

Egységesen elfogadott szabványos vizsgálati eljárás kidolgozása *Alternaria* toxinokra

Development of a uniformly accepted standard test
procedure for *Alternaria* toxins

Gyümölcs alapanyagok hamisítása

Termények tápanyag-tartalmának meghatározása

Mézek és virágpорок beltartalmi összetéte, és színjellemzői

Nyúlhús beltartalmi jellemzői

Adulteration of fruit raw materials • Determination of the nutrient content of crops • Component and colour examination of honey and pollen • Content characteristics of rabbit meat



TARTALOM – CONTENTS

Egy LC-MS/MS alapú élelmiszervizsgálati módszer nemzetközi szabványosítása: egységesen elfogadott vizsgálati eljárás kidolgozása <i>Alternaria</i> toxinokra (Tölgyesi Ádám)	3716
<i>International standardization of an LC-MS/MS based food analytical method: development of a generally accepted test procedure for <i>Alternaria</i> toxins (Ádám Tölgyesi)</i>	3725
Bogyós és más gyümölcs nyersanyagok hamisításáról (Natalya Naumova, Aleksandr Lukin, Evgenii Velisevich, Irina Minashina, Sergey Pirozhinsky, Yulia Eremina)	3734
<i>On adulteration of fruit and berry raw materials (Natalya Naumova, Aleksandr Lukin, Evgenii Velisevich, Irina Minashina, Sergey Pirozhinsky, Yulia Eremina)</i>	3740
Különböző országokból származó termékek tápanyagtartalmának meghatározása (Répás Zoltán, Győri Zoltán)	3746
<i>Determination of the nutrient content of crops from different countries (Zoltán Répás, Zoltán Győri)</i>	3763
Mézek és virágporok beltartalmi összetételének és színjellemzőinek vizsgálata (Végh Rita, Puter Dorina, Vaskó Áron, Csóka Mariann, Mednyánszky Zsuzsanna)	3779
<i>Examination of the nutrient content and color characteristics of honey and pollen samples (Rita Végh, Dorina Puter, Áron Vaskó, Mariann Csóka, Zsuzsanna Mednyánszky)</i>	3793
Nyúlhús tápértéke a nagy csalán (<i>Urtica dioica</i>) nyulak takarmányozásában történő felhasználása esetén (Olga Burmistrova, Eugene Burmistrov, Natalya Naumova, Aleksandr Lukin, Julia Betz)	3807
<i>The nutritional value of rabbit meat when using stinging nettle (<i>Urtica dioica</i>) in the ration of rabbits (Olga Burmistrova, Eugene Burmistrov, Natalya Naumova, Aleksandr Lukin, Julia Betz)</i>	3818
MTA Élelmiszeralitika és Minőség Munkabizottsága hírei 2022 március (Tömösközi Sándor, Bugyi Zsuzsanna)	3829
<i>News of the Food Analysis and Quality Working Committee of the Hungarian Academy of Science March 2022 (Sándor Tömösközi, Zsuzsanna Bugyi)</i>	3831
Nemzeti szabványosítási hírek (Szalay Anna)	3833
<i>Review of national standardization (Anna Szalay)</i>	3834

ISSN 0422-9576

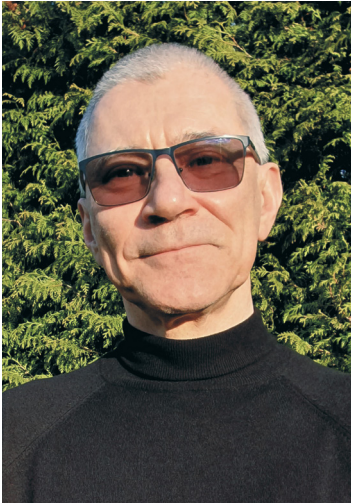
OPEN



ACCESS

Tudományos folyóiratunk tartalma 2021-től szabadon hozzáférhető a www.eviko.hu honlapon.

The content of our scientific journal will be freely available on the website www.eviko.hu from 2021.



Kedves Olvasóink!

Hihetetlen, hogy két lapszámunk megjelenése között, közvetlen környezetünkben mily nagyot és szörnyűt változott a világ! Tavaly decemberben még igaz hittel és reménnyel kívánhattunk egymásnak áldott ünnepet és boldog újévet, most pedig azt kell megérnünk, hogy egy szomszédos ország gyönyörű városai romjainak lángjától vöröslik a keleti ég, és otthonukat, meghalt hozzátartozóikat, barátaitkat siratva menekülnek a falvak, városok lakói. „*Lángok lobognak és kihunynak lassan s mindörökre / katonák lelke száll most a fényes délkörökre; / egyforma lelkek! ó, mindegy, hogy ez, vagy az ki volt, mi volt, / míg itt a hőség hajlong, amott a fagy sikolt¹...*” Csak remélni tudom, hogy a káosz felett hamarosan győzedelmeskedik az emberség, a józan ész, és véget ér e borzalmas, ostoba vérontás és rombolás.

Tavaszi számunk vezető anyaga **Tölgyesi Ádám** tollából származik, aki az élelmiszerbiztonságot leggyakrabban veszélyeztető szennyezőanyag-csoportba tartozó vegyületek – bizonyos mikotoxinok – vizsgálatáról szóló dolgozattal jelentkezett. Kéziratában néhány *Alternaria* toxin szabványos meghatározási módszerének kidolgozásáról számol be. Az izotóphígításos tömegspektrometriás szabványos mérési módszer 2021 végén CEN EN 17521:2021 jelzéssel jelent meg.

Natalya Naumova és munkatársai az élelmiszerhamisítás témaköréből választották tudományos munkájuk témáját. Dolgozatukban egy, természetes gyümölcsporokat gyártó cég termékeinek vizsgálatáról számolnak be. A cég eper-, málna- és dinnyepor-készítményeinek kémiai analízisével megállapították, a készítmények nem természetes eredetű bogys és egyéb gyümölcs alapanyagok voltak.

Répás Zoltán és Győri Zoltán különböző országokból származó termények, jázminrizs, lencse és szárazbab makrotápanyag- és ásványianyag-tartalmának meghatározását végezték el. Mérési eredményeiket a Rödler Imre által 2005-ben szerkesztett Új Tápanyagtáblázat szereplő adatokkal összevetve nagyságrendbeli eltéréseket tapasztaltak. Munkájuk célja az volt, hogy bővítsék a hazánkban forgalmazott, különböző eredetű mezőgazdasági termények kémiai összetételével kapcsolatos, rendelkezésre álló adatbázist.

Végh Rita és kutatótársai Szerkesztőségünkhöz mézek és virágporok beltartalmi összetételének és színjellemzőinek vizsgálatáról szóló munkát nyújtottak be. Vizsgálataikba egy távoli országból – Gánából – származó mézet is bevontak. Munkájuk során a mézek nedvességtartalmát, redukáló cukor-tartalmát, hamutartalmát, szabad aminosav-összetételét, HMF-tartalmát, kémhatását és színjellemzőit vizsgálták. Ezen felül a Kárpát-medence flórájára jellemző egyes növények virágporainak összetételi- és színjellemzőit is meghatározták. A vizsgált virágpor-csomók 80%-ában a forrásnövényként megnevezett növényfajt sikerült azonosítaniuk.

Olga Burmistrova és kutatócsoportja nyúlhús összetevőinek változását vizsgálta a nyulak szálastakarmányának a nagy csalán (*Urtica dioica*) szénájával való kiegészítésének hatására. Megállapították, hogy a nyulak takarmányához adott 5% csalánszéna eredményezi a legkedvezőbb összetételt. A csalánszéna adagolása számottevően csökkentette a hús víztartalmát, fehérje-, cink- és mangántartalmát pedig növelte.

Az ÉVIK 68. évfolyamával egy újabb rovatot is indítunk, amelyben rövid, összefoglaló közlemények formájában számolunk be a Magyar Tudományos Akadémia Élelmiszeranalitika és Minőség Munkabizottsága tudományos eredményeiről. A Munkabizottság és az ÉVIK Szerkesztősége közötti folyamatos kapcsolatot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatói, **Tömösközi Sándor** elnök, egyetemi docens, valamint **Kormosné Bugyi Zsuzsanna** titkár, egyetemi kiemelt adjunktus segítségével fogjuk fenntartani.

Építő jellegű észrevételeiket, javaslataikat továbbra is várjuk a szigeti.tamas@wessling.hu és konecsny.timea@wessling.hu e-mail címekre. Bízva a mihamarabb újraéledő békében, kedves olvasóinknak jó munkát, tudományos eredményeket és hasznos olvasást és áldott Húsvétot kívánok:

Dr. Szigeti Tamás János
főszerkesztő

¹ Radnóti Miklós: *Lángok lobognak...*



Dear Readers!

It is unbelievable the world how big and terrible has changed between our two issues, in our near surroundings! In December of the last year, we could wish each other a blessed holiday and a happy New Year with true faith and hope, and now we must live the eastern sky is reddening from the flames of ruins of the beautiful cities of a neighbouring country, and the people of the villages and cities refuge mourning their homes, dead relatives and friends. *“Flames are fluttering and going out for the never ending / Southward the glittering meridian, soldiers’ souls are flying; / Similar souls, ah, all the same, who was, which was, this or those, / While here the heat is creeping, there the screaming cold will froze¹...;”* I can only hope that humanity, and the common sense will soon defeat over the chaos and that this horrible, numskull bloodshed and destruction will end.

The leading work of our spring issue comes from the pen of **Ádám Tölgyesi**, who submitted an article on the topic of a compound family, which belongs to the group of contaminants – certain mycotoxins – most often endangering food safety. His manuscript reports on the development of a standard method for the determination of certain *Alternaria* toxins. The isotope dilution mass spectrometric measurement as a standard method was published at the end of 2021 under the designation CEN EN 17521: 2021.

Natalya Naumova and her colleagues chose the theme of their scientific work from the topic of food adulteration. In their manuscript, they report on the testing of the products of a company that produces natural fruit powders. Chemical analysis of the strawberry, raspberry and melon powder products of that company, revealed that the products were non-natural origin berry and other fruit ingredients.

Zoltán Répás and Zoltán Győri investigated the macronutrient and mineral content of crops, jasmine rice, lentils and beans from different countries. Comparing their measurement results with the data in the New Nutrient Table edited by Imre Róddler in 2005, they found differences in order of magnitude. The goal of their work was to expand the available database on the chemical composition of agricultural crops of different origins retailed in Hungary.

Rita Végh and her colleagues submitted a work to our Editorial Office on the study of the composition and colour characteristics of honeys and pollen. From a distant country, Ghana, one honey sample was also included in their studies. In their work, they examined the moisture content, reducing sugar content, ash content, free amino acid composition, HMF content, pH, and colour characteristics of honeys. In addition, the composition and colour characteristics of the pollen of some specific plants of the flora of the Carpathian Basin have been determined. In 80% of the pollen clusters examined, they were able to identify the plant species named as the source plant.

Olga Burmistrova and her research team studied the effects on the components of rabbit meat adding nettle (*Urtica dioica*) hay to the rabbit's forage. It has been found that the addition of 5% nettle hay to rabbit feed results the most favourable composition. The addition of nettle significantly reduced the water content, and increased the protein, zinc and manganese content of the rabbit meat.

With the 68th year of JFI (Journal of Food Investigation), we start a new column, in which we report on the scientific results of the Food Analysis and Quality Working Committee of the Hungarian Academy of Sciences publishing short, summary papers. We will maintain a continuous relationship between the Working Committee and the Editorial Board of JFI with contribution of the teachers of Budapest University of Technology and Economics, **Sándor Tömösközi**, president, associate professor and **Zsuzsanna Bugyi Kormos**, secretary, distinguished assistant professor.

We are still waiting for your constructive remarks and suggestions to the e-mail addresses szigeti.tamas@wessling.hu and konecsny.timea@wessling.hu. Trusting in the peace that will be revived as soon as possible, I wish for our readers good work, scientific results and valuable reading and blessed Easter:

Dr. Tamás János Szigeti
editor-in-chief

¹ Miklós Radnóti Hungarian poet: *Flames are fluttering* (Translation: T. Szigeti)

TÖLGYESI Ádám¹DOI: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2022/1-1-HUN>

Érkezett: 2021. augusztus – Elfogadva: 2022. február

Egy LC-MS/MS alapú élelmiszer-vizsgálati módszer nemzetközi szabványosítása: egységesen elfogadott vizsgálati eljárás kidolgozása *Alternaria* toxinokra

Kulcsszavak: mikotoxin, izotóphigításos tömegspektrometria (LC-IDMS), szabványosítás, citrinin, validálás, HorRat-érték, Horwitz-Thompson egyenlet

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Az *Alternaria* toxinoknak több mint hetven fajtája létezik, de kutatók szerkezetileg eddig még csak párat azonosítottak közülük. Jelen közlemény célja egy majdnem tíz éves folyamat bemutatása, amelynek során nemzetközi szabványt dolgoztunk ki öt *Alternaria* toxin élelmiszermintákból történő szimultán vizsgálatára. Ez a hosszú folyamat magában foglalja a szabvány igényének a kialakulását, a szabványosítási pályázat kiírásán és elbírálása mellett a módszer kidolgozását, annak érvényesítését, valamint dokumentációját. A dolgozat főképp a vizsgálati módszer kialakítására és validálására összpontosít, amely a folyamat leghosszabb és legmunkaigényesebb része, de az összkép megértése végett az első és a végső lépések hangsúlyozása szintén szükséges. A szabvány kidolgozása felelősségteljes feladat mind a szabványt készítő, mind pedig a szabvány validálásában és annak dokumentációjában résztvevők részéről, a laboratóriumok megrendelői ugyanis a szabványos módszerek használatát várják el tőlük. Másfelől az egyedi, saját kidolgozású módszereket választó laboratóriumok a szabványmódszerrel történő összemérésük során bizonyosodhatnak meg eljárásuk pontosságáról és precizitásáról. A közel tíz éven keresztül zajló folyamatban az eredeti vizsgálati módszer több változtatáson is átesett; ezeknek a javításoknak a célja a minél egyszerűbb és reprodukálhatóbb eljárás volt. Így jutottunk el a származékképzésen át az izotóphigításos tömegspektrometria alkalmazásáig. Fontos hangsúlyozni, hogy a szabványosítás egyik célja az, hogy a jogszabályokban előírt élelmiszerszennyezők vizsgálatához egy megfelelő vizsgálati módszer álljon a hatósági laboratóriumok rendelkezésére, amely eljárás ugyan bármelyik laboratórium számára elérhető, viszont kérdéses, hogy a vizsgálat költsége fedezi-e annak alkalmazását. Ebből adódik, hogy nem feltétlenül a legköltséghatékonyabb vizsgálatot ajánlja a szabvány, ami a magán laboratóriumokban konfliktust okozhat a laboratórium szakmai és gazdasági irányítói között. Az *Alternaria* toxinokra kidolgozott folyadékromatográfiás izotóphigításos tömegspektrometriai (LC-IDMS) szabványmódszer végső formáját valószínűleg 2021 végén fogja jóváhagyni és közzéadni az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) (a szabvány a cikk beküldése óta megjelent: CEN EN 17521:2021 Foodstuffs - Determination of *Alternaria* toxins in tomato, wheat and sunflower seeds by SPE clean-up and HPLC-MS/MS. A szerk.). A szabvány a tenuazonsav (TEA), altenuane (ALT), alternariol (AOH), tentoxin (TEN) és alternariol monometil éter (AME) meghatározását tartalmazza.

¹ Mertcontrol Kft.

2. Bevezetés

Világviszonylatban az Európai Unió (EU) belül a legszigorúbbak az élelmiszerekben jelenlévő természetes (például növényi toxinok) vagy mesterséges (például maradékanyagok) szennyezőkre vonatkozó jogszabályok, amelyek a szennyezők maximálisan megengedett értékeit, határértékeit állati és növényi eredetű élelmiszerekben vagy takarmányokban szabályozzák. Az EU 1881/2006-os rendelete tartalmazza a mezőgazdasági terményeken élő penészgombák másodlagos anyagcsere termékeiből élelmiszerekben megjelenő ún. mikotoxin- határértékeket [1]. A rendelet folyamatosan bővül: míg kezdetben csak olyan „klasszikus” toxinok szerepeltek benne, mint a deoxinivalenol (DON), az aflatoxinok (B1, G1, B2, G2, M1), a fumonizinek (B1 és B2) vagy a patulin, addig 2013-ra már a T-2, HT-2, 2016-ra pedig a citrinin is helyet kapott a szabályozott toxinok rendeletében. A komponenskör folyamatosan bővül; a folyamatot megelőzi egy az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) részéről megfogalmazott tudományos vélemény, valamint további hatástanulmányok. Ezek figyelembe veszik mind a termelők gazdasági szempontjait, mind a toxinok rövid- és hosszútávú egészségügyi kockázatait. Az *Alternaria* toxinokra egyelőre nincs szabályozás, a megengedett határértékek ALT, AOH és AME vonatkozásában 1 és 10 µg/kg között, a TEA és TEN esetén pedig 10 és 1000 µg/kg tartományban várhatók. Az érintett élelmiszerek a gabonák (elsődlegesen a búza), a paradicsom alapú élelmiszerek (paradicsomlé vagy -püré) valamint a napraforgómag és a hasonló alapanyagokból készült termékek [2].

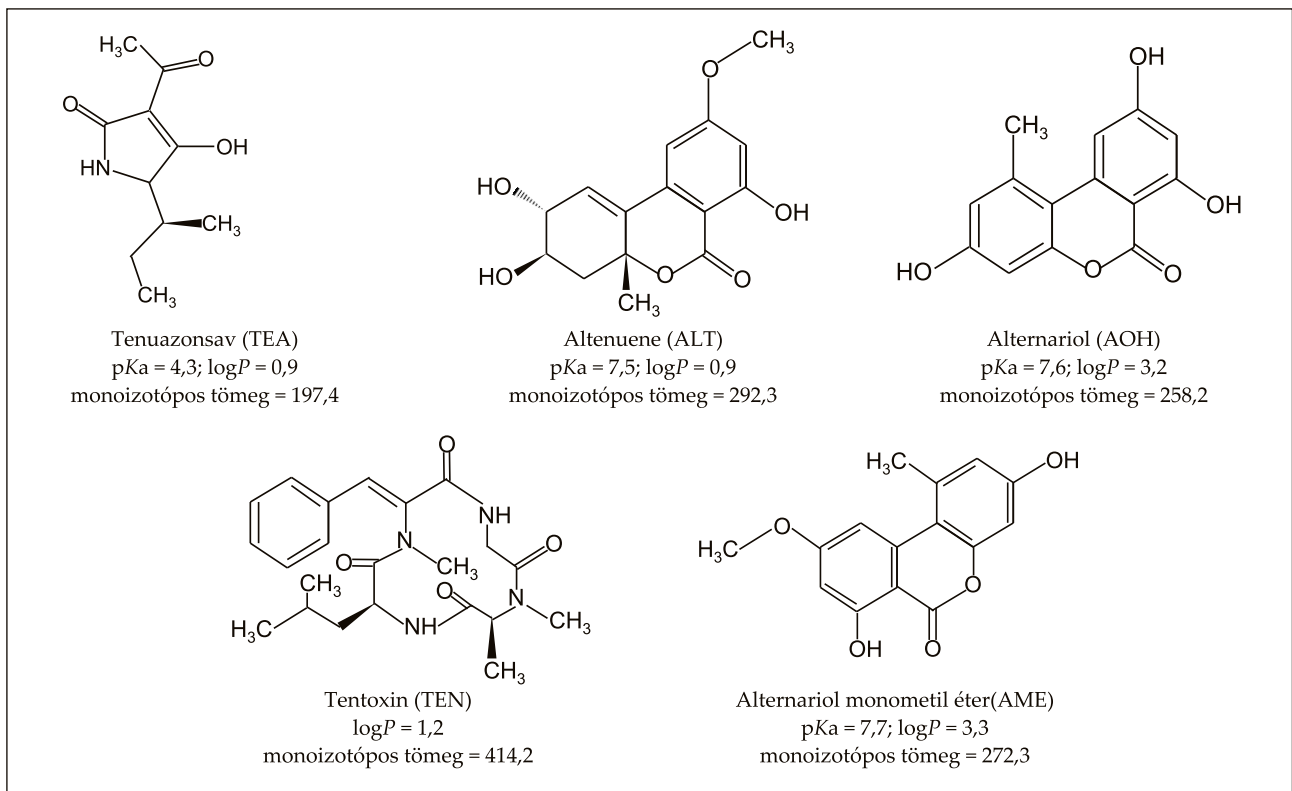
Az *Alternaria* toxinokra vonatkozó EFSA jelentés „*Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of Alternaria toxins in feed and food*” címmel 2011-ben jelent meg [2], és 97 oldalon keresztül taglalja jelenlétüket a különféle élelmiszerekben, humán és állati egészségre vonatkozó vizsgálatukat és lehetséges kockázatukat. A jelentés további célja felhívni a figyelmet a jövőbeli szabályozásokra és egységes vizsgálati módszer kialakítására. Ennek megfelelően a CEN 2013 tavaszán kiírt mikotoxin szabványosítási pályázatában pályázható szabványosítási eljárásként megjelent az *Alternaria* toxinok búzából, paradicsomból és napraforgó magból folyadékromatográfiás tandem tömegspektrometriai (LC-MS/MS) módszer segítségével történő vizsgálata.

3. Kezdeti (laboratóriumon belüli) vizsgálati módszer

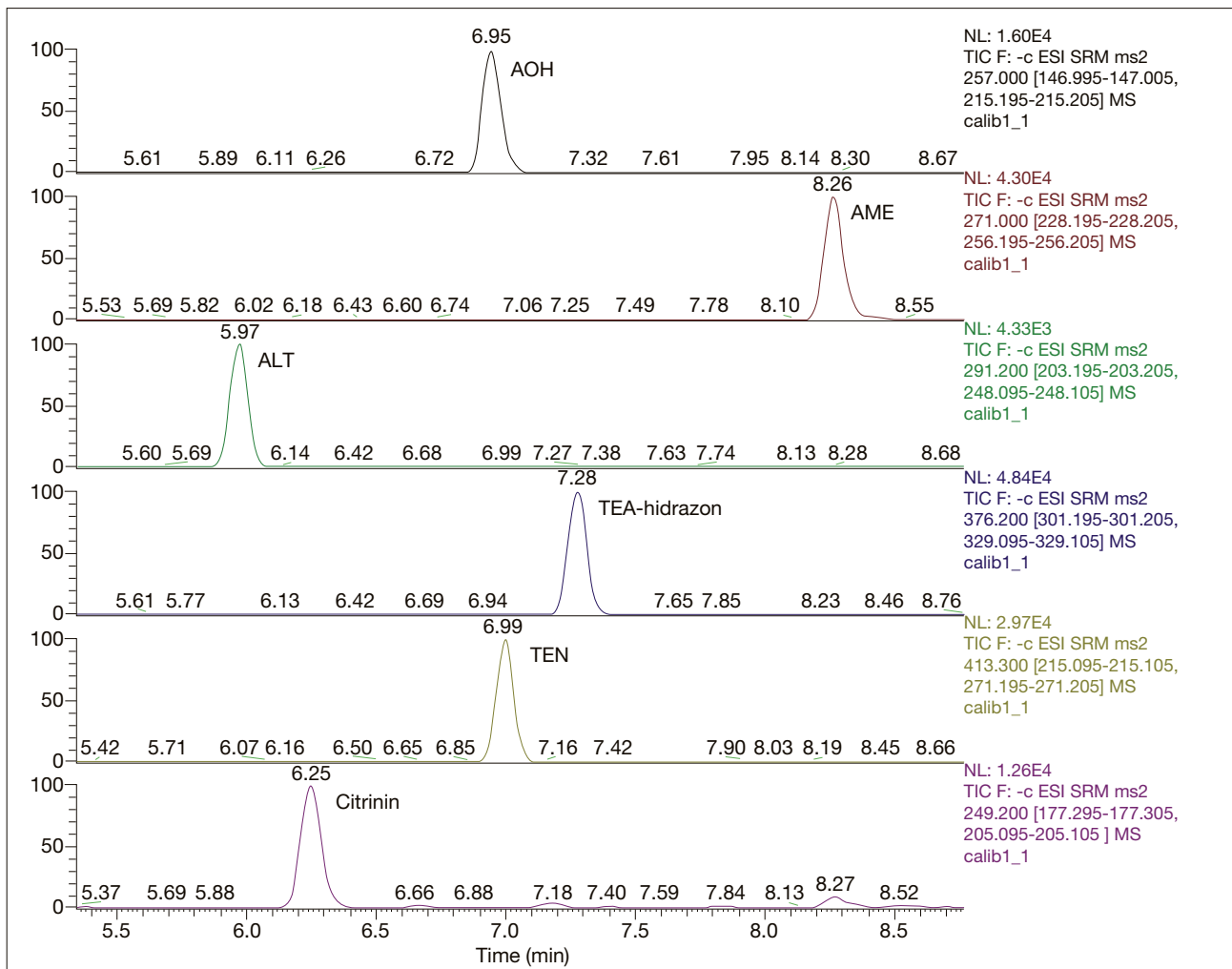
A pályázat alapkövetelménye szerint az aspiráns laboratóriumnak a ISO 17043 sz. szabvány szerinti érvényes akkreditált státusszal kell rendelkeznie, amely a jártassági vizsgálatok szervezésére vonatkozik, valamint egy jól definiált vizsgálati protokollt is jelent, amely teljesíti a laboratóriumon belüli (Single Laboratory Validation) validálásra vonatkozó analitikai teljesítményjellemzőket [3]. Ennek hiányában a laboratóriumnak olyan eljárással kell rendelkeznie, amelyet korábban laboratóriumok közti validálással érvényesítettek. Költségvonatkozása miatt az utóbbi a ritkább eset, viszont az ISO 17043 sz. szabvány követelményeihez képest sokkal hatékonyabban képes bizonyítani a módszer valódi reprodukálhatóságát, ezzel szemben az előbbi validálás csupán a vizsgálat laboratóriumon belüli reprodukálhatóságát (Intermediate Precision) mutatja.

Az European Commission Joint Research Centre (JRC, Geel, Belgium) az EU-n belül működő Közös Kutatóközpont, amely 2017-ig magában foglalta az EU Mikotoxin Referencia Laboratóriumát (EU-RL for Mycotoxins). 2013-ban EU-RL módszerként dolgoztak ki búza, paradicsomlé, valamint napraforgómag esetében egy LC-MS/MS módszert a következő öt, főbb *Alternaria* toxinra (1. ábra): tenuazonsav (TEA), altenuane (ALT), alternariol (AOH), tentoxin (TEN) és alternariol monometil éter (AME) [4]. Az öt toxin közül a TEA-nak van a többi toxintól a legnagyobb mértékben eltérő szerkezete és fizikai-kémiai sajátossága (kelátképző tulajdonság) [5]. Ennek megfelelően a korábbi irodalmak a TEA [5], vagy pedig a többi toxin meghatározására koncentráltak [6], szimultán vizsgálatukra mindenesetre kevesebb figyelem irányult. A mi célunk egy ötkomponenses szimultán vizsgálat volt, amelyet kémiai származékképzéssel valósítottunk meg. A TEA szerkezete aldehid funkciós csoportot tartalmaz, amely jól reagáltatható 2,4-dinitro-fenilhidrazinnal (DNPH), és az így kialakult TEA-hidrazon kromatográfiás szempontból fontos fizikai-kémiai jellemzői (például Log P, oktanol – víz-megoszlás) már sokkal közelebb vannak a többi *Alternaria* toxinéhoz [5]. Kelátképző tulajdonságát származékolt formában elveszíti. A DNPH csak a TEA-val reagál a célkomponensek közül (2. ábra), a többi meghatározását nem befolyásolja [7]. A módszerben kidolgozott extrakciós eljárást toxinokkal természetesen szennyezett rozsmintával végzett kísérleti tervvel alakítottuk ki. A módszerbe bevontuk az *Alternaria* toxinokon felül a citrinint is. Az így kialakított módszer fontosabb jellemzői az alábbiak [4], [7]:

- Hat komponens vizsgálata (TEA, ALT, AOH, TEN, AME és citrinin);
- Mátrixok: gabona, paradicsomlé, hántolt napraforgó mag;
- Minta tömege folyadékmintákra: 1,0 g;
- Extrakciós oldószer folyadékmintákra: 5 mL metanol;
- Minta tömege szilárd mintákra: 2,0 g;
- Extrakciós oldószer szilárd mintákra: 15 mL metanol-víz (70/30, v/v) elegy;



1. ábra. Alternaria toxinok szerkezete és fontosabb fizikai-kémiai tulajdonságuk



2. ábra. Alternaria toxinok (TEA származékolt formában) és a citrinin LC-MS/MS kromatogramjai

- Származékképző szer: 0,58% DNPH vizes sósavas oldata;
- Stop reagens: 5% (v/v) undekanal metanolban;
- Minta-tisztítás: polimer alapú szilárd fázisú extrakcióval (SPE);
- Minta bepárlás és visszaoldás metanolban;
- Fecskendőszűrés PTFE szűrőn;
- LC-MS/MS elválasztás: savas eluens, C-18-as állófázis és ESI negatív ionizáció (**1. táblázat**);
- Fecskendőszűrés hidrofil PTFE szűrőn;
- Kalibráció: mátrixhoz illesztett kalibráció izotópjelzett belső standard nélkül;

1. táblázat. *Alternaria* toxinok és a citrinin ionátmenetei ESI negatív ionizáció és kémiai származékképzés mellett.

Komponens	Anyaiion (m/z)	Leányionok (m/z)	Ütközési energia (V)
TEA-hidrazon	376	301	15
		329	15
ALT	291	248	20
		203	30
AOH	257	215	20
		147	20
TEN	413	271	15
		215	15
AME	271	256	20
		228	20
Citrinin	249	205	15
		177	20

2. táblázat. *Alternaria* toxinok eredményei jártassági vizsgálatban. A minták (paradicsomlé), illetve a standard oldat is származékképzés után került vizsgálatra.

Minta	Komponens	Detektált koncentrációk (µg/kg mintában és µg/L a standard oldatban)	Hozzárendelt értékek (µg/kg mintában és µg/L standard oldatban)	Z-érték	Értékelés
1	TEA	51,9	53,0	-0,1	Megfelelő
	ALT	<LOQ (25 µg/kg)	9,48	-	Megfelelő
	AOH	16,5	13,9	0,8	Megfelelő
	TEN	9,0	8,29	0,4	Megfelelő
	AME	11,3	11,0	0,1	Megfelelő
2	TEA	28,0	27,0	0,2	Megfelelő
	ALT	<LOD	-	-	Megfelelő
	AOH	6,30	6,58	-0,2	Megfelelő
	TEN	<LOD	-	-	Megfelelő
	AME	1,64	1,56	0,2	Megfelelő
3	TEA	38,4	39,1	-0,1	Megfelelő
	ALT	30,7	30,0	0,1	Megfelelő
	AOH	37,5	36,3	0,1	Megfelelő
	TEN	31,8	27,4	0,7	Megfelelő
	AME	38,8	37,3	0,2	Megfelelő
Standard oldat	TEA	7,90	11,0	-1,3	Megfelelő
	ALT	7,48	8,73	-0,6	Megfelelő
	AOH	8,46	10,2	-0,8	Megfelelő
	TEN	10,9	10,7	0,1	Megfelelő
	AME	11,8	11,4	0,1	Megfelelő

A módszer laboratóriumon belüli validálásán túl részt vettünk egy nemzetközi jártassági vizsgálatban is, amelyet a Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR, Berlin, Németország), mint Nemzeti Referencia Laboratórium (NRL) szervezett az öt *Alternaria* toxin paradicsomléből történő meghatározására. A vizsgálat során három mintából és egy standard oldatból kellett az öt toxint vizsgálni [7]. Az eredményeinket a **2. táblázat** tartalmazza. Minden közölt érték elfogadható volt, a Z-score értékek -2 és +2 között alakultak. Az eredmények azt mutatták, hogy a pályázatban részünkről ajánlott módszer megfelelően bizonyul az *Alternaria* toxinok szabványosítására.

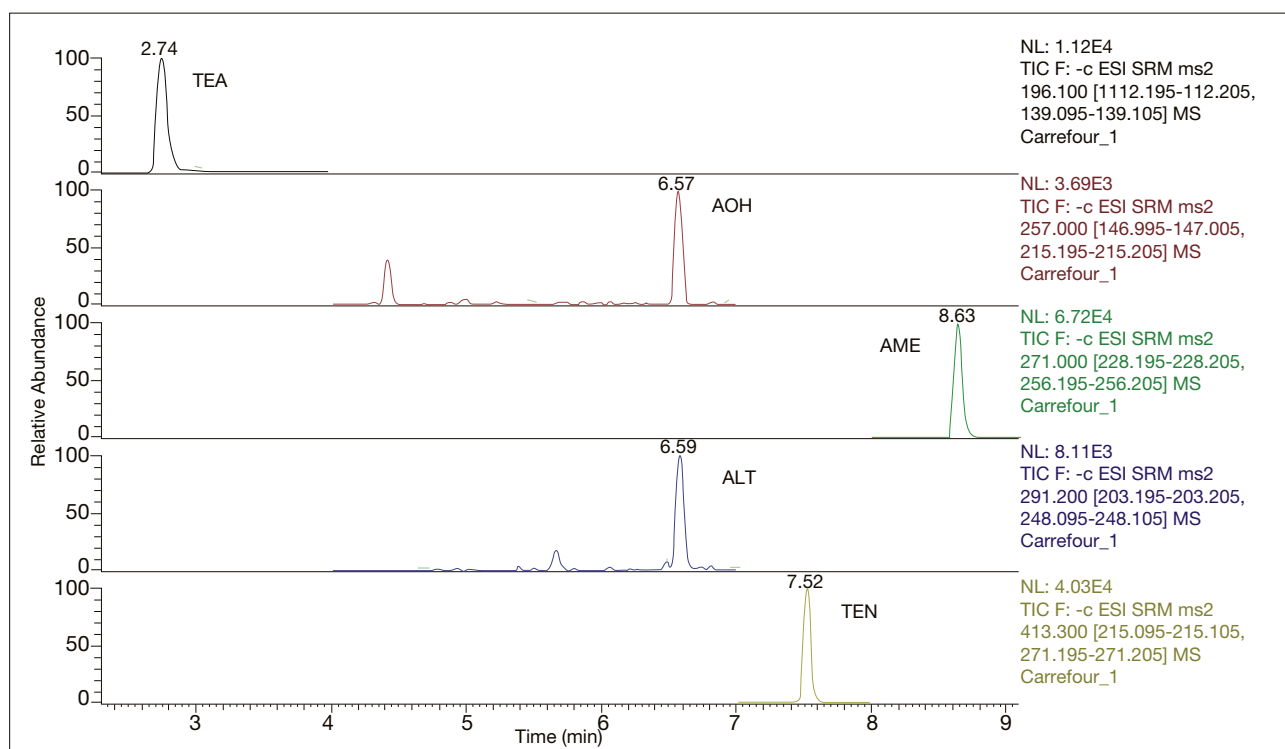
4. A módosított vizsgálati módszer

A JRC által javasolt vizsgálati módszert elfogadta a CEN és a mandátumot (mandate M/520) a JRC-nek adta 2014-ben. A munkacsoport (TC 275 WG 5 „Horizontal Methods for Food – Biotoxins”) azonban a módszerben szereplő kémiai származékképzést azzal az indokkal nem támogatta, hogy az egy további és időigényes lépés a módszerben, csökkentheti a precizitását, ezért javasolt elkerülni. A citrinin meghatározása sem kerülhetett a módszerbe, csak *Alternaria* toxinokat tartalmazhatott a vizsgálat.

A TEA vizsgálható natív formában is, de ehhez a HPLC elválasztást lúgos kémhatású eluenssel kell végezni, ami olyan állófázist igényel, ami pH 9-ig stabil. A módszer valóban egyszerűbbé vált származékképzés nélkül (**3. ábra**), de ehhez lényegesen módosítani kellett az eljárást úgy, hogy a mérési eredmények pontossága ne csökkenjen. A származékképzés hátránya az időigényességen túl a zajszint emelkedése is volt, ugyanis a DNPH-ból sok mátrixalkotó vegyület származik, amelyek ko-eluálódhatnak a célkomponensekkel, és növelik a zajt az MS/MS készülékben. A módosított módszerben lényegében a HPLC-s elválasztást kellett optimalálni, illetve olyan extrakciós közeget választani, amellyel minden mátrixból a lehető legjobb kinyerést lehet elérni.

Az így kialakított módszer fontosabb jellemzői [8]:

- Öt komponens vizsgálata (TEA, ALT, AOH, TEN és AME);
- Mátrixok: gabona, paradicsomlé, napraforgómag;
- Minta tömege folyadékmintákra: 2,0 g;
- Extrakciós oldószer: 15 mL metanol/víz/ecetsav (80/19/1, v/v/v);
- Minta-tisztítás: polimer alapú szilárd fázisú extrakcióval (SPE);
- Minta bepárlás és visszaoldás 100 µL dimetil-szulfoxidban és hígítás 900 µL vízzel;
- Fecskendőszűrés hidrophil PTFE szűrőn;
- LC-MS/MS elválasztás: lúgos pH-jú eluens (pH 8,7), C-18-as állófázis és ESI negatív ionizáció (**3. táblázat**);
- Kalibráció: mátrixhoz illesztett kalibráció izotópjelzett belső standard nélkül;



3. ábra. *Alternaria* toxinok LC-MS/MS kromatogramjai (10 µg/kg) lúgos kémhatású eluenssel, származékképzés nélkül

Ezt a módosított módszert a munkacsoport elfogadta és laboratóriumon belüli validálása után 2015 tavaszán megkezdődhetett a vizsgálati módszer laboratóriumok közötti validálása is.

3. táblázat. *Alternaria* toxinok ionátmenetei ESI negatív ionizációval származékképzés nélkül.

Komponens	Anyaiion (m/z)	Leányionok (m/z)	Ütközési energia (V)
TEA	196	139 112	15 20
ALT	291	248 203	20 30
AOH	257	215 147	20 20
TEN	413	271 215	15 15
AME	271	256 228	20 20

5. A módszer laboratóriumok közötti validálása

A szabványosítási folyamat legfontosabb része a módszer laboratóriumok közötti validálása, amelynek fő célja a vizsgálat reprodukálhatóságának ellenőrzése és értékelése. Ehhez természetesen szennyezett (alacsony, közepes és magas szintű) és adalékolt mintákban kell meghatározni a toxinok koncentrációit. Egy adott komponens adott mintában lévő koncentrációjának értékeléséhez minimum nyolc független érték szükséges, ugyanakkor csak két laboratórium eredménye zárható ki [9]. Célszerű legalább tizenöt laboratórium részvétele, hogy minden mintához és komponenshez a megfelelő számú eredmény álljon rendelkezésre. A tapasztalat alapján ugyanis a résztvevők közül kb. 2-3 laboratórium nem közöl eredményt, míg egyes mintákhoz és azon belül komponensekhez nem mindig születik megfelelő számú közölt eredmény. Főképp az alacsony koncentrációs szinteken fordulhat ez elő, mert nem minden résztvevő rendelkezik megfelelő érzékenységű készülékkel.

Amennyiben a validálás során régóta vizsgált komponensek (például DON vagy aflatoxinok) meghatározása a cél, úgy viszonylag egyszerű rutinos laboratóriumokat felkérni a validálásra korábbi körvizsgálatokban történő sikeres szereplésük alapján. Ugyanakkor az *Alternaria* toxinokat a mai napig is nagyon kevés laboratórium vizsgálja, így a validálásra jelentkező laboratóriumok előzetes rutinnal nem mindig rendelkeznek. Ezért szükségessé válik egy ún. elővalidálás (pre-trial) megszervezése, amelyben a validálásban résztvevő laboratóriumok előzetesen elsajátíthatják a módszert. Esetünkben az elővalidálás huszonöt laboratórium részvételével, paradicsomlé mintákat vizsgálva zajlott [8], a résztvevő laboratóriumok közül pedig mindössze három rendelkezett előzetes *Alternaria* LC-MS/MS vizsgálati ismeretekkel. A huszonöt laboratóriumból végül csak tizenhat vett részt a végső validálásban, mert vagy nem küldtek vissza eredményt, vagy az eredményeik szignifikánsan eltértek a konszenzusos átlagtól.

A végső validálás során a tizenhat laboratórium számára az alábbi mintákat küldtük el [8]:

- *Alternaria* toxinokkal természetesen szennyezett gabona: búza, tritikálé és cirok;
- *Alternaria* toxinokkal természetesen szennyezett paradicsomlé: 3 sarzs;
- *Alternaria* toxinokkal természetesen szennyezett napraforgómag: 2 sarzs hántolatlan és 1 magkeverék, ami hántolt és hántolatlan minták keveréke volt;
- Minden mintát két kód (blind replicates) alatt kaptak meg a résztvevők, hogy a laboratóriumon belüli ismételtetés is tudjuk értékelni, illetve a reprodukálhatóság vizsgálatához több adat álljon rendelkezésre;
- Az adalékolt minták készítéséhez külön tesztmintákat küldtünk mátrixonként, amelyekhez *Alternaria* toxinokat ismeretlen koncentrációban tartalmazó standard oldatkeveréket is biztosítottunk a résztvevő laboratóriumok számára. Az adalékolt mintákat a laboratóriumok készítették az „adalékolási útmutató” alapján;
- Mátrixonként vakmintákat a mátrixhoz illesztett kalibrációhoz;
- Napraforgómag esetén a vakminta hántolt napraforgó volt, mert a hántolatlan minták magas TEA tartalmúak, így kalibrációra nem alkalmasak;
- A célkomponensek analitikai standardjait, illetve azok standard oldatkeverékét is biztosítottuk, hogy minden laboratórium azonos kalibráló oldatot használjon, ebből eltérés ne adódhasson;

- A minták homogenitását a harmonizált protokoll szerint ellenőriztük az elküldést megelőzően [10];
- A mintaküldéssel egy időben megkezdődött a minták stabilitásvizsgálata különböző hőmérsékleteken és időtartamban;

A CEN által elvárt koncentrációs szintek a validálásban: 1-10 µg/kg ALT, AOH és AME esetén, 10-1000 µg/kg pedig TEA és TEN esetén. A visszanyerést az adalékolt mintákban mért koncentrációkból értékeltük, az adalékolási szintek 2 és 8 µg/kg ALT, AOH és AME esetén, míg 50 és 200 µg/kg TEA és TEN esetén. Ezek a szintek ismeretlenek voltak a résztvevők számára.

A beérkezett eredmények (visszanyeréssel nem korrigált koncentrációk) statisztikai értékelése főképp a reprodukálhatóságot célozta meg [9]. A módszer reprodukálhatóságát jól jellemzi az ún. HorRat érték. A HorRat érték az adott célkomponens adott mintára számolt reprodukálhatóságának és a szervezők által elvárt célreprodukálhatóságnak a hányadosa. Ez utóbbi reprodukálhatósági érték (a „célreprodukálhatóság”) a Horwitz-Thompson egyenletből számolható: 120 µg/kg alatt egységesen 22%, míg felette a klasszikus Horwitz-összefüggés alkalmazható [11]. A HorRat értéknek a validálási kritériumok alapján kettőnél kisebbnek kell lennie; ez a feltétel teljesült is, kivéve a TEA esetében, a héjas napraforgó mintáknál. A **4. táblázat** a TEA-ra számolt HorRat értékeket mutatja különböző napraforgó minták esetén. Míg héjas napraforgóknál a számolt HorRat értékek a koncentrációtól függetlenül egységesen 2,4-nek adódtak [8], addig a hántolt mintákra – amelyek jóval kisebb koncentrációban tartalmazták a TEA-t –, kettő alatti értéket vettek fel. A héjas minták elemzése során tapasztalt alacsonyabb reprodukálhatóság a kalibrációval és a mátrixhatással magyarázható, amely az LC-MS/MS alapú mérések sajátossága, és döntően a módszer precizitását és pontosságát befolyásolja [11]. A validálás során hántolt napraforgó mintát biztosítottunk a kalibrációhoz, mert az kismértékű természetes eredetű TEA szennyezést tartalmazott, szemben a héjassal, amely magas koncentrációban volt szennyezve TEA-val. A héjas és a hántolt napraforgó minták extraktumai lényegesen eltérő mátrixot tartalmaznak, amelyet akár színük alapján is észre lehet venni. Ebből adódóan a hántolt mintából készült kalibráció a héjas napraforgó mintákban lévő mátrixhatást nem tudta kompenzálni, így a detektált koncentrációkat a mátrixhatás lényegesen befolyásolta. Ennek oka, hogy a héjas napraforgó endogén alkotói eltérnek a hántoltétól.

