



A kép illusztráció / Picture is for illustration only

Végh Rita¹, Mednyánszky Zsuzsanna¹, Amtmann Mária¹

Érkezett: 2019. május – Elfogadva: 2019. augusztus

Virágporok és mézek aminosav-összetételének vizsgálata

KULCSSZAVAK: Virágpor, méz, virágpor-pellet, pollenanalízis, aminosav-összetétel, aminosav-analízis, műszeres analitika

ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban az élelmiszervizsgáló kutatások fontos iránya a mézhamisítás felismerésére szolgáló módszerek kidolgozása. A mézben levő aminosavak főként a virágporból származnak, így felvetődik az aminosav-összetétel vizsgálatán alapuló eredetmeghatározás lehetősége [1]. Kutatómunkánk során fajtamézek és azok forrásnövényeiről származó virágporok szabad aminosav-összetételét hasonlítottuk össze. Eredményeink alapján nincs összefüggés a pollenek és a mézek aminosav-profilja között, ami elsősorban abból fakad, hogy a fajtamézek pollen-összetétele ritkán tükrözi erősen a fajtajelleget. Eredményeink megerősítik azt a feltételezést, miszerint a prolin a méhektől származik, a virágporok prolin-tartalma ezért csak kis mértékben járul hozzá a mézek magas prolin-koncentrációjához. A virágpor-pellet minták nagy mennyiségű nektárt és mirigyváladékot is tartalmaznak a virágpor mellett, így jelentősen kisebb szabad aminosav-tartalommal bírnak, mint a közvetlenül a virágról gyűjtött pollenminták. A kutatások során a virágpor-pelletek összes aminosav-koncentrációja 6-16% között változott. A többi aminosavhoz képest a prolin szignifikánsan nagyobb arányban volt jelen szabad formában, mint fehérjében kötött formában. A szakirodalom ellentmondó adatokat közöl arra vonatkozóan, hogy a méhek képesek-e szükségletüknek megfelelően szelektálni a különböző pollenek között [2, 3]. Eredményeink alapján a méhek által szelektált pellet aminosav-összetétele jobban tükrözi azok aminosav igényét, mint az uniflorális minták. A méhek által különösen preferált repce-pellet aminosav-összetétele eltér az optimálistól, viszont kimagasló esszenciális aminosav-tartalommal rendelkezik, így valószínűsíthető, hogy a méhek nem minőségi, hanem mennyiségi szabályozást végeznek a fehérjebevitelükre vonatkozóan.

BEVEZETÉS ÉS SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A virágpor vagy pollen mikroszkopikus méretű, szemcsés anyag, amely a virágos növények hím genetikai állományát szolgáltatja. A nektár gyűjtése során könnyen rátapad a méhek testére, így végső soron a mézben is megjelenik [4]. A pollenanalízis tehát felhasználható a mézek botanikai eredetének meghatározására, ennek azonban számos korlátja van. A pollenszemek egyenkénti azonosítása hosszú időt és speciális szakértelmet igényel, így viszonylag magas költséggel jár. Az analízis megbízhatóságát befolyásolja a vizsgálatot végző szakember jártassága és pillanatnyi ítélőképessége. Ezek kiküszöbölése érdekében előtérbe került a mézek

kémiai paraméterek alapján történő karakterizálása [5]. Ismereteink szerint a mézekben fellelhető aminosavak a prolin kivételével a virágporból származnak, így az aminosav-profil vizsgálata más paraméterekkel együtt potenciálisan alkalmas lehet a mézek botanikai eredetének meghatározására [1].

A méhészeti ágazat azon túl, hogy széles körben keresett exporttermékeket állít elő, nélkülözhetetlen ökológiai és gazdasági jelentőséggel bír: a méhek a virágok beporzásával biztosítják a vadon élő-, valamint a kultúrnövények szaporodását, hozzájárulva ezáltal a biodiverzitás fenntartásához és a mezőgazdasági termelékenység növekedéséhez [6]. A virágportertermelésnek csak néhány országban

¹ Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

van hagyománya, de nemzetközi szinten az utóbbi évtizedben jelentős keresletnövekedés figyelhető meg e téren. A világon évente már több mint 10 000 tonna virágpórt fogyasztanak. Természeti adottságainál fogva Brazília, Argentína, Spanyolország és Kína mellett Magyarország is kimagasló mennyiségű virágpórt termel [7]. A természeti, táji adottságoknak, valamint a több évszázados kulturális hagyományoknak köszönhetően hazánkban a méhészeti termékek termeléséhez szükséges kedvező feltételek alakultak ki. A virágpórpelletek – táplálkozásélettani előnyök mellett – számos élelmiszer-biztonsági kockázatot hordozhatnak magukban, amelyek közül a legfontosabbak a peszticidok, a toxikus fémek, a pirrolizidin-alkaloidok és a mikotoxinok [8, 9, 10, 11]. A virágpórt és a belőle készült pellet tápanyagtartalom szempontjából rendkívül értékes: szénhidrátok (13-55%), fehérjék (10-40%), zsírok (1-13%), diétás rost (0,3-20%) és ásványi anyagok (2-6%) [12] találhatóak bennük. Egyes tanulmányok a fentiekén kívül antioxidáns, antibakteriális, gyulladáscsökkentő, antikarcinogén és allergiaellenes hatásukat is hangsúlyozzák [13]. A témajelentőségét mutatja, hogy az utóbbi 10-15 évben jelentősen megnőtt a pollen tápanyagtartalmával, valamint vitamin-, ásványi anyag-, és polifenol-összetételével kapcsolatos kutatások száma. Ezek alapján a virágpórt a humán táplálkozás igen értékes tápanyagforrásának tartják: a virágpórpelletek antioxidáns-hatásuk, ásványianyag-tartalmuk, zsírsav-összetételük és bizonyos betegségek megelőzésére való alkalmazhatóságuk miatt funkcionális étrend-kiegészítőként használhatók [7, 14].

