovekosť, vývoj orgánov, rast lariev a veľkosť tela (Vanderplanck et al., 2014; Frias et al., 2016; Hass et al., 2019). Bielkoviny poskytujú aj základné biogénne látky pre produkciu materskej kašičky v úli (Komosińska-Vassev et al., 2015).

Včelie peľové obnôžky poskytujú včelstvám a opel'ovačom aj mnohé ďalšie výživové organické látky (Ruedenauer et al., 2018; Hass et al., 2019).

Obsah bielkovín je veľmi variabilný medzi rastlinnými druhmi a zemepisnými oblasťami zberu (Negrão a Orsi, 2018) a pohybuje sa v rozsahu 10 až 40 % sušiny peľu (Campos et al., 2008; Zuluaga et al., 2015a). Da Silva et al. (2014) stanovili obsah bielkovín vo včelích peľových obnôžkach z rôznych druhov rastlín v rozsahu od 7 % (borovica) do 35 % (eukalyptus). Pri včelích peľových obnôžkach z Brazílie a Argentíny určili obsah bielkovín v rozsahu od 23,5 % do 37,3 %.

Využívanie čoraz väčšej plochy pôdy pre pestovanie vysoko produkčných odrôd s aplikáciou priemyselných hnojív, prípravkov na ochranu rastlín a efektívnu mechanizáciu v rastlinnej výrobe významne prispelo k zvýšeniu úrod, a tým zabezpečeniu potravinovej bezpečnosti pre narastajúci počet obyvateľov sveta (Pingali, 2012). Tento trend súčasne priamo aj nepriamo a hlavne nepriaznivo ovplyvnil ekosystémy, krajinu, zhoršenie životného prostredia a samotnú biodiverzitu na úrovni voľne rastúcich druhov ako aj plochy voľne rastúcich druhov. Uvedená situácia, ktorá ďalej pokračuje, výrazne obmedzila pastvu pre opel'ovačov a včely. Rozšírili sa plochy monokultúr a výrazne sa znížili plochy a počet voľne rastúcich druhov. Týmto zásahom sa veľmi nepriaznivo znížil objem pastvy pre opel'ovačov a včely, čo sa prejavilo na ovplyvnení počtu a zdravotnom stave samotných opel'ovačov a včiel, a tým aj zabezpečovanie ich ekosystémových služieb (Goulson et al., 2015).

Tieto zdroje sa v poslednom období stávajú v poľnohospodárskej krajine vážne problematické. Mnohé kultúrne druhy sa pestujú len v určitom období roka na veľkých plochách (na Slovensku je to kapusta repková pravá, slnečnica ročná, kukurica siata), pričom v niektorých obdobiach roka sa už prejavuje nedostatok pastvy, pretože sa počet pestovaných a využívaných kultúrnych druhov rapídne znížil, a pre opel'ovačov a včely sú väčšinou dostupné len málo rozšírené a obmedzené lokality s voľne rastúcimi a inváznymi druhmi. Tento jav sa označuje ako nutričný nesúlad a je považovaný za jeden

z vážnych nepriaznivých faktorov podieľajúcich sa na rapidnom znižovaní úhynu včiel a ich zdravotného stavu (Vaudo et al., 2015).

Uvedenú problematiku analyzoval kolektív Pamminger et al. (2019) vo svojej štúdiu, ktorej cieľom bolo základné geografické zmapovanie zdrojov peľu na celosvetovej úrovni z 302 druhov so stanovením ich obsahu bielkovín pre včelstva na úrovni kontinentov.

Aminokyseliny sú kľúčové nielen pre syntézu bielkovín, ale aj pre biosyntézu hormónov, ako aj iných molekúl s biologickou úlohou. Nutrične sa rozlišujú dva druhy, a to esenciálne aminokyseliny, ktoré si ľudský organizmus nevie syntetizovať, a neesenciálne aminokyseliny, na ktorých syntézu má ľudské telo všetky mechanizmy. V rovnakom kontexte je včelí peľ často považovaný za „dokonalú potravinu“, pretože je prírodným zdrojom všetkých esenciálnych aminokyselín potrebných vo výžive včiel a ľudí (Kim et al., 2015). Tento obsah sa výrazne líši od druhu a závisí od botanického a geografického pôvodu, klimatických podmienok a dostupnosti živín v rastline (Kurek-Górecka et al., 2020).

Celkový obsah aminokyselín vo včelích peľových obnôžkách bol kvantifikovaný mnohými výskumníkmi a vo všeobecnosti dosahuje 108,1 až 287,7 mg/g obnôžkového peľu (Alvarez-Suarez, 2017).

Čo sa týka profilu aminokyselín, De Melo a Almeida-Muradian (2017) uviedli dvadsaťpäť aminokyselín, z ktorých osem je esenciálnych (valín, leucín, izoleucín, lyzín, fenylalanín, treonín, histidín a metionín). Tryptofán je zvyčajne nedetekovateľný pri analýzach a to z dôvodu, že na stanovenie jeho obsahu je potrebné použiť metódy hydrolýzy. Niektorí autori stanovili obsah tryptofánu vo vzorkách včelích peľových obnôžok z rôznych krajín pomocou špecifických metód vysokoúčinnnej kvapalinovej chromatografie (Yang et al., 2013; Gardana et al., 2018). Zvyšné aminokyseliny, ako je kyselina asparágová, alanín, glycín, glutamín, arginín, asparagín, kyselina glutámová, serín, tyrozín, cystín, cysteín, kyselina γ -aminomaslová (GABA), ornitín, prolín a homoserín sú neesenciálne (De Melo a De Almeida-Muradian, 2017).

Viacerí autori vo svojich analýzach včelích peľových obnôžok potvrdili, že prolín je najviac zastúpená aminokyselina v sušenom včelom peľi, zatiaľ čo kyselina glutámová je hlavnou aminokyselinou v čerstvom zozbieranom včelom peľi (De Melo et al., 2017; Gardana et al., 2018).

Včelie peľové obnôžky predstavujú významný zdroj bielkovín a voľných aminokyselín, ktoré obsahujú všetky esenciálne aminokyseliny, pričom ich obsah závisí od botanického pôvodu (Roulston a Cane, 2000). Paramás et al. (2006) tiež potvrdili, že najviac zastúpenou aminokyselinou obnôžkového peľu je prolín, jeho obsah môže byť až viac ako polovica všetkých voľných aminokyselín. Vo výskume obnôžkového peľu boli zistené najvyššie obsahy kyseliny asparágovej, kyseliny glutámovej a prolínu, ako aj relatívne vysoký obsah leucínu a lyzínu (Szczęsna, 2006b, 2006c).

Niektoré aminokyseliny obnôžkového peľu pochádzajú aj zo včelích výlučkov, iné z nektáru a medovej rosy. Lipidy obnôžkového peľu pochádzajú z cytoplazmy alebo z vonkajších obalov peľových zŕn. Obnôžkový peľ je zložený zo zmesi prírodných peľových zŕn, nektáru a výlučkov včiel (Roulston a Cane, 2000).

Peľ obsahuje v priemere 22,7 % bielkovín, vrátane 10,4 % esenciálnych aminokyselín, ako je metionín, lyzín, treonín, histidín, leucín, izoleucín, valín, fenylalanín a tryptofán (Kędzia a Hołderna-Kędzia, 2005).

1.6 Lipidy a mastné kyseliny

Obsah lipidov je okrem sacharidov a bielkovín jednou zo základných zložiek peľu, ktorý včely zberajú vo forme peľových obnôžok. Je primárnym a hlavným zdrojom energie pre včely. Okrem toho základné zložky lipidov, t.j. mastné kyseliny vrátane esenciálnych mastných kyselín, sterolov a iných látok, majú kľúčovú úlohu vo vývoji, výžive a reprodukcii včiel (Manning, 2001).

Peľ obsahuje asi 10 % lipidov, sterolov a mastných kyselín (Veselý et al., 2003). Podľa Přidalá (2005a; 2005b) sa pohybuje obsah tukov od 1,4 do 10,7 %.

Szczesna (2006a) stanovila obsah lipidov, ktoré sú v peľi zastúpené v množstve 5,1 % s významným obsahom esenciálnych mastných kyselín (EFA). Fosfolipidy tvoria 1,5 %, zatiaľ čo fytoosteroly, najmä P-sitosterol, sú prítomné v množstve 1,1 %.

Katalóg rastlín verzia 1.0.3 LCVP (LCVP – Leipzig Catalogue of Vascular Plants) obsahuje 351180 akceptovaných názvov druhov vo svete (plus 6160 prirodzených hybridov) v rámci 13460 rodov a 564 čeľadí. Obsahuje aj viac informácií o taxonomickom statuse globálnych názvov rastlín ako ktorýkoľvek iný podobný zdroj a súčasne výrazne zlepšuje spoľahlivosť používaných zdrojov pre názvy rastlín (Freiberg et al., 2020). Problematiku počtu rastlinných druhov významne analyzujú vo svojich publikáciách aj Hong Qian et al. (2022) a ďalší.

Z uvedeného počtu rastlinných druhov sa štúdium lipidov a tým aj mastných kyselín uskutočnilo podľa literárnych zdrojov pravdepodobne len pri 5 %. V zriadenej databáze PlantFADB sú evidované údaje o obsahu mastných kyselín len z 250 rodov. V databáze bolo doteraz zaznamenaných viac ako 450 mastných kyselín pre viac ako 9000 rastlinných druhov. Na základe počtu existujúcich čeľadí rastlín a rodov, ktoré ešte neboli preskúmané, autori odhadujú, že v rastlinách sa predpokladá objaviť ešte veľký počet nových a doteraz neznámych mastných kyselín (Ohlrogge et al., 2018).

Všeobecne je známe, že každá časť rastlinného druhu obsahuje, aj keď s rozdielnym obsahom, okrem základných biogénnych zlúčenín aj všetky sekundárne metabolity. To znamená, že aj peľové zrná môžu obsahovať všetky špecifické mastné kyseliny a biologicky aktívne zlúčeniny, ktoré sú charakteristické pre jednotlivé druhy rastlín.

Fyziologicky ľudské telo používa na syntézu lipidov rôzne biosyntetické cesty, niektoré dôležité lipidy sa však nedajú získať biosyntézou a musia sa získavať z potravy. Esenciálne mastné kyseliny (najmä omega-3 mastné kyseliny) sa podieľajú na mnohých biologických funkciách a zohrávajú dôležitú úlohu v prevencii zápalových a kardiovaskulárnych ochorení a hormonálne podmienených nádorov (Calder, 2017). Včelie peľové obnôžky sú skutočne veľkým zdrojom týchto zlúčenín, pretože sú kľúčové pre produkciu materskej kašičky (Thakur a Nanda, 2020). Lipidy sú pre včely životne dôležité, a preto sú častejšie navštevované rastliny s vysokou koncentráciou lipidov (Negrão a Orsi, 2018).

Podľa Campos et al. (2008) bol obsah lipidov vo včelích peľových obnôžkach z rôznych druhov rastlín určený v rozsahu 1 – 13 g/100g peľových obnôžok. De Melo a Almeida-Muradian (2017) určili lipidy okolo 22 g/100g peľových obnôžok. V rovnakom kontexte Thakur et al. (2020) prezentovali vo svojej štúdií významné rozdiely v obsahu lipidov v monoflorálnych včelích peľových obnôžkach z rôznych krajín. V peľových obnôžkach z kapusty repkovej pravej (*Brassica napus*) z Brazílie bol stanovený obsah lipidov 7,4 %, z Číny 6,6 %, z Indie 12,38 % a z Grécka 7,76 %. Podobné rozdiely boli stanovené v obsahu lipidov vo včelích peľových obnôžkach z druhov *Cistus* zo Španielska 7,2 % a z Grécka 3,8 %.

Lipidový profil včelích peľových obnôžok je stále málo preskúmaný, zatiaľ čo väčšina výskumných štúdií sa zamerala na obsah bielkovín, sacharidov a antioxidantov. Podľa Aresa et al. (2018) sú karotenoidy, steroidy a mastné kyseliny hlavnými zložkami celkovej lipidovej frakcie včelieho peľu. Štúdia autorov Li et al. (2017) na troch vzorkách monoflorálneho včelieho peľu z Číny naznačila prítomnosť deviatich tried lipidov, vrátane triacylglycerolov a mastných kyselín.

Profil mastných kyselín včelieho peľu sa líši medzi nasýtenými mastnými kyselinami, ktoré zahŕňajú najmä kyselinu myristovú, stearovú a palmitovú, a nenasýtenými mastnými kyselinami, medzi ktoré patrí kyselina olejová, α -linolénová (ω -3 t.j. n-3) a linolová (ω -6 t.j. n-6). Táto frakcia je dominantná vo včelom peľi (Dong et al., 2015; Kieliszek et al., 2018; Thakur a Nanda, 2020). Ďalšie skupiny lipidov, ako sú fosfolipidy, triterpény (kyselina oleanolová a ursolová) a rastlinné steroly (β -sitosterol) boli izolované z včelieho peľu s nižším obsahom (Komosinska-Vassev, 2015; Conte et al., 2017). Všetky tieto štúdie uvádzajú, že obsah lipidov v skúmanom včelom peľi závisí od botanického pôvodu, sezóny zberu, sušenia, skladovania a metód včelárenia. Vo všeobecnosti bol zistený vyšší obsah lipidov, a tým aj mastných kyselín vo včelích peľových obnôžkach z olejnatých druhov rastlín (Manning, 2001).

1.7 Sacharidy

Podľa systematického prehľadu viac ako 100 štúdií, ktorý vypracovali Thakur a Nanda (2020), má včelí peľ obsah glukózy v priemere 13,41 g/100g (2,77 – 28,49 g/100g), fruktózy v priemere 15,36 g/100g (4,9 – 33,48 g/100g) a obsah sacharózy v priemere 4,25 g na 100 g (0,05 – 9,02 g/100g).

Sacharidy sú významnou zložkou včelieho obnôžkového peľu a ich obsah môže dosahovať 35 – 61 % sušiny (Human a Nicolson, 2006). V celkovom obsahu sacharidov má najväčšie zastúpenie sacharóza, glukóza a fruktóza (Qian et al., 2008). Peľ vykazuje aj vysoký obsah manitolu. V obnôžkovom peľi sú zastúpené aj polysacharidy, napr. pektíny (Human a Nicolson, 2006).

Peľ tiež obsahuje monosacharidy, disacharidy a oligosacharidy. Cukornatosť včelieho peľu sa pohybuje v rozsahu 15 – 50 % a obsah škrobu v peľi môže byť vysoký (až 18 %) (Schmidt a Buchmann, 1992).

Stráviteľné sacharidy sa v peľi vyskytujú v priemere 30,8 %. Redukujúce cukry, najmä fruktóza a glukóza, sú v tomto produkte prítomné asi v 25,7 % (Kędzia a Hołderna-Kędzia, 2005).

Sacharidy sú najviac zastúpenou zložkou suchých včelích peľových obnôžok, ich obsah je 40 – 85 %. Pridanie medu alebo nektáru počas ich formovania včelami obsah sacharidov ešte zvyšuje (Thakur a Nanda, 2020). Sacharidy tvoria hlavne fruktóza a glukóza (Martins et al., 2011) a z disacharidov sacharóza, turanóza, maltóza, trehalóza a erlóza v rôznom obsahu. Včelí peľ obsahuje aj oligosacharidy a polysacharidy, ktoré pomáhajú kontrolovať rôzne biologické funkcie (Li et al., 2018). Sporopollenín je polysacharid nachádzajúci sa v exine, vonkajšej vrstve peľového zrna, ktorá reguluje niekoľko biologických funkcií, ale neprispieva k nutričnej hodnote peľu (Xu et al., 2012). Gardana et al. (2018) uvádzajú, že obsah sacharidov je vo včelích peľových obnôžkach okolo 40 % v rozsahu od 15 do 24 % fruktózy, 11 – 18 % glukózy a 4 – 9 % sacharózy. Ostatné sacharidy, ako arabinóza, ribóza, izomaltóza a melibióza, tvoria asi 1 % celkových cukrov.

1.8 Vitamíny

Mnohé prezentované štúdie potvrdili, že včelie peľové obnôžky obsahujú aj všetky vitamíny rozpustné v tukoch (A, D, E a K), vitamíny rozpustné vo vode (C a B komplex) ako aj vitamín P (Tomás et al., 2017). Vitamín E je považovaný za antioxidant, ktorý má mnoho biologických aktivít, a to hlavne neuroprotektívne, protirakovinové, posilňujúce imunitu, protizápalové a mnohé ďalšie (Gey, 1998). Vitamín E sa môže syntetizovať vo viacerých formách označovaných ako tokoferoly a tokotrienoly. Rizvi et al. (2014) stanovili vo včelích peľových obnôžkach z oblasti Brazílie obsah α -tokoferolov (5 – 73 $\mu\text{g/g}$), β -tokoferolov (1 – 10 $\mu\text{g/g}$), γ -tokoferolov (2 – 12 $\mu\text{g/g}$) a δ -tokoferolov (1 – 84 $\mu\text{g/g}$). Obsah vitamínu C stanovili vo včelích peľových obnôžkach z rôznych druhov rastlín v rozsahu 14 – 797 $\mu\text{g/g}$ (Melo a Almeida-Muradian, 2010).

S výnimkou lipofilných vitamínov predstihuje peľ takmer vo všetkých významných nutričných parametroch všetky bežné potraviny (Přidal, 2005b). V propagácii včelích peľových obnôžok sa často deklaruje, že peľ je kompletnou potravinou, ale ide o nepresnú informáciu, keďže peľ napríklad vôbec neobsahuje niektoré vitamíny (Přidal, 2005a). Obsah vitamínov v odporúčanej dávke 30 g peľu len čiastočne pokryje dennú potrebu pre človeka (Dobrovoda, 1986).

Včelie peľové obnôžky sú významným zdrojom vitamínov rozpustných v tukoch (0,1 %), ako je provitamín A a vitamíny E a D, a vo vode rozpustných (0,6 %), ako sú vitamín B1, B2, B6 a C, obsahuje kyselinu pantoténovú, nikotínovú a listovú, biotín, rutín a inozitol. Ich celkový obsah môže dosahovať aj hodnotu 0,7 % (Komosinska-Vashev et al., 2015).

1.9 Minerálne látky

Podľa systematického prehľadu viac ako 100 štúdií obsahuje včelí peľ v priemere 4951,61 mg/kg (3,06 – 13366,60 mg/kg) draslíka, 4157,86 mg/kg (234,40 – 9587,00 mg/kg) fosforu, 1751,22 mg/kg (1,09 – 5752,19 mg/kg) vápnika, 1246,99 mg/kg (44,00 – 4680,53 mg/kg), 014 mg/kg) 105,80 mg/kg) zinku, 197,41 mg/kg (2,60 – 1180,00 mg/kg) železa (Thakur a Nanda, 2020).

Komosinska-Vassev et al. (2015) prezentujú vo svojom prehľade obsah biogénnych prvkov 1,6 % vrátane makroelementov (vápnik, fosfor, horčík, sodík a draslík) a 0,02 % mikroelementov (železo, meď, zinok, mangán, kremík a selén).

Minerálny profil možno použiť ako biomarker botanického a geografického pôvodu včelieho peľu, čo je v súčasnosti pomerne dôležitá otázka z hľadiska boja proti podvodom vo včelárskom priemysle z dôvodu falšovania peľom nedeklarovaného pôvodu (Wang et al., 2021, 2022). Okrem toho je monitorovanie prítomnosti určitých minoritných prvkov dôležité pre hodnotenie znečistenia životného prostredia (Álvarez-Ayuso a Abad-Valle, 2017; Huseyin a Ali, 2022), ako aj kvality a bezpečnosti tohto včelieho produktu.

1.10 Biologicky aktívne zlúčeniny

Na základe chemických analýz bolo v rastlinách identifikovaných a klasifikovaných doteraz viac ako 8000 fenolových zlúčenín, ktoré môžu byť obsiahnuté aj v peľových zrnách a tým aj vo včelích peľových obnôžkach. Okrem toho sa môžu nachádzať v rôznych štruktúrach, od nízkomolekulárnych po komplexné vysokomolekulárne fenolové deriváty. Fenolové zlúčeniny sa delia na dve hlavné skupiny: flavonoidy a fenolové kyseliny. V rastlinách sú najviac obsiahnuté flavonoidy (Tsao, 2010). Na flavonoidy sú vo všeobecnosti viazané sacharidy, ako je glukóza, ramnóza alebo arabinóza, prípadne z organických kyselín kyselina glukurónová (Stahl et al., 2002).

Z rozsiahleho prehľadu, ktorý spracovali Aylanc et al. (2021), vyplýva, že v etanolových extraktoch rôznych druhov rastlín stanovili rôzni autori celkový obsah fenolov (TPC) v Brazílii v rozsahu 6,7 – 29,2 mg GAE/g, Taliansku 13,53 – 24,75 mg GAE/g, Poľsku 13,24 – 27,03 mg GAE/g, Turecku 26,69 – 43,42 mg GAE/g, Grécku 15,20 – 60,20 mg GAE/g a Malajzii 33,46 – 135,93 mg GAE/g. Celkový obsah flavonoidov (TFC) bol v oblasti Brazílie 0,9 – 17,5 mg QE/g, Poľska 11,22 – 77,88 mg QE/g, Turecka 2,62 – 4,44 mg QE/g, Grécka 6,00 – 57,60 mg QE/g a Malajzie 2,88 – 26,57 mg QE/g. Z obsahu karotenoidov bol α -karotén v rozsahu 3,3 – 324,7 μ g/g, β -karotén 0,5 – 112,7 μ g/g, γ -karotén 53,81 – 128,7 mg/g, ξ -karotén 44,95 – 115,81 mg/g, lycopén 38,44 – 121,5 mg/g, zeaxantín 48,79 – 312,43 mg/g, luteín 44,52 – 476,30 μ g/g, violaxanthin 48,32 – 105,99 mg/g a iné karotenoidy.

Asafova et al. (2001) uvádzajú vo včelích peľových obnôžkach obsah fenolov 1,6 %. Do tejto skupiny patria flavonoidy, leukotrieny, katechíny a fenolové kyseliny. Z flavonoidov vyskytujúcich sa v peľi v 1,4 % sú to najmä kempferol, kvercetín a izoramnetín, v skupine fenolových kyselín 0,2 % je to najmä kyselina chlorogenová.

Včelie peľové obnôžky sa vyznačujú aj pomerne výrazným obsahom triterpénových väzieb. Z danej skupiny najčastejšie obsahujú kyselinu oleanolovú, kyselinu 3-ursolovú a betulínalkohol (Kędzia a Hołderna-Kędzia, 2005).

1.11 Prírodné farbivá

Včelie peľové obnôžky sa významne líšia podľa chemického a botanického zloženia, preto je potrebné ich identifikovať a triediť. Príbuzné druhy kvetových peľov sú zvyčajne veľmi podobné, a preto môže byť v niektorých prípadoch zložitá ich identifikácia len na základe morfológie. K tomu môže byť veľmi nápomocné porovnanie ich farby. Peľové

zrná, ktoré obsahujú farbivá s obsahom tukov, sa výrazne líšia svojou farbou. Rozmanitosť zafarbenia zŕn včelích peľových obnôžok závisí od zdrojových peľových zŕn. Odtieň peľu je závislý od botanického pôvodu, stupňa zrelosti a chemického zloženia. K typickým chromoforom peľu patria flavonoidy a karotenoidy. Oba typy chromoforov sú bežné zložky rastlín a majú biologický význam. Vplývajú najmä na antioxidačnú aktivitu (Almaraz-Abarca et al., 2007; Leja et al., 2007). Flavonoidy navyše prispievajú k imunitě rastlín, keďže sú toxické pre mnohé baktérie. Karotenoidy majú červeno-žlté, oranžové až červené zafarbenie. Farba flavonoidov je veľmi rozmanitá a závisí od ich štruktúry. Výskyt a pomer jednotlivých farbív vo včelom peľi sa stanovuje pomocou separačných metód, najmä použitím vysokoúčinnnej kvapalinovej chromatografie (Di Paola-Naranjo et al., 2004). Hodnoty obsahu farbív boli použité ako markery určitých druhov rastlín a na charakteristiku biologického účinku a kvality peľu (Tomás-Lorente et al., 1992; Campos et al., 1997; Serra Bonvehí et al., 2001).

Peľové zrná jednotlivých druhov rastlín si zachovávajú svoju špecifickú farbu, a to od svetlých až po tmavé odtiene, podľa ktorých ich možno aj identifikovať (Kieliszek et al., 2018). Farba peľových zŕn a tým aj včelích peľových obnôžok, je ovplyvnená aj prítomnosťou pigmentov, ako sú flavonoidy (hlavne kvercetín a kempferol) a karotenoidy, ako je luteín a betakarotén (Gardana et al., 2018). Okrem toho zmeny farby a zloženia peľu môžu závisieť od podmienok spracovania a skladovania.

1.12 Prchavé zlúčeniny včelieho peľu

Vo výskume včelieho peľu sa ešte stále venuje málo pozornosti štúdiu aromatických komponentov. Výsledky analýz potvrdili vo včelích peľových obnôžkach 42 rôznych prchavých zlúčenín, a to najmä kyselinu metylbutanovú, limonen, styrén, dodekan, nonan, tridekan a ďalšie (Kaškonienė et al., 2015a; Kaškonienė et al., 2015b). Starowicz (2021) a Karabagias et al. (2021) vo svojich štúdiách potvrdili prítomnosť aldehydov, terpenoidov a čiastočne aj furfuralu. Uvedené a ďalšie doteraz nepotvrdené prchavé zlúčeniny sa nachádzajú hlavne v kvetoch za účelom lákania opeľovačov v období kvitnutia (Klatt et al., 2013).

1.13 Výživová hodnota a stravitel'nosť včelích peľových obnôžok

Súčasná spotrebiteľská verejnosť, ktorá si uvedomuje význam zdravia, hľadá a uprednostňuje konzumáciu produktov s pridanou hodnotou, ktoré umožňujú nahradiť konvenčné potravinové zdroje zložkou s vysokou nutričnou hodnotou. Ľudská strava by mala poskytovať energiu a nevyhnutné základné živiny potrebné pre fyzický a duševný vývoj a zdravie v množstvách a kvalite, ktoré spĺňajú požadované normy (Kieliszek et al., 2018).

Včelie peľové obnôžky ako prírodné zdroje vďaka svojmu vynikajúcemu nutričnému profilu spĺňajú mnohé súčasné požiadavky ako prírodný doplnok k ľudskej strave s poskytnutím významného denného príjmu živín a energie.

Denný príjem 40 g (Campos et al., 2010) alebo 50 g včelieho peľu poskytuje všetky dôležité vitamíny (okrem pyridoxínu a kyseliny pantoténovej) a minerálne látky (okrem

vápnika), ktoré postačujú na pokrytie viac ako 50 % odporúčanej dennej dávky. Príjem včelích peľových obnôžok je možné zvýšiť ich pridaním do bežných potravín, ako je chlieb, rôzne sušienky, pečivo a šaláty, primiešaním do mlieka, jogurtov, ovocných štiav a iných nápojov, do cukrárenských a iných potravinových výrobkov (Kaur, 2011; Čukelj et al., 2017; Kaur et al., 2018).

Niektoré štúdie dokonca uvádzajú, že príjem včelieho peľu stačí na prežitie človeka (Nogueira et al., 2012). Všeobecne je tiež známe, že živiny pochádzajúce z peľových zŕn, sú trávené a asimilované ľudským a živočíšnym organizmom lepším spôsobom so súčasným fytoterapeutickým účinkom, ktorý zlepšuje imunitný systém proti patogénom.

Vo viacerých krajinách boli realizované rozsiahle výskumy týkajúce sa palynológie (vedy zaoberajúcej sa výskumom peľových zŕn a spór), chemického zloženia a spoznania vlastností včelích peľových obnôžok v rôznych krajinách, ktoré ustanovili kvalitatívne usmernenia pre ich použitie ako cennej prírodnej potraviny v Číne (Yang et al., 2013), Švajčiarsku (Lebensmittelverordnung, 2005), Argentíne (Alimentos azucarados, 2010), Brazílii (Instrução normativa, 2001), Poľsku a Bulharsku (Campos et al., 2008).

Výskumné práce uvádzajú podstatné rozdiely v chemickom zložení včelieho peľu z rôznych regiónov a krajín, čím sa uplatňujú aj geografické faktory (Thakur a Nanda, 2018a).

V súčasnosti neexistuje žiadny európsky štandardný dokument pre včelie produkty. Technický výbor pre potravinárske výrobky Medzinárodnej organizácie pre normalizáciu zriadil podvýbor pre včelárske výrobky (ISO/TC34/SC19), ktorý začal štandardizáciu včelích produktov a tým aj včelích peľových obnôžok. Vzhľadom na nedostatok predpisov sa môžu včelie peľové obnôžky rôzneho pôvodu vyznačovať heterogénnymi výživovými vlastnosťami, ale aj rizikami pre bezpečnosť potravín.

Podľa medzinárodných publikácií sú najdôležitejšími rizikami bezpečnosti potravín, spojenými s peľom včiel, pesticídy, toxické kovy a polokovy, mykotoxíny, pyrolizidínové alkaloidy, alergénové proteíny a peľové zrná geneticky modifikovaných rastlín (Campos et al., 2008; Thakur a Nanda, 2020).

Súčasne nazbierané peľové obnôžky v bunkách voskových plástov konzervujú včely svojou geniálnou technológiou a to ich fermentáciou, výsledkom čoho je tzv. včelí chlieb, tiež označovaný ako perga. Konzervovaný peľ uvedenou technológiou získava ešte vyššiu nutričnú hodnotu, ktorú využívajú včelstvá počas zimného obdobia až do zberu nových a čerstvých peľových zŕn v jarnom období (Herbert a Shimanuki, 1978).

Peľové zrná sú obalené silnou vonkajšou stenou nazývanou exina a vnútornou stenou nazývanou intina. Obe vrstvy majú ochranný účel pre uchovávaný obsah v peľových zrnách. Exina pozostáva z chemicky inertného biopolyméru, ktorý sa označuje ako sporopollenín, ktorý má pružnú a pevnú štruktúru, zatiaľ čo vnútorná vrstva pozostáva z celulózy a pektínu a je to viac citlivá štruktúra v porovnaní s vrstvou exiny (Zuluaga et al., 2015). Táto viacvrstvová štruktúra zabezpečuje odolnosť peľových zŕn voči baktériám a zároveň chráni uložený obsah v peľových zrnách proti environmentálnym faktorom, ako je teplota, zmeny pH alebo ultrafialové žiarenie (Zuluaga-Domínguez et al., 2019). Táto ochrana je skutočne veľmi účinná aj v tráviacej sústave človeka. Neprítomnosť

špecifických enzýmov v ľudskej gastrointestinálnej sústave, na trávenie viacerých vrstiev obklopujúcich peľové zrná znižuje účinnosť využiteľnosti cenných biochemických zlúčenín v peľových zrnách (Benavides-Guevara et al., 2017).

Peľové zrná stenšími vrstvami je možné narušiť pre lepšiu využiteľnosť fermentačnými baktériami (Benavides-Guevara et al., 2017; Di Cagno et al., 2019). Viaceré štúdie dokumentujú, že fermentácia je účinná forma na rozrušenie vrstiev peľových zrn pre získanie veľmi cenného cytoplazmatického obsahu z peľových zrn, ale tento mechanizmus nie je úplne preskúmaný. Zhang et al. (2017) použili na fermentáciu mikroorganizmy *Ganoderma lucidum* a *Saccharomyces cerevisiae*, aby sa prerušili vrstvy na peľových zrnách vo forme použitia včelích peľových obnôžok. V experimentoch vykázali výťažok asi 85 % využitia cytoplazmatického obsahu peľových zrn po aplikácii mikroorganizmu *G. lucidum* a 88 % pre *S. cerevisiae*.

Aylanc et al. (2021) v analytickej štúdií hodnotili antibakteriálne, protiplesňové a antioxidačné aktivity aplikovaných včelích peľových obnôžok pred a po ich fermentácii baktériami *Lactococcus lactis* a *Lactobacillus rhamnosus*. Experimentom potvrdili, že po fermentačnom procese stanovili zvýšenie celkového obsahu fenolov ako aj zvýšenie antioxidačnej, antibakteriálnej a antifungálnej aktivity.

Okrem toho boli navrhnuté aj rôzne iné metódy pre zvýšenie stráviteľnosti včelích peľových obnôžok a to mechanickým narušením peľovej vrstvy, tepelnými otrasmi, prienikom s tráviacimi enzýmami alebo rozpadom peľovej vrstvy osmotickým šokom (T'ai a Cane, 2000). Narušenie vrstiev peľových zrn môže zvýšiť stráviteľnosť použitých včelích peľových obnôžok, ale neodporúča sa používať extrémne silné tepelné šoky alebo chemické činidlá, ktoré môžu negatívne ovplyvniť cenné biologicky aktívne komponenty v peľových zrnách. Okrem toho takto narušené vrstvy peľových zrn budú viac citlivé na škodlivé faktory prostredia, mikrobiálne kontaminácie, ktoré môžu obmedziť dobu skladovania produktu.

1.14 Včelie peľové obnôžky ako funkčné potraviny

Na základe nahromadenia rozsiahlych poznatkov a výsledkov z výskumných štúdií včelieho obnôžkového peľu sa v ostatných rokoch začala rozvíjať nová oblasť výskumu, a to použiteľnosť produktu ako funkčnej zložky potravín vďaka jeho živinám a fytochemikáliám (Kostić et al., 2020). Na tento účel je mimoriadne dôležité dôkladne preskúmať aspekty bezpečnosti potravín a stanoviť medzinárodnú normu. Aby sa zabezpečila homogenita funkčných potravín, odporúča sa na fortifikáciu použiť jednodruhové včelie peľové obnôžky. To si vyžaduje výskum optimálnych environmentálnych podmienok produkcie peľu a tiež ekonomické a ekologické aspekty zberu včelích peľových obnôžok.

Počet vedeckých výskumov na tému rizík bezpečnosti potravín, súvisiacich s využívaním včelích peľových obnôžok, sa v posledných dvoch desaťročiach neustále zvyšuje, ale informácie sú v niektorých oblastiach aj napriek tomu nedostatočné. V Európe sa vykonáva veľa štúdií, ale z iných kontinentov je k dispozícii len málo údajov. Na základe našich zistení je potrebný ďalší výskum alternatív pesticídov, ktorých rezíduá sú už bežné aj vo včelích peľových obnôžkach a to častokrát v nadlimitnom obsahu. V

súčasnosti údaje z literatúry nie sú dostatočné ani na vyvodenie d'alekosiahlych záverov o kontaminácii peľu mykotoxínmi, obsahu ťažkých kovov, metaloidov, pyrolizidínových alkaloidov a iných nežiaducich komponentov.

1.15 Terapeutické účinky

Na základe mnohých tradičných poznatkov, ako aj modernej medicíny a farmaceutiky, sa včelie peľové obnôžky stali významnou súčasťou alternatívnej medicíny, ktorá už mnoho rokov uznáva ich významný potenciál pre ich významné funkčné vlastnosti (Denisow a Denisow-Pietrzyk, 2016).

Včelie peľové obnôžky z čínskej repky sa používajú v Číne oficiálne ako posilňovač imunity organizmu proti rakovinovým ochoreniam (Omar et al., 2016). Denné podávanie 40 g včelích peľových obnôžok pacientom so srdcovými ochoreniami spôsobuje znižovanie ich hladiny cholesterolu, reguluje viskozitu krvi, fibrinogén a fibrín (Campos et al., 2010). Konzumácia včelieho obnôžkového peľu znižuje obsah lipidov v krvi, čo pravdepodobne súvisí s hladinou hormónov, ako je inzulín, testosterón a tyroxín (Komosinska-Vassev et al., 2015).

Včelí peľ je hlavným zdrojom bielkovín včiel a vyniká svojou koncentráciou enzýmov, aminokyselín, vitamínov, minerálnych látok, polyfenolov a karotenoidov (Ares et al., 2018). Rozsiahle štúdie preukázali, že včelie peľové obnôžky majú antioxidačné, protizápalové, antikarcinogénne, antibakteriálne a antimykotické účinky, ktoré spotrebiteľovi prinášajú zdravotné výhody (Pascoal et al., 2014; Denisow a Denisow-Pietrzyk, 2016).

Včelie peľové obnôžky podávané spolu s antidepresívami umožňuje zníženie dávky lieku a zlepšenie celkového stavu depresívnych ľudí v krátkom čase. To môže pomôcť znížiť počet prípadov drogovej závislosti zahŕňajúcich antidepresíva a pomôcť znížiť výskyt vedľajších účinkov (Komosińska-Vassev et al., 2015).

Zo včelích peľových obnôžok boli izolované estrogénne a gonadotropné hormonálne stimulačné extrakty, ktoré prejavili stimulačný účinok na mužské aj ženské pohlavné orgány, a to zlepšením sexuálnych funkcií u mužov a zvýšenej plodnosti u žien (Soliman a Soliman, 1957; Mehraban, 2014).

Početné a dobre zdokumentované štúdie na zvieratách preukázali silný detoxikačný účinok včelích peľových obnôžok. Potkany boli otrávené organickými rozpúšťadlami, ako je chlorid uhličitý a trichlóretylén, ako aj etionín a fluorid amónny. Po aplikácii včelích peľových obnôžok sa znížila hladina týchto látok v krvnom sére testovaných zvierat, čo poskytuje silný dôkaz o terapeutických vlastnostiach peľových produktov na ochranu pečene. Pri spoločnej konzumácii včelích peľových obnôžok s toxickými látkami chráni pečene bunky pred ich škodlivým účinkom, čo naznačuje, že peľové produkty majú schopnosť tmiť toxikáciu. V procese detoxikácie zohrávajú významnú úlohu polyfenoly, najmä flavonoidy a fenolové kyseliny (Komosińska-Vassev et al., 2015).

Okrem toho výskum preukázal, že včelí peľ má antialergickú aktivitu, pretože inhibuje uvoľňovanie histamínu, ktorý je príčinou alergických reakcií (Ishikawa, 2008).

Mnohými výskumnými štúdiami bolo potvrdené, že sekundárne metabolity včelích peľových obnôžok peľu majú antibakteriálne, antioxidantné, antiaterosklerotické, protirakovinové, antialergénne, antifungicídne, chemopreventívne, hepatoprotektívne, imunomodulačné a iné priaznivé účinky (Denisow a Denisow-Pietrzyk, 2016).

Výživové vlastnosti peľu majú okrem iného potenciál na využitie v prípadoch nechutenstva detí, oneskoreného vývoja a podvýživy detí a dospelých. Okrem toho sa včelí peľ odporúča pacientom v období rekonvalescencie, po operáciách a pre ťažko fyzicky a duševne pracujúcich (Tikhonov et al., 2006; Attia et al., 2011).

Po aplikácii včelích peľových obnôžok sa experimentálne potvrdili ich účinky pri metabolických poruchách, ako je *diabetes mellitus*, obezita, hyperlipidémia, dyslipidémia a súvisiace kardiovaskulárne komplikácie (Khalifa, 2021).

Zistilo sa, že včelie peľové obnôžky majú rôzne stupne antimitagénnych schopností pri rôznych typoch rakoviny (Furusawa et al., 1995; Bogdanov a Münstedt, 2009). Ich antioxidantné vlastnosti, ktoré zahŕňajú inhibíciu tvorby foriem reagujúcich s kyslíkom (ROS) a elimináciu alebo inaktiváciu foriem reaktívnych s kyslíkom, môžu byť zdrojom antikarcinogénnych účinkov (Szczêsna, 2006b; Pascoal et al., 2014). Okrem toho sa v mnohých štúdiách ukázalo, že včelie peľové obnôžky indukujú apoptózu (Wu a Lou, 2007). V dôsledku zabránenia rastu buniek sa včelie peľové obnôžky môžu považovať za cytotoxické v rámci účinkov na bunky (Pascoal et al., 2014; Denisow a Denisow-Pietrzyk, 2016).

Schopnosť extraktu zo včelích peľových obnôžok inhibovať rast buniek PC-3 demonštrovali Wu a Lou (2007). Potvrdili, že peľový extrakt *Brassica napus* L. v chloroforme, etylacetáte a etanole bol pre bunky stredne toxický.

Podľa Sirotkina et al. (2020) môžu mať včelie peľové obnôžky antiapoptické účinky. Včelí peľ môže stimulovať apoptické dráhy v rakovinových bunkách, čo vedie k zvýšeniu bunkovej smrti v bunkách rakoviny vaječníkov. Včelie peľové obnôžky a propolis z Turecka samostatne indukujú aktiváciu kaspázy-3 a apoptózu v HL-60 myeloidných rakovinových bunkových líniiach. Uçar et al. (2016) uvádzajú, že včelie produkty môžu byť užitočné pri liečbe rakoviny. Demonštrácia Western blot tiež odhalila časovo závislý pokles expresie antiapoptického proteínu Bcl-2 v prítomnosti izolovaného extraktu zo včelích peľových obnôžok (Wu a Lou, 2007).

Významný obsah flavonoidov a fenolových kyselín a ich etanolové extrakty sú účinné proti grampozitívnym a gramnegatívnym baktériám, ako je *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* a *Pseudomonas aeruginosa*, ako aj hubám ako napr. *Candida albicans*. Použitie včelieho peľu a propolisu spomaľuje rast a reprodukciu baktérií a mikroorganizmov (Li et al., 2016).

Mi (2020) uvádza, že včelí peľ je silnejší antibakteriálny prostriedok, ktorý možno použiť na obmedzenie rastu a rozmnožovania nebezpečných baktérií, ako je *Helicobacter pylori*. Včelie peľové obnôžky obsahujú antibakteriálne a antioxidantné zložky, ako sú flavóny a polysacharidy. Flavónová zložka môže tiež potláčať aktivitu COX-2 v tkanivách d'asien, čo z neho robí vynikajúce protizápalové činidlo (Song et al., 2021).

Včelie peľové obnôžky sa v mnohých krajinách účelne využívajú ako prísady do zubnej pasty kvôli ich schopnosti potláčať choroboplodné zárodky a tiež schopnosť znižovať zápal úst, zubov a ďasien, čím predchádzajú a liečia zápal ústnej dutiny a zvyšuje sa orálna imunita (Cao, 2015).

1.16 Účinnosť včelích produktov na liečbu ochorení COVID 19

Pandémia spôsobená koronavírusom 2 všeobecne označovaná COVID-19 (Coronavirus Disease 2019) pretrváva vo všetkých krajinách sveta od novembra 2019 s rôznymi variantmi oficiálne označovaná SARS-CoV-2. Od roku 2019 sa pandémia prejavila v aktívnom stave v 223 krajinách. Svetová zdravotnícka organizácia (WHO, 2021a) zaregistrovala už viac ako 150 miliónov chorých a viac ako 3 104 743 úmrtí na chorobu. Symptómy akútneho respiračného syndrómu (SARS-CoV-2) sa môžu prejavíť rôznymi príznakmi, ako je horúčka, bolesť hlavy, vyčerpanie, spútum, hypogeuzia, bolestivé hrdlo, dýchavičnosť, kašeľ, hnačka, anorexia, závraty, rinorea, upchatý nos, hyposmia, myalgia (Kim et al., 2020).

Od začiatku pandémie sa v mnohých významných výskumných inštitúciách zabezpečujú rozsiahle výskumy pre získanie účinných vakcín a liekov na COVID-19. Vakcinácia obyvateľov nie je tak účinná, ako sa očakáva z rôznych dôvodov a je prejavom mnohých zdravotných následkov a komplikácií. Pre zníženie úmrtnosti, profylaktickú a adjuvantnú liečbu a zlepšovanie imunitného systému obyvateľov testovali výskumné kolektívy v mnohých svetových laboratóriách okrem iného aj včelie produkty, ktoré ako už bolo uvedené v predchádzajúcich častiach publikácie, obsahujú rôzne bioaktívne komponenty, ako sú polyfenolové kyseliny, flavonoidy, vitamíny, komplex minerálnych látok a iné účinné prírodné zlúčeniny s významným terapeutickým účinkom (Ismail et al., 2022).

Okrem toho sú výhody týchto prírodných včelích produktov vytvorených včelami z nektáru a peľových zŕn pre imunitný systém pozoruhodné a mnohé z nich sa podieľajú na indukcii a produkcii protilátok, dozrievaní imunitných buniek a stimulácii vrodených a adaptívnych imunitných odpovedí (Babaei, 2016).

Singh et al. (2020) demonštrovali vo výskume účinkov polyfenolov zo včelích produktov, že hesperidín má vyššiu väzbovú aktivitu na RdRp SARS-CoV-2 ako remdesivir – prvý antivírusový preparát schválený na liečbu COVID-19, najprv v USA v roku 2020 a neskôr v Európe. Mnohé polyfenoly, ako je myricetín, epigalokatechín galát, theaflavín, kvercetagetín sa silne viažu na aktívne miesto RdRp a iné polyfenoly, ako je kvercetín, kurkumín, kaempferol, epikatechín, sa môžu viazať na RdRp s nižšou väzbovou energiou ako remdesivir. Autori dospeli k záveru, že niektoré prírodné polyfenoly sa môžu použiť ako inhibítory RdRp SARS-CoV-2.

Zatiaľ je k dispozícii len veľmi málo poznatkov o úlohe peľu pri infekcii COVID-19. Včelie peľové obnôžky a z nich vytvorená perga vykazovali sľubnú aktivitu na liečbu proti koronavírusu (Zarei et al., 2022), pretože niektoré fenolové zlúčeniny, konkrétne flavonoidy a neflavonoidy, majú inhibičné vlastnosti. Napríklad kvercetín, forma fenolickej fytochemikálie, ktorá sa nachádza v peľi, inhibuje vstup SARS-CoV do buniek Vero E6 *in vitro* (Yi et al., 2004), zatiaľ čo kaempferol a jeho glykozid môžu inhibovať

proteín 3a kanála vírusu (Lima et al., 2021). Pretože sa však vírus šíri rozptýlením bioaerosólov, peľ môže byť tiež nosičom vírusu a následne zvýšiť riziko infekcie. K dnešnému dňu tento vzťah skúmalo niekoľko štúdií, ale zistenia boli aj protichodné, pričom niektoré dokumentovali zvýšené riziko infekcie COVID-19, zatiaľ čo iné potvrdzovali ochrannú funkciu.

Güler et al. (2021) testovali účinné látky včelieho peľu získaného z druhov *Cistus* L. (*Cistaceae*). Zistili, že zlúčeniny fenetylésteru kyseliny kávovej, pinocembrín a chryzín účinne inhibujú komplex SARS-CoV-2 vrcholový glykoproteín-ludský ACE-2. V dôsledku toho vysoký priaznivý účinok flavonoidov v extraktoch včelieho peľu *Cistus* na interakciu s komplexom CoV-2 Spike RBD/ACE-2 naznačuje, že táto prírodná látka má veľký prínos pri liečbe COVID-19.

Peľ, ktorý je formou bioaerosólu, môže slúžiť tiež aj ako nosič pre baktérie aj vírusy (Dbouk a Drikakis 2021) a/alebo znižovať vrodené imunitné reakcie, čím sa zvyšuje náchylnosť na infekcie (Gilles, 2020).

Výskumné štúdie orientujúce sa na danú problematiku dokumentujú, že stále existujú obmedzené dôkazy o vzťahu medzi peľom a rizikom infekcie COVID-19. Je ťažké určiť kauzálny vzťah, pretože chýbajú dlhodobšie štúdie z viacerých pracovísk a krajín skúmajúce tieto asociácie, pričom takmer všetky existujúce štúdie sú prierezové alebo experimentálne. Hlavným limitujúcim faktorom tohto výskumu je nemožnosť určiť, či peľ prispel k náchylnosti na infekciu alebo len k prejavom symptómov, pokiaľ sa neskúmajú celé populácie, vrátane ľudí bez symptómov (Indrose et al., 2023).

1.17 Využitie v potravinárstve

Produkty včelieho peľu boli vyvinuté ako granule, pilulky, tyčinky, orálne tekutiny a ľudské toniká (Bogdanov, 2012). Prírodná antioxidantná kapacita včelieho peľu sa zvyšuje konzerváciou potravín prostredníctvom prevencie oxidácie lipidov (de Almeida et al., 2017). Včelí peľ je uznávaný ako liečivá komodita v Nemecku (Linskens, 1964). Použitie včelieho peľu v jogurte zvyšuje trvanlivosť a zlepšuje jeho vzhľad, chuť, vôňu a súdržnosť (Karabagias et al., 2018).

Včelie peľové obnôžky sa úspešne využívajú aj pri príprave fermentovaných potravín vrátane nápojov, vín, jogurtov, syrov a pergy (včelieho chleba spracovaného bez účasti včiel). Dodanie včelích peľových obnôžok do produktov obohacuje rozmanitosť fermentovaných potravinárskych produktov a dodáva jedinečné chute, arómy a špecifické funkčné vlastnosti. Zatiaľ čo fermentované peľové produkty neboli extenzívne študované ako nové potraviny, dostupné dôkazy naznačujú, že majú vysoké nutričné a bioaktívne hodnoty spolu s požadovanými sensorickými vlastnosťami. Tieto zistenia podčiarkujú fermentačný potenciál peľu pre vývoj inovatívnych a nových potravinárskych produktov (Di Cagno et al., 2019).

Krystyan et al. (2015) uvádzajú, že včelie peľové obnôžky možno použiť ako zdroj na zvýšenie výživnej hodnoty mnohých potravín, hlavne cestovín, sušienok, šalátov a to z dôvodu zlepšovania ich fyzikálno-chemických vlastností. Mnohí autori s týmto zdôvodňovaním nesúhlasia. Sokmen et al. (2022) poukazujú na to, že mnohé potravinové výrobky po pridaní včelích peľových obnôžok pôsobia opačným účinkom, t.j. znižujú

obsah bioaktívnych zlúčenín v dôsledku vonkajšej vrstvy (exiny) peľu, ktorá pôsobí ako ochranná bariéra, ktorá zachováva bioaktívne zlúčeniny vo vnútri peľových zŕn, a preto ich neuvolňuje do prostredia Ares et al. (2018).

1.18 Využitie v kozmetike

V staroveku v Číne sa včelí peľ používal na bielenie a krásu pokožky. Okolo 70 % látok vo včelích peľových obnôžkach sú biologicky aktívne, ako sú bielkoviny, sacharidy, lipidy a mastné kyseliny, fenolové zlúčeniny, vitamíny a bioprvky. Ako prírodný včelí produkt môže včelí peľ účinne vylepšiť ochranné mechanizmy proti starnutiu pokožky, suchosti pokožky, ultrafialovému žiareniu B, oxidačnému poškodeniu, ďalej zápalom a melanogenéze, ktoré sa podieľajú na širokom spektre negatívnych účinkov na ľudskú pokožku, preto pritiahli pozornosť pre zdravotné a kozmetické aplikácie. Nedávne štúdie naznačujú, že dopĺňanie medzibunkových lipidov *stratum corneum* môže zlepšiť fungovanie pokožky. V epiderme sú rozhodujúce zložky lipidov včelích peľových obnôžok, ktoré nám umožňujú vytvárať bariéru priepustnosti, ktorá zabraňuje pohybu vody a elektrolytov cez *stratum corneum*, ktorá je nevyhnutná pre život. Lokálna liečba lipidmi môže zlepšiť funkciu bariéry priepustnosti a liečiť kožné ochorenia (Xi et al., 2018).

Neodmysliteľnou súčasťou biokozmetiky sú aj včelie peľové obnôžky. Bielkoviny, aminokyseliny, sacharidy, lipidy, mastné kyseliny, fenolové zlúčeniny, vitamíny, bioelementy a ďalšie metabolity nachádzajúce sa v peľi sa používajú na ochranu pokožky na bielenie, hydratáciu, odstraňovanie voľných radikálov, vykazujú protizápalové účinky a účinky proti starnutiu (Xi et al., 2018).

Včelí peľ má podstatný vplyv na liečbu akné, keď sa užíva vo forme tabliet alebo perorálne vo forme roztoku, kapsúl, jedál alebo nápojov. Obsahuje bielkoviny, minerálne látky, vitamíny, životne dôležité aminokyseliny a mastné kyseliny, ako je kyselina linolová a linolénová (Zhou, 2019).

Včelí peľ pôsobí na trofizmus kožných buniek, redukciu vrások, ako aj pehovou terapiu (Zhou, 2009).

Výťažok z včelieho peľu *Ganoderma* udržuje vlhkosť a hladkosť pokožky, zlepšuje napätie pokožky (Zhou, 2009) a udržiava mladosť pokožky (Cheng a Cheng, 2014).

Sacharidy včelích peľových obnôžok sa používajú hlavne ako zahusťovadlá, stabilizátory emulzií, ochranné koloidy, gél zvlhčujúce a chelatačné činidlá. Majú antioxidantné, anticelulitídne, antivírusové, protizápalové vlastnosti a účinky proti starnutiu. Môžu sa aplikovať na prevenciu starnutia pokožky a kožné poruchy (Xi et al., 2018). Okrem toho by sa včelí peľ mohol použiť v kozmetickej oblasti, kde by chránil bunky pred abnormálnou melanogenézou pri kožných poruchách a eliminoval starecké škvrny, pehy, melazmu a malígnu melanóm (Sun et al., 2017).

1.19 Využitie v kŕmení hospodárskych zvierat

Haefeker (2021) vo svojom prehľade prezentuje výsledky z aplikácie včelích peľových obnôžok vo forme doplnkov do kŕmnych zmesí pre kŕmenie králikov, kurčiat,

oviec, teliat, priadky morušovej, rýb a iných živočíchov. Najväčší objem včelích peľových obnôžok sa využíva pri chove, rozmnožovaní a hlavne transporte čmeliakov pre zabezpečenie výživy ako významných opel'ovačov pripravovaných pre opel'ovanie rastlín v skleníkových podmienkach (rajčiak jedlý, paprika ročná) ako aj pre opel'ovanie rastlín pestovaných v sadoch (ovocné stromy) a na poliach (kapusta repková pravá a ďalšie).

1.20 Alergické reakcie

V literatúre sa uvádza anafylaxia spojená s konzumáciou včelích peľových obnôžok, ale mnohí konzumenti si toto potenciálne nebezpečenstvo stále neuvedomujú.