4. táblázat. TEA-ra számolt HorRat értékek napraforgóminták esetén mátrixhoz illesztett kalibrációval

	Héjas	Héjas	Héjas	Hántolt	Hántolt
Koncentráció (µg/kg)	804	1102	452	53,0	153
Ismételhetőség (RSD%)	18,8	14,9	15,3	10,4	11,6
Reprodukálhatóság (RSD%)	39,5	38,3	43,7	35,7	25,0
Célreprodukálhatóság (RSD%)	16,5	15,8	18,0	22,0	21,2
HorRat	2,4	2,4	2,4	1,2	1,6

Fontos megjegyezni, hogy a laboratóriumok csak a detektált koncentrációkat közölték; a mért értékeket nem korrigálták visszanyeréssel, szemben a hagyományos körvizsgálatoknál megszokott eljárásrenddel. A különböző laboratóriumok más és más készülékeket használtak, amelyekben eltérő lehetett a héjas napraforgók vizsgálata során jelentkező mátrixhatás. Mivel a hántolt mintából felvett kalibráció a mátrixhatást nem kompenzálta megfelelően, így a résztvevők által mért értékek között nagy különbségek adódtak. Ugyanez a probléma hántolt napraforgók elemzésénél nem jelentkezett, mert a kalibrációban és a tesztmintában hasonló mértékű mátrixhatás jelentkezhetett a minták azonossága miatt. Érdeemes megfigyelni, hogy az ismételhetőség a héjas mintáknál is elfogadható volt (<20%). Ennek oka, hogy ugyanazon minta ismételt elemzésénél ugyanabban a készülékben azonos mátrixhatás jelentkezik, így a laboratóriumok a párhuzamos minták esetén hasonló koncentrációt detektáltak laboratóriumon belül, míg a laboratóriumok közötti értékek eltérők lettek a különböző készülékekben jelentkező eltérő mátrixhatások miatt.

6. A végső módszer izotóphígítással, és a laboratóriumok közötti validálása

Mivel nem minden komponensnél és mintánál sikerült a validálás során a HorRat értéket kettes érték alá vinni, így szükségessé vált a módszer további fejlesztése. Az LC-MS/MS módszerek reprodukálhatósága nagymértékben növelhető izotóphígítással (Isotope Dilution Mass Spectroscopy – IDMS), ami jól kompenzálja a mintáról mintára változó mátrixhatást. Ez esetben a célvegyület stabil izotópjelzett analógiát mint belső standardot (Internal Standard – ISTD) adjuk a mintához. A belső standard fizikai-kémiai tulajdonságai megegyeznek a célkomponens tulajdonságaival (kis polaritásbeli különbség deuterált standardoknál előfordulhat), így a célvegyület és annak izotópjelzett vegyülete ideális esetben azonos retenció időben eluálódik.

A ko-elúció következtében a célkomponenst és annak belső standardját ugyanolyan irányú és mértékű mátrixhatás éri az ionforrásban, így a célvegyület és az ISTD válaszelőjelek (területének) aránya, az izotóp arány (Isotope Ratio – IR) független lesz a mátrixhatástól. Az ISTD nem okoz interferenciát a célkomponens jelenlétében, mert más, a célkomponens m/z értékétől függően kellően távoli (célszerűen legalább +3 Da) m/z értéken detektálható az izotópjelzés következtében.

Ehhez izotópjelölt ISTD-k szükségesek, amelyek 2015-ben még nem voltak elérhetők, ezért első körben mátrixhoz illesztett kalibrációt alkalmaztunk. 2018-ban azonban megjelentek a kereskedelmi forgalomban az *Alternaria* stabil izotópjelölt (¹³C vagy deutérium jelzett) ISTD-k (TEA-¹³C₂, ALT-d₆, AOH-d₃, TEN-d₃ és AME-d₃), így lehetőség nyílt a módszer IDMS technikával történő újra validálására.

A JRC 2018 után az izotópjelölt ISTD-vel kiegészített módszer segítségével megismételte a laboratóriumon belüli és a laboratóriumok közötti validálást (**5. táblázat**). A koncepció azonos volt az első és a második validálás során is annyi változással, hogy a második eljárás során csak búzaminták szerepeltek a gabonaalapú minták között, illetve a paradicsomalapú minták paradicsompürék voltak. TEA esetén a HorRat értékek 0,40 és 0,66 között alakultak IDMS detektálással héjas mintákban, míg a hántolt mintában 0,53 lett az érték, ami lényegesen jobb, mint az ISTD nélküli értékek (**4. táblázat**). Az előzetes várakozásoknak megfelelően az izotóphígítás a laboratóriumok közötti reprodukálhatóságot nagymértékben javította. A validálás során az elvárt precizitást csak ISTD-vel lehetett elérni, ami az LC-MS mennyiségi vizsgálatok során gyakran előfordul. Ennek oka mindig a mátrixhatás kompenzációja.

5. táblázat. *Alternaria* toxinok és az izotópjelölt ISTD-k ionátmenetei ESI negatív ionizációval.

Komponens	Anyaiion (m/z)	Leányionok (m/z)	Ütközési energia (V)
TEA	196	139 112	-27 -30
TEA- ¹³ C ₂	198	141	-27
ALT	291	214 186	-29 -35
ALT-d ₆	296	189	-35
AOH	257	215 212	-35 -35
AOH-d ₃	260	218	-35
TEN	413	141 271	-25 -22
TEN-d ₃	416	274	-22
AME	271	256 228	-27 -36
AME-d ₃	274	259	-36

7. Dokumentáció

A validálás teljes dokumentációja 2020-ra készült el [12], a szabványtervezettel együtt. A draft szabvány bírálata és javítása hamarosan befejeződik, és várhatóan a 2021. év végén a CEN elfogadja a javasolt szabványt (a szabvány a cikk beküldése óta megjelent: CEN EN 17521:2021 Foodstuffs - Determination of *Alternaria* toxins in tomato, wheat and sunflower seeds by SPE clean-up and HPLC-MS/MS. A szerk.)

8. Eltérés a szabványmódszertől

Az egyes műszerforgalmazók LC-MS/MS készülékei érzékenység tekintetében jelentős eltéréseket mutathatnak. Ennek egyik fő oka az ionforrásban rejlik [11]. Míg a szabványban ESI (Electrospray Ion Source) ionforrás alkalmazása szerepel, addig a szakirodalomban alig lehet találni olyan applikációt, ahol a készülék ESI ionforrása elegendő hatékonyságot biztosított volna a kívánt kimutatás eléréséhez, így az atmoszférikus nyomású kémiai ionizáció (Atmospheric Pressure Chemical Ionisation – APCI) alkalmazása vált szükségessé [13]. Egy másik eshetőség, az, amikor a használt készülék olyan nagy érzékenységű, hogy nincs szükség szilárd fázisú tisztításra, dúsításra (Solid Phase Extraction – SPE), hanem a minta extraktumát közvetlenül injektálhatjuk a készülékbe („dilute-and-shoot”) [11], [14]. A szabvány lényege, hogy a benne leírt módszert minden laboratórium tudja azt alkalmazni, így elkerülhetetlen volt az SPE dúsítás alkalmazása az alacsony koncentrációs szint, illetve a hántolatlan napraforgómag minta komplexitása miatt. Amennyiben az első validálás sikeres, úgy valószínűleg mátrixhoz illesztett kalibrációt javasolna a szabvány.

Ugyanakkor az ISTD-k megjelenésével a későbbiek során a laboratóriumok egy csoportja inkább az IDMS használatát preferálná. Ebből a szempontból szerencsés, hogy a szabványban bevezették az IDMS-t, amely egyszerűbb és pontosabb, viszont az ISTD-k beszerzése költségesebb. ISTD hiányában standard addíciót (mint mennyiségi értékelést), is lehet alkalmazni a mátrixhatás megfelelő kompenzációjára, ez viszont időigényes, mert minden mintát minimum négyszer-öttször elő kell készíteni. Mégis vannak laboratóriumok, amelyek ezt a típusú értékelést alkalmazzák.

9. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani Carlos Gonçalves-nek a szabványosítási projekt eredményes befejezéséért.

10. Referenciák

- [1] A Bizottság 1881/2006/EK rendelete (2006. december 19.) az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról. Az Európai Unió Hivatalos Lapja, L 364/5. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=HU> (Hozzáférés: 2021.04.12)
- [2] EFSA, European Food Safety Authority, (2011): Scientific Opinion on the risks for public and animal health related to the presence of citrinin in food and feed, EFSA J. 10 p. 1-82. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2605>
- [3] CEN/TR 16059, Food analysis. Performance criteria for single laboratory validated methods of analysis for the determination of mycotoxins.
- [4] Tölgyesi, Á., Stroka, J. (2014): Report on the development of a method for the determination of *Alternaria* toxins and citrinin in wheat, tomato juice and sunflower seeds by liquid chromatography – tandem mass spectrometry. JRC Technical report <https://op.europa.eu/hu/publication-detail/-/publication/8120d128-d19d-4dfb-bc3b-d3c290eff59a/language-en> (Hozzáférés: 2021.02.24)
- [5] Asam, S., Liu, Y., Konitzer, K., Rychlik, M. (2011): Development of a stable isotope dilution assay for tenuazonic acid, J. Agr. Food Chem. 59 p. 2980–2987. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf104270e>
- [6] Lau, BP-Y, Scott, P.M., Lewis, D.A., Kanhere, S.R., Cleroux, C., Roscoe, V.A. (2003): Liquid chromatography–mass spectrometry and liquid chromatography–tandem mass spectrometry of the *Alternaria* mycotoxins alternariol and alternariol monomethyl ether in fruit juices and beverages. J Chromatogr A. 998 p. 119–131. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00606-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00606-X)
- [7] Tölgyesi, Á., Stroka, J., Tamosiunas, V., Zwickel, T. (2015): Simultaneous analysis of *Alternaria* toxins and citrinin in tomato: an optimised method using liquid chromatography-tandem mass spectrometry, J. Food Addit. Contam. 32 p.1512–1522. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00606-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00606-X)
- [8] Tölgyesi, Á., Stroka, J. (2016): Collaborative study report: Determination of *Alternaria* toxins in cereals, tomato juice and sunflower seeds by liquid chromatography tandem mass spectrometry, JRC Technical Report, <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/collaborative-study-report-determination-alternaria-toxins-cereals-tomato-juice-and-sunflower-seeds> (Hozzáférés: 2021.03.14)
- [9] Practical guide to ISO 5725-2:1994 — Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method. Geneva, Switzerland.
- [10] Thompson, M., Ellison, S.L.R., and Wood, R. (2006): The International Harmonised Protocol for the Proficiency Testing of Analytical Chemistry Laboratories. Pure Appl. Chem. 78(1):145–196.
- [11] Tölgyesi, Á. (2021): Gyakorlati példák a folyadékkromatográfiával kapcsolt hármas kvadrupol rendszerű tandem tömegspektrometria élelmiszer-, bio- és textilanalitikai alkalmazására, Kromatográfus különszám, Gen-lab Kft., Budapest, Magyarország https://www.gen-lab.hu/kromatografus_21 (Hozzáférés: 2021.02.07)
- [12] Gonçalves, C., Tölgyesi, Á., Bouten, K., Robouch, P., Emons, H., Stroka, J. (2021): Determination of *Alternaria* toxins in tomato, wheat and sunflower seeds by SPE and LC-MS/MS – a method validation through a collaborative trial, J. AOAC Inter. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsab094>
- [13] Tölgyesi, Á., Kozma, L., Sharma, V.K. (2020): Determination of *Alternaria* toxins in sunflower oil by liquid chromatography isotope dilution tandem mass spectrometry, Molecules 25, 1685. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25071685>
- [14] Tölgyesi, Á., Farkas, F., Bálint, M., McDonald, T.J., Sharma, V.K (2021): A dilute and shoot strategy for determining *Alternaria* toxins in tomato-based samples and in different flours using LC-IDMS separation, Molecules 26, 1017. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26041017>

Ádám TÖLGYESI¹DOI: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2022/1-1-ENG>

Received: August 2021 – Accepted: February 2022

International standardization of an LC-MS/MS based food analytical method: development of a generally accepted test procedure for Alternaria toxins

Keywords: mycotoxin, isotope dilution mass spectrometry (LC-IDMS), standardization, citrinin, validation, HorRat value, Horwitz-Thompson equation

1. SUMMARY

There are more than seventy varieties of *Alternaria* toxins, but researchers have so far identified only a few of them structurally. The objective of this paper is to present a nearly ten-year process, during which an international standard for the simultaneous analysis of five *Alternaria* toxins in food samples was developed. This long process includes the development of the need for the standard and, in addition to the preparation and evaluation of the standardization tender, the development of the method, its validation and documentation. The paper focuses mainly on the development and validation of the analytical method, which is the longest and most labor-intensive part of the process, but in order to understand the overall picture, it is also necessary to emphasize the first and final steps. The development of a standard is a task of great responsibility for both the preparers of the standard and those involved in the validation and documentation of the standard, as the use of standardized methods is expected by the customers of the laboratories. On the other hand, laboratories that choose unique, self-developed methods can ascertain the accuracy and precision of their procedure by comparing them with the standard method. In this process that went on for nearly ten years, the original analytical method underwent several changes; the goal of these improvements was to make the procedure as simple and reproducible as possible. This is how the use of isotope dilution mass spectrometry was reached through derivatization. It is important to emphasize that one of the goals of standardization is to have an appropriate analytical method available to authority laboratories for the testing of legally prescribed food contaminants, which procedure is available to any laboratory, however, it is questionable, whether the cost of the test covers its application. Consequently, it is not necessarily the most cost-effective analysis which is recommended by the standard, which may be the cause of conflict between the professional and economic managers of a laboratory in the case of private laboratories. The final form of the liquid chromatography/isotope dilution mass spectrometry (LC-IDMS) standard method developed for *Alternaria* toxins is likely to be approved and published by the European Committee for Standardization (CEN) in the end of 2021 (the standard has been issued since the article was submitted: CEN EN 17521:2021 Foodstuffs - Determination of *Alternaria* toxins in tomato, wheat and sunflower seeds by SPE clean-up and HPLC-MS/MS. The Editor). The standard will contain the determination of tenuazonic acid (TEA), altenuane (ALT), alternariol (AOH), tentoxin (TEN) and alternariol monomethyl ether (AME).

¹ Mertcontrol Kft.

2. Introduction

Legislation on natural (such as plant toxins) or artificial (such as residual substances) contaminants in foods is strictest in the European Union (EU) worldwide, regulating maximum allowable levels and limit values for contaminants in foods and feeds of plant and animal origin. Commission Regulation (EC) 1881/2006 [1] contains the so-called mycotoxin limit values in foods from byproducts of the secondary metabolism of molds in agricultural crops. The regulation is expanded constantly: while initially it only contained „classical” toxins such as deoxynivalenol (DON), aflatoxins (B1, G1, B2, G2, M1), fumonisins (B1 and B2) or patulin, by 2013 T-2, HT-2, and by 2016 citrinin were also included in the toxin regulation. The range of components is expanded constantly; the process is preceded by a scientific opinion formulated by the European Food Safety Authority (EFSA), as well as other impact studies. They take into account both the economic points of view of producers and the short- and long-term health risks of the toxins. *Alternaria* toxins are not yet regulated, the permissible limit values are expected in the 1-10 µg/kg range for ALT, AOH and AME, and in the 10-1,000 µg/kg range for TEA and TEN. The foodstuffs concerned are cereals (primarily wheat), tomato-based foods (tomato juice or puree) and products made from sunflower seeds and similar raw materials [2].

The EFSA report on *Alternaria* toxins titled „Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of *Alternaria* toxins in feed and food” was published in 2011 [2], and it discusses their presence in various foods, human and animal health studies and their potential risks over 97 pages. A further goal of the report is to draw attention to future regulations and to the development of a uniform analytical method. Accordingly, the analysis of *Alternaria* toxins in wheat, tomato and sunflower seeds by liquid chromatography tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) was published as a standardization procedure in the mycotoxin standardization tender announced by CEN in spring 2013.

3. Initial (intra-laboratory) analytical method

According to the basic requirement of the tender, the aspirant laboratory must have a valid accredited status according to standard ISO 17043, which applies to the organization of proficiency tests and means a well-defined test protocol that meets the analytical performance characteristics for single laboratory validation [3]. Lacking this, the laboratory must have a procedure previously certified by inter-laboratory validation. Due to its cost implications, the latter is a rarer case, but it is much more efficient in demonstrating the true reproducibility of the method than the requirements of standard ISO 17043, whereas the former validation only shows the in-laboratory reproducibility (intermediate precision) of the analysis.

The European Commission Joint Research Centre (JRC, Geel, Belgium) is a joint research center within the EU, which until 2017 included the EU Reference Laboratory for Mycotoxins (EU-RL for Mycotoxins). In 2013, an LC-MS/MS method was developed as an EU-RL method for wheat, tomato juice and sunflower seeds for the following five main *Alternaria* toxins (**Figure 1**): tenuazonic acid (TEA), altenuane (ALT), alternariol (AOH), tentoxin (TEN) and alternariol monomethyl ether (AME) [4]. Of the five toxins, TEA has the most different structure and physicochemical properties (chelating properties) from the other toxins [5]. Accordingly, previous literature has focused on the determination of TEA [5], or the other toxins [6], less attention has been paid to their simultaneous analysis. Our goal was a five-component simultaneous analysis, which was achieved by chemical derivatization. The structure of TEA contains an aldehyde functional group that is highly reactive with 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH), and the physicochemical properties (e.g., Log *P*, octanol-water distribution) of the resulting TEA hydrazone are much closer to those of the other *Alternaria* toxins from a chromatography point of view [5]. In the derivatized form, it loses its chelating properties. DNPH reacts only with TEA among the target components (**Figure 2**), it does not interfere with the determination of the others [7]. The extraction procedure arrived at in the method was developed using an experimental design with a sample of rye naturally contaminated with the toxins. In addition to *Alternaria* toxins, citrinin was also included in the method. The main characteristics of the method developed in this way are the following [4], [7]:

- Analysis of six components (TEA, ALT, AOH, TEN, AME and citrinin);
- Matrices: cereals, tomato juice, peeled sunflower seeds;
- Sample weight for liquid samples: 1.0 g;
- Extraction solvent for liquid samples: 5 mL of methanol;
- Sample weight for solid samples: 2.0 g;
- Extraction solvent for solid samples: 15 mL of methanol-water (70/30, v/v) mixture;
- Derivatizing agent: 0.58% DNPH in aqueous hydrochloric acid;
- Stop reagent: 5% (v/v) undecanal in methanol;
- Sample purification: polymer-based solid phase extraction (SPE);
- Sample evaporation and redissolution in methanol;

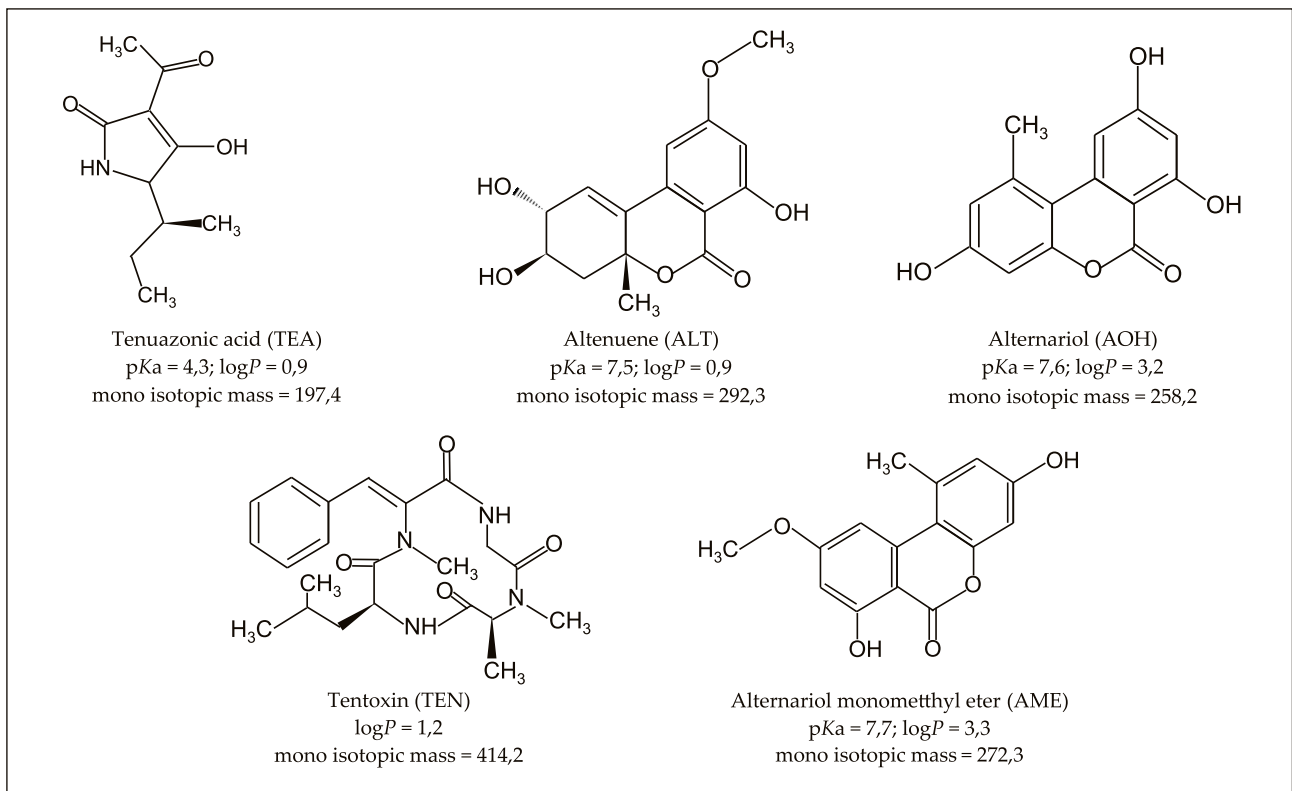


Figure 1. The structure of *Alternaria* toxins and their most important property

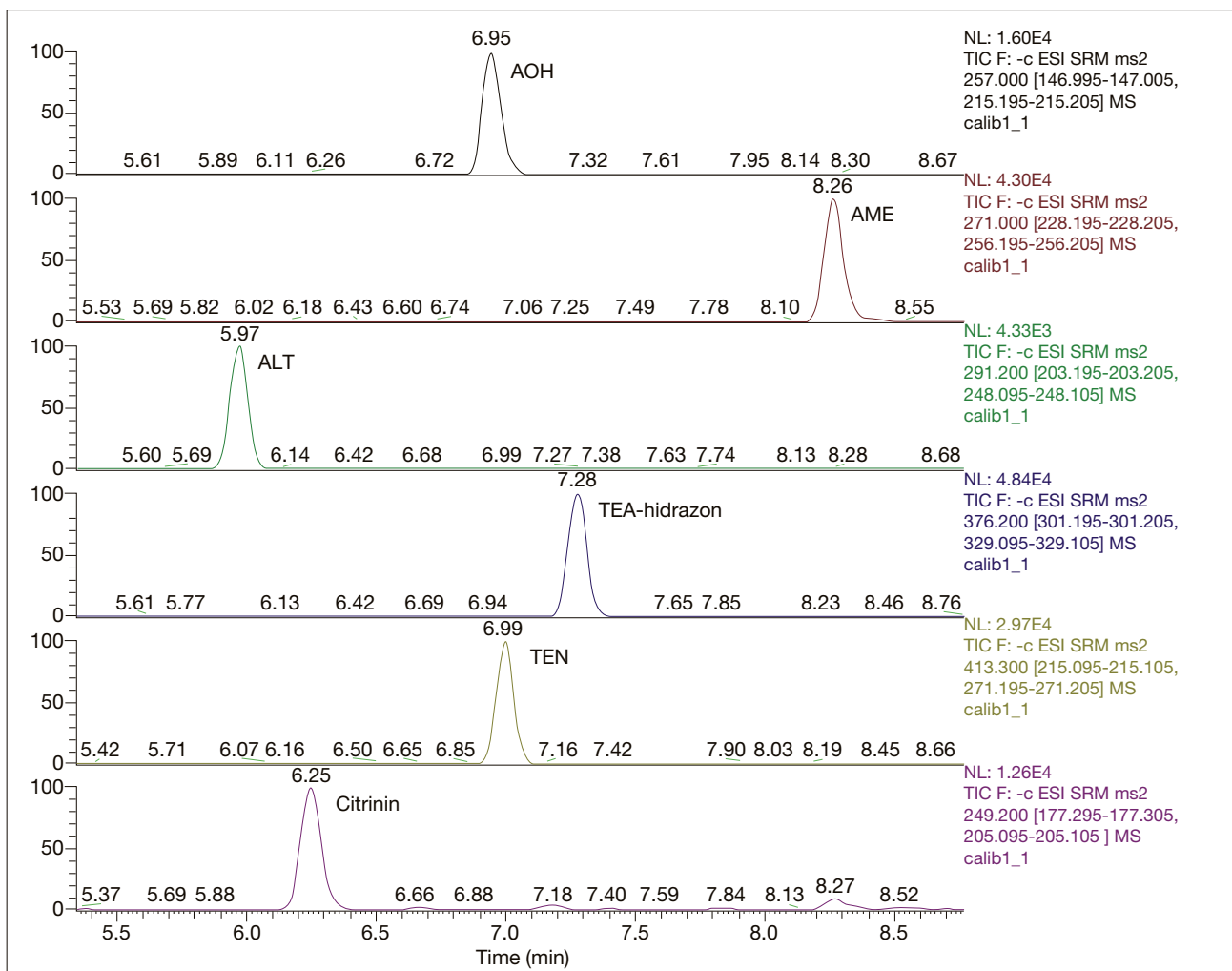


Figure 2. LC-MS/MS chromatograms of *Alternaria* toxins and the citrinin (10 µg/kg); (the TEA was in derivatisation form)

- Syringe filtration on PTFE filter;
- LC-MS/MS separation: acidic eluent, C-18 stationary phase and ESI negative ionization (**Table 1**);
- Syringe filtration on hydrophilic PTFE filter;
- Calibration: matrix-matched calibration without isotope-labelled internal standard.

Table 1. Ion transitions of *Alternaria* toxins and citrinin using ESI negative ionisation and chemical derivatisation

Component	Parent ion (m/z)	Daughter ions (m/z)	Collision energy (V)
TEA-hydrazone	376	301 329	15 15
ALT	291	248 203	20 30
AOH	257	215 147	20 20
TEN	413	271 215	15 15
AME	271	256 228	20 20
Citrinin	249	205 177	15 20

Table 2. Results of *Alternaria* toxins in proficiency test. The samples (tomato juice) and the standard solution were also tested after derivatization

Sample	Component	Detected concentrations (µg/kg in the sample and µg/L in the standard solution)	Assigned values (µg/kg in the samples and µg/L in the standard solution)	Z-value	Evaluation
1	TEA	51.9	53.0	-0.1	Accepted
	ALT	<LOQ (25 µg/kg)	9.48	-	Accepted
	AOH	16.5	13.9	0.8	Accepted
	TEN	9.0	8.29	0.4	Accepted
	AME	11.3	11.0	0.1	Accepted
2	TEA	28.0	27.0	0.2	Accepted
	ALT	<LOD	-	-	Accepted
	AOH	6.30	6.58	-0.2	Accepted
	TEN	<LOD	-	-	Accepted
	AME	1.64	1.56	0.2	Accepted
3	TEA	38.4	39.1	-0.1	Accepted
	ALT	30.7	30.0	0.1	Accepted
	AOH	37.5	36.3	0.1	Accepted
	TEN	31.8	27.4	0.7	Accepted
	AME	38.8	37.3	0.2	Accepted
Standard solution	TEA	7.90	11.0	-1.3	Accepted
	ALT	7.48	8.73	-0.6	Accepted
	AOH	8.46	10.2	-0.8	Accepted
	TEN	10.9	10.7	0.1	Accepted
	AME	11.8	11.4	0.1	Accepted

In addition to the in-laboratory validation of the method, we also participated in an international proficiency test organized by the Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR, Berlin, Germany) as a National Reference Laboratory (NRL) for the determination of the five *Alternaria* toxins in tomato juice. During the analysis, the five toxins had to be determined in three samples and a standard solution [7]. Our results are shown in **Table 2**. All reported values were acceptable, with Z-score values between -2 and +2. The results showed that the method recommended by us in the tender is suitable for the standardization of *Alternaria* toxins.

4. Modified analytical method

The analytical method proposed by the JRC was adopted by CEN and the mandate (mandate M/520) was given to the JRC in 2014. However, the working group (TC 275 WG 5 „Horizontal Methods for Food – Biotoxins”) did not support chemical derivatization in the method on the grounds that it is an additional and time-consuming step in the method, which may reduce its precision and should be avoided. The determination of citrinin could not be included in the method either, the analysis could only contain *Alternaria* toxins.

TEA can also be analyzed in its native form, but in this case HPLC separation has to be carried out with an alkaline eluent, requiring a stationary phase that is stable up to pH 9. The method has indeed become simpler without derivatization (**Figure 3**), but this has required significant modifications to maintain the accuracy of the procedure. In addition to being time-consuming, another disadvantage of derivatization was an increase in the noise level, as many matrix-forming compounds also react with DNPH, which can co-elute with the target components, increasing the noise in the MS/MS instrument. In the modified method, essentially the HPLC separation had to be optimized and an extraction medium had to be selected which ensured the best possible recovery from each matrix.

The main characteristics of the method developed in this way [8]:

- Analysis of five components (TEA, ALT, AOH, TEN and AME);
- Matrices: cereals, tomato juice, sunflower seeds;
- Sample weight for liquid samples: 2.0 g;
- Extraction solvent: 15 mL methanol/water/acetic acid (80/19/1, v/v/v);
- Sample purification: polymer-based solid phase extraction (SPE);
- Sample evaporation and redissolution in 100 μ L of dimethyl sulfoxide and dilution with 900 μ L of water;
- Syringe filtration on hydrophilic PTFE filter;
- LC-MS/MS separation: eluent with alkaline pH (pH 8.7), C-18 stationary phase and ESI negative ionization (**Table 3**);
- Calibration: matrix-matched calibration without isotope-labelled internal standard.

This modified method was accepted by the working group and, following its in-laboratory validation, the inter-laboratory validation of the analytical method could also begin in spring 2015.

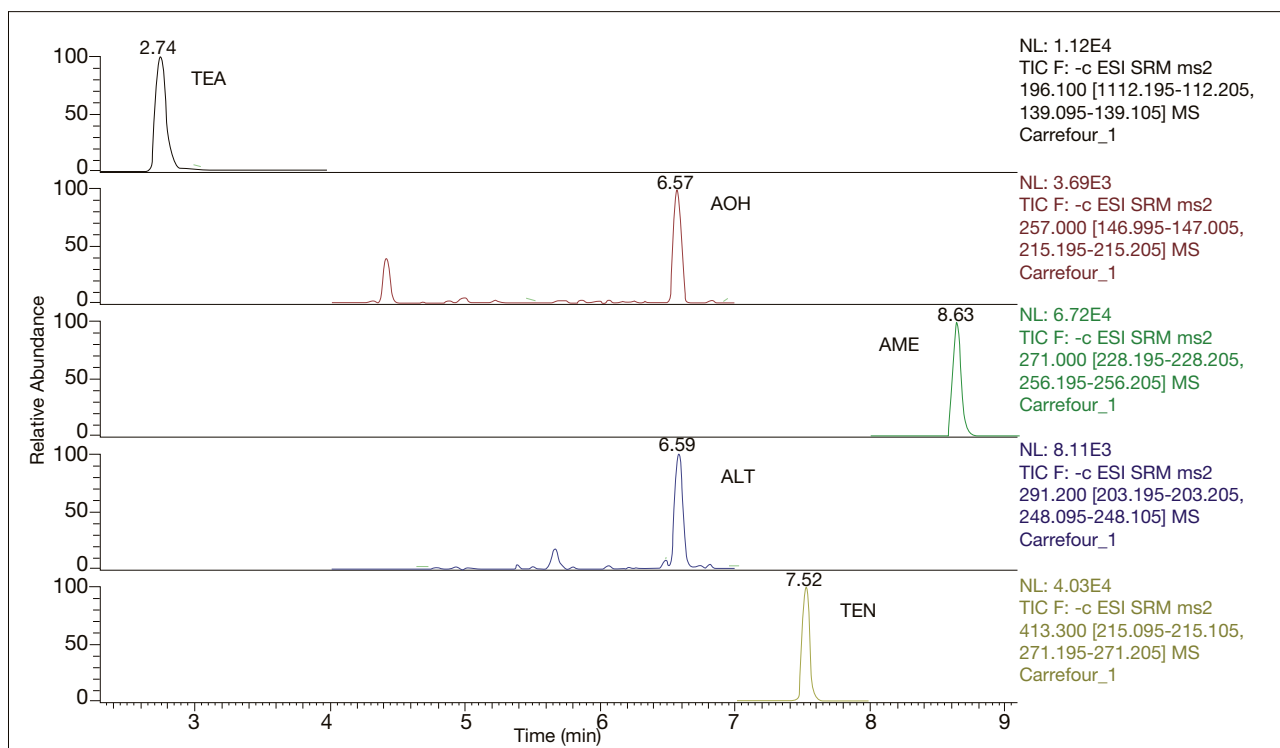


Figure 3. LC-MS/MS chromatograms of *Alternaria* toxins (10 μ g/kg) using basic pH eluent without derivatisation

Table 3. Ion transitions of *Alternaria* toxins and citrinin using ESI negative ionisation without chemical derivatisation

Component	Parent ion (m/z)	Daughter ions (m/z)	Collision energy (V)
TEA	196	139 112	15 20
ALT	291	248 203	20 30
AOH	257	215 147	20 20
TEN	413	271 215	15 15
AME	271	256 228	20 20

5. Inter-laboratory validation of the method

The most important part of the standardization process is the inter-laboratory validation of the method, the main purpose of which is to check and evaluate the reproducibility of the analysis. To do this, the concentrations of the toxins must be determined in naturally contaminated (at low, medium and high levels) and spiked samples. To evaluate the concentration of a given component in a given sample, a minimum of eight independent values are required, however, only the results of two laboratories can be excluded [9]. It is advisable to involve at least fifteen laboratories in order to have an adequate number of results for each sample and component. This is so because, based on experience, about 2-3 laboratories do not report results, while some samples and their components do not always produce a sufficient number of reported results. This can occur mainly at low concentration levels because not all participants possess instruments with adequate sensitivity.

If, during the validation, the goal is to determine components that have long been analyzed (such as DON or aflatoxins), it is relatively easy to ask laboratories with the necessary experience for validation, based on their successful participation in previous proficiency tests. However, *Alternaria* toxins are still analyzed by very few laboratories to this day, so laboratories applying for the validation do not always have prior experience. For this reason, organization of a so-called pre-trial becomes necessary, in which the laboratories participating in the validation can master the method in advance. In this case, the pre-trial was performed with twenty-five laboratories, analyzing tomato juice samples [8], and only three of the participating laboratories had prior knowledge of *Alternaria* LC-MS/MS analysis. Of the twenty-five laboratories, only sixteen eventually participated in the final validation, because either they did not return any result or their results differed significantly from the consensus average.

During the final validation, the following samples were sent to the sixteen laboratories [8]:

- Cereals naturally contaminated with *Alternaria* toxins: wheat, triticale and sorghum;
- Tomato juice naturally contaminated with *Alternaria* toxins: 3 batches;
- Sunflower seeds naturally contaminated with *Alternaria* toxins: 2 batches of unpeeled seeds and 1 seed mixture, which was a mixture of peeled and unpeeled seeds;
- Participants received each sample under two codes (blind replicates) so that we could evaluate repeatability within the laboratory and to have more data available to analyze reproducibility;
- For the preparation of spiked samples, separate test samples were sent for each matrix, for which a standard solution mixture containing *Alternaria* toxins in unknown concentrations was also provided to the participating laboratories. Spiked samples were prepared by the laboratories according to the „spiking guide“;
- Blank samples for each matrix for matrix-matched calibration;
- In the case of sunflower seeds, the blank was peeled sunflower, because the unpeeled samples are high in TEA and therefore not suitable for calibration;
- The analytical standards of the target components and their standard solution mixture were also provided, so that all laboratories would use the same calibration solution, and no deviation would result from this;
- The homogeneity of the samples was checked according to the harmonized protocol before dispatch [10];
- Simultaneously with the sending of the samples, stability testing of the samples was initiated at different temperatures and for different durations.

Concentration levels required by CEN for validation: 1-10 µg/kg for ALT, AOH and AME, and 10-1,000 µg/kg for TEA and TEN. Recovery was assessed from the concentrations measured in the spiked samples, with spiking levels of 2 and 8 µg/kg for ALT, AOH and AME, and 50 and 200 µg/kg for TEA and TEN. These levels were unknown to participants.

Statistical evaluation of the results obtained (concentrations not corrected for recovery) focused mainly on reproducibility [9]. The reproducibility of the method is well characterized by the so-called HorRat value. The HorRat value is the quotient of the reproducibility of a given target component calculated for the given sample and the target reproducibility expected by the organizers. The latter reproducibility value (the „target reproducibility”) can be calculated from the Horwitz-Thompson equation: below 120 µg/kg it is uniformly 22%, while above this value the classical Horwitz relationship can be applied [11]. Based on the validation criteria, the HorRat value must be less than two; this condition was indeed met, except for TEA, in the case of the unpeeled sunflower samples. **Table 4** shows the HorRat values calculated for TEA in the case of different sunflower samples. While in unpeeled sunflowers the calculated HorRat values were uniformly 2.4 regardless of the concentration [8], in the case of peeled samples, which contained much lower concentrations of TEA, the values were below two. The lower reproducibility observed during the analysis of unpeeled samples can be explained by the calibration and the matrix effect, which is a typical feature of LC-MS/MS-based measurements, and mainly affects the precision and accuracy of the method [11]. During the validation, a peeled sunflower sample was provided for calibration, because it contained a small amount of TEA contamination of natural origin, as opposed to unpeeled sunflower that was contaminated with high concentrations of TEA. The extracts of the unpeeled and peeled sunflower samples contain significantly different matrices, which can even be noticed by their color. Consequently, the calibration from the peeled sample could not compensate for the matrix effect in the unpeeled sunflower samples, so the detected concentrations were significantly affected by the matrix effect. The reason for this is that the endogenous constituents of unpeeled sunflower differ from those of peeled sunflower.

It is important to note that laboratories reported only the detected concentrations; the measured values were not corrected for recovery, in contrast to the usual procedure for conventional proficiency tests. Different laboratories used different instruments in which the matrix effect during the analysis of unpeeled sunflowers may have been different. Since the calibration recorded from the peeled sample did not adequately compensate for the matrix effect, there were large differences between the values measured by the participants. The same problem did not occur in the analysis of peeled sunflowers, because a similar degree of matrix effect may have occurred in the calibration and the test sample, due to the similarity of the samples. It is worth noting that the repeatability was also acceptable in the case of unpeeled samples (<20%). The reason for this is that repeated analysis of the same sample has the same matrix effect in the same instrument, so laboratories detected similar concentrations within the laboratory for duplicate samples, while inter-laboratory results were different due to the different matrix effects in the different instruments.

Table 4. HorRat values calculated for TEA for sunflower samples with matrix-matched calibration.

	Shelled	Shelled	Shelled	Husked	Husked
Concentration (µg/kg)	804	1102	452	53.0	153
Repeatability (RSD%)	18.8	14.9	15.3	10.4	11.6
Reproducibility (RSD%)	39.5	38.3	43.7	35.7	25.0
Target reproducibility (RSD%)	16.5	15.8	18.0	22.0	21.2
HorRat	2.4	2.4	2.4	1.2	1.6

6. Final method with isotope dilution and its inter-laboratory validation

As the HorRat values were not below two for all components and samples during the validation, further development of the method became necessary. The reproducibility of LC-MS/MS methods can be greatly enhanced by isotope dilution (Isotope Dilution Mass Spectroscopy – IDMS), which compensates well for the matrix effect varying from sample to sample. In this case, a stable isotope-labeled analogue of the target compound is added to the sample as an internal standard (ISTD). The physicochemical properties of the internal standard are the same as those of the target component (a small difference in polarity may occur with deuterated standards), so the target compound and its isotopically labeled analogue ideally elute at the same retention time. As a result of the co-elution, the target component and its internal standard are subjected to the same direction and extent of matrix effect in the ion source, so the ratio of the responses (areas) of the target compound and the ISTD, the isotope ratio (IR), will be independent of the matrix effect.

The ISTD does not interfere with the signal of the target component, because it is detected at other m/z values that are sufficiently distant (preferably at least +3 Da) from the m/z value of the target component due to the isotope label.

This requires isotope-labeled ISTDs, which were not yet available in 2015, so we first used matrix-matched calibration. However, stable isotope-labeled ISTDs (labeled with ^{13}C or deuterium) of *Alternaria* became commercially available in 2018 (TEA- $^{13}\text{C}_2$, ALT-d6, AOH-d3, TEN-d3 and AME-d3), making revalidation of the method possible using the IDMS technique.

After 2018, the JRC repeated the in-laboratory and inter-laboratory validation using the method supplemented with isotope-labeled ISTDs (**Table 5**). The concept was the same during the first and second validation, with the difference being that cereal-based samples only included wheat samples and tomato-based samples were tomato purees during the second procedure. In the case of TEA, HorRat values ranged from 0.40 to 0.66 with IDMS detection in unpeeled samples, while the value was 0.53 in peeled samples, which is significantly better than the values without ISTD (**Table 4**). As previously expected, isotope dilution greatly improved inter-laboratory reproducibility. During the validation, the expected precision could only be achieved with ISTDs, which is common in LC-MS quantitative studies. This is always due to matrix effect compensation.

Table 5. Ion transition values of *Alternaria* toxins and the isotope labelled ISTDs using negative ESI

Component	Parent ion (m/z)	Daughter ions (m/z)	Collision energy (V)
TEA	196	139 112	-27 -30
TEA- $^{13}\text{C}_2$	198	141	-27
ALT	291	214 186	-29 -35
ALT-d6	296	189	-35
AOH	257	215 212	-35 -35
AOH-d3	260	218	-35
TEN	413	141 271	-25 -22
TEN-d3	416	274	-22
AME	271	256 228	-27 -36
AME-d3	274	259	-36

7. Documentation

The full validation dossier was completed by 2020 [12], together with the draft standard. Review and revision of the draft standard will be completed soon and the proposed standard is expected to be adopted by CEN in the end of 2021 (the standard has been issued since the article was submitted: CEN EN 17521:2021 Foodstuffs - Determination of *Alternaria* toxins in tomato, wheat and sunflower seeds by SPE clean-up and HPLC-MS/MS. The Editor).