Tapasztalataink szerint a beltartalmi összetevők és élelmiszer-biztonsági kockázatok kutatását általában nem kíséri az érzékszervi jellemzők teljeskörű vizsgálata. A virágpórok érzékszervi tulajdonságaival kapcsolatban csak egy-egy publikált kutatási eredményt találtunk. Az érzékszervi adatok minőségét az érzékszervi bírálók határozzák meg, ezért szükséges a képzett és hozzáértő szakember gárda teljesítményének folyamatos monitorozása, amelyre számos módszert dolgoztak ki [15, 16, 17, 18]. Az érzékszervi fogyasztók kedveltségi értékeinek és a képzett bírálók intenzitás értékeinek összekapcsolása mind módszer, mind statisztikai, mind szoftveres oldalról megoldott [19, 20, 21]. Az egyik legtöbb információt hordozó megoldás az illat-íz-állomány érzékszervi és műszeres eredményeinek integrálása [22, 23, 24, 25, 26].

A világszinten megfigyelhető tömeges méhpusztulás következtében előtérbe kerültek a méhek egészségének védelmére irányuló kutatások, amelyek alapján a méhek tápláltsági állapota nagymértékben befolyásolja azok élősködőkkel, fertőzésekkel és különböző stresszfaktorokkal szembeni ellenálló képességét, ezáltal pedig a mortalitásuk mértékét is [27, 28]. Általánosságban elmondható, hogy a pollenek változatos tápanyag-összetétellel rendelkeznek, és hogy fellelhető

bennük a bioaktív komponensek széles skálája. Nagy mennyiségben tartalmaznak fehérjéket, aminosavakat, hasznosítható szénhidrátokat és lipideket, továbbá fenolos vegyületeket, enzimeket, koenzimeket, vitaminokat és ásványi anyagokat is [29]. Ezek a vegyületek elengedhetetlenek a méhek megfelelő fiziológiai fejlődéséhez, így a család egy kisebb része virágporgyűjtésre specializálódik. A pollengyűjtő méhek a testükre tapadt virágpórt a hátsó lábukon lévő kosárákba halmozzák, mirigyváladékaikkal és nektárral keverve formálják-tömörítik, így könnyen el tudják szállítani a kaptárba. Az erős családok optimális körülmények között a szükségesnél jóval több virágpórt hordanak össze, ezért a méhészek egy speciális eszköz segítségével begyűjthetik tőlük a pelletet, amelyet étrend-kiegészítőként és apiterápiás célokra alkalmaznak [30, 31]. Ismert tény, hogy a méhek eltérő preferenciát mutatnak a különböző virágpórok iránt. A repce virágpórt például előnyben részesítik az azzal egy időben rendelkezésre álló pollenekkel szemben, míg más növények virágpórt csak időszakosan vagy szélsőséges időjárási körülmények között gyűjtik [30, 32, 33]. Számos kutató arra a megállapításra jutott, hogy a méhek képesek az aminosav-szükségletüknek megfelelően szelektálni a különböző virágpórfajták között, vannak tanulmányok azonban, amelyek cáfolják ezt a feltételezést [2, 3].

Napjainkban az élelmiszervizsgálati kutatások fontos iránya a mézhamisítás felismerésére szolgáló módszerek kidolgozása. A mézben lévő aminosavak főként a virágpórból származnak, így felvetődik az aminosav-összetétel vizsgálatán alapuló eredetmeghatározás lehetősége [1]. Jelenleg kevés információval rendelkezünk arról, hogy milyen összefüggés van a pollenek és a fajtamézek aminosav-összetétele között.

Munkánk célja, hogy párhuzamot vonjunk néhány fajtaméz és azok fő forrásnövényeiről származó, méhek által gyűjtött virágpórpelletek, valamint a növényekről közvetlenül gyűjtött virágpórok szabad aminosav-profilja között, különös tekintettel a prolintartalomra. Célu tűztük ki annak a hipotézisnek a tisztázását, miszerint a méhek képesek szükségletüknek megfelelően szelektálni a különböző pollenek között. Ennek érdekében célunk megvizsgálni, hogy van-e összefüggés a méhek által különösen preferált repce virágpórt aminosav-összetétele és a méhek aminosav-szükséglete között.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati mintáink között repce-, hárs-, japánakác-, aranyvessző- és napraforgómézek, valamint ezek forrásnövényeiről közvetlenül gyűjtött virágpórok szerepeltek. A pollenek kiválasztásánál célunk az volt, hogy olyan növények virágpórt aminosav-összetételét, vizsgáljuk meg, amelyekről a méhek fajtamézet adó nektárt is gyűjtenek; olyan virágokét,

amelyek nem nektáradók, ám pollenforrásként felhasználják őket a méhek, továbbá olyanokét is, amelyekről csak kivételes körülmények között gyűjtenek virágpórt. A felhasznált mintákra vonatkozó adatokat az **1. táblázat**ban foglaltuk össze.

A méhek számára tápanyagforrásként szolgáló mályvacserje és őszirózsa pollenjének, illetve a méhek által ritkán látogatott parlagfű és muskátli virágpórának [31, 32] szabad aminosav-összetételét

is meghatároztuk. Vizsgáltuk továbbá a repcéről és napraforgóról származó, valamint a méhek által szelektált nyári gyűjtésű virágpórt-pelletek szabad és fehérjében kötött aminosav-összetételét is.