Včelie peľové obnôžky získané včelami z peľových zŕn z rastlinných druhov patria medzi významné včelie produkty, ktoré využívajú mnohí obyvatelia alebo pacienti (Jagdis a Sussman, 2012). Svojím chemickým zložením sú mimoriadne cenené ako doplnky výživy na zlepšenie zdravia pre svoje imunostimulačné, protizápalové a antimikrobiálne účinky (Komosinska-Vassev, 2015).

V mnohých krajinách sú včelie peľové obnôžky voľne predajné a dostupné bez povinnej kontroly ako prírodný doplnok výživy. Je však potrebné apelovať na verejnosť, že konzumácia včelích peľových obnôžok v čerstvom alebo aj v sušenom stave môže spôsobiť niektorým jednotlivcom alergické reakcie. Kožné testy, testujúce reaktivitu na peľ vo vzduchu, korelujú v niektorých prípadoch s reaktivitou na včelie peľové obnôžky. Poskytovatelia zdravotnej starostlivosti by si mali byť vedomí možnosti týchto reakcií a pacienti s alergiou na peľ by mali byť upozornení na možné riziko pri konzumácii týchto produktov zo včelích peľových obnôžok (Pitsios et al., 2006).

Cohen et al. (1979) so svojím kolektívom medzi prvými opísali alergie na včelie peľové obnôžky. Kolektív uviedol akútne systémové alergické reakcie u troch pacientov po príjme včelích peľových obnôžok. Ďalšie testovanie ukázalo, že všetci traja pacienti boli alergickí na ambróziu palinolistú z čeľade *Asteraceae*. Analýza dvoch komerčných produktov včelích peľových obnôžok, ktoré používali pacienti, ukázala, že obidva obsahovali peľ púpavy a ďalších druhov z čeľade *Asteraceae*. Autori sa domnievali, že príčinou alergických reakcií bola skrížená alergénna reaktivita medzi peľmi pochádzajúcimi z čeľade *Asteraceae*.

Čeľad' *Asteraceae* je veľmi rozsiahla a zahŕňa také druhy kvitnúcich rastlín, ako je púpava lekárska, zlatobyl' kanadský alebo obrovský, palina pravá, ambrózia palinolistá, slnečnica ročná a mnohé ďalšie (Weber, 2001). Ambrózia palinolistá a palina pravá sú anemofilné rastliny, a preto sú častou príčinou alergií. Väčšinu druhov rastlín z čeľade *Asteraceae* opel'ujú včely a iní opel'ovači (entomofilné rastliny), a preto nemusia byť vždy príčinou alergií (Weber, 2001).

Anamnézy s peľovou alergiou po konzumácii včelích peľových obnôžok opísali aj iní autori. Geyman (1994) opisuje vo svojich poznatkoch prípad život ohrozujúcej anafylaxie po príjme včelích peľových obnôžok u pacienta bez alergií v anamnéze. Ďalší prípad anafylaxie prezentujú Greenberger a Flais (2001) u pacienta, ktorý predtým podstúpil imunoterapiu s alergénom peľu a prachových roztočov na alergickú rinitídu. Hoci sa symptómy alergickej rinitídy zlepšili, imunoterapia nezabránila pacientovi v

anafylaktickej reakcii (s urtikáriou, dýchavičnosťou a zvieraním hrdla) po prvom príjme včelích peľových obnôžok (Greenberger a Flais, 2001).

Analýza vzoriek včelích peľových obnôžok, použitých v gréckej štúdiu, ukázala prítomnosť peľu z entomofilných druhov z čeľade *Fabaceae*, *Rosaceae*, *Apiaceae* a *Oleaceae* a anemofilných druhov z čeľade rastlín *Oleaceae* a *Poaceae*. V danej situácii je potrebné si uvedomiť, že pri príjme takýchto včelích peľových obnôžok pacientmi v odporúčanej dávke môžu tieto obsahovať aj veľký počet peľu z anemofilných druhov a to v rozsahu aj $0,4 \times 10^6$ až $6,4 \times 10^6$ peľových zrn na gram včelieho peľu (Pitsios et al., 2006).

Shahali (2015) upozorňuje na mylnú predstavu, že včelie peľové obnôžky obsahujú peľové zrná iba z entomofilných rastlín a len jedného druhu, pretože peľ prenášaný vzduchom sa ľahko prilepí na vytvárané alebo aj transportované obnôžky včelami do úľov. Okrem toho včely za určitých podmienok zbierajú peľ aj z anemofilných rastlín. Na začiatku jari je bežné, že včely zbierajú peľ z jaseňov (*Fraxinus* spp.), vrb (*Salix* spp.), dubov (*Quercus* spp.) a iných druhov vo veľkých množstvách. Peľové zaťaženie zozbierané v polovici leta často obsahuje veľké množstvo zrn z kukurice (*Zea mays*) a druhov z čeľade *Chenopodioideae*.

Najčastejšími príznakmi alergií po príjme včelích peľových obnôžok je opuch úst a jazyka, ťažkosti s prehĺtaním, bolesť hrdla, svrbenie, návaly, gastrointestinálne príznaky a celková nevoľnosť. Botanický pôvod peľu, o ktorom sa predpokladá, že vyvoláva reakcie, vykazuje veľkú rozmanitosť, ale vo väčšine prípadov sa spomína púpava lekárska (*Taraxacum officinale*) a iné druhy *Asteraceae* (Végh et al., 2021).

Štúdia Basista et al. (2012) však naznačuje, že alergia na včelí peľ môže byť spojená aj s výskytom proteínov z hmyzích slín. Krížové reakcie sa môžu vyvinúť aj v dôsledku štrukturálnych podobností proteínov v rôznych peľoch. Príkladom toho je peľ brezy (*Betula* spp.), ktorý vykazuje krížovú reakciu s peľom mnohých rastlinných druhov patriacich do rôznych taxonomických skupín, ako sú jablone (*Malus* spp.), zeler (*Apium graveolens*) a sója (*Glycine max*). Peľ paliny obyčajnej (*Artemisia vulgaris*) krížovo reaguje s peľom niekoľkých rastlín, ktoré uprednostňujú včely, ako napr. slnečnica ročná (*Helianthus annuus*), púpava lekárska (*Taraxacum officinale*) a zlatobyl' (*Solidago* spp.). Panalergény, ako je napríklad aj profilín, sú zodpovedné za krížové reakcie medzi rôznymi zdrojmi alergénov (Pitsios et al., 2006). Niektoré vláknité mikroskopické huby (*Aspergillus*, *Clostridium*), ktoré sa bežne vyskytujú vo včelích peľových obnôžkach, môžu tiež pôsobiť špecificky a prispieť komplexne k závažnej alergickej reakcii (Choi et al., 2015). Greenberger a Flais (2001) upozorňujú, že alergická reakcia môže byť vyvolaná aj prítomnosťou húb a iných mikroorganizmov na peľových zrnách alebo následne na vytvorených včelích peľových obnôžkach.

Danej problematike sa venuje veľmi málo pozornosti, čo dokumentuje skutočnosť, že od včelárov, spracovateľov a predajcov komerčných včelích peľových obnôžok sa zákonne vyžaduje uvádzať na ich obaloch informácie o potenciálnej alergénosti daného produktu len v siedmich krajinách sveta a to vo Švajčiarsku, Poľsku, Bulharsku, Brazílii, Číne, Austrálii a Novom Zélande (Yang et al., 2019). Viacerí výskumníci (Pitsios et al.,

2006; Shahali, 2015) ale varujú, že alergie sa nemusia prejavovať vo veľkom rozsahu, ale len sporadicky a je lepšie byť opatrný a predvídavý, ako riešiť už ohrozené zdravie každého jedinca.

1.21 Toxické kovy a polokovy

Viacere výskumy riešili obsah a zmeny v obsahu ťažkých kovov vo včelích peľových obnôžkach v rôznych regiónoch a obdobiach roka. Morgano et al. (2010) skúmali vzorky včelích peľových obnôžok zozbierané z troch rôznych miest Brazílie mesačne počas jedného roka. Koncentrácie obsahu hliníka, kadmia, kobaltu a olova boli vyššie v období sucha (od augusta do októbra), pretože toto obdobie je náchylnejšie na znečistenie ovzdušia.

Lambert et al. (2012) získali podobné výsledky skúmaním obsahu olova vo vzorkách včelieho peľu, zozbieraných v rokoch 2008 a 2009 zo štyroch lokalít Francúzska. Vzorky boli odobraté počas štyroch rôznych mesiacoch v oboch rokoch. Autori zistili, že obsah olova vo vzorkách zozbieraných v suchých mesiacoch (koniec júna/záčiatoč júla, koniec septembra/záčiatoč októbra) bol výrazne vyšší. Výsledky získané z testovania štyroch vzoriek rôzneho pôvodu vykazovali počas skúmaného obdobia veľkú podobnosť. Na rozdiel od toho Al Naggat et al. (2013) dospeli k záveru, že dôvodom sezónnych rozdielov v obsahu medi, zinku, kadmia, olova a železa vo vzorkách včelích peľových obnôžok z Egypta zozbieraných na jar a v lete môže byť rozdielny botanický pôvod vzoriek.

Z toxikologického hľadiska môže byť olovo, kadmium, ortuť a určité formy arzenu toxické aj vo veľmi nízkych koncentráciách. Akumulácia ťažkých kovov v ľudskom tele môže spôsobiť vážne zdravotné následky vrátane karcinogenézy, duševných chorôb a rôznych porúch ovplyvňujúcich rast, vývoj, metabolizmus a nervový systém (Mishra et al., 2018). Početné štúdie ukazujú, že včely a včelie produkty možno použiť ako biologické indikátory kontaminácie danej oblasti ťažkými kovmi (Roman et al., 2009).

Campos et al. (2008) vyvinuli komplexný súbor kritérií kvality pre komerčne dostupné včelie peľové obnôžky, ktorý bol uverejnený na webovej stránke Medzinárodnej komisie pre med a je často citovaný vo vedeckom výskume. Maximálne limity boli navrhnuté aj pre olovo (500 µg/kg), kadmium (30 µg/kg) a ortuť (10 µg/kg). Viaceré štúdie však potvrdzujú, že koncentrácie toxických kovov vo včelích peľových obnôžkach významne závisia aj od stupňa znečistenia životného prostredia (Roman et al., 2009; Kostić et al., 2015). Campos et al. (2008) preto odporúčajú včelárom, aby rozmiestňovali včelstvá najmenej tri kilometre od zdrojov znečistenia.

Conti a Botré (2001) skúmali včelie produkty, ktoré pochádzajú z centra mesta a predmestia Ríma a zistili, že intenzívna automobilová doprava v centre mesta výrazne zvýšila obsah ťažkých kovov vo včelích peľových obnôžkach, propolise a vosku, ale neplatilo to pre med. Vo včelích peľových obnôžkach z centrálnej časti mesta bol stanovený vysoký obsah kadmia a olova v porovnaní s inými včelími produktami. Naproti tomu bol obsah chrómu relatívne nízky a nezávislý od proveniencie. Obsah olova bol vo vzorkách včelích peľových obnôžok vo všetkých prípadoch pod limitnou hodnotou odporúčanou autormi Campos et al. (2008), ale koncentrácia kadmia výrazne prekročila limit 30 µg/kg v prípade 43 % vzoriek (100 % vzoriek z centra mesta).

Pre včelie peľové obnôžky boli v Poľsku stanovené prahové limity pre arzén 200 µg/kg, kadmium 50 µg/kg, ortuť 33 µg/kg a olovo 500 µg/kg (Roman et al., 2016). Hoci poľské normy pre kadmium a ortuť sú mierne vyššie ako limitné hodnoty odporúčané Camposom et al. (2008), pri prevažnej väčšine vzoriek bola zistená vysoká kontaminácia obsahom kadmia.

1.22 Rezíduá agropesticídov

Na základe rozsiahlych štúdií Böhme et al. (2018) poukázali na to, že rezíduá pesticídov vo včelích peľových obnôžkach, ako aj vo všetkých včelích produktoch predstavujú riziko nielen pre zdravie včiel, ale vyvolávajú aj bezpečnostné obavy pre ľudskú výživu.

V súčasnosti je v databáze pesticídov Európskej únie registrovaných približne 1500 látok, pričom takmer jedna tretina je schválená. Hodnoty maximálnych hladín rezíduí (MRL) sa v prípade medu pohybujú v rozsahu 0,01 až 1 mg/kg, ale v prípade iných včelárskych produktov sa MRL neuplatňujú, kým nie sú identifikované a uvedené jednotlivé produkty (Databáza pesticídov EÚ, 2021). Stanovenie vystavenia včelstiev pesticídom je kľúčovou otázkou ochrany opelovačov. Podľa Gierera et al. (2019) peľ zohráva dôležitú úlohu pri odhade vystavenia včiel pesticídom, pretože okrem nektáru je ich hlavným zdrojom živín. K dnešnému dňu výskumníci skúmali obsah rezíduí pesticídov v rôznych vzorkách peľu, čo viedlo k množstvu dostupných údajov. Výsledky sa značne líšia, pretože ich ovplyvňuje množstvo faktorov vrátane botanického pôvodu vzorky, spôsobu a času aplikácie pesticídov, použitých dávok, fyzikálno-chemických vlastností účinných látok a podmienok prostredia, ako je teplota, vlhkosť, aktivita vody, vlastnosti pôdy a mnohé ďalšie.

Z problematiky rezíduí agropesticídov vo všetkých včelích produktoch zabezpečili Johnston et al. (2014) rozsiahlu štúdiu, v ktorej analyzovali 107 vzoriek včelích peľových obnôžok, 25 vzoriek pergy – včelieho chleba z 12 európskych krajín. Autori stanovili vo vzorkách rôznu koncentráciu 300 účinných látok ako rezíduí z agropesticídov. Podľa ich poznatkov dve tretiny produktov boli kontaminované aspoň jednou aktívnou látkou a celkovo boli identifikované rezíduá z 53 pesticídov vrátane insekticídov, akaricídov, fungicídov a herbicídov.

Ďalšiu rozsiahlu štúdiu realizovali Böhme et al. (2018), ktorí hodnotili obsah rezíduí agropesticídov v 281 vzorkách včelích peľových obnôžok počas piatich rokov v Nemecku. V každej vzorke bola stanovená najmenej jedna účinná látka z rezíduí po agropesticídoch. Autori identifikovali v kolekcii vzoriek celkom 73 účinných látok a to hlavne rezíduá po fungicídoch. Najviac rezíduí agropesticídov bolo zistených vo vzorkách včelích peľových obnôžok zo včelstiev lokalizovaných v blízkosti sádov, porastov olejní a lúk. V analyzovaných vzorkách sa najčastejšie vyskytoval tiakloprid s najvyššou koncentráciou 470 µg/kg.

V 23 štátoch USA a jednej kanadskej provincii realizovali rozsiahlu štúdiu z danej problematiky Mullin et al. (2010). Väčšina vzoriek peľu obsahovala minimálne jeden systémový pesticíd a takmer polovica vzoriek obsahovala oba akaricídy v úli (fluvalinát, kumafos) a z fungicídov chlórtaalonil. Autori zdôraznili, že vedecké poznatky o

biologických účinkoch kombinácií agropesticídov sú neúplné. Autori súčasne zistili, že včely z úľov umiestnených v blízkosti masovo kvitnúcich plodín majú tendenciu zbierať peľ z iných druhov, ak sú k dispozícii. Všeobecne sa predpokladá, že obsah rezíduí pesticídov vo včelích peľových obnôžkach je určený pesticídom, ktorým boli ošetrované plodiny, z ktorých včely zberali peľ.

Nai et al. (2017) analyzovali 155 vzoriek peľu na 232 agropesticídov na Taiwane. V kolekcii vzoriek identifikovali 56 účinných látok. V Číne realizovali rozsiahlu štúdiu z danej problematiky Tong et al. (2018). Autori hodnotili vzorky včelích peľových obnôžok na rezíduá zo 189 agropesticídov. Vo vzorkách sa najčastejšie vyskytovali rezíduá z insekticídov (imidakloprid, tiametoxám, fenpropatrín, bifentrín, chlórpyrifos), akaricídov (kumafos, fluvalinát) a fungicídov (carbendazim, triadimefon).

Podľa nariadenia je zásadou, aby včelári umiestňovali včelíny v oblastiach, ktoré zabezpečujú dostupnosť zdrojov nektáru a peľu bez pesticídov. Za priaznivých podmienok prostredia sa včely zvyčajne živia z pastvy v rozsahu 2 km od úľa (Garbuzov et al., 2015). Preto sa vyžaduje dodržať vzdialenosť najmenej 3 km od včelích rastlín ošetrovaných konvenčnými pesticídmi (nariadenie 2018/848/EÚ). Keďže sú však včely medonosné schopné kŕmiť sa vo vzdialenosti do 10 km (Garbuzov et al., 2015), nemožno úplne vylúčiť kontamináciu ekologických včelárskych produktov pesticídmi.

Sörös (2019) definuje prípravky na ochranu rastlín ako prípravky prírodného, syntetického alebo chemického pôvodu, ktoré sú schopné znížiť, prilákať alebo upozorniť škodcov alebo regulovať životné procesy škodcov a rastlín. Podľa Ambrusa et al. (2020) je používanie pesticídov nevyhnutné pre zásobovanie obyvateľstva Zeme potravinami, takže rezíduá sú vo všeobecnosti prítomné v rastlinných potravinách. Alternatívy týchto produktov sa pestujú v ekologickom poľnohospodárstve. Hlavnými zásadami ekologického poľnohospodárstva sú udržateľnosť, rozvoj vidieka, dobré životné podmienky zvierat a bezpečnosť potravín. Vzhľadom na výhody ekologického poľnohospodárstva celosvetový záujem o tieto výrobky neustále rastie (Bostan et al., 2019). Výroba a označovanie ekologických potravín sú regulované na európskej úrovni (nariadenie 2018/848/EÚ).

1.23 Mikroorganizmy a mykotoxíny

Kontaminácia mykotoxínmi je komplexný a multifaktoriálny jav, ktorý predstavuje výzvu pre bezpečnosť potravín. Šírenie mykotoxických vláknitých húb je významne ovplyvnené scenármi zmeny klímy, ktoré spočívajú v tom, že každý druh mykotoxických vláknitých húb má svoje vlastné optimálne environmentálne podmienky pre rast a produkciu sekundárnych metabolitov. V dôsledku toho sa prítomnosť mykotoxínov v potravinách považuje za nepredvídateľnú (Pereira et al., 2019). Globálne otepľovanie vo veľkej miere ovplyvňuje klímu miernych pásiem, čo vedie k tomu, že aflatoxíny sa v týchto oblastiach stávajú bežnejšími (Kostić et al., 2019).

Campos et al. (2008) dospeli k záveru, že vo všeobecnosti sa zdá, že mikrobiologické vlastnosti včelieho peľu majú väčší význam pre bezpečnosť potravín ako kontaminácia pesticídmi a ťažkými kovmi.

V skutočnosti Corby-Harris et al. (2014) a Anderson et al. (2014) zistili pomocou genomického prístupu v testovaných vzorkách včelích peľových obnôžok ich kontamináciu hlavne druhmi *Lactobacillus* a najmä *Lactobacillus kunkeei*. Nardoni et al. (2016) skúmali výskyt potenciálnych toxigénnych húb z čerstvého včelieho peľu zozbieraného v strednom Taliansku. Zdôraznili potenciálne riziko pre ľudské zdravie pri konzumácii včelieho peľu v dôsledku vysokej úrovne kontaminácie týmito mykotoxickými vláknitými hubami. V skutočnosti Medina et al. (2004) preukázali, že včelie peľové obnôžky sú významným substrátom pre *Aspergillus ochraceus*. Hani et al. (2012) stanovili v hodnotených vzorkách včelích peľových obnôžok aj záťaž koliformných baktérií a *S. aureus*.

Mikrobiologická analýza čerstvých včelích peľových obnôžok odhalila doteraz uvádzané vyššie úrovne kontaminácie pre všetky skúmané parametre v porovnaní s úrovňou kontaminácie spracovaného peľu. Pre svoje nutričné a chemické zloženie sú včelie peľové obnôžky ideálnou matricou pre kolonizáciu a rast baktérií. Niektoré kritické momenty pri formovaní včelích peľových obnôžok, ako je zber a manipulácia včelármi, ako aj skladovanie, môžu podporiť znehodnotenie niektorými mikroorganizmami, pretože vzorky čerstvého peľu boli pozitívne na prítomnosť niektorých patogénnych druhov. S konzumáciou včelích peľových obnôžok v takejto forme kontaminácie môže byť spojené vysoké zdravotné riziko. Rovnaké predpoklady sa vzťahujú aj na konzumáciu mrazeného včelieho peľu, zatiaľ čo sušený peľ zostáva najbezpečnejšou formou konzumácie tohto produktu s vysokou nutričnou hodnotou (Mauriello et al., 2017).

Včelí peľ je prírodný produkt cenený pre svoje nutričné a liečivé výhody a získava si obľubu pre svoje potenciálne využitie ako krmivo a doplnok pre dobytok. Pre nedostatok informácií o rozsahu jeho kontaminácie nebezpečnými látkami však stále existuje množstvo otázok ohľadom bezpečnosti tohto včelárskeho produktu. Najmä mykotoxíny sú skupinou molekúl, ktoré sa zvyčajne nachádzajú v potravinách, ktoré môžu predstavovať zdravotné riziko pre spotrebiteľov, a pre ktoré nie sú v prípade včelieho peľu stanovené žiadne právne obmedzenia.

Mykotoxíny sú toxické metabolity húb, ktoré môžu kontaminovať produkty na rastlinnej báze, o ktorých je známe, že sa prenášajú z krmiva pre zvieratá do produktov živočíšneho pôvodu a poskytujú cestu expozície prostredníctvom konzumácie oboch (CAC, 1995). Ide o heterogénnu a toxickú triedu molekúl zloženú z niekoľkých stoviek zlúčenín, z ktorých len obmedzený počet bol podrobne skúmaný a venuje sa im pravidelná pozornosť. Mykotoxíny predstavujú predmet globálneho významu v dôsledku vážnych zdravotných rizík a podstatných ekonomických dôsledkov, ktoré pramenia z trhových strát rastlinných produktov alebo zníženej živočíšnej výroby (IARC, 2012; Eskola et al., 2019). To viedlo mnohé krajiny k tomu, aby stanovili legislatívne limity pre maximálne hladiny mykotoxínov v potravinách a krmivách, aby sa zabezpečilo, že nie sú škodlivé pre zdravie ľudí alebo zvierat (EC, 2013). V rámci krajín EÚ sú harmonizované limity pre 67 kombinácií mykotoxínov a potravín (EC, 2006a). Včelie peľové obnôžky sú zatiaľ z tejto schémy rozhodovania vylúčené, keďže spotreba tohto produktu spotrebiteľmi sa vo všeobecnosti považuje za zanedbateľnú (EC, 2018). Campos et al. (2008) vo svojom technickom predpise pre kvalitu včelieho peľu

uviedli návrh na maximálne hladiny aflatoxínu B1 (2 µg/kg) a celkových aflatoxínov (4 µg/kg) vo včelom peli. Z tohto návrhu sa ale nikdy nestal oficiálny a široko akceptovaný predpis.

Mykotoxíny boli zistené v niekoľkých potravinách a krmivách po celom svete. Medzi prirodzene sa vyskytujúce mykotoxíny patria mykotoxíny produkované niekoľkými rodmi vláknitých húb, menovite *Aspergillus*, *Fusarium* a *Penicillium*, ktoré produkujú aflatoxíny (AF), ochratoxín A (OTA), patulín (PAT), fumonizíny (FB), zearalenon (ZEN), nivalenol (NIV), deoxynivalenol (DON), citrinín (CIT), T-2 a HT-2 sú najväčším problémom pre ľudské zdravie a hospodárske zvieratá (Eskola et al., 2019; Gruber-Dorninger et al., 2019; URL 1).

Formovanie včelích peľových obnôžok je zložitý proces a je tiež výsledkom aplikácie rôznych modelov včelárenia, vďaka ktorým má tento produkt rôzne vlastnosti v závislosti od miesta a typu výroby, zberu a spracovania. Včelie peľové obnôžky sa na trhu zvyčajne vyskytujú v troch formách: čerstvý, sušený alebo ako včelí chlieb (perga). Za čerstvé peľové obnôžky sa považujú obnôžky v čase zberu, formovania a transportu do úl'ov včelami. V tejto forme obsahujú včelie peľové obnôžky spravidla 20 až 30 % vody. Pozberané včelie peľové obnôžky pre ďalšie komerčné využitie je potrebné vysušiť pri teplotách nie vyšších ako 42 °C na obsah vody 6 – 8 %, čím sa predĺži ich trvanlivosť (Campos et al., 2008). Zatiaľ čo sa čerstvé a následne vysušené včelie peľové obnôžky zbierajú v peľových lapačoch mimo úl'ov, včelí chlieb produkujú včely robotnice vo vnútri úl'a pridaním nektáru a enzýmov zo včelích slín, kde sa skladuje a fermentuje (FAO et al., 2021).

Napriek tomu, že množstvo poznatkov o výskyte mykotoxínov v potravinách a krmivách neustále rastie (Eskola et al., 2019; URL 1), výskum kontaminácie mykotoxínmi včelích peľových obnôžok nie je stále dostatočne preskúmaný. Zo skupiny mikroorganizmov je pre včelie peľové obnôžky najviac nebezpečná kontaminácia hubami patriace k druhom *Aspergillus*, *Fusarium* a *Penicillium*. Niektoré zo štúdií uskutočnených v minulosti na identifikáciu spoločenstiev plesní nájdených vo včelom peli odhalili prítomnosť *Aspergillus* sp. (Kačániová et al., 2011; Petrović et al., 2014; Beev et al., 2018 a ďalší), ktoré by mohli potenciálne produkovať mykotoxíny. Sušenie, mrazenie a UV žiarenie nechráni hygienickú kvalitu včelieho peľu pred následnou mykotoxickou kontamináciou (Kačániová et al., 2011).

Obmedzený počet štúdií sa doteraz zamerl na priamu detekciu a kvantifikáciu mykotoxínov vo včelom peli a väčšina z nich odhalila prítomnosť týchto toxických metabolitov v analyzovaných vzorkách. Podľa týchto štúdií sú najrozšírejšími mykotoxínmi nachádzajúcimi sa vo včelom peli aflatoxín B1 (AFB1) (Kačániová et al., 2011; Petrović et al., 2014; Kostić et al., 2016), DON, ZEN, OTA a T-2 (Kačániová et al., 2011; Nuvoloni et al., 2021). Spomedzi nich je AFB1 najnebezpečnejším mykotoxínom pre zdravie ľudí a zvierat, keďže je to jeden z najsilnejších známych prírodných karcinogénov. Môže spôsobiť poškodenie DNA, chromozomálne aberácie a niekoľko ochorení pečene (panel EFSA CONTAM, 2017). Podobne OTA a ZEN vykazujú imunotoxické, hepatotoxické a neurotoxické účinky (Ropejko a Twaružek, 2021).

1.24 Pyrolizidínové alkaloidy

Podľa Mädge et al. (2020) sú pyrolizidínové alkaloidy (PAS) sekundárne metabolity, ktoré prispievajú k prežitiu určitých druhov rastlín ako súčasť ich prirodzeného obranného mechanizmu proti byľinožravcom. K dnešnému dňu bolo identifikovaných viac ako 660 zlúčenín PAS, ktoré majú štruktúru charakteristickú pre zdrojovú rastlinu.

Celosvetovo viac ako 6 000 druhov rastlín obsahuje pyrolizidínové alkaloidy, ktoré patria hlavne do čeľadí *Boraginaceae* (všetky rody), *Asteraceae* (kmene *Eupatoriae* a *Senecioneae*) a *Fabaceae* (*Crotalaria*). Obsah PAS vo výrobku je ovplyvnený botanickým a geografickým pôvodom, rastlinným orgánom, stupňom rastu a faktormi prostredia. Ľudia sú vystavení PAS hlavne prostredníctvom tradičnej medicíny a potravín kontaminovaných rastlinami produkujúcimi PAS, ako je čaj, bylinná infúzia, med a iné včelie produkty, doplnky výživy a korenie. Podľa Moreira et al. (2018) sa toxicita rôznych metabolitov PAS líši podľa ich chemických štruktúr. Pečeň je hlavným cieľovým orgánom toxicity, ale boli hlásené aj karcinogénne, genotoxické, teratogénne a neurotoxické účinky, ako aj pľúcne lézie.

V roku 2011 panel EFSA pre kontaminanty v potravinovom reťazci (CONTAM) dospel k záveru, že nie je možné stanoviť prípustný denný príjem pyrolizidínových alkaloidov. Namiesto toho uplatnili prístup rozpätia expozície (Végh et al., 2021).

Panel dospel k záveru, že vystavenie PAS z peľu, čaju, bylinných nálevov a bylinných doplnkov stravy by mohlo potenciálne predstavovať riziko pre spotrebiteľa. Preto sa v roku 2016 odhadovala chronická a akútna expozícia PAS zo stravy európskej populácie. Chronická expozícia PAS u spotrebiteľov výrobkov na báze peľu sa pohybovala medzi 0,7 a 12 ng na kilogram telesnej hmotnosti a deň, zatiaľ čo akútna expozícia bola medzi 2,8 a 44 ng/kg/deň. Na základe prehodnotenia štúdií karcinogenity u hlodavcov a revidovaných usmernení pre modelovanie referenčných dávok bol stanovený nový referenčný bod 237 µg/kg/deň (EFSA, 2017).

Výbor pre rastlinné lieky (HMPC) Európskej agentúry pre lieky vydal v roku 2014 verejné vyhlásenie, v ktorom stanovil limit pre dospelých 0,35 µg toxického nenasýteného pyrolizidínového alkaloidu denne počas maximálne 14 dní konzumácie. O dva roky neskôr HMPC odporučil prechodný limit 1,0 µg s cieľom implementovať opatrenia na zníženie kontaminácie PAS. Väčšina európskych orgánov limit akceptovala. Prechodné obdobie sa predĺžilo do 31. mája 2021 (Steinhoff, 2019).

Vedci súhlasia s tým, že mikroskopická analýza bez skúmania koncentrácie PAS nie je dostatočná na monitorovanie včelích produktov (Kempf et al., 2010; Kast et al., 2018).

Niekoľko štúdií potvrdzuje, že peľ z *Echium vulgare* je hlavným zdrojom kontaminácie peľových zŕn a tým aj včelích peľových obnôžok a ostatných včelích produktov PAS (Kempf et al., 2010; Kast et al., 2018). Podľa autorov Kast et al. (2018) je hlavným obdobím kvitnutia tejto rastliny jún a júl, ale kvitnutie môže začať už v apríli a trvať až do jesene. Bol stanovený obsah PAS v 262 vzorkách včelieho peľu odobratých v troch rôznych rokoch a bola vykonaná aj palynologická analýza. Celoročný súčet peľu typu *Echium* nedosiahol 0,02 %, avšak obsah PAS vo vzorkách odobratých v júli prekročil 4 000 µg/kg.

Boppré et al. (2008) skúmali obsah pyrolizidínových alkaloidov v čistom peľi a jednokvetových včelích peľových obnôžkach *Echium vulgare*, *Eupatorium cannabinum*, *Senecio jacobaea*, *Senecio ovatus* a *Echium plantagineum*. Ich výsledky potvrdili, že obsah PAS v peľi zozbieranom priamo z kvetov bol vyšší ako množstvo peľu zozbieraného včelami, hoci pri peľových obnôžkach bol určený aj veľmi vysoký obsah PAS a to v rozsahu 6 000 – 350 000 µg/kg. Tieto zistenia podporujú názor, že prítomnosť peľových zŕn určitých druhov rastlín významne prispieva ku kontaminácii medov PAS. Okrem toho autori skúmali vplyv zahrievania na celkovú hladinu pyrolizidínových alkaloidov v peľovom zaťažení. Šetrné ošetrenie včelích peľových obnôžok (35 °C, 72 hodín) viedlo k približne 30 % zníženiu celkových PAS, ale pri dlhšej aplikácii vyšších teplôt (40 °C, 84 hodín a 60 °C, 84 hodín) bol pozorovaný pokles o 65 % a 75 %.

Lucchetti (2017) zistil, že dospelé včely majú vysokú toleranciu na pyrolizidínové alkaloidy, ale larvy sú citlivé na peľ aj pri nízkych koncentráciách tohto toxínu. Bolo tiež pozorované, že materská kašička obsahuje rádovo menej PAS ako peľ. Autor dospel k záveru, že ošetrovateľské včely majú dôležitú úlohu pri prežití kolónie, a to akýmsi filtrovaním PAS počas sekrécie materskej kašičky.

Boppré et al. (2008) použili na svoje experimenty jednokvetové včelie peľové obnôžky druhov *Echium*, *Eupatorium* a *Senecio*, ktoré preukázali mimoriadne vysoký obsah PAS. Keďže rastliny produkujúce PAS sú rozšírené v mnohých prostrediach (Lucchetti, 2017), odporúča sa monitorovať hladiny hepatotoxických pyrolizidínových alkaloidov v dodávkach peľu určených na ľudskú spotrebu.

Podľa Pitsiosa et al. (2006) obsahuje jedna včelia peľová obnôžka od 400 000 do 6 400 000 peľových zŕn na gram, čo môže spôsobiť vážne alergické vedľajšie účinky, dokonca aj anafylaxiu.

Toxické pyrolizidínové alkaloidy (PAS) a ich *N*-oxidy (PANO) môžu byť prítomné vo včelích peľových obnôžkach v závislosti od rastlín, ktoré včely navštevujú. Bola vyvinutá a overená metóda kvapalinovej chromatografie – hmotnostnej spektrometrie (LC-MS/MS) na monitorovanie 17 PAS/PANO v 44 včelích peľoch (Inacio et al., 2020). PAS a ich *N*-oxidy (PANO) sú produkované rastlinami z čeľadí *Asteraceae* (kmeň *Senecioneae* a *Eupatorieae*), *Boraginaceae* (všetky rody, napr. *Echium* a *Heliotropium*) a *Fabaceae* (rod *Crotalaria*) (Hartmann, 1999). Niektoré z týchto rastlín sú údajne toxické pre cicavce, vrátane ľudí a hospodárskych zvierat (Molyneux et al., 2011).

Ľudia sú vystavení PAS/PANO hlavne konzumáciou bylinných čajov, bylinných prípravkov alebo doplnkov stravy pripravených z rastlín, ktoré ich obsahujú (Chen et al., 2017). Mnohé publikácie uvádzajú prítomnosť PAS/PANO v mede a včelom peľi, ale ich koncentrácie vo včelom peľi sú oveľa vyššie (Kempf et al., 2010; Mulder et al., 2015).

1.25 Perfluóralkylové látky

Perfluóralkylové látky (PFAS - Perfluoroalkyl substances) sú človekom vyrobené chemikálie vyrábané pre mnohé praktické aplikácie. Sú zložkou aj v mnohých potravinových produktoch, technického vybavenia používaného v kuchyni (teflónové panvice), čistiacich prostriedkoch, obaloch pre potraviny, tanieroch, pláštenkách do dažd'a, všade tam, kde sa vyžaduje neprilnavosť k vode a iným tekutinám. Je to skupina

organofluórových zlúčenín, t.j. alifatických uhľovodíkov so všetkými atómami vodíka nahradenými fluórom. PFAS možno rozlíšiť do dvoch hlavných skupín: perfluóralkylkarboxylové kyseliny (PFCA) a perfluóralkánsulfonáty (PFSA) (Buck et al. 2011). Vďaka sile CF väzby sú vysoko chemicky stabilné a vysoko odolné voči biologickej degradácii. Túto skupinu tvorí viac ako 4700 odolných zlúčenín, z ktorých mnohé sú prítomné vo všetkých zložkách životného prostredia. Ľudské organizmy sú vystavené zvýšenému riziku, pretože PFAS sú odolné voči hydrolýze, fotolýze, mikrobiálnej degradácii alebo metabolizmu a ich odhadovaný polčas eliminácie je približne 3,8 roka (Surma a Zielinski, 2015). Preto tieto zlúčeniny pretrvávajú v životnom prostredí bez obmedzenia a boli už registrované ako nová trieda perzistentných organických polutantov (Stahl et al., 2011). Ľudské organizmy a zvieratá prijímajú tieto toxické zlúčeniny z rôznych zdrojov životného prostredia, kontaminovaných potravín a pitnej vody (Gellrich et al., 2013).

Do vody sa PFAS zlúčeniny dostávajú rôznou cestou. Jednou z ciest je aj príklad z Nového Zélandu. V roku 2018 boli Novozélandčania informovaní, že chemické látky používané v hasiacich penách – perfluóralkylové a polyfluóralkylové látky (PFAS) spôsobilé rozsiahlu kontamináciu podzemných vôd na viacerých miestach. Chemické látky v pene sa bežne používali od roku 1950, ale ich použitie nebolo monitorované, aj keď bolo známe, že predstavujú riziko pre ľudské zdravie aj životné prostredie. Tieto riziká viedli k zákazu používania určitých zlúčenín PFAS v hasiacich penách v roku 2006. Kontaminácia sa stala problémom až dlho potom. To viedlo k boju o to, aby sa pokúsili zistiť, koľko sa týchto zlúčenín použilo a ako ich eliminovať (Parliamentary Commissioner for the Environment, 2022). Takýchto prípadov je určite veľmi veľa v mnohých krajinách, len sa o nich nehovorí a problematika sa nerieši.

Obsah PFAS vo včelích produktoch je spôsobený zberom nektáru a peľových zŕn včelami už z kontaminovaných kvetov (Celli a Maccagnani 2003), ktoré môžu byť kontaminované pôdou, vzduchom a vodou. Preto sa môžu včelie produkty využívať aj ako indikátory znečistenia životného prostredia PFAS.

Obmedzený rozsah výskumu a predbežné zistenia EFSA (2008) naznačujú potrebu identifikovať PFAS v surovinách, ako aj v potravinách rastlinného pôvodu, aby sa odhalil stav a rozsah ich výskytu a súvisiace riziko pre ľudské zdravie (Surma a Zielinski 2015).

Surma et al. (2016) vo svojej štúdii zhodnotili úroveň kontaminácie PFAS vo vzorkách medu z vybraných krajín východnej, severnej a južnej Európy z vybraných perfluóralkylkarboxylových kyselín (PFCA), ako je kyselina perfluórbutánová (PFBA), kyselina perfluórpentánová (PFPeA), kyselina perfluórhexánová (PFHxA), amid perfluórheptánovej kyseliny (PFHpA), kyselina perfluóroktánová (PFOA), kyselina perfluórnonánová (PFNA) a perfluórdekánová kyselina (PFDA), ako aj perfluóralkánsulfonáty (PFSA), ako je perfluórbutánsulfonát (PFBS), perfluórhexánsulfonát (PFHxS) a perfluóroktánsulfonát (PFOS). Kolektív analyzoval 26 vzoriek medu, boli stanovené PFCA v rozsahu 0,124 – 0,798 ng/g ww. Priemerné koncentrácie jednotlivých PFCA (ng/g ww) vo vzorkách medu vzrástli v poradí: kyselina perfluórnonánová (0,164) < kyselina perfluóroktánová (0,189) < kyselina perfluórheptánová (0,271) < kyselina perfluórdekánová (0,278 ng/g ww). Taliansky

eukalyptový med obsahoval najvyšší celkový obsah PFAS (0,878 ng/g ww). Vzorky pochádzajúce z priemyselného regiónu Poľska vykazovali o 20 % vyššie koncentrácie PFCA v porovnaní so vzorkami z nepriemyselných oblastí. V tejto štúdií boli hodnotené aj vzorky viacdruhových včelích peľových obnôžok (zmes) v ktorých bol tiež zvýšený obsah PFFpA (0,170 ng/g ww). V tejto štúdií sa hodnoty výťažnosti pre všetky testované PFAS stanovili v rozsahu od 0,042 ng/g ww pre PFHxS do 0,134 ng/g ww pre PFOS. Získané hodnoty sú v dobrej zhode s hodnotou výťažnosti (LOQ 1 µg/kg), ktorú odporúča Komisia 2010/161/EÚ.

Zdroje PFAS sa do pestovaných poľných plodín a voľne rastúcich druhov v ekosystémoch dostávajú predovšetkým z atmosférických zrážok alebo PFAS viazaných na častice a absorpcie z plynnej fázy, zavlažovania kontaminovanou studničnou vodou alebo vyčistených odpadových vôd, ako pesticídy, vodné filmotvorné peny (AFFF) používané na hasenie požiarov a splaškové kaly alebo biopevné látky z pôdy, ako aj priemyselný alebo komunálny kompost. Kontaminovanou vodou a inými zdrojmi sú ovplyvnené rastliny a plody dopestované v hydroponických a skleníkových systémoch môžu byť ovplyvnené kontaminovanou vodou (Costello a Lee, 2020).

Nie je cieľom tejto publikácie detailne analyzovať túto problematiku, ale poukázať, že aj zlúčeniny PFAS vážne ohrozujú kvalitu a využívanie včelích peľových obnôžok pre humánne účely.

1.26 Včelie peľové obnôžky z GMO rastlín

V súčasnosti sa transgénne rastliny pestujú na takmer 200 miliónoch hektárov, z ktorých prevažná väčšina sa sústreďuje v USA, Kanade, Brazílii, Argentíne, Paraguaji, Indii a Číne. Rozšírený globálny výskyt transgénnych rastlín vyvolal obavy z ich vplyvu na zdravie ľudí a zvierat (Giraldo et al., 2019), dopad na organizmy (Arpaia et al., 2021) a životné prostredie (Tsatsakis et al., 2017a).

Peľ sa považuje za najpravdepodobnejší zdroj z geneticky modifikovaných odrôd vo včelích produktoch (Malone, 2002). V porovnaní s listami, ktoré obsahujú asi 2 % bielkovín, má peľ obsah bielkovín 8 – 40 %, a preto sa dá očakávať, že transgény prispievajú aj k vytvoreniu nových proteínov v určitom obsahu, ktoré nemodifikované formy neobsahujú. V peľi môže byť prítomný aj obsah nových proteínov, ak transgén obsahuje promótor špecifický pre peľ. Skutočná koncentrácia geneticky modifikovaného materiálu v peľovej záťaži závisí od relatívneho množstva geneticky modifikovaného peľu z iných rastlín a stupňa produkcie transgénovej DNA/nových proteínov v peľových zrnách (Abrol, 2012).

Extenzívne pestovanie geneticky modifikovaných rastlín je kontroverznou otázkou medzi tvorcami politik, vedcami a spotrebiteľmi (Tsatsakis et al., 2017b). Politiky označovania môžu zahŕňať zákaz označovania, dobrovoľné označovanie uvádzajúce, že výrobok neobsahuje geneticky modifikované organizmy, alebo povinné označovanie uvádzajúce, že výrobok obsahuje aspoň jednu zložku, ktorá pochádza z rastliny so zmeneným genetickým zložením. V druhom prípade je stanovená zákonná hranica tolerancie, ktorá sa v jednotlivých krajinách líši: v Spojených štátoch, Kanade a Japonsku môžu konvenčné výrobky obsahovať až 5 % geneticky modifikovaného materiálu

predtým, ako musia byť označené. V Austrálii, na Novom Zélande, v Južnej Afrike, Brazílii a Číne je prah tolerancie stanovený na 1 %, zatiaľ čo v EÚ sa na schválené výrobky uplatňuje limit 0,9 % a nulová tolerancia na neschválené výrobky (Giraldo et al., 2019).

Niektorí autori apelujú na včelárov, aby medzi GMO porastami a včelstvami dodržiavali vzdialenosť aspoň 2 km, pretože včely medonosné sa bežne živia do vzdialenosti 2 km od úľa. To ale nemusí platiť v prípade nedostatku pastvy pre včely. A okrem iného kapusta repková pravá je takým atraktívnym zdrojom, že včely za ňou môžu lietať aj viac ako 5 km. V skutočnosti môžu za určitých podmienok lietať na vzdialenosti viac ako 10 km (Abrol, 2012).

Campos et al. (2008) upozornili na nedostatok výskumu o vplyve včelieho peľu obsahujúceho geneticky modifikované materiály na zdravie. Autori navrhujú označovať včelí peľ, ktorý obsahuje peľové zrná geneticky modifikovaných rastlín, podľa súčasnej európskej legislatívy (nariadenie 1829/2003/ES).

1.27 Produkcia včelích peľových obnôžok

V súčasnosti nie sú k dispozícii žiadne spoľahlivé kvantitatívne údaje o globálnej produkcii peľu na akýkoľvek účel. Údaje FAO na poľnohospodárske produkty zahŕňajú produkciu medu a včelieho vosku, ale nie peľu. Chauzat et al. (2013) uviedli, že je v podstate nemožné získať údaje o objemoch odobratých včelích peľových obnôžok od včelstiev a aj o produkcii ostatných včelích produktov v rámci jednotlivých krajín, EÚ a aj na svetovej úrovni. Prezentované informácie v odborných časopisoch a aj na vedeckých konferenciách sú skôr odhady a častokrát aj protichodné, pretože ich nemožno overiť na úrovni včelárskej komunity v krajinách. Dokonca aj základné štatistické údaje o počte včelstiev v jednotlivých krajinách evidované aj v štatistikách FAO sú v mnohých prípadoch protichodné (Hoffmeister, 2013).

Celkový počet včelstiev vo všetkých krajinách sveta bol v roku 2018 podľa FAO štatistiky 92 miliónov (FAOSTAT, 2018) s odhadnutou ročnou produkciou 17,5 tisíc ton včelích peľových obnôžok. Prvenstvo vo svete si pravdepodobne udržiava Čína. Podľa údajov FAOSTAT (2018) je v Číne evidovaných okolo 9 miliónov včelstiev s ročnou produkciou včelích peľových obnôžok okolo 5 tisíc ton. V krajinách EÚ sa eviduje spolu okolo 5 miliónov včelstiev s produkciou včelích peľových obnôžok okolo 971 ton. Z krajín EÚ si pravdepodobne v danej oblasti udržiava prvenstvo Španielsko. V krajine je evidovaných 2,5 milióna včelstiev s ročnou produkciou včelích peľových obnôžok okolo 762 ton. Slovensko eviduje okolo 246 tisíc včelstiev s ročnou produkciou 100 ton včelích peľových obnôžok. Z prepočtu objemu produkcie včelích peľových obnôžok na počet včelstiev vyplýva produkcia včelích peľových obnôžok na jedno včelstvo v rozsahu od 0,2 kg (EÚ) do 0,6 kg (Čína) (Haefeker, 2021).

1.28 Zákonné požiadavky na kvalitu včelích peľových obnôžok

Včelie peľové obnôžky sú populárne a využívajú sa najviac ako populárny doplnok stravy. Aj napriek danej skutočnosti však prevažná väčšina krajín doteraz neprijala žiadne zákonné predpisy pre konzumáciu a využívanie tohto včelieho produktu. V dôsledku toho môžu byť tieto výrobky charakterizované heterogénnymi rizikami pre

bezpečnosť ich využívania v akejkoľvek forme. Stovky výskumných štúdií v rôznych krajinách jednoznačne potvrdili, že hlavnými kontaminantmi včelích peľových obnôžok sú pesticídy, ťažké kovy, metaloidy a mykotoxíny. Vo včelích obnôžkach bol potvrdený aj vysoký obsah pyrolizidínových alkaloidov, alergénne proteíny a peľové zrná z geneticky modifikovaných rastlín. Aj napriek tomu nie je záujem krajín riešiť danú problematiku (Campos et al., 2008; Thakur a Nanda, 2020; Végh et al., 2021).

Len niekoľko krajín má právne predpisy týkajúce sa včelieho peľu ako Poľsko, Bulharsko, Švajčiarsko, Brazília, Argentína (Thakur a Nanda, 2020). V súčasnosti neexistuje európsky štandardný dokument pre včelárske výrobky. Technický výbor pre potravinárske výrobky Medzinárodnej organizácie pre normalizáciu zriadil podvýbor pre včelárske výrobky (ISO/TC34/SC19), ktorý nedávno začal štandardizáciu výrobku. V súčasnosti sa však vzhľadom na nedostatok predpisov môže včelí peľ rôzneho pôvodu vyznačovať heterogénnymi výživovými vlastnosťami a rizikami pre bezpečnosť potravín.

Ďalším paradoxom je, že medzi národnými štandardmi pre kvalitu včelích peľových obnôžok sú dosť výrazné rozdiely, čo dokumentuje aj tabuľka 1. Nie je známe, na akom princípe je potom možné aj komerčné využívanie včelích peľových obnôžok v rámci jednotlivých krajín ako aj v exporte a importe tohto včelieho produktu.

Tabuľka 1 Národné štandardy včelích peľových obnôžok v niektorých krajinách
(Thakur a Nanda, 2018)

Parameter	Národné štandardy				
	Argentína ^a	Brazília ^b	Švajčiarsko ^c	Ruská federácia ^d	Ukrajina ^e
Vlhkosť (g/kg) *	-	< 300	-	8–10 %	Do 10 %
Sacharidy (g/kg)	-	-	130 – 550		
Bielkoviny (g/kg)	150 – 280	> 80	100 – 400	Viac ako 21 %	Viac ako 21 %
Tuky (g/kg)	-	> 18	10 – 100		
Popol (g/kg)	< 4	< 40	20 – 60	< 4 %	< 4 %
Hrubá vláknina (g/kg)	-	-	3 – 200		
pH	4,0 – 6,0	-	-	4,3 – 5,3	4,3 – 5,3

* na kg sušiny; n – počet vzoriek; údaje sú vyjadrené ako priemer ± smerodajná odchýlka; ^a(Alimentos azucarados, 2010); ^b(Instrução normativa, 2001); ^c(Lebensmittelverordnung, 2005); ^d ^e(GHOST 28887-90)

Kvalitatívne požiadavky na obnôžkový peľ podľa Štátnej normy Ukrajiny: GOST 28887-90 uvádzajú Brovarskyi a Brindza et al. (2010) a v publikácii Brindza a Motyleva (2018).

1.29 Výskumné aktivity so včelími peľovými obnôžkami v podmienkach Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre

V rámci medzinárodnej siete AgroBioNet koordinovanej Ústavom rastlinných a environmentálnych vied pri Fakulte agrobiológie a potravinových zdrojov Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre v spolupráci s Národnou botanickou záhradou M.

M. Gryshka pri Národnej akadémii vied Ukrajiny, v ktorej je zapojených už viac ako 30 univerzitných pracovísk, výskumných inštitúcií a botanických záhrad zo 14 krajín boli riešením viacerých výskumných projektov v dlhodobom Programe uchovania včelstiev a udržateľného využívania všetkých známych aj menej známych včelích produktov pre výživu, zlepšenie zdravia a kvality v rámci medzinárodnej siete AgroBioNet získané významné poznatky a výsledky zo štúdia morfológie, biochémie, alergie na peľ z rôznych druhov rastlín a to: *Helianthus annuus* L. (Brindza et al., 2012; Ďurišová et al., 2023), *Papaver somniferum* L. (Miklošíková et al., 2007), *Malus domestica* Borkh. (Motyleva et al., 2018, Maltsov et al., 2013, Horčinová Sedláčková et al. 2021b), *Phacelia tanacetifolia* Benth (Vergun et al., 2023), *Corylus avellana* L. (Nikolaieva et al., 2014, 2015, 2017), spektroskopické štúdium peľových zŕn (Synytsya et al., 2011), *Betula verrucosa* Ehrh. (Shevtsova et al., 2013a, 2013b, 2014 – mikroorganizmy a produkcia mykotoxínov), biochemická charakteristika (Vergun et al., 2019; Brindza et al., 2020), morfológická charakteristika peľových zŕn viacerých druhov rastlín (Brindza a Brovarkyi, 2013; Motyleva et al., 2018), *Robinia pseudoacacia* L. (Ostrovský et al., 2011), *Sambucus nigra* L. (Horčinová Sedláčková et al., 2018, 2019, 2020), rezistencia na antibiotiká *Betula verrucosa* Ehrh. (Shevtsova et al., 2012, 2014), *Amelanchier* spp. (Horčinová Sedláčková et al., 2023c), *Diospyros* spp. (Grygorieva et al., 2010, 2013, 2017), *Cerasus avium* (L.) Moench (Ostrolúcka et al., 2013), *Cornus mas* L. (Tóth et al., 2007), *Castanea sativa* Mill. (Grygorieva et al., 2015, 2016, Horčinová Sedláčková, 2021a), *Brassica napus* sk. Napus (Brindza et al., 2011), *Cychorium intybus* L. (Horčinová Sedláčková et al., 2023a), *Cannabis sativa* L. (Brindza et al., 2015b), *Fagopyrum esculentum* Moench (Brindza et al., 2015a; Horčinová Sedláčková et al., 2023b), vývin a vitalita peľu zástupcov rodu *Prunus* L. (Ďurišová, 2018).

Capcarová et al. (2018a; 2018b; 2019) hodnotili v klinických testoch na potkanoch so skorým nástupom hyperglykémie vplyv pergy na *diabetes mellitus* druhého typu, oddialenie vzniku *diabetes mellitus* a ich udržanie v prediabetickom štádiu.

Spoznanie nutričných vlastností včelích peľových obnôžok (VPO) z rôznych druhov rastlín hodnotili Fatrcová-Šramková et al. (2010b), Vergun et al. (2023); boli skúmané antioxidantné vlastnosti (Fatrcová-Šramková et al., 2008c, 2009a, 2009b, 2009c; Fatrcová-Šramková a Nôžková, 2008; Nôžková et al., 2009a, 2009b); kvalitatívne parametre VPO ako potenciálnych potravinových suplementov (Kačániová et al., 2008b); klinické testy s aplikáciou včelích produktov (Capcarová et al., 2013, 2018, 2019a, 2019b); vplyv obnôžok na intenzitu rastu a krvné parametre potkanov (Gálik et al., 2016, 2017); apoptóza buniek granulózy vaječníkov ošípaných *in vitro*, vplyv VPO na funkciu vaječníkov potkanov (Kolesárová et al., 2011, 2012, 2013); vplyv VPO na produkciu vajec (Arpášová et al., 2013a, 2013b); fermentácia VPO v modelových podmienkach a mikrobiológia po zmiešaní medu a VPO (Kňazovická et al., 2011, 2018); vplyv VPO na štruktúru femorálnych kostí potkanov (Martiniaková et al., 2021); apoptóza buniek granulózy vaječníkov ošípaných *in vitro* (Baková et al., 2012); zmeny tenkého čreva potkanov po podávaní VPO v potrave (Hajková et al., 2013a, 2013b, 2014a, 2014b). Mikrobiálnu a mykotoxickú kontamináciu VPO pri zbere, sušení a skladovaní VPO experimentálne hodnotili Kačániová et al. (2011).