8. Deviation from the standard method

LC-MS/MS instruments from different vendors may vary significantly in terms of sensitivity. One of the main reasons for this is the ion source [11]. While the standard describes the use of ESI (Electrospray Ion Source), there is hardly any application in the literature where the ESI ion source of the instrument showed sufficient efficiency to achieve the desired detection limit, so the use of atmospheric pressure chemical ionization (APCI) became necessary [13]. Another possibility is when the instrument used is so sensitive that no solid phase purification or enrichment (Solid Phase Extraction – SPE) is required, but the extract of the sample can be injected directly into the device („dilute-and-shoot”) [11], [14]. The important feature of a standard is that all laboratories should be able to use the method described in it, so the application of SPE enrichment was unavoidable due to the low concentration levels and the complexity of the unpeeled sunflower seed samples.

If the first validation is successful, matrix-matched calibration would probably be recommended by the standard. However, with the advent of ISTDs, a group of laboratories would prefer to use IDMS later on.

From this point of view, it is fortunate that IDMS has been introduced in the standard, which is simpler and more accurate, but the acquisition of ISTDs is more expensive. In the absence of ISTDs, standard addition (as a quantitative evaluation) can also be used to adequately compensate for the matrix effect, but this is time-consuming, because each sample must be prepared at least four or five times. Yet there are laboratories that use this type of evaluation.

9. Acknowledgment

I would like to give thanks Carlos Gonçalves for the successful completion of the standardization project.

10. References

- [1] A Bizottság 1881/2006/EK rendelete (2006. december 19.) az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról. Az Európai Unió Hivatalos Lapja, L 364/5. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=HU> (Hozzáférés: 2021.04.12)
- [2] EFSA, European Food Safety Authority, (2011): Scientific Opinion on the risks for public and animal health related to the presence of citrinin in food and feed, EFSA J. 10 p. 1-82. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2605>
- [3] CEN/TR 16059, Food analysis. Performance criteria for single laboratory validated methods of analysis for the determination of mycotoxins.
- [4] Tölgyesi, Á., Stroka, J. (2014): Report on the development of a method for the determination of *Alternaria* toxins and citrinin in wheat, tomato juice and sunflower seeds by liquid chromatography – tandem mass spectrometry. JRC Technical report <https://op.europa.eu/hu/publication-detail/-/publication/8120d128-d19d-4dfb-bc3b-d3c290eff59a/language-en> (Hozzáférés: 2021.02.24)
- [5] Asam, S., Liu, Y., Konitzer, K., Rychlik, M. (2011): Development of a stable isotope dilution assay for tenuazonic acid, J. Agr. Food Chem. 59 p. 2980–2987. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf104270e>
- [6] Lau, BP-Y, Scott, P.M., Lewis, D.A., Kanhere, S.R., Cleroux, C., Roscoe, V.A. (2003): Liquid chromatography–mass spectrometry and liquid chromatography–tandem mass spectrometry of the *Alternaria* mycotoxins alternariol and alternariol monomethyl ether in fruit juices and beverages. J Chromatogr A. 998 p. 119–131. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00606-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00606-X)
- [7] Tölgyesi, Á., Stroka, J., Tamosiunas, V., Zwickel, T. (2015): Simultaneous analysis of *Alternaria* toxins and citrinin in tomato: an optimised method using liquid chromatography-tandem mass spectrometry, J. Food Addit. Contam. 32 p.1512–1522. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00606-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00606-X)
- [8] Tölgyesi, Á., Stroka, J. (2016): Collaborative study report: Determination of *Alternaria* toxins in cereals, tomato juice and sunflower seeds by liquid chromatography tandem mass spectrometry, JRC Technical Report, <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/collaborative-study-report-determination-alternaria-toxins-cereals-tomato-juice-and-sunflower-seeds> (Hozzáférés: 2021.03.14)
- [9] Practical guide to ISO 5725-2:1994 — Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method. Geneva, Switzerland.
- [10] Thompson, M., Ellison, S.L.R., and Wood, R. (2006): The International Harmonised Protocol for the Proficiency Testing of Analytical Chemistry Laboratories. Pure Appl. Chem. 78(1):145–196.
- [11] Tölgyesi, Á. (2021): Gyakorlati példák a folyadékromatográfiával kapcsolt hármas kvadrupol rendszerű tandem tömegspektrometria élelmiszer-, bio- és textilanalitikai alkalmazására, Kromatográfus különszám, Gen-lab Kft., Budapest, Magyarország https://www.gen-lab.hu/kromatografus_21 (Hozzáférés: 2021.02.07)
- [12] Gonçalves, C., Tölgyesi, Á., Bouten, K., Robouch, P., Emons, H., Stroka, J. (2021): Determination of *Alternaria* toxins in tomato, wheat and sunflower seeds by SPE and LC-MS/MS – a method validation through a collaborative trial, J. AOAC Inter. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsab094>
- [13] Tölgyesi, Á., Kozma, L., Sharma, V.K. (2020): Determination of *Alternaria* toxins in sunflower oil by liquid chromatography isotope dilution tandem mass spectrometry, Molecules 25, 1685. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25071685>
- [14] Tölgyesi, Á., Farkas, F., Bálint, M., McDonald, T.J., Sharma, V.K (2021): A dilute and shoot strategy for determining *Alternaria* toxins in tomato-based samples and in different flours using LC-IDMS separation, Molecules 26, 1017. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26041017>

Bogyós és más gyümölcs nyersanyagok hamisításáról

Kulcsszavak: hamisítás, bogyós és más gyümölcs alapanyagok, gyümölcsök kémiai összetétele, szervessav-profil, ásványi elemek.

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Egy, Oroszországban működő cég eper-, málna- és dinnyepor-készítményeinek érzékszervi, fizikai és kémiai paramétereit, valamint tápanyag-összetételét vizsgáltuk, meghatároztuk szervessav-profiljukat és ásványianyag-összetételüket is. Megállapítottuk, hogy a vizsgált anyagok szín- és íztartománya nem a kiindulási alapanyagok jellegzetességeit mutatta. A tényleges fehérje- és lipidszintek nem feleltek meg a gyártó által a címkén feltüntetetteknek, és nem a feldolgozott alapanyagok jellemzőit mutatták. Az összes mintában 80-97%-ban szacharóz képviselte a cukrokat. Ez a magas szacharóztartalom 40,4-52,3% fehér cukor hozzáadására utal. A szerves savak mennyisége és aránya nem felelt meg a természetes alapanyagok profiljának. Így az eperporból hiányzott az oxálsav és a borkősav, a málna alapanyagból az almasav, a dinnye alapanyagból pedig a citromsav. Az eperpor kimutatható mennyiségben nem tartalmazott olyan esszenciális makro- és mikroelemeket, mint a Ca, Mg, B és Co, a Si, Fe és K mennyisége pedig a nyomelem szinten volt. A málnaporból hiányzott a kimutatható mennyiségű Co és a K, a növényi élet szempontjából fontos B, Ca, Cu, Mg, Mn és Si pedig maradékmennyiségben voltak jelen. A dinnyeporból hiányzott a „kötelező” mennyiségű K, Fe, Ca, Co, Cu, Mg és Mn, ami nem felel meg a növényélettan alaptörvényeinek. A kapott eredmények félretájékoztatásra és az anyagok minőségének meghamisítására engedtek következtetni. Bogyós és egyéb gyümölcsporok minőségének és kémiai összetételének meghatározására irányuló kutatásokat a hamisítás azonosítása érdekében jelenleg gyakorlatilag egyáltalán nem végeznek, pedig az ilyen irányú ellenőrzés mind a termelők, mind a fogyasztók számára fontos lenne.

¹ Dél-uráli Állami Egyetem Cseljabinszk

² Dél-uráli Állami Agráregyetem Troitck

³ LLC „Antey”

Natalya NAUMOVA
Aleksandr LUKIN
Evgenii VELISEVICH
Irina MINASHINA
Sergey PIROZHINSKY
Yulia EREMINA

n.naumova@inbox.ru
lukin3415@gmail.com
velisevich@gmail.com
minashina@yandex.ru
laap25@yandex.ru
eremina@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0586-6359>
<https://orcid.org/0000-0003-4753-3210>
<https://orcid.org/0000-0002-9371-4517>
<https://orcid.org/0000-0002-4477-6500>
<https://orcid.org/0000-0002-7665-8082>
<https://orcid.org/0000-0002-9859-1886>

2. Bevezetés

Az ehető nyersanyagok és élelmiszerek modern fogyasztói piaca rendkívül fontos stratégiai részét képezi Oroszország mai gazdaságának. Az elmúlt években a hamisított áruk elterjedése olyan szintet ért el, hogy az már Oroszország nemzetbiztonságát veszélyezteti. A mezőgazdasági alapanyagok hamisítását a csalás egyik legveszélyesebb fajtájának kell tekinteni, mivel ez kedvező feltételeket teremt a tisztességtelen versenyhez, ami a gazdaság stagnálásához, a hazai élelmiszer-termelők exportpotenciáljának, és ennek következtében az iparág befektetési vonzerejének csökkenéséhez vezet.

A friss, lédús bogyós és egyéb gyümölcsök a biológiailag aktív anyagok természetes forrásai. Ezek azonban szezonális, romlandó termékek. Ezért a fogyasztás szezonális jellegének kiegyenlítése, a késztermék eltarthatóságának növelése, valamint a szállítási és tárolási költségek csökkentése érdekében gyakran feldolgozzák és szárítják azokat [1, 2].

Az eper (*Fragaria x ananassa*, D.) nagy mennyiségű szerves savat (citromsav, almasav, kinasav, szalicilsav, valamint borostyánkősav, és éréskor sikiminsav és glikolsav), vitaminokat (C, PP, E, B₁, B₂, B₆, B₉, K), karotint, pektint és egyéb anyagokat tartalmazó bogyós gyümölcsként ismert. Az eper gazdag fenolos vegyületekben, amelyeknek antioxidáns, gyulladásgátló és rákellenes hatása van [3, 4]. Az érett málna (*Rubus idaeus* L.) szabad szerves savakat (citromsav, almasav, szalicilsav), ásványi anyagokat (Co, Cu, K, Na, Fe, Ca, Mg, P) [1, 5], vitaminokat (B-csoport, PP, C, provitamin A), csersavakat tartalmaz [6]. A málna vizelethajtó, epetermelést segítő és vérszegénység-ellenes hatással rendelkezik, segít megerősíteni az érfalakat, és elősegíti a bélrendszer egészségét [14]. A dinnye (*Cucumis melo*) termése fehérjéket, szénhidrátokat (cukrok, keményítő, rost), szerves savakat, vitaminokat (B-csoport, PP, A, C, β-karotin) és ásványi anyagokat (K, Na, Fe, Ca, Mn, Mg, Zn) tartalmaz. A dinnye fogyasztása különösen kimerültség, vérszegénység, érelmeszesedés és néhány egyéb szív- és érrendszeri betegség esetén ajánlott. A dinnye fokozza az antibiotikumok hatását, csökkentve azok toxicitását [7].

A szárított bogyós és egyéb gyümölcs-alapanyagok gazdag kémiai összetétele lehetővé teszi felhasználásukat tej- és pékáruk, édességek, snackek, saláták, ketchupok és ízesítők gyártásában, annak érdekében, hogy vitaminokkal, ásványi anyagokkal, szerves savakkal, rosttal stb. dúsítsuk azokat [8]. A bogyós és egyéb gyümölcsök kémiai összetételének ismerete és az érzékszervi jellemzőket kialakító komponensek azonosítása nemcsak a versenyképes termékek előállításának feltétele, hanem a hamisítás felismerését is lehetővé teszi. Kutatásunk célja a bogyós és egyéb gyümölcsporok minőségének felmérése és kémiai összetételük meghatározása volt. A kutatás célja volt továbbá a bogyós és egyéb gyümölcsporok érzékszervi tulajdonságainak, fizikai és kémiai paramétereinek, valamint tápanyag-összetételének vizsgálata, összehasonlítva ezeket az általánosan ismert adatokkal, valamint a vizsgált növényi anyagok szervessav-profiljának és ásványianyag-összetételének azonosítása.

3. Anyagok és módszerek

Az eper, málna és dinnye gyümölcsporokat gyártó cég állítása szerint ezeknek a poroknak az összetétele 100%-ban megfelel a természetes alapanyagoknak, és nem tartalmaznak tartósítószer, színezéket vagy mesterséges aromát.

A gyümölcsporok érzékszervi jellemzőit a GOST 8756.1-2017 szerint vizsgáltuk. A nedvességtartalmat a GOST 33977-2016 szerint, a zsír- és fehérjetartalmat az MU 4237-86 irányelvek szerint, a nem illó savakat az M 04-47-2012 szerint, a cukrokat az M 04-69-2011 szerint, a fémeket és idegen anyagokat, gabonakártevőkkel való szennyeződést a GOST 15113.2-77 szerint határoztuk meg, az élelmi rostokat általánosan elfogadott módszerrel vizsgáltuk [9], az ásványi anyagokat az MUK 4.1.1482-03 és MUK 4.1.1483-03 irányelvek szerint határoztuk meg. Minden mérést három ismétlésben végeztünk.

4. Eredmények és értékelésük

A vizsgált anyagok minőségének érzékszervi értékelése a következőket mutatta: megjelenésüket tekintve feldolgozott eper-, málna- és dinnyeminták finomra őrölt, homogén, laza szerkezetű, szagtalan porok voltak, ami az eredeti természetes alapanyagok egyikére sem jellemző. A színt intenzívnek, a porok tömegében egységesnek, a szárított termékekre nem jellemzőnek találtuk a következő tónusokkal: az eperpor esetében rózsaszín, sötét árnyalattal, a málnapor esetében világos bordó, a dinnyepor esetében pedig világossárga. Az eper és a dinnye esetében édes, a málna esetében savanyú ízt észleltünk.

A növényi anyagok fizikai és kémiai vizsgálatának eredményei szerint a normál értékektől eltérést nem tapasztaltunk. Így a vizsgált porok nedvességtartalma a 4,2-5,1% tartományba esett (különböző irodalmi adatok szerint ez a tartomány 4-12% [1]), gabonakártevőkkel való fertőzést, valamint fémekkel és idegen anyagokkal való szennyeződést nem találtunk.

A bogyós és egyéb gyümölcsöknek gazdag kémiai összetétele van, ami az egészséges táplálkozás kiemelten fontos elemeivé teszi azokat [5]. Ilyen szempontból megvizsgáltuk a bogyós és egyéb gyümölcsökből készült porok fő tápanyagait. Kezdetnek a kapott vizsgálati eredményeket a termékek csomagolásán található információkkal hasonlítottuk össze. Megállapítottuk, hogy a fehérje- és lipidtartalom tényleges szintjei nem feleltek meg a címkén feltüntetetteknek, ami a fogyasztók félretájékoztatását jelenti. Így az eperporban a fehérjék mennyisége 26-szor, a zsírok mennyisége 3,5-szer volt alacsonyabb, a málnaporban ugyanezek 8-szor, illetve 60-szor voltak alacsonyabbak, míg a dinnyeporban valamivel magasabb értékeket, különösen a fehérje esetében – 55%-kal magasabb értékeket találtunk (**1. táblázat**), mint amekkora értékeket a termékek címkéje ígért.

Figyelembe véve azt a tényt, hogy a szárítás jelentősen megnöveli a szárazanyagok, és ennek következtében a biológiailag aktív komponensek koncentrációját [1, 2], megállapítottuk, hogy a növényi porok nem mindegyik mintája tartalmazott fehérjét és zsírt, még a friss alapanyagokra általánosan ismert tartományokon belül sem. Például az eperporban a fehérjék és a lipidek mennyiségének 7,0 g/100 g-nak, illetve 1,0 g/100 g-nak kellene lennie [1]. A kapott eredmények messze elmaradtak ezektől az értékektől.

1. táblázat. Bogyós és egyéb gyümölcsök porainak tápanyag-összetétele

Indikátor	Eredmények					
	Eper		Málna		Dinnye	
	Tényleges tartalom	Friss bogyókra vonatkozó irodalmi adat	Tényleges tartalom	Friss bogyókra vonatkozó irodalmi adat	Tényleges tartalom	Friss gyümölcsre vonatkozó irodalmi adat
Fehérje tömeghányad, %	0,20±0,01	5,2* g 0,8 g/100 g ^a	0,50±0,03	4,0* g 0,72-1,67 ^c	0,31±0,02	0,2* g 0,174-0,674 ^e 6,4 ^{**d}
Zsír tömeghányad, %	0,37±0,02	1,3* g 0,1 g/100 g ^a	0,05±0,01	3,0* g 0,65 ^c	0,11±0,01	0,0* g 0,09-0,26 ^e 3,5 ^{**d}
Szacharóz tömeghányad, %	52,31±2,24	0,14 ^b 2,88-10,82 g/kg ^g	40,42±2,64	0,15 ^b 0,80-1,86 ⁱ	41,13±3,22	4-8 ^d
Glükóz tömeghányad, %	1,24±0,09	2,34 ^b 5,02-15,92 g/kg ^g	2,00±0,11	1,84-3,20 ^{b, f}	5,72±0,26	1,1-2,8 ^d
Fruktóz tömeghányad, %	0,34±0,02	2,59 ^b 27,66-45,16 g/kg ^g	1,85±0,10	2,10-3,85 ^{b, f}	4,70±0,29	0,75-2,02 ^d
Élelmirost-tartalom, g/100 g	3,91±0,20	1,5-2,1% ^{b, h}	2,72±0,14	3,0-3,9 ^{b, c}	1,40±0,07	23,90 ^{**d}
oldható	1,30±0,10	0,96% ^h	0,91±0,05	0,5-1,8 ^{c, h}	0,40±0,02	nincs adat
nem oldható	2,61±0,20	0,85% ^h	1,81±0,11	1,9-3,1 ^{c, h}	1,00±0,05	nincs adat

Megjegyzés: *a bogyós és egyéb gyümölcs csomagolásán feltüntetett tartalom, **szárazanyagra vonatkoztatva.

^a Karkh *et al.*, 2014, / ^b Akimov *et al.*, 2020, / ^c Akimov *et al.*, 2021, / ^d Sannikova, 2009, / ^e Erenova, 2010, / ^f Dulov, 2021, / ^g Pochitskaya *et al.*, 2019, / ^h Baygarin *et al.*, 2015, / ⁱ Medvedkov *et al.*, 2015.

A bogyós és egyéb gyümölcsök minőségének legfontosabb mutatója a cukortartalom, amely mind az adott fajta jellemzőitől és a termesztés időszakának időjárási viszonyaitól függ [5, 7]. Ismeretes, hogy a friss málna cukortartalma 4-10 %, a szárított bogyóké pedig 34,5-42,2% [5]. A friss eper 7,3-11,7% cukrot tartalmaz, amely a málnához hasonlóan főként fruktózt, glükózt és szacharózt jelent; mennyiségük 5,9 és 8,9% között változik [3, 4]. A termesztett dinnye terméseiben a cukortartalom 7,0-21,0% [7, 10].

Megállapítottuk, hogy a mono- és diszacharidok aránya a vizsgált alapanyagokban nem egyezett meg számos más kutató gyakorlati tanulmányai során kapott adatokkal [5, 6, 10, 11, 12, 13]. Ami az eper cukortartalmát illeti, abban a fruktóznak kellene dominálnia, dinnyében a szacharóznak, míg málnában a fruktóznak- és glükóznak hasonló mennyiségben kellene lennie. Megállapítottuk, hogy a növényi anyagok összes mintájában a szacharóz tette ki a cukrok 80-97%-át, ennek magas szintje 40,4-52,3% hozzáadott fehér cukor jelenlétére utal. Ráadásul az eperporban található monoszacharidok mennyiségi szintje még a friss bogyókra megállapított tartomány alsó határát sem érte el.

A növényi anyagokat elsősorban az élelmi rostok jelenléte jellemzi, amelyek rendszeres fogyasztása hozzájárul a túlsúly és az elhízás, a gyomor-bélrendszeri, a szív- és érrendszeri betegségek, valamint a rák megelőzéséhez. Megállapítottuk, hogy élelmirost-tartalmuk alapján a vizsgált növényi anyagminták közelebb álltak a friss, lédús bogyós és egyéb gyümölcsökre jellemző szintekhez, mivel ismert például, hogy a szárított, apróra vágott eper élelmirost-tartalma legalább 8,0 g/100 g [5], Esetünkben a minták élelmirost-tartalma $3,91 \pm 0,20$ g/100 g volt.

Köztudott, hogy a bogyós és egyéb gyümölcsalapanyagokat a szerves savak és makroelemek sajátos profilja jellemzi, és tartalmuk elemzése lehetővé teszi a hamisítás felismerését, illetve természetes eredetük bizonyítását [8]. Emiatt ezeket a jellemzőket részletesen tanulmányoztuk. Számos szerző szerint a málnában a citromsav dominál, míg az almasavtartalom lényegesen alacsonyabb. Különösen fontos a málnában található szalicilsav, amely baktericid, lázcsillapító és fájdalomcsillapító hatású [5, 6]. Az eper almasavat, benzoésavat, citromsavat, borkósavat, oxálsavat, borostyánkősavat és szalicilsavat tartalmaz, amelyek közül a citromsav és az almasav dominál [11]. A termesztett dinnyefajták szerves savait az almasav és a borostyánkősav képviseli, míg a citromsav és a glükuronsav a tárolás során jelenik meg [10]. A vizsgálati eredmények szerint a tesztelt gyümölcsfajtákban a szerves savak mennyisége és aránya nem egyezett a természetes alapanyagok profiljával (2. táblázat). Így az oxálsav és a borkósav az eperporból, az almasav a málna-alapanyagból a citromsav pedig a dinnyéből hiányzott (koncentrációjuk a kimutathatóság határa alatt maradt).

2. táblázat. Bogyós és egyéb gyümölcsök porainak szerves sav-profilja és ásványianyag-összetétele

Indikátor	Eredmények					
	Eper		Málna		Dinnye	
	Tényleges tartalom	Friss bogyókra vonatkozó irodalmi adat	Tényleges tartalom	Friss bogyókra vonatkozó irodalmi adat	Tényleges tartalom	Friss gyümölcsre vonatkozó irodalmi adat
Szerves sav-tartalom, mg/dm³, amelyből:						
Oxálsav	Nem mért adat	0,10-0,41 g/kg ^h	Nem mért adat	Nincs adat	Nem mért adat	Nincs adat
Borkósav	Nem mért adat	0,02-0,05 g/kg ^h	Nem mért adat	Nincs adat	Nem mért adat	Nincs adat
Almasav	2342,0±12,4	1,18-6,21 g/kg ^{c,h}	Nem mért adat	7,4-63,0 mg/100 g ^{c,d}	629,6±34,4	29,0-34,8 mg/100 g ^e
Citromsav	3236,0±19,5	3,32-6,64 g/kg ^{c,h}	29540,0±187,2	466-1750 mg/100 g ^{c,d}	Nem mért adat	1,8-4,7 mg/100 g ^e
Borostyánkősav	1587,0±10,2	Nincs adat	2437,0±14,6	Nincs adat	430,4±32,5	0,6-6,2 mg/100 g ^e
Ásványianyag-tartalom, mg/dm³, amelyből:						
B	Nem mért adat	185 µg% ^g	0,41±0,02	170-230 µg% ^g	Nem mért adat	Nincs adat
Ca	Nem mért adat	40 mg/100 g ^g	12,21±1,07	262,0-490,0 ^d	Nem mért adat	160,0** mg% ⁱ
Co	Nem mért adat	4,0 µg% ^g	Nem mért adat	1,60-2,36 µg% ^g	Nem mért adat	Nincs adat
Cu	Nem mért adat	Nincs adat	0,16±0,01	0,16-1,00 ^d 85-280 µg% ^g	Nem mért adat	1,96-4,94 ^e
Fe	0,70±0,04	11,0 ^{a, b}	5,64±0,34	2,9-13,4 ^d 0,74-1,62 mg% ^g	Nem mért adat	3,53-11,9 ^e 10,0** mg% ⁱ
K	72,20±4,23	1520 ^a , 1618 ^b	Nem mért adat	1340,0-3880,0 ^d	Nem mért adat	1130,0-1173,8 ^h 1180 ^e
Mg	Nem mért adat	172 ^a , 190 ^b	30,17±1,67	105,0-677,0 ^d	Nem mért adat	104,3-108,4 ^f 130,0** mg% ⁱ
Mn	0,42±0,02	Nincs adat	3,99±0,22	220-650 µg% ^g	Nem mért adat	Nincs adat
Mo	0,096±0,006		0,088±0,006	12-18 µg% ^g	0,092±0,004	Nincs adat
Na	42,80±2,75		417,00±25,46	10,0-41,1 ^d	43,84±2,57	320,0 ^{e, f}
P	19,81±1,12		161,06±11,78	Nincs adat	14,23±1,12	120,0** mg% ⁱ
Pb	Nem mért adat	Nincs adat	0,15±0,01	Nem több mint 0,4*	Nem mért adat	Nincs adat
Si	3,21±0,23	99,0 mg% ^g	10,43±0,92	31,0-46,0 mg% ^g	3,86±0,19	Nincs adat
Zn	0,76±0,04	Nincs adat	2,21±0,18	2,9-5,3 ^d	0,53±0,03	1,11-3,86 ^e

Megjegyzés: *a TR CU 021/2011 szerint; **szárazanyagra vonatkoztatva; A nem mért adatokat „-” jellel jelöltük;

^a Stepanov et al., 2013, / ^b Karkh et al., 2014, / ^c Akimov et al., 2020, / ^d Akimov et al., 2021, / ^e Sannikova, 2009, / ^f Erenova, 2010, / ^g Dulov, 2021, / ^h Pochitskaya et al., 2019 / ⁱ Medvedkov et al., 2015

Köztudott, hogy az eper és a málna gazdag makro- és mikroelemekben. Így 100 g eper a napi szükséglet 330%-át Si esetén, 264%-át B esetén és 40%-át pedig Co esetén fedezi; 100 g málna a napi szükséglet 120%-át Si és annak 250%-át fedezi B esetén [11].

A Si részt vesz a legtöbb ásványi anyag és vitamin anyagcseréjében. Hiánya a Ca, Fe, Co, Mn felszívódásának csökkenéséhez és anyagcserezavarokhoz vezet. A B fontos szerepet játszik a csontbetegségek megelőzésében és kezelésében. A Co számos enzim koenzimje, aktiválja a zsírok anyagcseréjét és a folsav szintézisét [11]. A bogyós gyümölcsök tartalmaznak még Fe, Zn-, Mn-, Cu- és Mo-ionokat stb. Megállapítottuk, hogy a vizsgált eperpor eredendően nem tartalmazott kimutatható mennyiségű esszenciális makro- és mikroelemeket, mintáinkban nevezetesen a Ca, Mg, B, Co, Si, Fe és K mennyisége nyomelemnyi szinten volt, ami azt jelzi, hogy az anyag nem természetes eredetű volt. A málnaporban nem volt kimutatható mennyiségű Co és K, míg a növényi élet szempontjából fontos B, Ca, Cu, Mg, Mn és Si maradéknyi mennyiségben volt jelen. A dinnye gyümölcs ásványianyag-összetételében K, Ca, Mg, P, Na és Fe volt a mintákban. A K rendkívül fontos a dinnye ásványianyag-ellátásában. A magasabb káliumtartalmú táplálkozás növeli a termékenységet, a betegségekkel szembeni ellenállást, az aszkorbinsav és a cukrok felhalmozódását [15]. A vörösvértestek – oxigénhordozók – képződésében vezető szerepet játszó Fe-tartalom 17-szer magasabb a dinnyében, mint a tejben [16]. A dinnyepor ásványianyag-profiljának vizsgálatakor kiderült, hogy hiányzik belőle az élettanilag „kötelező” K-, Fe-, Ca-, Co-, Cu-, Mg- és Mn-mennyiség, ami nem egyeztethető össze a növényélettan alapvető törvényeivel. Az eredmények ismeretében arra a következtetésre jutottunk, hogy ez a növényi anyag minőségileg hamisított volt.

5. Következtetések

A tesztelt alapanyagok kémiai és fizikai vizsgálatainak eredménye eltérést mutatott a normáktól. Az eper-, málna- és dinnyepor fehérje- és zsírtartalmának vizsgálata megerősítette a hamisítás tényét. Az érzékszervi minőségértékelés és a cukor-, szervessav- és ásványianyag-profilok azonosítása során kapott adatok arra engedtek következtetni, hogy a vizsgált porok nem természetes eredetű bogyós és egyéb gyümölcs alapanyagok voltak.

6. Összeférhetlenség

Kijelentjük, hogy nincsen olyan pénzügyi és személyes kapcsolatunk más személyekkel vagy szervezetekkel, amelyek elfogadhatatlan módon befolyásolhatnák munkánkat, és semmilyen termékhez, szolgáltatáshoz és céghez nem fűződik semmilyen szakmai vagy egyéb személyes érdekünk, amely befolyásolhatná ennek a cikknek a tartalmát.

7. Köszönetnyilvánítás

A munkát az Orosz Föderáció kormányának 211. számú törvénye támogatta, szerződésszám: 02.A03.21.0011.

8. Irodalom

- [1] Ermolaev, V. A. (2019): Low-temperature vacuum drying as the method of draining of plant raw materials. The Bulletin of KrasGAU, 1 (142), pp. 160-166.
- [2] Mizberidze, M. Sh., Chakvetadze, Sh. M., Pruidze, M. R. (2017): Intensification of drying processes of berries in the field of infrared rays. *Aeconomics: Economics and Agriculture*, 8 (20), p. 5.
- [3] Stepanov, V. V., Tikhonov, S. L., Mikryukova, N. V. (2013): The analysis of strawberry's quality during the storage, grown in vivo and micropropagation. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 12 (118), pp. 58-62.
- [4] Karkh, D. A., Stepanov, V. V., Tikhonova, N. V., et al. (2014): Expansion of the fortified foodstuffs production as a basis of food security. *Journal of Ural State University of Economics*, 1 (51), pp. 118-121.
- [5] Akimov, M. Yu., Bessonov, V. V., Kodentsova, V. M., et al. (2020): Biological value of fruits and berries of Russian production. *Problems of Nutrition*, 89 (4), pp. 220-232. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>
- [6] Akimov, M. Yu., Koltsov, V. A., Zhanova, E. V., et al. (2021): Nutritional value of promising raspberry varieties. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 640, 022078. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022078>
- [7] Sannikova, T. A. (2009): Scientific foundations of resource-saving, waste-free technology of melon cultivation: dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. Astrakhan. 316 p.
- [8] Rudenko, O. S., Kondratiev, N. B., Osipov, M. V., et al. (2020): Evaluation of fruit raw materials chemical composition by the content of organic acids and macronutrients. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 82 (2), pp. 146-153. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-146-153>
- [9] Skurikhin, I. M., Tutelyan, V. A. (1998): Guide to methods for analysis of food quality and safety. Moscow, Brandes, Medicine, 342 p.

- [10] Erenova, B. E. (2010): Scientific basis for the production of products on a religious basis: thesis abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences. Almaty, 33 p.
- [11] Dulov, M. I. (2021): Harvesting, storage and processing of raspberries and strawberries. Petrozavodsk. In the book: innovative technologies in science and education, pp. 4-24.
- [12] Pochitskaya, I. M., Roslyakov, Yu. F., Komarova, N. V., et al. (2019): Sensory Components of Fruits and Berries. *Food Processing: Techniques and Technology*, 49 (1), pp. 50-61.
- [13] Baygarin, E. K., Vedischeva, Yu. V., Bessonov, V. V., et al. (2015): The content of dietary fiber in various food products of plant origin. *Problems of Nutrition*, 84 (5), p. 15.
- [14] Ermolina, G. V., Ermolin, D. V., Zavaliy, A. A., et al. (2018): Substantiation of modes of infrared drying of raspberries and blackberries. *Transactions of Taurida Agricultural Science*, 14 (177), pp. 112-118.
- [15] Kosolapova, G. N. (2006): Biochemical composition of raspberry in conditions of the Kirov region. *Agricultural Science Euro-North-East*, 8, pp. 47-49.
- [16] Medvedkov, E. B., Admaeva, A. M., Erenova, B. E., et al. (2015): Chemical composition of melon fruits of mid-season varieties of Kazakhstan. *Agricultural sciences and agro-industrial complex at the turn of the century*, 12, pp. 36-43.

On adulteration of fruit and berry raw materials

Keywords: adulteration, fruit and berry raw materials, chemical composition of fruits, organic acids profile, mineral elements.

1. SUMMARY

We studied organoleptic, physical, chemical parameters, and nutrient composition of strawberry, raspberry, and melon powders and identified their profile of organic acids and mineral composition produced by a Russian company. It was found that the color and flavor ranges of the studied materials were uncharacteristic of the initial raw materials. The actual protein and lipids levels did not correspond to the ones declared by the manufacturer in the labeling, and were uncharacteristic of the processed raw materials. In all powder samples the sugars were represented by sucrose in 80-97%. This high level of sucrose content indicated the addition of 40.4-52.3% white sugar. The amount and ratio of organic acids did not correspond to the profile of natural raw materials. Thus, the strawberry powder lacked oxalic and tartaric acids, the raspberry raw material lacked malic acid, and the melon material – citric acid. The strawberry powder above the detection limit did not contain such essential macro- and microelements as Ca, Mg, B, Co, the amount of Si, Fe, K was at trace level. The raspberry powder was devoid of detectable amount of Co and K, and B, Ca, Cu, Mg, Mn, Si important for plant life were present in residual amounts. The “obligatory” amount of K, Fe, Ca, Co, Cu, Mg, Mn were absent in the melon powder, which did not correspond to the fundamental laws of the plant physiology. The results obtained allowed to conclude about misinformation and qualitative adulteration of the materials. Currently, there are practically no studies aimed at determining quality and chemical composition of fruit and berry powders in order to identify adulteration, though this type of survey would be great practical interest both for producers and consumers.

¹ South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russian Federation

² South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russian Federation

³ LLC „Antey”

Natalya NAUMOVA
Aleksandr LUKIN
Evgenii VELISEVICH
Irina MINASHINA
Sergey PIROZHINSKY
Yulia EREMINA

n.naumova@inbox.ru
lukin3415@gmail.com
velisevich@gmail.com
minashina@yandex.ru
laap25@yandex.ru
eremina@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0586-6359>
<https://orcid.org/0000-0003-4753-3210>
<https://orcid.org/0000-0002-9371-4517>
<https://orcid.org/0000-0002-4477-6500>
<https://orcid.org/0000-0002-7665-8082>
<https://orcid.org/0000-0002-9859-1886>

2. Introduction

The modern consumer market of edible raw materials and foods is extremely important strategic part of the modern economy of the Russian Federation. In recent years, the spread of adulterated goods there has reached such a level that it threatens Russia's national security. Adulteration of agricultural raw materials should be regarded as one of the most dangerous types of fraudulent practices, because it creates favorable conditions for unfair competition, leading to stagnation, loss of export potential of domestic food producers and, consequently, to the decrease in the investment appeal of the industry.

Fresh juicy berries and fruits are natural sources of biologically active substances. However, these are seasonal, perishable products. So, to level the seasonal nature of consumption, increase the shelf life of the finished product and reduce the transportation and storage costs, they are often processed and dried [1, 2].

Strawberry (*Fragaria x ananassa*, D.) is known as a berry with high content of organic acids (citric, malic, quinic, salicylic, as well as succinic and traces of shikimic and glycolic upon ripening), vitamins C, PP, E, B₁, B₂, B₆, B₉, K, carotene, pectin and other substances. Strawberry is rich in phenolic compounds which have antioxidant, anti-inflammatory, and anticancer action [3, 4]. Ripe raspberry (*Rubus idaeus* L.) contains free organic acids (citric, malic, salicylic), minerals (Co, Cu, K, Na, Fe, Ca, Mg, P) [1, 5], vitamins (B-group, PP, C, provitamin A), tanning substances [6]. Raspberry has diuretic, choleric, anti-anemic effect, helps strengthen the walls of blood vessels and promotes intestinal health [14]. Melon fruits (*Cucumis melo*) contain proteins, carbohydrates (sugars, starch, fiber), organic acids, vitamins (B-group, PP, A, C, β-carotene), minerals (K, Na, Fe, Ca, Mn, Mg, Zn). Melon is especially recommended in case of exhaustion, anemia, atherosclerosis, and some other cardiovascular diseases. Melon enhances the effect of antibiotics reducing their toxicity [7].

Rich chemical composition of dried fruit and berry raw materials allows to use them in the production of dairy and baked goods, confectionery, snacks, salads, ketchups, seasonings in order to enrich them with vitamins, minerals, organic acids, fiber, etc. [8]. Knowing the chemical composition of fruit and berry raw materials, identifying components forming the organoleptic characteristics not only constitutes a prerequisite for the production of competitive products, but also makes it possible to identify adulteration. The purpose of the research was to assess the quality and to identify the chemical composition of fruit and berry powders. Research objectives were to study organoleptic properties, physical and chemical parameters, as well as nutrient composition of fruit and berry powders comparing them with commonly known data; to identify the profile of organic acids and mineral composition of the plant material under study.

3. Materials and methods

The investigated products were fruit powders of strawberry, raspberry and melon produced by a Russian company. According to the declaration of the manufacturer, the composition of these powders is 100% corresponding natural raw materials containing no preservatives, dyes, or artificial flavorings.

Organoleptic characteristics of the fruit powders were studied according to GOST 8756.1-2017. Moisture content was determined according to GOST 33977-2016, fat and protein content – according to MU 4237-86 guidelines, non-volatile acids – according to M 04-47-2012, sugars – according to M 04-69-2011, metal and foreign impurities, contamination with grain pests – according to GOST 15113.2-77, food fibers – using the generally accepted method [9], minerals – according to MUK 4.1.1482-03 and MUK 4.1.1483-03 guidelines. All measurements were carried out in three replications.

4. Results and discussion

Sensory evaluation of the quality of the studied materials showed the following: in appearance, the samples of processed strawberries, raspberries, and melons were finely ground homogeneous loose odorless powders, which is uncharacteristic of each type of the original natural raw material. The colour was identified as intense, uniform throughout the mass of the powders, uncharacteristic of dried products, with the following tones: pink with a gray hue for the strawberry powder, light burgundy for the raspberry powder, and light yellow for the melon powder. A sweet taste was noted in the strawberry and melon, and a sour taste in the raspberry material.

According to the results of physical and chemical study of plant materials, no deviations were found from the normal values. Thus, the moisture content of the powders under study was within the range of 4.2-5.1% (in various literature data, the range is 4-12% [1], no infestation with grain pests or presence of metallic and foreign impurities were found.

Fruits and berries have rich chemical composition, which makes them unique elements of a healthy diet [5]. In this regard, we investigated the main nutrients contained in the studied samples of fruit and berry powders.

To begin with, we compared the obtained test results with the information on the product packaging. We

found that the actual levels of protein and lipids content did not correspond to the ones stated in the labeling, which indicates misinformation of the consumers. Thus, the amount of proteins and fats in the strawberry powder was 26 and 3.5 times lower, in the raspberry powder – 8 and 60 times higher, respectively, in the melon powder, contrary, it was slightly higher, as for protein in particular – by 55% (**Table 1**) than the labelling of the products.

Taking into account the fact that drying significantly increases the concentration of dry substances and, consequently, biologically active components [1, 2], it was determined that not all samples of the plant powders contained protein and fat even within the generally known range for fresh raw materials. For example, the amount of protein and lipids in the strawberry powder should be 7.0 g/100 g and 1.0 g/100 g, respectively [1]. The obtained results were far below.

Table 1. Nutrient Composition of Fruit and Berry Powders

Indicator	Results					
	Strawberry		Raspberry		Melon	
	Actual content	Range for fresh berries in literature	Actual content	Range for fresh berries in literature	Actual content	Range for fresh fruits in literature
Mass fraction of protein, %	0.20±0.01	5.2* g 0.8 g/100 g ^a	0.50±0.03	4.0* g 0.72-1.67 ^c	0.31±0.02	0.2* g 0.174-0.674 ^e 6.4** ^d
Mass fraction of fat, %	0.37±0.02	1.3* g 0.1 g/100 g ^a	0.05±0.01	3.0* g 0.65 ^c	0.11±0.01	0.0* g 0.09-0.26 ^e 3.5** ^d
Mass fraction of sucrose, %	52.31±2.24	0.14 ^b 2.88-10.82 g/kg ^g	40.42±2.64	0.15 ^b 0.80-1.86 ⁱ	41.13±3.22	4-8 ^d
Mass fraction of glucose, %	1.24±0.09	2.34 ^b 5.02-15.92 g/kg ^g	2.00±0.11	1.84-3.20 ^{b, f}	5.72±0.26	1.1-2.8 ^d
Mass fraction of fructose, %	0.34±0.02	2.59 ^b 27.66-45.16 g/kg ^g	1.85±0.10	2.10-3.85 ^{b, f}	4.70±0.29	0.75-2.02 ^d
Dietary fiber content, g/100 g	3.91±0.20	1.5-2.1% ^{b, h}	2.72±0.14	3.0-3.9 ^{b, c}	1.40±0.07	23.90** ^d
soluble	1.30±0.10	0.96% ^h	0.91±0.05	0.5-1.8 ^{c, h}	0.40±0.02	no data
insoluble	2.61±0.20	0.85% ^h	1.81±0.11	1.9-3.1 ^{c, h}	1.00±0.05	no data

Note: *content indicated on the packaging of fruit and berry powders, **in terms of dry matter.

^a Karkh *et al.*, 2014, / ^b Akimov *et al.*, 2020, / ^c Akimov *et al.*, 2021, / ^d Sannikova, 2009, / ^e Erenova, 2010, /

^f Dulov, 2021, / ^g Pochitskaya *et al.*, 2019, / ^h Baygarin *et al.*, 2015, / ⁱ Medvedkov *et al.*, 2015.

The most important indicator of the quality of fruits and berries is their sugar content, which depends on both the characteristics of a certain variety and weather conditions in the period of crop formation [5, 7]. It is known that for fresh raspberries, the content of sugars is 4-10 %, for dried berries - 34.5-42.2% [5]. Fresh strawberries contain 7.3-11.7% of sugars, which, as in raspberries, are represented mainly by fructose, glucose, and sucrose; their amount varies from 5.9 to 8.9 % [3, 4]. In the fruits of cultivated melon, the level of sugars is 7.0-21.0% [7, 10].

It was found that the ratio of mono- and disaccharides in the studied raw materials did not correspond to the data obtained by a number of scientists in practical studies [5, 6, 10, 11, 12, 13]. As for sugar content in strawberries, fructose should prevail significantly, in melon – sucrose, whereas in raspberries fructose and glucose content should be equivalent. It was revealed that in all samples of plant materials sugars were 80-97% represented by sucrose, and its high level indicated 40.4-52.3% addition of white sugar. In addition, the quantitative levels of monosaccharides in the strawberry powder did not even fall within the lower limits of their content established for fresh berries.

Plant material is distinguished first of all by the presence of dietary fiber, regular consumption of which contributes to the prevention of overweight and obesity, gastrointestinal, cancer, and cardiovascular diseases.

It was determined that by the content of dietary fiber, the studied samples of vegetable material were closer to the levels of characteristic of fresh juicy berries and fruits, since it is known, for example, that the amount of dietary fiber in dried chopped strawberries is not less than 8.0 g/100 g [5]. In our case the dietary fiber content of our samples were only 3.91 ± 0.20 g/100 g.

It is well known that berry and fruit raw materials are characterized by a specific profile of organic acids and macronutrients, and the analysis of their content allows to determine adulteration or to prove its natural character [8]. So, these characteristics were studied in more detail. According to a number of authors, citric acid predominates in raspberry, while the content of malic acid is significantly lower. Salicylic acid in raspberries, which has bactericidal, antipyretic, and analgesic action, is of particular importance [5, 6]. Strawberries contain malic, benzoic, citric, tartaric, oxalic, succinic, and salicylic acids with the predominance of citric and malic ones [11]. Organic acids in cultivated varieties of melon are represented by malic and succinic acids, whereas citric and glucuronic acids appear during storage [10]. According to the test results, the amount and ratio of organic acids in the studied fruit powders did not correspond to the profile of natural raw materials (Table 2). Thus, oxalic and tartaric acids were absent in the strawberry powder, malic acid – in the raspberry raw material, and citric acid – in the melon material (their concentration stayed below the limit of detection).