A mézek pollen-összetételének meghatározását a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Takarmányvizsgáló Nemzeti Referencia Laboratóriumának szakértője végezte a szabványos előírásoknak megfelelően hagyományos,

1. táblázat. A vizsgálatban szereplő mézek, virágpórok és virágpórt-pelletek jellemzői
Table 1. Characteristics of the honeys, pollens and pollen pellets included in the study

Mézek / Honeys			
Vizsgált méz Honey tested	Származási hely Place of origin	Évjárat Year	Feltüntetett növény pollenaránya (%) Pollen ratio of the plant indicated (%)
Repce <i>Rapeseed</i>	Hajdú-Bihar	2017	91
Hárs <i>Linden</i>	Tolna	2017	14
Japánakác <i>Japanese pagoda tree</i>	Fejér	2017	60
Napraforgó <i>Sunflower</i>	Hajdú-Bihar	2017	66
Aranyvessző <i>Goldenrod</i>	Somogy	2017	11
Virágpórok			
Vizsgált pollen Pollen tested	Származási hely Place of origin	Virágzási idő Flowering period	Pollen színe Pollen color
Repce <i>Rapeseed</i>	Hajdú-Bihar	április - május <i>April - May</i>	élénk citromsárga <i>bright lemon yellow</i>
Hárs <i>Linden</i>	Pest	június - július <i>June - July</i>	sötét citromsárga <i>dark lemon yellow</i>
Japánakác <i>Japanese pagoda tree</i>	Pest	július - augusztus <i>July - August</i>	okkersárga <i>ocher</i>
Napraforgó <i>Sunflower</i>	Hajdú-Bihar	július - augusztus <i>July - August</i>	élénk narancssárga <i>bright orange</i>
Aranyvessző <i>Goldenrod</i>	Hajdú-Bihar	július - szeptember <i>July - September</i>	élénk citromsárga <i>bright lemon yellow</i>
Kerti mályvacserje <i>Common hibiscus</i>	Hajdú-Bihar	július - szeptember <i>July - September</i>	fehér <i>white</i>
Parlagfű <i>Ragweed</i>	Hajdú-Bihar	augusztus - október <i>August - October</i>	kénsárga <i>sulfur yellow</i>
Őszirózsa <i>Aster</i>	Hajdú-Bihar	augusztus - október <i>August - October</i>	halvány citromsárga <i>pale lemon yellow</i>
Muskátli <i>Pelargonium</i>	Hajdú-Bihar	május - október <i>May - October</i>	sötét narancssárga <i>dark orange</i>
Virágpórt-pelletek			
Vizsgált termék Product tested	Származási hely Place of origin	Évjárat Year	Szín Color
Repce <i>Rapeseed</i>	Magyarország <i>Hungary</i>	2017	citromsárga <i>lemon yellow</i>
Napraforgó <i>Sunflower</i>	Magyarország <i>Hungary</i>	2017	narancssárga <i>orange</i>
Nyári vegyes (hárs, fehér here, mézontófű, pipacs és egyéb) <i>Summer mix (linden, white clover, California bluebell, poppy and more)</i>	Magyarország <i>Hungary</i>	2017	vegyes (sárga, barna, liláskék, szürkészöld) <i>mixed (yellow, brown, purple, grayish green)</i>

mikroszkópos módszerrel [34]. A virágporszemek mikroszkopikus tulajdonságai alapján azonosítható a forrásnövény.

A szabad aminosav-összetétel meghatározásához a mintaelőkészítést az alábbiak alapján végeztük:

50 mL-es Erlenmeyer lombikba analitikai pontossággal bemértük a virágról gyűjtött pollenek esetén 0,2 g, mézek esetén 3,0 g, virágpór-pelletek esetén pedig 1,0 g homogenizált mintát. A pelletmintákat bemérés előtt dörzsmozsárban aprítottuk annak érdekében, hogy a lehető legtöbb aminosav kioldódjon belőlük. A bemért mintákhoz 5 mL triklórecetsavat adtunk, majd 100 rpm-en rázógéppel

segítségével 1 órán át extraháltuk. Az extraktumot ezt követően először szűrőpapíron át kémcsőbe, majd 0,22 µm-es pórusátmérőjű fecskendőszűrőt felhasználva Eppendorf-csővekbe szűrtük. Az így előkészített mintákat a vizsgálatig fagyasztván tároltuk.

Az összes aminosav-összetétel meghatározásához a mintaelőkészítést az alábbiak alapján végeztük:

A virágpór-pelleteket dörzsmozsárban aprítottuk, majd 0,15 g mennyiséget analitikai pontossággal hidrolizáló csövekbe mértünk. A mintákhoz hozzáadtunk 10 mL 6 M sósavat, majd nitrogénnel átbuborékolattuk. A lezárt oldatot 110 °C-on,

2. táblázat. A vizsgált mézek pollenanalízisének eredményei
Table 2. Pollen analysis results of the honeys tested