2 CIELE

Na základe rozsiahlych výskumných štúdií takmer vo všetkých krajinách sveta a spoznania unikátnych vlastností, biochemickej hodnoty a rozsiahlych praktických možností využívania včelích peľových obnôžok enormne vzrástol záujem včelárskej verejnosti ale aj všetkých možných spracovateľských sfér ich využívania o ich zvýšenú produkciu. Aj napriek tomu, že len za posledných 5 rokov bolo k problematike včelích peľových obnôžok prezentovaných viac ako tisíc vedeckých prác, existuje stále mnoho závažných problémov hlavne pre bezpečnú aplikáciu včelích peľových obnôžok vo výžive a v terapii ľudí a zvierat.

Riešenie problematiky včelích peľových obnôžok je veľmi zložitá a veľmi rozsiahla, čo z časti dokumentuje aj stručná analýza v úvodnej kapitole tejto publikácie. Výskumné kolektívy sa preto orientujú spravidla na samostatné riešenie dielčich problémov, ako je kvalita peľu, morfológická charakteristika včelích peľových obnôžok, ich biochemické zloženie, mikrobiologická, terapeutická charakteristika, využitie v potravinárstve, farmaceutike, v kŕmení hospodárskych zvierat a v iných oblastiach. Len málo výskumných kolektívov hodnotí vzorky jednodruhových alebo aj viacdruhových včelích peľových obnôžok komplexnejšie, pokiaľ je to možné súčasne na úrovni morfológických, biochemických, technologických, senzorických a iných experimentálnych analýz, čo však nie je jednoduché z metodických a technických dôvodov, časovej náročnosti, dostupnosti laboratórnej techniky ako aj finančných nákladov.

Z uvedeného dôvodu bolo hlavným cieľom v predloženej publikácii prezentovať výsledky a poznatky aspoň čiastočne z komplexnejšieho (nie komplexného) experimentálneho štúdia jednodruhových vzoriek včelích peľových obnôžok, získaných z dvoch modelových olejní - kapusty repkovej pravej a maku siateho, v rámci existujúcich technických a analytických podmienok a možností na výskumných pracoviskách autorov.

Špecifické ciele komplexnejšieho štúdia sa realizovali na získanie experimentálnych výsledkov a poznatkov:

- a) Morfológická charakteristika peľových zŕn získaných z testovaných druhov rastlín, z ktorých sa súčasne zabezpečil aj zber včelích peľových obnôžok včelstvami.
- b) Morfológická charakteristika včelích peľových obnôžok odobratých od včelstiev, ktoré boli lokalizované priamo pri kvitnúcich porastoch testovaných druhov rastlín.
- c) Biochemická analýza včelích peľových obnôžok na stanovenie obsahu:
 - bielkovín a aminokyselín,
 - lipidov a mastných kyselín,
 - sacharidov,
 - vitamínov,
 - minerálnych látok,
 - biologicky aktívnych látok,
 - ťažkých kovov,

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

- rezíduí niektorých agropesticídov,
- antioxidačnej aktivity.

d) Využitie včelích peľových obnôžok na inováciu potravinových výrobkov.

3 MATERIÁL A METÓDY

3.1 Objekty experimentálneho štúdia

Na experimentálne štúdium sme použili dve významné olejniny:

Mak siaty (*Papaver somniferum* L.) – odroda Lazurit

Lokalita pestovateľskej plochy – Dvory nad Žitavou

Pôvod maku siateho	staroveká Mezopotámia – dnešný Irak a Kuvajt (Aragón-Poce, 2002)
Krajiny s legálnym pestovaním maku siateho pre farmaceutický a potravinársky priemysel	Austrália, Kanada, India, Stredná a Južná Amerika, Turecko, Rusko, Česká republika, Slovensko, Holandsko, Francúzsko, Maďarsko, Irán, Poľsko, Rumunsko a Španielsko
Význam pre včely a opelovače	zdroj kvalitného peľu
Počet tyčiniek v kvete	60 – 250, priemerne 125
Produkcia peľu z kvetu	12 – 30 miliónov peľových zŕn
Pestovateľské plochy na Slovensku (ha)	5000 – 7000 ha (Tóth, 2020)
Využitie rastlinných častí	semená a makovina
Počet semien v tobolke	500 – 5000
Priemerné úrody semien (t/ha)	0,54 – 1,07 (Tóth, 2020)
Odrody slovenského šľachtenia	Dubník (1985), Gerlach (1990), Albín (1991), Magik (1993), Opal (1995), Bergam (1998), Maratón (2000), Malsar a Major (2002)
Akútna referenčná dávka podľa Európskeho úradu pre bezpečnosť potravín	10 µg/kg telesnej hmotnosti ako bezpečná hladina pre morfín, konzumovaný prostredníctvom potravinových produktov (Carlin et al., 2020)
Základné alkaloidy	morfín, kodeín, tebaín, noskapín a papaverín
Globálny trh so semenom 2022	215,45 miliónov USD
Globálny trh so semenom predpoklad 2027	273,79 miliónov USD
Spotreba semien maku na obyvateľa SR	0,3 – 0,5 kg (Hilbertová, 2022)

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

Kapusta repková pravá (*Brassica napus* sk. *Napus*) – odroda LG Arnold

Lokalita pestovateľskej plochy – Dvory nad Žitavou

Oficiálny názov	<i>Brassica napus</i> sk. <i>Napus</i> kapusta repková pravá (Marhold a Hindák, 1998)
Čeľad'	Brassicaceae Burnett – kapustovité
Pôvod kapusty repkovej pravej	Pravdepodobne vznikol medzidruhovou hybridizáciou <i>Brassica rapa</i> (2n=20, genóm AA) a <i>Brassica oleracea</i> (2n=8, genóm CC), spontánne počas stredoveku alebo skôr (Iñiguez-Luy a Federico, 2011)
Význam pre včely a opelovače	Významný zdroj kvalitného nektáru a peľu
Počet tyčínok v kvete	4 dlhé a 2 krátke
Produkcia hmotnosti peľu z kvetu	1 mg (Drašar a Kodoň, 1975)
Farba peľových zŕn	žltá
Počet peľových zŕn v prašníkoch	64 900
Počet peľových zŕn zozbieraných včelami v prvom týždni kvitnutia	37 333,33 mg v prvom týždni (Khan a Ghramh, 2021)
Dĺžka obdobia kvitnutia	22 – 45 dní
Produkcia nektáru z jedného kvetu	1,2 µl za 24 hodín (Ouvrard et al., 2017)
Hmotnosť nektáru z kvetu	0,68 – 80 mg – zber mikropipetou (Mesquida et al., 1988)
Obsah sacharidov v nektári	48 % (Ouvrard et al., 2017)
Mednatosť z porastov	240 kg/ha
Pestovateľské plochy vo svete (ha)	270 000 – 300 000 ha (Labanca et al., 2018)
Pestovateľské plochy na Slovensku (ha)	136 355 v roku 2021 (Zelená správa, 2021)
Hospodársky význam	jedlý olej pre ľudskú výživu a vysokokvalitné krmivo pre zvieratá, zdroj pre výrobu bionafty
Počet rastlín na m²	70 – 100
Počet semien v struku	15 – 40
Počet semien na rastline	543 – 14 773
Priemerné úrody semien (t/ha)	3,1 v roku 2021 (Zelená správa, 2021)
Produkcia semien na Slovensku (t)	420 100 v roku 2021 (Zelená správa, 2021)
Produkcia semien v EU (t)	19,4 milióna ton (2022 – EUROSTAT, 2023)
Celosvetový dopyt do roku 2026	346 000 ton
Počet určených metabolitov v semenách	2 173 vrátane 80 derivátov aminokyselín, 38 derivátov nukleových kyselín, 60 lipidov, 92 flavonoidov, 29 fenyletanoidov, 42 terpenoidov a 99 ďalších metabolitov (Li et al., 2023)

3.2 Zber peľu a jeho príprava pre fotodokumentáciu na skenovacom elektrónovom mikroskope

Zber peľu sa uskutočnil na pestovateľských porastoch testovaných druhov za slnečného počasia a nízkej vlhkosti. Pre získanie peľových zŕn sa z testovaných druhov rastlín náhodne odobrali zrelé samčie kvety z viacerých jedincov každého druhu v čase uvoľňovania peľu.

Čerstvý kvetový peľ z vybraných druhov rastlín bol vysušený v termogravimetri pri teplote do 40 °C do konštantnej hmotnosti. Následne boli vzorky pripraveného peľu prenesené na držiaky skenovacieho elektrónového mikroskopu (SEM) pomocou karbónovej pásky. Povrch vzoriek peľu bol následne upravený pokovovaním.

Vzorky peľu získané zo suchých kvetov sa ďalej sušili v laboratórnych podmienkach (pri cca 23 °C). Suché peľové zrná boli použité na mikroskopickú analýzu morfológických znakov. Pred mikroskopovaním boli peľové zrná nanesené na dvojité pásky a pripevnené na kovové platničky s priemerom 10 mm.

3.3 Fotodokumentácia vzoriek na skenovacom elektrónovom mikroskope

Na fotodokumentáciu tvaru a štruktúry povrchu peľových zŕn bol použitý skenovací elektrónový mikroskop ZEISS EVO LS 15 (SEM). Mikroskopické analýzy boli vykonané použitím SE (Secondary Electron) detektora za použitia režimu vysokého vákuua (High Vacuum), akceleračného napätia v rozpätí 5 kV – 20 kV.

Peľové zrná boli študované v laboratóriu v Inštitúte ochrany biodiverzity a biologickej bezpečnosti Slovenskej poľnohospodárskej univerzity, v laboratóriu Oddelenia tropických a subtropických rastlín Národnej botanickej záhrady M. M. Gryshka v Kyjeve, ďalej v laboratóriu Ruskej akadémie vied pomocou elektrónových mikroskopov Carl Zeiss LS 15 a JEOL JSM-6390 a boli urobené mikrofotografie. Porovnávacie morfológické štúdium peľových zŕn bolo vykonané v podmienkach nízkeho vákuua ($P = 60$ Pa). Použitie režimu nízkeho vákuua umožňuje študovať peľ bez jeho chemickej úpravy a získať neskreslené údaje o skúmanom objekte, čo uľahčuje proces prípravy sondy. Peľové zrná boli snímané s nasledovným priblížením: 500-krát – skupinka peľových zŕn; 1 000-krát – samostatné peľové zrno; 2 500 – 10 000-krát – pri fotení detailov skulptúry exiny.

3.4 Morfometrická analýza peľových zŕn

Meranie morfometrických parametrov sa uskutočnilo na 30 – 50 peľových zrnách z každého druhu pomocou AxioVision Rel. Program 4.8.2.0. Merania sa zaznamenali v mikrometroch (μm). Znaky a rozmery peľových zŕn boli vypočítané pomocou nasledujúcich parametrov: polárna os (P – čiara spájajúca proximálny a distálny pól), rovníková os (E – čiara kolmá na polárnu os a umiestnená v rovníkovej rovine), tvarový index – polárny/ekvatoriálny pomer (P/E). Skulptúra exiny, tvar, veľkosť a rozmery peľových zŕn bol pre každý druh určený pomocou skenovacej elektrónovej mikrofotografie (SEM) a palynologickej databázy (PalDat). Popisná terminológia je

prezentovaná podľa prác viacerých autorov Erdtman (1952), Punt et al. (1974, 2007), b), Böhne-Gütlein a Weberling (1981), Halbritter (1998), Halbritter et al. (2018). Indexy tvaru peľu (pomer P/E) boli prijaté podľa klasifikácie navrhnutej Erdtmanom (1952): veľmi sploštený (< 0,50), sploštený (0,5 – 0,75), slabo sploštený (0,75 – 0,88), plocho guľovitý (0,88 – 1), guľovitý (1,00), takmer guľovitý (1,01 – 1,14), slabo pretiahnutý (1,14 – 1,33), pretiahnutý (1,33 – 2,00) a veľmi pretiahnutý (> 2,01).

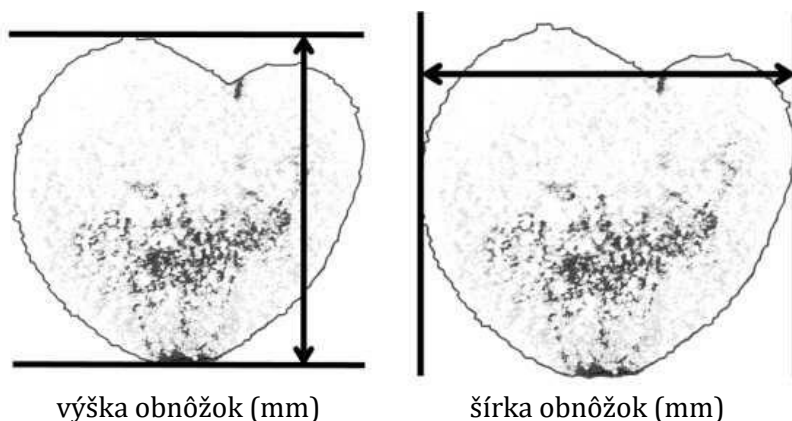
3.5 Konzervovanie obnôžkového peľu

Čerstvo odobraný obnôžkový peľ pomocou peľochytov obsahoval 20 až 30 % vody. Odobraný obnôžkový peľ bol vysušený v skriňových sušiarňach pri teplote 38 – 41 °C na sušiacich roštoch vo vrstve 1,0 až 1,5 cm. Každý deň boli včelie peľové obnôžky premiešané. Obnôžkový peľ s vlhkosťou 30 – 35 % vyžaduje dobu sušenia okolo 72 hodín. Pri nižšej vlhkosti peľu (20 – 25 %) je doba sušenia okolo 18 – 20 hodín.

3.6 Morfometrická analýza včelích peľových obnôžok

- Hmotnosť obnôžok (mg) – individuálne s použitím analytických váh BOSCH SAE200.
- Výška obnôžok (mm) – označuje výšku (v smere osi *y*) ohraničeného objektu, pomocou automatickej makrolupy Zeiss Discovery V12 z digitálnych obrazových záznamov obnôžok a použitím softwaru pre obrazovú analýzu – Zeiss AxioVision 4.7.1 (modul Automatic Measurement).
- Šírka obnôžok (mm) – označuje výšku (v smere osi *x*) ohraničeného objektu, pomocou automatickej makrolupy Zeiss Discovery V12 z digitálnych obrazových záznamov obnôžok a použitím softwaru pre obrazovú analýzu – Zeiss AxioVision 4.7.1 (modul Automatic Measurement) (obrázok 1).
- Farba obnôžok – pomocou UV-Vis / VIS spektrofotometra UV4 (UNICAM, Veľká Británia).

Obrázok 1 Metodika hodnotenia vybraných morfometrických znakov včelích peľových obnôžok (Nôžková et al., 2010)



3.7 Biochemické analýzy

Biochemické analýzy boli vykonané v laboratóriách Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre a v Akreditovanom skúšobnom laboratóriu podľa ISO/IEC 17025, SNAS registračné číslo 038/S-025.

3.7.1 Stanovenie celkovej sušiny, bielkovín, popola a obsahu lipidov

Celková sušina, bielkoviny a popol boli stanovené podľa Hrytsajenka et al. (2003). Vzorky rastlín sa sušili v sušiarňi pri 105 °C do konštantnej hmotnosti v hliníkových boxoch. Obsah bielkovín bol stanovený Kjeldahlovou metódou. Celkový obsah popola bol dosiahnutý spaľovaním pri 550 °C v peci do konštantnej hmotnosti. Výsledky sú uvedené v percentách. Celkový obsah lipidov je stanovený Soxhletovou metódou s extrakciou petroléterom (Hewavithrana et al., 2020). Ako extraktor sme použili nízkovriaci petroléter (40 °C). Rozdiel v hmotnostiach pred a po extrakčnom procese sme použili na výpočet celkového obsahu lipidov.

3.7.2 Stanovenie obsahu aminokyselín

Celkový obsah bielkovín a obsah aminokyselín bol zisťovaný štandardnými metódami v akreditovaných analytických laboratóriách EL spol. s r.o. Spišská Nová Ves. Vzorky peľu boli homogenizované a upravené vzhľadom na determinované chemické zložky. Na kvantitatívne stanovenie obsahu bielkovín v analyzovaných vzorkách peľu bola použitá Kjeldalova metóda. Aminokyseliny (v počte 18) boli stanovené automatickým aminoanalyzátorom (AAA T 339 Mikrotechna Praha) s použitím kyslej a oxidatívnej hydrolýzy. Bolo zisťovaných 10 esenciálnych aminokyselín: treonín, valín, leucín, izoleucín, fenylalanín, histidín, lyzín, arginín, tryptofán, metionín; a 8 neesenciálnych aminokyselín: alanín, glycín, kyselina glutámová, prolín, serín, tyrozín, kyselina asparágová, cystín.

Aminokyseliny boli stanovené podľa štandardného postupu AOAC (1990). Vzorky včelieho peľu boli analyzované nasledujúcim spôsobom: boli podrobené procesu hydrolýzy v 6N kyseline chlorovodíkovej (HCl) pri 110 °C počas 24 hodín, po čom nasledovala rekonštitúcia vzoriek s fyziologickým pufrom (0,12 N, pH 2,2) a analyzované analyzátorom aminokyselín (Model AAA-400, Ingos, Česká republika) spojeným s kolónou LCA K07/Li (kolóna PEEK 4,6 x 150 mm).

3.7.3 Stanovenie obsahu mastných kyselín

Vzorky včelích obnôžok boli pripravené podľa oficiálnych metód Ce 2-66 (1997) na konverziu triacylglycerolov na metylestery mastných kyselín (FAME). FAME boli analyzované plynovou chromatografiou s použitím prístroja Agilent 6890N (Agilent Technologies, Santa Clara, USA) vybaveného plameňovým ionizačným detektorom (FID; 250 °C; konštantný prietok, vodík 40 ml/min, vzduch 450 ml/min), kapilárna kolóna DB-23 (60 m x 0,25 mm, hrúbka filmu 0,25 µm, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA). Podrobný popis chromatografických podmienok je uvedený v práci Szabóovej et al. (2020). Na identifikáciu píkov FAME sme použili štandardy zmesi C4-C24 FAME (Supelco, Bellefonte, PA, USA). Vyhodnotenie bolo uskutočnené softvérom ChemStation 10.1. Obsah mastných kyselín bol vyjadrený ako g/100g lipidov.

3.7.4 Stanovenie obsahu makroprvkov a mikroprvkov

Obsahy makroprvkov, mikroprvkov a stopových kovov boli stanovené optickou emisnou spektroskopiou s indukčne viazanou plazmou (ICP-OES) podľa autorov Divis et al. (2015) pomocou nástroja ICP-OES (Ultima 2, Horiba Scientific, Francúzsko). Vzorky boli pripravené na analýzu po mikrovlnnej digescii (Milestone 1200, Milestone, Taliansko), 0,25 g vzorky sa rozložilo v zmesi kyseliny dusičnej (6 ml) (Analytika Praha Ltd, Česká republika) a kyseliny chlorovodíkovej (2 ml) (Analytika Praha s.r.o., Česká republika). Po rozklade bola vzorka prefiltrovaná cez filtračný papier (veľkosť pórov 0,45 mm) a doplnená do odmernej banky na objem 25 ml čistou vodou.

3.7.5 Stanovenie obsahu sacharidov

Separácia sacharidov bola uskutočnená na kolóne Prevail Carbohydrates ES (250 x 4,6 mm). Ako mobilná fáza boli použité acetonitril/voda (75 : 25, obj./obj.). Identifikácia sacharidov bola realizovaná porovnaním píkov relatívnych retenčných časov vzoriek so štandardmi (Sigma-Aldrich, Steinheim, Nemecko). Obsahy sacharidov boli vyjadrené v g/kg suchej vzorky.

3.7.6 Stanovenie obsahu karotenoidov

Celkový obsah karotenoidov vyjadrený ako β -karotén sme analyzovali spektrofotometricky pri vlnovej dĺžke 440 nm (VIS spektrofotometer UV Jenway Model 6405 UV/VIS). Vzorka (1 g) bola rozrušená morským pieskom a extrahovaná acetónom až do úplného odfarbenia. Bol pridaný petroléter a potom voda, aby sa oddelili fázy. Po separácii bola získaná petroléter-karotenoidná fáza a bola zmeraná absorbanca (ČSN 560053, 1986).

3.7.7 Stanovenie antioxidačnej aktivity

Antiradikálová aktivita včelích obnôžok bola stanovená v metanolovom, etanolovom, acetónovom a vodnom extrakte. V rámci antiradikálovej aktivity (schopnosť eliminovať voľné radikály) bola testovaná schopnosť včelích obnôžok odstraňovať radikály DPPH• (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl) metódami Brand-Williamsa et al. (1995) a Sánchez-Moreno et al. (1998). Vzorky 1 g v 25 ml vody/metylalkoholu/etylalkoholu/acetónu sa miešali 12 hodín a po filtrácii vzoriek sme stanovili antiradikálovú aktivitu. Absorbanca pri 515 nm bola registrovaná v pravidelných časových intervaloch až do dosiahnutia reakčnej rovnováhy – pomocou spektrofotometra GENESYS 20 Vis (Thermo Fisher Scientific Inc., USA). Najprv sme merali absorbanciu DPPH• (Sigma Aldrich, USA) bez antioxidačnej látky (kontrola). Inhibíciu DPPH• radikálov sme vypočítali v percentách voľných DPPH• radikálov vo vzorkách pomocou metódy Von Gadowa et al. (1997): % inhibície = $[(A_{C_0} - A_{A_t})/A_{C_0}] \times 100$; A_{C_0} je absorbanca kontroly v čase $t = 0$ min (DPPH• roztok), A_{A_t} je absorbanca v prítomnosti antioxidantu v čase t min, výsledok je v % inhibície DPPH• radikálov.

Lyofilizácia vzoriek bola uskutočnená na stolovom laboratórnom lyofilizátore LYOVAC GT 2 Amsco/Finn-Aqua. Samotný proces lyofilizácie trval 80 hodín bez ohrevu až do dosiahnutia vlhkosti 2 %. V rámci analýzy antioxidačných vlastností bolo 10 g

vzorky rozpustenej v 100 ml 90 % etanolu. Hodnotená bola aktivita takto pripravených roztokov.

3.7.8 Obsah polyfenolov

Obsah fenolových zlúčenín bol stanovený Folin-Ciocalteuovou spektrofotometrickou metódou s použitím tanínu ako referenčného štandardu (Singleton a Rossi, 1965; Singleton et al., 1999). 1 mg z každej vzorky bol pridaný do 2,5 ml Folin-Ciocalteu's roztoku činidla (0,2 M) (Alphatec, USA). Roztok so vzorkou bol ponechaný 5 minút odstáť, a potom boli pridané 2 ml 7,5 % p/v uhličitanu sodného (Impex, Brazília). Výsledná absorpcia farby bola meraná pri 760 nm v UV-VIS spektrofotometri. Reakčný čas bol 15 minút pri 40 °C. Na získanie obsahu fenolových zlúčenín pomocou údajov o koncentrácii bola zostrojená kalibračná krivka rôznych koncentrácií tanínu. Výsledky boli vyjadrené ako miligramy ekvivalentu tanínu na kilogram peľu.

3.7.9 Príprava vzoriek pre vibračné spektroskopické metódy

Jednotlivé vzorky peľu boli použité na izoláciu frakcie hydrofilných a hydrofóbných zlúčenín. Vzorka peľu (cca 10 g) bola dvakrát extrahovaná hexánom (200 ml) a po filtrácii cez filtračný papier bol filtrát odparený na vákuovej odparovačke a označený ako frakcia F1. Pevný podiel bol ďalej dvakrát podrobený extrakcii 96 % etanolom (200 ml). Konečná frakcia F2 bola získaná odparením filtrátu na vákuovej odparovačke, pevný podiel bol po extrakcii hexánom a etanolom (F3a) trikrát premytý vodou a podrobený pôsobeniu pepsínu (0,02 mol/l HCl). Zmes bola odstredená a pevný podiel bol niekoľkokrát premytý vodou do neutrálneho pH a odstredený (F3b). Podrobnejšie postupy týchto metód sú uvedené v spoločných publikáciách (Synytsya et al., 2013; Bleha et al., 2021).

3.7.10 Použité vibračné spektroskopické metódy

FTIR a FT NIR spektrá jednotlivých vzoriek peľu boli namerané na FT-IR spektrometre Nicolet 6700 (Thermo Scientific, USA). FTIR spektrá boli merané v KBr tablete v rozsahu vlnočtov 400 – 4 000/cm (stredná IČ oblasť – MIR) s rozlíšením 2/cm a počtom skenov 64. FT NIR spektrá boli merané v rozsahu vlnočtov 4 000 – 10 000/cm (blízka IČ oblasť – NIR) s rozlíšením 2/cm a počtom skenov 100. Druhá derivácia FT NIR spektier bola vypočítaná pomocou algoritmu Norris (dĺžka segmentu 5, medzera medzi segmentmi 5).

Difúzne reflektančné VIS spektrá (% R) boli namerané na UV-VIS spektrofotometri UV4 (UNICAM, Veľká Británia), nástavec Labsphere pre meranie reflexných spektier. Rozsah meraní 380 – 800 nm, šírka štrbiny 4 nm, rýchlosť skenovania 240 nm/min, dátový interval 2 nm, počet skenov 10. Následne boli všetky spektrá exportované do tabuľkového formátu pre ďalšie spracovanie pomocou softwaru Origin 6.0 (Microcal Origin, USA) a Excel 2007 (Microsoft, USA). Spektrá boli vyhladené pomocou FFT filtru, 5 – 10 bodov. VIS spektrá boli prevedené do jednotiek log (1/R). Spektrá v jednotkách absorbancie alebo log (1/R) boli normalizované pozdĺž osy Y v rozsahu 0 až 1. Podrobnejšie postupy týchto metód sú uvedené v spoločných publikáciách (Synytsya et al., 2013; Bleha et al., 2021).

3.7.11 Stanovenie biochemických profilov

FTIR a FT NIR spektrá vzoriek včelích peľových obnôžok boli merané na FT-IR spektrometre Nicolet 6700 (Thermo Scientific, USA). FTIR spektrá sme merali v KBR tablete v rozsahu vlnočtov 400 – 4000/cm (stredná IČ oblasť – MIR) s rozlíšením 2/cm a počtom skenov 64. FT NIR spektrá boli merané v rozsahu vlnočtov 4000 – 10000/cm (blízka IČ oblasť – NIR) s rozlíšením 2/cm a počtom skenov 100. Druhú deriváciu FT NIR spektier sme vypočítali pomocou algoritmu Norris (dĺžka segmentu 5, medzera medzi segmentmi 5).

Následne boli všetky spektrá exportované do tabuľkového formátu pre ďalšie spracovanie pomocou softwaru Origin 6.0 (Microcal Origin, USA) a Excel 2007 (Microsoft, USA). Spektrá boli vyhladené pomocou FFT filtru, 5 – 10 bodov. Zvolené spektrálne oblasti pre FTIR boli 1 200 – 900/cm a pre FT NIR 6 000 – 4 000/cm. Podrobnejšie postupy týchto metód sú uvedené v spoločných publikáciách (Synytsya et al., 2013; Bleha et al., 2021).

3.7.12 Analýza FTIR, FT NIR a VIS spektier

Sety upravených FTIR, FT NIR a VIS spektier v tabuľkovom formáte boli exportované do softwaru Statistica 9.0 (Statsoft, USA), kde boli vypočítané hodnoty popisnej štatistiky a prevedená viacrozmerná štatistická analýza. V prípade spektier bola prevedená diskriminačná analýza (PCA – analýza hlavných komponentov) na základe kovariácií pomocou programu TQ Analyst (Thermo Fischer Scientific, USA). Zvolené spektrálne oblasti pre FTIR boli 1200 – 900/cm a pre FT NIR 6 000 – 4 000/cm. Boli pripravené grafy komponentnej záťaže a 3D grafy komponentného skóre pre vhodné kombinácie hlavných komponentov. Rozdiely medzi vzorkami boli vyhodnotené pomocou HCA (metóda zhľukovania: nevážený priemer skupín dvojíc, úplné spojenie a Wardova metóda) na základe Euklidovej a Manhattanovej blokovej vzdialenosti a prezentované vo forme dendrogramov podobnosti objektov. Namerané VIS spektrá boli použité pre výpočet farebných parametrov systému CIELAB pomocou programu Excel 2007 (Microsoft, USA).

3.7.13 Príprava prototypov müsli tyčínok so včelími peľovými obnôžkami

Na prípravu müsli tyčínok boli použité nasledujúce ingrediencie – ovsené vločky, glukózový sirup, fruktózový sirup, ryžový extrudát so sladom, kukuričné lupienky, rastlinný olej, pšeničné celozrnné vločky, pšeničný extrudát, včelie peľové obnôžky maku siateho a kapusty repkovej pravej a to na úrovni 3 variantov: 3, 5 alebo 10 %, glycerol, jablkový koncentrát a sójový lecitín. Ako kontrolný variant boli použité len tyčinky so základnými komponentami včelích peľových obnôžok.

3.7.14 Determinácia stupňa tolerancie/intolerancie na potraviny

DIACOM je diagnostický systém, ktorý umožňuje sledovať telesný stav prostredníctvom zmien vlnových charakteristík telesných tkanív. Ide o nízko-frekvenčný prístroj, ktorý využíva princíp biorezonancie v praxi a funguje na princípe elektromagnetických vibrácií veľmi nízkej frekvencie, ktoré dokážu prijímať a odovzdávať informácie v ľudskom mozgu, obchádzajúc bežné zmysly. Klient je spojený s počítačom cez sluchový aparát, obraz na monitore sa mení, akoby sme listovali atlasom

ľudského tela. Systém pracuje na základe virtuálneho skenovania organizmu a je postavený na spektrálnej analýze určitých magnetických polí mozgu. Hlavná funkcia tohto programu je expresná analýza stavu všetkých fyziologických systémov ľudského organizmu napr. srdcovo-cievneho, dýchacieho, tráviaceho, reprodukčného, kostno-svalového, endokrinného a pod. (URL 2). Biorezonanciou je možné zistiť konkrétne potraviny alebo substancie, na ktoré je potravinová intolerancia a zároveň biorezonančnou metódou pôsobiť na tráviacu sústavu tak, aby sa eliminovala neznášanlivosť na uvedenú potravinu. Potraviny spôsobujúce problémy sú po biorezonancii s veľmi vysokou úspešnosťou organizmom tolerované (URL 3).

Toleranciu resp. intoleranciu na vhodnosť konzumácie müsli tyčínok sme testovali u troch dobrovoľných probandov a toleranciu/intoleranciu na vhodnosť konzumácie včelích obnôžok peľu u desiatich dobrovoľných probandov.

3.7.15 Štatistická analýza experimentálnych údajov

Základné štatistické analýzy – minimálne a maximálne hodnoty vlastností, aritmetický priemer a variačný koeficient (CV, %) boli vykonané pomocou PAST 2.17. Výsledky morfometrickej analýzy boli stanovené ako priemer \pm štandardná odchýlka (SD) a bola odhadnutá štatistická významnosť.

4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

4.1. Morfológická charakteristika peľových zŕn

4.1.1. Kapusta repková pravá

Kapusta repková pravá je druhá najvýznamnejšia olejnatá plodina a súčasne je považovaná za významný zdroj nektáru a peľu pre včelstvá a iných opel'ovačov na svete. Je to predovšetkým olejnatá plodina, ktorá predstavuje približne zdroje pre produkciu 13 – 16 % celosvetového rastlinného oleja (Wang et al., 2018). Semená a viaceré rastlinné časti sa používajú aj na výrobu tzv. zelenej energie, na ľudskú spotrebu, ako krmivo pre zvieratá, v chemickom a farmaceutickom priemysle (Friedt a Snowdon, 2009) a preto má významný ekonomický význam pre mnohých farmárov a spracovateľov v Európe (Európska komisia Eurostat, 2014) ako aj globálne vo svete. V porovnaní s plodinami, ako je pšenica, sója a ryža, ktoré majú dlhú históriu vývoja a domestikácie, bola kapusta repková pravá domestikovaná len v 19. storočí.

Kvety kapusty repkovej pravej produkujú veľké množstvo nektáru a peľu, a preto sú veľmi atraktívne pre včely medonosné a iných opel'ovačov (Free, 1993). Kvety sú obojpohlavné, majú štyri kališné lístky a štyri korunné lupienky. Tyčinky sú štvormocné, štyri s dlhšími a dve s kratšími nitkami. Pri báze tyčiniek sa nachádzajú nektáriá. Piestik je vrchný, zložený z dvoch plodolistov (obrázok 2) (Mussury a Fernandes, 2000). Plodom je podlhovastá šesťuľa.

Druh je cudzoopelivý. Peľ sa do prostredia uvoľňuje z peľníc tyčiniek s dlhými nitkami. V niektorých autosterilných odrodách sa uvoľňovanie peľu začína ešte pred otvorením kvetu a pokračuje až do konca obdobia kvitnutia. V týchto odrodách blizna počas obdobia kvitnutia dorastie až do polohy dlhých tyčiniek, zatiaľ čo peľnice najprv uvoľnia peľ do prostredia a potom sa skrútia, aby sa časť peľu nasmerovala na bliznu toho istého kvetu. V iných odrodách, najmä tých, ktoré produkujú žlté semená, dopadajú peľové zrná na bliznu toho istého kvetu, čo vedie k samoopeleniu.

Kvitnutie kapusty repkovej pravej spravidla nastáva okolo 9. hodiny ráno, keď je už väčšina kvetov otvorených, ale môže sa realizovať aj kedykoľvek počas dňa. Kvety zostanú otvorené 1 až 3 dni a v noci sa čiastočne zatvoria a otvorenie nastane opäť nasledujúce ráno. Kvety ozimnej formy kapusty repkovej pravej zostávajú otvorené 1 až 3 dni, zatiaľ čo kvety jarnej formy zostávajú otvorené 1 až 2 dni. Obdobie kvitnutia trvá od 22 do 45 dní, závisí však od poveternostných podmienok (Free, 1993; Delaplane a Mayer, 2000). Kvitnutie začína najčastejšie od druhej polovice apríla a pokračuje do konca mája, jednotlivé rastliny môžu kvitnúť až do októbra.

Ouvrard et al. (2017) zistili, že všetky testované genotypy v experimente produkovali nektár v priemere 1,2 μ l na jeden kvet za 24 hodín s vysokým obsahom sacharidov (48 %).

Kapusta repková pravá sa považuje za druh opel'ovaný hmyzom, ale stupeň opel'ovania závislého od hmyzu sa medzi jednotlivými odrodami líši a podiel opel'ovania vetrom zostáva predmetom diskusie mnohých autorov. Aj napriek nedostatku opel'ovačov sa zistilo na blizne približne 300 peľových zŕn. Vplyv včiel a iných opel'ovačov

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

v kombinácii s vetrom zabezpečujú nasadenie vyššieho počtu semien v šešuliach aj na rastlinách.

Tabuľka 2 Variabilita hodnotených morfológických znakov peľových zŕn kapusty repkovej pravej

Znaky	n	Min	Max	Priemer	V (%)
P – dĺžka polárnej osi (µm)	100	34,74	45,61	39,04	7,84
E – dĺžka ekvatoriálnej osi (µm)	100	23,13	28,86	24,36	6,86
P/E – index tvaru		1,50	1,58	1,60	

Legenda: n – počet peľových zŕn, \bar{x} – aritmetický priemer, **Min** – minimum, **Max** – maximum, V – variačný koeficient

Morfologické charakteristiky peľu, ako je veľkosť a tvar peľových zŕn, ako aj hrúbka a skulptúra exiny, sa považujú za funkčný nástroj na identifikáciu rastliny.

Pri hodnotení peľových zŕn kapusty repkovej pravej v realizovaných experimentoch sme zistili dĺžku polárnej osi v rozpätí 34,74 – 45,61 µm s priemerom 39,04 µm a dĺžku ekvatoriálnej osi v rozpätí 23,13 – 28,86 µm s priemerom 24,36 µm (tabuľka 2).

Peľová jednotka – monády

Polarita peľových zŕn – izopolárne

Symetria peľových zŕn – radiálne symetrické

Veľkosť peľových zŕn – stredné (25 – 50 µm)

Tvar peľových zŕn (P/E) – pretiahnuté (1,33 – 2,00)

Obrys peľových zŕn – laločnaté

Počet a tvar apertúr – trojkolpátne

Skulptúra exiny – sieťkovaná (reticulate) (obrázok 3).

Saha a Begum (2020) vo svojej štúdií hodnotili morfológickú charakteristiku peľových zŕn troch druhov kapusty repkovej v agroekologických podmienkach Bangladéša svetelným mikroskopom. Pri *Brassica napus* zistili dĺžku ekvatoriálnej osi $15,75 \pm 0,41$ µm a dĺžku polárnej osi $16,17 \pm 0,67$ µm s tvarovým indexom 1,03. V porovnaní s výsledkami dosiahnutými v realizovaných experimentoch produkoval testovaný genotyp kapusty repkovej pravej v Bangladéši výrazne menšie peľové zrná. Pri *Brassica juncea* určili dĺžku ekvatoriálnej osi $10,93 \pm 0,48$ µm a dĺžku polárnej osi $13,08 \pm 0,52$ µm s tvarovým indexom 1,22. Pri *Brassica rapa* určili dĺžku ekvatoriálnej osi $29,47 \pm 1,12$ µm a dĺžku polárnej osi $33,90 \pm 1,33$ µm s tvarovým indexom 1,15.

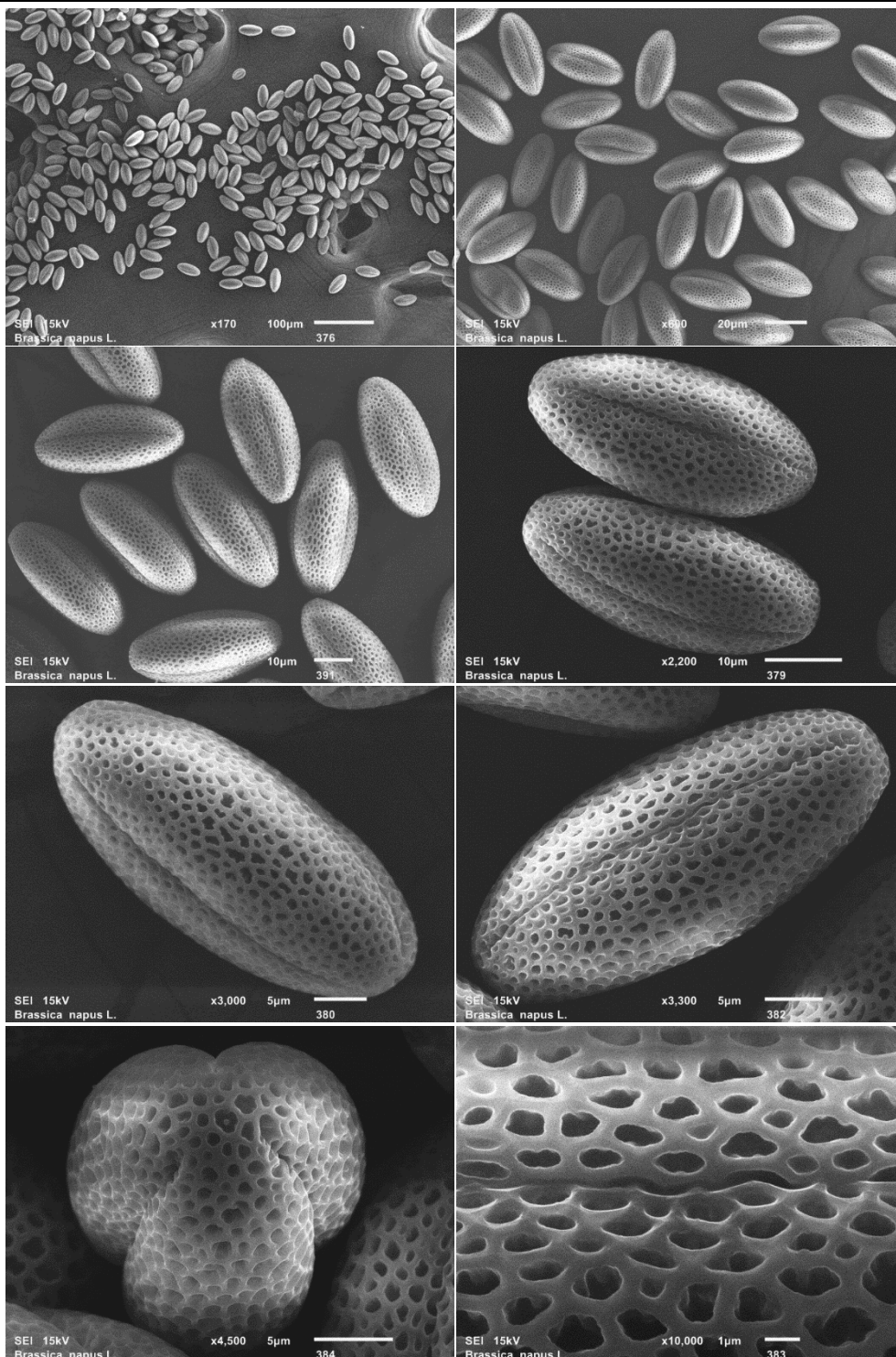
Veľmi zaujímavý experiment realizovala Zubkova et al. (2022) v ruských agroekologických podmienkach. Kolektív hodnotil vplyv dopestovaných rastlín kapusty repkovej pravej v rôznych agroekologických podmienkach vo variantoch: minerálne hnojivo (NPK 60 : 60 : 60 t/ha) samostatne a spolu so zeolitom, kuracím trusom (10 t/ha) samostatne a spolu so zeolitom (5 t/ha) a kontrolou (bez hnojív) v rokoch 2018 na morfológickú charakteristiku peľových zŕn. Autori zistili, že peľové zrná testovaného genotypu kapusty repkovej pravej sa vyznačovali podlhovastým až elipsoidným tvarom.

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

V polárnom pohľade boli peľové zrná kruhové, hoci v rovníkovom pohľade eliptické. Pre polárnu os peľových zŕn pri úpravách hnojív sa minimálne hodnoty pohybovali od 24,59 do 27,76 μm , zatiaľ čo maximálne hodnoty boli 40,13 až 42,12 μm v porovnaní s kontrolnou hodnotou (21,56 μm , 41,52 μm). Variačný koeficient pre aplikácie hnojív sa pohyboval od 8,86 % do 14,10 % v porovnaní s kontrolou (14,85 %) pre polárnu os. Pre rovníkovú os peľových zŕn sa minimálne hodnoty pohybovali od 11,61 do 15,63 μm , zatiaľ čo rozsah maximálnych hodnôt bol 19,74 až 23,96 μm v porovnaní s kontrolou (13,63 μm , 21,88 μm). Pre rovníkovú os medzi aplikáciami hnojív sa variačný koeficient pohyboval od 8,47 % do 12,01 % v porovnaní s kontrolou (18,35 %). Pre obvod perforácií exiny peľových zŕn uvádza minimálne hodnoty od 1,68 do 1,95 μm , zatiaľ čo maximálne hodnoty sa pohybovali od 4,34 do 7,12 μm v porovnaní s kontrolnou vzorkou (1,34 μm , 5,68 μm). Variačný koeficient sa pohyboval od 24,48 % do 33,19 % v porovnaní s kontrolou (34,78 %) pre obvod perforácie exiny. Index tvaru peľových zŕn *B. napus* sa pohyboval od 1,96 do 2,07 μm v porovnaní s kontrolou (2,03 μm). Použitie organických hnojív a zeolitu výrazne zvýšilo všetky hodnoty morfometrických parametrov peľových zŕn. Dosiahnuté výsledky uvedených autorov výrazne prekračovali morfometrické parametre peľových zŕn v realizovanom experimente v podmienkach Slovenska.



Obrázok 2 Kvetné púčiky, kvety, blizna piestika a tyčinky kapusty repkovej pravej.
Foto: A. Oravec, 2012



Obrázok 3 Peľové zrná kapusty repkovej pravej pretiahnutého tvaru a s detailom sieťkovanej exiny. Foto: R. Ostrovský, 2017

4.1.2. Mak siaty (*Papaver somniferum* L.)

Mak siaty (*Papaver somniferum* L.) je jednou z najstarších liečivých rastlín na svete so všestranným modelovým systémom na štúdium sekundárneho metabolizmu. V maku bolo zistených viac ako 30 alkaloidov. Z nich sú najvýznamnejšie hlavne morfín, tebaín, kodeín, papaverín a noskapín. Celkový obsah alkaloidov bol určený v rozsahu 683,32 – 25 034,84 µg/g sušiny.

Mak siaty pochádza zo starovekej Mezopotámie (dnešný Irak a Kuvajt). Jeho alkaloidy sa používajú vo farmaceutickom priemysle alebo sa pestuje pre využitie v potravinárskom priemysle. Pestovanie maku siateho je legálne zakázané vo väčšine častí sveta vrátane Thajska. Legálne pestovanie pre farmaceutický a potravinársky priemysel je možné v Austrálii, Kanade, Indii, Strednej a Južnej Amerike, Turecku, Rusku, Českej republike, Slovensku, Holandsku, Francúzsku, Maďarsku, Iráne, Poľsku, Rumunsku a v Španielsku.

Pestovateľské plochy maku na Slovensku kulminovali v rokoch 1994 a 1995, kedy dosiahli cca 5 700 ha (5 746 resp. 5 664 ha), úroveň dvojnásobku priemernej výmery v predtransformačnom období. V rokoch 2002 a 2003 sa naopak mak pestoval na najmenšej ploche, na úrovni jednej sedminy výmery predtransformačného obdobia (Toth et al., <https://www.mpsr.sk>).

Mak siaty zaradujeme do čeľade Papaveraceae Juss., kam patria jednoróčné a viacróčné byliny. Rod *Papaver* pozostáva zo 149 akceptovaných druhov a je distribuovaný v miernych a subtropických oblastiach severnej pologule a Južnej Afriky. Jednoróčná bylina je vysoká 30 – 180 cm. Má priamu stonku. Listy sú sediace a srdcovitou bázou objímajú stonku. Farba listov je sivozelená (oinovatené listy). Korunné lupienky sú biele, ružové až fialové, s tmavými škvrnami na báze (obrázok 4). Nitky tyčínok sú kyjačikovito zhrubnuté, peľnice biele až fialové (obrázok 5). V kvete sa môže vyvinúť 60 – 250 tyčínok (obrázok 6 a), ktoré môžu vyprodukovať 12 – 30 miliónov peľových zrn. Preto sa mak siaty považuje za jeden z najlepších zdrojov kvalitného peľu pre včelstvá a ostatných opel'ovačov. Tyčinky majú peľnice žlté, vyskytujú sa aj fialovo sfarbené. Nitky sú biele, prípadne fialové až čierne. Semenník je vrchný, zložený z 5 – 24 plodolistov, ktoré vytvárajú neúplné priehradky – lamely, na ktorých sa tvorí 2 – 3 tisíc vajčiek (obrázok 6 b), z ktorých sa po opelení a oplodnení vyvinú semená.

Piestik s priehradkami po opelení a oplodnení vytvára plod tobolku, nazývanú tiež makovica. V jednej tobolke sa môže vytvoriť 1 – 12 tisíc semien s hmotnosťou od 2 do 3 gramov (Flóra Slovenska V/4).

Tabuľka 3 Variabilita morfológických znakov peľových zrn maku siateho (*Papaver somniferum* L.)

Hodnotené znaky	n	Min	Max	Priemer	V (%)
Dĺžka polárnej osi (µm) – P	100	23,48	33,56	38,34	4,96
Dĺžka ekvatoriálnej osi (µm) – E	100	29,10	41,89	36,41	5,10
Tvarový index (P/E)		0,68	0,80	1,05	

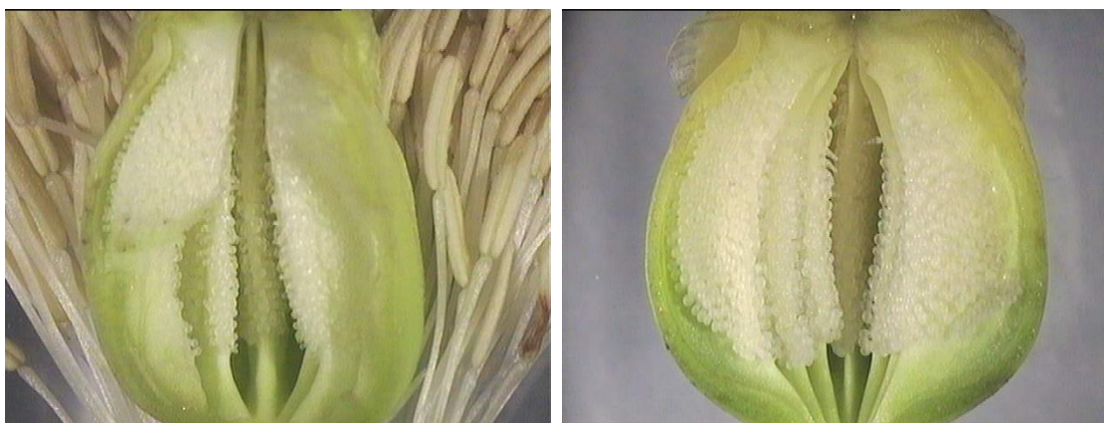
Legenda: n – počet peľových zrn, \bar{x} – aritmetický priemer, **Min** – minimum, **Max** – maximum, **V** – variačný koeficient



Obrázok 4 Variabilita v tvare a farbe kvetov maku siateho. Foto: A. Oravec, 2012



Obrázok 5 Zber peľových zŕn včelami z tyčínok maku siateho.
Foto: Z. Miklošíková, 2012



Obrázok 6 a) Pozdĺžny prierez semenníkom maku s vajíčkami a tyčinkami.
b) Priehradky s vajíčkami v semenníku maku. Foto: A. Oravec, 2015

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

Pri hodnotení peľových zŕn maku siateho v realizovaných experimentoch sme zistili dĺžku polárnej osi v rozpätí 23,48 – 33,56 μm a dĺžku ekvatoriálnej osi (priemer peľových zŕn) v rozpätí 29,10 – 41,89 μm (tabuľka 3).

Peľová jednotka – monády

Polarita peľových zŕn – izopolárne

Symetria peľových zŕn – radiálne symetrické

Veľkosť peľových zŕn – stredné (25 – 50 μm)

Tvar peľových zŕn (P/E) – takmer guľovité (1,00 – 1,14)

Obrys peľových zŕn – okrúhle

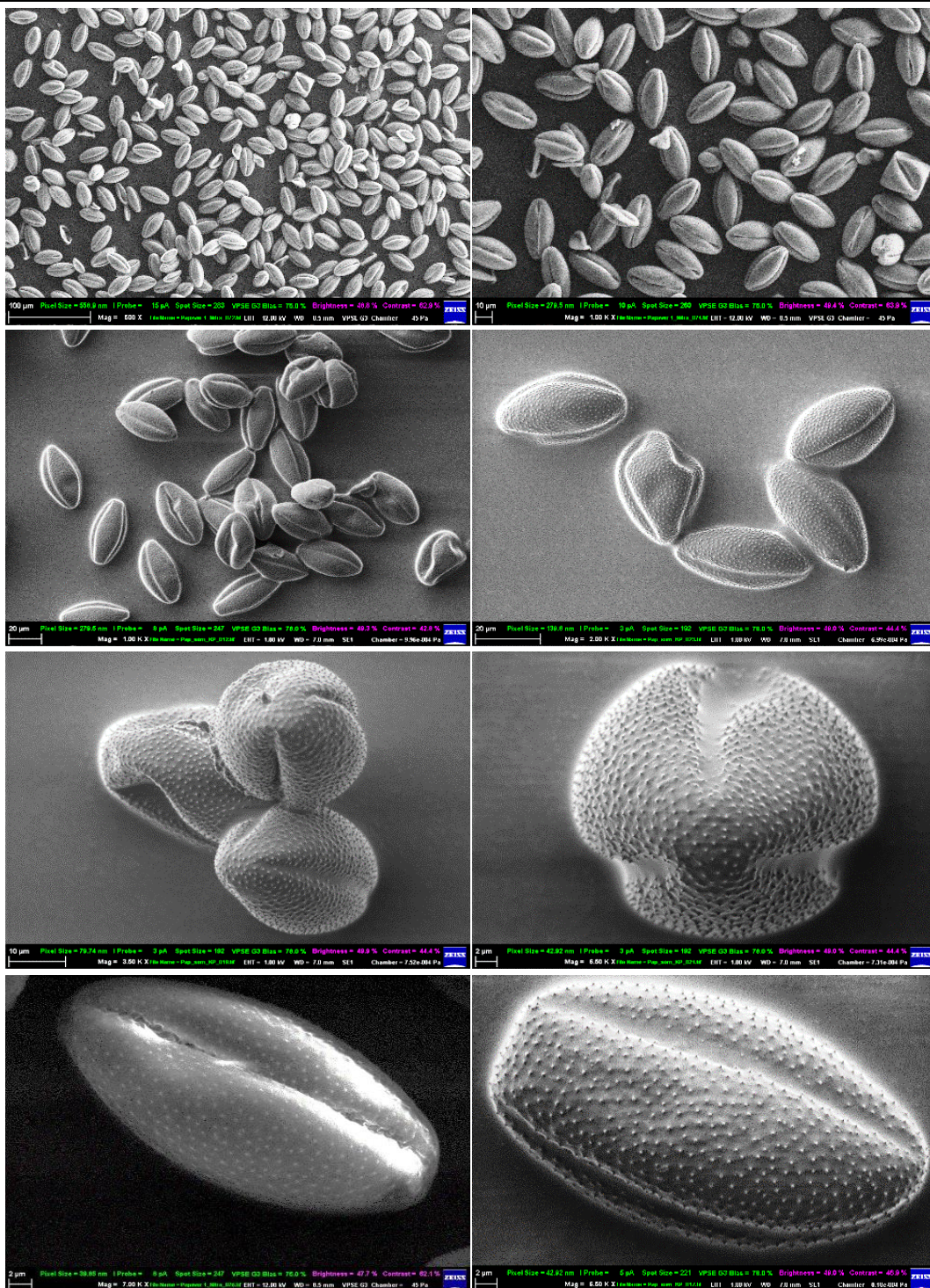
Počet a tvar apertúr – trojkolpátne

Skulptúra exiny – bradavičkovitá (verrucate) (obrázok 7).