Table 2. Profile of Organic Acids and Mineral Elements of Fruit and Berry Powders

Indicator	Results					
	Strawberry		Raspberry		Melon	
	Actual content	Range for fresh berries in literature	Actual content	Range for fresh berries in literature	Actual content	Range for fresh fruits in literature
Content of organic acids, mg/dm³, of which:						
Oxalic acid	not measured	0.10-0.41 g/kg ^h	not measured	no data	not measured	no data
Tartaric acid	not measured	0.02-0.05 g/kg ^h	not measured	no data	not measured	no data
Malic acid	2342.0±12.4	1.18-6.21 g/kg ^{c,h}	not measured	7.4-63.0 mg/100 g ^{c,d}	629.6±34.4	29.0-34.8 mg/100 g ^e
Citric acid	3236.0±19.5	3.32-6.64 g/kg ^{c,h}	29540.0±187.2	466-1750 mg/100 g ^{c,d}	not measured	1.8-4.7 mg/100 g ^e
Succinic acid	1587.0±10.2	no data	2437.0±14.6	no data	430.4±32.5	0.6-6.2 mg/100 g ^e
Content of mineral elements, mg/dm³, of which:						
B	not measured	185 µg% ^g	0.41±0.02	170-230 µg% ^g	not measured	no data
Ca	not measured	40 mg/100 g ^g	12.21±1.07	262.0-490.0 ^d	not measured	160.0** mg% ⁱ
Co	not measured	4.0 µg% ^g	not measured	1.60-2.36 µg% ^g	not measured	no data
Cu	not measured	no data	0.16±0.01	0.16-1.00 ^d 85-280 µg% ^g	not measured	1.96-4.94 ^e
Fe	0.70±0.04	11.0 ^{a, b}	5.64±0.34	2.9-13.4 ^d 0.74-1.62 mg% ^g	not measured	3.53-11.9 ^e 10.0** mg% ⁱ
K	72.20±4.23	1520 ^a , 1618 ^b	not measured	1340.0-3880.0 ^d	not measured	1130.0-1173.8 ^h 1180 ^e
Mg	not measured	172 ^a , 190 ^b	30.17±1.67	105.0-677.0 ^d	not measured	104.3-108.4 ^f 130.0** mg% ⁱ
Mn	0.42±0.02	no data	3.99±0.22	220-650 µg% ^g	not measured	no data
Mo	0.096±0.006		0.088±0.006	12-18 µg% ^g	0.092±0.004	no data
Na	42.80±2.75		417.00±25.46	10.0-41.1 ^d	43.84±2.57	320.0 ^{e, f}
P	19.81±1.12		161.06±11.78	no data	14.23±1.12	120.0** mg% ⁱ
Pb	not measured	no data	0.15±0.01	not more than 0.4 [*]	not measured	no data
Si	3.21±0.23	99.0 mg% ^g	10.43±0.92	31.0-46.0 mg% ^g	3.86±0.19	no data
Zn	0.76±0.04	no data	2.21±0.18	2.9-5.3 ^d	0.53±0.03	1.11-3.86 ^e

Notes: *according to TR CU 021/2011, ** in terms of dry matter.

^a Stepanov *et al.*, 2013, / ^b Karkh *et al.*, 2014, / ^c Akimov *et al.*, 2020, / ^d Akimov *et al.*, 2021, / ^e Sannikova, 2009, / ^f Erenova, 2010, / ^g Dulov, 2021, / ^h Pochitskaya *et al.*, 2019 / ⁱ Medvedkov *et al.*, 2015

Strawberries and raspberries are known to be rich in macro- and micronutrients. Thus, 100 g of strawberries cover 330% of the daily demand in Si, 264% in B, 40% in Co; 100 g of raspberries – 120% of the daily demand in Si, 250% in B [11]. Si is involved in the metabolism of most mineral elements and vitamins. It's lack leads to the decrease of digestibility of Ca, Fe, Co, Mn and metabolic disturbance. B plays an important role in the prevention and treatment of bone disease.

Co is a coenzyme of many enzymes, it activates the metabolism of fats and synthesis of folic acid [11]. The berries also contain Fe, Zn, Mn, Cu, Mo etc. It was determined that the strawberry powder under study did not contain in detectable amount of intrinsic essential macro- and microelements, namely Ca, Mg, B, Co, the amount of Si, Fe, K was at the trace level, indicating that the material was not natural. The raspberry powder turned out to be devoid of Co, K, whereas the amount of B, Ca, Cu, Mg, Mn, Si, important for the plant life, was residual. The mineral composition of melon fruit includes K, Ca, Mg, P, Na, Fe. K is of extreme importance in the mineral nutrition of melon. The higher level of potassium nutrition increases productivity, disease resistance, accumulation of ascorbic acid and sugars [15]. The content of Fe, which plays a leading role in the formation of red blood cells – carriers of oxygen – is 17 times higher in melon than in milk [16]. When testing the mineral profile of the melon powder, it was found that it lacked the plant physiologically “obligatory” amount of K, Fe, Ca, Co, Cu, Mg, Mn, which does not correspond to the fundamental laws of physiology of the plant itself. The results allowed us to conclude about the qualitative adulteration of this plant material.

5. Conclusions

The results of physical and chemical tests of the studied raw materials showed deviations from the norms. Studying the levels of proteins and fats of products of strawberry, raspberry, and melon powders confirmed the fact of adulteration. The data obtained during organoleptic evaluation of quality and identification of profile of sugars, organic acids, and mineral elements allowed us to conclude that the powders under study were not natural fruit and berry raw materials.

6. Conflicts of interest

We declare that we have no financial and personal relationships with other people or organizations that can inappropriately influence our work, there is no professional or other personal interest of any nature or kind in any product, service and/or company that could be construed as influencing the content of this paper.

7. Acknowledgement

The work was supported by Act 211 of the Government of the Russian Federation, contract No. 02.A03.21.0011.

8. References

- [1] Ermolaev, V. A. (2019): Low-temperature vacuum drying as the method of draining of plant raw materials. *The Bulletin of KrasGAU*, 1 (142), pp. 160-166.
- [2] Mizberidze, M. Sh., Chakvetadze, Sh. M., Pruidze, M. R. (2017): Intensification of drying processes of berries in the field of infrared rays. *Aeconomics: Economics and Agriculture*, 8 (20), p. 5.
- [3] Stepanov, V. V., Tikhonov, S. L., Mikryukova, N. V. (2013): The analysis of strawberry's quality during the storage, grown in vivo and micropropagation. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 12 (118), pp. 58-62.
- [4] Karkh, D. A., Stepanov, V. V., Tikhonova, N. V., et al. (2014): Expansion of the fortified foodstuffs production as a basis of food security. *Journal of Ural State University of Economics*, 1 (51), pp. 118-121.
- [5] Akimov, M. Yu., Bessonov, V. V., Kodentsova, V. M., et al. (2020): Biological value of fruits and berries of Russian production. *Problems of Nutrition*, 89 (4), pp. 220-232. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>
- [6] Akimov, M. Yu., Koltsov, V. A., Zhbanova, E. V., et al. (2021): Nutritional value of promising raspberry varieties. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 640, 022078. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022078>
- [7] Sannikova, T. A. (2009): Scientific foundations of resource-saving, waste-free technology of melon cultivation: dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. Astrakhan. 316 p.
- [8] Rudenko, O. S., Kondratiev, N. B., Osipov, M. V., et al. (2020): Evaluation of fruit raw materials chemical composition by the content of organic acids and macronutrients. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 82 (2), pp. 146-153. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-146-153>
- [9] Skurikhin, I. M., Tutelyan, V. A. (1998): Guide to methods for analysis of food quality and safety. Moscow, Brandes, Medicine, 342 p.
- [10] Erenova, B. E. (2010): Scientific basis for the production of products on a religious basis: thesis abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences. Almaty, 33 p.
- [11] Dulov, M. I. (2021): Harvesting, storage and processing of raspberries and strawberries. Petrozavodsk. In the book: innovative technologies in science and education, pp. 4-24.

- [12]** Pochitskaya, I. M., Roslyakov, Yu. F., Komarova, N. V., et al. (2019): Sensory Components of Fruits and Berries. *Food Processing: Techniques and Technology*, 49 (1), pp. 50-61.
- [13]** Baygarin, E. K., Vedischeva, Yu. V., Bessonov, V. V., et al. (2015): The content of dietary fiber in various food products of plant origin. *Problems of Nutrition*, 84 (5), p. 15.
- [14]** Ermolina, G. V., Ermolin, D. V., Zavaliy, A. A., et al. (2018): Substantiation of modes of infrared drying of raspberries and blackberries. *Transactions of Taurida Agricultural Science*, 14 (177), pp. 112-118.
- [15]** Kosolapova, G. N. (2006): Biochemical composition of raspberry in conditions of the Kirov region. *Agricultural Science Euro-North-East*, 8, pp. 47-49.
- [16]** Medvedkov, E. B., Admaeva, A. M., Erenova, B. E., et al. (2015): Chemical composition of melon fruits of mid-season varieties of Kazakhstan. *Agricultural sciences and agro-industrial complex at the turn of the century*, 12, pp. 36-43.

Különböző országokból származó termékek tápanyagtartalmának meghatározása

Kulcsszavak: lencse, rizs, bab, tápanyagtartalom, ásványanyag-tartalom, kén-nitrogén

1. ÖSSZEFOGLALÁS

A Magyarországon kereskedelmi forgalomban kapható termékek származási országuk tekintetében nagy változékonyságot mutatnak. Hipotézisünk szerint ez a sokféleség megmutatkozik a tápanyagtartalom mennyiségében is. Kísérleteink során különböző származási helyről érkező jázminrizs, lencse és szárazbab tápanyag- és ásványanyag-tartalmának meghatározását végeztük el, az eredményeket leíró statisztikai módszerekkel elemeztük.

Munkánk célja az volt, hogy a világ különböző országaiból származó alapanyagokból legyenek alapadataink, amelyeket összehasonlíthatunk a magyarországi alapadatokkal. Az eredmények értékelése során a makrotápanyagok trendszerű változását tapasztaltuk, a termények ásványanyag tartalma több esetben közepes vagy erős változékonyságú volt. Eredményeink alapján javasolható, hogy a szakértők gyakrabban újítsák meg az alapadatokat – tekintettel az egyre globalizált világra –, és vegyék figyelembe a termények származási ország szerinti változékonyságát.

¹ Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Táplálkozástudományi Intézet

² Debreceni Egyetem, Táplálkozás- és Élelmiszertudományi Doktori Iskola

2. Bevezetés

A Magyarországon kereskedelmi forgalomban kapható lencse-, rizs- és szárazbab-típusok nagy változékonyságot mutatnak a származási országuk tekintetében. Egy szupermarket polcairól öt kontinensről származó termék közül választhat a vásárló. Ez a változékonyság megjelenik a közétkeztetés számára beszállított nyersanyagok változékonyságában is. A megfelelő étlap tervezéséhez, amely akár speciális étkeztetési igényeket is kielégíthet – elengedhetetlen a kellő pontosságú tápanyagtartalom ismerete, amely kiterjed az ásványanyag-tartalomra is. Az ételkészítéskor a jelölés csak a főbb tápanyagokról kapható tájékoztatás, de az ásványanyag-tartalomról nem. A vizsgálat során a különböző származási helyről származó, és a magyarországi nagy-, valamint kiskereskedelmi forgalomban megjelenő termények tápanyag- és ásványanyag-tartalom meghatározását végeztük el.

3. A vizsgált termények általános jellemzése

3.1. Jázminrizs

A rizs (*Orzyza sativa* L.) az újkőkori óta ismert táplálék. Európába az ókori görögök, rómaiak, majd a mohamedán népek közvetítésével került [1]. Carl von Linné kategorizálta először a *Species Plantarum*-ban, 1753-ban [2]. A jelenlegi rizstermelés földrajzi határa az 53° északi és a 40° déli szélességi fok között van. 2018-ban a világ összes rizstermése 782 millió tonna volt. A legnagyobb rizstermelő országok: Kína 214,08 millió tonna/év, India 172,58 millió tonna/év és Indonézia 83 millió tonna/év megtermelt mennyiségével. A magyarországi rizstermesztés az 1970-es években 55-68,5 ezer tonna/év, az 1980-as években 30-47 ezer tonna/év, az 1990-es évektől pedig átlagosan 10 ezertonna/év. [3]. A rizsszemek ezerszemtömege 12-54 g. A rizs minősége a profilindex alapján is jellemezhető. A paraméter a szem hosszúságát és szélességét jellemzi, ami alapján lehet karcsú (3,0<), közepes (3,0-2,1), félgömbölyű (2,1-1,1) és kerek (1,0>). A rizs népszerű és értékes kultúrnövény, amelyet több mint 8000 fajtája is jól tükröz.

A fajták közül kiemelkedő a hosszúszemű jázminrizs, amely konyhakész állapotban puha és kellemes illatú. A Thaiföld északi és északkeleti termővidékein termelt jázminrizsnek (KDML105) kimagasló aromatartalma van [4], és a Khao Dow Mali 105 és a Kor Kho 15 fajtából nemesítették [5]. Jellegzetessége, hogy egy évben csak egyszer, az esős évszakban terem. Ennek az a következménye, hogy egy időben érik be a termés, egy időben történik a betakarítás, és egy időben kerül a termés a piacra, ami nyomott kereskedelmi árat eredményez. A termelő választhat: eltárolja a terményét (ez költségeket eredményez), vagy azonnal értékesíti alacsonyabb haszonnal. A jázminrizs tápanyagtartalma eltér más rizsfajtáktól. AUS. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Food Data Central adatbázisa szerint energiatartalma 356 kcal, fehérjetartalma 6,67 g/100g zsírtartalma lényegében nulla, szénhidrát tartalma pedig 80 g/100g [6]. Chee-HeeSe és munkatársai mérései szerint energiatartalma 349 kcal, fehérjetartalma 6,98±0,16, szénhidrát tartalma 79,6±0,30, míg zsírtartalma 0,26±0,07 g/100g [7]. Az Arkansasi Egyetem hallgatója Mils, és oktatója Wang 2020-ban kilencféle Thaiföldről származó, de az USA-ban nevelt fajtától származó mintát vizsgált. [8]

Tápanyagtartalom-mérési eredményeik az alábbiak voltak.

- Fehérjetartalom (g/100g): 7,61±0,01; 7,65±0,01; 8,39±0,02; 10,89±0,15; 6,99±0,03; 7,87±0,01; 9,09±0,02; 6,87±0,00; 8,41±0,13;
- Zsírtartalom (g/100g): 0,015±0,00; 0,19±0,00; 0,56±0,02; 0,54±0,01; 0,31±0,01; 0,43±0,01; 0,4±0,01; 0,26±0,01; 0,45±0,01;

Más szerzők által mért rizsfélék ásványi anyag tartalmát az **1. táblázat** tartalmazza.

1. táblázat. Rizs ásványianyagtartalma különböző forrásokból (mg/kg)

Ásványi anyagok	Rizs [27]				Rizs [28]	Rizs [29]			Rizs [15]
Ca	98,75	75,8	85,6	76,3	119,5	51,9	64,5	78,1	160
Cu	4,1	4,5	5,55	6,41	9,96	3,7	2,6	4,7	0,37
Fe	31,5	10,5	16,45	3,2	5,4	23,5	1,83	2,49	2,8
K	482,65	268,45	265,85	341,35	804,83	2586,4	2687,8	2160,2	2300
Mg	171,3	83,5	155,25	139,55	194,8	403,1	403,2	302,1	1100
Mn	Nincs adat	Nincs adat	Nincs adat	Nincs adat	10,73	5,3	5,8	3,3	0,07
Zn	17	10,25	13,25	11,5	25,9	11,7	7,7	14	16
Na	57,4	51	68,85	41,44	20,78	51,9	64,5	78,1	100
Ca	98,75	75,8	85,6	76,3	119,5	3,7	2,6	4,7	160

3.2. Lencse

A lencse (*Lens Culinaris* Medik. SSP. *Culinaris*) az emberiség egyik legősibb kultúrnövénye. A kőkorszak idején már termesztették Közép-Európában [9]. A Bibliában, Mózes első könyvében is említést tesznek róla (Mózes 25:27-34), de stabil szénizotóp vizsgálatok bizonyították, hogy az ókori Egyiptomban is a táplálkozás fontos részét képezte [10]. Növényteni leírása Friedrich Kasimir Medikus, német fizikus és botanikus nevéhez fűződik -ben [11]. Jelenleg öt kontinensen, számos országban termesztik, többek között Magyarországon is. Az ENSZ Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Világszervezete (UN FAO) adatai szerint 2012 és 2014 közt körülbelül 4,3 millió hektáron termesztették, a világ éves lencsetermelése 5 millió tonna volt. 2017-ben a termőterületek nagysága már elérte a 6,5 millió hektárt [12]. A világ legnagyobb lencsetermelői Kanada, India, az Amerikai Egyesült Államok, de Ausztrália is a feltörekvő országok között van. Európában a legnagyobb lencsetermelő országok Oroszország, Spanyolország és Franciaország. A világtermelés 40%-át Kanada termeli, India 22%-kal a második, míg Törökország 8,1%-kal a harmadik a rangsorban.

A lencsének több változata ismert. Megkülönböztetjük a mag nagysága alapján: nagy, közepes és kis magvú, de a mag színváltozata alapján is: barna-, sárga-, vörös-, fekete- vagy zöldlencse. Egyes fajták kiemelkedő tápanyagtartalommal rendelkeznek. A Masooregy indiai nagyszemű vöröslencse-fajta. A pakisztáni Bahauddin Zakariya Egyetem által termesztett Masoor 85 fajta fehérjetartalma 30,41 g/100g, míg a NIAB Masoor fehérjetartalma 30,6 g/100g, ami kimagasló értéket jelent [13].

A hazánkban kereskedelmi forgalomba kerülő lencsetípusokata lencseszem mérete és színe szerint különböztetik meg.

Tápanyagtartalmát tekintve a lencse fehérjében gazdag kultúrnövény. Több szerző mérési eredményit összevetve fehérjetartalma változékonyságot mutat. Ganesan és Bajoun 2017-ben az Amerikai Egyesült Államok kormánya által üzemeltetett Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Food Data Central adatbázisaiban végzett elektronikus adatgyűjtése alapján a lencse fehérjetartalma 24,44-25,71 g/100g [14]. A Rodler Imre által szerkesztett Új Tápanyagtáblázat (2005) alapján a lencse fehérjetartalma 26 g/100g, szénhidrát tartalma 53 g/100g, zsírtartalma 1,9 g/100g [15].

2004-ben Wang és Daun több, véletlenszerűen választott nyugat-kanadai termelő által termesztett lencséből származó mintát vizsgált. Az általuk vizsgált nagyszemű barna lencse átlagos fehérjetartalma 27,3 g/100g, szénhidrát tartalma 44 g/100g, zsírtartalma 1,2 g/100g, míg a közepes szemű barna lencse átlagos fehérjetartalma 25,9 g/100g, szénhidrát tartalma 44,8 g/100g, zsírtartalma pedig 1,0 g/100g [16]. Más szerzők által mért lencse ásványianyag-tartalmát a **2. táblázat** tartalmazza.

2. táblázat. A lencse ásványanyag tartalma (mg/100g)

Ásványi anyagok	Lencse [15]	Nagy szemű lencse (Laird fajta) [16]	Közepes szemű lencse (Richlea fajta) [16]
P	420	465,5	568,4
Ca	68	64	81,3
K	840	976,4	1116,9
Mg	135	136,1	147,1
Na	7	Nincs adat	Nincs adat
Zn	3,5	4,4	4,3
Mn	1,55	1,7	1,9
Cu	0,75	1,2	1
Fe	6,5	8	7,7

3.3. Bab

A hüvelyesek közül az élelmiszeripar számára legfontosabb növények a Fabaceae családba tartoznak. Ezek a borsó, a bab, a lencse, a csillagfürt és a földimogyoró.

A bab (*Phaseolus vulgaris* L.) a pillangós virágúak családjába tartozik. Őshazájának Mexikó és Guatemala 500-1800 m tengerszint feletti területei tekinthetők, Európába az Újvilág felfedezése után került. A legrégebbi bableletek csaknem 10 000 évesek, és Peruból kerültek elő [17]. Nagy alakgazdagság jellemzi, fajon belül pedig több változata létezik. Virágai fejlett, kétoldali szimmetriával rendelkező zygomorf, jellegzetes pillangós szerkezetűek. Termésesok magból álló, oldalt lapított, vagy henger alakú hüvelytermés. A hüvelyekben a fajtától függően 4-8 mag található. A mag színe változatos.

Magyarországon kétféle fajt termesztenek: a közönséges babot, amely kerti bab néven is ismert (*Phaseolus vulgaris* L.), és a tűzbabot (*Phaseolus coccineus* L.). A világ babtermelése (*Phaseolus vulgaris* L.) 1961-ben 11,23 millió tonna, 2018-ban pedig 30,43 millió tonna volt, amely közel háromszoros mennyiséget jelent. 2018-ban világviszonylatban a legnagyobb babtermelő ország India 6,22 millió tonna megtermelt mennyiséggel, a második pedig Brazília 2,62 millió tonna terméssel. A Magyarországon megtermelt mennyiség az elmúlt 50 évből jelentősen csökkent: míg 1962-ben közel 31 ezer tonna volt az egy év alatt megtermelt mennyiség, addig ez a szám 1990-re 3546 tonnára csökkent. A mélypont 2010-ben volt: évi 545 tonna. 2014-től napjainkig az átlagosan megtermelt mennyiség 1500-1700 tonna/év [3]. A babban megtalálható tápanyagok mennyisége függ az adott fajtától, az éghajlattól, a termőterülettől és a termesztéstechnológiától. A bab termése megfelelő körülmények között éveket tárolható károsodás nélkül [18].

Tápanyagtartalmát tekintve az érett bab legértékesebb alkotórésze a fehérje. A bab fehérjéit olyan értékes esszenciális aminosavak alkotják, mint például a lizin, a metionin, a cisztein és a triptofán.

Más szerzők által mért bab-minták ásványianyag-tartalmát az **3. táblázat** tartalmazza.

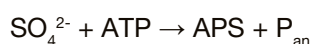
3. táblázat. Bab tápanyag- és ásványianyag-tartalma különböző forrásokból (100 g-ra)

Tápanyag	Bab száraz [15]	Fehérbab [19]	Vesebab [30]
Fehérje (g)	22,3	24,1	Nincs adat
Zsír (g)	1	1,51	Nincs adat
Szénhidrát (g)	57,9	42,4	Nincs adat
Hamu (g)	3,4	Nincs adat	Nincs adat
Víz (g)	12,4	0	Nincs adat
P (mg)	410	523	439±46
Cs (mg)	100	229	92±37
K (mg)	1550	1470	1649±296
Mg (mg)	145	180	207±24
Na (mg)	8	Nincs adat	4,296±1,052
Zn (µg)	2800	3310	3199±365
Co (µg)	5	38,9	57±15
Cr (µg)	18	Nincs adat	28±11
Mn (µg)	2500	2200	1660±196
Ni (µg)	200	220	380±164
Cu (µg)	850	1140	841±105
Se (µg)	10	Nincs adat	Nincs adat
Fe (µg)	6600	Nincs adat	10094±1750

3.4. Kén-nitrogén arány

Az élelmiszerekként tartalmát nem túl gyakran határozzák meg, pedig mennyisége a kén-tartalmú aminosavak fontos jelzője. A kén a talajban szerves és szervetlen kötésben fordul elő. A talaj legfontosabb szulfidjai a FeS_2 (pirit) és a FeS , legfontosabb szulfátjai pedig a gipsz ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) és az anhidrit (CaSO_4). A szerves kötött kén mennyisége egyenes arányban változik, és szoros összefüggést mutat a talaj humusztartalmával: $r=0,84$. A talaj szerves kén-tartalma talajtípusonként változó [31]: a csernozjom talajokon 75%, a podzolos talajokon kb. 50% a talaj összes szerves kén-tartalma. A különböző talajtípusok kén utánpótlása függ a légszennyezettségtől és az ipari kénkibocsátástól is. Nagy-Britannia középső területein a légszennyezésből származó, levegőből kihulló kén mennyisége 1972 és 1974 közt elérte az 50 kg/év/ha mennyiséget [38]. A. Martin 1980-ban 20 évre visszamenő, több szerző által mért eredményeket hasonlított össze, melyben megállapította, hogy a levegőből kihulló kén mennyisége földrajzi területekenként és évszakonként változó [39]. J. Archer 1988-ban a környezetből származó kén mennyiségét a kelet-angliai mezőgazdasági termőterületeken már általánosságként legalább a 30 kg-év/ha mennyiségnek kalkulálja több, az 1970-es években történt mérések alapján [36]. Az Egyesült Királyságban a kén-dioxid kibocsátás az utóbbi 50 évben folyamatosan csökkent. A napjainkban kibocsátott mennyiség az 1970-es években mért mennyiségek mintegy 3%-át teszik ki [40].

A növények általában a gyökérzetten keresztül, szulfát alakban veszik fel a kén nagyrésztét vagy pedig a levelek sztómain keresztül. A felvett szulfát redukálása több lépésben történik. Legelőször ATP-vel reagál adenzin-foszforil-szulfáttá (AFS), miközben szervetlen foszfát (P_{an}) hasad le az ATP-ről:



ATP segítségével az APS másodszer is foszfo-adenozin-foszforil-szulfáttá foszforizálódik. Az így megkötött szulfátot egy hidrogén atomot szállító enzim szulfittá redukálja, ami azután NADPH hatására egészen szulfid-S (S²⁻) -ig redukálódik tovább, amely szerinnel ciszteinné reagál [32].

A kén a növényben anorganikus és organikus alakban egyaránt előfordul. A két frakció közt nincs éles határ, a szulfát a növény S-tartaléka. Ha fokozzuk a kultúrnövények kén ellátását, akkor elsődlegesen a szervesen kötött kén tartalom növekszik, kisebb mértékben pedig a szervesen kötött forma. A növény a kén felvett szulfát alakjában tárolja, amit szükség szerint szerves formába redukál. A növény először a szerves igényeit fedezi, csak ez után raktározza el a felvett ként [33]. A kén legnagyobb jelentősége, hogy a peptidok, fehérjék és lipidek alkotórésze, a kén tartalmú aminosavak építőeleme. A kénvegyületek közül mennyiségileg a cisztein és a metionin a számottevő. Ezek jelenléte a különböző élelmiszer és takarmány alapanyagokban elengedhetetlen. A kén specifikus szerepe az SH-csoportot tartalmazó enzimekben és koenzimekben jut kifejezésre. Az SH-csoportok a növényekben 90%-ban fehérjéhez köthetők. Kénhiány esetén a növény fehérjeszintézisében zavarok lépnek fel, növekszik az oldható nitrogénvegyületek mennyisége, csökken a fehérjetartalom [20]. Az elemek közötti kapcsolat statisztikai módszerekkel kimutatható. Kenyérbúzákon végzett vizsgálatok során $r=0,73$ ($\alpha=0.01$) korrelációt mértek a kén- és nitrogéntartalom kapcsolatában. [21]. Lengyelországban több éven keresztül babon (*Phaseolus vulgaris* L.) végeztek vizsgálatokat, melyek során megfelelő kén-ellátottság mellett 13,6%-kal növelték a termény fehérjetartalmát [37]. Észak-Németországban repcén végzett vizsgálatok során megfelelő kénellátottság mellett 40%-kal növelték a növény N felvételét [34].

Mivel a szakirodalomban nem találtunk átfogó tanulmányokat az egyes termények összetételét illetően, fontosnak tartjuk, hogy a vizsgált élelmiszer-alapanyagokra is alapadatokat adjunk meg ebből az elemből is.

4. Anyag és módszer

4.1. Nyersanyagok

A mintákat 2020 decemberében véletlenszerű szubjektív kiválasztással vásároltuk különböző magyarországi kiskereskedelmi üzletekben. A kiválasztás szempontja az volt, hogy a minták származási országuk vagy forgalmazójuk szerint különbözzenek. Öt különböző forgalmazótól és származási országból választott hétféle barnalencse, négyféle forgalmazótól és három származási országból érkező négyféle jázminrizs, valamint négy forgalmazótól és három származási országból származó, négyféle fehérbab-mintát elemeztünk és határoztuk meg azok tápanyagtartalmát. Az eredmények összesítő táblázatait, a leíró statisztikai elemzéseket és az ábrákat Microsoft Excel-ben készítettük.

A vizsgált mintákat termény-jellemzőik alapján a **4. táblázatban** soroltuk fel.

4. táblázat. A vizsgált minták és jellemzőik

Minta jelzése	Megnevezés	Jellemző	Származási ország
R1.	Rizs	Jázmin	Kambodzsa
R2.	Rizs	Jázmin	Thaiföld
R3.	Rizs	Jázmin	Vietnam
R4.	Rizs	Jázmin	Thaiföld
L1.	Lencse	Közepes szemű, barna	Oroszország
L2.	Lencse	Közepes szemű, barna	Ukrajna
L3.	Lencse	Nagy szemű, barna	Kanada
L4.	Lencse	Nagy szemű, barna	Lengyelország
L5.	Lencse	Közepes szemű, barna	Lengyelország
L6.	Lencse	Közepes szemű, barna	Törökország
L7.	Lencse	Közepes szemű, barna	Oroszország
B1.	Bab	Fehérbab	Etiópia
B2.	Bab	Fehérbab	Ukrajna
B3.	Bab	Tarkabab (Diana)	Magyarország
B4.	Bab	Fehérbab (Start)	Magyarország

4.2. A vizsgálat módszere

Az analitikai elemzést a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) és a Magyar Élelmiszerkönyv élelmiszeranalitikai iránymutatásai alapján végeztük a Debreceni Egyetem MÉK Műszerközpontjában. A vizsgálatok módszereit az **5. táblázat** tartalmazza. A fehérjetartalom meghatározásához a mért nitrogén mennyiségét 6,25-tel szoroztuk.

5. táblázat. Vizsgálatok módszerei

Vizsgált paraméter (mértékegység)	Vizsgálati módszer	Megengedett vizsgálati eltérés
Nedvesség(m/m) % szárítás, tömegmérés	MSZ 6367-3:1983	±0,4 m/m%
Nyersfehérje(m/m) % Kjeldahl módszer	MSZ EN ISO 20483:2014	±0,3 m/m%
Szénhidrát (m/m) % Fenolkénsavas módszer	Élelmiszer Analitika Elméleti Alapjai I. (1987) 3.7.2.3. fejezet	±0,05 m/m %
Összes élelmi rost (m/m) % Enzimes hidrolízis	Magyar Élelmiszerkönyv 3-2-2008/1 sz. irányelv I. sz. melléklet	±55 R
Minta előkészítés	SVM2 2011	Nincs adat
Ca (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-26:1985	±10 % R
Cu (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-34:1985	±10 % R
Fe (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-31:1985	±10 % R
K (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-29:1985	±10 % R
Mg (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-27:1985	±10 % R
Mn(mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-32:1985	±10 % R
Na ((mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-30:1985	±10 % R
P (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-28:1985	±10 % R
S (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-38:1985	±10 % R
Zn(mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-33:1985	±10 % R

Az induktív csatolású plazma atomemissziós spektrométer (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)) egy kvantitatív elemanalitikai módszer, amelyhez a minták előkészítését a Debreceni Egyetem professzorai és oktatói által publikált tanulmány szerint végeztük [35].

4.3. Statisztikai módszer

A statisztikai elemzést leíróstatisztikai elemzéssel, a regresszió analízist pedig Microsoft Excel program segítségével végeztük.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Rizsminták eredményei és értékelése

A rizsminták tápanyag vizsgálatának eredményeit a **6. táblázat**, az adatok leíró statisztikai értékelését az **7. táblázat** tartalmazza. Az ásványi anyagokra vonatkozó mérési eredményeket és azok statisztikai értékelését a **8. és 9. táblázatban** foglaltuk össze. A mérési eredményeket pedig az **1. és 2. ábrán** mutatjuk be.

6. táblázat. Rizsminták tápanyagtartalma

Minta jele	R1	R2	R3	R4
Fehérje (m/m) %	6,47	6,68	6,86	7,04
Összes szénhidrát (m/m) %	78,9	78,2	78,3	77,5
Élelmi rost (m/m) %	4,87	4,52	4,91	4,66

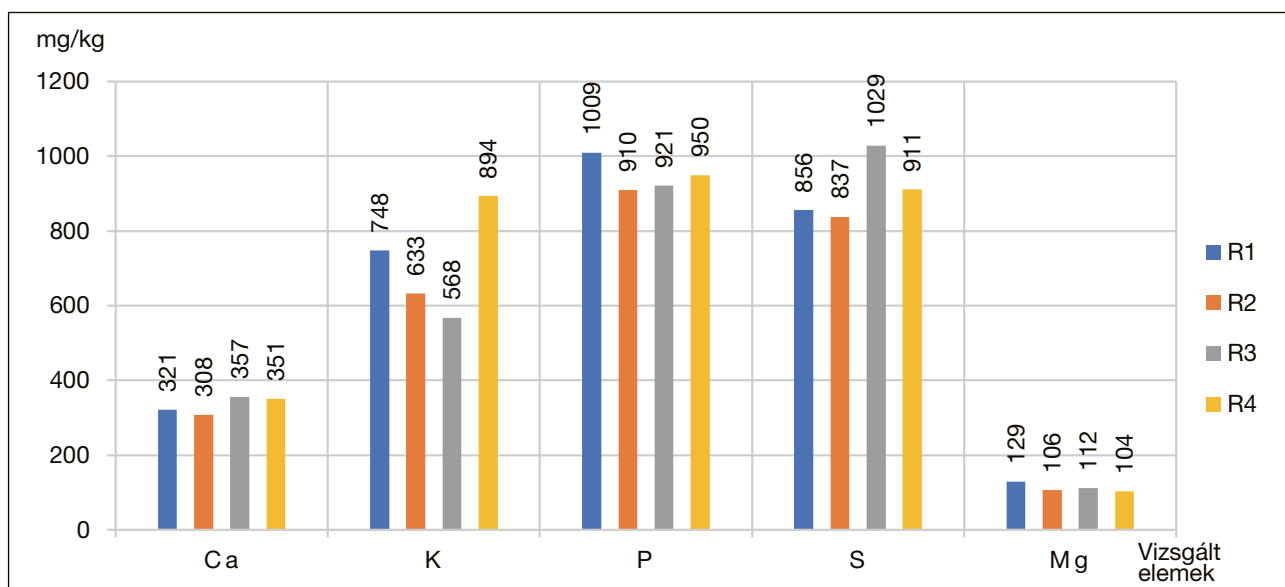
7. táblázat. Rizsminták tápanyagtartalma mérési eredményeinek statisztikai adatai

Tápanyag m/m%	Átlag	Szórás	Standard hiba	Variancia	Minimum	Maximum	Tartomány	CV%
Fehérje	6,76	0,24	0,12	0,06	6,47	7,04	0,57	3,58
Összes szénhidrát	78,25	0,60	0,30	0,35	77,49	78,94	1,45	0,76
Élelmi rost	4,74	0,18	0,09	0,03	4,52	4,91	0,39	3,86
N (Fehérjetartalom/6,25)	1,08	0,04	0,02	0,00	1,04	1,13	0,09	3,58

8. táblázat. Rizsminták ásványianyag-tartalma mérési eredményeinek statisztikai adatai (1. rész)

Ásványianyag mg/kg	Átlag	Szórás	Standard hiba	Variancia	Minimum	Maximum	Tartomány	CV%
Ca	334,25	23,51	11,75	552,5	307,8	356,8	49,00	7,03
K	710,71	142,81	71,40	20394	568,1	893,5	325,4	*20,09
Mg	112,83	11,57	5,79	133,9	103,8	129,5	25,74	*10,25
P	947,59	44,01	22,01	1937	910,3	1008	98,41	4,64
S	908,24	86,26	43,13	74418	837,5	1029	191,5	9,50

*Közepesen változékony

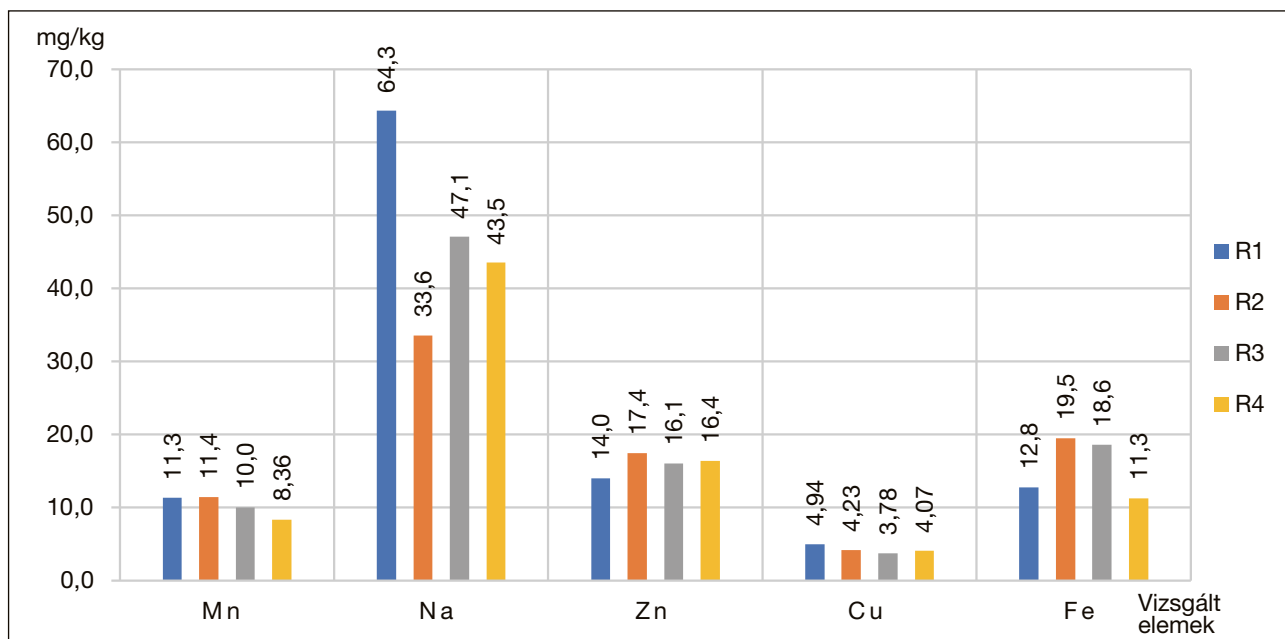


1. ábra. Rizsminták ásványianyag-tartalma mérési eredményeinek értékei (1. rész)

9. táblázat. Rizsminták ásványianyag-tartalma mérési eredményeinek statisztikai adatai (2. rész)

Ásványianyag mg/kg	Átlag	Szórás	Standard hiba	Variancia	Minimum	Maximum	Tartomány	CV%
Mn	10,27	1,43	0,71	2,04	8,36	11,41	3,06	*13,92
Na	47,12	12,81	6,41	164,21	33,57	64,33	30,76	**27,19
Zn	15,97	1,43	0,72	2,06	14,01	17,44	3,43	8,98
Cu	4,25	0,5	0,25	0,25	3,78	4,94	1,16	*11,65
Fe	15,56	334,11	2,05	16,86	11,31	19,48	8,18	**26,43

*Közepesen változékony / **Erősen változékony



2. ábra. Rizsminták ásványianyag-tartalma mérési eredményeinek értékei (2. rész)

A rizsminták fehérje- (6,47-7,04 m/m%), szénhidrát- (77,49-78,94 m/m%) és élelmi rost- (4,52-4,91 m/m%) tartalma homogén volt. A vizsgált minták esetében az ásványanyag-tartalom közepes vagy erős változékonyságot mutatott. A legnagyobb változékonyságot a Na- (CV%=27,19) és a Fe- (CV%=26,43) tartalom mérésekor tapasztaltuk. Említésre méltó, hogy a Na-tartalom a Kambodzsából származó minta esetében volt a legmagasabb, a thaiföldi minták esetében a legalacsonyabb, míg a Fe-tartalom a thaiföldiminták egyikében volt a legmagasabb, és a Kambodzsából, valamint más, thaiföldi mintában volt a legalacsonyabb.

5.1.1. Kén-nitrogén arány

A rizsminták S/N egymáshoz viszonyított arányát a **10. táblázat** tartalmazza.

10. táblázat. Kén és a nitrogén mennyisége és aránya

Minta	R1	R2	R3	R4
S (g/kg)	0,856	0,837	0,103	0,911
N (g/kg)	10,35	10,69	10,97	11,26
S/N	0,83	0,78	0,94	0,81
%	+6,4	Nincs adat	+20,5	+3,8

A táblázat ötödik sora a legalacsonyabb arányt (R2) veszi kiindulási alapul az ahhoz képest kimutatható százalékos eltérést tartalmazza.

A legszorosabb összefüggés az R2-es és az R4-es minta esetén tapasztalható; ezek származási országa Thaiföld, de az R1-es minta esetében is közeli a végsőérték. A legnagyobb eltérés az R3-as minta esetében tapasztalható, ennek származási országa Vietnám. Az összefüggés a termőföld, illetve a termesztési terület hasonló agrokémiai jellemzőire utal.

5.2. Lencseminták eredményei és értékelése

A lencseminták tápanyag vizsgálatának eredményeit a **11. táblázat**, az adatok leíró statisztikai értékelését az **12. táblázat** tartalmazza. Az ásványi anyagokra vonatkozó eredményeket és a statisztikai értékelését a **13. és 14. táblázatban** foglaltuk össze, valamint a **3. és 4. ábrán** mutatjuk be.