Mézek Honey	Főpollen (45%<) Main pollen (45%<)	Kísérő- pollenek (16-45%) Accompanying pollens (16-45%)	Kis mennyiségben jelen lévő pollenek (1-16%) Pollens present in small amounts (1-16%)	Egyéb pollenek (<1%) Other pollens (<1%)
Repce Rapeseed	repce (91%) Rapeseed (91%)	– –	rózsaféle (6%), napraforgó (1%), fűzfaféle (1%) Roses (6%), sunflower (1%), wil- lows (1%)	parlagfű, ernyős-virágzatúak, vad- gesztenye, libatop, fészkes- virágzatúak, fagyal, bogáncs Ragweed, umbellifers, horse chestnut, pigweed, asteraceae, privet, thistle
Hárs Linden	repce (61%) Rapeseed (61%)	napraforgó (16%) Sunflower (16%)	hárs (14%), fehér here (6%), Linden (14%), white clover (6%)	kukorica, cickafark, szarvaskerep, fagyal, pázsitfűféle, ernyős-vi- rágzatúak, lóhere, gyalogakác, aranyvessző Corn, yarrow, birdsfoot trefoil, privet, gramineae, umbellifers, clover, false indigo, goldenrod
Japánakác Japanese pagoda tree	japánakác (60%) Japanese pagoda tree (60%)	napraforgó (18%) Sunflower (18%)	rózsaféle (6%), útifű (6%), lepény- fa (3%), zsálya (2%), Roses (6%), plantago (6%), honey locust (3%), sage (2%),	bálványfa, aprószulák, ernyősök Tree of heaven, field bindweed, umbellifers
Napraforgó Sunflower	napraforgó (66%) Sunflower (66%)	– –	rózsaféle (11%), lucerna (10%), gyalogakác (6%), mézontófű (3%), lóhere (2%), bogáncs (1%), repce (1%) Roses (11%), alfalfa (10%), false indigo (6%), California bluebell (3%), clover (2%), thistle (1%), rapeseed (1%)	– –
Arany-vessző Goldenrod	– –	napraforgó (30%) repce (30%) Sunflower (30%) rapeseed (30%)	aranyvessző (11%), fehér here (4%), akác (4%), benge (3%), ló- here (3%), útifű (3%), fagyal (2%), imola (2%), rózsaféle (1%), gyalog- akác (1%), parlagfű (1%), üröm (1%), ernyősvirágzatúak (1%), libatop (1%), oregánó (1%) Goldenrod (11%), white clover (4%), locusts (4%), rhamnus (3%), clover (3%), alfalfa (3%), privet (2%), knapweed (2%), roses (1%), false indigo (1%), ragweed (1%), mugworts (1%), umbellifers (1%), pigweed (1%), oregano (1%)	mézontófű, bogáncs, nadálytő California bluebell, thistle, com- frey

3. táblázat. Fajtamézek és a nektárforrásként megjelölt növények virágporának szabad aminosav-tartalmának átlag értéke (mg/kg)

Table 3. Average free amino acid content values of single flower honeys and of the pollen of the plants indicated as the sources of the nectar (mg/kg)

Aminosavak Amino acid	Repce Rape- seed	Repce- méz Rapeseed honey	Hárs Linden	Hárs- méz Linden honey	Japán- akác Japanese pagoda tree	Japán- akác- méz Japanese pagoda tree honey	Napra- forgó Sunflow- er	Napra- forgó- méz Sunflow- er honey	Arany- vessző Golden- rod	Arany- vessző- méz Golden- rod honey
Alanin Alanine	601	10	399	4	654	14	465	17	364	19
Arginin Arginine	584	10	130	2	85	1	111	2	171	2
Aszparagin Asparagine	958	27	2906	9	1609	32	361	33	3330	38
Aszparaginsav Aspartic acid	987	6	550	4	2272	3	1680	73	641	5
Fenil-alanin Phenylalanine	183	6	17	4	271	8	194	28	340	23
Glicin Glycine	189	3	10	1	244	2	75	3	41	3
Glutamin Glutamine	1593	18	382	9	46	10	853	3	426	23
Glutaminsav Glutamic acid	1689	29	1317	17	51	31	1556	29	1332	77
Hisztidin Histidine	444	8	361	4	285	2	221	8	95	4
Izoleucin Isoleucine	4	4	212	2	104	4	71	6	115	7
Leucin Leucine	10	5	38	2	116	4	95	6	129	7
Lizin Lysine	1466	19	143	7	236	3	158	9	156	9
Metionin Methionine	72	3	47	2	43	2	45	3	3	1
Ornitin Ornithine	227	29	773	14	611	31	18	36	671	36
Prolin Proline	16692	514	29329	302	38631	405	10263	389	8942	467
Szerin Serine	388	12	880	5	1407	13	743	19	123	19
Tirozin Tyrosine	249	3	27	2	197	3	127	7	134	7
Treonin Threonine	175	7	114	2	270	6	139	9	17	8
Valin Valine	636	12	108	4	395	12	347	17	40	17
Összesen Total	27147	724	37741	399	47525	586	17521	695	17070	773

24 órán át hidrolizáltuk. A hidrolizátumot lehűlés után 20 mL 4 M NaOH oldattal átmostuk egy 25 mL-es gömblombikba, és desztillált vízzel jelre töltöttük. A semlegesítés után kapott oldatot szűrőpapíron keresztül először kémcsövekbe, majd 0,22 µm-es pórusátmérőjű fecskendőszűrő felhasználásával Eppendorf-csővekbe szűrtük. Az így előkészített mintákat a vizsgálatig fagyaszta tároltuk.