Peľové zrná *Papaver somniferum* sú monády, izopolárne a radiálne symetrické. Tvar peľových zŕn je guľovitý až takmer guľovitý [pomer P/E = 0,99 – 1,12 (s priemerom $1,03 \pm 0,03$)]; priemer polárnej osi (P) je 23,20 – 38,55 (s priemerom $31,14 \pm 3,35$) μm a priemer rovníkovej osi (E) je 21,46 – 35,03 (s priemerom $30,20 \pm 3,33$) μm . Peľové zrná sú z hľadiska veľkosti klasifikované ako stredné. Obrys peľových zŕn v polárnom zobrazení je kruhový s priemerom $30,65 \pm 3,35$ μm . Apertúry sú tri a majú tvar brázd, jedná sa o trojkolpátny peľ. Brázdy sú vretenovité, 12,83 – 31,15 μm dlhé (s priemerom $21,77 \pm 3,96$) a 8,36 – 15,18 μm široké (s priemerom $11,06 \pm 1,86$). Hrúbka exiny je 1,24 – 2,81 μm (s priemerom $2,02 \pm 0,39$). Skulptúra exiny je drobnoostnatá (Ngermsaengsaruy et al., 2023).

Podľa Özköka a Sorkuna (2016) sú peľové zrná maku siateho z bielych a fialových kvetov podobné v morfológických znakoch, ako je trikolpátny peľ, sploštený až guľovitý tvar (pomer P/E = 0,95) a drobnoostnatá skulptúra exiny. Peľové zrná z bielych kvetov mali priemernú dĺžku polárnej osi (P) $29,04 \pm 0,82$ μm ; dĺžku brázdy 22,78 μm , šírku brázdy 8,34 μm a hrúbku exiny 1,00 μm . Peľové zrná z purpurových kvetov mali priemer polárnej osi $28,76 \pm 1,03$ μm ; priemer ekvatoriálnej E osi $30,28 \pm 0,94$ μm ; dĺžku brázdy 23,78 μm , šírku brázdy 9,90 μm a hrúbku exiny 1,00 μm .

Zo vzájomného porovnania výsledkov dosiahnutých v realizovaných experimentoch s výsledkami uvedených autorov vyplýva zhoda v tvarových znakoch, pričom sme v realizovaných experimentoch stanovili peľové zrná s dlhšou polárnou aj ekvatoriálnou osou. Tieto rozdiely môžu byť podmienené hodnotením rozdielných odrôd a v iných agroekologických podmienkach.



Obrázok 7 Peľové zrná takmer guľovitého tvaru a detaily skulptúry exiny maku siateho. Foto: R. Ostrovský, 2011

4.2 Morfológická charakteristika včelích peľových obnôžok

4.2.1 Kapusta repková pravá (*Brassica napus* sk. *Napus*)

V realizovanom experimente sme určili hmotnosť monoflorálnych včelích peľových obnôžok získaných z porastov kapusty repkovej pravej v rozsahu od 9,20 mg do 17,9 mg s priemernou hodnotou 13,56 mg (tabuľka 4). Pri výške obnôžok sme zaznamenali rozsah od 3,19 po 4,71 mm s aritmetickým priemerom 3,43 mm. Pri šírke obnôžok sme zaznamenali rozsah od 2,72 po 4,59 mm s aritmetickým priemerom 3,89 mm. Pri hodnotení výšky ($V = 8,18 \%$) a šírky obnôžok (7,65 %) sme určili nízky stupeň variability, čo je podmienené predovšetkým morfológickou kapacitou stavby tretích párov nôh včiel, na ktorých včely formujú a transportujú nazbierané peľové zrná z kvetov do úľov. Pri hmotnosti sme určili vyšší stupeň variability (13,23 %), čo je vždy závislé od veľkosti obnôžok, ale aj od obsahu vody v obnôžkach.

Tabuľka 4 Variabilita morfológických znakov včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej

Hodnotený znak	n	Min	Max	Priemer	V (%)
Hmotnosť (mg)	100	9,20	17,9	13,56	13,23
Výška (mm)	98	2,79	4,29	3,43	8,18
Šírka (mm)	98	3,19	4,71	3,89	7,65

Legenda: n – množstvo peľových zrn, **Min.** – minimum, **Max.** – maximum, **Mean** – aritmetický priemer, **V (%)** – variačný koeficient

V roku 2016 sme realizovali v podmienkach Ukrajiny spoločný experiment s kolektívom Katedry včelárstva Národnej univerzity prírodných a environmentálnych vied Ukrajiny, v ktorom sme zabezpečili zber včelích peľových obnôžok z porastov kapusty repkovej pravej. Obdobie kvitnutia kapusty repkovej od 27.4.2016 do 25.5.2016 bolo rozdelené do 5 samostatných zberov včelích peľových obnôžok. V každom období boli v náhodne vybranom dni odobraté včelie peľové obnôžky v jednom včelstve. Z výsledkov vyplynulo (tabuľka 5), že včely z vybraného včelstva nazbierali v hodnotený deň včelie peľové obnôžky od 39,8 g (5. odber) do 270,7 g (3. odber). To znamená, že nižšie znášky včelích peľových obnôžok boli zaznamenané na začiatku kvitnutia (1. odber – 50,8 g) a na konci obdobia kvitnutia kapusty repkovej pravej (5. odber – 39,8 g). V období maximálneho kvitnutia sa znášky včelích peľových obnôžok výrazne zvýšili a to v rozsahu od 100 g (2. a 4. odber) do 270,7 g (3. odber), ktorý bol v období plného kvitnutia porastu. Z toho vyplýva tiež poznatok, že včely reagujú na produkciu peľových zdrojov intenzitou náletov a tým aj znášky včelích peľových obnôžok.

Pri každom zbere včelích peľových obnôžok v každom zberovom období boli zhodnotený aj ich základné morfometrické parametre. Získané výsledky boli pozoruhodné, pretože na začiatku kvitnutia (1. odber 8,65 mg a 2. odber 8,58 mg) ako aj na konci obdobia kvitnutia (5. odber 8,65 mg) dosahovali včelie peľové obnôžky takmer zhodne nižšiu priemernú hmotnosť ako v období plného kvitnutia (4. odber 11,31 mg a 3. odber 9,86 mg). Obdobné rozdiely sme zaznamenali aj pri hodnotách výšky (1. odber 3,40 mm – 3. odber 3,66 mm) a šírky (1. a 5. odber 2,88 mm – 3. odber 3,26 mm) včelích peľových obnôžok. Súčasne bola zistená aj vysoká kvalita včelích peľových obnôžok

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

s pevným, kompaktným a pravidelným tvarom, bez drobenia, čo naznačuje možnosť ich komerčného využitia.

V realizovaných experimentoch sme však hodnotili vzorky včelích peľových obnôžok, ktoré dosahovali vyššiu priemernú hmotnosť (13,56 mg), výšku (3,43 mm) ako aj šírku (3,89 mm) (tabuľka 5; obrázky 8, 9 a 10).

Tabuľka 5 Zberové obdobie a kalendár zberu vzoriek včelích peľových obnôžok z porastu kapusty repkovej pravej s morfometrickou charakteristikou

Odber obnôžok	Počet dní zberu	Zberové obdobie	Hmotnosť obnôžok v zbere za deň jedným včelstvom (g)	Včelie peľové obnôžky		
				Hmotnosť (g)	Výška (mm)	Šírka (mm)
1.	7	27.04. – 03.05.	50,8 ± 2,25	8,65 ± 0,31	3,40 ± 0,06	2,88 ± 0,059
2.	3	04.05. – 06.05.	100,0 ± 3,33	8,58 ± 0,44	3,52 ± 0,06	2,96 ± 0,070
3.	11	07.05. – 17.05.	270,7 ± 11,79	11,31 ± 0,24	3,66 ± 0,04	3,26 ± 0,067
4.	5	18.05. – 22.05.	100,5 ± 3,028	9,86 ± 0,35	3,54 ± 0,06	3,02 ± 0,077
5.	3	23.05. – 25.05.	39,8 ± 2,74	8,65 ± 0,31	3,41 ± 0,06	2,88 ± 0,050

Vlastné spracovanie výsledkov autormi zo spoločného literárneho zdroja Redina et al. (2016).

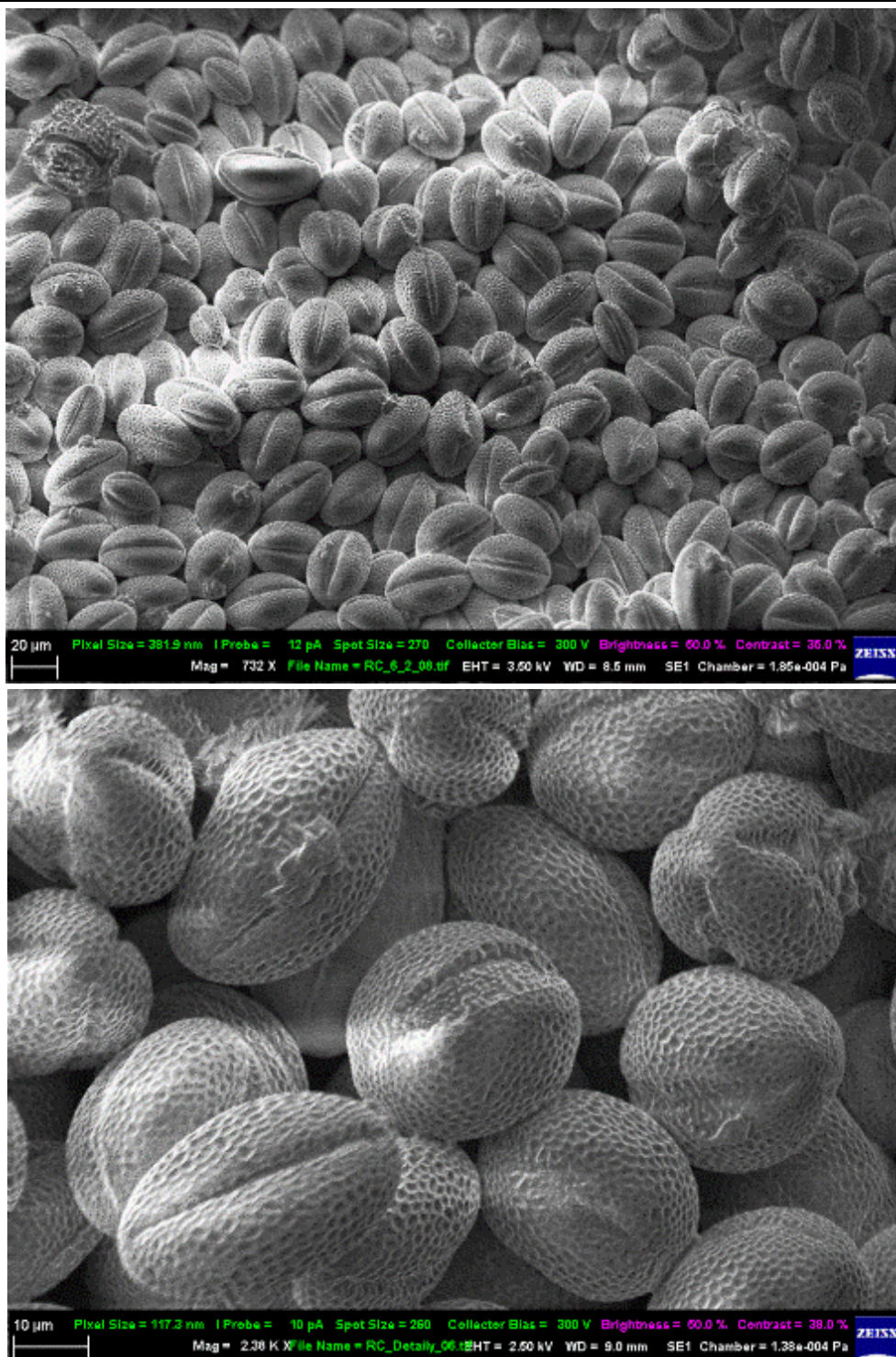


Obrázok 8 Zväčšené včelie peľové obnôžky kapusty repkovej pravej odфотографované svetelným mikroskopom (vľavo), skenovacím elektrónovým mikroskopom (vpravo).

Foto: R. Ostrovský, 2017



Obrázok 9 Variabilita v tvare a farbe včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej.
Foto: A. Oravec, 2022



Obrázok 10 Peľové zrná osadené vo včelej peľovej obnôžke kapusty repkovej pravej.
Foto: R. Ostrovský, 2017

4.2.2. Mak siaty (*Papaver somniferum* L.)

V realizovanom experimente sme určili hmotnosť monoflorálnych včelích peľových obnôžok získaných z porastov maku siateho v rozsahu od 8,40 mg do 20,50 mg s priemernou hodnotou 15,32 mg (tabuľka 6). Pri výške obnôžok sme zaznamenali rozsah od 3,09 do 3,75 mm s aritmetickým priemerom 3,46 mm. Pri šírke obnôžok sme zaznamenali rozsah od 3,31 do 4,80 mm s aritmetickým priemerom 3,73 mm. Pri hodnotení výšky ($V = 5,54 \%$) a šírky obnôžok ($8,66 \%$) sme určili nízky stupeň variability, čo je podmienené predovšetkým morfológickou kapacitou stavby tretích párov nôh včiel, na ktorých včely formujú a transportujú nazbierané peľové zrná z kvetov do úľov. Pri hmotnosti sme určili vyšší stupeň variability ($15,17 \%$), čo je vždy závislé od veľkosti obnôžok ale aj od obsahu vody v obnôžkach.

Tabuľka 6 Variabilita morfológických znakov včelích obnôžok peľu maku siateho (*Papaver somniferum* L.)

Hodnotené znaky	n	Min	Max	Mean	V%
Hmotnosť (mg)	100	7,37	21,04	14,96	16,17
Výška (mm)	100	2,79	3,95	3,14	7,34
Šírka (mm)	100	3,31	4,80	3,73	8,66

Legenda: **n** – množstvo peľových zrn, **Min** – minimum, **Max** – maximum, **Mean** – aritmetický priemer, **V (%)** – variačný koeficient

Informácií o včelích peľových obnôžkach maku siateho je pomerne málo a to z dôvodu, že v prevažnej väčšine krajín je jeho pestovanie legálne zakázané. V našom výskumnom pracovisku sme analyzovali včelie peľové obnôžky maku siateho už v minulosti viackrát, a to v rámci riešenia niektorých výskumných projektov. V roku 2010 sme hodnotili morfometrickú charakteristiku včelích peľových obnôžok z odrody maku siateho Lazurit (obrázky 11 a 12). Na náhodne vybraných peľových obnôžkach sme s použitím makroskopu Discovery V12 a softwaru Zeiss AxioVision 4.7.1. určili hmotnosť obnôžok v rozsahu 7,5 – 10,7 mg, plochu 6,9 – 9,5 mm², výšku 3,2 – 3,7 mm a šírku obnôžok v rozsahu 2,8 – 3,3 mm. V porovnaní s prezentovanými výsledkami z realizovaných experimentov vykazovali včelie peľové obnôžky z testovanej odrody nižšie hodnoty hlavne na úrovni hmotnosti včelích peľových obnôžok.

Hodnotenie včelích peľových obnôžok sme realizovali aj v spolupráci s kolektívom z Univerzity chemickej technológie v Prahe v spoločnom výskume (Bleha et al., 2019). V uvedenej štúdii sme určili priemernú hmotnosť včelích peľových obnôžok z maku siateho $15,32 \pm 0,23$ mg, výšku obnôžok $3,45 \pm 0,004$ mm a šírku obnôžok $3,77 \pm 0,006$ mm.

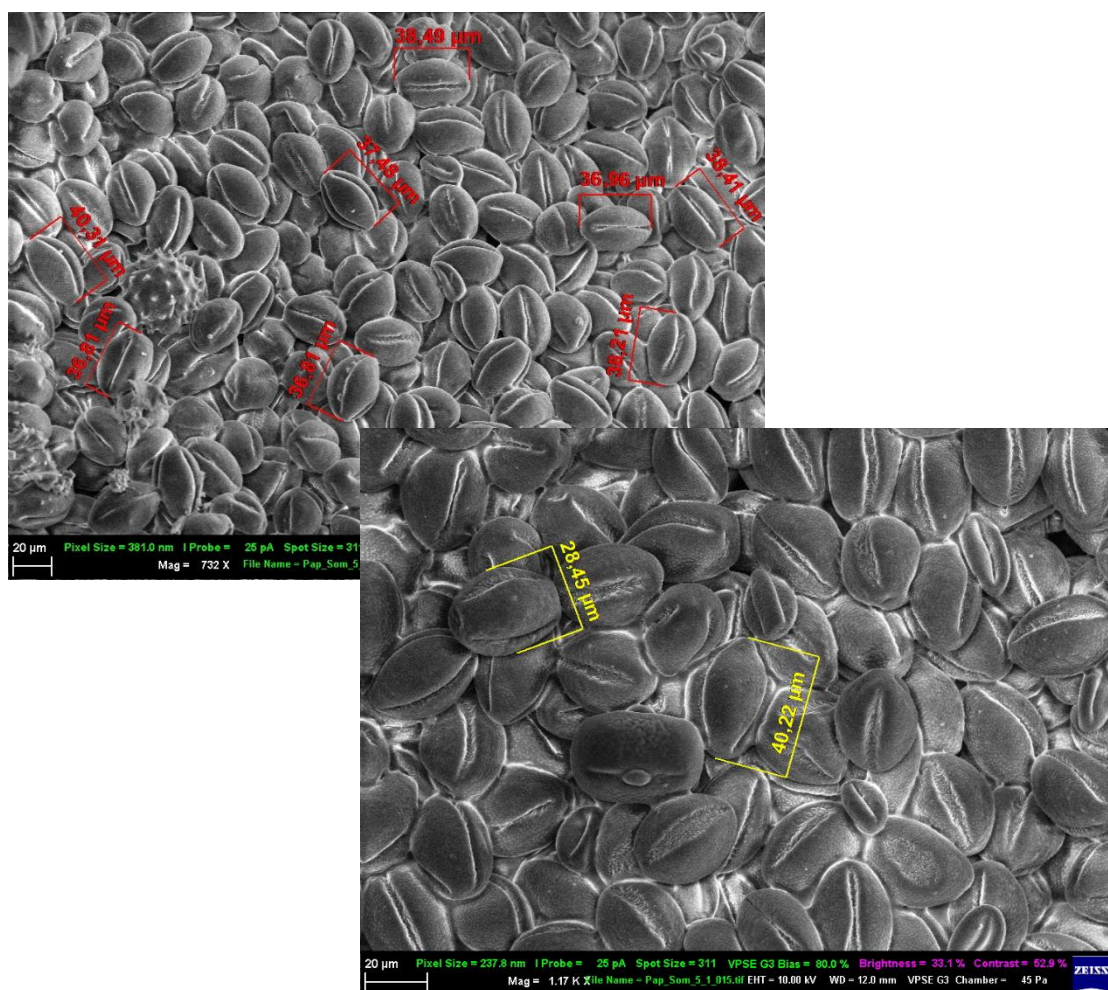
Zatiaľ čo priaznivý vplyv dostupnosti zdrojov peľu vo forme včelích peľových obnôžok na zdravie včiel je dobre známy, vplyv kvality a rozmanitosti peľovej stravy na zdravie včiel nie je známy.

Di Pasquale et al. (2013) v uskutočnenej štúdii zistili, že fyziológia včiel a tolerancia parazitov boli ovplyvnené kvalitou peľu. Okrem toho včely kŕmené zmesou polyflorálnych včelích peľových obnôžok žili podstatne dlhšie ako včely len s monoflorálnymi peľovými obnôžkami z druhov *Cistus*, *Erica* a *Castanea*. Autori

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

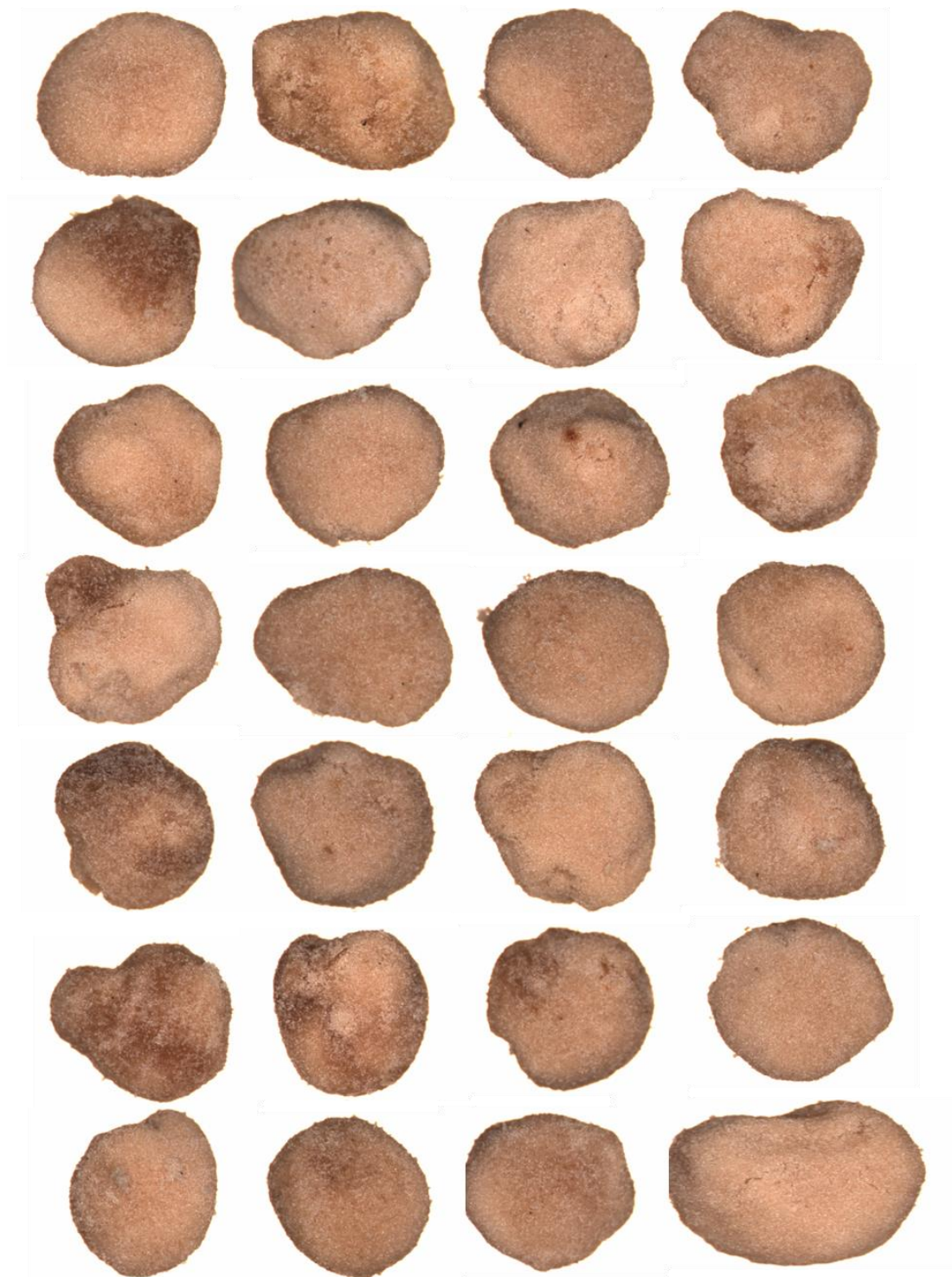
očakávali, že aplikácia polyflorálnych peľových obnôžok použitých v štúdiu poskytne lepšie výsledky, ale po aplikácii monoflorálnych peľových obnôžok z *Papaver somniferum* a *Cistus creticus* zostal pozadu. Súčasne zistili, že existuje problém s čerstvosťou zmiešaného peľu a v štúdiu spotreby boli peľové zdroje *Papaver somniferum* a *Cistus creticus* uprednostňované včelami pred polyflorálnymi včelími peľovými obnôžkami.

Topal et al. (2022) vo svojej štúdiu stanovili najlepšiu schopnosť zimovania včiel po ich kŕmení v peľovej skupine s *Papaver somniferum* s 92,19 %. Ostatné peľové skupiny nasledovali skupinu *Papaver somniferum*. V štúdiu autori uvádzajú, že včelstvá kŕmené prírodnými zdrojmi krmiva mali nižšiu záťaž patogénmi v porovnaní so včelstvami, ktoré boli kŕmené proteínovými doplnkami. Štúdie tiež potvrdili, že kŕmenie na jeseň zvyšuje zásoby bielkovín a tukov včiel medonosných v ich telách.



Obrázok 11 Peľové zrná osadené vo včelej peľovej obnôžke maku siateho odfotografované skenovacím elektrónovým mikroskopom.

Foto: R. Ostrovský, 2018



Obrázok 12 Variabilita v tvare a farbe včelích peľových obnôžok maku siateho.
Foto: A. Oravec, 2022

4.3 Biochemická charakteristika včelích peľových obnôžok

4.3.1 Základné chemické zloženie včelích peľových obnôžok z hodnotených druhov

Základné chemické zloženie včelích peľových obnôžok maku siateho a kapusty repkovej pravej je uvedené v tabuľke 7.

Tabuľka 7 Základné chemické zloženie včelích peľových obnôžok testovaných rastlín

Komponent	SI	Mak siaty	Kapusta repková pravá
Sušina	%	69,70	72,90
Vlhkosť	%	30,30	27,10
Bielkoviny	%	20,39	23,78
Sacharidy	g/kg	359,56	438,16
Lipidy	%	4,26	4,39
Popol	%	2,02	2,16
pH		5,8 ± 0,03	4,8 ± 0,05

Vlhkosť včelích peľových obnôžok

Stanovovanie vlhkosti vo včelích produktoch sa uskutočňuje z rôznych dôvodov. Používa sa na určenie obsahu sušiny a nutričnej hodnoty sušiny. Stanovenie vlhkosti je možné použiť na určenie skladovacej stability a tiež na určenie požiadaviek na kvalitatívne parametre (Szcześna et al., 2009; Campos et al., 2008). Výsledky obsahu vody vo včel'om peli a v ďalších včelích produktoch sú použiteľné na stanovenie obsahu vody v produktoch a možno ich zaviesť do štandardov medzinárodnej komisie pre med (IHC – International Honey Commission) (Szcześna et al., 2009).

V realizovaných experimentoch obsahovali čerstvé včelie peľové obnôžky z testovaných olejnín po odobratí z úľa vlhkosť od 27,10 % (kapusta repková pravá) do 30,30 % (mak siaty) (tabuľka 7), čo zodpovedá aj mnohým literárnym poznatkom (tabuľka 1).

Bogdanov (2004) stanovil v čerstvo pozbieraných včelích peľových obnôžkach 20 – 30 g vody na 100 g. Szcześna et al. (2009) zistili obsah 18,34 % vody v čerstvom včel'om obnôžkovom peli a 6,25 % v peli sušenom pri teplote približne 40 °C.

Patruica et al. (2008) uvádzajú obsah vody vo včelích peľových obnôžkach kapusty repkovej pravej 24,4 % a slnečnice ročnej 18,2 %. V hodnotených vzorkách včelích peľových obnôžok z Austrálie určili Somerville a Nicol (2006) obsah vody pri 62 analyzovaných druhoch (v 92 vzorkách pel'u) v rozsahu 6,7 – 20,6 % s priemerným obsahom 12,1 %.

Thakur a Nanda (2018) hodnotili 35 vzoriek včelích peľových obnôžok pel'u z Indie, ktoré boli usušené v tieni pri 28 ± 5 °C počas 2 hodín a skladované v sklenených fľašiach pri –18 °C až do analýzy. Fyzikálno-chemická charakteristika včelích peľových obnôžok poukázala na to, že vzorky pel'u mali nižšie hodnoty vlhkosti (vyjadrené v sušine) ako stanovuje brazílska legislatíva, podľa ktorej by vlhkosť mala byť nižšia ako 300 g/kg v čerstvých včelích peľových obnôžkach (Instrução normativa, 2001). Avšak hodnoty

vlhkosti stanovené v indických peľových obnôžkach boli vyššie ako hodnoty včelích peľových obnôžok zo Srbska (43,5 až 143,5 g/kg) publikované autormi Kostić et al. (2015), čo možno vysvetliť spôsobom sušenia.

Mnohí autori odporúčajú pri včelích peľových obnôžkach stanovovať tzv. aktivitu vody, čo vo svojej podstate predstavuje voľnú vodu v potravinách, ktorá je využiteľná mikroorganizmami. Voda viazaná na bielkoviny, cukry alebo soli nie je pre mikroorganizmy prístupná. So stúpajúcou koncentráciou rozpustených látok vodná aktivita klesá. Hodnoty vodnej aktivity nie sú lineárne závislé od obsahu vody v produkte (od sušiny) (Adams a Moss, 2002). V realizovaných experimentoch nebol daný ukazovateľ hodnotený.

pH

Pre včelie peľové obnôžky je vhodné nízke pH (4,74 – 5,48) a to z dôvodu inhibície rastu plesní, ktoré môžu pri dlhšom skladovaní produkovať mykotoxíny.

V realizovaných experimentoch sa stanovili hodnoty pH vo včelích peľových obnôžkach testovaných olejní od 4,8 (kapusta repková pravá) do 5,8 (mak siaty) s vysokou zhodou s literárnymi poznatkami (tabuľka 1).

Pri včelích peľových obnôžkach sa vo všeobecnosti stanovujú hodnoty pH v rozsahu od 3,49 do 6,33, čo dokazuje ich prirodzenú mierne kyslú povahu. Feás et al. (2012), Karabagias et al. (2018), Thakur a Nanda (2018a) stanovili pri včelích peľových obnôžkach hodnoty pH z Portugalska (4,3 – 5,2), Grécka (4,70) a Indie (4,74 – 5,48).

Obsah bielkovín

S ohľadom na spoznanie výživovej hodnoty včelích peľových obnôžok je významným ukazovateľom obsah bielkovín.

V realizovaných experimentoch sme pri testovaných druhoch určili obsah bielkovín od 20,39 % (mak siaty) do 23,78 % (kapusta repková pravá). Získané výsledky korešpondujú pri uvedených hodnotených druhoch literárnym poznatkom viacerých autorov prezentovaných v tabuľke 7.

Muss (1987) stanovil pre druh *Brassica napus* L. obsah bielkovín 10,6 % a Somerville a Nicol (2001, 2006) stanovili obsah hrubých bielkovín v intervale 22,10 – 23,50 %. Khalifa et al. (2021) uvádzajú obsah bielkovín 22,7 % v polyflorálnych včelích peľových obnôžkach, Zuluaga et al. (2015a) uvádzajú množstvo bielkovín v intervale 10 – 40 % v závislosti od rastlinného druhu a geografického pôvodu.

Obsah sacharidov

Druhým významným ukazovateľom kvality včelích peľových obnôžok je **obsah sacharidov**. V realizovaných experimentoch sme vo včelích peľových obnôžkach testovaných olejní určili obsah sacharidov od 359,56 g/kg (mak siaty) do 438,16 g/kg (kapusta repková pravá). Podľa systematického prehľadu získaných z viac ako 100 štúdií obsahuje včelí peľ v priemere 4,25 g/100g (0,05–9,02 g/100g) sacharózy (Thakur a Nanda, 2020).

Obsah lipidov

Obsah lipidov sme vo včelích peľových obnôžkach testovaných olejníň určili takmer zhodný 4,26 % (mak siaty) a 4,38 % (kapusta repková pravá). Topal et al. (2022) stanovili obsah lipidov vo včelích peľových obnôžkach v maku siatom 3,6 %.

Thakur a Nanda (2020) zo systematického prehľadu 100 štúdií z rôznych krajín a druhov stanovili obsah lipidov v rozsahu 0,41 – 13,50 %. Bakour et al. (2017) stanovili obsah lipidov v rozsahu 1 – 13 %.

Peľové lipidy a proteíny *Brassica napus* L. sú rozdelené do dvoch priestorovo odlišných domén plazmatickou membránou vegetatívnej bunky. Extracelulárne lipidové a proteínové frakcie môžu byť oddelené od vnútorných cytoplazmatických frakcií diferenciálnou extrakciou rozpúšťadlom a pufrom, pretože stena peľového zrna a plazmatická membrána pôsobia ako bariéry pre extrakciu lipidov aj proteínov. Zrelý peľ sa skladá z 25,4 % lipidov a 26,0 % bielkovín (suchá hmotnosť). Odhaduje sa, že extracelulárny peľový obal obsahuje 27,1 % celkových lipidov a medzi 9,6 a 19,6 % celkového proteínu v závislosti od metódy extrakcie (Evans et al., 1991).

Obsah popolovín

V realizovaných experimentoch sme vo včelích peľových obnôžkach určili obsah popolovín pri maku siatom 2,02 % a pri kapuste repkovej pravej 2,16 %. Topal et al. (2022) stanovili vo včelích peľových obnôžkach maku siateho obsah popolovín 2,2 %, čo korešponduje s dosiahnutými výsledkami v experimentoch.

Podľa systematického prehľadu viac ako 100 štúdií obsahujú včelie peľové obnôžky obsah popolovín v priemere 2,91 % v rozsahu 0,50 – 7,75 % (Thakur a Nanda, 2020).

Obsah popola bol v indickom včel'om peli 22,70 – 34,59 g/kg (Thakur a Nanda, 2018), pričom bol v zhode s brazílskou, argentínskou a švajčiarskou legislatívou. Argentínska legislatíva uvádza usmernenie menej ako 4 g/kg, brazílska menej ako 40 g/kg a švajčiarska 20 – 60 g/kg (Instrução normativa, 2001; Lebensmittelverordnung, 2005; Alimentos azucarados, 2010).

4.3.2 Bielkoviny a aminokyseliny

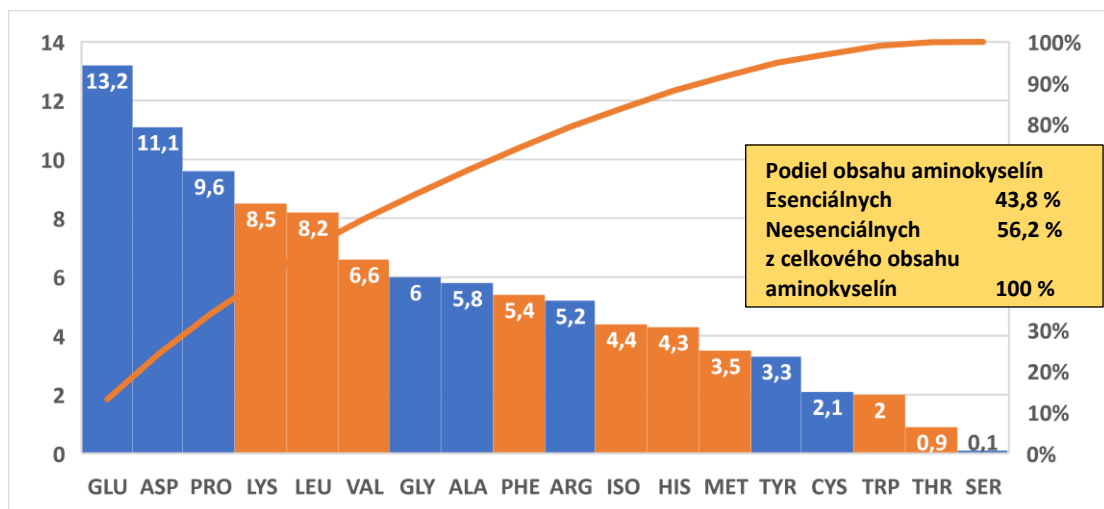
V realizovanom výskume obnôžkového peľu sme hodnotením a porovnaním testovaných olejníň druhov *Brassica napus* a *Papaver somniferum* pri obsahu bielkovín (23,78 % a 20,39 %) stanovili obsah neesenciálnych aminokyselín v podiele z bielkovín (43,8 % a 43,3 %) a obsah esenciálnych aminokyselín v podiele z celkového obsahu bielkovín (56,2 % a 56,7 %). V podielových hodnotách uvedených dvoch skupín aminokyselín je vysoká zhoda (tabuľka 8).

Tabuľka 8 Porovnanie celkového obsahu aminokyselín a esenciálnych aminokyselín a ich podielu v bielkovinách včelieho obnôžkového peľu kapusty repkovej pravej a maku siateho s uvedením troch aminokyselín s vysokým a nízkym obsahom

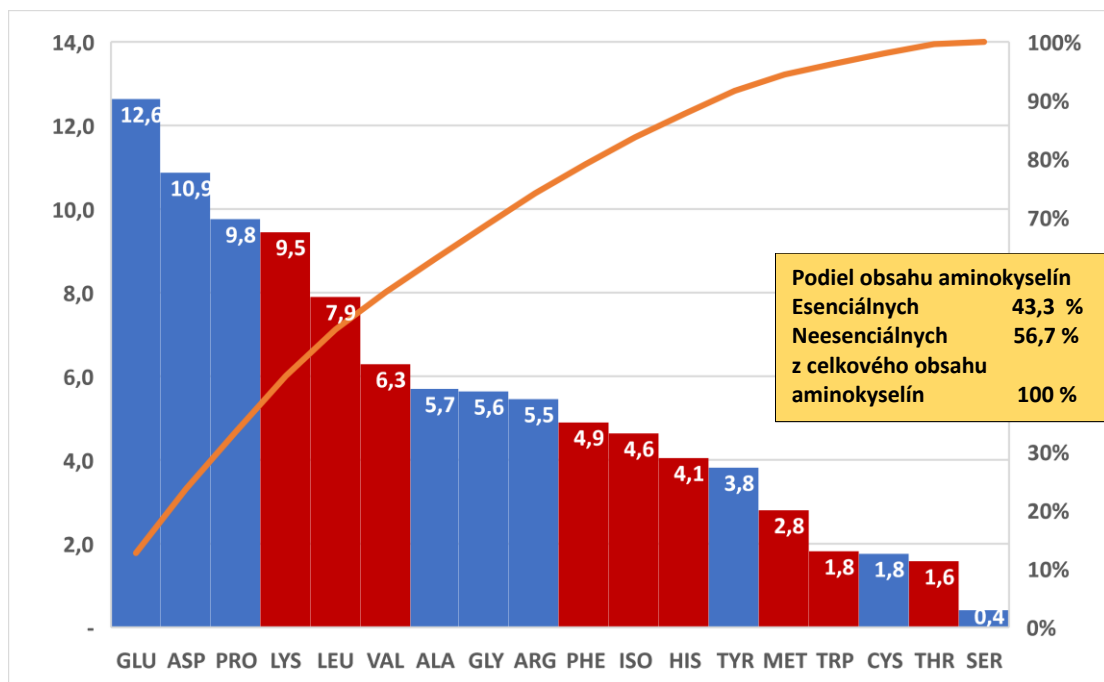
Obsah aminokyselín		Esenciálne			Neesenciálne		
celkový	esenciálnych	%	vysoký	nízky	%	vysoký	nízky
Kapusta repková pravá (<i>Brassica napus</i> sk. Napus)							
Výsledky z prezentovaných experimentov autorov publikácie							
		43,8	Lys, Leu, Val	Met, Trp, Thr	56,2	Glu, Asp, Pro	Tyr, Cys, Ser
Fatrcová-Šramková et al. (2010b)							
21,77		17,4	Lys, Leu, Arg	His, Met, Trp	22,2	Asp, Pro, Glu	Ser, Tyr, Cys
Thakur a Nanda (2018)							
188,57 ± 0,02 g/kg	84,90 ± 0,06 g/kg	22,2	Leu, Lys, Arg	Iso, Met, Try	38,1	Pro, Glu, Asp	Ser, Tyr, Cys
Yan et al. (2019) (<i>Brassica campestris</i>)							
7,44 ± 0,02 mg/kg		6,0	Leu, Thr, Phe	Val, Met, Try	80,0	Pro, Glu, Arg	His, Cys, Gly
Hsu et al. (2021)							
21,91±1,17 g/100g	10,81±0,61 g/100g	23,0	Lys, Leu, Val	His, Met, Trp	42,3	Glu, Asp, Ala	Ser, Tyr, Cys
Mak siaty (<i>Papaver somniferum</i>)							
Výsledky z prezentovaných experimentov autorov publikácie							
		43,3	Lys, Leu, Val	Met, Trp, Thr	56,7	Glu, Asp, Pro	Tyr, Cys, Ser
Fatrcová-Šramková et al. (2010b)							
22,87		21,9	Lyz, Leu, Val	His, Met, Try	30,7	Asp, Pro, Glu	Ser, Tyr, Cys
Sarioğlu-Bozkurt et al. (2022)							
154,8 mg/g			Lys, Leu, Ala			Pro, Glu, Asp	

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

Zo skupiny esenciálnych aminokyselín sme v experimentoch stanovili pre *Brassica napus* sk. Napus a *Papaver somniferum* takmer zhodné najvyššie podiely obsahu lyzínu, leucínu a valínu. Naopak najnižší podiel z esenciálnych aminokyselín TRY sme stanovili pre obsah metionínu, tryptofanu a treonínu (obrázok 13 a 14).



Obrázok 13 Podiel obsahu jednotlivých aminokyselín (%) z celkového obsahu aminokyselín vo včelích peľových obnôžkach (%) kapusty repkovej pravej (*Brassica napus* sk. Napus)



Obrázok 14 Podiel obsahu jednotlivých aminokyselín (%) z celkového obsahu aminokyselín vo včelích peľových obnôžkach (%) maku siateho (*Papaver somniferum*)

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

Zo skupiny neesenciálnych aminokyselín sme v experimentoch stanovili pre *Brassica napus* sk. *Napus* a *Papaver somniferum* takmer zhodné najvyššie podiely obsahu kyseliny glutámovej, kyseliny asparágovej a prolínu. Naopak najnižší podiel neesenciálnych aminokyselín sme stanovili pre obsah tyrozínu, cystínu a serínu.

Veľkým počtom analýz potvrdili jednoznačne všetci autori, že včelí obnôžkový peľ je bohatým zdrojom bielkovín a voľných aminokyselín, čo potvrdzujú aj dosiahnuté výsledky v predloženej publikácii. Obsahuje všetky esenciálne aminokyseliny, pričom ich obsah v mnohých prípadoch závisí od botanického pôvodu (Roulston a Cane, 2000). Tieto poznatky potvrdzujú aj dosiahnuté výsledky v experimentoch s hodnotením včelích peľových obnôžok z druhu *Brassica napus* sk. *Napus* a *Papaver somniferum*.

Paramás et al. (2006) uvádzajú, že najviac zastúpenou aminokyselinou obnôžkového peľu je prolín, jeho obsah môže byť až viac ako polovica všetkých voľných aminokyselín. Výsledky z realizovaných experimentov potvrdili, že obsah ako aj podiel prolínu pri oboch hodnotených druhoch *Papaver somniferum* ako aj *Brassica napus* sk. *Napus* bol vysoký.

Somerville a Nicol (2001, 2006) uskutočnili štúdiu obsahu aminokyselín vybraných druhov rastlín. Pri kapuste repkovej pravej stanovili nasledovné intervaly: Ala 5,27 – 5,29; Arg 5,09 – 5,17; Asp 8,09 – 9,45; Cys 1,22 – 2,33; Phe 4,21 – 4,39; Glu 10,2 – 11,10; Gly 4,43 – 4,62; His 2,10 – 2,17; Ile 4,34 – 4,94; Leu 6,95 – 6,98; Lys 7,94 – 8,38; Met 1,94 – 2,64; Pro 5,94 – 6,42; Ser 5,66 – 6,36; Thr 4,82 – 4,92; Tyr 2,91 – 3,05; Val 4,90 – 5,36 g/16g N.

Včelie peľové obnôžky z kapusty repkovej pravej a maku siateho zo Slovenska hodnotili a porovnávali aj Fatrcová-Šramková et al. (2010b) v samostatnom experimente. Čerstvé včelie peľové obnôžky boli uchovávané pri -18 °C a 20 % vlhkosti cca šesť mesiacov až do analýzy. Porovnaním včelích peľových obnôžok autori zistili vyšší obsah bielkovín pri maku siatom (22,87 versus 21,77 g/100g). Súčasne zistili aj vyšší obsah aminokyselín okrem obsahu cystínu vo včelích peľových obnôžkach maku siateho a to v prípade 17 testovaných aminokyselín.

Včelie peľové obnôžky z maku siateho dosiahli z esenciálnych aminokyselín najvyšší obsah lyzínu, leucínu a valínu (od 1,880 do 1,367 g/100g); z neesenciálnych aminokyselín: kyseliny asparágovej, prolínu a kyseliny glutámovej (od 2,483 do 2,207 g/100g). V prípade kapusty repkovej pravej sme zistili najvyšší obsah: lyzínu, leucínu a arginínu (od 1,577 do 0,969 g/100g); z neesenciálnych aminokyselín: kyseliny asparágovej, prolínu a kyseliny glutámovej (od 1,651 do 1,588 g/100g). Z porovnania identifikovaných aminokyselín s najväčším zastúpením vyplýva, že prvé dve esenciálne aminokyseliny (lyzín, leucín) majú najvyšší obsah (dominantnú prítomnosť) v oboch druhoch vyšetrovaných včelích peľových obnôžkach, zatiaľ čo v prípade neesenciálnych aminokyselín mali všetky tri uvedené aminokyseliny najvyšší obsah pri oboch druhoch peľu.

Celkový obsah aminokyselín, ktoré dosiahli najvyšší obsah vo včelích peľových obnôžkach maku siateho (t.j. suma troch esenciálnych aminokyselín – lyzínu, leucínu a valínu a troch neesenciálnych aminokyselín – kyseliny asparágovej, prolínu a kyseliny

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

glutámovej), bol vo včelích peľových obnôžkach z maku siateho 12,027 g/100g a z kapusty repkovej pravej 8,586 g/100g. Tieto aminokyseliny predstavovali z celkových bielkovín podiel 52,59 % v prípade maku siateho a 39,44 % v prípade včelích peľových obnôžok z kapusty repkovej pravej.

Najvýraznejší rozdiel v obsahu aminokyselín sme pri komparácii včelích peľových obnôžok maku siateho a kapusty repkovej pravej pozorovali pri esenciálnych aminokyselinách – leucíne, valíne a arginíne (obsah bol o 0,530 až 0,382 g/100g vyšší v peľi maku siateho) a pri neesenciálnych aminokyselinách – kyseline asparágovej, prolíne a kyseline glutámovej (rozdiel bol 0,832 až 0,619 g/100g v prospech včelích peľových obnôžok maku siateho). Rozdiel v obsahu bielkovín medzi hodnotenými druhmi bol 1,100 g/100g v prospech včelích peľových obnôžok z maku siateho. Priemerný obsah bielkovín dosahoval $22,320 \pm 0,550$ g/100g.

Voľné aminokyseliny sú pre výživu ľudí veľmi dôležité, pretože sa dajú okamžite použiť pre potreby organizmu. Tryptofán je esenciálna aminokyselina, ktorá má vo všeobecnosti najnižšie zastúpenie vo včelích peľových obnôžkach a to len okolo 1,1 %. Preto musí byť dodávaná v potravinách. Pre veľmi nízku koncentráciu v poskytovaných rastlinných zdrojoch ako aj vo včelích peľových obnôžkach mnohí autori predpokladajú, že môže priamo aj nepriamo ovplyvňovať rýchlosť v syntéze niektorých aj životne dôležitých bielkovín (Weiner et al., 2010).

Zahng et al. (2009) uvádzajú, že tryptofán je prítomný väčšinou vo viazanej forme v bielkovinách a menej vo voľnej forme. Denná potreba odhadovaná FAO/WHO na príjem tryptofánu je 4 mg na kilogram telesnej hmotnosti pre dospelých (FAO/WHO/UNU report, 2007). Z uvedeného dôvodu viaceré výskumné kolektívy hľadajú zdroje s vyšším obsahom tryptofánu.

Na základe našich analýz sme namerali hodnotu v kapuste repkovej pravej $3,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a v maku siatom $3,1 \text{ g/kg}$ obsahu tryptofánu, v našich peľových obnôžkach nie sú zďaleka najnižšie spomedzi ostatných aminokyselín. Nižšie obsahy boli stanovené v seríne ($<0,2 - 0,7$), treoníne ($1,5 - 2,7$) a cystíne ($3,0$) pri oboch druhoch.

Lilek et al. (2015) stanovili obsah tryptofánu pre kapustu repkovú pravú s hodnotou $0,158 \text{ g/kg}$, ktorá patrila k vyšším hodnotám z druhov hodnotených v tejto štúdii, pričom najnižší obsah sa nachádzal vo facélii vratičolistej ($0,030 \text{ g/kg}$) a najvyšší v niektorých druhoch vrúb ($0,197 \text{ g/kg}$).

Gonzales et al. (2015) vo svojej štúdii testoval viacero rastlinných druhov za účelom stanovenia obsahu voľného tryptofánu. Obsah voľného tryptofánu stanovil v rozsahu od $0,030$ (Facélia vratičolistá) do $0,197 \text{ g/kg}$ (pre druhy vrúb). Pomerne vyšší obsah tryptofánu vykazovala aj kapusta repková pravá ($0,158 \text{ g/kg}$).

Percie du Sert (2009) uvádza obsah bielkovín a aminokyselín vo včel'om peľi rôznych druhov. Obsah bielkovín bol v rozsahu $14,2 - 22,8 \text{ g/100g}$ a stúpал postupne v poradí: cistus < vresovec < vrba < gaštan < mak. Obsah celkových esenciálnych aminokyselín má narastajúcu postupnosť: cistus < vrba < vresovec < gaštan < mak.

4.3.3 Lipidy a mastné kyseliny

V realizovaných experimentoch sme v zložení mastných kyselín stanovili z nasýtených mastných kyselín dominantný obsah kyseliny palmitovej (C16:0) a to 18,84 % pri druhu *Brassica napus* sk. Napus a 21,20 % pri *Papaver somniferum*. Z mononenasýtených mastných kyselín dominovala kyselina olejová (C18:1 *cis* 9) a to 3,97 % pre kapustu repkovú pravú a 8,54 % pre mak siaty. Z polynenasýtených mastných kyselín dominovala najvyšším obsahom kyselina linolénová (C18:3 *cis* 9, *cis* 12, *cis* 15) v oboch druhoch a to 40,73 % pre kapustu repkovú pravú a 47,89 % pre mak siaty (tabuľka 9).

Tabuľka 9 Porovnanie včelích peľových obnôžok podľa obsahu mastných kyselín z testovaných druhov rastlín (g/100g tuku)

Mastné kyseliny	<i>Brassica napus</i> sk. Napus	<i>Papaver somniferum</i> L.
SFA		
Kyselina kaprinová C10:0	<0,1	0,22
Kyselina laurová C12:0	<0,1	0,17
Kyselina myristová C14:0	1,72	0,35
Kyselina palmitová C16:0	18,84	21,20
Kyselina stearová C18:0	0,54	0,98
Kyselina arachová C20:0	0,30	0,15
Kyselina behenová C22:0	0,63	0,42
Kyselina lignocerová C24:0	0,71	<0,1
MUFA		
Kyselina palmitoolejová C16:1 <i>cis</i> 9	0,75	0,36
Kyselina olejová C18:1 <i>cis</i> 9	3,97	8,54
Kyselina eikosénová C20:1	0,34	0,38
Kyselina eruková C22:1 <i>cis</i> 13	0,11	<0,1
PUFA		
Kyselina linolová C18:2 <i>cis</i> 9, <i>cis</i> 12	12,80	14,78
Kyselina dokosadiénová C22:2	2,01	0,96
Kyselina linolénová C18:3	40,73	47,89
kys. <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>trans</i> -15 - linolénová	0,42	0,35
Kyselina kaprylová C8:0	<0,1	<0,1
Kyselina arachidonová C20:4 <i>cis</i> 5, <i>cis</i> 8, <i>cis</i> 11, <i>cis</i> 14	<0,1	<0,1
Kyselina heptadekánová C17:0	<0,1	<0,1
Kyselina tetrakosénová C24:1	<0,1	<0,1
Kyselina heptadecenová C17:1	<0,1	<0,1
kys. elaidová C18:1 <i>trans</i> 9	<0,05	<0,05
kys. <i>trans</i> -9, <i>trans</i> -12 - linolová	<0,05	<0,05
kys. <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -12 linolová	0,07	<0,05
kys. <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -12 linolová	<0,05	<0,05

Thakur a Nanda (2018) pri hodnotení lipidového komplexu včelích peľových obnôžok určili celkový obsah nenасыtených mastných kyselín (TUFA) 693,4 g/kg, obsah polyneасыtených mastných kyselín (PUFA) 595,3 g/kg obsah saturovaných mastných kyselín (SFA) 289,0 g/kg a mononeасыtených mastných kyselín (MUFA) 98,1 g/kg. Pomer medzi skupinami TSFA/SFA bol 2,4. V rámci zloženia tukov a obsahu mastných kyselín včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej z indického prostredia bol zistený významný obsah esenciálnych mastných kyselín: kyseliny α -linolénovej ($87,9 \pm 0,2$ g/kg) a linolovej, ktoré môžu byť užitočné v prevencii chorôb, ako sú kardiovaskulárne, zápalové choroby a *diabetes*. Najvyšší obsah v obnôžkach dosiahla kyselina eikosatriénová ($138,3 \pm 0,3$ g/kg), γ -linolénová ($290,8 \pm 0,2$ g/kg), α -linolénová ($87,9 \pm 0,2$ g/kg) olejová ($76,1 \pm 0,3$ g/kg), palmitová ($136,8 \pm 0,4$ g/kg) a linolová.

Obsah lipidov bol v indickom včelom peli (Thakur a Nanda, 2018) mierne vyšší v porovnaní s maximálnou hodnotou podľa švajčiarskej legislatívy (100 g/kg z rozsahu 10 – 100 g/kg) (Lebensmittelverordnung, 2005) a výrazne vyšší v porovnaní s brazílskou legislatívou (viac ako 18 g/kg) (Alimentos azucarados, 2010). Rozdiely môžu byť dôsledkom rozdielného rastlinného environmentu a genetiky. Údaje sú v súlade s limitnou hodnotou, ktorú uvádza v literatúre Campos et al. (2008) (10 – 130 g/kg).