11. táblázat. Lencseminták tápanyagtartalma

Tápanyag mennyisége m/m%	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Fehérje	20,4	22,7	21,8	22,4	19,9	24,0	22,0
Összes szénhidrát	56,9	55,3	55,8	54,8	55,3	53,5	56,7
Élelmi rost	18,8	19,4	19,1	19,7	18,8	20,1	19,5

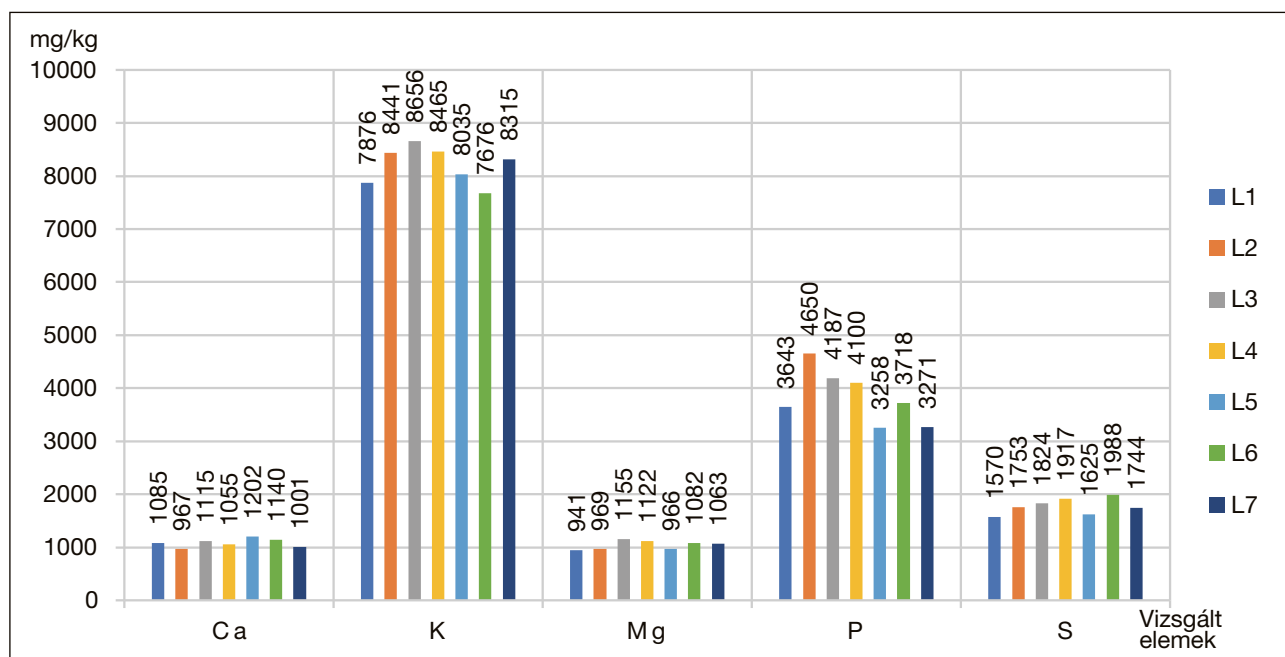
12. táblázat. A lencse tápanyagtartalmának statisztikai értékelése

Tápanyag m/m%	Átlag	Szórás	Standard hiba	Variancia	Minimum	Maximum	Tartomány	CV%
Fehérje	21,87	1,40	0,53	1,96	19,91	24,05	4,14	6,41
Összes szénhidrát	55,48	1,17	0,44	1,38	53,46	56,86	3,40	2,11
Élelmi rost	19,35	0,49	0,19	0,24	18,76	20,14	1,38	2,55
N (Fehérjetartalom/6,25)	3,50	0,22	0,08	0,05	3,19	3,85	0,66	6,41

13. táblázat. A lencse ásványianyag-tartalma és a mérések statisztikai értékelése (1. rész)

Ásványianyag m/m%	Átlag	Szórás	Standard hiba	Variancia	Minimum	Maximum	Tartomány	CV%
Ca	1081	81,09	30,65	6576	967,0	1202	235,3	7,50
K	8209	354,9	134,1	125956	7676	8656	980,0	4,32
Mg	1043	84,14	31,80	7080	941,3	1155	214,1	8,07
P	3832	509,7	192,6	259784	3258	4650	1391	*13,30
S	1775	149,2	56,40	22266	1570	1988	417,1	8,41

* Közepesen változékony

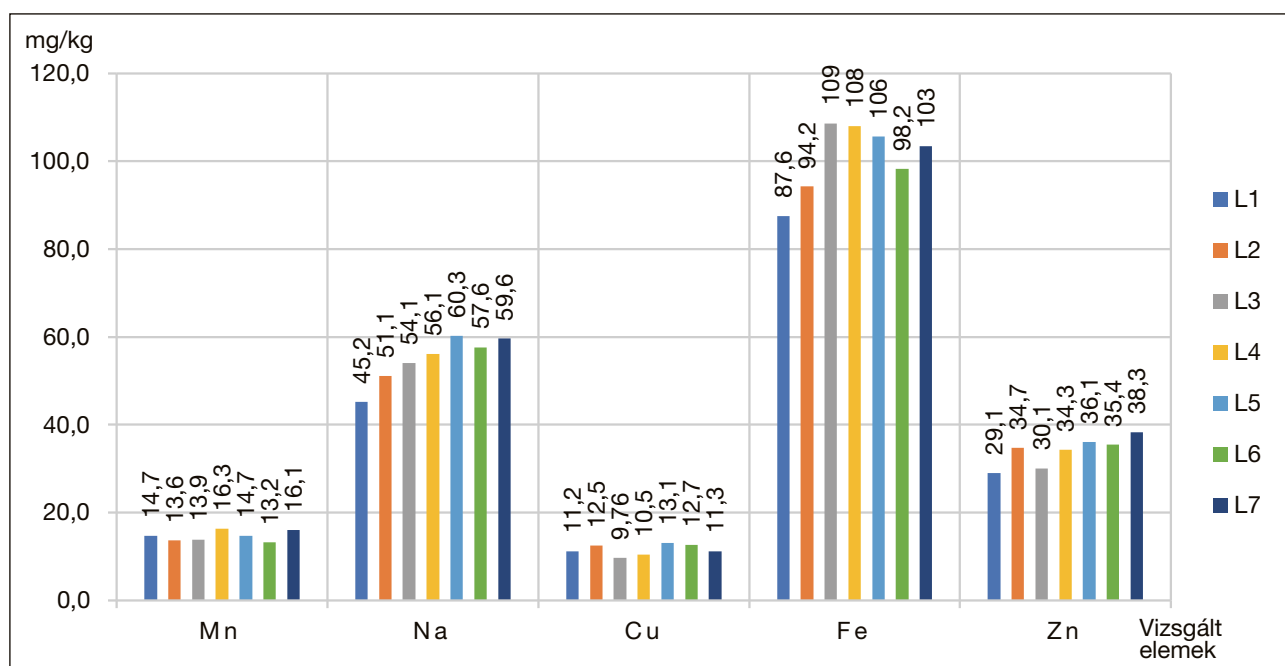


3. ábra. Lencseminták mért ásványianyag-tartalma (1. rész)

14. táblázat. A lencse ásványianyag-tartalma és a mérések statisztikai értékelése (2. rész)

Ásványianyag m/m%	Átlag	Szórás	Standard hiba	Variancia	Minimum	Maximum	Tartomány	CV%
Mn	14,64	1,20	0,45	1,44	13,19	16,32	3,13	8,19
Na	54,87	5,30	2,00	28,11	45,24	60,32	15,08	9,66
Cu	11,57	1,23	0,47	1,52	9,76	13,13	3,37	*10,67
Fe	100,8	7,83	2,96	61,31	87,55	108,6	21,05	7,77
Zn	34,01	3,31	1,25	10,96	29,06	38,35	9,28	9,73

* Közepesen változékony



4. ábra. Lencseminták mért ásványianyag-tartalma és statisztikai elemzése (2. rész)

A vizsgált minták esetében az ásványianyag-tartalom tekintetében több érték közepes változékonyságot mutatott. A lencseminták fehérje- (19,91-24,05 m/m%), szénhidrát- (53,46-56,86 m/m%), és élelmi rost (18,76-20,14 m/m%) tartalma statisztikai szempontból homogénnek bizonyult, de százalékos értelemben összehasonlítva a legkisebb és a legnagyobb érték között 15%-os különbség adódott a fehérjetartalom mennyiségét tekintve. Ásványi anyagok közül a foszfor (CV%=13,3) és a réz (CV%=10,67) közepes változékonyságot mutatott. A többi ásványi anyag statisztikai értelemben homogén volt. Fontos megjegyezni, hogy a Mg, Mn, Na, S és Zn mennyisége statisztikai értelemben homogén, de az értékek a statisztikai tartomány felső részében helyezkednek el (CV%~10). A fehérje-, a szénhidrát- és az élelmi rost-tartalom egyaránt homogén volt.

A legmagasabb variációs koefficiense a foszfor mennyiségének volt. Ez a mennyiség az Oroszországból és a Lengyelországból származó minták esetében volt a legkevesebb, míg az Ukrajnában termesztett terményben a legmagasabb. Általánosságban a Kanadában és a Lengyelországban termesztett lencsék esetében tapasztalható a legmagasabb ásványi anyag mennyiség, az Oroszországban és az Ukrajnában termesztett lencsékben volt a legalacsonyabb. A lencse minták S/N egymáshoz viszonyított arányát a **15. táblázat** tartalmazza.

15. táblázat. A lencse minták kén és a nitrogén aránya

Minta	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
S/N arány	0,48	0,48	0,52	0,536	0,51	0,517	0,50
%	100	100	109	111	106	107	103

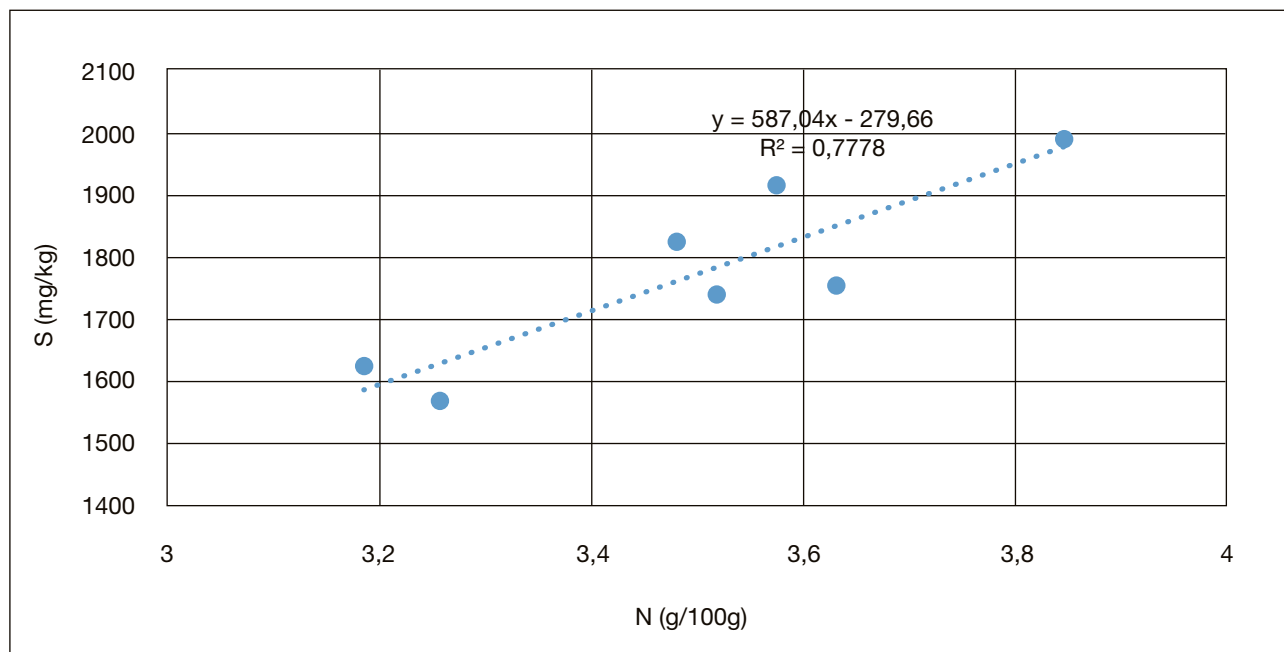
A közepes szemű minták (L1, L2, L5, L6, L7) esetében az L1, L2 és L7 minta értéke áll a legközelebb egymáshoz. Ezek a minták Ukrajnából és Oroszországból származnak. Az L4 és az L5 minták esetében a termőterület azonos, de az L4 minta nagy szemű barna lencse, az L5 minta viszont közepes szemű lencse volt, amelynek értéke jól elkülönül a többi termőterület értékétől. Az L3 (Kanada) szintén nagy szemű minta volt, S/N aránya elkülönül a többi értéktől.

5.2.1. Kén-nitrogén arány regresszió analízise

A kén és nitrogén mennyiségének regresszió analízis vizsgálatát csak a lencse esetében végeztük el, tekintettel a nagyobb mennyiségű mintaelem számra. Regressziós statisztikai eredményeinket a **16. táblázat** a korrelációt jellemző egyenest és az egyenes egyenletét az **5. ábra** tartalmazza.

16. táblázat. A regresszióanalízis jellemző értékei a S-N értékek között ($p=0,05$)

Regressziós statisztika	
r értéke	0,881909
r-négyzet	0,777764
Korrigált r-négyzet	-1,4
Standard hiba	0,115765



5. ábra. A S és N korrelációját leíró jellemző egyenes és egyenlete

A kén- és a nitrogéntartalom közötti összefüggés búzavizsgálatok során is mérhető, a korreláció $r=0,7515$ [25], amely befolyásolja a tisztin mint gluténkomponens mennyiségét, ezáltal a késztermék minőségét [26].

5.3. Szárazbab minták eredményei

A babminták tápanyag vizsgálatának eredményeit a **17. táblázat**, az adatok leíró statisztikai értékelését az **18. táblázat** tartalmazza. Az ásványi anyagokra vonatkozó eredményeket a **19. és 20. táblázatban** foglaltuk össze, és a **6. és 7. ábrában** mutatjuk be.

17. táblázat. Bab tápanyagtartalma

Minta jele	B1	B2	B3	B4
Fehérje (m/m)%	20,0	18,8	Nincs adat	Nincs adat
Összes szénhidrát (m/m)%	57,6	58,1	Nincs adat	Nincs adat
Élelmi rost (m/m)%	23,3	24,3	Nincs adat	Nincs adat

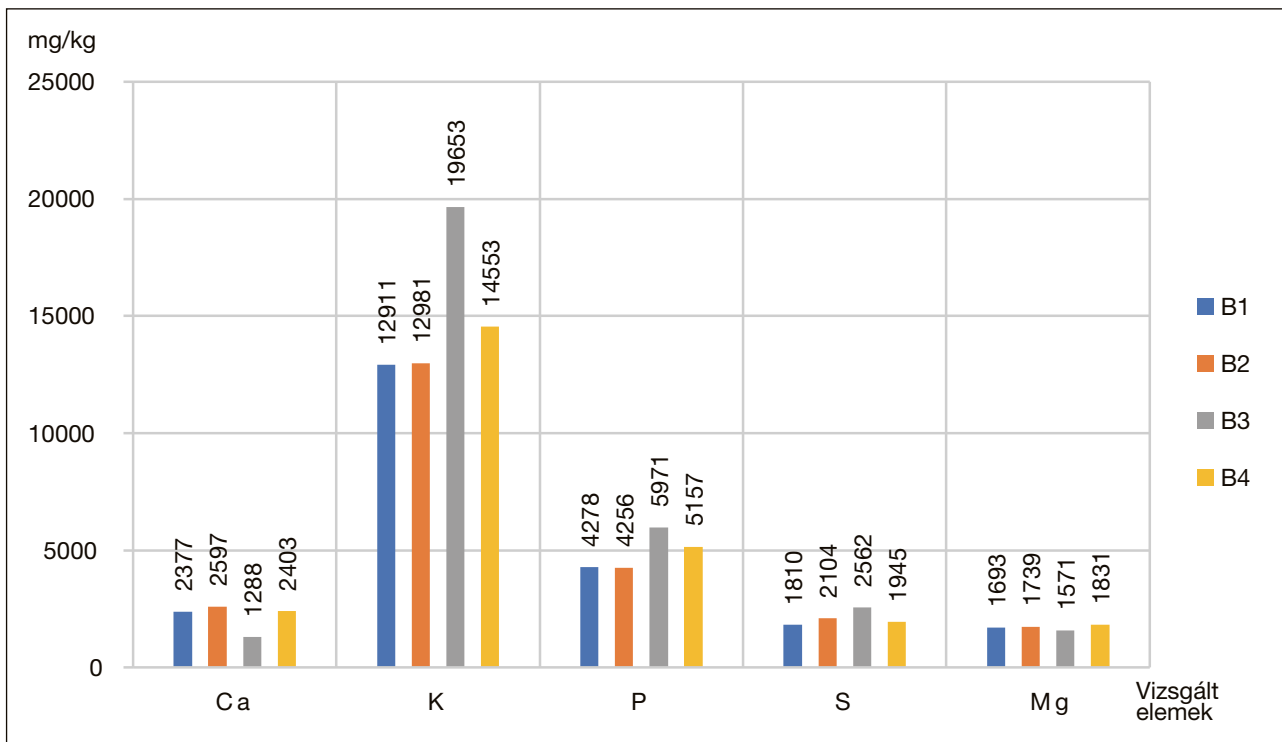
18. táblázat. Bab tápanyagtartalmának statisztikai értékelése

Tápanyag	Átlag	Szórás	Standard hiba	Variancia	Minimum	Maximum	Tartomány	CV%
Fehérje (m/m%)	19,38	0,82	0,58	0,68	18,80	19,96	1,17	4,26
Összes szénhidrát (m/m%)	57,85	0,42	0,30	0,17	57,55	58,14	0,59	0,72
Élelmi rost (m/m%)	23,80	0,75	0,53	0,56	23,27	24,33	1,06	3,15
N (Fehérjetartalom/6,25)	3,10	0,13	0,09	0,02	3,01	3,19	0,19	4,26

19. táblázat. Bab ásványianyag tartalmának mérési eredményei és azok statisztikai értékelése (1. rész)

Ásványianyag m/m%	Átlag	Szórás	Standard hiba	Variancia	Minimum	Maximum	Tartomány	CV%
Ca	2166	593,7	296,9	352499	1288	2597	1309	**27,41
K	15024	3177	1589	10095767	12911	19563	6742	**21,15
P	4915	819,3	409,7	671304	4256	5971	1715	*16,67
S	2105	327,4	163,7	109217	1810	2562	752,3	*15,55
Mg	1708	108,1	54,08	11699	1571	1831	260,0	6,33

* Közepesen változékony / **Erősen változékony

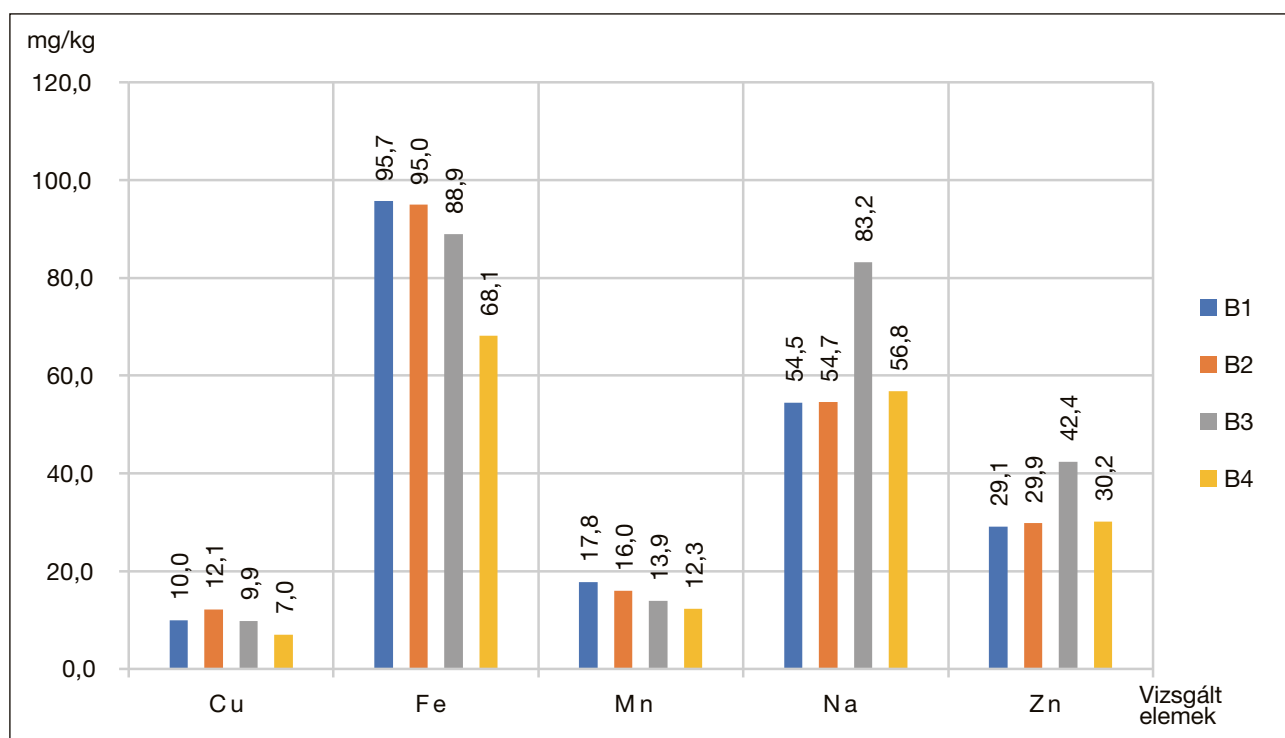


6. ábra. Babminták ásványianyag-tartalma és statisztikai elemzése (1. rész)

20. táblázat. Bab ásványianyag tartalmának mérési eredményei és azok statisztikai értékelése (2. rész)

Ásványianyag m/m%	Átlag	Szórás	Standard hiba	Variancia	Minimum	Maximum	Tartomány	CV%
Cu	9,75	2,09	1,05	4,37	7,03	12,13	5,10	**21,44
Fe	86,90	12,90	6,45	166,3	68,10	95,66	27,56	*14,84
Mn	14,99	2,40	1,20	5,77	12,30	17,81	5,51	*16,02
Na	62,29	13,98	6,99	195,4	54,50	83,20	28,70	**22,44
Zn	19,38	0,82	0,58	0,68	18,80	19,96	1,17	*19,26

* Közepesen változékony / **Erősen változékony



7. ábra. Babminták ásványianyag-tartalma és statisztikai elemzése (2. rész)

A fehérbabminták fehérje- (18,8-19,96 m/m%), szénhidrát- (57,55-58,14 m/m%), és élelmi rost (23,27-24,33 m/m%)-tartalma statisztika szempontból homogén volt, de az ásványi anyag mennyiségének a vonatkozásában a magnézium kivételével az eredmények közepes és erős változékonyságot mutattak. Közepesen változékonny volt a foszfor (CV%=16,67), a kén (CV%=15,55), a vas (CV%=14,84), a mangán (CV%=16,02) és a cink (CV%=19,26). Erősen változékonny pedig a kalcium (CV%=27,41), a réz (CV%=21,44), a kálium (CV%=21,15) és a nátrium (CV%=22,44) mennyisége.

A legmagasabb ásványi anyagtartalmat a Magyarországon termesztett bab, míg a legalacsonyabbat az Etiópiában és az Ukrajnában termesztett bab esetében mértük.

5.4. A mért értékek összehasonlítása a referenciaértékekkel

A mért adatokat összevetettük a Rodler Imre által szerkesztett Új Tápanyagtáblázatban foglaltakkal [15]. A **21. táblázat** a rizs, a **22. táblázat** a lencse és **23. táblázat** a bab tápanyag és ásványianyag-tartalmának százalékos különbséget mutatják.

21. táblázat: Rizsminták tápanyag és ásványianyag-tartalmának százalékos eltérése

Mért jellemző	R1	R2	R3	R4	Átlag
Fehérje m/m%	-17,0	-14,3	-12,1	-9,8	-13,3
Összes szénhidrát	1,2	0,3	0,4	-0,7	0,3
Ca (mg/kg)	100,9	92,3	123,0	119,4	108,9
Cu (mg/kg)*	1236*	1042*	921,7*	998,7*	1050*
Fe (mg/kg)*	355,8*	595,8*	564,5*	303,8*	455,0*
K (mg/kg)	-67,5	-72,5	-75,3	-61,2	-69,1
Mg (mg/kg)	-88,2	-90,3	-89,9	-90,6	-89,7
Mn (mg/kg)*	16068*	16205*	14192	11840**	14576*
Na (mg/kg)	-35,7	-66,4	-52,9	-56,5	-52,9
P (mg/kg)	-64,0	-67,5	-67,1	-66,1	-66,2
Zn (mg/kg)	-12,4	8,9	0,5	2,3	-0,2

*Nagyságrendekkel eltérő eredmények.

A réz, a vas és a mangán mennyisége nagyságrendekkel eltér a Tápanyagtáblázatban megadott értékektől (a **21. táblázatban** téglavörös színnel kiemelt adatok). Miután az Új Tápanyagtáblázatban szereplő értékeket összevetettük az **1. táblázatban** szereplő, más szerzők által mért eredményekkel (Cu=2,6-9,96 mg/kg, Fe=1,83-31,5 mg/kg és Mn=0,07-10,73 mg/kg) megállapíthatjuk, hogy az eltérés a nemzetközi irodalomban fellelhető eredményekhez képest is több nagyságrend mértékű. Az eltérések végett szükséges és javasoljuk az rendelkezésre álló alapadatokat időszakos frissítését.

A minták esetében valamennyi minta fehérjetartalma kevesebb, a szénhidrátartalom tekintetében azonban egy minta kivételével magasabb volt, mint a referencia értékek **[15]**. Az ásványi anyagok tekintetében a kalcium mennyisége jelentősen magasabb, míg a kálium, magnézium, nátrium, foszfor és cink kevesebb volt, mint a referencia értékek **[15]**.

22. táblázat. Lencseminták tápanyag és ásványianyag-tartalmának százalékos eltérése a referencia-értékektől **[15]**.

Mért jellemző	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	Átlag
Fehérje (m/m) %	-21,7	-12,7	-16,3	-14,0	-23,4	-7,5	-15,5	-15,9
Összes szénhidrát (m/m) %	7,3	4,4	5,3	3,3	4,4	0,9	7,1	4,7
Ca (mg/kg)	59,5	42,2	64,0	55,2	76,8	67,7	47,2	58,9
Cu (mg/kg)	49,7	66,3	30,2	39,7	75,1	68,9	50,0	54,3
Fe (mg/kg)	34,7	45,0	67,1	66,2	62,5	51,1	59,1	55,1
K (mg/kg)	-6,2	0,5	3,0	0,8	-4,4	-8,6	-1,0	-2,3
Mg (mg/kg)	-30,3	-28,2	-14,4	-16,9	-28,4	-19,9	-21,3	-22,8
Mn (mg/kg)	-5,3	-12,2	-10,3	5,3	-5,2	-14,9	3,8	-5,5
Na (mg/kg)	-35,4	-26,9	-22,7	-19,9	-13,8	-17,6	-14,8	-21,6
P (mg/kg)	-13,3	10,7	-0,3	-2,4	-22,4	-11,5	-22,1	-8,8
Zn (mg/kg)	-17,0	-0,9	-14,0	-1,9	3,2	1,2	9,6	-2,8

A lencseminták esetében a fehérjetartalom jelentősen kevesebb, míg a szénhidrátartalom több volt. Az ásványi anyagok közül a kalcium, a réz és a vas mennyisége jelentősen több, míg a magnézium és nátrium mennyisége jelentősen kevesebb volt, mint a referencia-értékek **[15]**.

23. táblázat. Babminták tápanyag és ásványianyag-tartalmának százalékos eltérése

Minta jele	B1	B2	B3	B4	Átlag
Fehérje (m/m) %	-10,5	-15,7	Nincs adat	Nincs adat	-13,1
Összes szénhidrát (m/m) %	-0,6	0,4	Nincs adat	Nincs adat	-0,1
Ca (mg/kg)	137,7	159,7	28,8	140,3	116,6
Cu (mg/kg)	17,3	42,7	16,0	-17,3	14,7
Fe (mg/kg)	44,9	43,9	34,7	3,2	31,7
K (mg/kg)	-16,7	-16,3	26,8	-6,1	-3,1
Mg (mg/kg)	16,7	19,9	8,3	26,3	17,8
Mn (mg/kg)	-28,8	-36,1	-44,4	-50,8	-40,0
Na (mg/kg)	-31,9	-31,7	4,0	-29,0	-22,1
P (mg/kg)	4,3	3,8	45,6	25,8	19,9
Zn (mg/kg)	4,1	6,8	51,4	7,9	17,5

A babminták fehérjetartalma átlagosan 13,1%-kal kevesebb volt, a szénhidrátartalma kis mértékben csökkent. Az ásványi anyagok közül a kalcium mennyisége jelentősen több, a vas, a magnézium, a cink és a foszfor mennyisége több, a mangán és a nátrium tartalma viszont kevesebb volt, mint a referencia értékek **[15]**.

6. Összegzés, következtetés

Méréseink során a termények fehérjetartalma átlagosan kevesebb, szénhidrátartalmuk több volta megfelelő referencia-értékekhez képest **[15]**. A makrotápanyagok tekintetében a változás megegyezik más szerzők által végzett, a Föld légköri változásával összefüggő, termések tápanyagtartalom változásával **[22, 23, 24]**. Több ásványi anyag tekintetében erős változatosságot mértünk.

Méréseink alapján elfogadtuk hipotézisünket, miszerint a termények jelentős, származási ország szerinti diverzitása megmutatkozik a tápanyagtartalom mennyiségében. Lencse esetében a S és a N mennyisége közötti korrelációt mértünk ($r=0,88$). A tapasztalt S/N arányok közel azonosak voltak országok, illetve szomszédos országok tekintetében, és különbözők az eltérő termőterületről származó minták esetében. Méréseink eredményét az Új Tápanyagtáblázat szereplő adatokkal összevetve nagyságrendbeli eltéréseket tapasztaltunk [15].

Munkánk alapján javasoljuk a tápanyag- és ásványi anyagtartalom változatosságának figyelembevételét. Az alapanyagok megfelelő mértékű tápanyagismerete elengedhetetlen a pontos étlaptervezés során. Nagy fizikai és/vagy pszichikai megterheléssel járó munkavégzés vagy foglalkozást űzők (például a rendvédelmi vagy a fegyveres erők kötelékében dolgozók) részére a megfelelő tápanyag biztosításának nagy, akár stratégiai jelentősége is lehet a rövid és a hosszútávú feladatvégzés, vagy a hosszútávú egészségmegőrzés és rendelkezésreállítás során. Ezen igénybevételekhez szükséges tápanyagok biztosíthatók természetes táplálkozással, de feltétel a pontos adatok ismerete és rendelkezésre állása is.

Javasoljuk a származási hely szerinti tápanyagváltozások figyelembevételét már az alapanyag beszerzési eljárások tervezése és lebonyolítása során is.

7. Irodalom

- [1] Tanács L. (2003): Élelmiszeripari nyersanyag és áruismeret, ISBN: 963 482 612 1, Szegedi Tudományegyetem, Szegedi Élelmiszeripari Főiskolai kar. pp. 41-45.
- [2] Linnaeus, C. (1753): *Species Plantarum*. p. 333.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020).
- [4] Yoshihashi, T., Nguyen, T., T., H., Kabaki, N. (2004): Area Dependency of 2-Acetyl-1-Pyrroline Content, Aromatic Rice Variety, Khao Dawk Mali 105. *Food Technology* 38 (2) pp.105-109. DOI: <https://doi.org/10.6090/jarq.38.105>
- [5] Pitiphunpong, S., Champangern, S., Suwannaporn, P. (2011): The Jasmine Rice (KDML 105 Variety) Adulteration Detection Using Physico-Chemical Properties. *Chiang Mai Journal of Science* 38 (1) pp.105-115.
- [6] US Department of Agriculture, Agricultural research Service (2019): Food Data Center Search Results. FDC ID: 1827323.
- [7] Se C-H., Chuah, K., A., Mishra, A., Wickneswari, R., Karupaiah, T. (2016): Evaluating Crossbred Red Rice Variants for Postprandial Glucometabolic Responses: A Comparison with Commercial Varieties. *Nutrients* 8 (5) p. 308. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8050308>
- [8] Mills, A. K., Wang, Y-J. (2020): Characterization of jasmine rice cultivars grown in the United States. *Discovery, The Student Journal of Dale Bumpers College of Agricultural, Food and Life Sciences* 21 (1) pp. 59-68.
- [9] Borsos J., Pusztai P., Radics L., Szemán L., Tomposné L. V., (1994): Szántóföldi növénytermesztés, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Kertészeti Kar, Budapest.
- [10] Touzeau, A., Amiot, R., Blichert-Toft, J., Flandrois, J-P., Fourel, F., Grossi, V., Martineau, F., Richardin, P., Lécuyer, C. (2014): Diet of ancient Egyptians inferred from stable isotope systematics *Journal of Archeological Science* 46 pp.114-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.03.005>
- [11] Medikus, F., K. (1787): *Vorlesungender Churpfälzischenphysicalisch-ökonomischen Gesellschaft*. 2. Bd., p. 361.
- [12] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2019): *The Global Economy of Pulses*, Rome.
- [13] Zia-Ul-Haq, M., Ahmad, S., Aslam, Shad, M., Iqbal, S., Qayum, M., Ahmad, A., Luthria D., L, Amarowicz R. (2011): Compositional studies of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars commonly grown in Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 43 (3) pp. 1563-1567.
- [14] Ganesan, K., Xu., B.: (2017): Polyphenol-Rich Lentils and Their Health Promoting Effects. *International Journal of Molecular Sciences* 18 (11) p. 2390. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18112390>
- [15] Rodler I. (2005): *Új tápanyagtáblázat*, ISBN:963-226-009-0 Medicina Könyvkiadó Rt. Budapest pp.251-258.

- [16] Wang, N., Daun, J., K. (2005): Effects of variety and crude protein content on nutrients and anti-nutrients in lentils (*Lens culinaris*). *Food Chemistry* 95 (3) pp. 493–502. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.001>
- [17] Gentry, H., S. (1969): Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. *Economic Botany* 23 pp. 55–69. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02862972>
- [18] Tanács L. (2003): Élelmiszeripari nyersanyag- és áruismeret, 74–78.
- [19] U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service (2016): Food Data Central Search Results. FDC ID: 747441.
- [20] Loch J., Nosticzius Á. (2004): Agrokémia és növényvédelmi kémia, *Mezőgazda kiadó*.
- [21] Liu, Y., Ohm, J-B., Harelend, G., Wiersma, J., Kaiser, D. (2011): Sulfur, Protein Size Distribution, and Free Amino Acids in Flour Mill Streams and Their Relationship to Dough Rheology and Breadmaking Traits. *Cereal Chemistry* 88 (2) pp. 109–116. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-10-0086>
- [22] Myers, S., Zanolletti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A., Bloom, A., Carlisle, E., Dieterich, L., Fitzgerald, G., Hasegawa, T., Holbrook, N., Nelson, R., Ottman, M., Raboy, V., Sakai, H., Sartor, K., Schwartz, J., Seneweera, S., Tausz, M., Usui, Y. (2014): Increasing CO₂ threatens human nutrition. *Nature* 510 (7503) pp. 139–142. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature13179>
- [23] Zhu, C., Kobayashi, K., Loladze, I., Zhu, J., Jiang, Q., Xu, X., Liu, G., Seneweera, S., Ebi, K., L., Drewnowski, A., Fukagawa, N., K., Ziska, L., H. (2018): Carbon dioxide (CO₂) levels this century will alter the protein, micronutrients, and vitamin content of rice grains with potential health consequences for the poorest rice-dependent countries. *Science Advances* 4 (5) p. 1012. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aag1012>
- [24] Dong, J., Gruda, N., Lam, S., K., Li, X., Duan, Z. (2018): Effects of Elevated CO₂ on Nutritional Quality of Vegetables: A Review. *Frontiers in Plant Science* 9 (924). DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00924>
- [25] Gyóri Z. (2005): Sulphur content of winter wheat grain in long term field experiments. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36 (1-3) pp. 373–382. DOI: <https://doi.org/10.1081/CSS-200043098>
- [26] Moss, H., J., Wrigley, C., W., Macrithie, F., Randall, P., J. (1981): Sulphur and nitrogen fertilizer effects on wheat. II. Influence on grain quality. *Australian Journal of Agricultural Research* 32 (2) 213–226. DOI: <https://doi.org/10.1071/AR9810213>
- [27] Verma, D., K., Srivastav P., P. (2017): Proximate Composition, Mineral Content and Fatty Acids Analyses of Aromatic and Non-Aromatic Indian Rice. *Science Direct, Rice Science* 24 (1): pp. 21–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.05.005>
- [28] Jiang, S., L., Wu, J., G., Thang, N., B., Feng, Y., Yang, X., E., Shi, C., H. (2008): Genotypic variation of mineral elements contents in rice (*Oryza sativa* L.). *European Food Research and Technology* 228 pp. 115–122. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0914-y>
- [29] Vunain, E., Chirambo, F., Sajidu, S., Mguntha, T., T. (2020): Proximate Composition, Mineral Composition and Phytic Acid in Three Common Malawian White Rice Grains. *Malawi Journal of Science and Technology* 12 (1).
- [30] Timoracká, M., Vollmannová, A., Ismael, D., S. (2011): Minerals, Trace Elements And Flavonoids Content In White And Coloured Kidney. *Potravinarstvo* 5 (1). DOI: <https://doi.org/10.5219/116>
- [31] Grunwaldt, H., S. (1961): Untersuchungen zum Schwefelhaushalt Schleswig-holsteinischer Böden. Diss. d Landw. Fakultät der Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- [32] Kylin, A. (2006): The effect of light, carbon dioxide, and nitrogen nutrition on the incorporation of S from external sulphate into different S-containing fractions in *Scenedesmus*, with special reference to lipid S. *Physiologia Plantarum* 19 (4) pp. 883–887. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1966.tb07078.x>
- [33] Saalbach, E., Kessen, G., Judel, G., K. (1961): Über den Einfluß von Schwefel auf den Ertrag und die Eiweißqualität von Futterpflanzen. *Z. Pflanzenernähr Dünge bodenkunde* 93 (17). DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.19610930104>
- [34] Schnug, E., Haneklaus, S., and Murphy, D. (1993): Impact of sulphur fertilization on fertilizer nitrogen efficiency. *Sulphur in Agriculture; The Sulphur Institute Washington, DC; 16.*, pp. 31–34.

- [35] Kovács B., Gyóri Z., Prokisch, J., and Daniel, P. (1996): A study of plant sample preparation and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry parameters. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 27 (3–4). pp.207–215.
DOI: <https://doi.org/10.1080/00103629609369625>
- [36] Archer, J. (1988): *Crop Nutrition and Fertilizer Use*; Farming Press Ltd., Ipswich, pp.57-64.
- [37] Głowacka, A., Gruszecki, T., Szostak, B., Michałek, S. (2019): The Response of Common Bean to Sulphur and Molybdenum Fertilization, *International Journal of Agronomy* 2019 Article ID 3830712, 8.
DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/3830712>
- [38] OECD (1977). *The OECD programme on long range transport of air pollutants*. Paris, OECD.
- [39] Martin, A. (1980): Sulphur in air and deposited from air and rain over Great Britain and Ireland, *Environmental Pollution (Series B)* I pp.177-193
- [40] Department for Environment Food & Rural Affairs (United Kingdom) (2020): Emissions of air pollutants in the UK – Sulphur dioxide (SO₂) <https://www.gov.uk/government/statistics/emissions-of-air-pollutants/emissions-of-air-pollutants-in-the-uk-sulphur-dioxide-so2> (Hozzáfértés 2021. 09. 10.)

Determination of the nutrient content of crops from different countries

Keywords: lentils, rice, beans, nutrient content, mineral content, sulfur-nitrogen

1. SUMMARY

The crops commercially available in Hungary show great variety in terms of their country of origin. According to our hypothesis, this diversity is also reflected in value of their nutrient content. In our experiments, the nutrient and mineral content of jasmine rice, lentils and beans from different areas of origin was determined, and the results were analyzed using descriptive statistical methods.

The aim of our work was to gather basic data from raw materials from different countries of the world, which can be compared with basic data from Hungary. During the evaluation of the results, a trend-like change in macronutrient amount was observed, while the mineral content of the crops was moderately or strongly variable in several cases. Based on our results, it is recommended that experts update basic data more frequently, given the increasingly globalized nature of the world, and take into account the variability of crops by country of origin.

¹ University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Nutritional Science

² University of Debrecen, Doctoral School of Nutritional and Food Sciences

2. Introduction

The lentil, rice and dried bean varieties commercially available in Hungary show great variety in terms of their county of origin. Shoppers can choose from products from five continents on the shelves of a supermarket. This variability is also reflected in the range of raw materials supplied for communal catering. In order to design the right menu, which can even meet special nutritional needs, it is essential to know the nutrient content with sufficient accuracy, which also includes the mineral content. Food labeling only provides information on the main nutrients, but not on the mineral content. In the course of the study, the nutrient and mineral content of crops originating from different countries and appearing in the wholesale and retail trade in Hungary was determined.

3. General characterization of the studied crops

3.1. Jasmine rice

Rice (*Orzyza sativa* L.) has been a food since the Neolithic. It reached Europe through the ancient Greeks, Romans and then the Mohammedan peoples [1]. It was first categorized by Carl von Linné in the Species Plantarium in 1753 [2]. The geographical boundaries of current rice production are the latitudes of 53° north and 40° south. In 2018, the world's total rice production was 782 million tonnes. The largest rice-producing countries are China with 214.08 million tonnes/year, India with 172.58 million tonnes/year and Indonesia with 83 million tonnes/year. Rice production in Hungary was 55-68.5 thousand tonnes/year in the 1970s, 30-47 thousand tonnes/year in the 1980s, 10 thousand tonnes/year since the 1990s [3]. The 1000-grain weight of rice grains is between 12 and 54 g. The quality of rice can also be characterized by the profile index. This parameter characterizes the length and width of the grain, based on which it can be slender (3.0<), medium (3.0-2.1), hemispherical (2.1-1.1) and round (1.0>). Rice is a valuable and popular crop which is well reflected in its more than 8,000 varieties.

Outstanding among the varieties is the long-grained jasmine rice, which, when ready for cooking, has a soft texture and a pleasant aroma. Jasmine rice (KDML 105) produced in the northern and northeastern growing areas of Thailand has an outstanding aroma content [4] and has been bred from the Khao Dow Mali 105 and Kor Kho 15 varieties [5]. Its characteristic is that it grows only once a year, in the rainy season. As a result, the crop ripens at the same time, it is harvested at the same time, and the crop is placed on the market at the same time, resulting in a depressed commercial price. The producer can choose to store his crop (which results in storage costs) or sell it immediately at a lower profit. The nutrient content of jasmine rice is different from that of other rice varieties. According to the database of the US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Food Data Central, it has an energy content of 356 kcal, a protein content of 6.67 g/100g, a fat content of practically zero, and a carbohydrate content of 80 g/100 g [6]. According to the measurements of Chee-Hee Se et al., its energy content is 349 kcal, protein content is 6.98±0.16, carbohydrate content is 79.6±0.30, while the fat content is 0.26±0.07 g/100 g [7]. University of Arkansas student Mills and the instructor Wang in 2020 examined samples from nine varieties native to Thailand but grown in the USA [8].

Their nutrient content measurement results were as follows.

- Protein content (g/100 g): 7.61±0.01; 7.65±0.01; 8.39±0.02; 10.89±0.15; 6.99±0.03; 7.87±0.01; 9.09±0.02; 6.87±0.00; 8.41±0.13;
- Fat content (g/100 g): 0.015±0.00; 0.19±0.00; 0.56±0.02; 0.54±0.01; 0.31±0.01; 0.43±0.01, 0.4±0.01; 0.26±0.01; 0.45±0.01.

The mineral content of rice varieties measured by other authors is shown in **Table 1**.

Table 1. Mineral content of rice from different sources (mg/kg)

Mineral	Rice [27]				Rice [28]	Rice [29]			Rice [15]
Ca	98.75	75.8	85.6	76.3	119.5	51.9	64.5	78.1	160
Cu	4.1	4.5	5.55	6.41	9.96	3.7	2.6	4.7	0.37
Fe	31.5	10.5	16.45	3.2	5.4	23.5	1.83	2.49	2.8
K	482.65	268.45	265.85	341.35	804.83	2586.4	2687.8	2160.2	2300
Mg	171.3	83.5	155.25	139.55	194.8	403.1	403.2	302.1	1100
Mn	No data	No data	No data	No data	10.73	5.3	5.8	3.3	0.07
Zn	17	10.25	13.25	11.5	25.9	11.7	7.7	14	16
Na	57.4	51	68.85	41.44	20.78	51.9	64.5	78.1	100
Ca	98.75	75.8	85.6	76.3	119.5	3.7	2.6	4.7	160

3.2 Lentils

The lentil (*Lens Culinaris* Medik. SSP. *Culinaris*) is one of the oldest cultivated plants of mankind. It was already cultivated in Central Europe during the Stone Age [9]. It is also mentioned in the Bible, in the first book of Moses (Moses 25:27-34), but stable carbon isotope studies have shown that it was also an important part of the diet in ancient Egypt [10]. Its botanical description in 1787 was carried out by Friedrich Kasimir Medikus, a German physicist and botanist [11]. It is currently grown on five continents, in several countries, including Hungary. According to the United Nations Food and Agriculture Organization (UN FAO), it was grown on about 4.3 million hectares between 2012 and 2014, with an annual world lentil production of 5 million tonnes. In 2017, the size of growing area has already reached 6.5 million hectares [12]. The world's largest lentil producers are Canada, India and the United States, but Australia is also among the emerging countries. In Europe, the largest lentil-producing countries are Russia, Spain and France. Canada accounts for 40% of world production, India is second with 22% and Turkey is third with 8.1%.