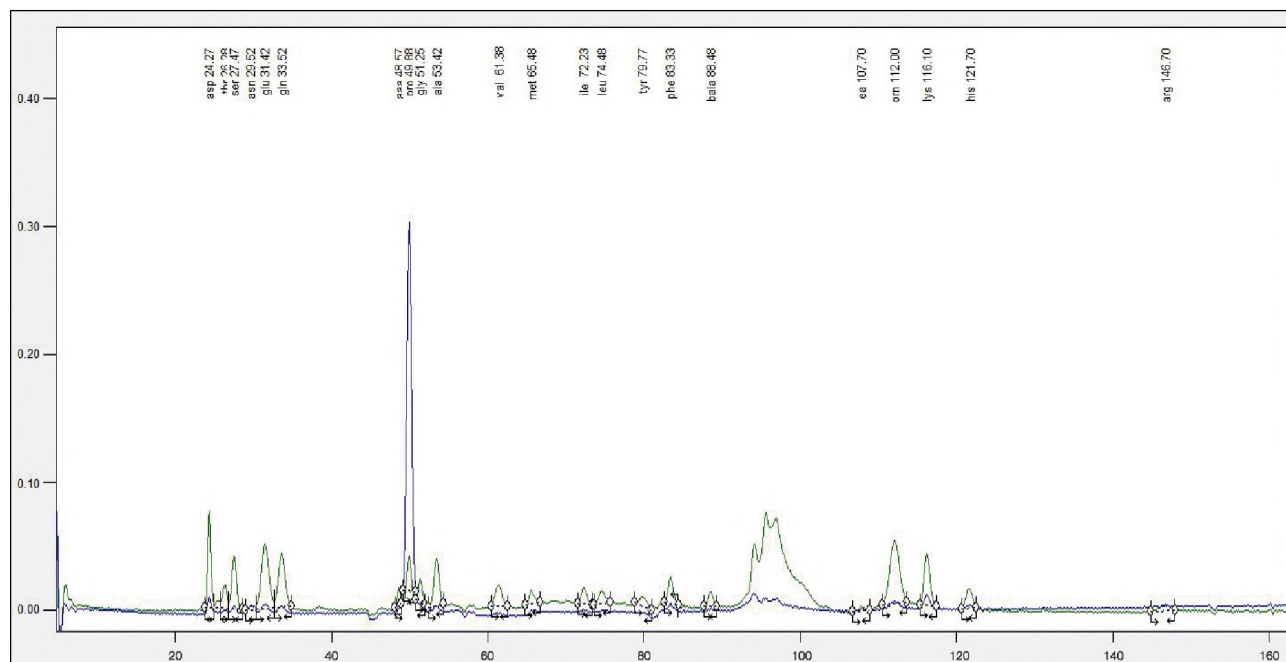
A szabad aminosav-összetétel és összes aminosav-összetétel meghatározását INGOS AAA 400 aminosav analizátorral végeztük a Szent István Egyetem Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszékén, ioncserés kromatográfias módszerrel. Az INGOS AAA 400 paraméterei:

- Kationcserélő oszlop: Ionex Ostion LCP 5020, oszlopméret: 200 x 3,7 mm,
- Oszlophőmérséklet: 50 °C-60 °C
- Reakcióhőmérséklet: 120 °C
- Analízisidő: 200 perc
- Eluens: Li-citrát pufferek (Li-citrát, LiCl és citromsav) Mintatérfogat:100 µl
- Detektálás: 440 nm, 570 nm
- Eluens áramlási sebesség: 0,30 mL/perc
- Ninhidrin áramlási sebesség: 0,25 mL/perc
- Kimutatási határ: 0,5 µmol/L

A meghatározás erősen savas közegből történik, gyengülő savasságú eluensek sorozatával, lépcsős gradiens elúcióval (puffer 1: 0,18 M Li-citrát, pH 2,80; puffer 2: 0,20 M Li-citrát, pH 3,05; puffer 3: 0,36 M Li-citrát, pH 3,35; puffer 4: 0,33 M Li-citrát, pH 4,05; puffer 5: 1,20 M Li-citrát, pH 4,65). Az aminosavakat ninhidrinnel adott színreakciójuk alapján spektrofotometriásan detektáljuk. A prolin színreakciója eltér a többi aminosavétól, ezért azt 440 nm-en, míg a többi aminosavat 570 nm-en lehet detektálni. A színreakció oszlop utáni származékképzéssel, 120 °C-on megy végbe. A kromatogramok kiértékelését a CHROMuLAN082 program segítségével végeztük, standard aminosav- eleggyel való összehasonlítás alapján. A kísérlet során kapott két jellemző kromatogramot az **1. és 2. ábrán** mutatjuk be.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A pollenanalízis eredménye azt mutatta, hogy egyedül a repceméz rendelkezik 90% feletti főpollen aránnyal. A napraforgó- és a japánakácméz 66, illetve 60%-ban tartalmazták a jelzett növényről származó virágot. A hárs- és aranyvesszőméz túlnyomórészt nem a megjelölt forrásnövényről származó polleneket tartalmazta, továbbá nagy mennyiségben voltak jelen bennük olyan növények pollenjei, amelyek nem egy időben virágoznak, így valószínűsíthető, hogy a késztermékeket nem megfelelően kezelték. A mézek pollen összetételét a **2. táblázat** mutatja be.



1. ábra. Hárs virágpór-pellet esszenciális aminosav-összetételének kromatogramja
Figure 1. Chromatogram showing the essential amino acid composition of linden pollen