Hodnotenie obsahu oleja a zloženie mastných kyselín v semenách maku siateho nebolo cieľom tejto publikácie. Satranský et al. (2021) zhodnotil 19 genotypov maku (krajových aj moderných kultivarov) pestovaných v trojročných poľných pokusoch v podmienkach Českej republiky. Celkový obsah oleja sa pohyboval od 34,56 do 44,76%. Obsah oleja v genotypoch bielych semien (40,73 – 44,76 %) prekročil obsah oleja v genotypoch s modrými semenami (34,56 – 40,34 %) a okrových genotypoch (38,36 – 42,69 %). Bolo by zaujímavé určiť lipidový komplex zo včelích peľových obnôžok z genotypov uvedených troch skupín podľa farby semien. Kyselina linolová (71,41 – 74,02 %), kyselina olejová (12,35 – 15,51 %) a kyselina palmitová (8,95 – 10,29 %) boli dominantné v lipidových komplexoch v hodnotených semenách makových genotypov, čo zodpovedá aj stanovenému obsahu mastných kyselín vo včelích peľových obnôžkach z maku siateho. Autori súčasne určili významnú negatívnu koreláciu ($-0,7574^{**}$), ktorá bola zistená medzi mastnými kyselinami – kyselinou linolovou a kyselinou olejovou. Podiel polyneасыtených (PUFA), mononeасыtených (MUFA) a nasýtených (SFA) mastných kyselín sa pohyboval v rozsahu 72,43 – 74,91 %, 12,90 – 16,14 % a 10,99 – 12,46 % celkových mastných kyselín.

Percie du Sert (2009) uvádza obsah tukov a mastných kyselín vo včelích peľových obnôžkach z rôznych druhov rastlín vrátane maku siateho. Obsah tuku určil v rozpätí od 3,26 do 6,56 g/100g. Obsah sa zvyšoval v poradí mak < vresovec < gaštan < vrba < cistus. Hodnoty polyneасыtených mastných kyselín narastajú v poradí: vresovec < vrba < gaštan < cistus < mak. Kyselina linolová (n-6 polyneасыtená mastná kyselina) mala najnižší obsah v peli maku a najvyšší v peli cistus. Kyselina linolénová, významná n-3 polyneасыtená mastná kyselina, dosiahla najnižší obsah v prípade vresovníka a najvyšší (podobne ako v prípade kyseliny linolovej) v peli cistus.

4.3.4. Sacharidy

V rámci technických možností sme v realizovaných experimentoch stanovili vo včelích peľových obnôžkach len obsah fruktózy od 240,9 g/kg pre kapustu repkovú pravú a 242,5 g/kg pre mak siaty. Maltóza, sacharóza a laktóza boli obsiahnuté len v stopových množstvách (tabuľka 10).

Tabuľka 10 Obsah sacharidov vo včelích peľových obnôžkach testovaných druhov rastlín

Sacharidy	SI	<i>Brassica napus</i> sk. Napus	<i>Papaver somniferum</i> L.
Celkový obsah	g/kg	359,56	438,16
Fruktóza	g/kg	240,9	242,5
Maltóza	g/kg	<0,5	<0,5
Sacharóza	g/kg	<0,5	<0,5
Laktóza	g/kg	<0,5	<0,5

Fatrcová-Šramková et al. (2008d) stanovili vo vzorkách včelích peľových obnôžok z maku siateho obsah sacharidov 340,7 g/kg, obsah fruktózy 188,5 g/kg, obsah glukózy 152,2 g/kg s pomerom glukózy a fruktózy 0,81.

Taha (2015) pri hodnotení jednodruhových včelích peľových obnôžkach (*Cucurbita pepo* Thunb, *Phoenix dactylifera* L., *Helianthus annuus* L., *Medicago sativa* L., *Brassica napus* sk. Napus.), stanovil obsah fruktózy od 17,13 g/100g pre peľ kapusty repkovej pravej (*Brassica napus* sk. Napus) do 21,30 g/100g pre peľ datľovej palmy (*Phoenix dactylifera* L.) a obsah glukózy 15,44 g/100g pre peľ slnečnice (*Helianthus annuus* L.) a 17,06 g/100g pre peľ datľovníka (*Phoenix dactylifera* L.).

Percie du Sert (2009) stanovil obsah sacharidov a vlákniny vo včelích peľových obnôžkach rôznych druhov rastlín od 46,77 do 64,50 g/100g a ich obsah sa zvyšoval v poradí: vřba < mak < gaštan < cistus < vresovec. Obsah sacharidov v makovom obnôžkovom peli bol 48,66 g/100g. Obsah vlákniny narastal v poradí: mak < cistus < vresovec < gaštan, vřba. Celkový obsah vlákniny bol v makovom obnôžkovom peli 9,2 g/100g. Rozpustná vlákna bola zistená v najvyššom obsahu v obnôžkovom peli vřby, nerozpustná v peli vresovca. V makovom obnôžkovom peli bol obsah rozpustnej vlákniny 1,2 g/100g a nerozpustnej vlákniny 8,0 g/100g. Percie du Sert (2009) súčasne uviedol, že príjem vlákniny zo 100 g zo všetkých uvedených druhov peľu kryje odporúčaný denný príjem (RDA = 25 g) z podielu minimálne 30 % RDA.

Obsah sacharidov ako hlavnej zložky vo včelích peľových obnôžkach stanovili Thakur a Nanda (2018) v rozsahu od 423,26 g/kg (koriander) do 461,58 g/kg (kokosová palma). V obnôžkach kapusty repkovej pravej stanovili obsah sacharidov 448,93 ± 0,95 g/kg. Uvedené výsledky spadajú do rozsahu, ktoré uvádzajú Campos et al. (2008) a švajčiarska legislatíva (130 – 550 g/kg) (Lebensmittelverordnung, 2005).

Obsah hrubej vlákniny stanovili Thakur a Nanda (2018) vo včelích peľových obnôžkach z indického prostredia v rozsahu 30,54 – 43,13 g/kg, čo zodpovedá švajčiarskej legislatíve, ktorá uvádza obsah 3 – 200 g/kg (Lebensmittelverordnung,

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

2005). Včelie peľové obnôžky z kapusty repkovej pravej obsahovali $41,28 \pm 0,56$ g/kg hrubej vlákniny. V štúdiu stanovili obsah fruktózy PS 19,4 % / MH 18,6 %, glukózy 14,0 % / 14,7 %, sacharózy 0,3 % / 0,4 %, turanózy 0,5 % / 0,5 %, maltózy 0,8 % / 0,7 %, obsah fruktózy a glukózy 33,4 % / 33,3 % s pomerom fruktózy a glukózy 1,39 / 1,27.

4.3.5 Vitamíny

V rámci technických možností sme v realizovaných experimentoch stanovili vo včelích peľových obnôžkach obsah vitamínu E: a to v maku siatom 1,6 mg/kg a v kapuste repkovej pravej 7,0 mg/kg, a obsah beta karoténu: a to v maku siatom 7,9 mg/kg a v kapuste repkovej pravej 4,2 mg/kg (tabuľka 11).

Tabuľka 11 Obsah niektorých vitamínov vo včelích peľových obnôžkach testovaných druhov rastlín

Komponent	SI	<i>Brassica napus</i> sk. Napus	<i>Papaver</i> <i>somniferum</i> L.
A (retinol acetát)	mg/kg	<0,1	<0,1
E (alfa-tokoferolacetát)	mg/kg	7,0	1,6
β-karotén	mg/kg	4,2	7,9

Šramková et al. (2007) stanovili v peľových zrnách maku siateho 2,7 mg/kg β-karoténu. Obsah vitamínu A sa v kvetovom peli a včelích peľových obnôžkach maku siateho nelíšil (menej ako 0,1 mg/kg). Autori stanovili v kvetovom peli maku siateho obsah E vitamínu menej ako 0,1 mg/kg a vo včelích peľových obnôžkach 9,2 mg/kg. Vitamín C (kyselina askorbová) bol prítomný v kvetovom peli maku v množstve 77 mg/kg a vo včelom peli v množstve menej ako 0,1 mg/kg.

Aj napriek tomu, že sme v realizovaných experimentoch nestanovili obsah ďalších vitamínov, podľa poznatkov včelie peľové obnôžky obsahujú všetky známe vitamíny v rozdielnom obsahu, čo potvrdili vo svojich analýzách mnohí autori (Melo et al., 2009; Oliveira et al., 2009; Melo a Almeida-Muradian, 2010; Arruda et al., 2013a, 2013b; Sattler et al., 2013; Souza et al., 2018).

Arruda et al. (2013a/b) skúmali podmienky skladovania včelích peľových obnôžok a koncentráciu vitamínov B so závermi, že koncentrácia vitamínov bola závislá od dĺžky obdobia skladovania a nie od podmienok, v ktorých bol suchý peľ skladovaný. Koncentrácie vitamínov môžu byť ovplyvnené botanickým pôvodom, meteorologickými podmienkami, typom pôdy a manipuláciou so včelími obnôžkami.

4.3.6 Minerálne látky

V realizovaných experimentoch sme analýzami potvrdili, že včelie peľové obnôžky z testovaných druhov sa vyznačujú bohatým obsahom makroelementov ako aj mikroelementov, čo dokumentujú údaje v tabuľke 12. Vo včelích peľových obnôžkach pri oboch testovaných druhoch (BN/PS) dominoval obsah fosforu (5 000/4 220 mg/kg), draslíka (4 920/4 013 mg/kg), síry (2 282/2 066 mg/kg), horčíka (538/491 mg/kg), železa (35/30 mg/kg), sodíka (37/44 mg/kg), mangánu (24,6/21,1 mg/kg) a zinku (50/37 mg/kg).

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

Thakur a Nanda (2018) stanovili vo včelích peľových obnôžkach kapusty repkovej pravej obsah vápnika 1600 ± 9 mg/kg, draslíka 3600 ± 30 mg/kg, horčíka 1050 ± 5 mg/kg, fosforu 3200 ± 11 mg/kg, sodíka $171,00 \pm 0,85$ mg/kg, železa $204,00 \pm 0,64$ mg/kg, medi $12,81 \pm 0,09$ mg/kg, mangánu $44,55 \pm 0,11$ mg/kg, zinku $39,82 \pm 0,38$ mg/kg a chrómu $0,81 \pm 0,02$ mg/kg. Významné rozdiely v porovnaní s výsledkami z realizovaného experimentu môžu byť z dôvodu rozdielnych agroekologických podmienok pestovateľského prostredia.

Fatrcová-Šramková et al. (2008a, 2008b; 2010a) vo svojich experimentoch stanovili v analyzovaných vzorkách včelích peľových obnôžok z kapusty repkovej pravej obsah vápnika 1800 – 2040 mg/kg v rôzne upravených druhoch peľu a obsah zinku v priemere $36,97 \pm 4,15$ mg/kg.

Monoflorálne včelie peľové obnôžky z druhu *Brassica napus* sk. Napus obsahovali v Indii a Číne 4 700 a 3 825 mg/kg draslíka, zatiaľ čo monoflorálny peľ zo Srbska 3 200 mg/kg draslíka (Yang et al., 2013; Kostić et al., 2015; Thakur a Nanda, 2018a).

Percie du Sert (2009) stanovil v 100 gramoch čerstvých včelích peľových obnôžok maku siateho obsah fosforu 448 mg, sodíka 24 mg, draslíka 434 mg, horčíka 41,3 mg, medi 0,63 mg a zinku 4,41 mg.

Tabuľka 12 Obsah minerálnych látok vo včelích peľových obnôžkach testovaných druhov rastlín

Element	SI	<i>Brassica napus</i> sk. Napus	<i>Papaver somniferum</i> L.
P	mg/kg	5 000	4 220
K	mg/kg	4 922	4 013
Ca	mg/kg	459	708
S	mg/kg	2 282	2 066
Fe	mg/kg	35	30
Mn	mg/kg	24,6	21,1
Mg	mg/kg	538	491
Na	mg/kg	37	44
Al	mg/kg	4,0	3,7
Cr	mg/kg	<0,2	<0,2
Cu	mg/kg	8	8
Zn	mg/kg	50	37
Se	mg/kg	<0,2	<0,2
Ťažké kovy			
As	mg/kg	<0,3	<0,3
Cd	mg/kg	0,220	0,119
Ni	mg/kg	0,42	0,43
Hg	mg/kg	0,005	0,006
Pb	mg/kg	0,11	<0,1

Obsah horčíka, vápnika, fosforu, medi a zinku bol v rámci štandardných limitov, t.j. 200 – 3 000 mg/kg, 200 – 3 000 mg/kg, 800 – 6 000 mg/kg, 2 – 16 mg/kg a 30 – 250 mg/kg, ako uvádza Campos et al. (2008), ktorí hodnotili zloženie včelieho peľu z Bulharska, Brazílie, Švajčiarska a Poľska (Thakur a Nanda, 2018).

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

Pre lepšiu prehľad a porovnanie dosiahnutých výsledkov v minerálnom zložení testovaných včelích peľových obnôžok uvádzame štúdiu spracovanú autormi Thakur a Nanda (2020) na základe 100 štúdií z dostupných literárnych zdrojov, v ktorej zistili rozsahy niektorých makro- a mikroelementov vo včelích peľových obnôžkach získaných z rôznych druhov rastlín pre draslík 4 951,61 mg/kg (3,06 – 13366,60 mg/kg), fosfor 4 157,86 mg/kg (234,40 – 9 587,00 mg/kg), vápnik 1751,22 mg/kg (1,09 – 5 752,19 mg/kg), horčík 1 246,99 mg/kg (44,00 – 4 680,53 mg/kg), zinok 46,97 mg/kg (0,10 – 105,80 mg/kg), železo 197,41 mg/kg (2,60 – 1 180,00 mg/kg), kde boli preukázané veľké rozdiely vo všetkých intervaloch, čo súvisí s geografickým pôvodom a rastlinnými druhmi.

Kačániová et al. (2010a) v rôznych druhoch peľu *Papaver somniferum* zistili obsah olova 0,64 mg/kg v kvetovom peľi a menej ako 0,1 mg/kg vo včelích peľových obnôžkach; obsah ortuti 0,019 mg/kg v kvetovom peľi a 0,004 – 0,005 mg/kg vo včelích peľových obnôžkach; obsah kadmia 0,12 mg/kg v kvetovom peľi a 0,22 – 0,26 mg/kg v mrazených, lyofilizovaných a sušených včelích peľových obnôžkach.

Kačániová et al. (2011) vo svojej štúdii stanovili obsah ťažkých kovov vo včelích peľových obnôžkach *Papaver somniferum* s hodnotami pre kadmium (250 µg/kg), ortuť (5 µg/kg) a olovo (<100 µg/kg).

Yang et al. (2013) stanovili vo vzorkách včelích peľových obnôžok z prostredia Číny pri druhu *Brassica napus* sk. Napus s obsahmi pre arzén (4 895 µg/kg), kadmium (215 µg/kg), ortuť (<LOD µg/kg) a olovo (<LOD µg/kg). Výsledky autorov sú porovnateľné s našimi hodnotami stanovenými vo vzorkách pre obsah ťažkých kovov.

Mnohí autori hodnotili polyflorálne včelie peľové obnôžky z pohľadu makro- a mikroprvkov a ťažkých kovov v oblastiach, ako sú Brazília (Morgano et al., 2010), Poľsko (Roman, 2007; Formicki et al., 2013), Srbsko (Kostić et al., 2015), Bulharsko (Dinkov a Stratev, 2016), Turecko (Altunatmaz et al., 2017), Jordánsko (Aldgini et al., 2019), Maďarsko (Végh et al., 2021) a v iných.

Stanovený obsah minerálnych látok vo včelích peľových obnôžkach z testovaných druhov rastlín vrátane maku siateho pokrýva pri aplikácii 100 g konkrétneho druhu peľu odporúčanú dávku RDA (odporúčaný denný príjem) z podielu minimálne 30 % RDA (Percie du Sert, 2009).

Minerálne zloženie peľu a obsah minerálnych látok zvyčajne súvisia s podmienkami pestovania rastlín, ako je napríklad voda na zavlažovanie, chemické zloženie pôdy, rastlinný zdroj a geografický pôvod (Taha, 2015).

4.3.7 Organické kyseliny

V rámci technických možností sme v realizovaných experimentoch vo včelích peľových obnôžkach z testovaných druhov stanovili vyšší obsah z organických kyselín len pre kyselinu mliečnu a to pri kapuste repkovej pravej 5,71 % a pri maku siatom 4,79 % z celkového obsahu kyselín (tabuľka 13).

Tabuľka 13 Obsah organických kyselín vo včelích peľových obnôžkach z testovaných druhov rastlín

Organická kyselina	SI	<i>Brassica napus</i> sk. Napus	<i>Papaver somniferum</i> L.
Kyselina vínna	%	<0,025	<0,025
Kyselina citrónová	%	<0,045	0,08
Kyselina jablčná	%	0,13	0,06
Kyselina mliečna	%	5,71	4,79

Moita et al. (2014) uvádzajú obsah organických kyselín vo včelích peľových obnôžkach okolo 1 % zo všetkých zložiek.

Çelik et al. (2022) skúmali obsah organických kyselín v polyflorálnych včelích peľových obnôžkach, vo včel'om chlebe, v matersej kašičke a včel'om jede, získaných z rôznych regiónov Turecka. Včelie peľové obnôžky obsahovali kyselinu mliečnu v intervale 19,5 – 78,3 mg/kg, kyselinu jablčnú 270 – 606 mg/kg, kyselinu citrónovú 4873 – 8144 mg/kg. Okrem spomínaných boli stanovené aj ďalšie organické kyseliny: jantárová (272 – 492 mg/kg), fumarová (30,9 – 107,6 mg/kg), malónová (164 – 2260 mg/kg), pyrohroznová (476 – 1160 mg/kg), glykolová (31,6 – 60,9 mg/kg), orotová (3,44 – 53,8 mg/kg), sebaková (1,15 – 4,65 mg/kg), suberová (0,87 – 1,55 mg/kg) a ďalšie.

4.3.8 Polyfenoly

Obsah polyfenolov vo vodných extraktoch

V realizovaných experimentoch sme stanovili celkový obsah polyfenolov. Vo vodnom extrakte dosiahol obsah polyfenolov hodnoty 44,4 mg/kg pre kapustu repkovú pravú a 897,2 mg/kg pre mak siaty, čo predstavuje najvyššie údaje zo všetkých analyzovaných vzoriek, pričom kaempferol pri maku siatom dosiahol hodnotu 736,8 mg/kg a kvercetín hydrát 133,8 mg/kg (tabuľka 14).

Özcan et al. (2019) stanovili vo včelích peľových obnôžkach celkový obsah polyfenolov 720 mg/100g a antioxidačnú aktivitu (81,4 %) zo vzoriek získaných z Rusko-Permskej oblasti a Alanya distrikt ako aj obsah katechínu (66,75 – 337,39 mg/100g), kvercetínu (61,2 – 1 221,7 mg/100g) a obsah karotenoidov (98,6 mg/g).

Adamchuk et al. (2018) stanovili fosfomolybdénovou metódou v monoflorálnych včelích peľových obnôžkach druhu *Papaver rhoeas* obsah fenolov $419,16 \pm 9,356$ mg TEAC/g; fenolových kyselín $2,40 \pm 0,052$ mg CAE/g; polyfenolov $16,47 \pm 0,339$ mg GAE/g a flavonoidov $13,34 \pm 1,533$ mg QE/g.

Tabuľka 14 Obsah polyfenolov (mg/kg) stanovený vo vodných extraktoch včelích peľových obnôžok testovaných druhov rastlín

Komponent	<i>Brassica napus</i> sk. Napus	<i>Papaver somniferum</i> L.
Kyselina kávová	<2	<2
Katechín	<1	<1
Kyselina kumarová	10,3	12,5
Epikatechín	<1	<1
Kyselina gálová	<1	<1
Hesperidín	<1	<1
Hydroxyflavanón	<2	<2
Kyselina hydroxybenzoová	13,8	9,3
Kyselina chlorogénová	<1	<1
Kaempferol	<2	736,8
Myricetín	<2	<2
Kyselina protokatechová	2,3	2,5
Kvercetín dihydrát	8,5	133,8
Resveratrol	<1	<1
Rutín hydrát	9,5	2,3
Kyselina sinapová	<2	<2
Kyselina syringová	<1	<1
Kyselina ferulová	<2	<2
Kyselina vanilínová	<5	<5
Celkový obsah	44,4	897,2

Obsah polyfenolov v etanolových extraktoch

Fatrcová-Šramková a Nôžková (2008e) skúmali antiradikálovú aktivitu lyofilizovaných včelích peľových obnôžok troch druhov *Papaver somniferum*, *Brassica napus* sk. Napus a *Helianthus annuus* L. v etanolovom roztoku. Antiradikálová aktivita ako percento inhibície radikálov DPPH• bolo priemerne $72,46 \pm 15,71$ %, v rozsahu 49,87 až 86,43 %, pričom hodnota sa znižovala v poradí: *Brassica napus* sk. Napus > *Papaver somniferum* > *Helianthus annuus* L. Vo vzorkách lyofilizovaných včelích peľových obnôžok v etanolovom roztoku bol obsah polyfenolov priemerne $1\,090,11 \pm 325,51$ mg/kg, v rozsahu 799 až 1 550 mg/kg, pričom hodnota sa znižovala v rovnakom poradí ako pri hodnotení antiradikálovej aktivity: *Brassica napus* sk. Napus > *Papaver somniferum* > *Helianthus annuus* L.

Fatrcová-Šramková a Nôžková (2008c) ďalej skúmali antiradikálovú aktivitu sušených včelích peľových obnôžok troch rastlinných druhov *Papaver somniferum*, *Brassica napus* sk. Napus a *Helianthus annuus* L. v etanolovom roztoku. Zistená antiradikálová aktivita bola v priemere $71,39 \pm 16,45$ %, v rozsahu 48,83 až 86,1 %, pričom hodnota sa znižovala v poradí: *Brassica napus* sk. Napus ($86,12 \pm 0,48$ %) > *Papaver somniferum* ($79,61 \pm 0,45$ %) > *Helianthus annuus* L. ($48,43 \pm 0,29$ %). Vo vzorkách sušených včelích peľových obnôžok v etanolovom roztoku bol obsah polyfenolov priemerne $1\,026,67 \pm 258,31$ mg/kg, v rozsahu 763,67 až 1 377,67 mg/kg,

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

pričom hodnota sa znižovala v rovnakom poradí ako pri hodnotení antiradikálovej aktivity: *Brassica napus* sk. Napus ($1\,377,67 \pm 3,68$ mg/kg) > *Papaver somniferum* ($938,67 \pm 3,09$ mg/kg) > *Helianthus annuus* L. ($763,67 \pm 5,56$ mg/kg).

V realizovaných experimentoch sme stanovili vo včelích peľových obnôžkach celkový obsah polyfenolov v etanolovom extrakte 30,1 mg/kg pre kapustu repkovú pravú a 22,8 mg/kg pre mak siaty. Z polyfenolov bol stanovený vyšší obsah kyseliny hydroxybenzoovej pre BN 12,3 mg/kg a PS 5,5 mg/kg, kyseliny kumarovej pre BN 10,3 mg/kg a PS 13,5 mg/kg a obsah rutín hydrátu pre BN 7,5 mg/kg a PS 22,8 mg/kg (tabuľka 15).

Tabuľka 15 Obsah polyfenolov (mg/kg) stanovený v etanolových extraktoch včelích peľových obnôžok testovaných druhov rastlín

Komponent	<i>Brassica napus</i> sk. Napus	<i>Papaver somniferum</i> L.
Kyselina kávová	<2	<2
Katechín	<1	<1
Kyselina kumarová	10,3	13,5
Epikatechín	<1	<1
Kyselina gálová	<1	<1
Hesperidín	<1	<1
Hydroxyflavanón	<2	<2
Kyselina hydroxybenzoová	12,3	5,5
Kyselina chlorogénová	<1	<1
Kaempferol	<2	<2
Myricetín	<2	<2
Kyselina protokatechová	<1	<1
Kvercetín dihydrát	<2	<2
Resveratrol	<1	<1
Rutín hydrát	7,5	3,8
Kyselina sinapová	<2	<2
Kyselina syringová	<1	<1
Kyselina ferulová	<2	<2
Kyselina vanilínová	<5	<5
Celkový obsah	30,1	22,8

V podmienkach Slovenska kolektív autorov Nôžková et al. (2009a, 2009b) hodnotili lyofilizované včelie peľové obnôžky *Helianthus annuus* a *Papaver somniferum* v 90 % etanolovom extrakte z hľadiska antioxidačnej aktivity pomocou DNA biosenzoru, kde boli zistené hodnoty rozsahu 0,2 (*H. annuus*) až 1,28 (*P. somniferum*) a obsah polyfenolov dosahoval interval 799 (*H. annuus*) až 1 550 (*P. somniferum*) mg/kg.

Včelie peľové obnôžky pôsobia v mnohých prípadoch ako imunostimulátor. Stimuluje humorálnu imunitnú odpoveď a mení reakciu oneskoreného typu hypersenzitivity u králikov (Dudov et al., 1994). V čínskej štúdií na myšiach sa ukázalo, že etanolové a acetónové extrakty, ako aj samotný včelí peľ *Brassica* majú imunoaktivačnú aktivitu (Qian et al., 1987; Qian et al., 1990). V štúdií s použitím včelích peľových obnôžok

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

z Brazílie bolo zistené, že suplementácia krmiva pre brojlery až 1,5 % BP (BP – bee pollen, včelí peľ) viedla k zvýšeniu imunity uvedených druhov vtákov (De Oliveira et al., 2013).

Fatrcová-Šramková et al. (2013) skúmali antimikrobiálny účinok vzoriek včelích peľových obnôžok rôznych rastlinných druhov (*Brassica napus* sk. Napus, *Papaver somniferum*, *Helianthus annuus* L.), pričom na extrakciu použili metanol (99,9 % a 70 %) a etanol (96 % a 70 %) a skúmali 5 rôznych kmeňov baktérií: *Listeria monocytogenes* CCM 4699, *Pseudomonas aeruginosa* CCM 1960, *Staphylococcus aureus* CCM 3953, *Salmonella enterica* CCM 4420. Najviac senzitívnou baktériou metanolového extraktu (70 %) včelích peľových obnôžok z *Brassica napus* sk. Napus a etanolového extraktu (70 %) včelích peľových obnôžok z *Helianthus annuus* L. bola *Salmonella enterica*.

Obsah polyfenolov v metanolových extraktoch

Celkový obsah polyfenolov v metanolovom extrakte bol nižší (19 mg/kg) v porovnaní s etanolovým extraktom (30,1 mg/kg) pri kapuste repkovej pravej, naproti tomu pre mak siaty sa hodnota mierne zvýšila na 24,8 mg/kg. Významnejší obsah bol stanovený pre kyselinu kumarovú BN 12 mg/kg a PS 14,3 mg/kg a rutín dihydrát pre BN 7 mg/kg a pre PS 10,5 mg/kg (tabuľka 16).

Tabuľka 16 Obsah polyfenolov (mg/kg) stanovený v metanolových extraktoch včelích peľových obnôžok testovaných druhov rastlín

Komponent	<i>Brassica napus</i> sk. Napus (BN)	<i>Papaver somniferum</i> L. (PS)
Kyselina kávová	<2	<2
Katechín	<1	<1
Kyselina kumarová	12	14,3
Epikatechín	<1	<1
Kyselina gálová	<1	<1
Hesperidín	<1	<1
Hydroxyflavanón	<2	<2
Kyselina hydroxybenzoová	<1	<1
Kyselina chlorogénová	<1	<1
Kaempferol	<2	<2
Myricetín	<2	<2
Kyselina protokatechová	<1	<1
Kvercetín dihydrát	<2	<2
Resveratrol	<1	<1
Rutín hydrát	7	10,5
Kyselina sinapová	<2	<2
Kyselina syringová	<1	<1
Kyselina ferulová	<2	<2
Kyselina vanilínová	<5	<5
Celkový obsah	19	24,8

Mohdaly et al. (2015) stanovovali v metanolových extraktoch monoflorálnych včelích peľových obnôžok druhu *Zea mays* zozbieraného v Egypte antiradikálovú aktivitu metódami DPPH, ABTS a Rancimatovou metódou. Účinky vychytávania voľných

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

radikálov pomocou DPPH zriedeného roztoku peľového extraktu (5 µg/ml) boli približne 15 %. Účinok bol však vyšší pri vyšších koncentráciách. Antiradikálová aktivita propolisového extraktu bola lepšia ako aktivita peľového extraktu aj pri nízkej koncentrácii extraktu. Pri koncentrácii 5 µg/ml propolisového extraktu bola antiradikálová aktivita 28 % a pri koncentrácii 25 µg/ml propolisového extraktu bola zaznamenaná 85 % aktivita. Metóda ABTS preukázala antiradikálovú aktivitu propolisových a peľových extraktov maximum 94,34 a 76,51 %, pri koncentrácii extraktu 25 µg/ml v nasledujúcom poradí: Pri Rancimatovej metóde, ktorou sa zisťuje oxidačná stabilita, autori stanovili hodnotu 13,7 pri propolisovom extrakte, kým pre peľový metanolový extrakt bola hodnota 6. Vzhľadom na výsledky zo všetkých troch testov bola aktivita vychytávania propolisového extraktu lepšia ako aktivita peľového extraktu. Fenolové zlúčeniny môžu byť zodpovedné za vysokú antioxidačnú kapacitu (Mohdaly et al., 2010a, 2010b), hoci sa uvádza, že neexistuje žiadna korelácia medzi obsahom hlavných antioxidačných zlúčenín a schopnosťou zachytávať voľné radikály (Yu et al., 2002).

Obsah polyfenolov v acetónových extraktoch

Celkový obsah polyfenolov v acetónovom extrakte dosiahol 40,6 mg/kg pre kapustu repkovú pravú a 31,5 mg/kg pre mak siaty. Aj v tomto extrakte bol stanovený obsah kyseliny kumarovej pre BN 12 mg/kg a PS 16 mg/kg, kyseliny hydroxybenzoovej pre BN 11,8 mg/kg a pre PS 8,0 mg/kg a rutín hydrát pre BN 14,3 mg/kg a PS 7,5 mg/kg (tabuľka 17).

Tabuľka 17 Obsah polyfenolov (mg/kg) stanovený v acetónových extraktoch včelích peľových obnôžok testovaných druhov rastlín

Komponent	<i>Brassica napus</i> sk. Napus	<i>Papaver somniferum</i> L.
Kyselina kávová	<2	<2
Katechín	<1	<1
Kyselina kumarová	12	16
Epikatechín	<1	<1
Hesperidín	<1	<1
Hydroxyflavanón	<2	<2
Kyselina hydroxybenzoová	11,8	8
Kyselina chlorogénová	<1	<1
Kaemferol	<2	<2
Myricetín	<2	<2
Kyselina protokatechová	2,5	<1
Kvercetín dihydrát	<2	<2
Resveratrol	<1	<1
Rutín hydrát	14,3	7,5
Kyselina sinapová	<2	<2
Kyselina syringová	<1	<1
Kyselina ferulová	<2	<2
Kyselina vanilínová	<5	<5
Celkový obsah	40,6	31,5

V realizovaných experimentoch sme zabezpečili analýzy obsahu polyfenolov v rámci technických možností na pracovisku. Sme si vedomí, že včelie peľové obnôžky obsahujú mnohé ďalšie biologicky aktívne látky, ktoré sme v našich experimentoch neurčili. Je to zložité nielen technickým vybavením, ale aj použitím ďalších extrakčných činidiel, ktoré umožnia identifikovať ďalšie polyfenoly a iné komponenty.

Kačániová et al. (2010a) zistili v rôznych druhoch peľu *Papaver somniferum* (v kvetovom peli a vo včelích peľových obnôžkach v mrazenej, lyofilizovanej a sušenej forme) obsah flavonoidov ($262,33 \pm 4,42$ mg/kg). Vyššiu hodnotu zistili v mrazenej ako sušenej a lyofilizovanej forme. V lyofilizovanej forme bol vyšší obsah dvoch flavonoidov (kvercetínu a apigenínu), zatiaľ čo obsah ďalších dvoch flavonoidov (luteolínu a kaempferolu) bol vyšší v sušenom peli. V mrazenej forme bol obsah kvercetínu $2,05 \pm 0,14$ mg/kg, luteolínu $1\,105,80 \pm 0,57$ mg/kg, kaempferolu $12,96 \pm 0,75$ mg/kg, apigenínu $4,60 \pm 0,46$ mg/kg a celkových flavonoidov $266,00 \pm 3,74$ mg/kg. V sušenej forme bol obsah kvercetínu $3,99 \pm 0,06$ mg/kg, luteolínu $1390,67 \pm 0,35$ mg/kg, kaempferolu $22,40 \pm 0,77$ mg/kg, apigenínu $6,56 \pm 0,29$ mg/kg a celkových flavonoidov $258,67 \pm 1,70$ mg/kg. V lyofilizovanej forme bol obsah kvercetínu $5,19 \pm 0,10$ mg/kg, luteolínu $1340,58 \pm 0,59$ mg/kg, kaempferolu $23,61 \pm 0,45$ mg/kg, apigenínu $15,65 \pm 0,67$ mg/kg a celkových flavonoidov $262,33 \pm 2,87$ mg/kg.

Fatrcová-Šramková et al. (2010a) skúmali vo včelích peľových obnôžkach *Brassica napus* sk. *Napus* v mrazenej, lyofilizovanej a sušenej forme obsah flavonoidov. V mrazenej forme bol obsah kvercetínu $7,67 \pm 0,03$ mg/kg, luteolínu $33,60 \pm 0,52$ mg/kg, kaempferolu $57,13 \pm 0,82$ mg/kg, apigenínu $29,76 \pm 1,33$ mg/kg a celkových flavonoidov $128,33 \pm 2,05$ mg/kg. V sušenej forme dosahoval obsah kvercetínu hodnoty $11,52 \pm 0,04$ mg/kg, luteolínu $37,59 \pm 0,09$ mg/kg, kaempferolu $61,16 \pm 0,39$ mg/kg, apigenínu $17,70 \pm 0,47$ mg/kg a celkových flavonoidov $115,33 \pm 3,86$ mg/kg. V lyofilizovanej forme bol obsah kvercetínu $16,89 \pm 0,02$ mg/kg, luteolínu $40,15 \pm 0,14$ mg/kg, kaempferolu $57,08 \pm 0,61$ mg/kg, apigenínu $32,09 \pm 0,69$ mg/kg a celkových flavonoidov $121,33 \pm 3,30$ mg/kg. Najvyšší obsah celkových flavonoidov bol v mrazenej forme, najvyšší obsah flavonoidu kaempferolu v sušenej forme a v lyofilizovanej forme bol najvyšší obsah ďalších troch skúmaných flavonoidov (kvercetínu, luteolínu a apigenínu). Antioxidačná aktivita dosahovala v mrazenej forme $1,93 \pm 0,02$ I/I₀, v sušenej forme $1,83 \pm 0,02$ I/I₀ a v lyofilizovanej forme $1,25 \pm 0,02$ I/I₀.

Fatrcová-Šramková et al. (2016) skúmali obsah flavonoidov vo včelích peľových obnôžkach *Helianthus annuus* L. v mrazenej, lyofilizovanej a sušenej forme. V mrazenej forme bol obsah kvercetínu $14,30 \pm 0,37$ mg/kg, luteolínu $66,39 \pm 0,15$ mg/kg, apigenínu $23,99 \pm 0,83$ mg/kg a suma flavonoidov dosahovala $104,68 \pm 1,35$ mg/kg. V sušenej forme bol obsah kvercetínu $10,19 \pm 0,22$ mg/kg, luteolínu $63,62 \pm 0,32$ mg/kg, apigenínu $32,01 \pm 1,73$ mg/kg a suma flavonoidov bola $105,82 \pm 2,27$ mg/kg. V lyofilizovanej forme bol obsah kvercetínu $12,04 \pm 0,20$ mg/kg, luteolínu $46,96 \pm 0,44$ mg/kg, apigenínu $34,40 \pm 1,23$ mg/kg a suma flavonoidov dosahovala $93,40 \pm 1,86$ mg/kg. Pri všetkých troch formách úpravy včelích peľových obnôžok zo slnečnice ročnej bol obsah kaempferolu pod detekčným limitom.

4.3.9 Rezíduá z agropesticídov

Termín „rezíduum“ zahŕňa akékoľvek deriváty pesticídu, metabolity, reakčné produkty a nečistoty považované za toxikologicky významné. Termín „rezíduum pesticídov“ zahŕňa zvyšky z neznámych alebo nevyhnutných zdrojov (napríklad životné prostredie), ako aj známe chemikálie (FAO, 2005).

Jedným z najväznejších problémov praktického využitia včelích peľových obnôžok z rastlinných druhov pre ich potravinárske ale aj terapeutické využitie je nežiaduci obsah kontaminantov, ktoré môžu závažne ohroziť zdravie konzumentov. Mnohí autori stanovili vo včelích peľových obnôžkach mnohé nežiaduce kontaminaty v nadlimitnom obsahu: Altunatmaz et al. (2017) (Turecko) olovo, kadmium a arzén; Sattler et al. (2016) (Brazília) bárium, kadmium, lítium, olovo a vanád; Oliveira et al. (2017) (Brazília) trifluralín, bioallethrin, aldrin, alfa endosulfán, fempropatrim, alachlór a permetrin; Codling et al. (2016) (Kanada) klotianidín a nitenpyram; Dübecke et al. (2011) (rôzny pôvod) pyrolizidínové alkaloidy; Kačániová et al. (2011) (Slovensko) huby a mykotoxíny.

Tabuľka 18 Obsah rezíduí agropesticídov vo včelích peľových obnôžkach testovaných druhov rastlín

Rezíduum (mg/kg)	<i>Brassica napus</i> sk. Napus	<i>Papaver somniferum</i> L.
Alfa-HCH (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Beta-HCH (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Gama-HCH (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
p,p-DDT (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Endrin ketón (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Metoxychlór (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
HCB (organochlórované pesticídy)hexachlórbenzén	<0,005	<0,005
Delta-HCH (organochlórované pesticídy)	<0,005	0,037
Heptachlór (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Aldrin (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Heptachlóreoxid (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
p,p-DDD (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Endrin aldehyd (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Endosulfan sulfát (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Gama-chlordan (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Endosulfán I (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Endosulfán II (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Alfa-chlordan (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
p,p-DDE (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Dieldrin (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005
Eldrin (organochlórované pesticídy)	<0,005	<0,005

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

V realizovaných experimentoch sme vzorky včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho testovali v rámci dostupných technických a finančných možností len rezíduá vybranej skupiny organochlórovaných pesticídov. Z prezentovaných analýz uvedených v tabuľke 18 vyplýva, že vo vzorkách včelích peľových obnôžok nebol stanovený obsah rezíduí po agropesticídoch. Pritom hodnoty maximálnych hladín rezíduí (MRL) sa podľa smerníc EÚ v prípade medu pohybujú v rozsahu 0,01 až 1 mg/kg, ale v prípade iných včelárskych produktov sa MRL neuplatňujú, kým nie sú identifikované a uvedené jednotlivé produkty (Databáza pesticídov EÚ, 2021).

Aj napriek tomu nemožno tvrdiť, že vo včelích peľových obnôžkach kapusty repkovej pravej a maku siateho je všetko v poriadku, pretože sme vzorky testovali len na prítomnosť 25 rezíduí. V súčasnosti je v databáze pesticídov Európskej únie registrovaných približne 1 500 látok, pričom takmer jedna tretina je schválená (Databáza pesticídov EÚ, 2021).

Spoznanie skutočného stavu v danej problematike je potrebné mať výkonné analytické prístroje, špeciálne chemikálie, hlavne štandardy pre rôzne skupiny rezíduí a finančné možnosti. Názorne to možno dokumentovať na dvoch literárnych výsledkoch a poznatkoch získaných z prestížnych laboratórií.

Johnston et al. (2014) v rozsiahlej štúdií analyzovali 107 vzoriek včelích peľových obnôžok, 25 vzoriek pergy – včelieho chleba z 12 európskych krajín, v ktorých zistili rôznu koncentráciu 300 účinných látok ako rezíduí z agropesticídov. Celkovo identifikovali rezíduá z 53 pesticídov vrátane insekticídov, akaricídov, fungicídov a herbicídov. V podstate stanovili rezíduá v každej vzorke, keď nie na úrovni obsahu vyjadrenú v jednotke ppm (*parts per million* - jednotka pre vyjadrenie nízkych koncentrácií – počet častíc látky na 1 milión ostatných častíc), tak určite v jednotke ppb (*parts per billion* – jednotka pre vyjadrenie nízkych koncentrácií – počet častíc látky na 1 miliardu ostatných častíc).

Böhme et al. (2018) v 281 analyzovaných vzorkách včelích peľových obnôžok počas piatich rokov v Nemecku identifikovali 73 účinných látok a to hlavne rezíduá po fungicídoch. Najviac rezíduí agropesticídov bolo zistených vo vzorkách včelích peľových obnôžok zo včelstiev lokalizovaných v blízkosti sádov, porastov olejní a lúk. V analyzovaných vzorkách sa najčastejšie vyskytoval tiaklopid s najvyššou koncentráciou 470 µg/kg.

Peľ môže byť kontaminovaný z prostredia pesticídmi, ťažkými kovmi, metaloidmi a plesňami produkujúcimi mykotoxíny. Okrem toho peľ určitých rastlinných druhov obsahuje aj hepatotoxické pyrolizidínové alkaloidy v relatívne vysokých koncentráciách. V týchto produktoch môžu byť prítomné aj alergény a peľové zrná z geneticky modifikovaných rastlín. Viacerí autori skúmali najbežnejšie pesticídne účinné látky (chlórpyrifos, fluvalinát, karbendazim, tiaklopid), toxikologicky významné prvky (arzén, kadmium, ortuť, olovo), bežné mykotoxíny (aflatoxín-B1, ochratoxín-A, fumonizíny, zearalenón, deoxynivalenol, T-2 toxín) a pyrolizidínové alkaloidy (Végh et al., 2021).

4.3.10 Antioxidačná aktivita včelích peľových obnôžok

V realizovanom experimente sme stanovili aj antioxidačnú aktivitu včelích peľových obnôžok s použitím rôznych extrakčných činidiel. Výsledky sú prezentované v tabuľke 19. Najvyššiu antioxidačnú aktivitu metódou Trolox sme stanovili v metanolovom extrakte pre kapustu repkovú pravú 59 769 mg/kg Trolox ekv. a pre mak siaty 60 889 mg/kg Trolox ekv. Najnižšiu antioxidačnú aktivitu pri maku siatom sme stanovili vo vodnom extrakte (30 711 mg/kg Trolox ekv.) a pre kapustu repkovú pravú v acetónovom extrakte (40 544 mg/kg Trolox ekv.). Medzi stanovenými hodnotami antioxidačnej aktivity s použitými činidlami sme určili významné rozdiely (tabuľka 19).

V spoločne realizovaných experimentoch v Českej republike (Bleha et al., 2019) sme stanovili antioxidačnú aktivitu včelích peľových obnôžok pre kapustu repkovú pravú metódou Trolox $0,83 \pm 0,10$ (mm/l) a metódou DPPH v metanolovom extrakte $93,69 \pm 5,80$ % a vo vodnom extrakte $22,53 \pm 1,40$ %. Pre mak siaty sme stanovili antioxidačnú aktivitu metódou Trolox $2,08 \pm 0,25$ (mm/l) a metódou DPPH v metanolovom extrakte $61,30 \pm 3,84$ % a vo vodnom extrakte $43,95 \pm 2,63$ %.

Tabuľka 19 Antioxidačná aktivita včelích peľových obnôžok z testovaných druhov rastlín v rôznych extrakčných činidlách

Extrakčné činidlo	Merné jednotky	<i>Brassica napus</i> sk. Napus (BN)	<i>Papaver somniferum</i> L. (PS)
METANOL	nmol/ μ l z kk	10	10
	mg/kg Trolox ekv.	59 769	60 889
ETANOL	nmol/ μ l z kk	8	9
	mg/kg Trolox ekv.	52 686	55 902
ACETÓN	nmol/ μ l z kk	13	7
	mg/kg Trolox ekv.	40 544	43 037
VODA	nmol/ μ l z kk	9	5
	mg/kg Trolox ekv.	58 580	30 711

Fatrcová-Šramková et al. (2013, 2016) skúmali antioxidačné vlastnosti včelích peľových obnôžok v etanolovom roztoku a porovnávali vlastnosti rastlinných druhov *Papaver somniferum*, *Brassica napus* sk. Napus a *Helianthus annuus* L. Antioxidačné vlastnosti sa znižovali v poradí: *Brassica napus* sk. Napus, *Papaver somniferum*, *Helianthus annuus* L. Antiradikálová aktivita DPPH (% inhibície) bola v priemere $70,05 \pm 17,17$ % (v rozsahu od 47,68 % do 87,51 %) a podľa druhov: *Brassica napus* $86,25 \pm 0,94$ %, *Papaver somniferum* $75,93 \pm 0,53$ %, *Helianthus annuus* L. $47,97 \pm 0,29$ %. Redukčná sila zložiek peľových obnôžok (RP_{AA}) analyzovaná spektrofotometricky bola priemerne $3 575,56 \pm 749,04$ μ g/ml (v rozsahu od 2 775,0 do 4501,0 μ g/ml) a dosahovala hodnotu pre *Brassica napus* sk. Napus $4 495,33 \pm 4,19$ μ g/ml, *Papaver somniferum* $3 452,67 \pm 4,64$ μ g/ml a *Helianthus annuus* L. $2 778,67 \pm 3,30$ μ g/ml. Antioxidačná aktivita hodnotená

DNA-biosenzorom (I/I_0), založená na protektívnom účinku antioxidantov pred poškodením DNA, dosahovala $1,09 \pm 0,68$ (v rozsahu od 0,32 do 1,95), pre *Brassica napus* sk. *Napus* $1,93 \pm 0,02$, *Papaver somniferum* $0,95 \pm 0,02$ a *Helianthus annuus* L. $0,37 \pm 0,04$. Obsah polyfenolov bol vo včelích peľových obnôžkach v priemere $964,22 \pm 319,31$ mg/kg (od 628,0 do 1 389,0 mg/kg) a podľa druhov: *Brassica napus* $1 383,67 \pm 3,86$ mg/kg, *Papaver somniferum* $817,33 \pm 4,11$ mg/kg, *Helianthus annuus* L. $691,67 \pm 7,76$ mg/kg (Fatrčová-Šramková et al., 2013).

Kačániová et al. (2010a) zistili, že antioxidačná vlastnosť – redukčná sila zložiek včelích peľových obnôžok z *Papaver somniferum* bola $3 592,56 \pm 105,29$ $\mu\text{g}/\text{cm}^3$. Redukčná sila mrazených, lyofilizovaných a sušených včelích peľových obnôžok bola vyjadrená ako množstvo kyseliny askorbovej potrebné na dosiahnutie rovnakého redukčného účinku, pričom najvyššiu hodnotu dosiahli lyofilizované včelie peľové obnôžky ($3 671,33 \pm 3,40$ $\mu\text{g}/\text{cm}^3$), nasledovali sušené ($3 653,67 \pm 4,64$ $\mu\text{g}/\text{cm}^3$) a mrazené ($3 452,67 \pm 4,64$ $\mu\text{g}/\text{cm}^3$).

Kačániová et al. (2010a) súčasne potvrdili, že etanolový roztok včelích peľových obnôžok z *Papaver somniferum* má široký antimikrobiálny účinok. V ďalšej práci Kačániová et al. (2010b) skúmali mikróflóru včelích peľových obnôžok, pričom porovnávali vlastnosti maku siateho, kapusty repkovej pravej a slnečnice ročnej.

Almaraz-Abarca et al. (2004) potvrdili, že antioxidačná aktivita bola rozdielna pre každý druh a hodnoty antioxidačnej aktivity neboli asociované s obsahom flavonolov vo včelom peľi. Včelí peľ rôzneho botanického pôvodu mal rozdielnu antioxidačnú aktivitu. Determinujúcim faktorom môže byť skôr zloženie flavonolov a kyseliny fenolovej ako ich koncentrácia.

Leja et al. (2007) zistili vysokú variabilitu obsahu fenolov v peľi 12 rastlinných druhov. Pozorovali veľké rozdiely v radikálovej scavengerovej aktivite, ktorá nekorelovala s obsahom fenolických zložiek. Druhy peľu možno rozdeliť do troch skupín: s vysokou (61 – 91,3 %), strednou (23,5 – 29,6 %) a nízkou (8,6 – 16 %) radikálovou scavengerovou aktivitou. V prípade niektorých druhov veľmi vysoká radikálová scavengerová aktivita korešpondovala s vysokým obsahom fenolov, fenypropanoidov a flavonolov.

Mnohé správy (Campos et al., 2003; Leja et al., 2007; Pérez-Pérez et al., 2012) potvrdili, že vysoká antioxidačná kapacita včelieho peľu, etanolových alebo metanolových extraktov koreluje s vysokým množstvom polyfenolov, najmä flavonoidov a fenolových kyselín. Príspevok nefenolových zlúčenín k celkovej antioxidačnej kapacite týchto extraktov nemožno vylúčiť. Okrem toho aktivita zachytávania voľných radikálov včelieho peľu preukázala významný pokles so starnutím, ktorý by sa dal vysvetliť nestabilitou niektorých antioxidantov. Campos et al. (2003) navrhli, že takýto pokles zachytávania voľných radikálov možno použiť ako meradlo veku včelieho peľu v porovnaní s čerstvým včelím peľom rovnakého kvetového pôvodu.

Vysoké hladiny fenolických zložiek sú často sprevádzané vysokou antioxidačnou kapacitou peľu, avšak napríklad ani Campos et al. (2003) nepotvrdili koreláciu medzi flavonoidmi a radikálovou scavengerovou aktivitou.

4.3.11 Aplikácia NIR spektier

Vibračné spektroskopické metódy sa bežne používajú k štruktúrálnej analýze biologického materiálu, nevyžadujú špeciálnu prípravu vzoriek a vylučujú faktory vedúce k skresleniu výsledkov (chemická alebo tepelná degradácia, strata zložiek počas prípravy extraktov a pod.). Poskytujú informácie o chemickom zložení vzoriek a sú užitočné pri ich identifikácii. FTIR (Fourier transformed infrared) spektroskopia je komplementárna metóda vibračnej spektroskopie, meranie spektier je rýchle a jednoduché, v prípade difúznej reflektančnej techniky navyše nedochádza k deštrukcii vzoriek (Pappas et al., 2003; Ivleva et al., 2005; Gottardini et al., 2007).

Infračervená spektroskopia je založená na absorpcii infračerveného žiarenia pri prechode vzorkou, pričom dochádza k zmenám rotačných a vibračných energetických stavov molekuly v závislosti od zmien dipólového momentu molekuly. Infračerveným žiarením sa rozumie elektromagnetické žiarenie v rozsahu vln 12 500 až 20/cm a vlnovej dĺžky 800 nm až 0,5 mm. Infračervené žiarenie nadväzuje na žiarenie viditeľné na jednej strane a na žiarenie mikrovlnné na strane druhej. Infračervená spektroskopia sa rozlišuje podľa vlnových dĺžok žiarení na ďalekú (FIR – far infrared), strednú (MIR – middle infrared) a blízku (NIR – near infrared). Pre identifikáciu a určovanie chemickej štruktúry má najväčší význam stredná infračervená oblasť (4 000 – 200/cm) (George a McIntyre, 1987).

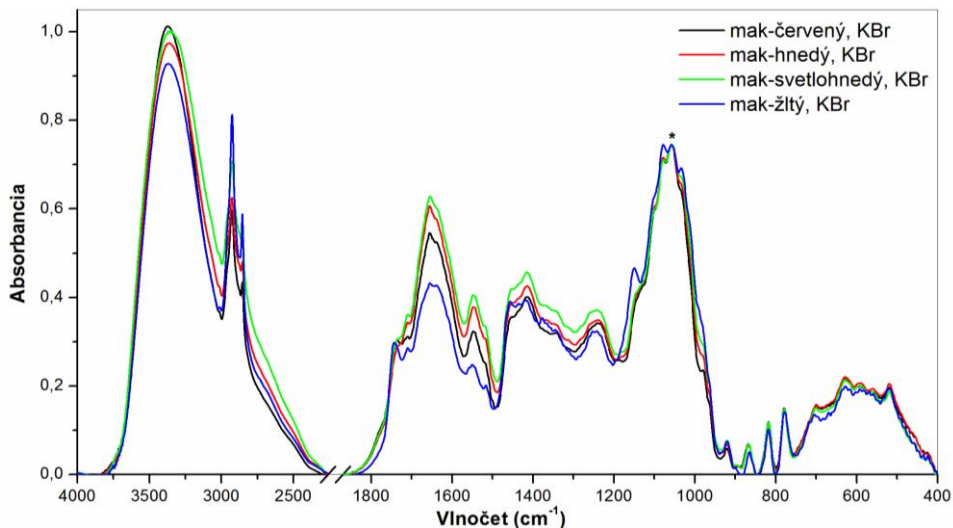
Na rozdiel od strednej IČ oblasti (MIR), kde sa vyskytujú vibračné prechody, oblasť NIR obsahuje kombinácie a násobky (overtóny) týchto prechodov. Pásky kombinačných vibrácií a overtónov sú však omnoho slabšie v porovnaní s pásmi príslušných základných vibrácií v MIR a sú výrazne širšie, a preto sa navzájom prekrývajú. Z tohto dôvodu je interpretácia NIR spektier veľmi zložitá, je však možná a dokonca veľmi úspešná napr. v prípade homologických látok. NIR spektroskopia je často používaná pre kvantitatívnu alebo diskriminačnú analýzu biologických vzoriek.