Several varieties of lentils are known. They can be distinguished on the basis of the size of the seed: large, medium and small seed, but also on the basis of the color variation of the seed: brown, yellow, red, black or green lentils. Some varieties have outstanding nutrient content. Masooregy is an Indian large seed red lentil variety. Cultivated by Bahauddin Zakariya University in Pakistan, Masoor 85 has a protein content of 30.41 g/100 g, while the protein content of NIAB Masoor is 30.6 g/100 g, which are outstanding values [13].

The types of lentils commercially available in Hungary are distinguished according to the size and color of the lentil seeds.

In terms of nutrient content, lentils are a protein-rich crop. Comparing the measurement results of several authors, its protein content shows variability. Based on electronic data collection by Ganesan and Bajoun in 2017 from the database of the Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Food Data Central operated by the government of the USA, the protein content of lentils is 24.44-25.71 g/100 g [14]. According to the New Nutrient Table (2005) edited by Imre Rodler, the protein content of lentils is 26 g/100 g, its carbohydrate content is 53 g/100 g, and the fat content is 1.9 g/100 g [15].

In 2004, Wang and Daun examined lentil samples grown by several randomly selected Western Canadian producers. The average protein content of the large seed brown lentils examined by them was 27.3 g/100 g, its carbohydrate content was 44 g/100 g, and the fat content was 1.2 g/100 g, while the average protein content of the medium seed brown lentils was 25.9 g/100 g, its carbohydrate content was 44.8 g/100 g, and the fat content was 1.0 g/100 g [16]. The mineral content of lentils measured by other authors is shown in **Table 2**.

Table 2. Mineral content of lentils (mg/100 g)

Mineral	Lentils [15]	Large seed lentils (Laird variety) [16]	Medium seed lentils (Richlea variety) [16]
P	420	465.5	568.4
Ca	68	64	81.3
K	840	976.4	1116.9
Mg	135	136.1	147.1
Na	7	No data	No data
Zn	3.5	4.4	4.3
Mn	1.55	1.7	1.9
Cu	0.75	1.2	1
Fe	6.5	8	7.7

3.3 Beans

Among legumes, the most important plants for the food industry belong to the Fabaceae family. These are peas, beans, lentils, lupine and peanuts.

Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) belong to the family of Papilionaceae. They are native land is considered to be the areas of Mexico and Guatemala 500-1,800 m above sea level, and they came to Europe after the discovery of the New World. The oldest bean finds are almost 10,000 years old and were found in Peru [17]. They are characterized by a great richness of form, and there are several variants within the species. Their flowers have a well-developed, zygomorphic, characteristic butterfly shape with bilateral symmetry. The fruit is a multi-seeded, flattened or cylindrical pod. The pods contain 4 to 8 seeds, depending on the variety. The color of the seed is varied.

In Hungary, two species are grown: common beans, also known as garden beans (*Phaseolus vulgaris* L.), and creeper beans or butter beans (*Phaseolus coccineus* L.). World bean production (*Phaseolus vulgaris* L.) was 11.23 million tonnes in 1961 and 30.43 million tonnes in 2018, which means a nearly threefold increase. In 2018, the world's largest bean-producing country was India with 6.22 million tonnes, followed by Brazil with 2.62 million tonnes. The volume produced in Hungary has decreased significantly in the last 50 years: while in 1962 the amount of beans produced was nearly 31 thousand tonnes, by 1990 this number had decreased to 3,546 tonnes. The low point was 2010 with 545 tonnes. From 2014 to the present, the average production has been 1,500 to 1,700 tonnes/year [3]. The amount of nutrients found in beans depends on the variety, the climate, the growing area and the cultivation technology. Beans can be stored for years under appropriate conditions without damage [18].

In terms of nutrient content, the most valuable component of ripe beans is protein. Bean proteins are made up of valuable essential amino acids such as lysine, methionine, cysteine and tryptophan.

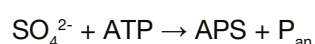
The nutrient and mineral content of beans measured by other authors is shown in **Table 3**.

Table 3. Nutrient and mineral content of beans from different sources (per 100 g)

Nutrient	Dried beans [15]	White beans [19]	Kidney beans [30]
Protein (g)	22.3	24.1	No data
Fat (g)	1	1.51	No data
Carbohydrate (g)	57.9	42.4	No data
Ash (g)	3.4	No data	No data
Water (g)	12.4	0	No data
P (mg)	410	523	439±46
Cs (mg)	100	229	92±37
K (mg)	1550	1470	1649±296
Mg (mg)	145	180	207±24
Na (mg)	8	No data	4.296±1.052
Zn (µg)	2800	3310	3199±365
Co (µg)	5	38.9	57±15
Cr (µg)	18	No data	28±11
Mn (µg)	2500	2200	1660±196
Ni (µg)	200	220	380±164
Cu (µg)	850	1140	841±105
Se (µg)	10	No data	No data
Fe (µg)	6600	No data	10094±1750

3.4 Sulfur-nitrogen ratio

The sulfur content of foods is not very often determined, although its amount is an important indicator of sulfur-containing amino acids. Sulfur occurs in the soil in organic and inorganic forms. The most important sulfides in the soil are FeS₂ (pyrite) and FeS, and the most important sulfates are gypsum (CaSO₄·2H₂O) and anhydrite (CaSO₄). The amount of organically bound sulfur varies in direct proportion to and is strongly correlated with the humus content of the soil: r=0.84. The organic sulfur content of the soil varies from soil type to soil type [31]: in chernozem soils it is 75%, while in podzolic soils it is approximately 50%. The sulfur replenishment in different soil types also depends on air pollution and on industrial sulfur emission. Between 1972 and 1974, the amount of sulfur precipitating from the air due to air pollution in the central parts of Great Britain reaches 50 kg/year/ha [38]. In 1980, A. Martin compared the results measured by several authors over a period of 20 years and found that the amount of sulfur precipitating from the air varied by geographical area and season [39]. In 1988, J. Archer calculated the amount of sulfur in agricultural production areas in East England as generally at least 30 kg/year/ha, based on several measurements carried out on the 1970s [36]. In the United Kingdom, sulfur dioxide emissions have been steadily declining for the last 50 years. Emissions today are about 3% of those measured in the 1970s [40]. Plants usually absorb most of the sulfur through the roots in the form of sulfate, or through the stomata of the leaves. The absorbed sulfate is reduced in several steps. It first reacts with ATP to form adenosine phosphosulfate (APS), while inorganic phosphate (P_{an}) is released from ATP:



With the help of ATP, APS is phosphorylated a second time to phosphoadenosine phosphosulfate. The sulfate thus bound is reduced to sulfite by an enzyme carrying a hydrogen atom, then it is then further reduced by NADPH to sulfide-S (S²⁻), which reacts with serine to form cysteine [32].

Sulfur occurs in plants in both inorganic and organic forms. There is no sharp boundary between the two fractions, sulfate is the S reserve of the plant. If the sulfur supply of crops is increased, the inorganic sulfur content will increase primarily, and organically bound sulfur to a lesser extent. The absorbed sulfur is stored by the plant in the form of sulfate, which is reduced to an organic form as needed. First, the plant meets its organic sulfur demand, only then the absorbed sulfur is stored [33]. The greatest significance of sulfur is that it is a constituent of peptides, proteins and lipids, and a building block of sulfur-containing amino acids. Of the sulfur compounds, the amount of cysteine and methionine is significant. The presence of these is essential in various food and feed raw materials. The specific role of sulfur is manifested in enzymes and coenzymes containing the SH group. 90% of SH groups are linked to proteins in plants. In the case of sulfur deficiency, the protein synthesis of the plant is disturbed, the amount of soluble nitrogen compounds increases and the protein content decreases [20]. Then relationship between the elements can be demonstrated by statistical methods. In studies on bread wheat, a correlation of $r=0.73$ ($\alpha=0.01$) was measured in the relationship between the sulfur and nitrogen content [21]. In Poland, studies on beans (*Phaseolus vulgaris* L.) have been carried out for several years, during which the protein content of the crop was increased by 13.6% with adequate sulfur supply [37]. In Northern Germany, in a study on rapeseed, the nitrogen uptake of the plant was increased by 40% with adequate sulfur supply [34].

As no comprehensive studies had been found in the literature by us regarding the composition of the individual crops, we consider it important to provide basic data on this element for the food raw materials studied as well.

4. Materials and methods

4.1. Raw materials

Samples were purchased in December 2020, by random subjective selection in various retail stores in Hungary. The selection criteria was for the samples to differ according to their country of origin or distributor. Seven types of brown lentils from five different distributors and countries of origin, four types of jasmine rice from four different distributors and three countries of origin, and four types of white beans from four different distributors and three countries of origin were analyzed and their nutrient contents were determined. Summary tables of the results, descriptive statistical analyzes and graphs were prepared in Microsoft Excel.

The samples analyzed are listed in **Table 4** based on their crop characteristics.

Table 4. Samples analyzed and their characteristics

Sample ID	Name	Characteristic	Country of origin
R1.	Rice	Jasmine	Cambodia
R2.	Rice	Jasmine	Thailand
R3.	Rice	Jasmine	Vietnam
R4.	Rice	Jasmine	Thailand
L1.	Lentils	Medium seed, brown	Russia
L2.	Lentils	Medium seed, brown	Ukraine
L3.	Lentils	Large seed, brown	Canada
L4.	Lentils	Large seed, brown	Poland
L5.	Lentils	Medium seed, brown	Poland
L6.	Lentils	Medium seed, brown	Turkey
L7.	Lentils	Medium seed, brown	Russia
B1.	Beans	White beans	Ethiopia
B2.	Beans	White beans	Ukraine
B3.	Beans	Pinto beans (Diana)	Hungary
B4.	Beans	White beans (Start)	Hungary

4.2. Analytical method

Analytical tests were performed on the basis of the food analysis guidelines of the Hungarian Standards Institution (HSI) and the Hungarian Food Codex at the Faculty of Agriculture, Food Science and Environmental Management Instrument Center of the University of Debrecen. Analytical methods are listed in **Table 5**. To determine the protein content, the amount of nitrogen measured was multiplied by 6.25.

Table 5. Analytical methods

Parameter analyzed (unit)	Analytical method	Permitted analytical deviation
Moisture (m/m) %, drying, weighing	MSZ 6367-3:1983	±0.4 m/m%
Crude protein (m/m) %, Kjeldahl method	MSZ EN ISO 20483:2014	±0.3 m/m%
Carbohydrate (m/m) % Phenol-sulfuric acid method	Theoretical Foundations of Food Analysis I (1987) Chapter 3.7.2.3	±0.05 m/m %
Total dietary fiber (m/m) %, Enzymatic hydrolysis	Hungarian Food Codex 3-2-2008/Guideline no. 1 Annex I	±55 R
Sample preparation	SVM2 2011	No data
Ca (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-26:1985	±10 % R
Cu (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-34:1985	±10 % R
Fe (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-31:1985	±10 % R
K (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-29:1985	±10 % R
Mg (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-27:1985	±10 % R
Mn(mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-32:1985	±10 % R
Na ((mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-30:1985	±10 % R
P (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-28:1985	±10 % R
S (mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-38:1985	±10 % R
Zn(mg/kg) ICP-OES	MSZ-08-1783-33:1985	±10 % R

Note: "MSZ" means "Magyar Szabvány = Hungarian Standard"

Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) is a quantitative elemental analysis method, for which samples were prepared according to a study published by professors and lecturers of the University of Debrecen [35].

4.3. Statistical method

Statistical analysis was performed using descriptive statistical analysis, and regression analysis was performed using Microsoft Excel.

5. Results and evaluation

5.1. Results of rice samples and their evaluation

The results of the nutrient analysis of the rice samples are shown in **Table 6**, and the descriptive statistical evaluation of the data is presented in **Table 7**. The measurement results and their statistical evaluation of the mineral analysis are summarized in **Table 8** and **9**, the measurement results demonstrated in **Figures 1** and **2**.

Table 6. Nutrient content of the rice samples

Sample ID	R1	R2	R3	R4
Protein (m/m) %	6.47	6.68	6.86	7.04
Total carbohydrate (m/m) %	78.9	78.2	78.3	77.5
Dietary fiber (m/m) %	4.87	4.52	4.91	4.66

Table 7. Statistical evaluation of the nutrient content of rice samples

Nutrient m/m%	Average	Standard deviation	Standard error	Variance	Minimum	Maximum	Range	CV%
Protein	6.76	0.24	0.12	0.06	6.47	7.04	0.57	3.58
Total carbohydrate	78.25	0.60	0.30	0.35	77.49	78.94	1.45	0.76
Dietary fiber	4.74	0.18	0.09	0.03	4.52	4.91	0.39	3.86
N (Protein content/6,25)	1.08	0.04	0.02	0.00	1.04	1.13	0.09	3.58

Table 8. Measured mineral content of rice samples and their statistical analysis, Part 1

Mineral m/m%	Average	Standard deviation	Standard error	Variance	Minimum	Maximum	Range	CV%
Ca	334.25	23.51	11.75	552.5	307.8	356.8	49.00	7.03
K	710.71	142.81	71.40	20394	568.1	893.5	325.4	*20.09
Mg	112.83	11.57	5.79	133.9	103.8	129.5	25.74	*10.25
P	947.59	44.01	22.01	1937	910.3	1008	98.41	4.64
S	908.24	86.26	43.13	74418	837.5	1029	191.5	9.50

*Moderately variable

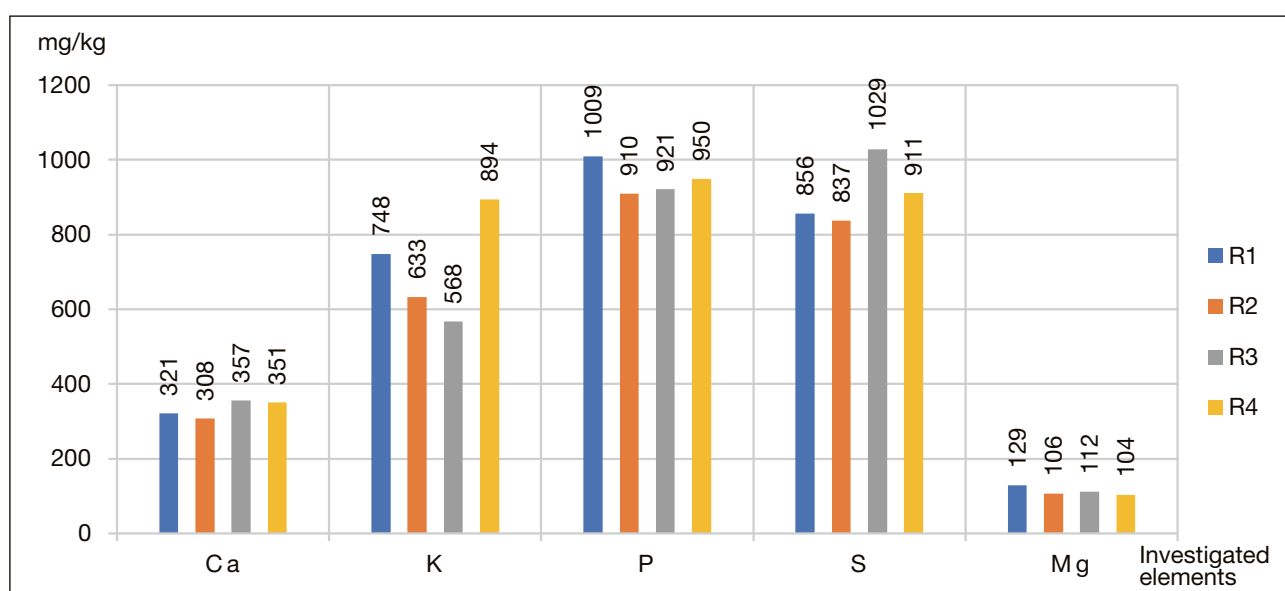


Figure 1. Measured mineral content of rice samples, Part 1

Table 9. Measured mineral content of rice samples and their statistical analysis, Part 1

Mineral m/m%	Average	Standard deviation	Standard error	Variance	Minimum	Maximum	Range	CV%
Mn	10.27	1.43	0.71	2.04	8.36	11.41	3.06	*13.92
Na	47.12	12.81	6.41	164.21	33.57	64.33	30.76	**27.19
Zn	15.97	1.43	0.72	2.06	14.01	17.44	3.43	8.98
Cu	4.25	0.5	0.25	0.25	3.78	4.94	1.16	*11.65
Fe	15.56	334.11	2.05	16.86	11.31	19.48	8.18	**26.43

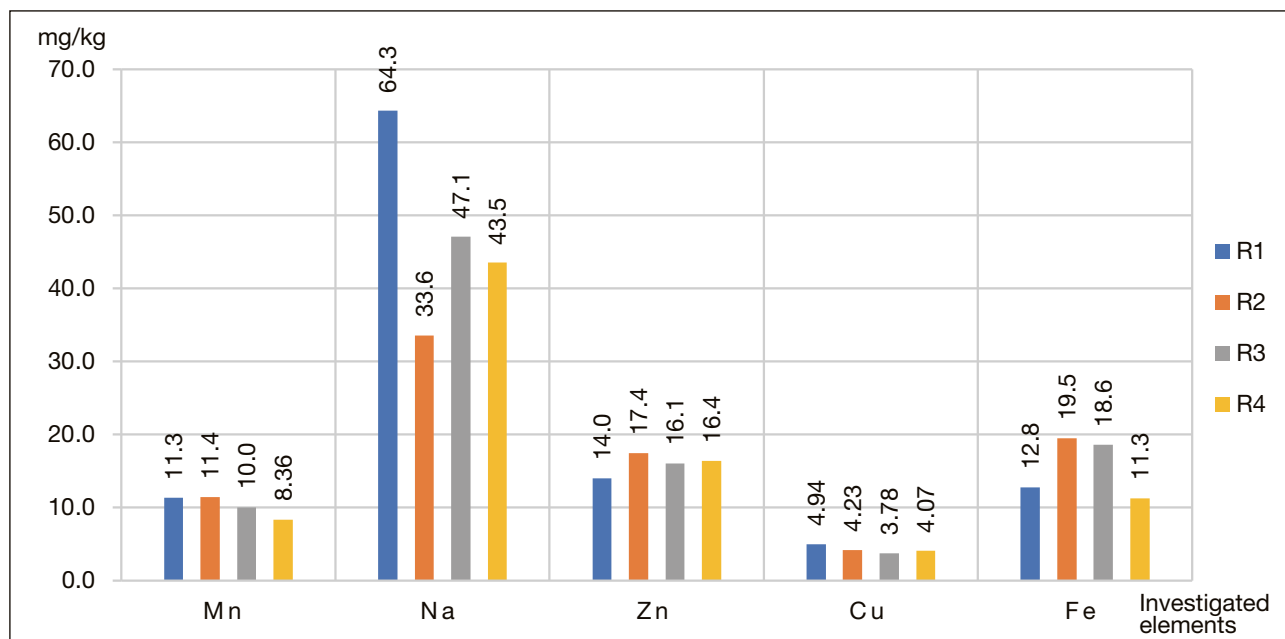


Figure 2. Mineral content of rice samples and their statistical analysis, Part 2

The protein (6.47-7.04 m/m%), carbohydrate (77.49-78.94 m/m%) and dietary fiber (4.52-4.91 m/m%) content of the rice samples was homogeneous. In the case of the samples tested, the mineral content exhibited moderate or high variability. The highest variability was observed when measuring the Na (CV%=27.19) and Fe (CV%=26.43) content. It is worth noting that the Na content was highest in the sample from Cambodia and lowest in the samples from Thailand, while the Fe content was highest in one of the samples from Thailand and lowest in the sample from Cambodia and another sample from Thailand.

5.1.1. Sulfur-nitrogen ratio

The relative S/N ratios of the rice samples are shown in **Table 10**.

Table 10. Amount and ratio of sulfur and nitrogen

Sample	R1	R2	R3	R4
S (g/kg)	0.856	0.837	0.103	0.911
N (g/kg)	10.35	10.69	10.97	11.26
S/N	0.83	0.78	0.94	0.81
%	+6.4	No data	+20.5	+3.8

The fifth row of the table is based on the lowest ratio (R2) and shows the percentage difference from it.

The strongest correlation is found between samples R2 and R4; their country of origin is Thailand, but the final value is also close for sample R1. The largest deviation was found in the case of sample R3, with its country of origin being Vietnam. The correlation indicates the similar agrochemical characteristics of the soil and the cultivation area.

5.2. Results of lentil samples and their evaluation

The results of the nutrient analysis of the lentil samples are shown in **Table 11**, and the descriptive statistical evaluation of the data is presented in **Table 12**. The results and statistical evaluation of the mineral analysis are summarized in **Tables 13 and 14 and Figures 3 and 4**.

Table 11. Nutrient content of the lentil samples

Amount of nutrient m/m%	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Protein	20.4	22.7	21.8	22.4	19.9	24.0	22.0
Total carbohydrate	56.9	55.3	55.8	54.8	55.3	53.5	56.7
Dietary fiber	18.8	19.4	19.1	19.7	18.8	20.1	19.5

Table 12. Statistical evaluation of the nutrient content of lentil samples

Nutrient m/m%	Average	Standard deviation	Standard error	Variance	Minimum	Maximum	Range	CV%
Protein	21.87	1.40	0.53	1.96	19.91	24.05	4.14	6.41
Total carbohydrate	55.48	1.17	0.44	1.38	53.46	56.86	3.40	2.11
Dietary fiber	19.35	0.49	0.19	0.24	18.76	20.14	1.38	2.55
N (Protein content/6,25)	3.50	0.22	0.08	0.05	3.19	3.85	0.66	6.41

Table 13. Mineral content of lentil samples and their statistical analysis, Part 1

Mineral m/m%	Average	Standard deviation	Standard error	Variance	Minimum	Maximum	Range	CV%
Ca	1081	81.09	30.65	6576	967	1202	235.3	7.50
K	8209	354.9	134.14	125956	7676	8656	980,0	4.32
Mg	1043	84.14	31.80	7080	941.3	1155	214.1	8.07
P	3832	509.7	192.6	259784	3258	4650	1391	*13.30
S	1775	149.2	56.40	22266	1570	1988	417.1	8.41

*Moderately variable

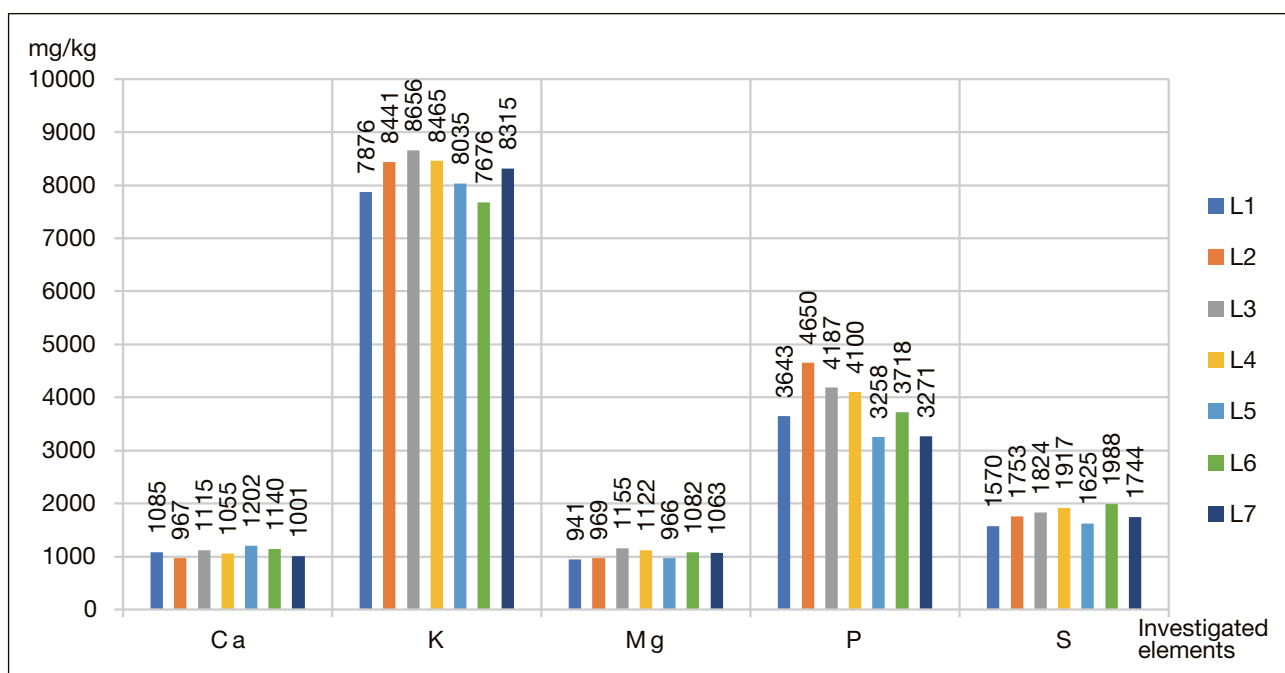


Figure 3. Measured mineral content of lentil samples, Part 1

Table 14. Mineral content of lentil samples and their statistical analysis, Part 2

Mineral m/m%	Average	Standard deviation	Standard error	Variance	Minimum	Maximum	Range	CV%
Mn	14.64	1.20	0.45	1.44	13.19	16.32	3.13	8.19
Na	54.87	5.0	2.00	28.11	45.24	60.32	15.08	9.66
Cu	11.57	1.23	0.47	1.52	9.76	13.13	3.37	*10.67
Fe	100.8	7.83	2.96	61.31	87.55	108.6	21.05	7.77
Zn	34.01	3.31	1.25	10.96	29.06	38.35	9.28	9.73

*Moderately variable

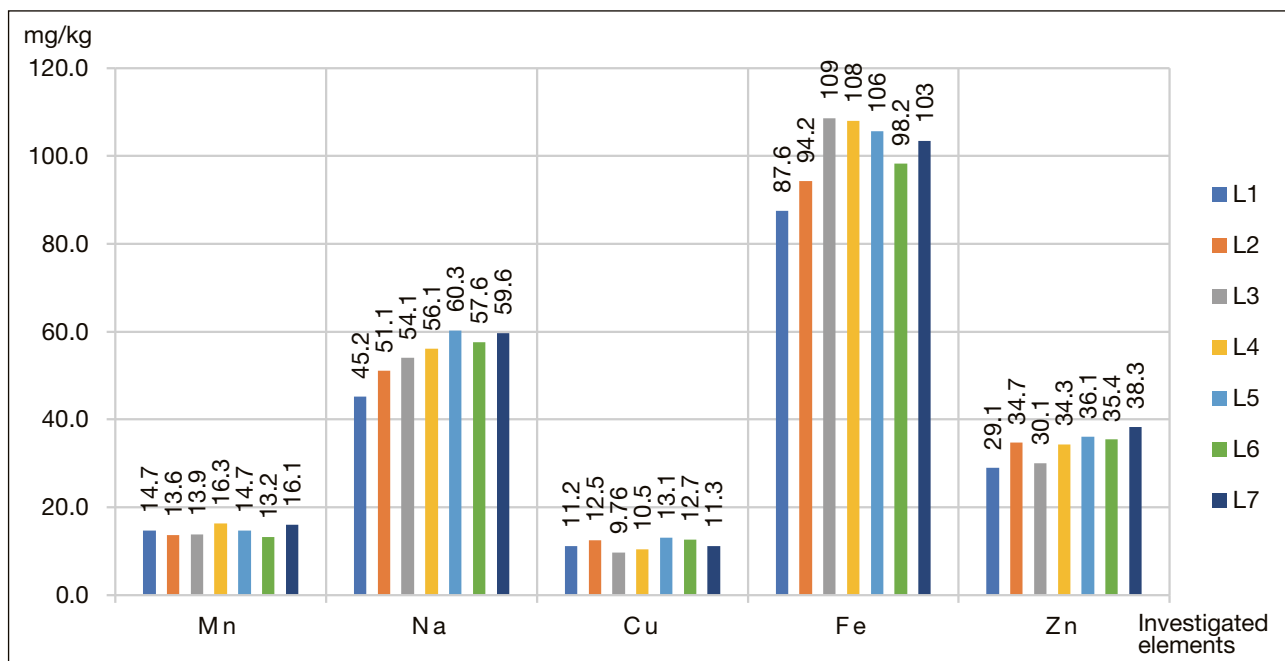


Figure 4. Measured mineral content of lentil samples, Part 2

In the case of the samples tested, several values showed moderate variability in terms of mineral content. The protein (19.91-24.05 m/m%), carbohydrate (53.46-56.86 m/m%) and dietary fiber (18.76-20.14 m/m%) content of the lentil samples was found to be statistically homogeneous, but there was a 15% difference between the lowest and highest values in percentage terms. Of minerals, phosphorus (CV%=13.3) and copper (CV%=10.67) exhibited moderate variability. The other minerals were statistically homogeneous. It is important to note that the amounts of Mg, Mn, Na, S and Zn were statistically homogeneous, but the values were in the upper part of the statistical range (CV%~10). The protein, carbohydrate and dietary fiber contents were all homogeneous.

The amount of phosphorus had the highest coefficient of variation. This value was lowest for the samples from Russia and Poland, while it was highest for the produce grown in Ukraine. In general, lentils grown in Canada and Poland had the highest mineral content, while it was lowest in the lentils grown in Russia and Ukraine. The relative S/N ratios of the lentil samples are shown in **Table 15**.

Table 15. Sulfur-nitrogen ratios of the lentil samples

Sample	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
S/N ratio	0.480	0.480	0.520	0.536	0.510	0.517	0.500
%	100	100	109	111	106	107	103

In the case of medium seed samples (L1, L2, L5, L6, L7), the values for samples L1, L2 and L7 were closest to each other. These samples came from Ukraine and Russia. In the case of samples L4 and L5, the cultivation area was the same, but sample L4 was large seed brown lentils, while sample L5 was medium seed lentils, the values of which were well separated from the values of other cultivation areas. Sample L3 (Canada) was also large seed lentils, with an S/N ratio different from the other values.

5.2.1. Regression analysis of sulfur-nitrogen ratio

Regression analysis of the amount of sulfur and nitrogen was performed only in the case of lentils, given the larger number of samples. Our regression statistics measurement data are shown in **Table 16**, the line characteristic of the correlation and the equation of the line are shown in **Figure 5**.

Table 16. Characteristic values of the regression analysis of S-N values ($\rho=0.05$)

Regression statistics	
r value	0.881909
r-squared value	0.777764
Adjusted r-square value	-1.4
Standard error	0.115765

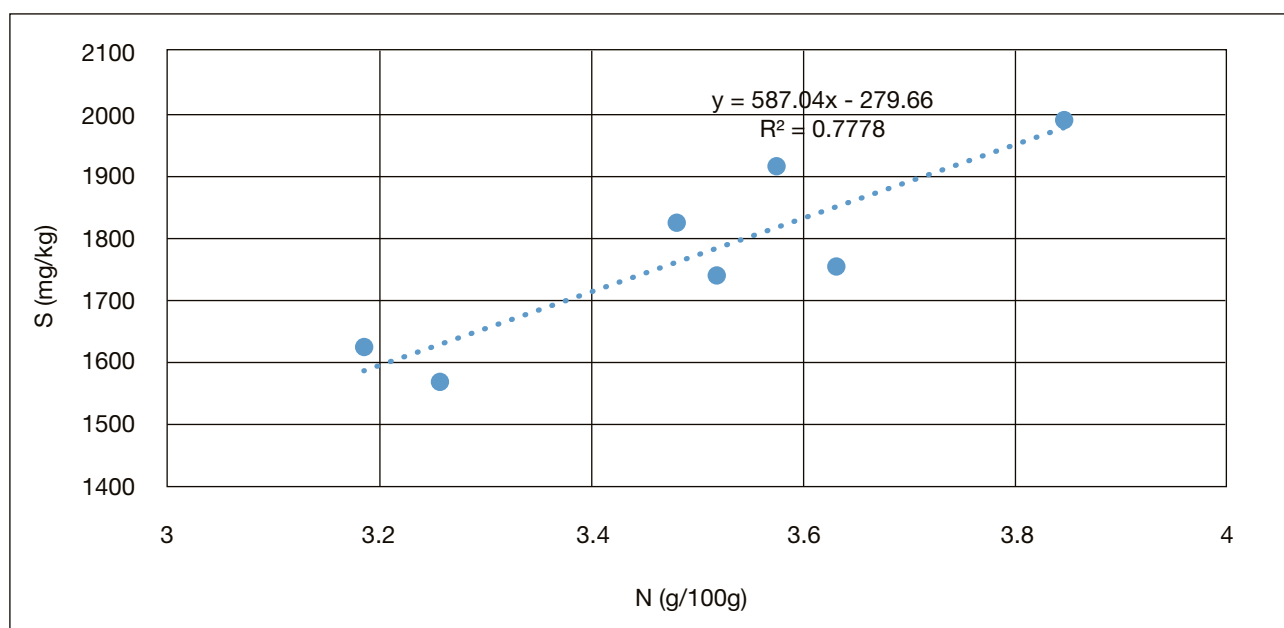


Figure 5. The line describing the correlation of S and N and its equation

The correlation between sulfur and nitrogen content can also be measured in wheat studies, and the correlation is $r=0.7515$ [25], which affects the amount of cystine as a gluten component, and thus the quality of the finished product [26].

5.3. Results of dried bean samples

The results of the nutrient analysis of the bean samples are shown in **Table 17**, and the descriptive statistical evaluation of the data is presented in **Table 18**. The results of the mineral analysis and their statistical evaluation are summarized in the **Tables 19 and 20** and demonstrated in **Figures 6 and 7**.

Table 17. Nutrient content of beans

Component	B1	B2	B3	B4
Protein (m/m)%	20.0	18.8	No data	No data
Total carbohydrate (m/m)%	57.6	58.1	No data	No data
Dietary fiber (m/m)%	23.3	24.3	No data	No data

Table 18. Statistical evaluation of the nutrient content of bean samples

Nutrient m/m%	Average	Standard deviation	Standard error	Variance	Minimum	Maximum	Range	CV%
Protein (m/m)%	19.38	0.82	0.58	0.68	18.80	19.96	1.17	4.26
Total carbohydrate (m/m)%	57.85	0.42	0.30	0.17	57.55	58.14	0.59	0.72
Dietary fiber (m/m)%	23.80	0.75	0.53	0.56	23.27	24.33	1.06	3.15
N (Fehérjetartalom/6,25)	3.10	0.13	0.09	0.02	3.01	3.19	0.19	4.26

Table 19. Statistical evaluation of the measured mineral content of bean samples, Part 1

Minerals m/m%	Average	Standard deviation	Standard error	Variance	Minimum	Maximum	Range	CV%
Ca	2166	593.7	296.9	352499	1288	2597	1309	**27.41
K	15024	3177	1589	10095767	12911	19563	6742	**21.15
P	4915	819.3	409.7	671304	4256	5971	1715	*16.67
S	2105	327.4	163.7	109217	1810	2562	752.3	*15.55
Mg	1708	108.1	54.08	11699	1571	1831	260.0	6.33

*Moderately variable / **Highly variable

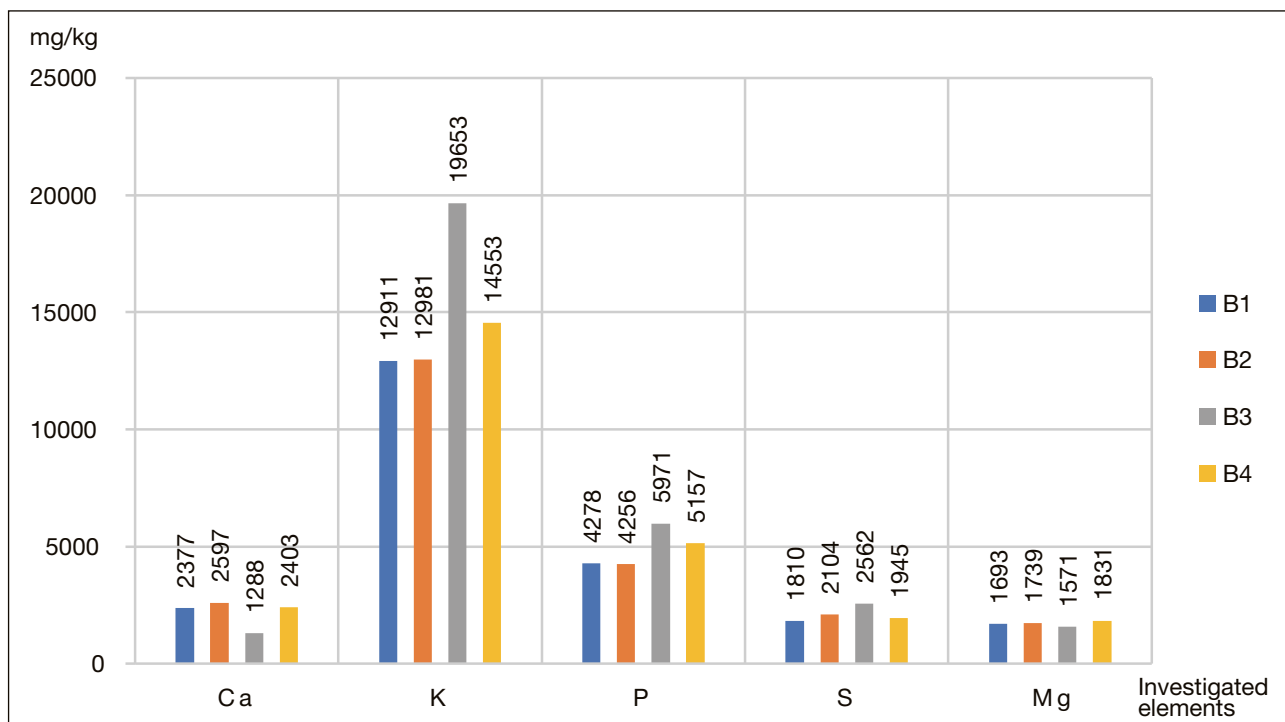


Figure 6. Mineral content of bean samples and their statistical analysis, Part 1

Table 20. Statistical evaluation of the measured mineral content of bean samples, Part 2

Minerals m/m%	Average	Standard deviation	Standard error	Variance	Minimum	Maximum	Range	CV%
Cu	9.75	2.09	1.05	4.37	7.03	12.13	5.10	**21.44
Fe	86.90	12.90	6.45	166.3	68.10	95.66	27.56	*14.84
Mn	14.99	2.40	1.20	5.77	12.30	17.81	5.51	*16.02
Na	62.29	13.98	6.99	195.4	54.50	83.20	28.70	**22.44
Zn	19.38	0.82	0.58	0.68	18.80	19.96	1.17	*19.26

*Moderately variable / **Highly variable

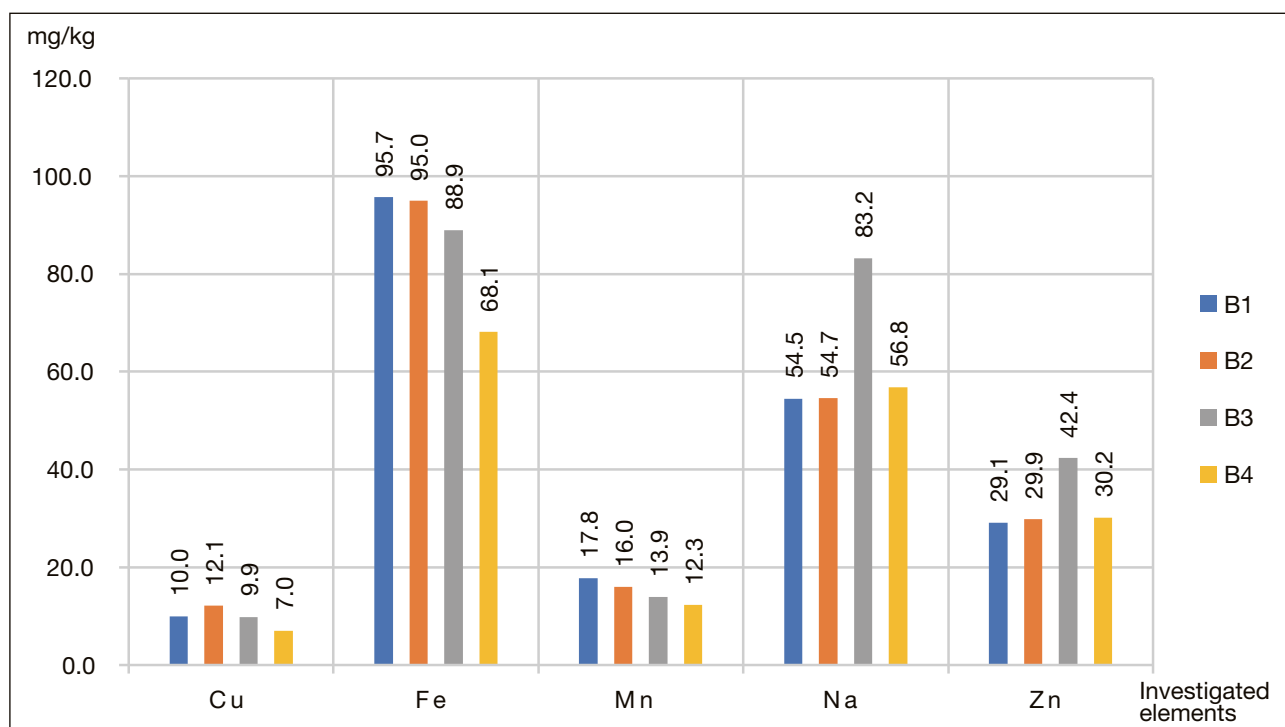


Figure 7. Mineral content of bean samples and their statistical analysis, Part 2

The protein (18.8-19.96 m/m%), carbohydrate (57.55-58.14 m/m%) and dietary fiber (23.27-24.33 m/m%) content of the white bean samples was statistically homogeneous, but with the exception of magnesium, the results showed moderate or high variability in terms of the amount of minerals. Moderately variable were the phosphorus (CV%=16.67), sulfur (CV%=15.55), iron (CV%=14.84), manganese (CV%=16.02) and zinc (CV%=19.26). Highly variable were calcium (CV%=27.41), copper (CV%=21.44), potassium (CV%=21.15) and sodium (CV%=22.44).

The highest mineral content was measured in the case of beans grown in Hungary, while the lowest was measured in the case of beans grown in Ethiopia and Ukraine.

5.4. Comparison of the measured values with the reference values

The measured data were compared with the values in the New Nutrient Table edited by Imre Rodler [15]. Percentage differences in the nutrient and mineral contents are shown in **Table 21** for rice, **Table 22** for lentils and **Table 23** for beans.

Table 21. Percentage differences in the nutrient and mineral contents of rice samples

Measured parameters	R1	R2	R3	R4	Average
Protein (m/m)%	-17.0	-14.3	-12.1	-9.8	-13.3
Total carbohydrate (m/m)%	1.2	0.3	0.4	-0.7	0.3
Ca (mg/kg)	100.9	92.3	123.0	119.4	108.9
Cu (mg/kg)*	1237*	1042*	921.7*	998.7*	1050*
Fe (mg/kg)*	355.8*	595.8*	564.5*	303.8*	455.0*
K (mg/kg)	-67.5	-72.5	-75.3	-61.2	-69.1
Mg (mg/kg)	-88.2	-90.3	-89.9	-90.6	-89.7
Mn (mg/kg)*	16068*	16205*	14192*	11840**	14576*
Na (mg/kg)	-35.7	-66.4	-52.9	-56.5	-52.9
P (mg/kg)	-64.0	-67.5	-67.1	-66.1	-66.2
Zn (mg/kg)	-12.4	8.9	0.5	2.3	-0.2

*Results with different orders of magnitude.