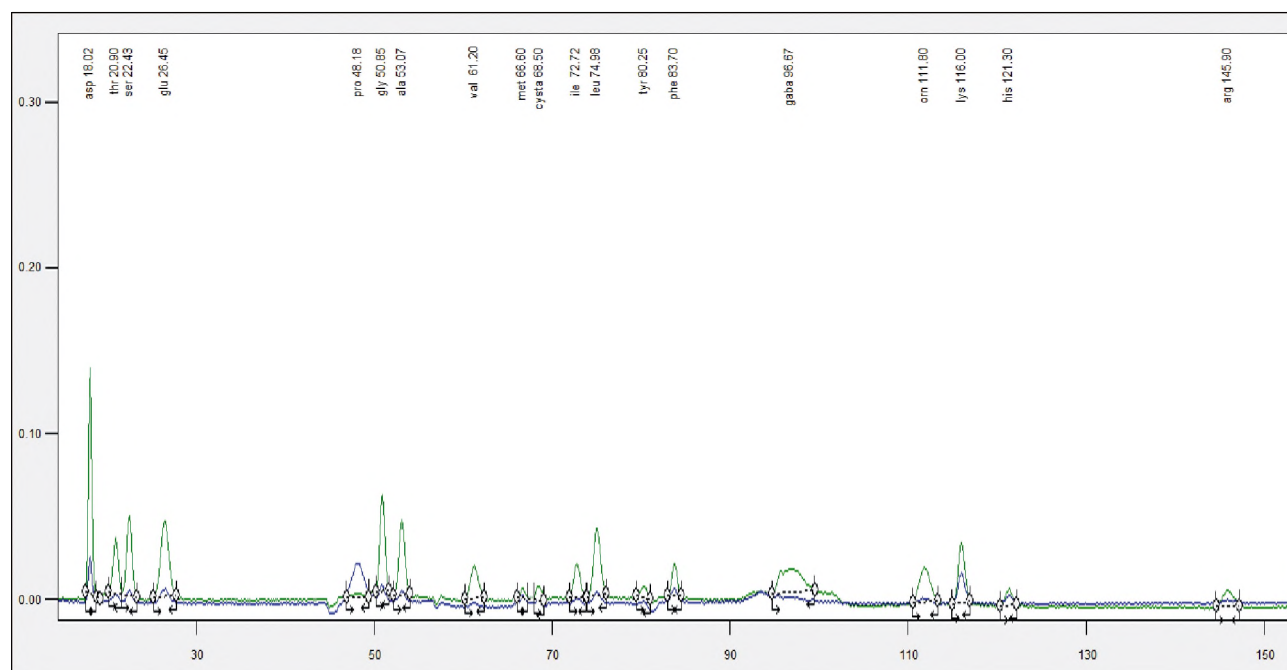
A szabad aminosavak koncentrációja a mézekben 0,40 – 0,77 mg/g, a közvetlenül a növényről gyűjtött virágpороkban 15,06 – 47,53 mg/g, a méhek által gyűjtött pelletekben pedig 10,40 – 22,41 mg/g. Mindhárom termékfajtában a prolin dominál, amelynek aránya az összes szabad aminosavhoz képest a mézek esetén 56 – 76%, a virágpороk esetén 29 – 81%, a virágpоро pelletek esetén pedig 69 – 82% között alakult. A virágpороkban hozzávetőlegesen két nagyságrenddel nagyobb a szabad prolin koncentrációja, mint a mézekben. A mézek azonban csekély pollentartalommal rendelkeznek, így számításaink alapján a mézek szabad prolin-tartalmának csupán 1,8%-a származik virágpորból, azaz eredményeink megerősítik azt a feltételezést, miszerint a méhek a nektár átalakítása során anyagcsere-folyamataik révén megváltoztatják a termék aminosav-összetételét.

A **3. táblázat**ban a fajtamézek és a nektárforrásként megjelölt növények virágpորának szabad aminosav-tartalmát hasonlítottuk össze. Az adatok alapján a mézek és a virágpորok aminosav-profilja között kettő vagy három nagyságrendi eltérés tapasztalható. Ez elsősorban annak köszönhető, hogy a mézek virágpոր-összetétele nagyon változatos, a főpollenek aránya csak ritkán éri el a 90%-ot. Eredményeink visszavezethetők továbbá arra is, hogy a szélsőséges környezeti körülmények befolyásolják a virágpորok aminosav-összetételét, illetve hogy a nektár aminosav-tartalma, a méhek átalakító tevékenysége és a tárolási idő mind-mind hatással vannak a mézek szabad aminosav-összetételére [35].

A pelletek összes aminosav-koncentrációja repce esetén 157,91 mg/g, napraforgó esetén 61,84 mg/g, a nyári gyűjtésű vegyes termék esetén pedig 65,96 mg/g, amelynek átlagosan 24%-át adja a prolin. Eredményeink megerősítik a szakirodalmi adatokat, amelyek szerint a méhek által gyűjtött virágpորokban a prolin túlnyomó része szabad formában van jelen [36]. Az **3. ábra** a pelletek méhek számára esszenciális aminosav-összetételét mutatja, amely alapján megállapítható, hogy a repcéről származó termék hozzávetőlegesen két-háromszoros mennyiségben tartalmazza ezeket a komponenseket a másik két mintához viszonyítva.

A virágpոր-pelletek esszenciális aminosav-tartalmának mérési eredményeit összevetettük azokkal az irodalmi adatokkal, amelyek a méhek számára esszenciális aminosavak arányait tárgyalják [37]. A **4. ábra** a mézelő méhek relatív aminosav-szükségletét és a mintákban fellelhető aminosavak egymáshoz viszonyított arányát mutatja be. A méhek tápanyag-ellátásának optimalizálása során érdemes szem előtt tartani, hogy a termékekben az izoleucin volt a limitáló aminosav, ugyanis a méhek ezt igénylik a legnagyobb mennyiségben, viszont a pellet mintákban csak alacsony, illetve közepes arányban volt jelen ez az aminosav.

A második limitáló aminosav repce, valamint nyári, vegyes gyűjtésű termék esetén a metionin, napraforgó esetén pedig a treonin voltak.