Uvedené metódy sme využili aj na analýzu vzoriek včelích peľových obnôžok z maku siateho (obrázok 15) a kapusty repkovej pravej (obrázok 16). Dosiahnuté výsledky z uvedenej problematiky sme získali v rámci spoločne realizovaných výskumných aktivít s kolektívom Katedry sacharidov a obilnín Vysokej školy chemicko-technologickej v Prahe, ktoré boli publikované vo viacerých spoločných publikáciách (Synytsya et al., 2010; Synytsya et al., 2011; Bleha et al., 2021). Z výsledkov vyplynuli nasledovné poznatky:

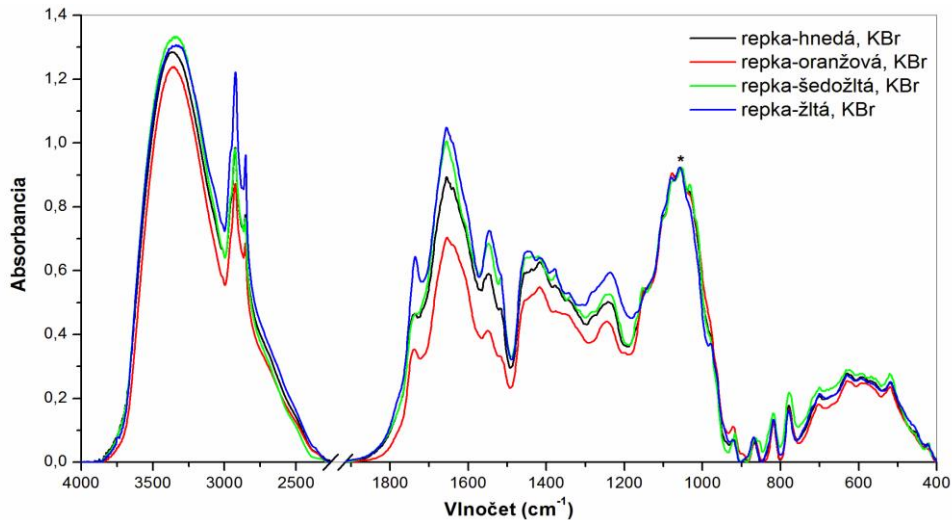
ATR spektrá - oblasť 1 800 – 1 550/cm ukazuje na prítomnosť organických kyselín, prípadne ich solí a polyfenolov. Slabý pás okolo 1 700/cm poukazuje na prítomnosť kyselín a solí. Pík v oblasti 1 641 – 1 644/cm poukazuje na prítomnosť vody. Dva píky okolo 1 600/cm a 1 410/cm predstavujú asymetrickú a symetrickú valenčnú vibráciu CH₂ skupín. Pík v oblasti okolo 1 600/cm ukazuje na karboxylové kyseliny vo forme soli. Pík v oblasti okolo 1 580/cm poukazuje na karboxylové kyseliny a polyfenoly. Oblasť okolo 1 450/cm ukazuje na deformačné vibrácie CH₂ skupín. Pík v oblasti 1 542/cm poukazuje na prítomnosť bielkovín. Oblasť 1 200 – 900/cm predstavuje valenčné vibrácie CC a CO skupín a poukazuje hlavne na prítomnosť cukrov. Oblasť 1 100/cm predstavuje výraznú cukrovú zložku.

KBr spektrá - oblasť 2 000 – 4 000/cm je charakteristická pre valenčné vibrácie OH a CH väzieb. Široký pás okolo 3 380/cm predstavuje valenčné vibrácie OH vody a alkoholov a poukazuje na prítomnosť vody a sacharidov. Oblasť 3 000 – 2 800/cm poukazuje na prítomnosť valenčných väzieb CH hlavne z mastných kyselín a tukov. Dva úzke pásy 2 927/cm a 2 850/cm predstavujú asymetrickú a symetrickú valenčnú vibráciu CH₂ skupín. Keď sú píky intenzívne a dlhé, ide o dlhé reťazce hlavne mastných kyselín a tukov. Slabý pás okolo 3 015/cm prítomný v niektorých spektrách ukazuje na CH vibrácie nenasýtených zlúčenín. Oblasť 2 000 – 400/cm poskytuje informácie hlavne o štruktúre a zložení vzoriek. Výrazné píky v oblasti 1 800 – 1 500/cm ukazujú na prítomnosť karbonylových a karboxylových zlúčenín, aromatických látok, esterov, amidov, bielkovín a nenasýtených zlúčenín. Dva intenzívne píky okolo 1 550/cm (amid II) a 1 650/cm (amid I) poukazujú na prítomnosť amidov vyskytujúcich sa v bielkovinách. Pík okolo 1 740/cm pochádza z C=O valenčných vibrácií esterov, čím poukazuje na prítomnosť tukov. Oblasť 1 500 – 1 200/cm predstavuje deformačné vibrácie CH, NH a OH skupín, vibrácie amid III bielkovín, rovinné deformačné vibrácie sacharidov a valenčné vibrácie esterov. Jednotlivé píky sa navzájom prekrývajú, vzhľadom k tomu je interpretácia tejto oblasti zložitá. Oblasť 1 200 – 900/cm predstavuje vibrácie cukrov, CO, CC valenčných väzieb a menej CN väzieb, ukazujúcich na prítomnosť bielkovín. V oblasti 950 – 700/cm sa nachádzajú skeletné píky citlivé na štruktúru CH nenasýtených aromatických skupín a sacharidov. Oblasť 700 – 400/cm obsahuje zložité skeletné vibrácie, aj celých atómov a molekúl. Píky nie sú veľké a ich interpretácia je zložitá (obrázok 15 – 16).

Z porovnania grafických záznamov z analýzy včelích peľových obnôžok maku siateho a kapusty repkovej pravej vyplývajú významné rozdiely, ktoré deklarujú dva rôzne špecifické biochemické profily, aj napriek tomu, že pri niektorých stanovených biochemických zlúčeninách uvedených v predchádzajúcich hodnotených kapitolách boli zistené určité zhody.



Obrázok 15 FTIR spektrá včelích peľových obnôžok z *Papaver somniferum* L.



Obrázok 16 FTIR spektrá včelích peľových obnôžok z *Brassica napus* sk. Napus

4.4 Využitie včelích peľových obnôžok v inovaných potravinových výrobkoch

Vplyv prídania včelích peľových obnôžok na farbu cestovín

VIS spektrá sme použili okrem iného aj pri hodnotení cestovín s pridaním včelích peľových obnôžok maku siateho a kapusty repkovej pravej.

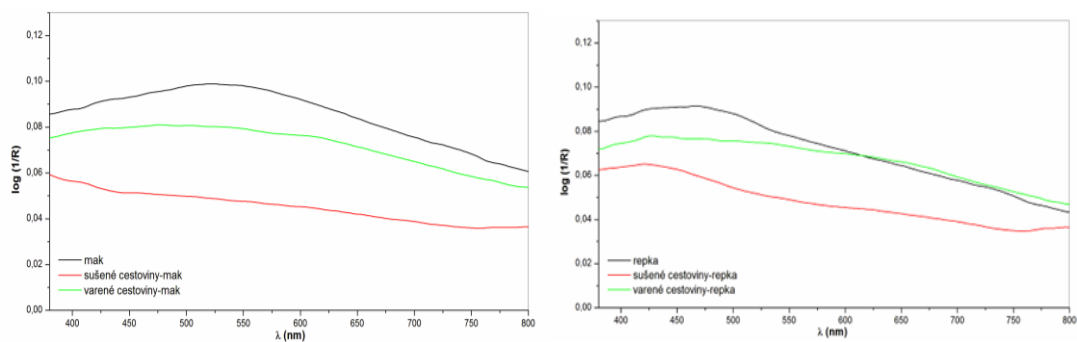
Včelie peľové obnôžky sú z mnohých druhov obyčajne veľmi podobné, a preto ich identifikácia len na základe morfológie môže byť v niektorých prípadoch zložitá. K riešeniu tohto problému by mohlo pomôcť porovnávanie ich sfarbenia. Rozmanitosť farby peľových zŕn včelích obnôžok závisí od zdroja peľu (Almaraz-Abarca et al., 2007; Leja et al., 2007). HCA/PCA analýzou VIS spektier a diagramu farebnosti možno rozdeliť vzorky peľu podľa druhového zloženia na základe rôznych pomerov obsahu farbív v peli na karotenoidov a flavonoidov. Zatiaľ nie je jasné, do akej miery farba včelích peľových obnôžok koreluje s jeho botanickým pôvodom, preto meranie farby možno využiť pre triedenie vzoriek peľu v kombinácii s ďalšími faktormi, ako je morfológia peľu a obsahom určitých chemických látok.

Farba včelích peľových obnôžok nezávisí len od botanického pôvodu peľu, ale aj od štádia vývinu peľových zŕn a prítomnosti farbív z nektáru. Dve hlavné skupiny farbív, ktoré obsahujú včelie peľové obnôžky sú karotenoidy a flavonoidy. Karotenoidy majú červeno-žlté, oranžové až červené sfarbenie. Farba flavonoidov je veľmi rozmanitá a závisí od ich štruktúry, môže byť bezfarebná, cez rôzne odtiene červenej, modrej až po tmavo fialovú. Výsledky z realizovaného experimentu potvrdili, že pri včelích peľových obnôžkach kapusty repkovej pravej prevládajú flavonoidy a pri maku siatom sú prítomné obe skupiny farbív. Dosiahnuté výsledky z uvedenej problematiky sme získali v rámci spoločne realizovaných výskumných aktivít s kolektívom Katedry sacharidov a obilnín

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

Vysoké školy chemicko-technologickej v Prahe, ktoré boli publikované vo viacerých spoločných publikáciách (Bleha et al. 2019; Bleha et al. 2021).

V samostatných experimentoch sme realizovali viacero štúdií na stanovenie vplyvu pridania včelích peľových obnôžok do cesta na prípravu cestovín (tradičné domáce rezance). Po pridaní obnôžok do cesta dochádza k interakcii farebných zložiek použitých včelích peľových obnôžok s hlavnou zložkou cestovín a dochádza k vzniku komplexu. Polyfenoly a karotenoidy zo včelích peľových obnôžok sa spolu s polysacharidmi z cestovín vyskytujú vo viazanej forme, čo má za následok zmenu spektrálnej charakteristiky pridaných včelích peľových obnôžok a samotných cestovín. Farba sa teda posúva, vid' spektrá prezentované na obrázku 17. Avšak samotný vplyv sfarbenia cestovín na výsledný produkt nie je až tak výrazný (obrázok 18).



Obrázok 17 Porovnanie difúzných reflektančných UV/VIS spektier aplikácie včelích peľových obnôžok (čierna farba) *Papaver somniferum* L. (vľavo) a *Brassica napus* sk. Napus (vpravo) pri príprave cestovín pred (zelená farba) a po ich uvarení (červená farba)

Z výsledkov vyplynulo, že varenie ovplyvňuje štruktúru cestovín, čo súvisí s fyzikálnymi zmenami škrobu. Na začiatku je to jeho mazovatenie, ďalej rozpúšťanie a na záver jeho retrogradácia. Prídavok včelích peľových obnôžok ovplyvnil štruktúru cestovín. Jednotlivé druhy včelích peľových obnôžok mali na cestoviny rôzny vplyv.



Obrázok 18 Porovnanie farby cestovín s pridanými včelími peľovými obnôžkami v poradí a) kontrola (bez pridania obnôžok), b) *Papaver somniferum* a c) *Brassica napus* sk. Napus. Foto: A. Oravec, 2012

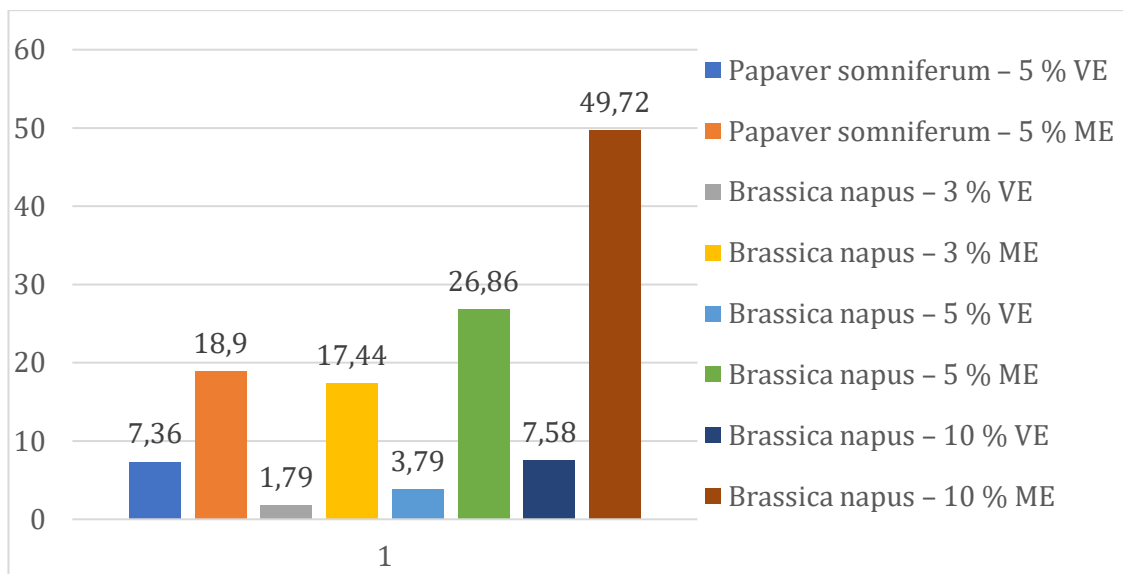
Bol predpokladaný pokles bielkovín pôsobením pepsínu, ale porovnávanie spektier ukázalo, že k predpokladanému poklesu nedošlo. Naopak nastal pokles v oblasti vibrácií sacharidov (polysacharidov). V kyslom prostredí zrejme došlo k čiastočnej hydrolýze a extrakcii niektorých polysacharidov do reakčného média. Výsledkom bola zmena zastúpenia bielkovín a polysacharidov. Významné zmeny v oblasti amidových pásov však ukazujú na pravdepodobnú denaturáciu bielkovín (obrázok 17).

Vplyv prídania včelích peľových obnôžok na antioxidačnú aktivitu mäsi tyčíniek

V samostatnom experimente sme zhodnotili vplyv prídania včelích peľových obnôžok maku siateho a kapusty repkovej pravej na antioxidačnú aktivitu vytvorených mäsi tyčíniek podľa postupu uvedeného pri použitých metodikách v kapitole Materiál a metódy. Antioxidačnú aktivitu sme stanovili metódou DPPH vo vodných (VE) a metanolových (ME) extraktoch.

S aplikáciou včelích peľových obnôžok z maku siateho sme pripravili jeden variant s prídanim 5 % obnôžok z testovaním vo vodnom a metanolovom extrakte (obrázok 19).

S aplikáciou včelích peľových obnôžok z kapusty repkovej pravej sme pripravili tri varianty s prídanim 3 %, 5 % a 10 % obnôžok s testovaním vo vodných a metanolových extraktoch (obrázok 19).



Obrázok 19 Porovnanie antioxidačnej aktivity mäsi tyčíniek po prídani včelích peľových obnôžok z maku siateho (5 %) a kapusty repkovej pravej (3 %, 5 % a 10 %) stanovenej vo vodných (VE) a metanolových (ME) extraktoch

Z prezentovaných výsledkov na obrázku 19 vyplýva, že antioxidačnú aktivitu testovaných vzoriek vo vodných extraktoch (VE) sme určili v rozsahu od 1,79 % (*Brassica napus* 3 %) do 7,58 % (*Brassica napus* 10 %).

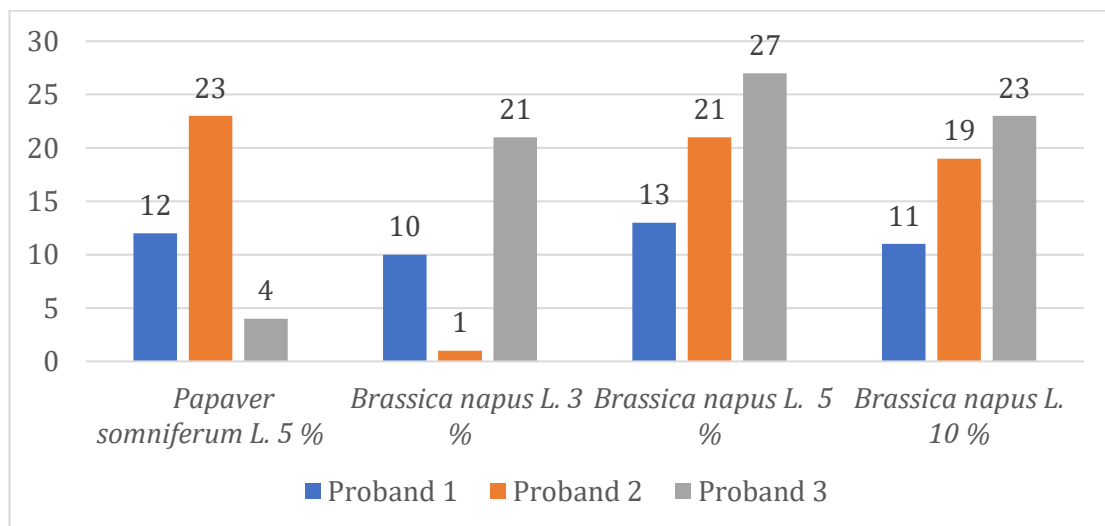
Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

Antioxidačnú aktivitu testovaných vzoriek v metanolových extraktoch (ME) sme určili v rozsahu od 17,44 % (*Brassica napus* 3 %) do 49,72 % (*Brassica napus* 10 %).

Pri variantoch s aplikáciou včelích peľových obnôžok z kapusty repkovej pravej sme zaznamenali pozitívnu závislosť so zvyšovaním dávok na zvyšovanie hodnôt antioxidačnej aktivity vo vodných aj metanolových extraktoch. Výsledky súčasne potvrdzujú poznatky autorov Krystyan et al. (2015), ktorí uvádzajú, že včelie peľové obnôžky možno použiť ako zdroj na zvýšenie výživnej hodnoty mnohých potravín. Preto dosiahnuté výsledky nepotvrdzujú nesprávne dohady autorov Sokmen et al. (2022) a Ares et al. (2018), ktorí predpokladali, že prídanie včelích peľových obnôžok pôsobí opačným účinkom, t.j. znižuje obsah bioaktívnych zlúčenín v dôsledku vonkajšej vrstvy (exiny) peľu, ktorá pôsobí ako ochranná bariéra a tým zachováva bioaktívne zlúčeniny vo vnútri peľových zŕn, a preto ich neuvolňuje do prostredia.

Stanovenie stupňa intolerancie konzumácie mäsi tyčínok po pridaní včelích peľových obnôžok

Pre stanovenie stupňa tolerancie/intolerancie probandov na testovanie vhodnosti konzumácie včelích peľových obnôžok sme použili diagnostický systém DIACOM. V teste sme hodnotili 4 vzorky mäsi tyčínok s prídanim rozdielneho percentuálneho podielu včelích peľových obnôžok z maku siateho (*Papaver somniferum* 5 %) a kapusty repkovej pravej (*Brassica napus* 3 %, 5 % a 10 %). Overovací test sme vykonali za účasti 3 dobrovoľných probandov (P-1 až P-3). Výsledky z testu sú názorne prezentované na obrázku 20. Z výsledkov vyplýva, že u probandov sme zistili špecifickú reakciu na testované vzorky včelích peľových obnôžok. Na testované vzorky reagovali probandi s rôznym stupňom pozitívnej tolerancie. U všetkých troch probandov sa prejavila najvhodnejšia tolerancia na mäsi tyčinky s prídanim 5 a 10 % včelích peľových obnôžok z kapusty repkovej pravej.



Obrázok 20 Porovnanie probandov na testovanie tolerancie na mäsi tyčinky s prídanim rozdielneho percenta včelích peľových obnôžok z maku siateho a kapusty repkovej pravej použitím diagnostického prístroja DIACOM

5 ZÁVERY

Včelie peľové obnôžky sa v ostatných rokoch stávajú stredobodom pozornosti výskumných kolektívov vo všetkých krajinách sveta s rôznorodou orientáciou, čo jednoznačne dokumentuje úvodná analýza problematiky v publikácii. Počet riešených výskumných projektov a prezentovaných výsledkov sa tým výrazne zvyšuje v každom roku, čo už mnohé autorské kolektívy využívajú na spracovanie rozsiahlych prehľadných štúdií s odhaľovaním stále nových poznatkov, ktoré už navádzajú a inšpirujú podnikateľskú a výrobnú sféru k praktickému využitiu včelích peľových obnôžok ako unikátneho prírodného zdroja v rôznych oblastiach, ale hlavne v inovačných programoch výživy obyvateľstva, fytoterapii, farmácii, kozmetike, kŕmení hospodárskych zvierat a v iných oblastiach. Dôkazom praktického využívania včelích peľových obnôžok je už aj registrácia stoviek patentov a sériová výroba mnohých produktov s najväčším zastúpením v Číne, Ruskej federácii a v ďalších krajinách. Preto nie sú vôbec nereálne očakávania globálneho trhu so včelími peľovými obnôžkami dosiahnuť v roku 2024 objem 670 miliónov Euro.

Pri riešení a hodnotení danej problematiky prevažná väčšina konzumentov, spotrebiteľov, spracovateľov, ale aj výskumnej a včelárskej verejnosti orientovaných na využívanie včelích peľových obnôžok si nie je dostatočne vedomá podstaty samotných včelích peľových obnôžok ako unikátnych a jedinečných prírodných produktov vytvorených v symbióze rastlín a včiel.

Hlavným produktom, ktorý sa stal stredobodom pozornosti mnohých záujmov od výskumu až po rôzne praktické využitie sú jedinečné včelie peľové obnôžky. V praktickom poňatí sa využívajú ako monoflorálne / jednodruhové – vytvorené včelami zo zozbieraných včelích peľových zŕn z jedného rastlinného druhu alebo polyflorálne / viacdruhové, čo je zmes včelami zozbieraných peľových zŕn z rôznych druhov rastlín. Vo včelárskej praxi sa viac zberajú a využívajú polyflorálne včelie peľové obnôžky. V oboch formách je jedna základná podstata. Včelie peľové obnôžky vytvorili včely zozbieraním ultramikroskopických peľových zŕn z kvitnúcich kvetov a dômyselnou technológiou ich následne stmelili nektárom, slinami a inými výlučkami do kompaktnej hrudkovej formy, ktorú včely s ľahkosťou transportujú na tretom páre nôh do úľov. Rôzne civilizácie pre zabezpečenie svojej existencie využívali a využívajú alebo môžu využívať z bohatej rastlinnej ríše evidovanej na našej planéte viac ako 360 tisíc druhov rastlín a to na úrovni čerstvých alebo technologicky upravených plodov, semien, listov, stoniek, púčikov, kvetov, koreňov, hlúz alebo iných častí rastlín. Ale nie sú a nebudú schopní bez včiel pozbierať a využiť najcennejšie a najvýživnejšie produkty z rastlín, a to je jedinečný nektár a neviditeľné peľové zrná, ktoré sú morfológicky a svojím chemickým zložením špecifické pre jednotlivé druhy rastlín. Vďaka včelám môže človek konzumovať med vyrobený z nektáru a obnôžky vytvorené z peľových zŕn. A tu sa začína jedinečný a unikátny svet včelích peľových obnôžok, čo je na prvý pohľad fascinujúce. V prvom rade zabezpečiť uchovanie a udržateľné využívanie včiel a iných opel'ovačov pre zabezpečenie opel'ovacieho procesu a súčasne aj pre zvýšenie produkcie včelích peľových obnôžok a ostatných včelích produktov, a to hlavne znížením aplikácie agropesticídov a iných syntetických zlúčenín, ktoré doslova toxikujú životné prostredie pre ľudí a opel'ovače a biodiverzitu ako takú.

Znečistené životné prostredie súčasnou civilizáciou je už tak rozsiahle, že vytvorilo mnohé závažné už známe, ale aj doteraz neznáme problémy a nástrahy ohrozujúce zdravie konzumentov a spotrebiteľov, ktoré je potrebné odhaľovať a hľadať možnosti na ich elimináciu.

Samotnú problematiku možno znázorniť aj na jednom príklade zo Slovenska. Podľa štatistických údajov sa na Slovensku eviduje okolo 240 tisíc včelstiev. Štatisticky sa registruje len produkcia medu a nie ostatné včelie produkty. Aj keď to nie je štatisticky evidované, len ročná spotreba včelích peľových obnôžok na Slovensku je okolo 350 – 450 ton a to hlavne pre účely výživy pre organizovaný chov čmeliakov ako významných opelovačov, čo je veľmi potešiteľné, lebo týmto produkcia pomáha k sociálno-ekonomickému rozvoju včelárstva a samotných včelárov. Ale všetci včelári odoberajú svojim včelstvám okrem medu aj iné včelie produkty, a tým aj určitý objem obnôžok, ktoré využívajú pre svoju potrebu, pre rodinu, pričom časť produkcie využívajú aj na voľný predaj hlavne záujemcom pre terapeutické alebo iné účely **a to všetko s minimálnou kontrolou hygieny a bezpečnosti pre zdravie**. A tu sa začínajú mnohé reálne problémy, o ktorých nie sú žiadne informácie a poznatky. Preto využívame dosiahnuté výsledky v realizovaných experimentoch na analýzu tohto stavu.

Vo všeobecnosti sa na konzum a voľný predaj využívajú polyflorálne včelie peľové obnôžky, čo je pre kupujúcich možno lákavejšie z dôvodu pestrej farebnosti obnôžok z rôznych druhov, ktorých botanický pôvod možno určiť, ale žiaden včelár to nezabezpečuje. Peľové obnôžky pri tejto forme môžu byť aj z jedovatých a kontaminovaných druhov rastlín. Za vážny problém sa považuje vo včelích peľových obnôžkach obsah ťažkých kovov, obsah pyrolizidínových alkaloidov, obsah zlúčenin PFAS, mykotoxínov, rezíduí po agropesticídach, prítomnosť alergénov a niektoré ďalšie nežiaduce látky, ktoré sa kontrolujú len parciálne.

Z uvedeného dôvodu sme v realizovaných experimentoch vybrali ako objekty štúdia dve významné olejiny, a to kapustu repkovú pravú a mak siaty ako modelové plodiny a predkladáme model hodnotenia monoflorálnych včelích peľových obnôžok pre využitie vo výžive a pre terapeutické účely, ktorý možno využiť pri príprave zásad správnej včelárskej praxe pre zber, hodnotenie kvality a využívanie včelích peľových obnôžok v podmienkach Slovenska.

6 POUŽITÉ LITERÁRNE ZDROJE

1. ABDELNOUR, S. A.; ABD EL-HACK, M. E.; ALAGAWANY, M.; FARAG, M. R.; ELNESR, S. S. 2019. Beneficial impacts of bee pollen in animal production, reproduction, and health. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103, 2, p. 477–484. <https://doi.org/10.1111/jpn.13049>
2. ABROL, D. P. 2012. Genetically modified plants and bees. *Pollination Biology*, p. 669–707. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1942-2_20
3. ADAMČUK, L. O.; NOVYTSKA, A.; AKULONOK, O. I.; IVANIŠOVÁ, E.; ŠIMKOVÁ, J.; BILOTSEKIVETS, T. 2018. Fenolokislosti bdžolinogo obnižžja (Bee pollen phenolic acid). In: *Sučasni aspekty zberežennja zdorovja ljudyny*. Užhorod : Užgorodskij nacional'nij universitet, p. 200–203. ISBN 978-617-7333-57-8.
4. ADAMČUK, L. O.; REDINA, N. M.; AKULIONOK, A. I.; IVANIŠOVÁ, E.; BILOCERKIVEC, T. I. 2017. Kislотноst' monoflornoj pčelinoj obnožki različnyh vidov = Acidity of monofloral bee pollen of different species. In: *Aktual'nyje problemy sel'skogo chozjajstva górných territorii*. Gorno-Altajsk: Gorno-Altajskij gosudarstvennyj universitet, s. 294–295
5. ADAMCHUK, L. O.; AKULONOK, O. I.; NOVYTSKA, A. T.; IVANISOVA, E.; BRINDZA J. 2018. Papaver rhoeas L. bee pollen. *Technology of Production and Processing of Animal Husbandry products*. Bila Tserkva National Agrarian University, 1, p. 5–12. (In Ukrainian).
6. ADAMS, M. R.; MOSS, M. O.; MCCLURE, P. 2016. *Food Microbiology*. UK: CPI Group UK Ltd, Croydon.
7. AL NAGGAR, Y. A.; NAIEM, E. A.; SEIF, A. I.; MONA, M. H. 2013. Honey bees and their products as bio-indicator of environmental pollution with heavy metals, *Mellifera*, 13, p. 10-20.
8. ALDGINI, H. M. M.; AL-ABBADI, A. A.; ABU-NAMEH, E. S. M.; ALGHAZEER, R. O. 2019. Determination of metals as bio indicators in some selected bee pollen samples from Jordan. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26, 7, p. 1418–1422. ISSN 1319-562X. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.03.005>
9. ALIMENTOS AZUCARADOS. 2010. Capítulo X – Artículo 785 – Res 1550, 12.12.90. (Sugary foods – Chapter X – Article 785 – Res 1550, 12.12.90.) In: *Argentina.gob.ar*. Ciudad Autonoma de Buenos Aires : Código Alimentario Argentino, updated September 2010. http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_X.pdf
10. ALMARAZ-ABARCA, N.; CAMPOS, M.; ÁVILA-REYES, J.; NARANJO-JIMÉNEZ, N.; HERRERA-CORRAL, J.; GONZALEZ, L. 2004. Variability of antioxidant activity among honeybee-collected pollen of different botanical origin. *Interciencia*, 29, p. 574–578.
11. ALTUNATMAZ, S. S.; TARHAN, D.; AKSU, F.; BARUTÇU, U. B.; OR, M. E. 2017. Mineral element and heavy metal (cadmium, lead and arsenic) levels of bee pollen in Turkey. *Food Science and Technology International*, Campinas, 37, Suppl. 1, p. 136–141, Dec. 2017. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.36016>

12. ÁLVAREZ-AYUSO, E.; ABAD-VALLE, P. 2017. Trace element levels in an area impacted by old mining operations and their relationship with beehive products. *Science of The Total Environment*, p. 599–600, p. 671–678.
13. ALVAREZ-SUAREZ, J. M. 2017. *Bee Products – Chemical and Biological Properties*. Springer: New York, NY, USA. ISBN 978-3-319-59689-1. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-59689-1>
14. AMBRUS, Á.; SZENCZI-CSEH, J.; GRIFF, T.; KERÉKES, K.; MIKLÓS, G.; VÁSÁRHELYI, A.; SZIGETI, T. J. 2020. Food safety assessment of the mycotoxin and pesticide residue contamination of our foods, Part 1. Pesticide residues. *Journal of Food Investigation*, 66, p. 2791–2801.
15. ANDERSON, K. E.; CARROLL, M. J.; SHEEHAN, T. I. M.; MOTT, B. M.; MAES, P.; CORBY-HARRIS, V. 2014. Hive-stored pollen of honey bees: many lines of evidence are consistent with pollen preservation, not nutrient conversion. *Molecular Ecology*, 23, 23, p. 5904–5917. <https://doi.org/10.1111/mec.12966>
16. ARAGÓN-POCE, F.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ E.; MÁRQUEZ-ESPINÓS C.; PÉREZ A.; MORA R.; TORRES L. M. 2002. History of opium. *International Congress Series*, 1242, p. 19–21. [https://doi.org/10.1016/S0531-5131\(02\)00600](https://doi.org/10.1016/S0531-5131(02)00600)
17. ARES, A. M.; VALVERDE, S.; BERNAL, J. L.; NOZAL, M. J.; BERNAL, J. 2018. Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 147, 1, p. 110–124. PMID:28851545. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jpba.2017.08.009>
18. ARPÁŠOVÁ, H.; KAČÁNIOVÁ, M.; GÁLIK, B. 2013a. The effect of oregano essential oil and pollen on egg production and egg yolk qualitative parameters. *Scientific papers. Animal Science and Biotechnologies*, 46, 1, p. 12–16.
19. ARPÁŠOVÁ, H.; KAČÁNIOVÁ, M.; GÁLIK, B.; MELLEN, M. 2013b. The influence of oregano essential oil and pollen on egg albumen qualitative parameters and microbiological indicators of table eggs content. *Scientific papers. Animal Science and Biotechnologies*, 46, 2, p. 6–11.
20. ARRUDA, V. A. S.; SANTOS PEREIRA, A. A.; DE FREITAS, A. S.; BARTH, O. M.; DE ALMEIDA-MURADIAN, L. B. 2013b. Dried bee pollen: B complex vitamins, physicochemical and botanical composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29, 2, p. 100–105. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.11.004>
21. ARRUDA, V. A. S.; SANTOS PEREIRA, A. A.; ESTEVINHO, L. M.; DE ALMEIDA-MURADIAN, L. B. 2013a. Presence and stability of B complex vitamins in bee pollen using different storage conditions. *Food and Chemical Toxicology*, 51, p. 143–148. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.09.019>
22. ASAFOVA, N.; ORLOV, B.; KOZIN, R. 2001. *Physiologically Active Bee Products*, Y. A. Nikolaev, Nizhny Novgorod, Russia, edited by: Y. A. Nikolaev.
23. ATTIA, Y. A.; AL-HANOUN, A.; TAG EL-DIN, A. E.; BOVERA, F.; SHEWIKI, Y. E. 2011. Effect of bee pollen levels on productive, reproductive and blood traits of NZW rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95, 3, p. 294–303. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01054.x>
24. AYLANC, V.; FALCÃO, S. I.; ERTOSUN, S.; VILAS-BOAS, M. 2021. From the hive to the table: Nutrition value, digestibility and bioavailability of the dietary

- phytochemicals present in the bee pollen and bee bread. *Trends in Food Science and Technology*, 109, p. 464-481. ISSN 0924-2244.
25. BABAEI, S.; RAHIMI, S.; KARIMI, T. M. A.; TAHMASEBI, G.; KHALEGHI MIRAN, S. N. 2016. Effects of propolis, royal jelly, honey and bee pollen on growth performance and immune system of Japanese quails. *Veterinary Research Forum: An International Quarterly Journal*, 7, 1, p. 13–20.
 26. BAKOUR, M.; AL-WAILI, N. S.; EL MENYIY, N.; IMTARA, H.; FIGUIRA, A. C.; AL-WAILI, T. et al. 2017. Antioxidant activity and protective effect of bee bread (honey and pollen) in aluminum-induced anemia, elevation of inflammatory makers and hepato-renal toxicity. *Journal of Food Science & Technology*, 54, 13, p. 4205–4212.
 27. BAKOUR, M.; FERNANDES, Â.; BARROS, L.; SOKOVIC, M.; FERREIRA, I. C. 2019. Bee bread as a functional product: Chemical composition and bioactive properties. *LWT –Food Science and Technology*, 109, p. 276–282. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.008>
 28. BAKOVÁ, Z.; KOLESÁROVÁ, A.; CAPCAROVÁ, M.; GÁLIK, B.; JURÁČEK, M.; ŠIMKO, M.; SIROTKIN, A. 2012. The effect of bee pollen on secretory activity, markers of proliferation and apoptosis of porcine ovarian granulosa cells *in vitro*. In: *International Ph.D. workshop on Welfare, biotechnology and quality of animal production*. Bydgoszcz: University of Technnology and Agriculture, 2012, p. 2.
 29. BARENE, I.; DABERTE, S.; SIKSNA, S. 2015. Investigation of bee bread and development of its dosage forms. *Medicinos teorija ir praktika*, 21, p. 16–22. <https://doi.org/10.15591/mtp.2015.003>
 30. BASISTA, K.; FILIPEK, B.; SODZAWICZNY, K. 2012. Bee pollen allergy in Polish beekeepers and their families. *Advances in Dermatology and Allergology/Postępy Dermatologii i Alergologii*, 29, 5, p. 343–347. <https://doi.org/10.5114/pdia.2012.31486>
 31. BEEV, G.; STRATEV, D.; VASHIN, I.; PAVLOV, D.; DINKOV D. 2018. Quality assessment of bee pollen: A cross sectional survey in Bulgaria. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 5, 1, p. 11–16. <https://doi.org/10.29252/jfqhc.5.1.11>
 32. BENAVIDES-GUEVARA, R. M.; QUICAZAN, M. C.; RAMÍREZ-TORO, C. 2017. Digestibility and availability of nutrients in bee pollen applying different pretreatments. *Ingeniería y Competitividad*, 19, 1, p. 119–128.
 33. BLEHA, R.; SHEVTSOVA, T. V.; ŽIVČÁKOVÁ, M.; KORBÁŘOVÁ, A.; JEŽKOVÁ, M.; SALOŇ, I.; BRINDZA, J.; SYNYSYA, A. 2021. Spectroscopic discrimination of bee pollen by composition, color, and botanical origin. *Foods*, 10, 8, 1682. <https://doi.org/10.3390/foods10081682>
 34. BLEHA, R.; SHEVTSOVA, T.; KRUŽÍK, V.; BRINDZA, J.; SINICA, A. 2019a. Morphology, physicochemical properties and antioxidant capacity of bee pollens. *Czech Journal of Food Sciences*, 37, 1, p. 1–8. <https://doi.org/10.17221/139/2018-CJFS>
 35. BLEHA, R.; SHEVTSOVA, T. S.; KRUŽÍK, V.; ŠKORPILOVÁ, T.; SALOŇ, I.; ERBAN, V.; BRINDZA, J.; BROVARSKYI, V.; SINICA, A. 2019. Bee breads from two regions of Eastern Ukraine: Composition, physical properties and biological activities. *Czech Journal of Food Sciences*, 37, p. 9–20.
 36. BOGDANOV, S. 2004. Quality and standards of pollen and beeswax. *Apiacta*, 38, p. 334–341.

https://www.researchgate.net/publication/229041189_Quality_and_standards_of_pollen_and_beeswax

37. BOGDANOV, S.; GALLMANN, P. 2008. Authenticity of honey and other bee products state of the art. *Alp Science*, 520, p. 1–12. ISBN 978-3-905667-59-2.
38. BOGDANOV, S.; MÜNSTEDT, K. 2009. Bee products and their potential use in modern medicine. *JAAS*, 1, p. 57–63.
39. BÖHME, F.; BISCHOFF, G.; ZEBITZ, C. P. W.; ROSENKANZ, P.; WALLNER, K. 2018. Pesticide residue survey of pollen loads collected by honeybees (*Apis mellifera*) in daily intervals at three agricultural sites in South Germany. *PLoS One*, 13, Article e0199995. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199995>
40. BÖHNKE-GÜTLEIN, E.; WEBERLING, F. 1981. Palynologische Untersuchungen an Caprifoliaceae. I. Sambuceae, Viburneae und Diervilleae. *Akad. Wiss. Lit. (Mainz), Tropische und subtropische Pflanzenwelt*, 34, p. 131–189.
41. BOPPRÉ, M.; COLEGATE, S. M.; EDGAR, J. A.; FISCHER, O. W. 2008. Hepatotoxic pyrrolizidine alkaloids in pollen and drying-related implications for commercial processing of bee pollen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 14, p. 5662–5672. <https://doi.org/10.1021/jf800568u>
42. BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activities. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 28, 1, p. 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
43. BRINDZA, J.; BÍRO, D.; VIETORIS, V.; KUCELOVÁ, L.; OSTROVSKÝ, R.; STEHLÍKOVÁ, B.; TÓTH, D. 2011. Morphological characteristics of beepollen collected from rape (*Brassica napus* L. var. *napus*) as a potential raw material for foodproduction. *ISEKI_Food 2011: bridging training and research for industry and the wider community: 2nd international conference*, August 31th - September 2nd, 2011, M., Italy. Porto: Escola Superior de Biotechnologia, Universidade de Católica Portuguesa, s. 222. ISBN 978-889-05989-0-6.
44. BRINDZA, J.; BROVARSKYI, V. D. 2013. *Pollen and bee pollen of some plant species*. 1. vyd. 137 p. Korsun: Korsunskiy vidavnichiy dimVsesvit, 137 s. ISBN 978-80-552-1073-5.
45. BRINDZA, J.; HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; GRYGORIEVA, O. 2020. *Bielkovinový komplex včelích peľových obnôžok*. Odborná monografia. 1st. ed. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 101 s.
46. BRINDZA, J.; MOTYLEVA, S. 2018. *Peľ a včelie peľové obnôžky z niektorých druhov rastlín*. Učebné texty pre špecializované kurzy v medzinárodnom projekte FarmersEduca. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 147 s. ISBN 978-80-552-1862-5.
47. BRINDZA, J.; SCHUBERTOVÁ, Z.; BROVARS'KYJ, V. D.; MOTYLEVA, S. M.; MERTVIŠEVA, M. E.; GRYGORIEVA, O. V. 2015a. Morphological characteristics of common buck wheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) pollen grains and bee pollen. *Naukovyj visnyk Nacional'nogo universitetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrainy*. 223, s. 17–24. ISSN 2222-8578.
48. BRINDZA, J.; SCHUBERTOVÁ, Z.; OSTROVSKÝ, R.; BÁNYIOVÁ, P.; SCHWARZOVÁ, M.; BROVARSKYJ, V. D. 2015b. Morfológická charakteristika peľových zrn a včelích peľových obnôžok konope siatej (*Cannabis sativa* L.). *Agrobiodiversity for*

improving nutrition, health and lifequality. 1st ed. 374 s. Nitra: Slovak Agricultural University, p. 60-64. ISBN 978-80-552-1379-8.

49. BRINDZA, J.; SYNITSYA, A.; BÍRO, D.; OSTROVSKÝ, R.; SHEVTSOVA, T.; TÓTH D. 2012. Morphological and biochemical characteristics of pollen grains and bee corbicular pollen collected from sunflower (*Helianthus annuus* L.). The 3rd. International symposium on medicinal plants, their cultivation and aspects of uses. 1. vyd. [171 s.]. International symposium on medicinal plants, their cultivation, and aspects of uses. Al-Salt: Al-Balqa Applied University Al-Salt, p. 72–73. ISBN 978-9957-31-012-7.
50. BROVARSKYI, V. D.; BRINDZA, J.; ADAMCHUK, L. O., BACIGÁLOVÁ, K.; BALÁTOVÁ, Z.; BÍRO, D.; BOLVANSKÝ, M.; BROVARSKA, O.; FATRCOVÁ ŠRAMKOVÁ, K.; FERIANC, P.; FIL, M.; GÁLIK, B.; GRÓF, J.; GRYGORIEVA, O. HARICHOVÁ, J.; HOLECJOVÁ, J.; JURÁČEK, M.; KAČÁNIOVÁ, M.; KARELOVÁ, E.; KŇAZOVICKÁ, V.; KLYMENKO, S. V.; KOCHANOVÁ, Z.; KOLNÍK, M.; MACHAVOVÁ, D.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; MELICH, M.; MIKLOŠÍKOVÁ, Z.; MOLNÁROVÁ, E.; NŮŽKOVÁ, J.; OSTROLUCKÁ, M. G.; OSTROVSKÝ, R.; PIECKOVÁ, E.; PROKŠOVÁ, M.; SZCZESNA, T.; STEHLÍKOVÁ, B.; SYNITSYA, A.; ŠIMKO, M.; TIRPÁKOVÁ, A.; TOMAN, R.; TÓTH, D.; URBANOVIČOVÁ, O. 2010. Včelí obnôžkový peľ. 1. vyd. Kyjev-Nitra : FOP I. S. Maidachenko. 288 s. ISBN 978-966-8302-31-2.
51. BUCK, R. C.; FRANKLIN, J.; BERGER, U.; CONDOR, J. M.; COUSINS, I. T.; DE VOOGT, P.; JENSEN, A. A.; KANNAN, K.; MABURY, S. A.; LEEUWEN VAN, S. P. 2011. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: terminology, classification, and origins. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7, 4, p. 513–541. <https://doi.org/10.1002/ieam.258>
52. BUCHMANN, S. L. 1986. *Vibratile pollination in Solanum and Lycopersicon: A look at pollen chemistry*, Solanaceae: Biology and Systematics, W.G. D'Arcy, editor. Columbia University Press, New York, New York, USA, Pages 237-252
53. CAC (Codex Alimentarius Commission). 1995. General standard for contaminants and toxins in food and feed. Codex Stan 1993-1995.
54. CALDER, P. C. 2017. Omega-3 fatty acids and inflammatory processes: from molecules to man. *Biochemical Society Transactions*, 45, 5, p. 1105–1115. <https://doi.org/10.1042/BST20160474>
55. CAMPOS, M. G. R.; FRIGERIO, C.; LOPES, J.; BOGDANOV, S. 2010. What is the future of Bee-Pollen. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 2, 4, p. 131–144. <https://doi.org/10.3896/IBRA.4.02.4.01>
56. CAMPOS, M. G.; BOGDANOV, S.; DE ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; SZCZĘSNA, T.; MANCEBO, Y.; FRIGERIO, C.; FERREIRA, F. 2008a. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research*, 47, 2, p. 154–161. <https://doi.org/10.1080/00218839.2008.11101443>
57. CAMPOS, M. G.; BOGDANOV, S.; DE ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; SZCZĘSNA, T.; MANCEBO, Y.; FRIGERIO, C.; FERREIRA, F. 2008b. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research and Bee World*, 47, p. 156–163. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.47.2.12>
58. CAMPOS, M. G.; WEBBY, R. F.; MARKHAM, K. R.; MITCHELL, K. A.; CUNHA, A. P. 2003. Age-induced diminution of free radical scavenging capacity in bee pollens and the

- contribution of constituent flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, p. 742–745.
59. CAMPOS, M. G.; WEBBY, R. F.; MARKHAM, K. R.; MITCHELL, K. A.; DA CUNHA, A. P. 2003. Age-induced diminution of free radical scavenging capacity in bee pollens and the contribution of constituent flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3, p. 742–745. <https://doi.org/10.1021/jf0206466>
60. CAMPOS, M.; MARKHAM, K. R.; MITCHELL, K. A.; DA CUNHA, A. P. 1997. An approach to the characterization of bee pollens via their flavonoid/phenolic profiles. *Phytochemical Analysis*, 8, p. 181–185. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1565\(199707\)8:4<181::AID-PCA359>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1565(199707)8:4<181::AID-PCA359>3.0.CO;2-A).
61. CAO, G. 2015. Bee pollen health-care toothpaste. CN 104706549A.
62. CAPCAROVÁ, M.; KALAFOVÁ, A.; SCHNEIDGENOVÁ, M.; JURÁČEK, M.; ŠIMKO, M.; GÁLIK, B. 2018. Flavonoids of bee pollen modulate antioxidant activity in blood of wistar rats. In: UHRÍN, Pavol; BULLA, Jozef; MASSANYI, Peter; CAPCAROVÁ, Marcela. In: *Uhrínov deň : spomienka na 15. výročie od úmrtia prof. MVDr. Vladimíra Uhrína, DrSc.* Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2018, s. 33. ISBN 978-80-552-1181-6.
63. CAPCAROVÁ, M.; KALAFOVÁ, A.; SCHNEIDGENOVÁ, M.; KISSKA, P.; JURÁČEK, M.; ŠIMKO, M.; MAMRÁKOVÁ, R.; GÁLIK, B. 2019b. The effect of flavonoids in bee pollen on antioxidant status of Wistar rats. In: *Animal physiology 2019*. Nitra : Slovak University of Agriculture, p. 16. ISBN 978-80-552-1998-1
64. CAPCAROVA, M.; KALAFOVA, A.; SCHWARZOVA, M.; SCHNEIDGENOVA, M.; SOLTESOVA PRNOVA, M.; SVIK, K.; SLOVAK, L.; KISSKA, P.; KOVACIK, A.; BRINDZA, J. 2019a. Consumption of bee bread influences glycaemia and development of diabetes in obese spontaneous diabetic rats. *Biologia*. Published online: 16 August 2019a. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00337-5>
65. CAPCAROVA, M.; KOLESAROVA, A.; KALAFOVA, A.; GALIK, B.; SIMKO, M.; JURACEK, M.; TOMAN, R. 2013a. The role of dietary bee pollen in antioxidant potential in rats. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 29, 3, p. 139–143. ISSN 1309-6958.
66. CAPCAROVA, M.; KALAFOVA, A.; SCHWARZOVA, M.; SOLTESOVA PRNOVA; M., SVIK, K.; SCHNEISGENOVA, M.; SLOVAK, L.; BOVDISOVA, I.; TOMAN, R.; LORY, V.; ZORAD, S. 2018a. The high-energy diet affecting development of diabetes symptoms in Zucker diabetic fatty rats. *Biologia*, 73, p. 659-671
67. CAPCAROVA, M.; SOLTESOVA PRNOVA, M.; SVIK, K.; SCHNEIDGENOVA, M.; SLOVAK, L.; KISSKA, P.; MAMRAKOVA, R.; PRISTASOVA, M.; KALAFOVA, A. 2018b. Rodent animal model for research in diabetes: a mini-review. *Slovak Journal of Animals Science*, 51, 3, p. 138-145.
68. CARLIN, M. G.; DEAN, J. R.; ARMES, J. M. 2020. Opium alkaloids in harvested and thermally processed poppy seeds. *Frontiers in Chemistry*, 8, 737. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00737>
69. ÇELIK, S.; CAN GERÇEK, Y.; ÖZKÖK, A.; BAYRAM, N. E. 2022. Organic acids and their derivatives: minor components of bee pollen, bee bread, royal jelly and bee venom. *European Food Research and Technology*, 248, p. 3037–3057. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04110-y>

70. CELLI, G.; MACCAGNANI, B. 2003. Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bulletin of Insectology*, 56, p. 137–139.
71. COHEN, S. H.; YUNGINGER, J. W.; ROSENBERG, N.; FINK, J. N. 1979. Acute allergic reaction after composite pollen ingestion. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 64, 4, p. 270–274. [https://doi.org/10.1016/0091-6749\(79\)90143-x](https://doi.org/10.1016/0091-6749(79)90143-x)
72. Commission Recommendation (2010/161/EU) of 17 March 2010 on the monitoring of perfluoroalkylated substances in food. *Official Journal of the European Union* L68/23
73. CONTE, G.; BENELLI, G.; SERRA, A.; SIGNORINI, F.; BIENTINESI, M.; NICOLELLA, C.; ... CANALE, A. 2017. Lipid characterization of chestnut and willow honeybee-collected pollen: Impact of freeze-drying and microwave-assisted drying. *Journal of Food Composition and Analysis*, 55, p. 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.11.001> Get rights and content
74. CONTI, M. E.; BOTRÈ, F. 2001. Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, 69, p. 267–282. <https://doi.org/10.1023/A:1010719107006>
75. CORBY-HARRIS, V.; MAES, P.; ANDERSON, K. E. 2014. The bacterial communities associated with honey bee (*Apis mellifera*) foragers. *PloS One*, 9, 4, e95056. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095056>
76. CORONEL, B. B.; GRASSO, D.; PEREIRA, S. C.; FERNÁNDEZ, G. 2004. Caracterización bromatológica del polen apícola. argentino. *Ciencia Docencia y Tecnología*, 38, p. 145–181.
77. COSTELLO, M. C. S.; LEE, L. S. 2020. Sources, Fate, and Plant Uptake in Agricultural Systems of Per- and Polyfluoroalkyl Substances. *Current Pollution Reports*, <https://doi.org/10.1007/s40726-020-00168-y>
78. CROMPTON, C. W.; WOJTAS, W. A. 1993. Pollen grains of Canadian honey plants. Publication 1892/E. Canada Communication Group : Ottawa, Canada. ISBN 0-660-14818-8.
79. ČUKELJ, N.; NOVOTNI, D.; SARAJLIJA, H.; DRAKULA, S.; VOUČKO, B.; ČURIĆ, D. 2017. Flaxseed and multigrain mixtures in the development of functional biscuits. *LWT – Food Science and Technology*, 86, p. 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.048>
80. DA SILVA, G. R.; DA NATIVIDADE, T. B.; CAMARA, C. A.; DA SILVA, E. M. S.; DOS SANTOS, F. D. A. R.; SILVA, T. M. S. 2014. Identification of sugar, amino acids and minerals from the pollen of Jandaíra stingless bees (*Melipona subnitida*). *Food and Nutrition Sciences*, 05, p. 1015–1021. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.511112>
81. DA SILVA, M. V.; ROSA, C. I. L. F.; BOAS, E. V. D. B. V. 2009. Concepts and control methods of enzymatic browning in the minimum processing of fruits and vegetables. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 27, 1, p. 83–96. <https://doi.org/10.5380/cep.v27i1.14955>
82. DBOUK, T.; DRIKAKIS, D. 2021. On pollen and airborne virus transmission. *Phys. Fluids*, 33, 063313. <https://doi.org/10.1063/5.0055845>
83. DE ALMEIDA, J. F.; DOS REIS, A. S.; HELDT, L. F. S.; PEREIRA, D.; BIANCHIN, M.; DE MOURA, C.; PLATA-OVIEDO, M. V.; HAMINIUK, C. W. I.; RIBEIRO, I. S.; DA LUZ, C. F. P. et al. 2017. Lyophilized bee pollen extract: A natural antioxidant source to

- prevent lipid oxidation in refrigerated sausages. *LWT- Food Science and Technology*, 76, p. 299–305.
84. DE MELO, A. A. M.; DE ALMEIDA-MURADIAN, L. B. 2017. Chemical composition of bee pollen. *Bee products – chemical and biological properties*. Alvarez-Suarez, J.M., Ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, p. 221–259. ISBN 978-3-319-59688-4.
85. DE MELO, A. A. M.; ESTEVINHO, M. L. M. F.; SATTLER, J. A. G.; SOUZA, B. R.; FREITAS, A. S.; BARTH, O. M.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. 2016. Effect of processing conditions on characteristics of dehydrated bee-pollen and correlation between quality parameters. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 65, 1, p. 808–815. <https://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.014>
86. DE MELO, I. L. P.; DE ALMEIDA-MURADIAN, L. B. 2011. Comparison of Methodologies for Moisture Determination on Dried Bee Pollen Samples. *Food Science and Technology*, 31, 194–197. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000100029>
87. DE OLIVEIRA, M. C.; DA SILVA, D. M.; LOCH, F. C.; MARTINS, P. C.; DIAS, D. M. B.; SIMON, G. A. 2013. Effect of Bee Pollen on The Immunity and Tibia Characteristics in Broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science* 15, 4, p. 323–327.
88. DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. 2000. *Crop Pollination by Bees*. New York : CABI Publishing. 352 p.
89. DENISOW, B.; DENISOV-PIETRZYK, M. 2016. Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review. Review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 13, p. 4303–4309. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7729>.
90. DI CAGNO, R.; FILANNINO, P.; CANTATORE, V.; GOBBETTI, M. 2019. Novel solid-state fermentation of bee-collected pollen emulating the natural fermentation process of bee bread. *Food Microbiology*, 82, p. 218–230. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.02.007>
91. DI PAOLA-NARANJO, R. D.; SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, J.; GONZÁLEZ-PARAMÁS, A. M.; RIVAS-GONZALO, J. C. 2004. Liquid chromatographic-mass spectrometric analysis of anthokyanin composition of dark blue bee pollen from *Echium plantagineum*. *Journal of Chromatography A*, 1054, 1-2, p. 205–210. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.05.023>
92. DI PASQUALE, G.; SALIGNON, M.; LE CONTE, Y.; BELZUNCES, L. P.; DECOURTYE, A.; KRETZSCHMAR, A.; SUCHAIL, S.; BRUNET, J. L.; ALAUX, C. 2013. Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health : Do Pollen Quality and Diversity Matter? *PLoS One*, 8, e72016. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0072016>
93. DINKOV, D.; STRATEV, D. 2016. The content of two toxic heavy metals in Bulgarian bee pollen. *International Food Research Journal*, 23, 3, p. 1343–1345. [http://www.ifrj.upm.edu.my/23%20\(03\)%202016/\(61\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/23%20(03)%202016/(61).pdf)
94. DIVIS, P.; PORIZKA, J.; VESPALCOVA, M.; MATEJICEK, A.; KAPLAN, J. 2015. Elemental composition of fruits from different black elder (*Sambucus nigra* L.) cultivars grown in the Czech Republic. *Journal of Elementology*, 20, 3, p. 549–557. <https://doi.org/10.5601/jelem.2015.20.1.758>
95. DOBROVODA, I. 1986. *Včelie produkty a zdravie*. Príroda : Bratislava, 70 s.