The amounts of copper, iron and manganese differ by orders of magnitude from the values of the New Nutrient Table (data highlighted in brick red in **Table 21**). After comparing the values in the New Nutrient Table with the results in **Table 1**, measured by other authors (Cu=2.6-9.96 mg/kg, Fe=1.83-31.5 mg/kg and Mn=0.07-10.73 mg/kg), it can be stated that the difference is several orders of magnitude compared to the results found in international literature. Because of these differences, it is necessary and recommended to update available basic data periodically.

In the case of the samples, all samples had a lower protein content than the reference value, while all but one sample had a higher carbohydrate content than the reference value [15]. In terms of minerals, the amount of calcium was significantly higher, while the amounts of potassium, magnesium, sodium, phosphorus and zinc were less than the reference values [15].

Table 22. Percentage of differences from the reference values in the nutrient and mineral contents of lentil samples [15]

Measured parameters	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	Mean
Protein (m/m) %	-21.7	-12.7	-16.3	-14.0	-23.4	-7.5	-15.5	-15.9
Total carbohydrate (m/m) %	7.3	4.4	5.3	3.3	4.4	0.9	7.1	4.7
Ca (mg/kg)	59.5	42.2	64.0	55.2	76.8	67.7	47.2	58.9
Cu (mg/kg)	49.7	66.3	30.2	39.7	75.1	68.9	50.0	54.3
Fe (mg/kg)	34.7	45.0	67.1	66.2	62.5	51.1	59.1	55.1
K (mg/kg)	-6.2	0.5	3.0	0.8	-4.4	-8.6	-1.0	-2.3
Mg (mg/kg)	-30.3	-28.2	-14.4	-16.9	-28.4	-19.9	-21.3	-22.8
Mn (mg/kg)	-5.3	-12.2	-10.3	5.3	-5.2	-14.9	3.8	-5.5
Na (mg/kg)	-35.4	-26.9	-22.7	-19.9	-13.8	-17.6	-14.8	-21.6
P (mg/kg)	-13.3	10.7	-0.3	-2.4	-22.4	-11.5	-22.1	-8.8
Zn (mg/kg)	-17.0	-0.9	-14.0	-1.9	3.2	1.2	9.6	-2.8

In the case of the lentil samples, the protein content was significantly lower, while the carbohydrate content was higher. Of minerals, the amounts of calcium, copper and iron were significantly higher, while the amounts of magnesium and sodium were significantly lower than the reference values [15].

Table 23. Percentage of differences in the nutrient and mineral contents of bean samples

Sample ID	B1	B2	B3	B4	Mean
Protein (m/m) %	-10.5	-15.7	No data	No data	-13.1
Total carbohydrate (m/m) %	-0.6	0.4	No data	No data	-0.1
Ca (mg/kg)	137.7	159.7	28.8	140.3	116.6
Cu (mg/kg)	17.3	42.7	16.0	-17.3	14.7
Fe (mg/kg)	44.9	43.9	34.7	3.2	31.7
K (mg/kg)	-16.7	-16.3	26.8	-6.1	-3.1
Mg (mg/kg)	16.7	19.9	8.3	26.3	17.8
Mn (mg/kg)	-28.8	-36.1	-44.4	-50.8	-40.0
Na (mg/kg)	-31.9	-31.7	4.0	-29.0	-22.1
P (mg/kg)	4.3	3.8	45.6	25.8	19.9
Zn (mg/kg)	4.1	6.8	51.4	7.9	17.5

The protein content of the bean samples was on average 13.1% lower, and the carbohydrate content was slightly reduced. Of minerals, the amount of calcium was significantly higher, the amounts of iron, magnesium, zinc and phosphorus were higher, while the amounts of manganese and sodium were lower than the reference values [15].

6. Summary, conclusions

In our measurements, on average, the protein content of the crops was lower and their carbohydrate content was higher than the corresponding reference values [15]. With respect to macronutrients, the change is the same as the change in the nutrient content of crops measured by other authors and associated with the climate change of Earth [22, 23, 24]. Strong variability was measured for several minerals. Based on our measurements, our hypothesis was accepted that the significant diversity of the crops by country of origin is reflected in their nutrient content. In the case of lentils, a correlation was found between the amounts of S and N ($r=0.88$). The S/N ratios observed were almost the same within countries or for neighboring countries, but were different for samples from different cultivation areas. Comparing the results of our measurements with the data in the New Nutrient Table, orders of magnitude differences were found [15].

Based on our work, it is recommended that the variability of the nutrient and mineral contents is taken into account. Adequate nutrient knowledge of the raw materials is essential for accurate menu planning. Providing adequate nutrition for short- and long-term tasks, or for long-term health and availability, can be of great or even strategic importance to those performing work accompanied by high physical or mental strain (such as those working in law enforcement or members of the armed forces). The nutrients needed for these stresses can be provided by a natural diet, but knowledge and availability of accurate data is also a prerequisite.

It is recommended that changes in nutrient content according to the place of origin are taken into account already in the planning and execution phase of raw material procurement procedures.

7. References

- [1] Tanács L. (2003): Élelmiszeripari nyersanyag és áruismeret, ISBN: 963 482 612 1, Szegedi Tudományegyetem, Szegedi Élelmiszeripari Főiskolai kar. pp. 41-45.
- [2] Linnaeus, C. (1753): Species Plantarum. p. 333.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020).
- [4] Yoshihashi, T., Nguyen, T., T., H., Kabaki, N. (2004): Area Dependency of 2-Acetyl-1-Pyrroline Content, Aromatic Rice Variety, Khao Dawk Mali 105. Food Technology 38 (2) pp.105-109. DOI: <https://doi.org/10.6090/jarq.38.105>
- [5] Pitiphunpong, S., Champangern, S., Suwannaporn, P. (2011): The Jasmine Rice (KDML 105 Variety) Adulteration Detection Using Physico-Chemical Properties. Chiang Mai Journal of Science 38 (1) pp.105-115.

- [6] US Department of Agriculture, Agricultural research Service (2019): Food Data Center Search Results. FDC ID: 1827323.
- [7] Se C-H., Chuah, K., A., Mishra, A., Wickneswari, R., Karupaiah, T. (2016): Evaluating Crossbred Red Rice Variants for Postprandial Glucometabolic Responses: A Comparison with Commercial Varieties. *Nutrients* 8 (5) p. 308. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8050308>
- [8] Mills, A. K., Wang, Y-J. (2020): Characterization of jasmine rice cultivars grown in the United States. *Discovery, The Student Journal of Dale Bumpers College of Agricultural, Food and Life Sciences* 21 (1) pp. 59-68.
- [9] Borsos J., Pusztai P., Radics L., Szemán L., Tomposné L. V., (1994): Szántóföldi növénytermesztés, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Kertészeti Kar, Budapest.
- [10] Touzeau, A., Amiot, R., Blichert-Toft, J., Flandrois, J-P., Fourel, F., Grossi, V., Martineau, F., Richardin, P., Lécuyer, C. (2014): Diet of ancient Egyptians inferred from stable isotope systematics *Journal of Archeological Science* 46 pp.114-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.03.005>
- [11] Medikus, F., K. (1787): *Vorlesungender Churpfälzischenphysicalisch-ökonomischen Gesellschaft*. 2. Bd., p. 361.
- [12] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2019): *The Global Economy of Pulses*, Rome.
- [13] Zia-Ul-Haq, M., Ahmad, S., Aslam, Shad, M., Iqbal, S., Qayum, M., Ahmad, A., Luthria D., L, Amarowicz R. (2011): Compositional studies of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars commonly grown in Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 43 (3) pp. 1563-1567.
- [14] Ganesan, K., Xu., B.: (2017): Polyphenol-Rich Lentils and Their Health Promoting Effects. *International Journal of Molecular Sciences* 18 (11) p. 2390. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18112390>
- [15] Rodler I. (2005): *Új tápanyagtáblázat*, ISBN:963-226-009-0 Medicina Könyvkiadó Rt. Budapest pp.251-258.
- [16] Wang, N., Daun, J., K. (2005): Effects of variety and crude protein content on nutrients and anti-nutrients in lentils (*Lens culinaris*). *Food Chemistry* 95 (3) pp. 493–502. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.001>
- [17] Gentry, H., S. (1969): Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. *Economic Botany* 23 pp. 55-69. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02862972>
- [18] Tanács L. (2003): *Élelmiszeripari nyersanyag- és áruismeret*, 74-78.
- [19] U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service (2016): Food Data Central Search Results. FDC ID: 747441.
- [20] Loch J., Nosticzius Á. (2004): *Agrokémia és növényvédelmi kémia*, Mezőgazda kiadó.
- [21] Liu, Y., Ohm, J-B., Harelend, G., Wiersma, J., Kaiser, D. (2011): Sulfur, Protein Size Distribution, and Free Amino Acids in Flour Mill Streams and Their Relationship to Dough Rheology and Breadmaking Traits. *Cereal Chemistry* 88 (2) pp. 109–116. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-10-0086>
- [22] Myers, S., Zanolletti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A., Bloom, A., Carlisle, E., Dietterich, L., Fitzgerald, G., Hasegawa, T., Holbrook, N., Nelson, R., Ottman, M., Raboy, V., Sakai, H., Sartor, K., Schwartz, J., Seneweera, S., Tausz, M., Usui, Y. (2014): Increasing CO₂ threatens human nutrition. *Nature* 510 (7503) pp. 139-142. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature13179>
- [23] Zhu, C., Kobayashi, K., Loladze, I., Zhu, J., Jiang, Q., Xu, X., Liu, G., Seneweera, S., Ebi, K., L., Drewnowski, A., Fukagawa, N., K., Ziska, L., H. (2018): Carbon dioxide (CO₂) levels this century will alter the protein, micronutrients, and vitamin content of rice grains with potential health consequences for the poorest rice-dependent countries. *Science Advances* 4 (5) p. 1012. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aag1012>
- [24] Dong, J., Gruda, N., Lam, S., K., Li, X., Duan, Z. (2018): Effects of Elevated CO₂ on Nutritional Quality of Vegetables: A Review. *Frontiers in Plant Science* 9 (924). DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00924>
- [25] Gyóri Z. (2005): Sulphur content of winter wheat grain in long term field experiments. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36 (1-3) pp. 373-382. DOI: <https://doi.org/10.1081/CSS-200043098>

- [26] Moss, H., J., Wrigley, C., W., Macrithie, F., Randall, P., J. (1981): Sulphur and nitrogen fertilizer effects on wheat. II. Influence on grain quality. *Australian Journal of Agricultural Research* **32** (2) 213–226. DOI: <https://doi.org/10.1071/AR9810213>
- [27] Verma, D., K., Srivastav P., P. (2017): Proximate Composition, Mineral Content and Fatty Acids Analyses of Aromatic and Non-Aromatic Indian Rice. *Science Direct, Rice Science* 24 (1): pp. 21-31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.05.005>
- [28] Jiang, S., L., Wu, J., G., Thang, N., B., Feng, Y., Yang, X., E., Shi, C., H. (2008): Genotypic variation of mineral elements contents in rice (*Oryza sativa* L.). *European Food Research and Technology* 228 pp. 115-122. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0914-y>
- [29] Vunain, E., Chirambo, F., Sajidu, S., Mguntha, T., T. (2020): Proximate Composition, Mineral Composition and Phytic Acid in Three Common Malawian White Rice Grains. *Malawi Journal of Science and Technology* 12 (1).
- [30] Timoracká, M., Vollmannová, A., Ismael, D., S. (2011): Minerals, Trace Elements And Flavonoids Content In White And Coloured Kidney. *Potravinarstvo* 5 (1). DOI: <https://doi.org/10.5219/116>
- [31] Grunwaldt, H., S. (1961): Untersuchungen zum Schwefelhaushaltschleswig-holsteinischer Böden. Diss. d Landw. Fakultätder Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- [32] Kylin, A. (2006): The effect of light, carbon dioxide, and nitrogen nutrition on the incorporation of S from external sulphate into different S-containing fractions in *Scenedesmus*, with special reference to lipid S. *PhysiologiaPlantarum* 19 (4) pp.883-887 DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1966.tb07078.x>
- [33] Saalbach, E., Kessen, G., Judel, G., K. (1961): Über den Einfluß von Schwefel auf den Ertrag und die Eiweißqualität von Futterpflanzen. *Z. Pflanzenernähr Düng bodenkunde* 93 (17). DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.19610930104>
- [34] Schnug, E., Haneklaus, S., and Murphy, D. (1993): Impact of sulphur fertilization on fertilizer nitrogen efficiency. *Sulphur in Agriculture; The Sulphur Institute Washington, DC; 16., pp.31–34.*
- [35] Kovács B., Győri Z., Prokisch, J., and Daniel, P. (1996): A study of plant sample preparation and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry parameters. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 27 (3–4). pp.207–215. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103629609369625>
- [36] Archer, J. (1988): *Crop Nutrition and Fertilizer Use*; Farming Press Ltd., Ipswich, pp.57-64.
- [37] Głowacka, A., Gruszecki, T., Szostak, B., Michałek, S. (2019): The Response of Common Bean to Sulphur and Molybdenum Fertilization, *International Journal of Agronomy* 2019 Article ID 3830712, 8. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/3830712>
- [38] OECD (1977). *The OECD programme on long range transport of air pollutants*. Paris, OECD.
- [39] Martin, A. (1980): Sulphur in air and deposited from air and rain over Great Britain and Ireland, *Environmental Pollution (Series B)* I pp.177-193
- [40] Department for Environment Food & Rural Affairs (United Kingdom) (2020): Emissions of air pollutants in the UK – Sulphur dioxide (SO₂) <https://www.gov.uk/government/statistics/emissions-of-air-pollutants/emissions-of-air-pollutants-in-the-uk-sulphur-dioxide-so2> (Acquired 10.09.2021.)

Mézek és virágpорок beltartalmi összetételének és színjellemezőinek vizsgálata

Kulcsszavak: méz, virágpор, beltartalmi összetétel, botanikai eredet, nedvesség-tartalom, cukor-tartalom, hamutartalom, aminosav-összetétel, HMF, színjellemezők

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Tápértékének, élettani hatásainak és egyedi aromájának köszönhetően a méz széles körben fogyasztott, édesítésre használt élelmiszerünk. A mézek összetételére és vizsgálatára vonatkozóan számos szabályozás létezik, amelyek közül hazánkban a Magyar Élelmiszerkönyv előírása és irányelvei a mérvadók. Tanulmányunkban hazai és külföldi mézek színjellemezőit és beltartalmi összetételét vizsgáltuk. Szándékunk volt áttekinteni a hazánkban forgalmazott, különböző eredetű mézek fizikai és kémiai jellemezőit. Érdekesképpen egy külföldön, piaci forgalomból beszerzett mézet is megvizsgáltunk. A virágpор kevésbé széles körben fogyasztott méhészeti termék, leginkább az egészségtudatos fogyasztók által ismert étrend-kiegészítő. Összetételét illetően is jóval kevesebb ismeret áll rendelkezésre, mint a méz esetén. Munkánkkal ezt a hiányt szeretnénk pótolni. Ezen túlmenően ismertetjük néhány, hazánkban is előforduló növényfajról származó virágpор beltartalmi összetételét és színjellemezőit.

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

VÉGH Rita
PUTER Dorina
VASKÓ Áron
CSÓKA Mariann
MEDNYÁNSZKY Zsuzsanna

Vegh.Rita@phd.uni-mate.hu
dorinaputer@gmail.com
vaskoaron@gmail.com
Csoka.Mariann@uni-mate.hu
Mednyanszky.Zsuzsanna@uni-mate.hu

<https://orcid.org/0000-0003-1271-6199>
<https://orcid.org/0000-0002-6538-2316>
<https://orcid.org/0000-0002-1654-5596>

2. Bevezetés

A méz az egyik legősibb táplálékunk, amely ma is közkedvelt édesítőszer a világ minden táján. A Magyar Élelmiszerkönyv definíciója szerint „A méz az *Apis mellifera* méhek által a növényi nektárból vagy élő növényi részek nedvéből, illetve növényi nedveket szívó rovarok által az élő növényi részek kiválasztott anyagából gyűjtött természetes édes anyag, amelyet a méhek begyűjtenek, saját anyagaik hozzáadásával átalakítanak, raktároznak, dehidratálnak, és lépekben érlelnek” [1]. Energiatartalmát a könnyen felszívódó szénhidrátok adják, de számos más tápanyagot, például ásványi anyagokat, fenolos vegyületeket és aminosavakat is tartalmaz. Természetes aromaanyagainak köszönhetően a méz kellemes érzékszervi tulajdonságokkal rendelkezik, így a mézek magas élvezeti értékkel jellemezhetők [2]. A mézet gyógyászati célra is használják, elsősorban gyulladáscsökkentő és antibakteriális hatásainak köszönhetően [3].

A virágporcsomó egy kevésbé közismert méhészeti termék, amely iránt növekvő érdeklődés mutatkozik, elsősorban az egészségtudatos fogyasztók körében. A virágporcsomó úgy jön létre, hogy a méhek a testükre tapadt pollent nektárral és mirigyváladékkal nedvesítik, majd gömbszerű pelletté tömörítik, és a hátsó lábukon lévő „kosaraikban” a kaptárba szállítják. Ezt a terméket a méhész a kaptár bejárata elé szerelt, perforációkkal ellátott eszközzel tudja begyűjteni [4]. A termék tartósítása általában szárítással vagy fagyasztással történik. A virágpor viszonylag magas koncentrációban tartalmaz a szervezet számára esszenciális tápanyagokat, ezért étrend-kiegészítőként [5] és funkcionális élelmiszer alapanyagként [6] is alkalmazható. Kutatások alapján a virágpor immunstimuláló és antioxidáns hatásokkal rendelkezik, így fontos szerepet tölt be az apiterápiában [3]. A méhészeti termékek (méz, pollen, méhkenyér, propolisz, viasz) iránti kereslet növekedésével párhuzamosan a mézzel kapcsolatos tudományos kutatások száma is fokozódott. A 90-es évek óta exponenciálisan emelkedett a mézzel és pollennel foglalkozó kutatások száma [7]. A méhészeti termékek élelmiszer-biztonsági szempontból a kutatások fókuszába kerültek, hiszen számos kockázati tényező jelenhet meg bennük, többek között peszticidek, toxikus fémek, penészek, mikotoxinok, pirrolizidin alkaloidok, allergének, génmódosított szervezetek stb. A pollenek élelmiszer-biztonsági kockázatait részletesen Végh és munkatársai mutatják be összefoglaló cikkükben [8].

Hazánkban hagyománya van a méhészkedésnek, ugyanis a Kárpát-medence éghajlati és táji adottságai kiváló minőségű mézek termelését teszik lehetővé. A méhek több mint 800 növényfajt látogatnak, amelyek közül több fajtaméz előállításra is alkalmas [9]. A hazai mézpiac két fő terméke a vegyes virágméz és az akácméz. Ez utóbbit hungarikumként tartjuk számon, mivel Magyarországon nagy kiterjedésű akácerdők találhatóak, az akácméz pedig belföldön és külföldön egyaránt keresett, magas minőségű termék [10]. A repce- és napraforgóméz termelése országszerte elterjedt, de a magyar méhészek kisebb mennyiségben egyéb fajtamézeket, például gesztenye-, hárs-, facélia-, galagonya, aranyvessző-, levendula-, hajdina- és selyemfűmézet is előállítanak. A mézen kívül egyéb méhészeti termékek is színesítik a méhészek termékínálatát, amelyek közül a virágporcsomó az egyik legnépszerűbb.

Mucha és munkatársai az export-import adatok vizsgálatával igazolták, hogy méztermelés vonatkozásában Magyarország komparatív előnnyel rendelkezik az Európai Unión belül [11]. Az EU összes méztermelésének számottevő része hazánkból származik, ami a környezeti adottságok mellett annak köszönhető, hogy a Kárpát-medencében viszonylag nagy a méhsűrűség. A méhcsaládok száma folyamatos növekedést mutat, amely a Nemzeti Méhészeti Programok hatékonyságát is jelzi. Mindezek ellenére komoly kihívást jelent az ágazat számára, hogy a magyar méz az árversenyben alulmarad a világpiaci versenytársakkal, elsősorban az alacsonyabb minőségű, Kínából származó mézekkel szemben [11, 12]. Oravecz és Kovács fogyasztókkal végzett mélyinterjúi alapján a magyar mézvásárlók két jól elkülöníthető csoportra oszthatók az alapján, hogy honnan szerzik be a terméket: egyes fogyasztók kizárólag őstermelőktől vásárolnak, míg mások a könnyen beszerezhető, olcsóbb termékeket keresik online vagy az üzletek polcain [13]. A megkérdezett fogyasztók többsége szerint a magyar eredetű termelői mézek nemcsak megbízhatóbbak, hanem jobb ízűek és egészségesebbek is az import mézeknél.

A mézek minőségének szabályozásával a Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) foglalkozik: az 1-3-2001/110 számú előírása a mézek definícióit és összetételi követelményeit, a 2-100 számú irányelv a megkülönböztető minőségi jelöléssel ellátott mézfélékkel kapcsolatos követelményeket és jellemzőket, a 3-2-2009/1 számú irányelv pedig a méz mintavételi és vizsgálati módszereit tartalmazza [1, 14, 15]. A Magyar Élelmiszerkönyv nem tér ki az egyéb méhészeti termékek minőségi követelményeire. A virágporcsomókkal kapcsolatban jelenleg nemzetközi szinten sincs érvényben specifikus szabályozás, azonban a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet, Élelmezési Termékek Műszaki Bizottság, Méhészeti Termékek Albizottságának egyik munkacsoportja (ISO/TC34/SC19/WG 3) 2018-ban megkezdte a termék szabványosítását [16].

A mézek és virágporok tápértékét, valamint az érzékszervi tulajdonságaikat elsősorban a botanikai eredet határozza meg, de a földrajzi származás, a gyűjtőhely éghajlati viszonyai, a terméket előállító méhfaj, valamint a termékfeldolgozás és tárolás körülményei is befolyásolják [2, 3, 5, 9, 17]. Kutatásunkban különböző

növényi eredetű, hazai és külföldi származású mézeket hasonlítottunk össze nedvesség-, redukáló cukor-, hamu-, szabad aminosav- és hidroxil-metil-furfurol (HMF)-tartalmuk, valamint pH értékük alapján. Munkánk a hazai flórára jellemző növényekről származó virágporcsomók makrotápanyag-összetételének vizsgálatára is kiterjed. Vizsgálatot végeztünk továbbá a méz- és pollenminták színére vonatkozóan, ugyanis ez a tulajdonság rendkívül fontos szerepet játszik az élelmiszerek fogyasztói megítélésében és a vásárlói döntésekben [6, 18].

3. Anyagok és módszerek

3.1. A vizsgált minták

A kutatásba bevont termékek között nyolc hazai, valamint nyolc külföldről származó méz szerepelt. A hazai mézek nektárforrásaként megjelölt növények az akác, hárs, gesztenye, aranyvessző, repce és facélia voltak, továbbá egy erdei (mézharmat) mézet és egy vegyes virágmézet is bevontunk a vizsgálatokba. A külföldi minták között olyan, hazánkban mézkülönlegességnek számító termékek szerepeltek, mint a kakukkfű- (Spanyolország), vadlevendula- (Portugália), koriander- (Bulgária), hajdina- (EU), vörösfenyő- (Csehország), kávévirág- (Guatemala) és narancsvirágméz (Mexikó), illetve egy Ghánából származó vegyes virágméz. Ezeket a termékeket egy budapesti szaküzletben vásároltuk, míg a ghánai vegyes virágmézet a származási országban, piaci forgalomból szereztük be. A kutatás során felhasznált virágporcsomókat hazai méhészekről illetve üzletekből vásároltuk. A termékeket 38 ± 2 °C-on szárítottuk 20 órán át, majd szín alapján történő válogatással tíz almintát hoztunk létre, amelyek botanikai összetételét is meghatároztuk. A méz- és pollenmintákat szobahőmérsékleten (20 ± 2 °C), sötét helyen tároltuk.

3.2. Alkalmazott módszerek

A mézek nedvességtartalmának meghatározásához Abbe refraktométert alkalmaztunk [19]. A redukáló cukortartalom vizsgálata a Schoorl-Regenbogen módszerrel [20], a hamutartalom meghatározása pedig hamvasztással [21] történt. A szabad aminosav-tartalom meghatározását INGOS AAA 400 típusú aminosav analízátorral végeztük. A HMF-tartalmat White módszerrel mértük [22, 23]. A mézek pH értékének meghatározásához Radelkis univerzális pH mérő eszközt (OP-204/1) alkalmaztunk [24]. A virágporcsomók botanikai eredetének meghatározása mikroszkópos pollen-analízissel történt. A minták nedvességtartalmát vákuum szárításos módszerrel vizsgáltuk [25]. A fehérjetartalom meghatározásához a klasszikus Kjeldahl-módszert alkalmaztuk. A nyerszsírtartalom vizsgálata Soxhlet extrakcióval történt [25]. A hamutartalmat hamvasztással határoztuk meg [26], a szénhidrátartalom kiszámításához pedig a következő képletet alkalmaztuk:

$$\text{Szénhidrát(\%)} = 100 - \text{Nedvesség(\%)} - \text{Fehérje(\%)} - \text{Nyerszsír(\%)} - \text{Hamu(\%)}$$

A mézek és virágporok színjellemzőinek vizsgálata Minolta CR-100 készülékkel történt. Az eredményeket a CIE-Lab színingertér koordinátaival fejeztük ki, ahol az „L” a világossági tényező, az „a*” a vörös-zöld színezetre, a „b*” pedig a kék-sárga színezetre jellemző érték. Minden vizsgálat esetén három párhuzamos mérést végeztünk.

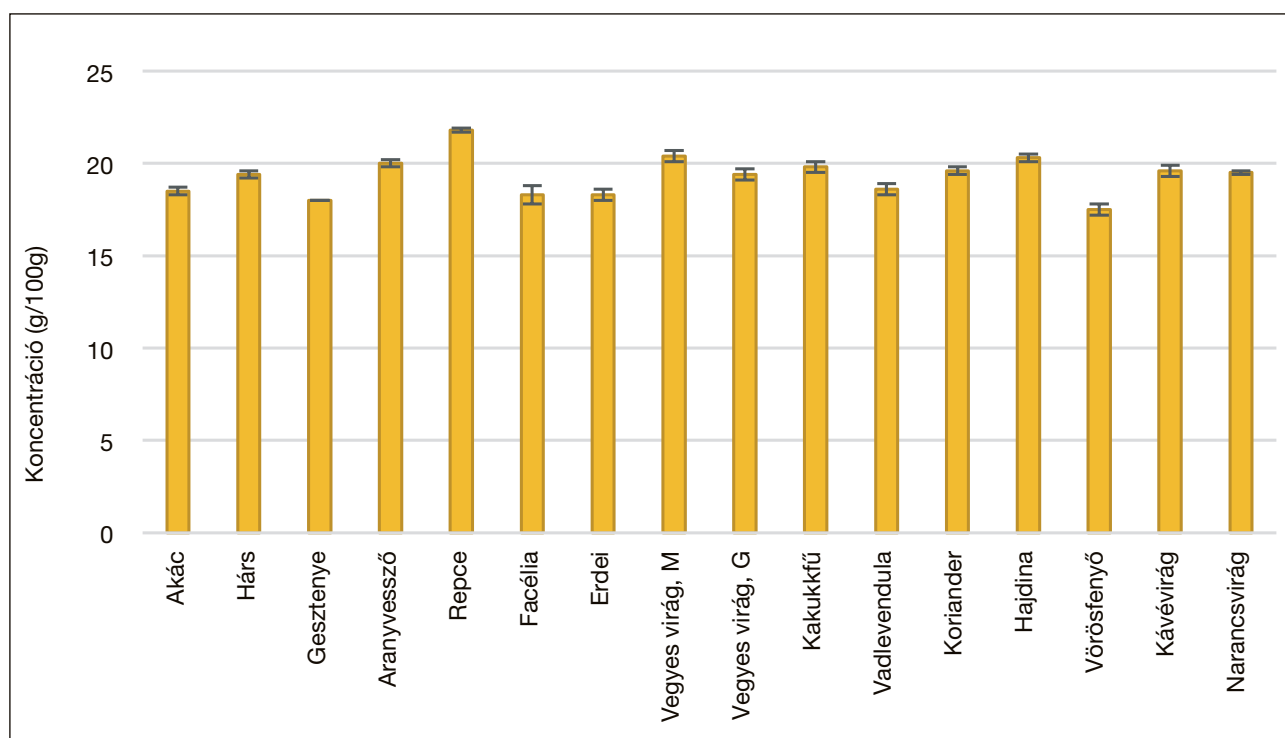
4. Eredmények és értékelésük

4.1. A mézek vizsgálati eredményei

4.1.1. Nedvességtartalom

A nedvességtartalom az egyik legalapvetőbb, a mézek minőségét meghatározó paraméter, amely hatással van a termék viszkozitására, színére, ízére, kristályosodására, továbbá az eltarthatóságát is jelentősen befolyásolja. A mézek nedvességtartalma általában 15 és 21% között alakul a forrásnövény fajától, a kaptárban lejátszódó dehidratációs folyamatoktól, valamint a méz feldolgozásának és tárolásának módjától függően [17]. A száraz, meleg környezetben előállított mézek általában alacsonyabb nedvességtartalommal rendelkeznek, mint azok, amelyek hűvös, párás éghajlatú országokból származnak [27]. A Magyar Élelmiszerkönyv 1-3-2001/110 számú előírása szerint a mézek víztartalma nem haladhatja meg a 20%-ot [1].

Az általunk vizsgált mézminták nedvességtartalma 17,5 és 21,8% között alakult (1. ábra). A Magyarországról származó termékek közül a repceméz és a vegyes virágméz, a külföldi mézek közül pedig a hajdinaméz nedvességtartalma meghaladta a hazánkban érvényes határértéket. Czipa és munkatársai szerint a megengedettnél magasabb nedvességtartalom arra utal, hogy a méhek az erőteljes hordás miatt nem tudták a mézet megfelelően besűríteni, így ezek a mézek éretlennek tekinthetők [28]. Mindazonáltal a mézek vízfelvevő képességét a botanikai eredet is befolyásolja, így például a hajdinaméz magas nedvességtartalma erre is visszavezethető.

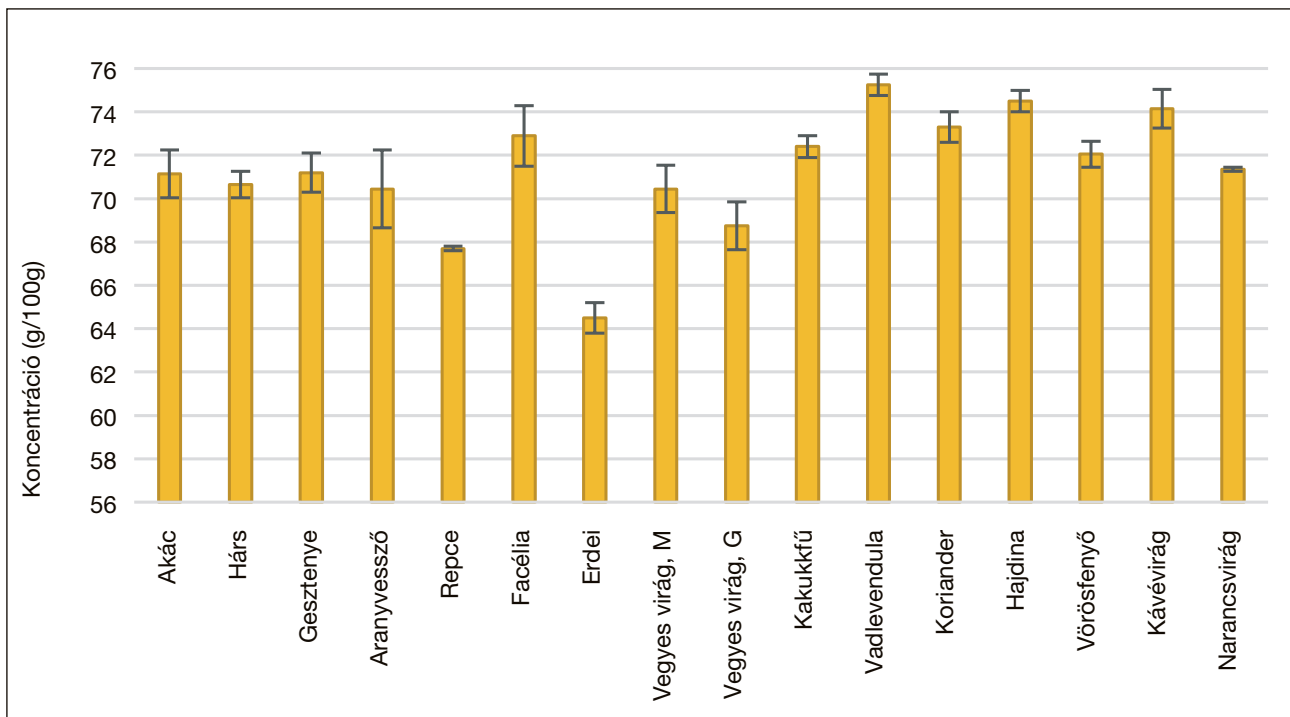


1. ábra. A mézminták nedvességtartalma
 Vegyes virág M: vegyes virágméz, Magyarország; vegyes virág G: vegyes virágméz, Ghána

4.1.2. Redukáló cukortartalom

A méz szárazanyag-tartalmának hozzávetőlegesen 95%-át szénhidrátok adják, amelyek közül az egyszerű redukáló cukrok kimagasló koncentrációban vannak jelen: a fruktóz a mézek tömegének 32-44%-át, a glükóz pedig a 23-38%-át teszi ki [29]. A mézben jelenlévő fruktóz és glükóz a nektár szacharóztartalmából keletkezik, a méhek által termelt invertáz enzim működése révén [2, 9]. A Magyar Élelmiszerkönyv szerint a virágmézeknek legalább 60%-os, az erdei (mézharmat) mézeknek pedig legalább 45%-os fruktóz- és glükóztartalommal kell rendelkezniük [1]. Kisebb mennyiségben különböző diszacharidok, oligoszacharidok, valamint poliszacharidok is jelen lehetnek a termékekben. Az alacsonyabb redukáló cukor-, illetve magasabb szacharóztartalom lehet növényi sajátosság, de utalhat a méz éretlenségére vagy a méhek cukorszirupos etetésére is [28, 29].

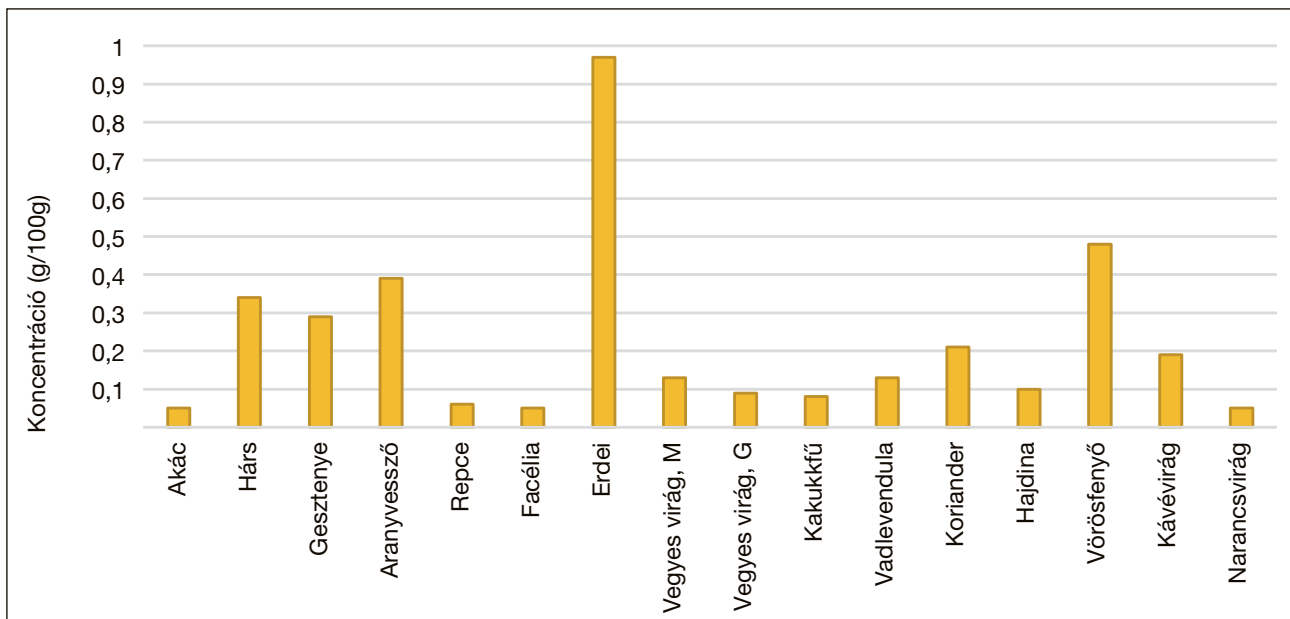
Az általunk vizsgált minták redukáló cukortartalma 64,50 és 75,25 % között alakult (2. ábra). A külföldi minták átlagosan 3%-kal több redukáló cukrot tartalmaztak, mint a magyar mézek. A legmagasabb értéket a vadlevendulaméz, a legalacsonyabbat pedig az erdei (mézharmat) méz esetén kaptuk. Szakirodalmi adatok szerint a mézharmatmézek sajátossága, hogy a virágok nektárjából készült mézeknél magasabb arányban tartalmaznak összetett cukrokat, elsősorban raffinózt és meleztózt [30].



2. ábra. A mézminták redukáló cukortartalma
 Vegyes virág M: vegyes virágméz, Magyarország; vegyes virág G: vegyes virágméz, Ghána

4.1.3. Hamutartalom

Szakirodalmi adatok szerint a nektár eredetű mézek hamutartalma általában 0,02 - 0,3% között alakul, míg az erdei (mézharmat) mézek 1% körüli koncentrációban tartalmaznak szervesetlen anyagokat [29]. Az ásványi anyagok mennyisége függ a méz földrajzi és botanikai eredetétől, a talaj összetételétől, valamint a forrásnövény környezetében történő szennyezés mértékétől, így a mézet környezeti bioindikátornak is tekinthetjük [31]. Kutatások alapján a sötét színű mézek hamutartalma általában magasabb, mint a világos mézeké [17, 32]. Eredményeink (3. ábra) a szakirodalmi adatokkal összhangban azt mutatták, hogy az erdei méz kimagasló mennyiségű (0,97%) ásványi anyagot tartalmaz. A nektár eredetű mézek közül a vörösfenyő, az aranyvessző és a hárs 0,3% feletti hamutartalommal rendelkezett. Az akác-, repce-, facélia-, ghánai vegyes virág-, kakukkfű- és narancsvirágmézek pedig viszonylag alacsony, 0,1% alatti mennyiségben tartalmaztak szervesetlen anyagokat. A termékek színe és hamutartalma között nem figyeltünk meg szoros összefüggést. A legmagasabb hamutartalommal rendelkező erdei-, vörösfenyő- és aranyvesszőmézek sötét színűek voltak, azonban a hárs- és gesztenyemézek magas ásványi anyag tartalmuk ellenére világos színnel jellemezhetők. A hajdina- és a ghánai vegyes virágméz pedig nagyon sötét színnel és alacsony hamutartalommal rendelkezett.



3. ábra. A mézminták hamutartalma

Vegyes virág M: vegyes virágméz, Magyarország; vegyes virág G: vegyes virágméz, Ghána

4.1.4. Aminosav-összetétel

A mézek aminosav tartalmának egy része a nektárból, illetve a pollenből származik, amelynek megfelelően az aminosav-összetétel a botanikai eredet jelzője lehet [29, 33, 34]. Mindazonáltal a méhek kiválasztó folyamatainak eredményeképpen is kerülnek a mézbe szabad aminosavak, ez pedig növeli az azonos forrásnövényről származó mézek aminosavtartalmának variabilitását [35]. A nektár, ezáltal a méz aminosav-összetételét az is befolyásolja, hogy az év melyik szakaszában gyűjtik azt a méhek: tavasszal, amikor a fák rügyeznek és ősszel, a levelek színének változásakor az aminosavak és a nitrogéntartalmú vegyületek koncentrációja a floémában jelentősen megnő [36]. Az azonos fajta mézek aminosavtartalmának változatosságát növeli az is, hogy mennyiségük a tárolás folyamán [37], valamint hőkezelés hatására [38] csökkenést mutat.

A legtöbb aminosav a mézben kötött formában van jelen. A szabad aminosavtartalom hozzávetőlegesen az összes aminosav egyötödét képezi [29]. A jelenlévő aminosavak 50-85%-át a prolin teszi ki, amelynek mennyisége a bomlás miatt a tárolás során folyamatosan csökken, így az a méz öregedésének is indikátora lehet [39]. A prolin egy része a méhek szervezetében zajló kiválasztó folyamatok kapcsán kerül a mézbe [9], másik része pedig növényi eredetű, ugyanis mind a nektár [40], mind a pollen [5] magas prolintartalommal rendelkezik. Mennyiségére egyértelmű szabályozás hazánkban nincs, így általában a Németországban érvényben lévő 180 mg/kg-os minimális határértéket veszik alapul [39].

Az általunk vizsgált mézekben a szabad aminosavak koncentrációja átlagosan 663,3 mg/kg volt. A külföldi mézek valamelyest magasabb átlagos aminosavtartalommal (787,6 mg/kg) rendelkeztek, mint a Magyarországról származó termékek (539,0 mg/kg). A koriander-, vadlevendula- és aranyvesszőmézben a szabad aminosavak koncentrációja meghaladta az 1000 mg/kg-ot, míg az akácmézből csupán 162,2 mg/kg értéket mutattunk ki (1. táblázat). Kutatások szerint az akácmézre általánosan jellemző, hogy viszonylag alacsony aminosav-tartalommal rendelkezik [33, 41]. Az aranyvesszőméz magas aminosavtartalma visszavezethető arra, hogy a növény virágzási ideje augusztustól akár október végéig is tarthat.

A prolin mennyisége minden mintában kiemelkedően magas volt. A legtöbb méz ezen kívül viszonylag nagy aszparaginsav, glutaminsav, aszparagin, glutamin és fenil-alanin tartalommal rendelkezett. Egyes minták esetén viszonylag jelentős szerin, alanin, valin és tirozin tartalom figyelhető meg. A hajdinaméz rendkívül magas metionin, treonin, illetve valin tartalommal rendelkezett, a vadlevendulamézben pedig a fenil-alanin, tirozin és arginin mennyisége volt kimagasló.