2. ábra. Nyári pellet esszenciális aminosav-összetételének kromatogramja
Figure 2. Chromatogram showing the essential amino acid composition of summer pellet

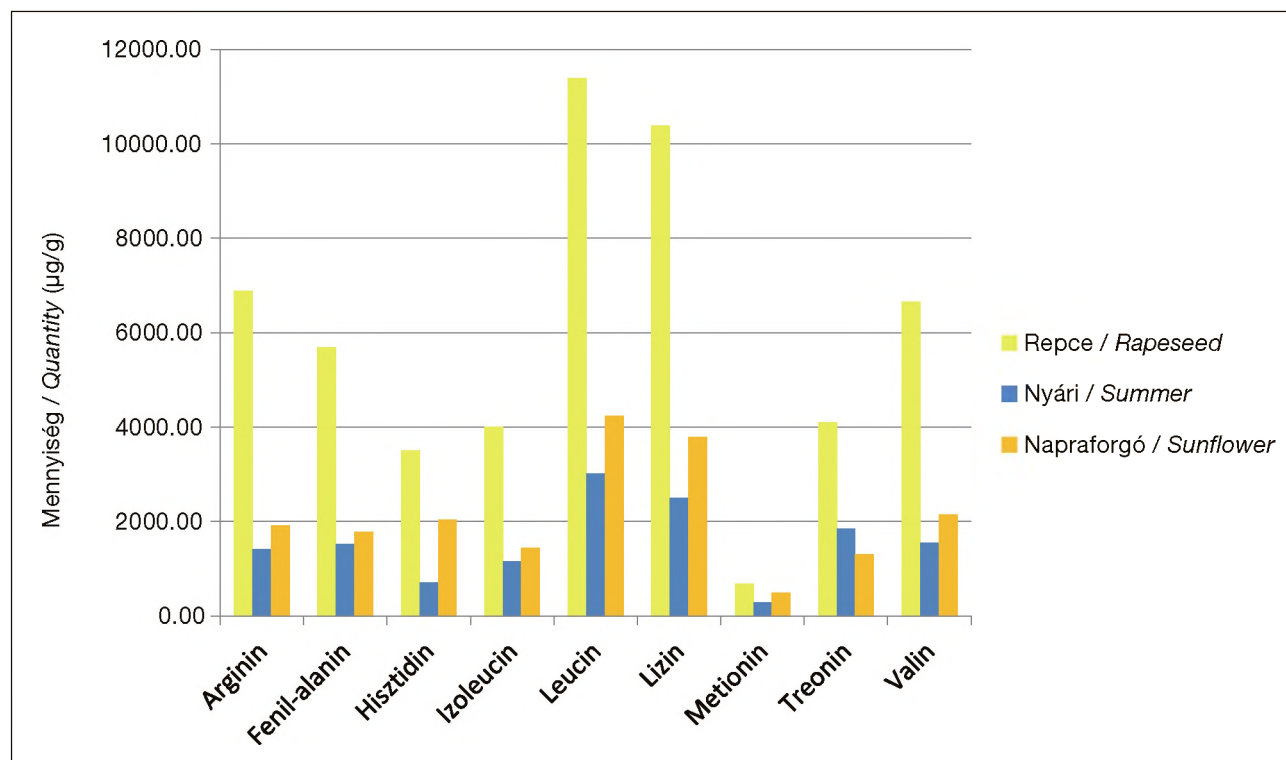
Az eredmények alapján megcáfoljuk azt a hipotézist, amely szerint a méhek szükségletüknek megfelelően szelektálnak a különböző fajta virágporok között, és aszerint választják meg a gyűjtendő pollent, hogy az a számukra legmegfelelőbb táplálékul szolgáljon, mivel az általuk leginkább preferált repce pollen nem optimális aminosav-összetételű. A növényen lévő pollen mennyisége, fehérjetartalma, könnyű elérhetősége (megfelelő virágszerkezet) és az adott növény színe, illata és kaptártól való távolsága valószínűleg nagyobb szerepet játszik a preferenciában.

ÖSSZEFOGLALÁS

Kísérleti munkánk során összevetettük a vizsgált mézekben található, a virágokról **általunk** gyűjtött virágporokban lévő és a kereskedelmi forgalomba kerülő, méhek által gyűjtött virágpor-pelletek aminosav-összetételét. A kísérletek egy része arra irányult, hogy összefüggést találjunk a virágporok aminosav-tartalma és a méhek gyűjtési preferenciái között, másik részében pedig arra kerestük a választ, hogy a mézek aminosav-tartalma tükrözi-e a forrásul szolgáló növény pollenjének aminosav összetételét. A virágpor szinte kizárólagos aminosav- és fehérjeforrásként szolgál a méhek számára. Számos kutató arra a megállapításra jutott, hogy a méhek képesek szükségletüknek megfelelően szelektálni a különböző virágporfajták között, eredményeink azonban megcáfolták ezt az állítást, mivel az általuk leginkább preferált repce pollen nem optimális aminosav összetételű. Sokkal valószínűbb, hogy a növényen lévő pollen mennyisége, fehérjetartalma,

könnyű elérhetősége (megfelelő virágszerkezet) és az adott növény kaptártól lévő távolsága is szerepet játszik a preferenciában. A méz virágportartalma azokról a virágokról származik, amelyeket a méhek akár nektárért, akár virágporért látogatnak, ezért egyes esetekben a méz eredetének is bizonyítékai lehetnek. Vizsgálatainkban viszonylag nagy fajtapollen-tartalmú és kisebb pollen arányú mézek is szerepeltek.