96. DOLEŽAL, A. G.; TOTH, A. L. 2018. Feedbacks between nutrition and disease in honey bee health. *Current Opinion in Insect Science*, 26, p. 114–119. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.006>
97. DONG, J.; YANG, Y.; WANG, X.; ZHANG, H. 2015. Fatty acid profiles of 20 species of monofloral bee pollen from China. *Journal of Apicultural Research*, 54, 5, p. 503–511. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1173427>
98. DRAŠAR, J.; KODOŇ, S. 1975. *Včelí pastva*. SZN : Praha. p. 308.
99. DÜBECKE, A.; BECKH, G.; LÜLLMANN, C. 2011. Pyrrolizidine alkaloids in honey and bee pollen. *Food Addit. Contam. Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 28, 3, p. 348–358.
100. DUDOV, I. A.; MORENETS, A. A.; ARTYUKH, V. P.; STARODUB, N. F. 1994. Immunomodulatory effect of honeybee flower pollen load. *Ukrainskii Biokhimicheskii Zhurnal* 66, 6, p. 91–93.
101. ĎURIŠOVÁ, Ľ. 2018. Vývin, vitalita a morfológia peľu zástupcov rodu *Prunus* L. Nitra: SPU, 116 s. ISBN 978-80-552-1945-5.
102. ĎURIŠOVÁ, Ľ.; ĎURANOVÁ, H.; KŠIŇAN, S.; ERNST, D.; ŠEBESTA, M.; ŽITNIAK ČURNÁ, V.; ELIÁŠ, P.; QIAN, Y.; STRAKA, V.; FENG, H.; TOMOVIČOVÁ, L.; KOTLÁROVÁ, N.; KRATOŠOVÁ, G.; KOLENČÍK, M. 2023. Exploring the Impact of Metal-Based Nanofertilizers: A Case Study on Sunflower Pollen Morphology and Yield in Field Conditions. In *Agronomy-Basel*. ISSN 2073-4395, 13, 12, art. no. 2922, [21]. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122922>.
103. EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain). KNUTSEN, H. K.; ALEXANDER, J.; BARREGARD, L.; BIGNAMI, M.; BRUSCHWEILER, B.; CECCATELLI, S.; COTTRILL, B.; DINOVI, M.; EDLER, L.; GRASL-KRAUPP, B.; HOGSTRAND, C.; HOOGENBOOM, L. R.; NEBBIA, CS.; OSWALD, IP.; PETERSEN, A.; ROSE, M.; ROUDOT, A-C.; SCHWERDTLE, T.; VLEMINCKX, C.; VOLLMER, G.; WALLACE, H.; RUIZ GOMES, J. A.; BINAGLIA, M. 2017. Statement on the risks for human health related to the presence of pyrrolizidine alkaloids in honey, tea, herbal infusions and food supplements. *EFSA Journal*, 15, 7, 4908, 34 p. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4908>
104. EFSA. European Food Safety Authority Perfluorooctane sulfonate (PFOS). 2008. Perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *The EFSA Journal*, 653, p. 1–131.
105. ERDTMAN, G. 1943. *An introduction to pollen analysis*. Chronica Botanica, Waltham, Mass
106. ERDTMAN, G. 1952. *Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. An introduction to palynology I*. Stockholm: Almquist and Wiksell.
107. ERDTMAN, G. 1969. *Handbook of Palynology – An Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores*. Munksgaard, Copenhagen.
108. ERDTMAN, G. 1986. *Pollen morphology and plant taxonomy: An Introduction to Palynology*. Leiden: E. Brill, 553 p. ISBN 9004081224.
109. ERDTMAN, G.; ROGER, P. 2007. *An Introduction to Pollen Analysis*. U.S.A. Wodehouse, (FRW). Read Books, 256 p. ISBN 1406718882, 9781406718881.
110. ESKOLA, M.; KOS, G.; ELLIOTT, C. T.; HAJŠLOVÁ, J.; MAYAR, S.; KRŠKA, R. 2019. Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely

- cited 'FAO estimate' of 25. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60, 16, p. 2773–2789. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1658570>
111. EU Pesticides Database. 2021. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=activesubstance.selection&language=EN/>
112. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. 2017. Risks for human health related to the presence of pyrrolizidine alkaloids in honey, tea, herbal infusions and food supplements. *EFSA Journal*, 15, p. 4908. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4908>
113. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. 2019. Risk evaluation of chemical contaminants in food in the context of RASFF notifications: Rapid Assessment of Contaminant Exposure tool (RACE). *EFSA Supporting Publication*. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2019.EN-1625>
114. EVANS, D. E.; TAYLOR, P. E.; SINGH, M. B.; KNOX, R. B. 1991. Quantitative analysis of lipids and protein from the pollen of *Brassica napus* L. *Plant Science*, 73, 1, p. 117–126. [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(91\)90133-S](https://doi.org/10.1016/0168-9452(91)90133-S)
115. FAO, IZSLT, APIMONDIA, CAAS. Good beekeeping practices for sustainable apiculture FAO animal production and health guidelines, 25. <https://doi.org/10.4060/cb5353en>
116. FAO. 2005. *International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides*, revised version. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 5–8.
117. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; NÔŽKOVÁ, J.; KROPKOVÁ, Z. 2010c. Flavonoids and antiradical activity of selected bee pollen. *Journal of Central European of Agriculture*, 11, 1, p. 135–136.
118. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; NÔŽKOVÁ, J.; KROPKOVÁ, Z. 2009a. Flavonoidy a antiradikálová aktivita vo vybraných druhoch včelieho peľu. In: *Antioxidanty 2009. Zborník recenzovaných prác z I. ročníka vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou*. Nitra : SPU, s. 64–69. ISBN 978-80-552-0209-9
119. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; NÔŽKOVÁ, J.; KROPKOVÁ, Z. 2009b. Rozdiely v antioxidantných vlastnostiach vybraných druhov včelieho peľu. In: *Bezpečnosť a kontrola potravín : Zborník prác z medzinárodnej vedeckej konferencie*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, s. 99–104. ISBN 978-80-552-0193-1
120. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; NÔŽKOVÁ, J.; KROPKOVÁ, Z.; ŠÍMA, P. 2009c. Antiradikálová aktivita a flavonoidy vo vybraných druhoch včelieho peľu. *Potravinárstvo*, 3, 2, s. 18–22.
121. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; NÔŽKOVÁ, J. 2008e. Antiradical activity and content of polyphenols of bee pollen. *Acta Biochimica Polonica*, 55, 4 (Supplement), p. 109.
122. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; NÔŽKOVÁ, J.; KAČÁNIOVÁ, M. 2008d. Sugars in bee pollen of *Papaver somniferum* L. In: *Dovkilia i zdorovja ludy ny : Materialy mižnarodnoji nauko-vo-praktyčnoji konferencii*, 17-19 kvitnia 2008. Užhorod : UžNU „Hoverla“, p. 217–219.
123. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; NÔŽKOVÁ, J.; KAČÁNIOVÁ, M.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; KROPKOVÁ, Z. 2010a. Microbial properties, nutritional composition and antioxidant activity of *Brassica napus* subsp. *napus* L. bee pollen used in human nutrition. *Ecological Chemistry and Engineering (A)*, 17, 1, p. 45–54.

124. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; NÔŽKOVÁ, J.; KAČÁNIOVÁ, M.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; ROVNÁ, K.; STRIČÍK, M. 2013. Antioxidant and antimicrobial properties of monofloral bee pollen. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 48, 2, p. 133–138.
125. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; NÔŽKOVÁ, J.; KAČÁNIOVÁ, M.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; KROPKOVÁ, Z. 2008a. Microbial properties, nutritional composition and antioxidant activity of *Brassica napus* subsp. *napus* L. bee pollen used in human nutrition. *Slovak Journal of Animal Science*, 41, 4, p. 198–199.
126. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; NÔŽKOVÁ, J.; KAČÁNIOVÁ, M.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; KROPKOVÁ, Z. 2008b. Microbial properties, nutritional composition and antioxidant activity of *Brassica napus* subsp. *napus* L. bee pollen used in human nutrition. In: *Risk Factors of Food Chain VIII*. 2008. September 17th, 2008, Krakow. Nitra : Slovak University of Agriculture, p. 11–12.
127. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; NÔŽKOVÁ, J.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; KAČÁNIOVÁ, M. 2016. Biologically active antimicrobial and antioxidant substances in the *Helianthus annuus* L. bee pollen. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 51, 3, p. 176–181.
128. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; NÔŽKOVÁ, J.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; KAČÁNIOVÁ, M.; DUDRIKOVÁ, E. 2008c. Content of polyphenols and antiradical activity of bee pollen. *Chemické listy*, 102, 15, p. 626–627.
129. FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; NÔŽKOVÁ, J.; OSTROVSKÝ, R. 2010b. Nutričné vlastnosti včelieho peľu : Nutritional properties of bee pollen. *Potravinárstvo*, 4, február, s. 24–32.
130. FEÁS, X.; VÁZQUEZ-TATO, M. P.; ESTEVINHO, L.; SEIJAS, J. A.; IGLESIAS, A. 2012. Organic bee pollen: Botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. *Molecules*, 17, p. 8359–8377. <https://doi.org/10.3390/molecules17078359>.
131. FORMICKI, G.; GREN, A.; STAWARZ, R.; ZYSK, B.; GAL, A. 2013. Metal content in honey, propolis, wax and bee pollen and implications for metal pollution monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22, 1, p. 99–106.
132. FREE, J. B. 1993. *Insect Pollination of Crops*, 2nd ed. London, UK: Academic Press; 849 p.
133. FREIBERG, M.; WINTER, M.; GENTILE, A.; ZIZK, A.; MUELLNER-RIEHL, A. N.; WEIGELT, A.; WIRTH, C. 2020. LCVP, The Leipzig catalogue of vascular plants, a new taxonomic reference list for all known vascular plants. *Scientific Data*, 7, article number: 416. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00702-z>
134. FRIAS, B. E. D.; BARBOSA, C. D.; LOURENÇO, A. P. 2016. Pollen Nutrition in Honey Bees (*Apis mellifera*): Impact on Adult Health. *Apidologie*, 47, p. 15–25.
135. FRIEDMAN, J.; BARRETT, S. C. 2009. Wind of change: new insights on the ecology and evolution of pollination and mating in wind-pollinated plants. *Annals of Botany*, 103, 9, p. 1515–1527. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp035>
136. FRIEDT, W.; SNOWDON, R. 2009. Oilseed rape. In: *Handbook of Plant Breeding*, vol. 4: Oil Crops Breeding, eds J. Vollmann and R. Istvan. New York : Springer, p. 91–126.

137. FURUSAWA, E.; CHOU, S.; HIRAZUMI, A.; MELERA, A. 1995. Antitumour potential of pollen extract on lewis lung carcinoma implanted intraperitoneally in syngeneic mice. *Phytotherapy Research*, 9, 4, p. 255–259.
138. GÁLIK, B.; BÍRO, D.; ŠIMKO, M.; JURÁČEK, M.; CAPCAROVÁ, M.; KOLESÁROVÁ, A.; ROLINEC, M.; TOMAN, R.; KANKA, T. 2016. The effect of dietary bee pollen intake on growth performance and biochemical indicators of rats. *Acta Veterinaria*, 85, 1, p. 99–104. ISSN 0001-7213.
139. GÁLIK, B.; BÍRO, D.; ŠIMKO, M.; JURÁČEK, M.; CAPCAROVÁ, M.; KOLESÁROVÁ, A.; ROLINEC, M.; TOMAN, R. 2017. The effect of different dietary bee pollen consumption on growth intensity and blood parameters of rats: a laboratory study. *Importance of nutrition and environment on birth weight, muscle growth, health and survival of the neonate*. Cork: Moorepark food research Centre, 2017, s. 20.
140. GÁLIK, B.; BÍRO, D.; ŠIMKO, M.; JURÁČEK, M.; CAPCAROVÁ, M.; KOLESÁROVÁ, A.; ROLINEC, M.; TOMAN, R.; KANKA, T. 2016. The effect of dietary bee pollen intake on growth performance and biochemical indicators of rats. *Acta Veterinaria*, 85, p. 99–104.
141. GÁLIK, B.; BÍRO, D.; ŠIMKO, M.; JURÁČEK, M.; CAPCAROVÁ, M.; KOLESÁROVÁ, A.; ROLINEC, M.; TOMAN, R. 2017. The effect of different dietary bee pollen consumption on growth intensity and blood parameters of rats: a laboratory study. In: *Importance of nutrition and environment on birth weight, muscle growth, health and survival of the neonate*. Cork: Moorepark food research Centre, s. 20.
142. GARBUZOV, M.; COUVILLON, M. J.; SCHÜRCH, R.; RATNIEKS, F. L. W. 2015. Honey bee dance decoding and pollen-load analysis show limited foraging on spring-flowering oilseed rape, a potential source of neonicotinoid contamination. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 203, p. 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.12.009>
143. GARDANA, C.; DEL BO', C.; QUICAZÁN, M. C.; CORRREA, A. R.; SIMONETTI, P. 2018. Nutrients, phytochemicals and botanical origin of commercial bee pollen from different geographical areas. *Journal of Food Composition and Analysis*. 73, July, p. 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.07.009>
144. GELLRICH, V.; BRUNN, H.; STAHL, T. 2013. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in mineral water and tap water. *Journal of Environmental Science and Health, Part A, Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 48, p. 129–135. <https://doi.org/10.1080/10934529.2013.719431>
145. GEORGE, W. O.; MCINTYRE, P. S. 1987. *Infrared Spectroscopy*, Analytical Chemistry by Open Learning Project, D. J. Mowthorpe, ed. New York : Wiley.
146. GEY, K. F. 1998. Vitamins E plus C and interacting conutrients required for optimal health. A critical and constructive review of epidemiology and supplementation data regarding cardiovascular disease and cancer. *Biofactors*, 7, 1–2, p. 113–174. <https://doi.org/10.1002/biof.5520070115>
147. GEYMAN, J. P. 1994. Anaphylactic reaction after ingestion of bee pollen. *The Journal of the American Board of Family Practice*, 7, 3, p. 250–252.

148. GHOSH, S.; LEE, S.-M.; JUNG, C.; MEYER-ROCHOW, V. B. 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20, 2, p. 686–694. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.003>
149. GIERER, F.; VAUGHAN, S.; SLATER, M.; THOMPSON, H. M.; ELMORE, J. S.; GIRLING, R. D. 2019. A review of the factors that influence pesticide residues in pollen and nectar: Future research requirements for optimising the estimation of pollinator exposure. *Environmental Pollution*, 249, p. 236–247. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.025>
150. GILLES, S.; BLUME, C.; WIMMER, M.; DAMIALIS, A.; MEULENBROEK, L.; GÖKKAYA, M.; BERGOUGNAN, C.; EISENBART, S.; SUNDELL, N.; LINDH, M.; ANDERSSON, L.-M.; DAHL, Å.; CHAKER, A.; KOLEK, F.; WAGNER, S.; NEUMANN, A. U.; AKDIS, C. A.; GARSSEN, J.; WESTIN, J.; VAN'T LAND, N. DAVIES, D. E.; TRIDL-HOFFMANN, C. 2020. Pollen exposure weakens innate defense against respiratory viruses. *Allergy*, 75, p. 576–587. <https://doi.org/10.1111/all.14047>
151. GIRALDO, P. A.; SHINOZUKA, H.; SPANGENBERG, G. C.; COGAN, N. O. I.; SMITH, K. F. 2019. Safety assessment of genetically modified feed: Is there any difference from food? *Frontiers of Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01592>
152. GLOVER, B. J. 2011. Pollinator attraction: the importance of looking good and smelling nice. *Current Biology*, 21, p. R307–R309.
153. GONZÁLEZ-MARTÍN, I.; HERNÁNDEZ-HIERRO, J. M.; BARROS-FERREIRO, N.; CORDÓN MARCOS, C.; GARCÍA-VILLANOVA, R. J. 2007. Use of NIRS technology with a remote reflectance fibre-optic probe for predicting major components in bee pollen. *Talanta*, 72, 3, p. 998–1003.
154. GOTTARDINI, E.; ROSSI, S.; CRISTOFOLINI, F.; BENEDETTI, L. 2007. Use of Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy as a tool for pollen identification, *Aerobiology*, 23, p. 211–219.
155. GOULSON, D.; NICHOLLS, E.; BOTÍAS, C.; ROTHERAY, E. L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347, 6229, 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
156. GREENBERGER, P. A.; FLAIS, M. J. 2001. Bee pollen-induced anaphylactic reaction in an unknowingly sensitized subject. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology : official publication of the American College of Allergy, Asthma, & Immunology*, 86, 2, p. 239–242. [https://doi.org/10.1016/S1081-1206\(10\)62698-1](https://doi.org/10.1016/S1081-1206(10)62698-1)
157. GRUBER-DORNINGER, C.; JENKINS, T.; SCHATZMAYR, G. 2019. Global mycotoxin occurrence in feed: A ten-year survey. *Toxins*, 11, 7. <https://doi.org/10.3390/toxins11070375>
158. GRYGORIEVA, O. V.; MOTYLEVA, S.; NIKOLAIEVA, N.; KLYMENKO, S. V.; SCHUBERTOVÁ, Z.; BRINDZA, J. 2017. Pollen grain morphological characteristics of american persimmon (*Diospyros virginiana* L.). *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*. 536 s. Nitra: Slovak Agricultural University, s. 151–158. ISBN 978-80-552-1726-0.
159. GRYGORIEVA, O. V.; NIKOLAIEVA, N.; BRINDZA, J.; KLYMENKO, S. V. 2015. Polen and beepollen features of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Naukovyj visnyk Nacional'nogo universitetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrainy*, vypusk 223, p. 35–40. ISSN 2222-8578.

160. GRYGORIEVA, O. V.; SCHUBERTO VÁ, Z.; SCHWARZOVÁ, M.; IVANIŠOVÁ, E. 2015. Antioxidant activity of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) pollen extracts. In: BRINDZA, J.; KLYMENKO, S. V. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*. Nitra : Slovak Agricultural University, p. 205–207. ISBN 978-80-552-1379-8.
161. GRYGORIEVA, O. V.; VIČAN, J.; SCHUBERTO VÁ, Z.; ŠIMKOVÁ, J.; ADAMCHUK, L.; BRINDZA, J. 2016. Morfológická charakteristika peľových zŕn a včelích peľových obnôžok gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.). *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*. 1st ed. 525 s. Nitra: Slovak Agricultural University, p. 107–114. ISBN 978-80-552-1586-0.
162. GRYGORIEVA, O.; BRINDZA, J.; OSTROVSKY, R.; KLYMENKO, S.; GRABOVETSKA, O. 2013. Pollen characteristics in some Diospyros species. *Modern Phytomorphology*, 3, p. 45–50. ISSN 2226-3063.
163. GRYGORIEVA, O. V.; BRINDZA, J.; OSTROLUKÁ, M. G.; OSTROVSKÝ, R.; KLYMENKO, S. V.; NÔŽKOVÁ, J.; TÓTH, D. 2010. Pollen characteristics in some persimmon species (*Diospyros* spp.). *Agriculture*, 56, 4, p. 121–130. ISSN 0551-3677.
164. GÜLER, H. I; TATAR, G.; YILDIZ, O.; BELDUZ, A. O.; KOLAYLI, S. 2021. Investigation of potential inhibitor properties of ethanolic propolis extracts against ACE-II receptors for COVID-19 treatment by molecular docking study. *Archives of Microbiology*, 203, 6, p. 3557-3564. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02351-1>
165. HAEFEKER, W. 2021. Pollen supplements and substitutes in the EU feed market: A product/market survey for bees and other animal species. *EFSA Journal*, 18, 2. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2021.EN-6461>
166. HAJKOVÁ, Z.; TOMAN, R.; GÁLIK, B.; BÍRO, D.; MARTINIAKOVÁ, M.; GOLIAN, J.; OMELKA, R. 2013b. Zmeny tenkého čreva potkanov po podávaní obnôžkového peľu v potrave: The changes in the small intestine in rat after an administration of pollen in diet. *Potravinárstvo*, 7, s. 37–40. ISSN 1337-0960.
167. HAJKOVÁ, Z.; TOMAN, R.; GÁLIK, B.; MARTINIAKOVÁ, M. 2014b. The effect of bee pollen consumption on functional morphology of small intestine of rats. In: *MendelNet 2014*. Brno: Mendel University, p. 138–142. ISBN 978-80-7509-174-1.
168. HAJKOVÁ, Z.; TOMAN, R.; HLUCHÝ, S.; GÁLIK, B.; BÍRO, D.; MARTINIAKOVÁ, M.; OMELKA, R.; BOBOŇOVÁ, I. 2013a. The effect of pollen on the structure of the small intestine in rats after an experimental addition in diet. *Scientific papers. Animal Science and Biotechnologies*, 46, 1, s. 232–237. ISSN 1841-9364.
169. HAJKOVÁ, Z.; TOMAN, R.; HLUCHÝ, S.; GÁLIK, B.; ŠIMKO, M.; JURÁČEK, M.; MARTINIAKOVÁ, M.; BOBOŇOVÁ, I. 2014a. Changes in the intestinal mucosa structure of rats caused by pollen administration in diet. *Scientific papers. Animal Science and Biotechnologies*, 47, 2, s. 357–361. ISSN 1841-9364.
170. HALBRITTER, H. 1998. Preparing living pollen material for scanning electron microscopy using 2,2-dimethoxypropane (DMP) and criticalpoint drying. *Biotechnic & Histochemistry*, 73, p. 137–143.
171. HALBRITTER, H.; ULRICH, S.; GRIMSSON, F.; WEBER, M.; ZETTER, R.; HESSE, M.; BUCHNER, R.; SVOJTKA, M.; FROSCHE-RADIVO, A. 2018. Palynology: History and

- Systematic Aspects. In: *Illustrated Pollen Terminology*. Springer, Cham <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71365-6>
172. HANI, B.; DALILA, B.; SALIHA, D.; DAOUD, H.; MOULOUD, G.; SEDDIK, K. 2012. Microbiological sanitary aspects of pollen. *Advances in Environmental Biology*, 6, p. 1415–1420.
173. HARTMANN, T. 1999. Chemical ecology of pyrrolizidine alkaloids. *Planta*, 207, 4, p. 483–495. <http://www.jstor.org/stable/23385595>
174. HASS, A. L.; BRACHMANN, L.; BATÁRY, P.; CLOUGH, Y.; BEHLING, H.; TSCHARNTKE, T. 2019. Maize-dominated landscapes reduce bumblebee colony growth through pollen diversity loss. *Journal of Applied Ecology*, 56, 2, p. 294–304. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13296>
175. HERBERT, E. W.; SHIMANUKI, H. 1978. Chemical composition and nutritive value of bee-collected and bee-stored pollen. *Apidologie*, 9, p. 33–40. <https://doi.org/10.1051/apido:19780103>
176. HILBERTOVÁ, M. 2022. Slovenskému maku sa momentálne darí. *Retail magazín.sk*. 28. 9. 2022.
177. HONG QIAN, H.; JIAN ZHANG, J.; ZHAO, J. 2022. How many known vascular plant species are there in the world? An integration of multiple global plant databases. *Biodiversity Science*, 30, 22254. <https://doi.org/10.17520/biods.2022254>
178. HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; BRINDZA, J.; HARUTYUNYAN, Z.; ĎURIŠOVÁ, L.; OSTROVSKÝ, R. 2023a. Pollen and bee pollen morphological studies of common chicory (*Cichorium intybus* L.). In: *Sučasni aspekty zberežennja zdorovja ljudyny*. 1. vyd. 309 p. ISBN 978-716-7825-91-2. Mižnarodna miždisciplinarnaja naukovo - praktičnoj konferencija. Užhorod : Užgorodskij nacional'nij universitet, p. 146–150.
179. HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; FATRCOVÁ ŠRAMKOVÁ, K.; BARBORIČOVÁ, M.; GRYGORIEVA, O. 2023b. Amino acid profile of *Fagopyrum esculentum* Moench bee pollen. In: *Likarske roslynnictvo: vid dosvidu mynulogo do novitnich tehnologij. XI Mižnarodnoja naukovo-praktyčnoja konferencija*. 29-30 listopada 2023. (*Medicinal Herbs: from Past Experience to New Technologies. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference*. November, 29-30, 2023). Poltava, Poltavskij deržavnyj agrarnyj universytet 2023. p. 73–78. (134 p.) ISBN 978-617-8231-36-1. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10433578>. <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10433578>
180. HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; GRYGORIEVA, O. V.; FATRCOVÁ ŠRAMKOVÁ, K.; SHELEPOVA, O. V.; GONCHAROVSKA, I.; MŇAHONČÁKOVÁ, E. 2021. The chemical composition of pollen, staminate catkins, and honey of *Castanea sativa* Mill. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 1, p. 433–444. ISSN 1337-0960. <https://doi.org/10.5219/1627>
181. HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; GRYGORIEVA, O.; GURNENKO, I.; BRINDZA, J. 2018. Study of morphological characteristics of pollen grains of *Sambucus nigra* L. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 2, p. 277–284. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2018.2585-8246>.
182. HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; GRYGORIEVA, O.; GURNENKO, I.; VERGUN, O. 2020. Diversity of *Sambucus nigra* pollen within Slovakia in selected morphological

- characters by SEM study. *Biosystems Diversity*, 28, 4, p. 399–404. <https://doi.org/10.15421/012051>
183. HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; GRYGORIEVA, O. V.; GURNENKO, I. 2021a. Study of morphological characters of pollen grains sweet chestnut (Mill.) by scanning electron microscopy. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*. ISSN 2585-8246 online, 5, 1, p. 116–125.
184. HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; GURNENKO, I.; GONCHAROVSKA, I. 2023c. Pollen Morphology of Some Species of the Genus *Amelanchier* Medik. In: *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 7, 2, p. 226-233. ISSN 2585-8246. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2023.0024>
185. HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; HULIN, M.; OSTROVSKÝ, R.; MOTYLEVA, S. 2021b. Study of Phenotypes Variability of Pollen Grains *Malus domestica* Borkh. by Scanning Electron Microscopy. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 5, 2, p. 304–314. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2021.0029>
186. HRYTSAIENKO, Z. M.; HRYTSAIENKO, A. O.; KARPENKO, V. P. 2003. Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv Kyiv: N. p.
187. HSU, P.-S.; WU, T.-H.; HUANG, M.-Y.; WANG, D.-Y.; WU, M.-C. 2021. Nutritive Value of 11 Bee Pollen Samples from Major Floral Sources in Taiwan. *Foods*, 10, 2229. <https://doi.org/10.3390/foods10092229>
188. HUDZ, N.; BRINDZA, J.; KORZENIOWSKA, K.; WIECZOREK, P. P.; SCHUBERTOVÁ, Z.; IVANIŠOVÁ, E. 2017. Methods of the investigation of bee pollen and bee bread. *Journal of Botany*, 9, 1, p. 87–93.
189. HUMAN, H.; NICOLSON, S. W. 2006. Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). *Phytochemistry*, 67, p. 1486–1492.
190. HUSEYIN, B.; ALI, A. 2022. Heavy metal in honey bees, honey, and pollen produced in rural and urban areas of Konya province in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, p. 74569–74578.
191. CHAUZAT, M. P.; CAUQUIL, L.; ROY, L.; FRANCO, S.; HENDRIKX, P.; RIBIÈRE-CHABERT, M. 2013. Demographics of the European apicultural industry. *PLoS One*, 8, 11, e79018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079018>
192. CHEN, L.; MULDER, P. P. J.; LOUISSE, J.; PEIJNENBURG, A.; WESSELING, S.; RIETJENS, I. M. C. M. 2017. Risk assessment for pyrrolizidine alkaloids detected in (herbal) teas and plant food supplements. *Regulatory toxicology and pharmacology : RTP*, 86, p. 292–302. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.03.019>
193. CHOI, J.-H.; JANG, Y.-S.; OH, J.-W.; KIM, C.-H.; HYUN, I.-G. 2015. Bee pollen induced anaphylaxis: A case report and literature review. *Allergy, Asthma & Immunology Research*, 7, p. 513–517. <https://doi.org/10.4168/aaair.2015.7.5.513>
194. IARC. 2012. Economics of mycotoxins: Evaluating costs to society and cost-effectiveness of interventions. *IARC scientific publications*, 158, p. 119–129.
195. IDROSE, N. S.; ZHANG, J.; LODGE, C. J.; ERBAS, B.; DOUGLASS, J. A.; BUI, D.S.; DHARMAGE, S. C. 2023. A review of the role of pollen in COVID-19 Infection. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20, 10, 5805. <https://doi.org/10.3390/ijerph20105805>

196. INACIO, L. D. J.; MERLANTI, R.; LUCATELLO, L.; BISUTTI, V.; CONTIERO, B.; SERVA, L.; SEGATO, S.; CAPOLONGO, F. 2020. Pyrrolizidine alkaloids in bee pollen identified by LC-MS/MS analysis and colour parameters using multivariate class modeling. *Heliyon*, 6, Article e03593. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03593>
197. IÑIGUEZ-LUY, F. L.; FEDERICO, M. L. 2011. The genetics of *Brassica napus* L. In: *Genetics and Genomics of the Brassicaceae*. eds I. Bancroft and R. Schmidt. New York : Springer. p. 291–322.
198. INSTRUÇÃO NORMATIVA N.º3, de 19 de janeiro de 2001 – Anexo V – Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pólen apícola. (Normative Instruction No. 3 of January 19, 2001 – Annex V – Technical regulation for fixing identity and quality of bee pollen.). *Diário Oficial da União*, 16-E, p. 18–23. ISSN 1415-1537. <http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/60/normas.htm>.
199. ISHIKAWA, Y.; TOKURA, T.; NAKANO, N.; HARA, M.; NIYONSABA, F.; USHIO, H.; YAMAMOTO, Y.; TADOKORO, T.; OKUMURA, K.; OGAWA, H. 2008. Inhibitory effect of honeybee-collected pollen on mast cell degranulation in vivo and in vitro. *Journal of Medicinal Food*, 11, 1, p. 14–20. <https://doi.org/10.1089/jmf.2006.163>
200. ISMAIL, N. F.; ZULKIFLI, M. F.; WAN ISMAIL, W. I. 2022. Therapeutic Potentials of Bee Products for Treatment of COVID-19. *IJUM Medical Journal Malaysia*, 21, 1. <https://doi.org/10.31436/imjm.v21i1.1893>
201. IVLEVA, N. P.; NIESSNER, R.; PANNE, U. 2005. Characterization and discrimination of pollen by Raman microscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 381, p. 261–267.
202. JAGDIS, A.; SUSSMAN, G. 2012. Anaphylaxis from bee pollen supplement. *CMAJ : Canadian Medical Association Journal (Journal de l'Association medicale canadienne)*, 184, 10, p. 1167–1169. <https://doi.org/10.1503/cmaj.112181>
203. JOHNSTON, P.; HUXDORFF, H.; SIMON, G.; SANTILLO, D. 2014. *An analysis of pesticide residues in comb pollen (beebread) and trapped pollen from honey bees (Apis mellifera) in 12 European countries*. Greenpeace Research United Laboratories. Technical Report.
204. JURÍKOVÁ, T.; FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; SCHWARZOVÁ, K. 2018. Biologicky aktívne látky a terapeutické účinky rastlinných častí niektorých druhov rastlín. In: BRINDZA, J., MOTYLEVA, S.: *Peľ a včelie peľové obnôžky z niektorých druhov rastlín*. Učebné texty pre špecializované kurzy v medzinárodnom projekte. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, s. 122–133. ISBN 978-80-552-1862-5.
205. KAČÁNIOVÁ, M.; FIKSELOVÁ, M.; HAŠČÍK, P.; KŇAZOVICKÁ, V.; NÔŽKOVÁ, J.; FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K. 2010. Changes in microflora of bee pollen treated with UV light and freezing during storage. *Ecological Chemistry and Engineering A*, 17, 1, p. 90–95.
206. KAČÁNIOVÁ, M.; IVANIŠOVÁ, E.; BRINDZA, J.; FRANČÁKOVÁ, H. 2015. Antibacterial activity of Slovakian bee pollen. In: *Traditional foods from Adriatic to Caucasus*. Sarajevo : Univerzitet u Sarajev, p. 493. ISBN 978-605-4265-37-4.
207. KAČÁNIOVÁ, M.; IVANIŠOVÁ, E.; ČÍKOŠOVÁ, B. 2016. Obnôžkový peľ – k jeho využívaniu a špecifikácia k spotrebiteľskému prostrediu (Bee pollen - its use and

- specification according to consumers environment). In: ČÍKOŠOVÁ, B.; SUDZINA, M.; LAKIOVÁ, Z.; JUHÁSZOVÁ, R.; LOVÍŠKOVÁ, E.; PETRIČKO, D.; KAČÁNIOVÁ, M. K aspektom v jednotlivých prierezových oblastiach pôdohospodárstva. Košice: Stredná odborná škola poľnohospodárstva a služieb na vidieku, s. 32–34. ISBN 978-80-972561-7-3.
208. KAČÁNIOVÁ, M.; JURÁČEK, M.; CHLEBO, R.; KŇAZOVICKÁ, V.; KADASI-HORÁKOVÁ, M.; KUNOVÁ, S.; LEJKOVÁ, J.; HAŠČÍK, P.; MAREČEK, J.; ŠIMKO, M. 2011. Mycobiota and mycotoxins in bee pollen collected from different areas of Slovakia. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 46, p. 623–629. <https://doi.org/10.1080/03601234.2011.589322>
209. KAČÁNIOVÁ, M.; NÔŽKOVÁ, J.; FATRCOVÁ K.; GRÓF, J. 2008b. Qualitative parameters for bee pollen as potential food supplement. In: *Dovkillja i zdorovja ljudini : materiali mižnarodnoj naukovo-praktičnoj konferencii*, (17-19 kvitnja 2008), Užgorod : Vidavnictvo UžNU (Goverla), s. 199–203.
210. KAČÁNIOVÁ, M.; NÔŽKOVÁ, J.; FATRCOVÁ, ŠRAMKOVÁ, K.; KROPKOVÁ, Z.; KUBINCOVÁ, J. 2010a. Antioxidant, antimicrobial activity and heavy metals content in pollen of *Papaver somniferum* L. *Ecological Chemistry and Engineering (A)*, 17, 1, p. 97–105.
211. KAČÁNIOVÁ, M.; NÔŽKOVÁ, J.; FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; KROPKOVÁ, Z.; KUBINCOVÁ, J. 2008a. Antioxidant, antimicrobial activity and heavy metals content in pollen of *Papaver somniferum* L. In: *Abstracts from the 8th International Conference on Risk Factors of Food Chain*, Kraków, Poland, September 17, 2008. *Slovak Journal of Animal Science*, 41, 4, p. 204.
212. KAČÁNIOVÁ, M.; ROVNA, K.; ARPASOVA, H.; HLEBA, L.; PETROVA, J.; HASCÍK, P.; CUBON, J.; PAVELKOVA, A.; CHLEBO, R.; BOBKOVA, A.; STRICIK, M. 2013. The effects of bee pollen extracts on the broiler chicken's gastrointestinal microflora. *Research in Veterinary Science*, 95, 1, p. 34–37.
213. KARABAGIAS, I. K.; KARABAGIAS, V. K.; KARABOURNIOTI, S.; BADEKA, A. V. 2021. Aroma identification of Greek bee pollen using HS-SPME/GC–MS. *European Food Research and Technology*, 247, p. 1781–1789. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03748-4>.
214. KARABAGIAS, I.; KARABAGIAS, V.; GATZIAS, I.; RIGANAKOS, K. 2018. Bio-functional properties of bee pollen: The case of “bee pollen yoghurt”. *Coatings*, 8, 423. <https://doi.org/10.3390/coatings8120423>
215. KAST, C.; KLICHENMANN, V.; REINHARD, H.; DROZ, B.; LUCCHETTI, M.A.; DÜBECK E, A. BECKH, G.; ZOLLER, O. 2018. Chemical fingerprinting identifies *Echium vulgare*, *Eupatorium cannabinum* and *Senecio* spp. as plant species mainly responsible for pyrrolizidine alkaloids in bee-collected pollen. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35, p. 316–327. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1378443>
216. KAŠKONIENĖ, V.; KAŠKONAS, P.; MARUŠKA, A. 2015a. Volatile compounds composition and antioxidant activity of bee pollen collected in Lithuania. *Chemical Papers*, 69, 2, p. 291–299. <https://doi.org/10.1515/chempap-2015-0033>
217. KAŠKONIENĖ, V.; RUOČKUVIENĖ, G.; KAŠKONAS, P.; AKUNECA, I.; MARUŠKA, A. 2015b. Chemometric analysis of bee pollen based on volatile and phenolic

- compound compositions and antioxidant properties. *Food Analytical Methods*, 8, p. 1150–1163. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9996-2>
218. KAUR, R. 2011. Baking and sensory quality of whole wheat and flaxseed based cookies and muffins. Doctoral dissertation, PAU Ludhiana.
219. KAUR, P.; WAGHMARE, R.; KUMAR, V.; RASANE, P.; KAUR, S.; GAT, Y. 2018. Recent advances in utilization of flaxseed as potential source for value addition. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 25, 3, A304. <https://doi.org/10.1051/ocl/2018018>
220. KĘDZIA, B.; HOŁDERNA-KĘDZIA, E. 2005. Biological properties and therapeutic action of bee pollen. *Postępy Fitoterapii*, 3-4, p. 103–108.
221. KEMPF, M.; HEIL, S. G.; HASSLAUER, I.; SCHMIDT, L.; VON DER OHE, K.; THEURING, C.; REINHARD, A.; SCHREIER, P. H.; BEUERLE, T. 2010. Pyrrolizidine alkaloids in pollen and pollen products. *Molecular Nutrition & Food Research*, 54, 2, p. 292–300. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.067>
222. KHALIFA, S. A. M.; ELASHAL, M. H.; YOSRI, N.; DU, M.; MUSHARRAF, S. G.; NAHAR, L.; SARKER, S. D.; GUO, Z.; CAO, W.; ZOU, X. et al. 2021. Bee Pollen: Current Status and Therapeutic Potential. *Nutrients*, 13, 1876. <https://doi.org/10.3390/nu13061876>
223. KHAN, K. A.; GHRAMH, H. A. 2021. Pollen source preferences and pollination efficacy of honey bee, *Apis mellifera* (Apidae: Hymenoptera) on *Brassica napus* crop. *Journal of King Saud University*, 101487. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101487>
224. KHAN, Z. H.; KHAN, M. M. A.; AFTAB, T.; IDREES, M.; NAEEM, M. 2011. Influence of alginate oligosaccharides on growth, yield and alkaloid production of opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Frontiers of Agriculture in China*, 5, 1, p. 122–127. <https://doi.org/10.1007/s11703-010-1056-0>
225. KIELISZEK, M.; PIWOWAREK, K.; KOT, A. M.; BŁAŻEJAK, S.; CHLEBOWSKA-ŚMIGIEL, A.; WOLSKA, I. 2018. Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 71, p. 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.021>
226. KIM, G.-U.; KIM, M.-J.; RA, S. H.; LEE, J.; BAE, S.; JUNG, J.; KIM, S.-H. 2020. Clinical characteristics of asymptomatic and symptomatic patients with mild COVID-19. *Clinical Microbiology and Infection*, 26, 7, p. 948.e1-948.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.04.040>
227. KIM, S. B.; JO, Y. H.; LIU, Q.; AHN, J. H.; HONG, I. P.; HAN, S. M.; HWANG, B. Y.; LEE, M. K. 2015. Optimization of extraction condition of bee pollen using response surface methodology: Correlation between anti-melanogenesis, antioxidant activity, and phenolic content. *Molecules*, 20, p. 19764–19774.
228. KLARIĆ, I.; DOMAĆINOVIĆ, M.; ŠERIĆ, V.; MIŠKULIN, I.; PAVIĆ, M.; PARADINOVIĆ, K. 2018. Effects of bee pollen and propolis on performance, mortality, and some haematological blood parameters in broiler chickens. *Slovenian Veterinary Research*, 55, 1. <https://doi.org/10.26873/SVR-385-2018>
229. KLATT, B. K.; BURMEISTER, C.; WESTPHAL, C.; TSCHARNTKE, T.; VON FRAGSTEIN, M. 2013. Flower volatiles, crop varieties and bee responses. *PLoS One*, 8, 8, e72724. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072724>

230. KŇAZOVICKÁ, V.; KAČÁNIOVÁ, M.; DOVIČIČOVÁ, M.; MELICH, M.; BARBORÁKOVÁ, Z.; KÁDASI HORÁKOVÁ, M.; MAREČEK, J. 2011. Microbial quality of honey mixture with pollen. *Potravinárstvo*, 5, 1, p. 27–32.
231. KŇAZOVICKÁ, V.; MAŠKOVÁ, Z.; VLKOVÁ, E.; SVEJSTIL, R.; SALMONOVA, H.; IVANIŠOVÁ, E.; GAŽAROVÁ, M.; GAMRÁTHOVÁ, I.; ŘEPKOVÁ, M.; TOKÁR, M.; DUCKOVÁ, V.; KROČKO, M.; ČANIGOVÁ, M.; KAČÁNIOVÁ, M. 2018. Pollen can – testing of bee pollen fermentation in model conditions. 2018. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 7, 2, p. 805–810. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2018.8.2.805-811>
232. KŇAZOVICKÁ, V.; STAROŇ, M.; GASPER, J.; BENČAŤOVÁ, S.; IVANIŠOVÁ, E. 2023. Odkiaľ pochádza tvrdá hrudka peľu na časti hrude včely? *Včelár*, 97, 9, s. 448–450.
233. KOLESÁROVÁ, A.; BAKOVÁ, Z.; CAPCAROVÁ, M.; GÁLIK, B.; JURÁČEK, M.; ŠIMKO, M.; TOMAN, R.; SIROTKIN, A. 2013. Consumption of bee pollen affects rat ovarian functions. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97, 6, p. 1059–1065. ISSN 0931-2439.
234. KOLESAROVA, A.; BAKOVA, Z.; CAPCAROVA, M.; GALIK, B.; JURACEK, M.; SIMKO, M.; TOMAN, R.; SIROTKIN, A. V. 2012. Consumption of bee pollen affects rat ovarian functions. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96, 4, p. 1–7.
235. KOLESÁROVÁ, A.; CAPCAROVÁ, M.; BAKOVÁ, Z.; GÁLIK, B.; JURÁČEK, M.; ŠIMKO, M.; SIROTKIN, A. V. 2011. The effect of bee pollen on secretion activity, markers of proliferation and apoptosis of porcine ovarian granulosa cells in vitro. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 46, 3, p. 207–212.
236. KOMARAVELLI, N.; KELLEY, J. P.; GAROFALO, M. P.; WU, H.; CASOLA, A.; KOLLI, D. 2015. Role of dietary antioxidants in human metapneumovirus infection. *Virus Research*, 200, C, p. 19–23. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2015.01.018>
237. KOMOSIŇSKA-VASSEV, K.; OLCZYK, P.; KAŹMIERCZAK, J.; MENCNER, L.; OLCZYK, K. 2015. Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine*, 297425, p. 1–6. <https://doi.org/10.1155/2015/297425>
238. KOSTIĆ A. Ž.; MILINČIĆ D. D.; BARAĆ M. B.; ALI SHARIATI M.; TEŠIĆ Ž. L.; PEŠIĆ M. B. 2020. The Application of Pollen as a Functional Food and Feed Ingredient – The Present and Perspectives. *Biomolecules*, 10, 1, p. 84. <https://doi.org/10.3390/biom10010084>
239. KOSTIĆ, A. Ž.; PETROVIĆ, T. S.; KRNJAJA, V. S.; NEDIĆ, N. M.; TEŠIĆ, Z. L.; MILOJKOVIĆ-OPSENICA, D. M.; BARAĆ, M. B.; STANOJEVIĆ, S. P.; PEŠIĆ, M. B. 2016. Mold/aflatoxin contamination of honeybee collected pollen from different Serbian regions. *Journal of Apicultural Research*, 56, 1, p. 13–20. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1259897>
240. KOSTIĆ, A. Ž.; MILINČIĆ, D. D.; PETROVIĆ, T. S.; KRNJAJA, V. S.; STANOJEVIĆ, S. P.; BARAĆ, M. B.; TEŠIĆ, Ž. L.; PEŠIĆ, M. B. 2019. Mycotoxins and Mycotoxin Producing Fungi in Pollen: Review. *Toxins*, 11, 2, p. 64–84. <https://doi.org/10.3390/toxins11020064>
241. KOSTIĆ, A. Ž.; PEŠIĆ, M. B.; MOSIĆ, M. D.; DOJČINOVIĆ, B. P.; NATIĆ, M. M.; TRIFKOVIĆ, J. Đ. 2015. Mineral content of bee pollen from Serbia. *Archives of*

- Industrial Hygiene and Toxicology*, 66, 4, p. 251–258. <https://doi.org/10.1515/aiht-2015-66-2630>
242. KOŠLÍK, Š. 1995. Možnosti využitia včelieho peľu v humánnej medicíne. *Včelár*, 69, 7-8, s. 112–113.
243. KRYSZYJAN, M.; GUMUL, D.; ZIOBRO, R.; KORUS, A. 2015. The fortification of biscuits with bee pollen and its effect on physicochemical and antioxidant properties in biscuits. *LWT – Food Science and Technology*, 63, p. 640–646. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.075>
244. KUREK-GÓRECKA, A.; GÓRECKI, M.; RZEPECKA-STOJKO, A.; BALWIERZ, R.; STOJKO, J. 2020. Bee Products in Dermatology and Skin Care. *Molecules*, 25, 3, p. 556. <https://doi.org/10.3390/molecules25030556>
245. LABANCA, F.; OVESNA, J.; MILELLA, L. 2018. *Papaver somniferum* L. taxonomy, uses and new insight in poppy alkaloid pathways. *Phytochemistry Reviews*, 17, 4, p. 853–871. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-956>
246. LAMBERT, O.; PIROUX, M.; PUYO, S.; THORIN, C.; LARHANTEC, M.; DELBAC, F.; POULIQUEN, H. 2012. Bees, honey and pollen as sentinels for lead environmental contamination. *Environmental Pollution*, 170, p. 254–259. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.07.012>
247. LEBENSMITTELVORORDNUNG 817.02 vom 1. März 1995 (Stand am 22. Februar 2005) – 4. Abschnitt: Blütenpollen. (Food ordinance 817.02 of 1 March 1995 (as of 22 February 2005) – Section 4: Bee pollen.) In: *The Federal Council – The portal of the Swiss government*. Bern : Der Schweizerische Bundesrat. <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19981860/200503010000/817.02.pdf>.
248. LEJA, M.; MARECZEK, A.; WYZGOLIK, G.; KLEPACZ-BANIAK, J.; CZEKOŃSKA, K. 2007. Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food Chemistry*, 100, p. 237–240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.047>
249. LI, B.; CHEN, H.; CHEN, G.; YIN, H.; FENG, H.; LI, K.; YE, H.; GAO, X.; WANG, C. 2016. Antiviral Pollution-Free Plant Nutrient Solution. CN 105399564A.
250. LI, F.; GAILLARD, M.-J.; XU, Q.; BUNTING, M. J.; LI, Y.; LI, J.; MU, H.; LU, J., ZHANG, P.; ZHANG, S.; CUI, Q.; ZHANG, Y.; AND SHEN, W. 2018. A Review of relative pollen productivity estimates from temperate China for pollen-based quantitative reconstruction of past plant cover. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1214. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01214>
251. LI, L.; TIAN, Z.; CHEN, J.; TAN, Z.; ZHANG, Y.; ZHAO, H.; WU, X.; YAO, X.; WEN, W.; CHEN, W.; GUO, L. 2023. Characterization of novel loci controlling seed oil content in *Brassica napus* by marker metabolite-based multi-omics analysis. *Genome Biology*, 24, 141. <https://doi.org/10.1186/s13059-023-02984-z>
252. LI, Q.; LIANG, X.; ZHAO, L.; ZHANG, Z.; XUE, X.; WANG, K.; WU, L. 2017. UPLC-Q-exactive orbitrap/MS-based lipidomics approach to characterize lipid extracts from bee pollen and their in vitro anti-inflammatory properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 32, p. 6848–6860. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02285>

253. LILEK, N.; PEREYRA GONZALES, A.; BOŽIČ, J.; BOROVSĀK, A. K.; BERTONCELJ, J. 2015. Chemical composition and content of free tryptophan in Slovenian bee pollen. *Journal of Food and Nutrition Research*, 54, 4, p. 323–333. ISSN 1336-8672.
254. LIMA, W. G.; BRITO, J. C. M.; DA CRUZ NIZER, W. S. 2021. Bee products as a source of promising therapeutic and chemoprophylaxis strategies against COVID-19 (SARS-CoV-2). *Phytother. Res.*, 35, 2, p. 743–750. <https://doi.org/10.1002/ptr.6872>
255. LINSKENS, H. F. 1964. Pollen Physiology. *Annual Review Plant Physiology.*, 15, p. 255–270.
256. LIOLIOS, V.; TANANAKI, C.; DIMOU, M.; KANELIS, D.; GORAS, G.; KARAZAFIRIS, E.; THRASYVOULOU, A. 2015. Ranking pollen from bee plants according to their protein contribution to honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 54, p. 582–592.
257. LUCCHETTI, M. A. 2017. *Pyrrolizidine alkaloids: Occurrence in bee products and impact on honeybees (Apis mellifera L.)*. Doctoral dissertation. Faculty of Science, Institute of Biology. University of Neuchâtel cit Vegh a kol. 2021
258. MALONE, L. 2002. *Literature review on genetically modified plants and bee products*. <http://www.maf.govt.nz/mafnet/rural-nz/research-and-development/biotechnology/index.htm>. Accessed 12th Apr 2021
259. MALTISOV, I.; BRINDZA, J.; OSTROLUCKÁ, M.G.; OSTROVSKÝ, R.; HULIN, M.; IVANUSA, V.; MARINJUK, M. 2013. Ispol'zovanie kačestvennych i količestvennych priznakov pyl'cevych zeren PRI identifikacii genotipov jabloni domašnej (*Malus domestica* Borkh.) proizrastajuščich v Slovaki. Agrobiodiverzita pre zlepšenie života 2013. 1. vyd. 1 CD-ROM (150 s.). Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, s. 63-73. ISBN 978-80-552-1119-0.
260. MANNING, R. 2001. Fatty acids in pollen: a review of their importance for honey bees. *Bee World*, 82, 2, p. 60–75.
261. MARHOLD, K.; HINDÁK, F. 1998. *Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska*. Veda: Bratislava, 687 s.
262. MARTINIAKOVÁ, M.; BOBOŇOVÁ, I.; TOMAN, R.; GÁLIK, B.; BAUEROVÁ, M.; OMELKA, R. 2021. Dose-dependent impact of bee pollen supplementation on macroscopic and microscopic structure of femoral bone in rats. *Animals*, 11, 1265, p. 5. ISSN 2076-2615.
263. MARTINS, M. C. 2011. Physicochemical composition of bee pollen from eleven Brazilian states. *Journal of Apicultural Science, Puławy – Poland*, 55, 2, p. 107–116. <http://repositorio.ital.sp.gov.br/jspui/handle/123456789/636>
264. MAURIELLO, G.; DE PRISCO, A.; DI PRISCO, G.; LA STORIA, A.; CAPRIO, E. 2017. Microbial characterization of bee pollen from the Vesuvius area collected by using three different traps. *PLoS One*, 12(9), e0183208. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183208>
265. MÄDGE, I.; GEHLING, M.; SCHÖNE, C.; WINTERHALTER, P.; THESE, A. 2020. Pyrrolizidine alkaloid profiling of four Boraginaceae species from Northern Germany and implications for the analytical scope proposed for monitoring of maximum levels. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37, 8, p. 1339–1358. <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1757166>

266. MEDINA, A.; GONZÁLEZ, G.; SÁEZ, J. M.; MATEO, R.; LIMÉNEZ, M. 2004. Bee pollen, a substrate that stimulates ochratoxin A production by *Aspergillus ochraceus* Wilh. *Systematic and Applied Microbiology*, 27, p. 261–267.
267. MEHRABAN, F.; JAFARI, M.; AKBARTABAR TOORI, M.; SADEGHI, H.; JOODI, B.; MOSTAFAZADE, M.; SADEGHI, H. 2014. Effects of date palm pollen (*Phoenix dactylifera* L.) and *Astragalus ovinus* on sperm parameters and sex hormones in adult male rats. *Iranian Journal of Reproductive Medicine*, 12, 10, p. 705–712.
268. MELO, I. L. P.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. 2010. Stability of antioxidants vitamins in bee pollen samples. *Química Nova*, 33, 3, p. 514–518. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000300004>
269. MELO, I. L. P.; FREITAS, A. S.; BARTH, O. M.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. 2009. Relação entre a composição nutricional e a origem floral de pólen apícola desidratado (Correlation between nutritional composition and floral origin of dried bee pollen). *Revista Do Instituto Adolfo Lutz*, 68, p. 346–353.
270. MESQUIDA, J.; MARILLEAU, R.; PHAM-DELÈGUE, M.; RENARD, M. 1988. A study of rapeseed (*Brassica napus* L. var. oleifera metzger) flower nectar secretions. *Apidologie*, 19, p. 307–318.
271. MISHRA, A.; BHARAGAVA, R.N.; MORE, N.; YADAV, A.; ZAINITH, S.; MANI, S.; CHO WDHARY, P. 2018. Heavy metal contamination: An alarming threat to environment and human health. In: R. C. Sobti, N. K. Arora, R. Kothari (Eds.): *Environmental Biotechnology: For sustainable future*, Springer Nature Singapore Pte Ltd, p. 103–125. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7284-0_5
272. MOHDALY, A. A. A.; MAHMOUD, A. A.; ROBY, M. H. H.; SMETANSKA, I.; RAMADAN, M. F. 2015. Phenolic extract from propolis and bee pollen: composition, antioxidant and antibacterial activities. *Journal of Food Biochemistry*, 39, p. 538–547. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12160>
273. MOHDALY, A. A. A.; SARHAN, M. A.; MAHMOUD, A.; RAMADAN, M. F.; SMETANSKA, I. 2010b. Antioxidant efficacy of potato peels and sugar beet pulp extracts in vegetable oils protection. *Food Chemistry*, 123, p. 1019–1026. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2010.05.054>
274. MOHDALY, A. A.; SARHAN, M. A.; SMETANSKA, I. MAHMOUD, A. 2010a. Antioxidant properties of various solvent extracts of potato peel, sugar beet pulp and sesame cake. *Journal of The Science of Food And Agriculture*, 90, p. 218–226. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3796>
275. MOITA, E.; SOUSA, C.; ANDRADE, P. B.; FERNANDES, F.; PINHO, B. R.; SILVA, L. R.; VALENTÃO, P. 2014. Effects of *Echium plantagineum* L. Bee pollen on basophil degranulation: Relationship with metabolic profile. *Molecules*, 19, 7, p. 10635–10649. <https://doi.org/10.3390/molecules190710635>
276. MOLYNEUX, R. J.; GARDNER, D. L.; COLEGATE, S. M.; EDGAR, J. A. 2011. Pyrrolizidine alkaloid toxicity in livestock: a paradigm for human poisoning?. *Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*, 28, 3, p. 293–307. <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.547519>
277. MORGANO, M. A.; TEIXEIRA MARTINS, M. C.; RABONATO, L. C.; MILANI, R. F.; YOTSUYANGI, K.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. 2010. Inorganic contaminants in bee

- pollen from southeastern Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 11, p. 6876–6883. <https://doi.org/10.1021/jf100433p>
278. MOTYLEVA, S. M.; ŠIMKOVÁ, J.; HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; BRINDZA, J. 2018. Comparative study of morphometric characteristics and mineral composition of pollen *Malus domestica* Borkh. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 2, p. 285–291. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2018.2585-8246.285-29>
279. MULDER, P. P. J.; SÁNCHEZ, P. L.; THESE, A.; PREISS-WEIGERT, A.; CASTELLARI, M. 2015. Occurrence of pyrrolizidine alkaloids in food. *EFSA Supporting Publication*, 12, 8.
280. MULLIN, C. A.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J. L.; ASHCRAFT, S.; SIMONDS, R.; ENGELSDROP, D.; PETTIS, J. S. 2010. High levels of miticides and agrochemicals in north American apiaries: Implications for honey bee health. *PloS One*, 5, e9754. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009754>
281. MUSS, L. 1987. *The nutritional quality of Victorian pollens*. Msc Thesis : Bendigo College of Advanced Education. Department of Biological and Chemical Sciences.
282. MUSSURY, R. M.; FERNANDES, W. D. 2000. Studies of the floral biology and reproductive system of *Brassica napus* L. (Cruciferae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 43, p. 111–115. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132000000100014>
283. NAGAI, T.; NAGASHIMA, T.; MYODA, T.; INOUE, R. 2004. Preparation and functional properties of extracts from bee bread. *Nahrung (Food)*, 48, p. 226–229. <https://doi.org/10.1002/food.200300421>
284. NAI, Y.-S.; CHEN, T.-Y.; CHEN, Y.-C.; CHEN, C.-T.; CHEN, B.-Y.; CHEN, Y.-W. 2017. Revealing pesticide residues under high pesticide stress in Taiwan's agricultural environment probed by fresh honey Bee (Hymenoptera: Apidae) pollen. *Journal of Economic Entomology*, 110, p. 1947–1958. <https://doi.org/10.1093/jee/tox195>
285. NAYAKA, N. M. D. M.W.; SASADARA, M. M. V.; SANJAYA D.A.; YUDA, P. E. S. K.; DEWI, N. L. K. A. A.; CAHYANINGSIH, E., HARTATI R. 2021. *Piper betle* (L): Recent Review of Antibacterial and Antifungal Properties, Safety Profiles, and Commercial Applications. *Molecules*. Apr 16;26(8):2321. doi: 10.3390/molecules26082321. PMID: 33923576; PMCID: PMC8073370.
286. NARDONI, S.; D'ASCENZI, C.; ROCCHIGIANI, G.; MORETTI, V.; MANCIANTI, F. 2016. Occurrence of moulds from bee pollen in Central Italy – A preliminary study. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 3, 1, p. 103–105. <https://doi.org/10.5604/12321966.1196862>
287. NEGRAO, A. F.; ORSI, R. O. 2018. Harvesting season and botanical origin interferes in production and nutritional composition of bee pollen. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90, p. 325–332. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720150192>
288. NEUSCHLOVÁ, J. 1995. Peľ ako potravina i liek. *Výživa a zdravie*, 40, 10, s. 220.
289. NGERNSAENG SARUAY, C.; LEKSUNGNOEN, N.; CHANTON, P.; ANDRIYAS, T.; THAWEEKUN, P.; RUEANSRI, S.; TUNTIANUPONG, R.; HAUYLUEK, W. 2023. Morphology, Taxonomy, Anatomy, and Palynology of the Opium Poppy (*Papaver*

- somniferum* L.) Cultivation in Northern Thailand. *Plants* (Basel), 12, 11, p. 2105. <https://doi.org/10.3390/plants12112105>
290. NIKOLAIEVA, N.; GARKAVA, K. G.; PETROVÁ, J.; BRINDZA, J. 2015. Porivnjal'na charakteristika mikrobiologičnych osoblyvostej pylku *Corylus avellana* L. Naukovyj visnyk Nacional'nogo universitetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrainy, vypusk 223, p. 149-154. ISSN 2222-8578.
291. NIKOLAIEVA, N.; GRYGORIEVA, O. V.; BRINDZA, J.; GARKAVA, K. G.; KLYMENKO, S. V. 2014. Morphological features of pollen *Corylus avellana* L. and *Castanea sativa* Mill. as indicator of environmental changes. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 1. izd. 381 s., p. 232-237. ISSN 2073-4948.
292. NIKOLAIEVA, N.; NÔŽKOVÁ, J.; HUDZ, N.; GRYGORIEVA, O.; BRINDZA, J. 2017. Development of analytical procedure of determination of the sum of flavonoids in hazelnut (*Corylus avellana* L.) pollen. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 1, p. 347-352. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2017.2585-8246.347-352>
293. NOGUEIRA, C.; IGLESIAS, A.; FEÁS, X.; ESTEVINHO, L. M. 2012. Commercial bee pollen with different geographical origins: A comprehensive approach. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, p. 11173-11187. <https://doi.org/10.3390/ijms130911173>
294. NÔŽKOVÁ, J.; BRINDZA, J.; OSTROVSKÝ, R.; STEHLÍKOVÁ, B. 2010. Hodnotenie kvantitatívnych a kvalitatívnych znakovvčelieho peľu a ich klasifikácia podľa navrhnutých deskriptorov. *Potravinárstvo*. s. 207. http://www.potravinarstvo.com/dokumenty/mc_februar_2010/pdf/2/Nozkova.pdf
295. NÔŽKOVÁ, J.; FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; KROPKOVÁ, Z. 2009b. Polyfenoly a antioxidačná aktivita včelieho peľu. *Potravinárstvo*, 3, 2, s. 60-63.
296. NÔŽKOVÁ, J.; FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ, K.; MÁRIÁSSYOVÁ, M.; KROPKOVÁ, Z. 2009a. Antioxidačná aktivita a polyfenoly včelieho peľu. In: *Antioxidanty 2009. Zborník recenzovaných prác z I. ročníka vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou*. Nitra : SPU, s. 189-193. ISBN 978-80-552-0209-9
297. NUVOLONI, R.; MEUCCI, V.; TURCHI, B.; SAGONA, S.; FRATINI, F.; FELICOLI, A.; CERRI, D.; PEDONESE, F. 2021. Bee-pollen retailed in Tuscany (Italy): Labelling, palynological, microbiological, and mycotoxicological profile. *LWT*, 140, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110712>
298. OECD. 1997. Organisation for Economic Co-operation and Development. Consensus document on the biology of *Brassica napus* L. (oilseed rape). *Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology*, no. 7, OECD, Paris, p. 32.
299. OECD. 2012. Organisation for Economic Co-operation and Development. Consensus document on the biology of the brassica crops (*Brassica* spp.). *Series on Harmonisation of Regulatory oversight of Biotechnology*, no. 54, OECD, Paris, p. 142.
300. OHLROGGE, J.; THROWER, N.; MHASKE, V.; STYMNE, S.; BAXTER, M.; YANG, W.L.; LIU, J.J.; SHAW, K.; SHORROSH, B.; ZHANG, M.; WILKERSON, C.; MATTHÄUS, B. 2018. PlantFAdb: a resource for exploring hundreds of plant fatty acid structures

- synthesized by thousands of plants and their phylogenetic relationships. *Plant Journal*, 96, p. 1299–1308. <https://doi.org/10.1111/tpj.14102>
301. OLIVEIRA, F. A.; ABREU, A. T.; OLIVEIRA NASCIMENTO, N.; SANTOS FROES-SILVA, R. E.; ANTONINI, Y.; NALINI, H. A.; LENA, J. C. 2017. Evaluation of matrix effect on the determination of rare earth elements and As, Bi, Cd, Pb, Se and in honey and pollen of native Brazilian bees (*Tetragonisca angustula* – jataí) by Q-ICP-MS. *Talanta*, 162, p. 488–494. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.10.058>
302. OLIVEIRA, K. C. L. S.; MORIYA, M.; AZEDO, R. A. B.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; TEIXEIRA, E. W.; ALVES, M. L. T. M. F.; MORETI, A. C. C. C. 2009. Relationship between botanical origin and antioxidants vitamins of bee-collected pollen. *Química Nova*, 32, 5, p. 1099–1102. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000500003>
303. ORZÁEZ VILLANUEVA, M. T.; DÍAZ MARQUINA, A.; BRAVO SERRANO, R.; BLAZQUEZ ABELLÁN, G. 2002. The importance of bee-collected pollen in the diet: a study of its composition. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 53, 3, p. 217–224. <https://doi.org/10.1080/09637480220132832>
304. OSTROLUCKÁ, M. G. 1988. Neviditeľné štruktúry (Unvisible structures). *Vesmír*, 67, s. 99–102.
305. OSTROLUCKÁ, M. G. 1989. Differentiation of male reproduction organs and oak fertility in urban environment. *Biológia* (Bratislava), 44, p. 793–799.
306. OSTROLUCKÁ, M. G. 2010. Biochemické zloženie peľu. In BROVARS'KYI, V. D.; BRINDZA, J.: *Včelí obnôžkový peľ*. Kyjev: FOP I. S. Maidachenko. p. 131–134. ISBN 978-966-8302-31-2.
307. OSTROLUCKÁ, M. G. 2010. Charakteristika kvetového peľu. In: BROVARS'KYI, V. D.; BRINDZA, J.: *Včelí obnôžkový peľ*. 1. vyd. Kyjev : FOP I. S. Maidachenko. 288 s. ISBN 978-966-8302-31-2.
308. OSTROLUCKÁ, M. G. 2010. Všeobecná charakteristika peľu. In: BROVARS'KYI, V. D.; BRINDZA, J.: *Včelí obnôžkový peľ*. Kyjev: FOP I. S. Maidachenko. p. 37–58. ISBN 978-966-8302-31-2.
309. OSTROLUCKÁ, M. G.; BRINDZA, J.; OSTROVSKÝ, R.; IVANUSA, V.; MALTISOV, I.; MARINJUK, M. 2013. Srovnatelný morfologický analýz pil'cevych zeren raznych genotypov čerešni (*Cerasus avium* L. Moench) proizrastajuščich v Slovakkii. Agrobiodiverzita pre zlepšenie života 2013. 1. vyd. 1 CD-ROM (150 s.). Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, s. 74–83. ISBN 978-80-552-1119-0.
310. OSTROLUCKÁ, M. G.; ČIČOVÁ, L.; BOLVANSKÝ, M. 2003. Influence temperature and storage on pollen viability in *Pinus mugo* Turra. *Folia oecologica*, 30, 1, p. 105–111.
311. OSTROLUCKÁ, M. G.; FLEISCHER, P. 2003. Content of heavy metals in pollen and seeds of Norway spruce (*Picea abies* (L) Karst) in central part of the High Tatra MTS. *Ekológia* (Bratislava), 22, 1, p. 65–73.
312. OSTROLUCKÁ, M. G.; KRIŽO, M. 1989. Biológia samčích reprodukčných orgánov druhov rodu *Quercus* L. (Biology of male reproduction organs in species of the genus *Quercus* L.). *Acta Dendrobiologica*. Bratislava: Veda, SAV, s. 136. ISBN 80-224-0133-1.
313. OSTROVSKÝ, R.; BRINDZA, J.; NÔŽKOVÁ, J.; GRÓF, J.; STEHLÍKOVÁ, B.; BÍRO, D. 2011. Morphological Evaluation of beepollen from black locust (*Robinia*

- pseudoacacia* L.). *Apimondia 2011: abstracts book, from 21 to 25 September 2011*, Buenos Aires. Melbourne, Australia: Apimondia, p. 72.
314. OUVARD, P.; QUINET, M.; JACQUEMART, A. L. 2017. Breeding system and pollination biology of Belgian oilseed rape cultivars (*Brassica napus*). *Crop Science*, 57, 3, p. 1455–1463.
315. OVD, 1997. Odporúčané výživové dávky pre obyvateľstvo v Slovenskej republike. In: *Vestník MZ SR*, roč. 45, čiastka 7-8, zo dňa 28. apríla 1997.
316. OVD, 2015. Odporúčané výživové dávky pre obyvateľstvo v Slovenskej republike (9. revízia). In: *Vestník MZ SR*, roč. 63, dňa 19. júna 2015, čiastka 4-5, 28 s.
317. ÖZCAN, M.; ALJUHAIMI, F.; BABIKER, E. E.; USLU, N.; CEYLAN, D. A.; GHAFOR, K.; ÖZCAN, M. M.; DURSUN, N.; AHMED, I. M.; JAMIU, F. G.; ALSAWMAHI, O. N. 2019. Determination of antioxidant activity, phenolic compound, mineral contents and fatty acid compositions of bee pollen grains collected from different locations. *Journal of Apicultural Science*, 63, 1, p. 69–79. <https://doi.org/10.2478/JAS-2019-0004>
318. ÖZKÖK, A.; SORKUN, K. 2016. Pollen morphology of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) pollen collected by honeybees and honeybees tendency to opium poppy flowers. *Mellifera*, 16, p. 55–60.
319. PalDat – Palynological Database. 2020. https://www.paldat.org/pub/Brassica_napus/303973
320. PalDat – Palynological Database. 2021. https://www.paldat.org/pub/Papaver_somniferum/306306
321. PAMMINGER, T.; BECKER, R.; HIMMELREICH, S.; SCHNEIDER, C. W.; BERGTOLD, M. 2019. Pollen report: Quantitative review of pollen crude protein concentrations offered by bee pollinated flowers in agricultural and non-agricultural landscapes. *Peer Journal Preprint Archives*, 7, e27567v1. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.27567v1>
322. PAPPAS, C.; TARANTILIS, P. A.; HARIZANIS, P. C.; POLISSIOU, M. 2003. New method for pollen identification by FT-IR Spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 57, p. 23–27.
323. PARAMÁS, A. M.; BÁREZ, J. A.; MARCOS, C. C.; GARCÍA-VILLANOVA, R.; SÁNCHEZ, J. 2006. HPLC-fluorimetric method for analysis of amino acids in products of the hive (honey and bee-pollen). *Food Chemistry*, 95, p. 148–156. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2005.02.008>
324. Parliamentary Commissioner for the Environment 2022. Knowing what's out there Regulating the environmental fate of chemicals. March. ISBN 978-0-947517-30-4 (print) 978-0-947517-31-1 (electronic).
325. PASCOAL, A.; RODRIGUES, S.; TEIXEIRA, A.; FEÁS, X.; ESTEVINHO, L. 2014. Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*, 63, 1, p. 233–239. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2013.11.010>
326. PATRUICA, S.; JIVAN, A.; HARMANESCU, M. 2008. Researches regarding the mineral content of pollen and bee bread samples rise from Banats area. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca : *Animal Science and Biotechnologies*, 65, 1–2, p. 447.

327. PERCIE DU SERT, P. 2009. Les pollens apicoles. *Phytothérapie*, 7, 2, p. 75–82. <https://doi.org/10.1007/s10298-009-0375-x>
328. PEREIRA DE MELO, I. L.; DE ALMEIDA-MURADIAN, L. B. 2010. Stability of antioxidants vitamins in bee pollen samples. *Quim. Nova*, 33, 3, p. 514–518.
329. PEREIRA, C. S.; CUNHA, S. C.; FERNANDES, J. O. 2019. Prevalent mycotoxins in animal feed: Occurrence and analytical method. *Toxins*, 11, p. 290. <https://doi.org/10.3390/toxins11050290>
330. PÉREZ-PÉREZ, E. M.; VIT, P.; RIVAS, E.; SCIORTINO, R.; SOSA, A.; TEJADA, D.; RODRÍGUEZ-MALAYER, A. J. 2012. Antioxidant activity of four color fractions of bee pollen from Mérida, Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 62, 4, p. 376–380. ISSN 0004-0622.
331. PETROVIĆ, T.; NEDIĆ, N.; PAUNOVIĆ, D.; RAJIĆ, J.; MATOVIĆ, K.; RADULOVIĆ, Z.; KRNJAJA, V. 2014. Natural mycobiota and aflatoxin B1 presence in bee pollen collected in Serbia. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 30, 4, p. 731–741. <https://doi.org/10.2298/BAH1404731P>
332. PINGALI, P. L. 2012. Green revolution: impacts, limits, and the path ahead. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 109, 31, p. 12302–12308. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>
333. PITSIOS, C.; CHLIVA, C.; MIKOS, N.; KOMPOTI, E.; NOWAK-WEGRZYN, A.; KONTOU-FILI, K. 2006. Bee pollen sensitivity in airborne pollen allergic individuals. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* : official publication of the American College of Allergy, Asthma, & Immunology, 97, 5, p. 703–706. [https://doi.org/10.1016/S1081-1206\(10\)61104-0](https://doi.org/10.1016/S1081-1206(10)61104-0)
334. Prieskum sledovania prírodných zdravotných produktov – záverečná správa za rok 2010. Ottawa (ON): Pre Health Canada pripravila spoločnosť Ipsos Reid; 2010. <http://epe.lac-bac.gc.ca/100/200/301/pwgsc-tpsgc/por-ef/health/2011/135-09/report.pdf>
335. PŘIDAL, A. 2001. *Elektronické učební texty*. <http://www.mendelu.cz/user/apridal/skripta/obsah.htm>
336. PŘIDAL, A. 2005a. *Ekologie opylovatelů*. Lynx, Brno.
337. PŘIDAL, A. 2005b. *Včelí produkty*. Brno : MZLU, 2005, 61 s. ISBN 80-7157-711-1.
338. PŘIDAL, A. 2005a. *Včelí produkty*. Dotisk. Brno: MZLU. 102 s. ISBN 80-7157-717-0.
339. PUNT, W.; HOEN, P. P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; LE THOMAS, A. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 143, p. 1–81.
340. PUNT, W.; REITSMA, T.; REUVERS, A. A. M. L. 1974. The Northwest European Pollen Flora. Caprifoliaceae. *Review of Palaeobotany and Palynology*. Amsterdam (Netherlands): Elsevier Scientific Publishing Company, 17, p. 5–29.
341. QIAN, B. C.; ZANG, X. X.; LIU, X. L. 1990. Effects of bee-collected pollen on lipid peroxides and immune response in aging and malnourished mice. *Chinese Materia Medica*, 15, p. 301–303.
342. QIAN, B. C.; ZANG, X.; QI, B.; MAO, L.; XI, Y. 1987. Immunoenhancement activity of bee pollen and its acetone extract in mice. *Acta Nutrimenta Sinica*, 3, 3.
343. QIAN, W. L.; KHAN, Z.; WATSON, D. G.; FEARNLEY, J. 2008. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 2008, p. 78–83.

344. RADEV, Z. 2018. Water content of honey bee collected pollen from 50 plants from Bulgaria. *Modern Concepts & Developments in Agronomy*, 3, p. 314–316. <https://doi.org/10.31031/MCDA.2018.03.000563>
345. REDINA, N. M.; ADAMCHUK, L. O.; NIKOLAIEVA, N.; BRINDZA, J. 2016. Morphological characteristics of beepollen obtained from *Brassica napus* L. *Naukovij visnik Lvivskogo Nacional'nogo universitetu veterinarnoju medicini ta biotechnologij imeni S. Z. Gžickogo*, vol. 18, 2, p. 73–78. ISSN 2413-5550.
346. RIZVI, S.; RAZA, S. T.; AHMED, F.; AHMAD, A.; ABBAS, S.; MAHDI, F. 2014. The role of vitamin e in human health and some diseases. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, 14, 2, p. 157–165.
347. ROLINEC, M., MEDO, J., GÁBOR, M., MILUCHOVÁ, M.; BÍRO, D.; ŠIMKO, M.; JURÁČEK, M.; HANUŠOVSKÝ, O.; SCHUBERTOVIÁ, Z.; GÁLIK, B. 2020. The effect of coconut oil addition to feed of pigs on rectal microbial diversity and bacterial abundance. *Animals*, 10, 10, p. 1–17. ISSN 2076-2615.
348. ROMAN, A. 2007. Content of some trace elements in fresh honeybee pollen. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57, 4C, p. 475–478.
349. ROMAN, A. 2009. Concentration of chosen trace elements of toxic properties in bee pollen loads. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18, p. 265–272.
350. ROMAN, A.; POPIELA-PLEBAN, E.; MIGDAL, P.; KRUSZYŃSKI, W. 2016. As, Cr, Cd, and Pb in bee products from a polish industrialized region, *Open Chemistry*, 14, p. 33–36. <https://doi.org/10.1515/chem-2016-0007>
351. ROMERO, I. C.; URBAN, M. A.; PUNYASENA, S. W. 2020. Airyscan superresolution microscopy: a high-throughput alternative to electron microscopy for the visualization and analysis of fossil pollen. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 276, Article 104192. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2020.104192>
352. ROPEJKO, K.; TWARUŻEK, M. 2021. Zearalenone and its metabolites—general overview, occurrence, and toxicity. *Toxins*, 13, 1, p. 35. <https://doi.org/10.3390/toxins13010035>
353. ROULSTON, T. H.; CANE, J. H. 2000. Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant Systematics and Evolution*, 222, 1-4, p. 187–209.
354. ROULSTON, T.; GOODELL, K. 2011. The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review of Entomology*, 56, p. 293–312. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144802>
355. ROY, R.; SCHMITT, A. J.; THOMAS, J. B.; CARTER, C. J. 2017. Nectar biology: from molecules to ecosystems. *Plant Sciences*, 262, p. 148–164. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.04.012>
356. RUEDENAUER, F. A.; WÖHRLE, C.; SPAETHE, J.; LEONHARDT, S. D. 2018. Do honeybees (*Apis mellifera*) differentiate between different pollen types? *PloS One*, 13, 11, e0205821. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205821>
357. SAHA, S.; BEGUM, K. 2020. A comparative analysis on pollen morphology of the genus *Brassica* L. (Brassicaceae) in Bangladesh, 5, p. 191–194. https://www.researchgate.net/publication/344416604_A_comparative_analysis_on_pollen_morphology_of_the_genus_Brassica_L_Brassicaceae_in_Bangladesh#fullTextFileContent

358. Salazar-González, C. Y.; Rodríguez-Pulido, F. J.; Terrab, C.; Díaz-Moreno, C. A.; Fuenmayor, F.J. 2018. Analysis of multifloral bee pollen pellets by advanced digital imaging applied to functional food ingredients. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 73 (4), pp. 328-335
359. SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, A.; SAURA-CALIXTO, F. 1998. A procedure to measure the antioxidant efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 2, p. 270-276. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199802\)76:2<270::AID-JSFA945>3.0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2<270::AID-JSFA945>3.0)
360. SARIOĞLU-BOZKURT, A.; TOPAL, E.; GÜNEŞ, N.; ÜÇEŞ, E.; CORNEA-CIPCIGAN, M.; COŞKUN, İ.; CUIBUS, L.; MĂRGĂOAN, R. 2022. Changes in Vitellogenin (Vg) and Stress Protein (HSP 70) in Honey Bee (*Apis mellifera anatoliaca*) Groups under Different Diets Linked with Physico-Chemical, Antioxidant and Fatty and Amino Acid Profiles. *Insects*, 13, 985. <https://doi.org/10.3390/insects13110985>
361. SATRANSKÝ, M.; FRAŇKOVÁ, A.; KUCHTOVÁ, P.; PAZDERŮ, K.; CAPOUCHOVÁ, I. 2021. Oil content and fatty acid profile of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) landraces and modern cultivars. *Plant Soil Environment*, 67, p. 579-587.
362. SATTLER, J. A. G. 2013. Quantificatio of antioxidant vitamins E (alpha-, beta-, gama- and delta-tocopherol), C (ascorbic acid), provitamin A (alpha- and beta-carotene) and chemical composition of dehydrated bee pollen produced in georeferenced apiaries of southern Brazil [Master dissertation]. University of São Paulo. Retrieved July 7, 2014. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-18032014-151137/>
363. SATTLER, J. A. G.; DE MELO, I. L. P.; GRANATO, D.; ARAÚJO, E.; DE FREITAS, A. D. S.; BARTH, O. M.; SATTLER, A.; DE ALMEIDA-MURADIAN, L. B. 2015. Impact of origin on bioactive compounds and nutritional composition of bee pollen from southern Brazil: A screening study. *Food Research International*, 77, p. 82-91. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.013>
364. SATTLER, J. A. G.; DE-MELO, A. A. M.; NASCIMENTO, K. S. D.; MELO, I. L. P. D.; MANCINI-FILHO, J.; SATTLER, A.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. D. 2016. Essential minerals and inorganic contaminants (barium, cadmium, lithium, lead and vanadium) in dried bee pollen produced in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Food Science and Technology*, 36, p. 505-509. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0029>
365. SERRA BONVEHÍ, J.; SOLIVA TORRENTÓ, M.; CENTELLES LORENTE, E. 2001. Evaluation of polyphenolic and flavonoid compounds in honeybee-collected pollen produced in Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, p. 1848-1853.
366. SHAHALI, Y. 2015. Allergy after ingestion of bee-gathered pollen: Influence of botanical origins *Annals of Allergy, Asthma, & Immunology*, 114, p. 250-251. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2014.11.009>.
367. SHEVTSOVA, T.; BRINDZA, J.; GARKAVA, K. G.; OSTROVSKÝ, R.; MALTSOV, I. 2012. Morphological characteristics of pollen *Betula verrucosa* EHRH. (Syn. *B. pendula*) depending on habitat. Conservation of plant diversity. 1. vyd. 540 s. Conservation of plant diversity. Chisinau: Academia de stiinte a Moldovei, s. 44-54. ISBN 978-9975-62-311-7.

368. SHEVTSOVA, T.; GARKAVA, K. G.; BRINDZA, J.; OSTROVSKÝ, R. 2014. Morphological characteristics and antioxidant activity of pollen silver birch (*Betula pendula* Ehrh.). *Pharmacognosy Communications*, 4, 1, p. 28–34. ISSN 2249-0159.
369. SHEVTSOVA, T.; GARKAVA, K. G.; BRINDZA, J.; ŽIAROVSKÁ, J.; LABAJOVÁ, M. 2013a. Ekspresija alergenu Bet v 1 pilku ukrajinskoj *Betula verrucosa* ENRN. *Imunologija ta alergologija: nauka i praktikano* 1, s. 109-115. ISSN KB 15721-4193.
370. SHEVTSOVA, T.; HLEBA, L.; KAČÁNIOVÁ, M.; BRINDZA, J.; GARKAVA, K.G. 2013b. Antibiotic resistance of *Escherichia coli* isolated from Ukrainian *Betula verrucosa* Ehrh. pollen after microbiological analysis. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 3, 1, p. 94–96. ISSN 1338-5178.
371. SHEVTSOVA, T.; KAČÁNIOVÁ, M.; GARKAVA, K. G.; BRINDZA, J.; PETROVÁ, J. 2014. Contamination of *Betula verrucosa* Ehrh. pollen by microorganisms, mycotoxins and heavy metals. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 3, 6, p. 509–513. ISSN 1338-5178.
372. SCHMIDT, J. O.; BUCHMANN, S. L. 1992. *Other products of the hive, the hive and the honeybee*. J. M. Graham, ed. Dadant & Sons, Hamilton, Illinois, USA. p. 927–988.
373. SINGH, R.; LEVITT, A. L.; RAJOTTE, E. G.; HOLMES, E. C.; OSTIGUY, N.; VANENGELSDORP, D.; LIPKIN, W. I.; DEPAMPHILIS, C. W.; TOTH, A. L.; COX-FOSTER, D. L. 2010. RNA Viruses in Hymenopteran Pollinators: Evidence of Inter-Taxa Virus Transmission via Pollen and Potential Impact on Non-Apis Hymenopteran Species. *PLoS One*, 5, e14357. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014357>
374. SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, p. 152–178.
375. SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 3, p. 144–158.
376. SIVAGURU M.; URBAN M. A.; FRIED G.; WESSELN C. J.; MANDER L.; PUNYASENA SW. 2018. Comparative performance of airyscan and structured illumination superresolution microscopy in the study of the surface texture and 3D shape of pollen. *Microscopy Research and Technique*, 81, 2, p. 101-114. <https://doi.org/10.1002/jemt.22732>. Epub 2016 Aug 1. PMID: 27476493.
377. SOKMEN, O.; OZDEMIR, S.; DUNDAR, A. N.; CINAR, A. 2022. Quality properties and bioactive compounds of reduced-fat cookies with bee pollen. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 29, Article 100557. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100557>
378. SOLIMAN, F. A.; SOLIMAN, A. 1957. The Gonad Stimulating Potency of Date Palm Pollen Grains. *Experientia*, 13, 10, p. 411–412.
379. SOMERVILLE, C. D. 2001. *Nutritional value of bee collected pollens*. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Gouldburn: RIRDC Publication, 1, 47, 166 p. ISBN 0-642-58269-6. ISSN 1440-6845.
380. SOMERVILLE, C. D.; NICOL, I. H. 2006. Crude protein and amino acid composition of honey bee-collected pollen pellets from south-east Australia and a note on

- laboratory disparity. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46, 1, p. 141–149. <https://doi.org/10.1071/EA03188>
381. SONG, M. J.; WANG, K.; LU, H. H.; YAN, S.; WU, L. M.; XUE, X. F. 2021. Composition and distribution of α -dicarbonyl compounds in propolis from different plant origins and extraction processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 104, 104141. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104141>
382. SONG, X. D.; MUJUMDAR, A. S.; LAW, C. L.; FANG, X. M.; PENG, W. J.; DENG, L. Z.; WANG, J.; XIAO, H. W. 2020. Effect of drying air temperature on drying kinetics, color, carotenoid content, antioxidant capacity and oxidation of fat for lotus pollen. *Drying Technology*, 38, 9, p. 1151–1164. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1616752>
383. SÖRÖS, C. 2019. *Növényvédelmi kémia és toxikológia*. Typotex Kiadó: Budapest. ISBN 978-963-493057-0.
384. SOUZA, E. H.; SOUZA, F. V. D.; ROSSI, M. L.; PACKER, R.M.; CRUZ-BARROS, M. A. V.; MARTINELLI, A. P. 2018. Pollen morphology and viability in Bromeliaceae. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 89, 4, p. 3067–3082. <https://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720170450>.
385. STAHL, T.; MATTERN, D.; BRUNN, H. 2011. Toxicology of perfluorinated compounds. *Environmental Sciences Europe*, 23, 1, 38. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-23-38>
386. STAHL, W.; VAN DEN BERG, H.; ARTHUR, J.; BAST, A.; DAINTY, J.; FAULKS, R. M. GÄRTNER, C.; HAENEN, G.; HOLLMAN, P.; HOLST, B.; KELLY, F. J.; POLIDORI, M. C.; RICE-EVANS, C.; SOUTHON, S.; VAN VLIET, T.; VIÑA-RIBES, J.; WILLIAMSON, G.; ASTLEY, S. B. 2002. Bioavailability and metabolism. *Molecular Aspects of Medicine*, 23, 1–3, p. 39–100. [https://doi.org/10.1016/s0098-2997\(02\)00016-x](https://doi.org/10.1016/s0098-2997(02)00016-x)
387. STAROWICZ, M.; HANUS, P.; LAMPARSKI, G.; SAWICKI, T. 2021. Characterizing the Volatile and Sensory Profiles, and Sugar Content of Beeswax, Beebread, Bee Pollen, and Honey. *Molecules*, 26, 3410. <https://doi.org/10.3390/molecules26113410>
388. STEINHOFF, B. 2019. Pyrrolizidine alkaloid contamination in herbal medicinal products: Limits and occurrence. *Food and Chemical Toxicology*, 130, p. 262–266. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2019.05.026>
389. STEPHEN, A. 2014. Pollen – A microscopic wonder of plant kingdom. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 1, 9, p. 45–62.
390. SURMA, M.; ZIELIŃSKI, H. 2015. What do we know about the risk arising from perfluorinated compounds. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24, p. 11–19. <https://doi.org/10.15244/pjoes/30929>
391. SURMA, M.; ZIELIŃSKI, H.; PISKUŁA, M. 2016. Levels of contamination by perfluoroalkyl substances in honey from selected European countries. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Jul 2006, 97, 1, p. 112–8. <https://doi.org/10.1007/s00128-016-1840-5>
392. SYNYTSYA, A.; SYNYTSYA, A.; BLEHA, R.; BRINDZA, J.; OSTROVSKÝ, R.; ČOPÍKOVÁ, J.; NÔŽKOVÁ, J. 2011. Morphologic and spectroscopic analysis of sunflower (*Helianthus annuus* L.) beepollen. *Potravinárstvo*, 5, p. 308–313. p-ISSN 1338-0230, e-ISSN 1337-0960.

393. SZCZÊSNA, T. 2006a. Long chain fatty acids composition of honeybee collected pollen. *Journal of Apicultural Science*, 50, 2, p. 65–79.
394. SZCZÊSNA, T. 2006b. Protein content and amino acids composition of bee-collected pollen from selected botanical origins. *Journal of Apicultural Science*, 50, 2, p. 81–90.
395. SZCZÊSNA, T. 2006c. Protein content and amino acids composition of bee-collected pollen originating from Poland, South Korea and China. *Journal of Apicultural Science*, 50, 2, p. 91–99.
396. SZCZÊSNA, T.; RYBAK-CHMIELEWSKA, H.; WAŚ, E.; POHORECKA, K. 2009. Study on sulphonamide residues in honey. *Journal of Apicultural Science*, 53, 2, p. 39–47.
397. ŠRAMKOVÁ, K.; NÔŽKOVÁ, J.; MIKLOŠÍKOVÁ, Z.; CHLEBO, R. 2007. Comparison of vitamins content in *Papaver somniferum* L. flower and bee pollen. In: *Vitamins 2007 – Nutrition and Diagnostics : The abstract book*, Prague, Czech Republic, September 19-21, 2007. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2007. p. 205–206. ISBN 978-80-7194-937-4
398. T'AI, H. R.; CANE, J. H. 2000. Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Pollen and pollination*, p. 187–209. Springer.
399. TAHA, E. A. 2015. Chemical composition and amounts of mineral elements in honey bee-collected pollen in relation to botanical origin. *Journal of Apicultural Science*, 59, 1, p. 75–81. <https://doi.org/10.1515/JAS-2015-0008>
400. THAKUR, M.; NANDA, V. 2018a. Assessment of physico-chemical properties, fatty acid, amino acid and mineral profile of bee pollen from India with a multivariate perspective. *Journal of Food and Nutrition Research*, 57, 4, p. 328–340.
401. THAKUR, M.; NANDA, V. 2018b. Exploring the physical, functional, thermal, and textural properties of bee pollen from different botanical origins of India. *Journal of Food Process Engineering*, e12935. <https://doi.org/10.1111/JFPE.12935>
402. THAKUR, M.; NANDA, V. 2020. Composition and functionality of bee pollen: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 98, p. 82–106. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.001>.
403. THORP, R. W. 2000. The collection of pollen by bees. In: DAFNI, A.; HESSE, M.; PACINI, E. (eds) *Pollen and Pollination*. Springer, Vienna. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6306-1_11
404. TIKHONOV, A. I.; SODSAVICHNIY, K.; TICHONOV, C. A.; YARNICH, T. G.; BODNARCHUK, L. I.; KOTENKO, A. M. 2006. *Bee Pollen in Pharmacy and Medicine*. NFU Original Harkov.
405. TOMÁS, A.; FALCÃO, S.I.; RUSSO-ALMEIDA, P.; VILAS-BOAS, M. 2017. Potentialities of beebread as a food supplement and source of nutraceuticals: Botanical origin, nutritional composition and antioxidant activity. *Journal of Apicultural Research*, 56, p. 219–230. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1294526>
406. TOMÁS-LORENTE, F.; GARCIA-GRAU, M. M.; NIETO, J. L.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. 1992. Flavonoids from *Cistus ladanifer* bee pollen. *Phytochemistry*, 31, p. 2027–2029. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(92\)80355-I](https://doi.org/10.1016/0031-9422(92)80355-I)
407. TONG, Z.; DUAN, J.; WU, Y.; LIU, Q.; HE, Q.; SHI, Y.; YU, L.; CAO, H. 2018. A survey of multiple pesticide residues in pollen and beebread collected in China. *The Science*

- of the *Total Environment*, 640–641, p. 1578–1586. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.424>
408. TOPAL, E.; MĀRGĀOAN, R.; BAY, V.; TAKMA, Ç.; YÜCEL, B.; OSKAY, D.; DÜZ, G.; ACAR, S.; KÖSOĞLU, M. 2022. The Effect of Supplementary Feeding with Different Pollens in Autumn on Colony Development under Natural Environment and In Vitro Lifespan of Honey Bees. *Insects*, 13, 7, 588. <https://doi.org/10.3390/insects13070588>
409. TÓTH, D.; BRINDZA, J.; GRYGORIEVA, O. V.; KLYMENKO, S. V. 2007. Biochemical characteristic of lipids in the pollen of cornelian cherry (*Cornus mas* L.). *40th apimondia international apicultural congress: apimondia final program & abstract*, Melbourne Australia, September 9th to 14th 2007. Melbourne, Australia: Apimondia, s. 196.
410. TÓTH, Š.; STRIČÍK, M.; ŠOLTYSOVÁ, B.; DANILOVIČ, M. 2020. Ekonomická lukrativita pestovania maku siateho po inovačnom zvládnutí kľúčových prvkov fytotechniky. <https://www.mpsr.sk>
411. TSAO, R. 2010. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2, 12, p. 1231–1246. <https://doi.org/10.3390/nu2121231>
412. TSATSAKIS, A. M.; NAWAZ, M. A.; TUTELYAN, V. A.; GOLOKHAVAST, K. S.; KALANTZI, O.-I.; CHUNG, D. H.; KANG, S. J.; COLEMAN, M. D.; TYSHKO, N.; YANG, S. H.; CHUNG, G. 2017a. Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food. *Food and Chemical Toxicology*, 107, p. 108–121. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.033>
413. TSATSAKIS, A.; NAWAZ, M.A.; KOURETAS, D.; BALIAS, G.; SAVOLAINEN, K.; TUTEL YA N., V. A.; GOLOKHAVAST, K. S.; LEE, J. D.; YANG, S. H.; CHUNG, G. 2017b. Environmental impacts of genetically modified plants: A review. *Environmental Research*, 156, p. 818–833. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.011>
414. TYLER, V. E. 1993. *The honest herbal – a sensible guide to the use of herbs and related remedies*. 3rd ed. Pharmaceutical Products Press, New York, 252 p.
415. UÇAR, M.; DEĞER, O.; GERIGELMEZ, A. Y.; CENGİZ, S.; BARLAK, Y.; OVALI, E. 2016. Effect of Turkish pollen and propolis extracts on caspase-3 activity in myeloid cancer cell lines. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 15, 11, p. 2445–2449
416. URL 1. www.biomin.net/science-hub/world-mycotoxin-survey-impact-2021/
417. URL 2. <http://www.biorezonancia-centrum.sk/diacom>
418. URL 3. <http://www.biorezonancia-centrum.sk/potravinova-intolerancia>
419. VANDERPLANCK, M.; LEROY, B.; WATHELET, B.; WATTIEZ, R.; MICHEZ, D. 2014. Standardized Protocol to Evaluate Pollen Polypeptides as Bee Food Source. *Apidologie*, 45, p. 192–204. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0239-0>
420. VAUDO, A. D.; TOOKER, J. F.; GROZINGER, C. M.; PATCH, H. M. 2015. Bee nutrition and floral resource restoration. *Current Opinion in Insect Science*, 10, p. 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.008>
421. VÉGH, R.; CSÓKA, M.; SÖRÖS, C.; SIPOS, L. 2021. Food safety hazards of bee pollen – A review. *Trends in Food Science and Technology*, 114, p. 490–509.
422. VERGUN, O. M.; GRYGORIEVA, O. V.; LIDIKOVÁ, J.; HAUPTVOGEL, P.; BRINDZA, J. 2023. Nutritional composition of *Phacelia tanacetifolia* Benth. bee pollen and

- inflorescences. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*, 7, 1, p. 95–104. ISSN 2585-8246. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2023.0011>
423. VERGUN, O. M.; HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; SCHUBERTOVÁ, Z.; ŠIMKOVÁ, J.; BRINDZA, J. 2019. Biochemical composition of bee pollen and inflorescence of *Brassica napus* L. var. *napus*. In: *Agrobiodiversity for improve the nutrition, health and quality of human and bees life*. 189 s. ISBN 978-80-552-2037-6 (brož.) Agrobiodiversity for improve the nutrition, health and quality of human and bees life. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, s. 64.
424. VESELÝ, V. et al. 2003. *Včelařství*. 2. vyd. Praha : Brázda, 196 s. ISBN 80-209-0320-8.
425. VON GADOW, A.; JOUBERT, E.; HANSMANN, C. F. 1997. Comparison of the antioxidant activity of rooibos tea (*Aspalathus linearis*) with green, oolong and black tea. *Food Chemistry*, 60, 1, p. 73–77. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00312-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00312-3)
426. WALL-BROKEN, Y. 2020. Bee pollen honey wine and preparation method thereof. CN 111454811A.
427. WANG, C.; TEE, M.; ROY, A. E.; FARDIN, M. A.; SRICHOKCHATCHAWAN, W.; HABIB, H. A.; TRAN, B. X.; HUSSAIN, S.; HOANG, M. T.; LE, X. T.; MA, W.; PHAM, H. Q.; SHIRAZI, M.; TANEEPANICHSKUL, N.; TAN, Y.; TEE, C.; XU, L.; XU, Z.; VU, G. T.; KURUCHITTHAM, V. 2021a. The impact of COVID-19 pandemic on physical and mental health of Asians: A study of seven middle-income countries in Asia. *PLoS One*, 16, 2, Article e0246824. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246824>
428. WANG, B.; WU, Z.; LI, Z.; ZHANG, Q.; HU, J.; XIAO, Y. et al. 2018. Dissection of the genetic architecture of three seed-quality traits and consequences for breeding in *Brassica napus*. *Plant Biotechnology Journal*, 16, 7, p. 1336–1348.
429. WANG, R. Y.; ZHONG, M. C.; HAO, N.; WANG, T.; WANG, H. T. 2022. Botanical origin authenticity control of pine pollen food products using multiplex species-specific PCR method. *Food Analytical Methods*, 15, 2022, p. 421–427.
430. WANG, Z.; REN, P.; WU, Y., HE, Q. 2021b. Recent advances in analytical techniques for the detection of adulteration and authenticity of bee products – a review. *Food Additives & Contaminants, Part A*, 38, p. 533–549.
431. WEBER, R. W. 2001. Cross-reactivity of plant and animal allergens. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 21, 2-3, p. 153–202. <https://doi.org/10.1385/CRIAI:21:2-3:153>
432. WEINER, C. N.; HILPERT, A.; WERNER, M.; LINSENMAIR, K.; BLÜTHGEN, N. 2010. Pollen amino acids and flower specialisation in solitary bees. *Apidologie*, 41, p. 476–487. <https://doi.org/10.1051/apido/2009083>
433. WHO, 2007. *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. Report of a joint (FAO/WHO/UNU) expert consultation (WHO Technical Report Series 935). Geneva : World Health Organization, 2007. ISBN 92 4 120935 6.
434. WU, Y. D.; LOU, Y. J. 2007. A steroid fraction of chloroform extract from bee pollen of *Brassica campestris* induces apoptosis in human prostate cancer PC-3 cells. *Phytotherapy Research*, PTR, 21, 11, p. 1087–1091. <https://doi.org/10.1002/ptr.2235>

435. XI, X.; LI, J.; GUO, S.; LI, Y.; XU, F.; ZHENG, M.; CAO, H.; CUI, X.; GUO, H.; HAN, C. 2018. The Potential of Using Bee Pollen in Cosmetics: a Review. *Journal of Oleo Science*, 67, 9, p. 1071–1082. <https://doi.org/10.5650/jos.ess18048>
436. XU, X.; GAO, Y.; SUN, L. 2012. Free and esterified triterpene alcohol composition of bee pollen from different botanical origins. *Food Research International*, 48, 2, p. 650–656. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.007>
437. YAN, S.; LI, Q.; XUE, X.; WANG, K.; ZHAO, L.; WU, L. 2019. Analysis of improved nutritional composition of bee pollen (*Brassica campestris* L.) after different fermentation treatments. *Food Science and Technology*, 54, p. 2169–2181. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14124>
438. YANG, K.; WU, D.; YE, X.; LIU, D.; CHEN, J.; SUN, P. 2013. Characterization of chemical composition of bee pollen in China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 3, p. 708–718. <https://doi.org/10.1021/jf304056b>.
439. YANG, Y.; WANG, H.; LIU, M.; HUANG, W.; WANG, Y.; WU, Y. 2019. A multiplex real-time PCR method applied to detect eight pollen species in food for the prevention of allergies. *European Food Research and Technology*, 245, p. 2195–2207. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03327-8>
440. YI, L.; LI, Z.; YUAN, K.; QU, X.; CHEN, J.; WANG, G.; ZHANG, H.; LUO, H.; ZHU, L.; JIANG, P.; CHEN, L.; SHEN, Y.; LUO, M.; ZUO, G.; HU, J.; DUAN, D.; NIE, Y.; SHI, X.; WANG, W.; HAN, Y.; LI, T.; LIU, Y.; DING, M.; DENG, H.; XU, X. Small Molecules Blocking the Entry of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus into Host Cells. *Journal of Virology*, 78, p. 11334–11339. <https://doi.org/10.1128/jvi.78.20.11334-11339.2004>
441. YU, L.; HALEY, S.; PERRET, J.; HARRIS, M.; WILSON, J.; QIAN, M. 2002. Free radical scavenging properties of wheat extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, p. 1619–1624. <https://doi.org/10.1021/jf010964p>
442. ZAREI, A.; RAMAZANI, A.; REZAEI, A.; MORADI, S. 2022. Screening of honey bee pollen constituents against COVID-19: An emerging hot spot in targeting SARS-CoV-2-ACE-2 interaction. *Natural Product Research*, 37, p. 974–980.
443. ZAVIALOVA, N.; TEKLEVA, M.; POLEVOVA, S.; BOGDANOV, A. 2018. Electron microscopy for morphology of pollen and spores. Reserach Gate Database.
444. ZHANG, Z.; CAO, H.; CHEN, C.; CHEN, X.; WEI, Q.; ZHAO, F. 2017. Effects of fermentation by *Ganoderma lucidum* and *Saccharomyces cerevisiae* on rape pollen morphology and its wall. *Journal of Food Science and Technology*, 54, p. 4026–4034. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2868-1>
445. ZUBKOVA, T.; MOTYLEVA, S.; VINOGRADOV, D.; GULIDOVA, V.; DUBROVINA, O. 2022. Organic fertilizer and natural zeolite effects on morphometric traits of *Brassica napus* L. pollen grains. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 54, 2, p. 397–406. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.2.15>
446. ZULUAGA, C. M.; SERRATO, J. C.; QUICAZAN, M. C. 2015b. Bee-pollen structure modification by physical and biotechnological processing: Influence on the availability of nutrients and bioactive compounds. *Chemical Engineering Transactions*, 43, p. 79–84. <https://doi.org/10.3303/CET1543014>

447. ZULUAGA, C. M.; SERRATO, J. C.; QUICAZANA, M. C. 2015a. Chemical, nutritional and bioactive characterization of Colombian bee-bread. *Chemical Engineering*, 43, p. 175–180. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55215435>
448. ZULUAGA-DOMÍNGUEZ, C.; SERRATO-BERMUDEZ, J.; QUICAZÁN, M. 2018. Influence of drying-related operations on microbiological, structural and physicochemical aspects for processing of bee-pollen. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 11, 2, p. 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2018.01.003>

Názov monografie:

Biochemický profil včelích peľových obnôžok kapusty repkovej pravej a maku siateho

Autori: Ján Brindza, Vladimíra Horčinová Sedláčková, Katarína Fatrcová Šramková

Recenzenti: Janette Musilová, Jarmila Eftimová

Autori fotografií: Radovan Ostrovský, Alexej Oravec, Zuzana Miklošíková

Odborná spolupráca: Ľuba Ďurišová, Radovan Ostrovský

Grafická úprava: Radovan Ostrovský

Návrh obálky: Apel s.r.o., Nitra

Vydanie: prvé

Rok vydania: 2023

Forma vydania: online

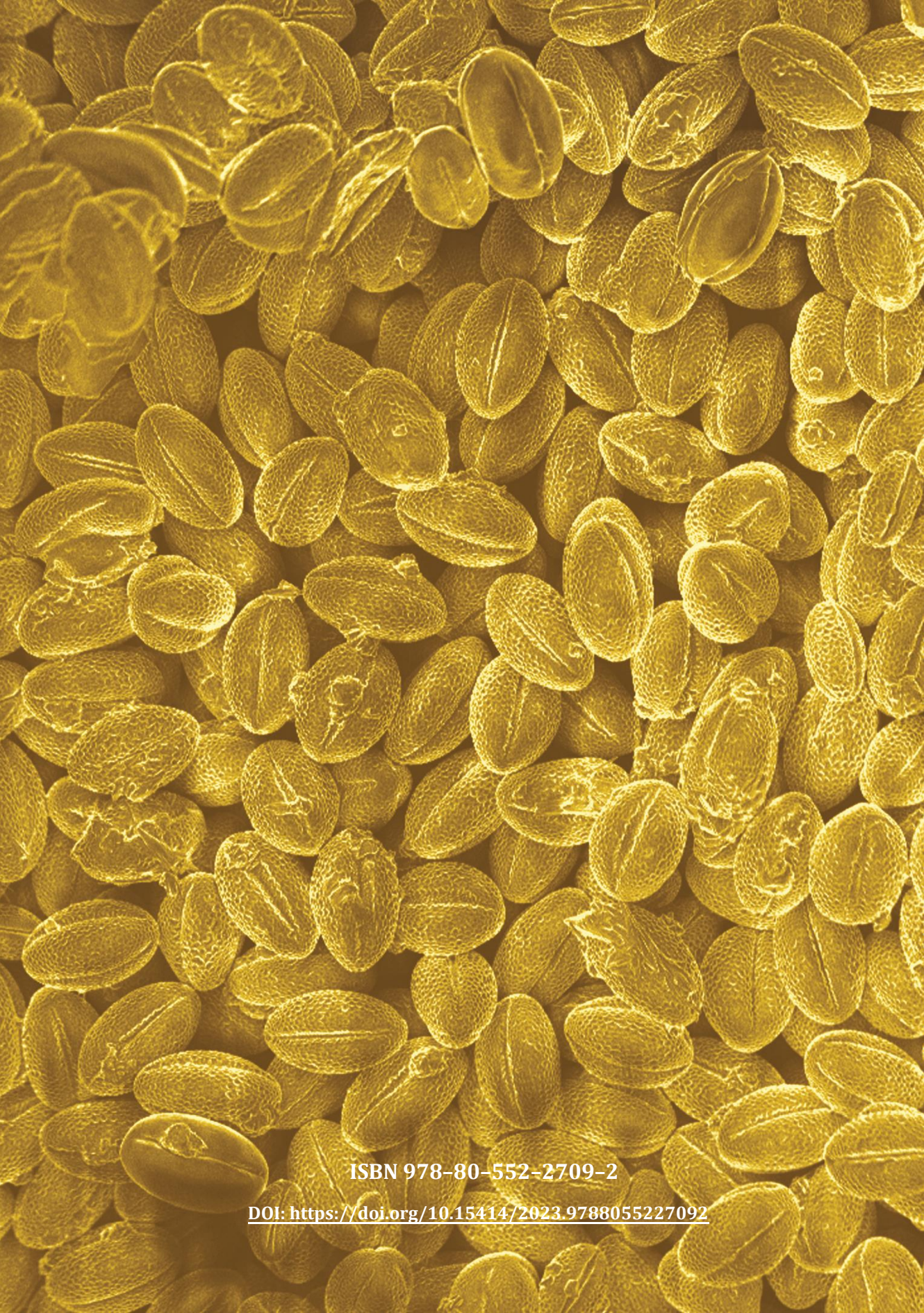
AH - VH: 11,01 - 11,21

Edícia: AgroBioNet

Vydavateľ: Vydavateľstvo Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre

ISBN 978-80-552-2709-2

[DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055227092](https://doi.org/10.15414/2023.9788055227092)



ISBN 978-80-552-2709-2

DOI: <https://doi.org/10.15414/2023.9788055227092>