Ismert tény, hogy a mézekben és a virágporokban is a prolin dominál szabad aminosavként. A prolin a növényekben egyfajta „stresszhormon”, azaz szükség esetén más aminosavak prekursoraként szolgál, ezért nagy mennyiségben termelődik a különböző növényi részekben. Vizsgálati eredményeink szerint a virágporok szabad prolin-tartalma nagyságrendekkel magasabb, mint a többi szabad aminosav mennyisége, számításaink alapján azonban a virágporok csak kis részben járulnak hozzá a mézek prolin-tartalmához. Következésképp megerősíthető az az elmélet, miszerint a méz készítése során a méhek átalakítják a gyűjtött anyagokat. A méh szervezetével való kapcsolat hatására megváltozik a termékben az aminosavak aránya. Mivel a prolin a méhek számára nem esszenciális, így aránya megnő a termékben, ugyanakkor az esszenciális aminosavakat szervezetük hasznosítja, így arányuk csökken a mézben. További kísérletekkel célszerű vizsgálni a méhek pollenpreferenciáját olyan kísérleti körülmények között, ahol az egyes növényfajok nagyjából azonos mennyiségben és elérhetőséggel állnak rendelkezésre, többek között kizárva a könnyű elérhetőség torzító hatását. Egyes

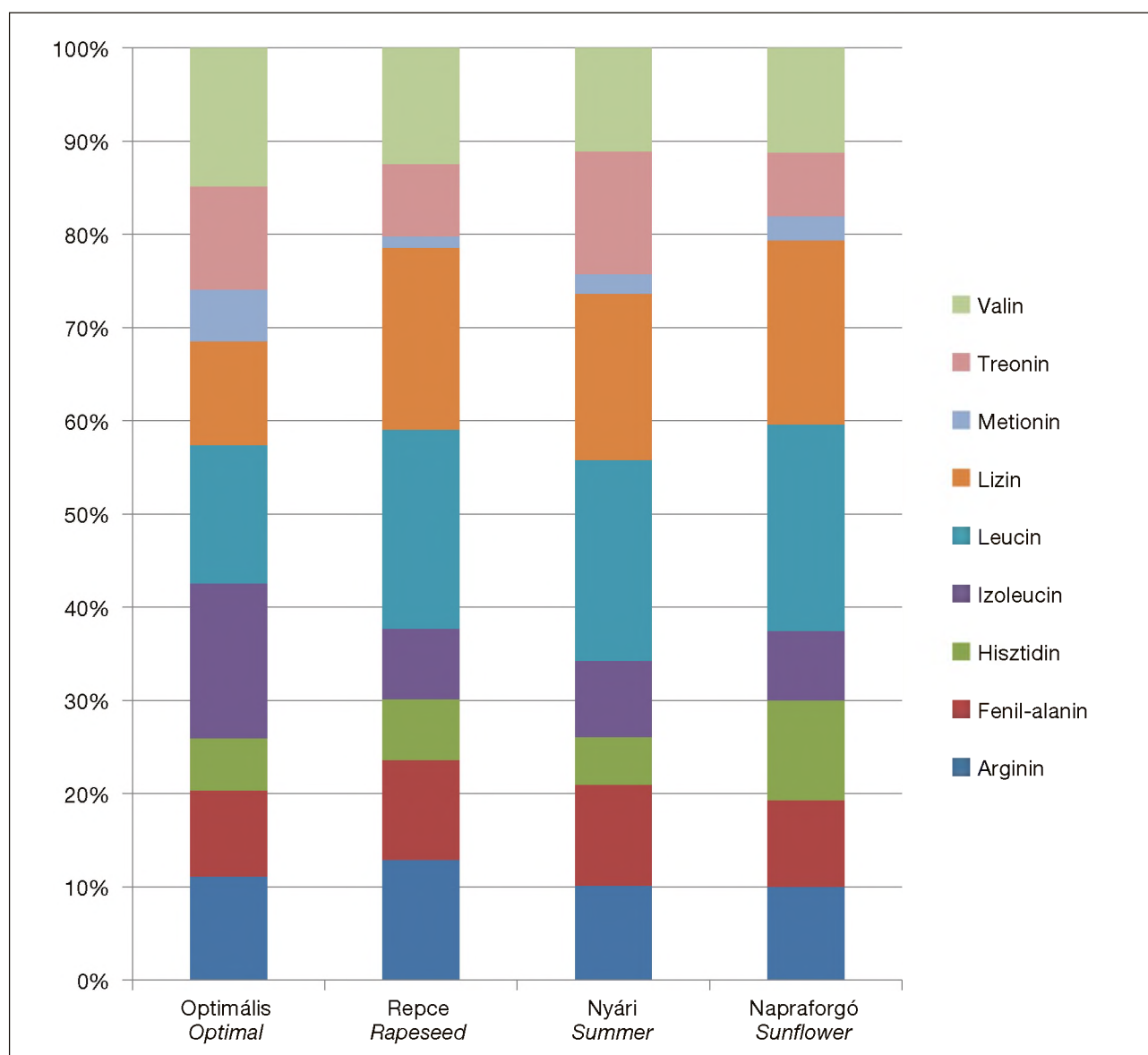


3. ábra. A virágpor-pelletek esszenciális aminosav-összetétele
Figure 3. Essential amino acid composition of pollen pellets

kutatások arra is utalnak, hogy a méhek a prolinban gazdag nektárforrásokat is előnyben részesítik. Mivel a prolin a méhek számára nem esszenciális, ezért ez a vizsgálat azzal pontosítható, ha teljesen azonos cukorösszetételű és illatú nektárforrásokat (cukoroldatok) hasonlítunk össze prolinnal dúsított és prolin nélküli változatokban.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozunk Dr. Hannig Zoltánnak (†), a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Takarmányvizsgáló Nemzeti Referencia Laboratórium vezetőjének, aki lehetőséget biztosított a mikroszkópos pollen-analízis megvalósításához, valamint Szabó Adélnak, aki a vizsgálatokat elvégezte.



4. ábra. A méhek relatív aminosav-szükséglete [17] és az esszenciális aminosavak megoszlása a virágpellet mintákban
Figure 4. Relative amino acid demand of bees [17] and the distribution of essential amino acids in pollen pellet samples