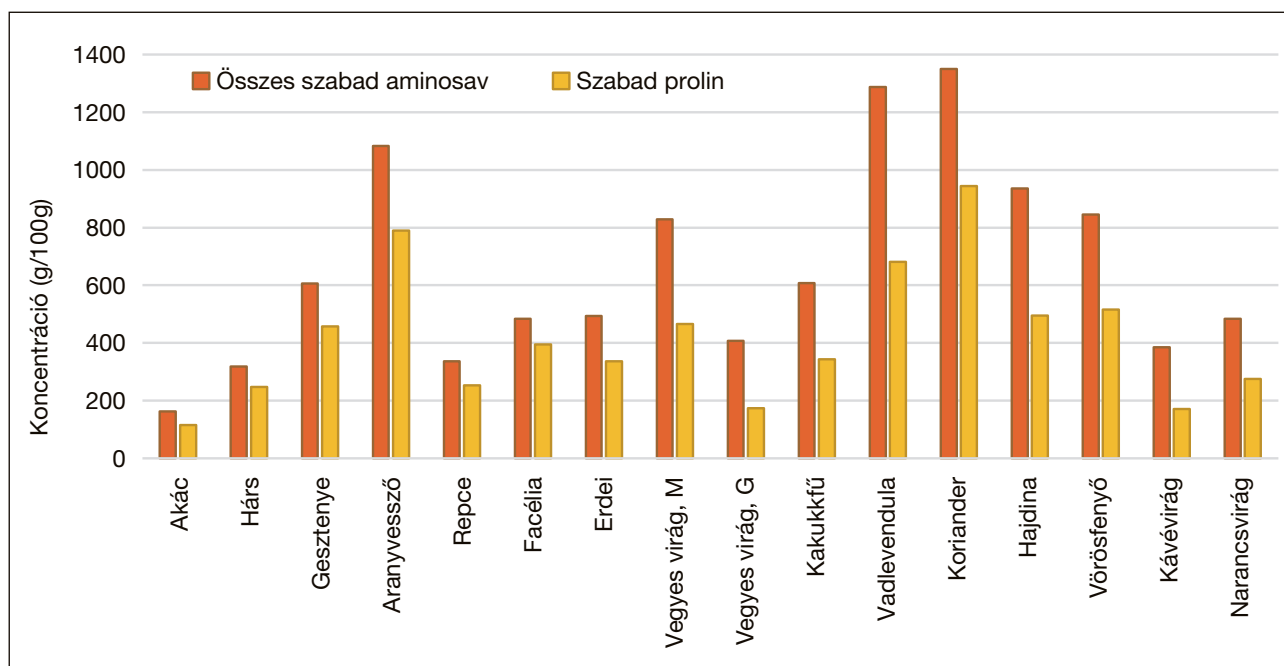
1. táblázat. A mézminták szabad aminosav-összetétele

Mézminták	Szabad aminosav-tartalom (mg/kg)																		
	Asp	Thr	Ser	Asn	Glu	Gln	Pro	Gly	Ala	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	His	Arg	Összes
Akác	9,8	1,0	1,9	10,0	4,9	2,6	114,8	0,4	1,4	1,6	0,6	0,9	0,9	0,4	1,4	3,4	1,6	1,3	162,2
Hárs	19,0	0,9	2,4	0,0	6,8	4,6	247,2	0,8	3,0	0,8	2,9	2,5	2,3	1,1	4,0	9,6	1,4	6,4	318,6
Gesztenye	24,8	6,0	9,5	11,6	31,5	10,4	457,7	2,2	10,5	7,8	1,7	2,7	5,6	2,8	6,5	3,0	1,1	1,5	606,6
Aranyvessző	61,9	8,8	16,6	25,4	55,8	2,0	789,1	4,1	25,8	12,5	5,5	4,2	8,3	8,0	43,0	2,2	3,0	4,0	1083,2
Repce	19,3	3,2	4,0	0,0	9,8	6,8	253,0	0,7	3,1	1,2	0,7	3,0	2,8	1,8	4,7	9,9	1,8	7,4	336,6
Facélia	14,1	3,6	4,7	5,9	10,2	4,2	395,1	2,4	3,9	4,3	0,2	1,9	2,3	2,7	7,1	10,5	2,8	2,3	483,0
Erdei	60,6	8,2	4,9	4,3	35,8	2,9	335,9	1,0	10,7	2,6	2,1	1,8	6,2	0,9	2,4	0,0	1,3	0,3	493,9
Vegyes virág, M.*	50,1	8,8	24,7	12,6	145,2	36,6	465,1	1,3	20,8	20,6	0,8	5,2	7,2	2,5	8,2	7,4	5,4	1,7	828,2
Vegyes virág, G.**	16,9	7,7	3,9	20,6	13,3	12,6	173,7	3,4	9,8	8,4	7,0	3,2	14,9	40,1	59,7	3,7	2,3	4,4	407,2
Kakukkfű	12,7	5,6	5,9	31,5	17,6	13,9	343,1	3,6	9,8	5,1	3,4	1,5	7,8	31,2	96,2	11,8	3,7	0,0	607,6
Vadlevendula	19,0	5,8	8,0	41,2	46,9	33,3	681,7	6,0	11,8	9,4	6,7	5,8	18,4	127,4	227,3	19,1	4,7	10,9	1288,1
Koriander	59,7	9,9	24,5	16,8	96,0	23,8	943,8	9,3	29,0	16,6	6,7	11,1	14,4	23,2	49,7	5,4	2,7	3,0	1349,5
Hajdina	12,6	30,0	33,8	45,9	32,0	46,4	495,3	13,3	26,7	51,5	24,4	9,0	28,0	17,5	53,0	10,0	2,2	1,5	935,0
Vörösfenyő	20,9	7,3	9,0	39,9	49,4	27,0	516,3	6,1	12,3	6,6	3,9	6,8	9,1	24,7	97,0	0,8	4,4	0,0	845,0
Kávévirág	20,8	15,8	8,8	19,6	30,1	22,2	170,9	4,3	11,2	14,7	5,8	3,8	6,9	14,0	29,0	1,7	1,8	2,2	385,3
Narancsvirág	9,3	4,1	5,0	13,3	13,1	13,0	275,4	4,4	17,4	7,3	2,1	4,0	5,1	27,2	70,0	4,7	1,9	3,2	483,1

*Vegyes virágméz, Magyarország

** Vegyes virágméz, Ghána

A 4. ábra a prolin arányát mutatja az összes szabad aminosavhoz viszonyítva. Hermosin szerint a friss mézek aminosav-tartalmának legalább kétharmad részét a prolin teszi ki [34]. Az általunk vizsgált mézek fele ennél alacsonyabb prolin arányt mutatott. A hazai mézek közül a vegyes virágmézben 56%, a külföldi mézek közül pedig a korianderméz kivételével minden mintában 66% alatti volt a prolin arány. Kaskoniené és Venskutonis az Európában nagy gazdasági jelentőséggel bíró fajtamézekre átlagos prolin tartalmat állapítottak meg, fajtanként több száz vizsgálati eredmény figyelembevételével. Eredményeik alapján a kakukkfű (*Thymus* spp.) mézek kimagasló (956±196 mg/kg) prolin tartalommal rendelkeznek, azonban az általunk vizsgált kakukkfűméz viszonylag kevés prolint tartalmazott [33]. Az akácmézek (*Robinia pseudacacia* L.) átlagos prolin tartalma hozzávetőlegesen kétszerese volt az általunk kimutatott értéknek. A hárs (*Tilia* spp.), a gesztenye (*Castanea sativa* Miller) és az erdei (mézharmat) mézek átlagosan 20-30%-kal magasabb prolin tartalommal rendelkeztek, mint az általunk vizsgált minták. A repce (*Brassica napus* L.) mézre a szerzők által közölt értékhez hasonló koncentrációt kaptunk. A mézminták közül a korianderméz rendelkezett a legmagasabb prolin tartalommal (943,8 mg/kg), amely azonban jelentősen alacsonyabb a Czipa [9] által közölt értéknél (2283 mg/kg). Az eltérések feltehetően a hosszabb tárolási időből adódtak. Az akác-, ghánai vegyes virág- és kávévirágméz kivételével minden termék megfelelt a Németországban megkövetelt 180 mg/kg-os minimális értéknek.

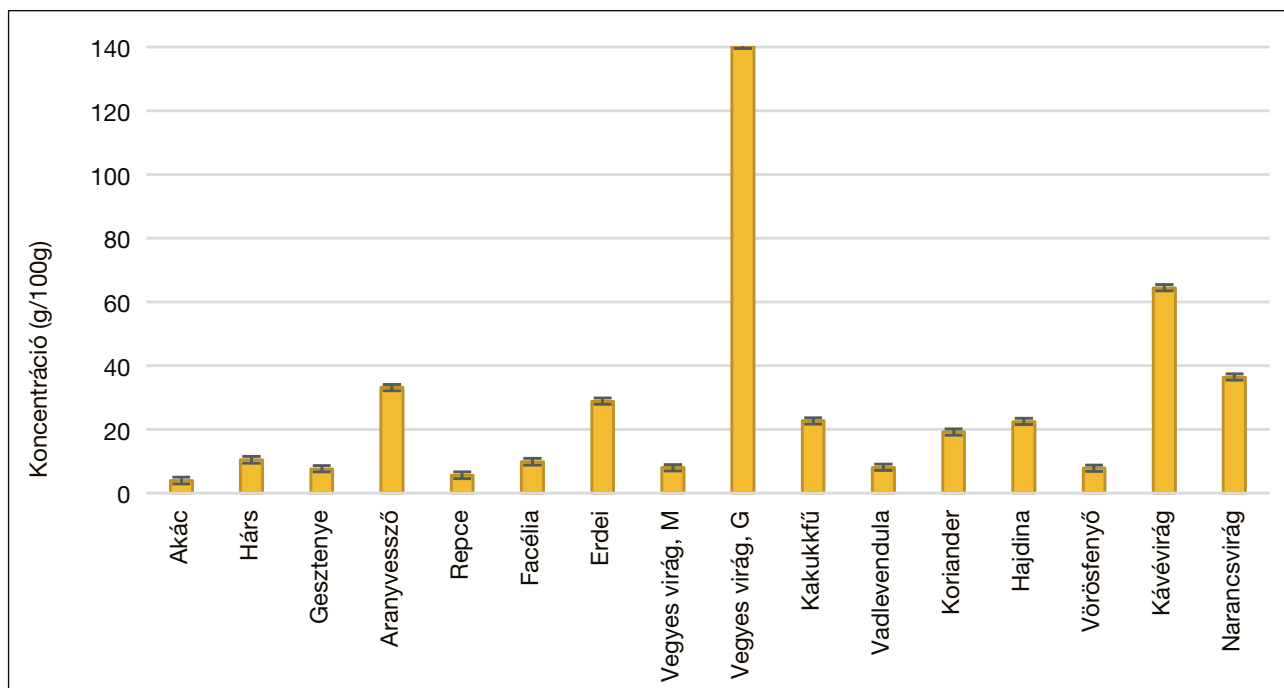


4. ábra. A mézminták prolin tartalma az összes szabad aminosavhoz viszonyítva
Vegyes virág M: vegyes virágméz, Magyarország; vegyes virág G: vegyes virágméz, Ghána

4.1.5. Hidroxi-metil-furfurol tartalom

A hidroxi-metil-furfurol (HMF) savas közegben keletkezik, hexózok bomlásával. Koncentrációjából következtethetünk a méz érettségére, ugyanis a friss mézben minimális mennyiségben van jelen ez a vegyület. A HMF-tartalom növekszik a méz melegítése és tárolása során, de a magas sav-, nedvesség-, és cukortartalom is gyorsítja a keletkezését [9, 29]. Koncentrációja a méz típusától is függ: a meleg környezetből származó, trópusi és szubtrópusi mézek eredendően magas HMF-tartalommal rendelkeznek [27]. A Magyar Élelmiszerkönyv 1-3-2001/110 számú előírása a mézekre általánosságban 40 mg/kg-os, míg a trópusi eredetű mézekre 80 mg/kg-os határértéket ír elő [1].

Az általunk vizsgált mézek HMF tartalma széles határok között alakult (5. ábra): koncentrációja az akácmézben csupán 3,98 mg/kg volt a, a ghánai vegyes virágméz viszont rendkívül magas (140,42 mg/kg) HMF-tartalommal rendelkezett. A Magyarországról származó mézek mindegyike megfelelt az érvényben lévő határértéknek. A külföldi mézek közül a ghánai vegyes virágméz jelentősen meghaladta a trópusi mézekre felállított limitet. Trópusi származásának megfelelően a guatemalai kávévirágméz szintén magas (64,41 mg/kg) HMF tartalommal jellemezhető.

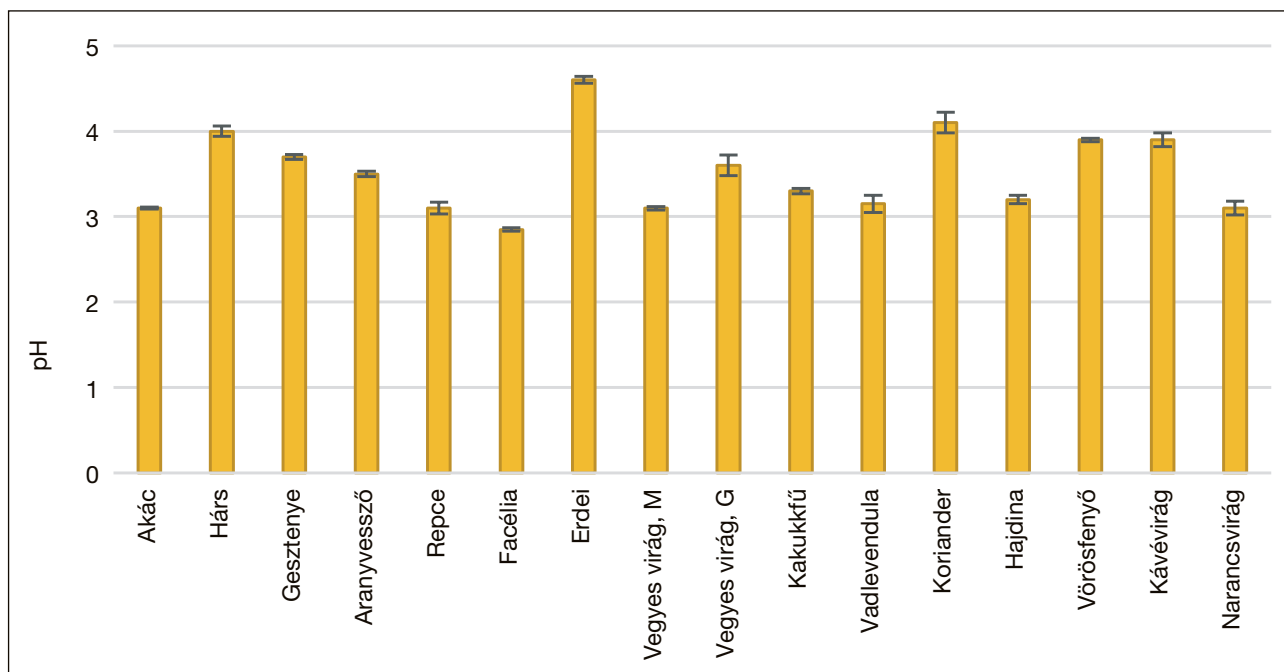


5. ábra. A mézminták hidroxi-metil-furfurol tartalma
Vegyes virág M: vegyes virágméz, Magyarország; vegyes virág G: vegyes virágméz, Ghána

4.1.6. Kémhatás

A mézek pH értéke rendszerint 6 alatti, elsősorban a bennük fellelhető szerves savaknak köszönhetően. A szerves savak mennyisége kevesebb, mint 0,5%, azonban jelentősen befolyásolják a termék színét, aromáját és eltarthatóságát. Bizonyos savak (pl. citromsav, almasav, oxálsav) a nektárból, illetve a mézharmatból származnak, míg mások (pl. hangyasav) az érés és tárolás során lejátszódó enzimes folyamatok által keletkeznek [29]. A méz szerves savainak jelentős részét a glükonsav adja, amely glükózból keletkezik a glükóz-oxidáz enzim hatására. A mézek pH-ja nem függ közvetlenül a szerves savak mennyiségétől, amely elsősorban a pufferkapacitással rendelkező mézősszetevőkre vezethető vissza [9].

Az általunk vizsgált mézminták pH értéke $2,85 \pm 0,02$ és $4,60 \pm 0,04$ között változott (6. ábra). A legalacsonyabb értéket a facéliamézre kaptuk, a legmagasabbat pedig az erdei (mézharmat) mézre. Eredményünk alátámasztja Tischer Seraglio és munkatársai megállapítását, miszerint az mézharmatmézek kémhatása viszonylag magas, értéke általában 3,8 és 4,6 között alakul [30]. Ez annak köszönhető, hogy a bennük lévő ásványi anyagok és aminosavak pufferelik a savas kémhatást [9].

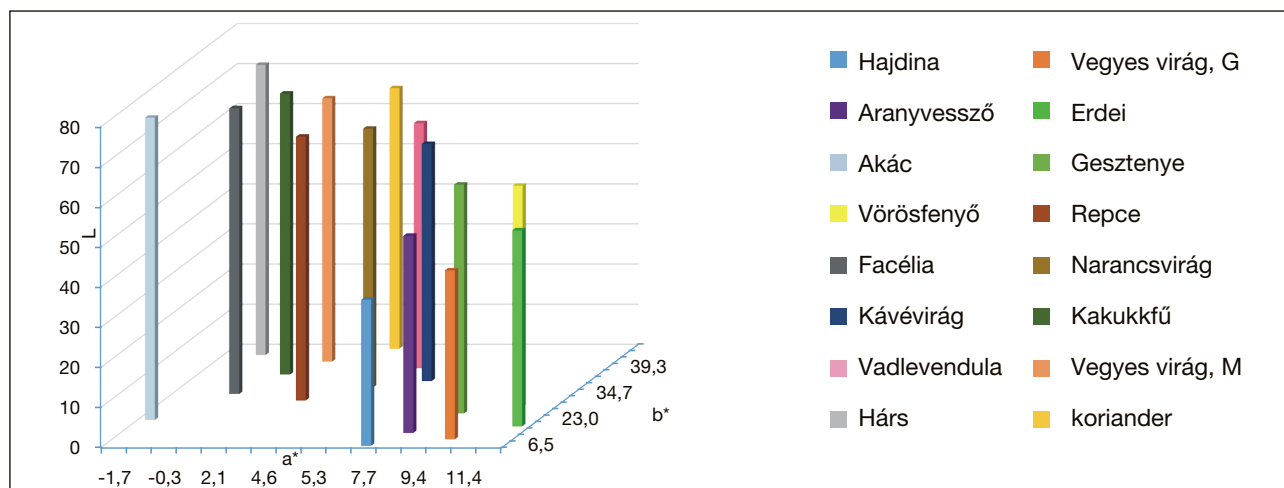


6. ábra. A mézminták kémhatása
 Vegyes virág M: vegyes virágméz, Magyarország; vegyes virág G: vegyes virágméz, Ghána

4.1.7. Színjellemzők

A mézek színe fontos érzékszervi paraméter, ugyanis jelentősen befolyásolja a vásárlói döntéseket. A legtöbb országban a magas minőséget a világos mézekkel azonosítják, de például Németországban, Svájcban és Görögországban közkedveltebbek a sötétebb termékek. A mézek színe a színtelentől a sötét borostyánig terjed, esetenként zöldes vagy vöröses árnyalattal. A mézek színét befolyásolják a növényi és földrajzi eredet, a klimatikus viszonyok, a forrásnövény talajának állapota, a tárolási idő, a fénynek való kitettség, az esetleges hőkezelés, bizonyos enzimes reakciók és a kristályosodási folyamatok is [17, 29]. Ez a tulajdonság többek között összefüggésben van a nedvességtartalommal, valamint az ásványi anyagok, karotinoidok, fenolos vegyületek és a cukrok koncentrációjával [18].

Az általunk vizsgált mézre kapott L (világosság), a* (zöld-vörös színezet) és b* (kék-sárga színezet) értékeket háromdimenziós diagramon ábrázoltuk (7. ábra). A legsötétebb minták a hajdina- és a ghánai vegyes virágméz voltak, a legvilágosabbak pedig az akác-, a hárs- és a facéliamézek. Az a* érték alapján a legtöbb méz többé-kevésbé vöröses árnyalatú volt, de az akác-, a hárs- és a facéliaméz nagyon enyhe zöldes árnyalatot mutattak. Számos esetben fordított összefüggést figyeltünk meg a mézek világosság értéke és HMF-tartalma között: az aranyvesszőméz, az erdei méz, valamint a ghánai vegyes virágméz viszonylag alacsony L értékkel és magas HMF tartalommal jellemezhető, a legvilágosabb méz HMF tartalma pedig alacsony volt. Ennek oka, hogy a HMF egy része a Maillard-reakció során képződik [9, 17].

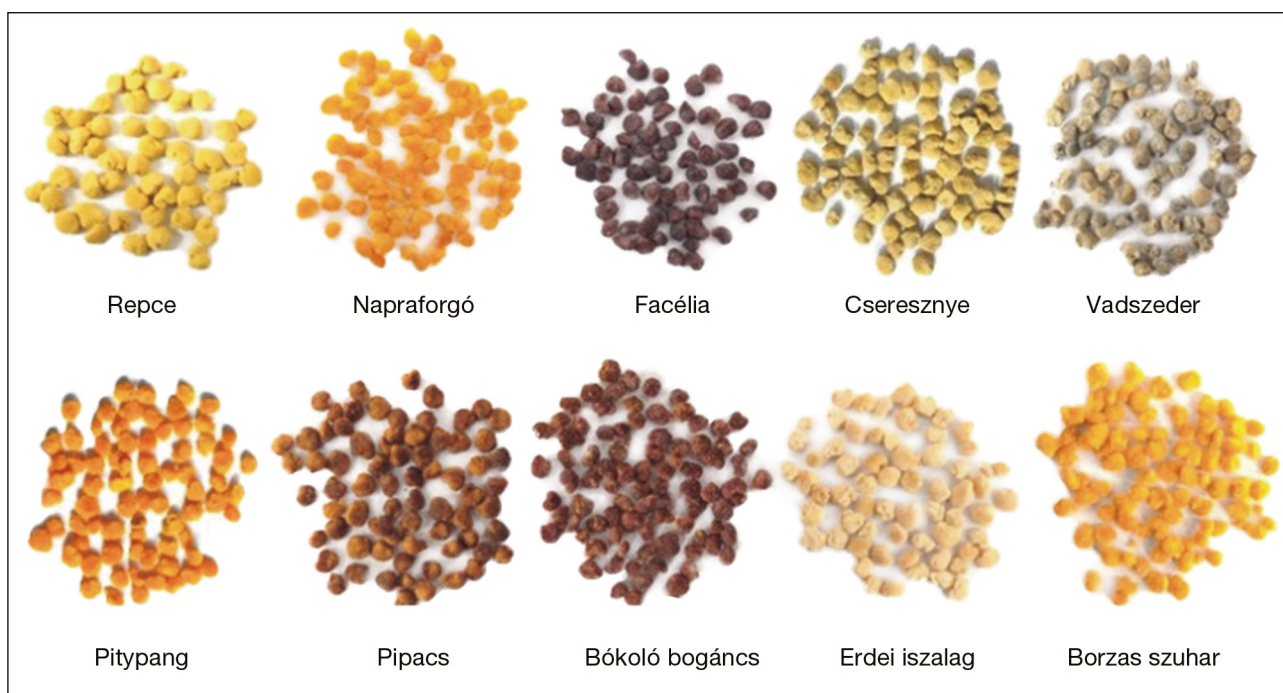


7. ábra. A mézminták L, a*, b* értékei
 Vegyes virág M: vegyes virágméz, Magyarország; vegyes virág G: vegyes virágméz, Ghána

4.2. A virágporcsomók vizsgálati eredményei

4.2.1. Botanikai eredet

A mikroszkópos pollenanalízis eredményei igazolták, hogy a kutatás során felhasznált virágporcsomók 80% feletti vezérpollen-tartalommal rendelkeznek, azaz monoflorálisnak tekinthetők [42]. A virágporcsomó minták a 8. ábrán láthatók, amelyek pollen-összetételét a 2. táblázatban foglaltuk össze.



8. ábra. Monoflorális virágporcsomó minták

2. táblázat. A virágporcsomók botanikai összetétele

Minta	Vezérpollen		Egyéb pollenek
	Fajok	%	
Repce	<i>Brassica napus</i>	96	<i>Frangula, Tilia, Leucanthemum vulgare, Ambrosia artemisiifolia, Tragopogon orientalis</i>
Napraforgó	<i>Helianthus annuus</i>	97	<i>Taraxacum officinale</i>
Facélia	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	100	Nincs adat
Cseresznye	<i>Prunus avium</i>	96	<i>Salix</i>
Vadszeder	<i>Rubus fruticosus</i>	98	Nincs adat
Pitypang	<i>Taraxacum officinale</i>	84	<i>Salix, Brassica napus, gyümölcsök</i>
Pipacs	<i>Papaver rhoeas</i>	94	<i>Phacelia tanacetifolia, Ligustrum, Tilia, Convolvulus arvensis</i>
Bókoló bogáncs	<i>Carduus nutans</i>	94	<i>Helianthus annuus, Calluna vulgaris, Impatiens, Cyanus segetum</i>
Erdei iszalag	<i>Clematis vitalba</i>	89	<i>Plantago, Tilia, Taraxacum officinale, Trifolium repens</i>
Borzas szuhar	<i>Cistus incanus</i>	97	<i>Calluna vulgaris, Taraxacum officinale, Thymus</i>

4.2.2. Makrotápanyag-összetétel

A virágporcsomók tápértéke nagy heterogenitást mutatott, ugyanis a botanikai eredet jelentősen befolyásolja a tápanyagok arányát. Thakur és Nanda több, mint száz tudományos kutatás eredményeinek összefoglalásával arra a következtetésre jutottak, hogy a termékek átlagosan 54,2% (18,5-84,3%) szénhidrátot, 21,3% (4,5-40,7%) fehérjét, 5,3% (0,4-13,5%) lipidet, valamint 2,9% (0,5-7,8%) hamut tartalmaznak [5]. Nedvességtartalmuk friss állapotban 20-30% között alakul. A szárított termékek optimális esetben 4-8% vizet tartalmaznak, ugyanis ez a tartomány élelmiszer-biztonsági és érzékszervi szempontból is megfelelő [42].

A vizsgált virágporcsomók 4,9 és 8,2% közötti nedvességtartalommal rendelkeztek, amely megfelelő mikrobiológiai stabilitást biztosít. A mintáink szénhidrátartalma átlagosan 12%-kal magasabb, mint a Thakur és Nanda által közölt átlagérték [5]. A különbség elsősorban abból fakad, hogy a szerzők az átlagos koncentráció vizsgálata során nemcsak szárított, hanem friss virágporokra kapott eredményeket is figyelembe vettek. A minták fehérjetartalma 14,5 és 26,7% között alakult. A legfehérjedúsabb virágporcsomók a facéliáról és a repcéről származtak, amelyek a méhek számára erős attraktánsok [43]. Nyerszsír-tartalom tekintetében a méhek által szintén preferált pitypang pollen kimagasló koncentrációt mutatott, de a repce pollen is lipidekben gazdagnak bizonyult. A virágporcsomók hamutartalma 1,0 és 3,2% között alakult. A legtöbb ásványi anyagot a bókoló bogáncsról és a cseresznyéről származó minták tartalmazták. Eredményeink (3. táblázat) összhangban vannak a szakirodalmi adatokkal [5, 42].

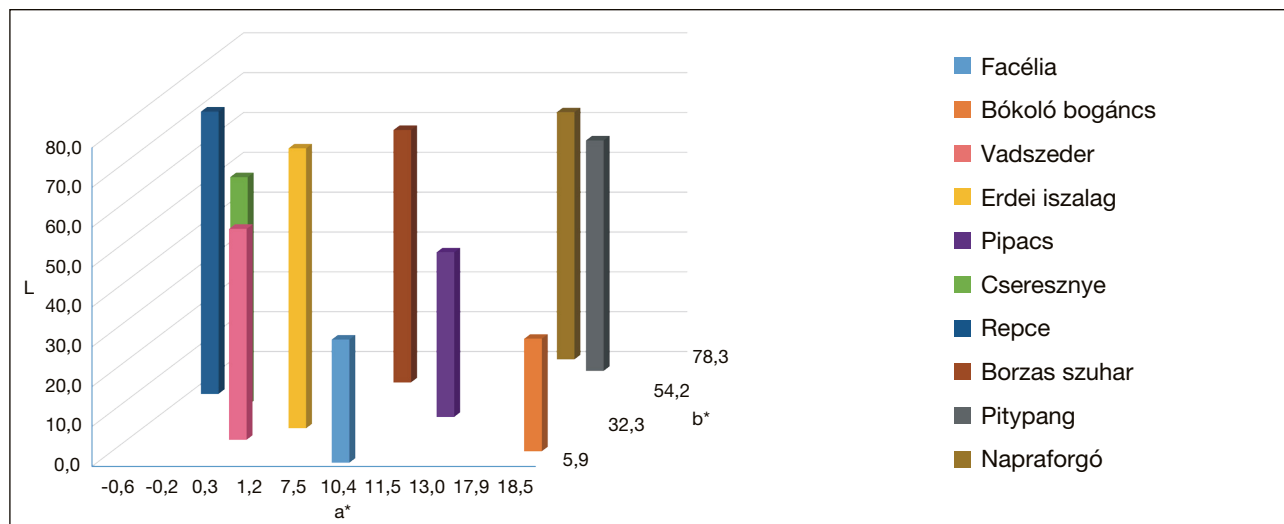
3. táblázat. A virágporcsomó minták makrotápanyag-összetétele

Pollenminta	Nedvesség (%)	Szénhidrát (%)	Fehérje (%)	Nyerszsír (%)	Hamu (%)
Repce	6,2±0,1	57,9±0,5	26,0±0,2	7,1±0,3	2,8±0,1
Napraforgó	4,9±0,3	74,0±0,6	15,8±0,4	3,8±0,6	1,4±0,1
Facélia	7,9±0,1	61,4±0,9	26,7±0,6	1,4±0,3	2,5±0,2
Cseresznye	6,5±0,1	63,6±0,3	24,4±0,2	1,9±0,3	3,2±0,1
Vadszeder	6,0±0,1	69,0±0,5	20,0±0,2	2,8±0,4	2,3±0,1
Pitypang	5,4±0,2	66,9±0,5	15,7±0,1	10,5±0,3	1,4±0,2
Pipacs	7,3±0,1	63,1±0,2	24,2±0,1	2,9±0,2	2,5±0,1
Bókoló bogáncs	8,2±0,6	66,8±0,8	17,1±0,6	4,6±0,3	3,2±0,1
Erdei iszalag	5,2±0,3	68,8±0,7	18,6±0,2	5,6±0,7	1,8±0,0
Borzas szuhar	6,4±0,2	73,4±0,3	14,5±0,3	4,6±0,6	1,0±0,1

4.2.3. Színjellemzők

A különböző növényekről származó virágporcsomók színe széles skálán mozog: leggyakrabban sárgás és narancssárgás színűek, de léteznek például kék, zöld, piros, fekete, barna és fehér virágporok is [44]. A pollenek színét elsősorban a botanikai eredet határozza meg. Mivel a méhek rendszerint adott időben egyetlen növényfajról gyűjtenek pollent, egy-egy virágporcsomó homogén színnel jellemezhető [4]. A termék színtulajdonságaira hatással van a földrajzi eredet, a klimatikus viszonyok, a gyűjtés ideje, a forrásnövény kora és tápanyagellátottsága, a pollen tartósítási módja, valamint a tárolás időtartama és körülményei is [6].

A virágporcsomókra kapott L (világosság), a* (zöld-vörös színezet) és b* (kék-sárga színezet) értékeket a 9. ábra szemlélteti. A legsötétebb minták a bókoló bogáncs, a facélia és a pipacs voltak, a többi minta viszonylag magas L értékkel rendelkezett. A világos minták az a* érték alapján három csoportra bonthatók: a repce, cseresznye és vadszeder pollenek enyhén zöldes árnyalatúak, az erdei iszalag enyhén vöröses, a borzas szuhar, a napraforgó és a pitypang pedig erősebb vöröses árnyalatot mutatott. A b* értéke minden esetben pozitív volt, tehát a sárga szín dominált a mintákban. A hazai piacon viszonylag gyakran előforduló facélia pollen feltűnően sötét színű. Ez a virágpor a szintén sötét pipacshoz képest enyhébb sárga, a bókoló bogánchhoz képest pedig gyengébb vörös árnyalattal jellemezhető.



9. ábra. A virágporcsomó minták L, a*, b* értékei

5. Összefoglalás

Kutatásunk során hazai és külföldi mézeket hasonlítottunk össze a minőségüket meghatározó paraméterek alapján, továbbá meghatároztuk néhány, a Kárpát-medence flórájára jellemző növényről származó virágporcsumó makrotápanyag-összetételét és színjellemzőit. A vizsgált mézek közül két magyar és egy külföldi minta nedvességtartalma meghaladta a hazánkban érvényes határértéket. A mézek redukáló cukor-tartalma 64,5 és 75,3 % között alakult. Eredményeink alátámasztják azt a megfigyelést, miszerint a mézharthatmék alacsonyabb redukáló cukor tartalommal rendelkeznek, valamint magasabb hamutartalommal és kémhatással, továbbá sötétebb színnel jellemezhető, mint a nektár eredetű mézek. A mézekben a prolin volt a domináns aminosav, ennek aránya azonban több esetben alacsonyabb volt a szakirodalomban közölt adatoknál. A hazai mézek közül az akác és a vegyes virág, a külföldiek közül pedig a kávévirágméz prolin tartalma nem érte el a 180 mg/kg-os minimális határértéket. A HMF tartalom tekintetében nagy eltéréseket figyeltünk meg. A hazai mézek mindegyike megfelelt a követelményeknek, a Ghánából származó vegyes virágméz azonban rendkívül magas koncentrációban tartalmazta ezt a vegyületet. A mézekben a sárga szín dominált. A legtöbb termék vöröses árnyalattal volt jellemezhető, de néhány méz enyhén zöldes tónusú volt. Számos esetben fordított összefüggést figyeltünk meg a mézek világosság értéke és HMF-tartalma között.

A vizsgálatba bevont, szárított virágporcsumó-minták botanikai összetételének vizsgálatával igazoltuk, hogy a felhasznált minták legalább 80%-ban a forrásnövényként megnevezett növényfajról származnak. A szakirodalmi adatokkal összehangban a termékek 57,9-74,0% szénhidrátot, 14,5-26,7% fehérjét, 1,4-10,5% nyerszsírt és 1,0-3,2% hamut tartalmaztak. Nedvességtartalmuk 4,9 és 8,2% között alakult, amely érzékszervi és mikrobiológiai szempontból is megfelel a követelményeknek. Színtulajdonságait tekintve a termékek nagy eltérést mutattak, de legtöbb esetben a sárga árnyalat dominált színükben.

6. Köszönetnyilvánítás

Kutatásunk az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005 projekt, valamint az „OTKA” Fiatal kutatói kiválósági program (FK_20, azonosítószám 135700) segítségével valósult meg. A szerzők köszönik Rózséné dr. Büki Etelka segítségét a virágporcsumók botanikai eredetének meghatározásában.

7. Irodalom

- [1] Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 1-3-2001/110 számú előírása a mézről, 2002
- [2] Amtmann, M. (2009): Különleges fajtamézek botanikai eredetének és illó komponenseinek összefüggése. Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
- [3] Szabat, P., Poleszak, J., Szabat, M., Boreński, G., Wójcik, M., Milanowska, J. (2019): Apitherapy – the medical use of bee products. *Journal of Education, Health and Sport*, 9, pp. 384-396. <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3376968>
- [4] Bogdanov, S. (2016): Pollen: Collection, harvest, composition, quality. *The Pollen Book*. Chapter 1.
- [5] Thakur, M., & Nanda, V. (2020): Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 98, pp. 82–106. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.001>
- [6] Salazar-González, C.Y., Rodríguez-Pulido, F.J., Terrab, A., Díaz-Moreno, C., Fuenmayor, C.A., Heredia, F.J. (2018): Analysis of multifloral bee pollen pellets by advanced digital imaging applied to functional food ingredients. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73, pp. 328–335. <http://dx.doi.org/10.1007/s11130-018-0695-9>
- [7] Sipos, L., Végh, R., Bodor, Zs., Zaukuu, J. L. Z., Hitka, G., Bázár, Gy., Kovacs, Z. (2020): Classification of bee pollen and prediction of sensory and colorimetric attributes—a sensometric fusion approach by e-Nose, e-Tongue and NIR. *Sensors*, 20 (23), 6768. <https://doi.org/10.3390/s20236768>
- [8] Végh, R., Csóka, M., Sörös, C., & Sipos, L. (2021): Food safety hazards of bee pollen—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, pp. 490-509. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.016>
- [9] Czipa, N. (2010): Különböző eredetű mézek összehasonlítása és a gyártmánykialakítás hatása a minőségre. Doktori értekezés, Debreceni Egyetem, Debrecen
- [10] Tózsá, I. (szerk.) (2019): *Hungarikumok és nemzeti értékvédelem*. pp. 109. Dialóg Campus Könyvkiadó. Budapest
- [11] Mucha, L., Oravec, T., Totth, G., Illés, B. Cs. (2021): A magyar méz kereskedelmének komparatív előnyei. *Gazdálkodás*, 65, pp. 23-37.
- [12] Pácza, Gy. B. (2018): Valódi mézet az európai fogyasztóknak! *Agrár- és Környezetjog*, 25, pp. 229-243. <http://dx.doi.org/10.21029/JAEL.2018.25.213>

- [13] Oravecz, T., Kovács, I. (2019): A hazai termelői mézek és méhészeti termékek iránti fogyasztói bizalom kvalitatív vizsgálata. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 14, pp. 79-89.
- [14] Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-100 számú irányelve Megkülönböztető minőségi jelöléssel ellátott mézfélékről 1. kiadás, 2009
- [15] Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 3-2-2009/1 számú irányelv Méz mintavételi és vizsgálati módszerei 1. kiadás, 2009
- [16] ISO/TC34/SC19 Standard on Bee products. (2021): Retrieved from <https://www.iso.org/committee/6716626.html>. Elérés: 2021. 06. 10.
- [17] da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Oliveira Costa, A. C., Fett, R. (2016): Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, pp. 309-323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- [18] Bodor, Zs., Benedek, Cs., Urbin, Á, Szabó, D., Sipos, L. (2021): Colour of honey: can we trust the Pfund scale? – An alternative graphical tool covering the whole visible spectra, *LWT – Food Science and Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111859>
- [19] MSZ 6943-1:1979. Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Víz-, illetve szárazanyagtartalom meghatározása
- [20] MSZ 6943-4:1982. Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Cukortartalom meghatározása
- [21] MSZ 6943-2:1980. Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Vízben oldhatatlan szilárd anyagok és hamutartalom meghatározása
- [22] MSZ 6943-5:1989. Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Hidroxi-metil-furfurol-tartalom (HMF) meghatározása
- [23] Bogdanov, S. (2002): Harmonised methods of the International Honey Commission. International Honey Commission (IHC). Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld. http://www.terezinka.cz/vcely/Med/IHCmethods_e.pdf (Hozzáférés: 2021.06.10.)
- [24] MSZ 6943-3:1980. Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Savfok és pH meghatározása
- [25] ISO 12824: 2016. Royal jelly-Specifications
- [26] ISO 763:2003. Fruit and vegetable products-Determination of insoluble ash in hydrochloric acid
- [27] Smetanska, I., Alharthi, S. S., Selim, K. A. (2021): Physicochemical, antioxidant capacity and color analysis of six honeys from different origin. *Journal of King Saud University – Science*, 33, 101447. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101447>
- [28] Czipa, N., Borbélyné Varga, M., Győri, Z. (2008): A méz minősítéséhez és nyomonkövethetőségéhez szükséges vizsgálatok. *Agrártudományi Közlemények*, 20, pp. 25-32.
- [29] De-Melo, A. A. M., Almeida-Muradian, L. B., Sancho, M. T., Maté, A. P. (2017): Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 2017, pp. 5-37. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444>
- [30] Tischer-Seraglio, S. K., Silva, B., Bergamo, G., Brugnerotto, P., Gonzaga, L. V., Fett, R., Oliveira Costa, A. C. (2019): An overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties of honeydew honey. *Food Research International*, 119, pp. 44-66. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.028>
- [31] Sajtos, Zs., Herman, P., Harangi, S., Baranyai, E. (2019): Elemental analysis of Hungarian honey samples and bee products by MP-AES method. *Microchemical Journal*, 149, 103968. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.103968>
- [32] Shafiee, S., Minaei, S., Moghaddam-Charkari, N., Barzegar, M. (2014): Honey characterization using computer vision system and artificial neural networks. *Food Chemistry*, 159, pp. 143-150. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.136>
- [33] Kaskonienė, V., Venskutonis, P. R. (2010): Floral markers in honey of various botanical and geographic origins: A review. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*, 9, pp. 620-634. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00130.x>
- [34] Hermosin, I., Chicón, R. M., Cabeduzo, M.D. (2003): Free amino acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 83, pp. 263-268. [https://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00089-x](https://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00089-x)
- [35] Kowalski, S., Kopuncová, M., Ciesarová, Z., Kukurová, K. (2017): Free amino acids profile of Polish and Slovak honeys based on LC-MS/MS method without the prior derivatisation. *Journal of Food Science and Technology*, 54, pp. 3716-3723. <https://dx.doi.org/10.1007/s13197-017-2838-7>

- [36] Qamer, S., Ehsan, M., Nadeem, S., Shakoori, A. R. (2007): Free amino acids contents of Pakistani unifloral honey produced by *Apis mellifera*. Pakistan Journal of Zoology, 39, pp. 99-102.
- [37] Iglesias, M. T., Martín-Álvarez, P., Carmen Polo, M., Lorenzo, C., González, M., Pueyo, E. (2006): Changes in the free amino acid contents of honeys during storage at ambient temperature. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54, pp. 9099-9104. <https://dx.doi.org/10.1021/jf061712x>
- [38] Zhao, H., Cheng, N., Zhang, Y., Sun, Z., Zhou, W., Wang, Y., Cao, W. (2018): The effects of different thermal treatments on amino acid contents and chemometric-based identification of overheated honey. LWT - Food Science and Technology, 96, pp. 133-139. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.004>
- [39] Novák, A., Kovács, B., Czipa, N. (2017): Méz és gyógynövény-kivonatos méhtermékek minőségi paramétereinek összehasonlító vizsgálata. Agrártudományi Közlemények, 72, pp. 117-120. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/72/1601>
- [40] Nepi, M., Soligo, C., Nocentini, D., Abate, M., Guarnieri, M., Cai, G., Bini, L., Puglia, M., Bianchi, L., Pacini, E. (2012): Amino acids and protein profile in floral nectar: Much more than a simple reward. Flora, 207, pp. 475-481. <https://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2012.06.002>
- [41] Kečkeš, J., Trifkovič, J., Andrič, F., Jovetič, M., Tešič, Ž., Milojevič-Opsenica, D. (2013): Amino acids profile of Serbian unifloral honeys. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93, pp. 3368-3376. <https://dx.doi.org/10.1002/jsfa.6187>
- [42] Campos, M., Bogdanov, S., Almedia-Muradian, L. B., Szesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C., & Ferriera, F. (2008): Pollen composition and standardisation of analytical methods. International Bee Research Association, 47, pp. 154-161. <https://doi.org/10.1080/00218839.2008.11101443>
- [43] Radev, Z. (2019): Collected pollen by the honeybee (*Apis mellifera* L.). New Knowledge Journal of Science, 8, pp. 69-79.
- [44] Kirk, W. D. J. (2018): The colours of pollen available to honey bees through the year. Bee World, 95, pp. 74-77. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2018.1449280>

Examination of the nutrient content and color characteristics of honey and pollen samples

Keywords: honey, pollen, nutrient content, botanical origin, moisture content, sugar content, ash content, amino acid composition, HMF, color characteristics

1. SUMMARY

Due to its nutritional value, physiological effects and unique aroma, honey is one of our widely consumed foods, used for sweetening. There are several regulations concerning the composition and analysis of honey, of which the specifications and guidelines of the Hungarian Food Codex are authoritative in Hungary. In the present study, the color characteristics and nutrient composition of domestic and foreign honeys are examined. Our intention was to review the physical and chemical characteristics of honeys of different origin marketed in Hungary. As a point of interest, a honey obtained from a foreign market was also examined. Pollen is a less widely consumed apiculture product, mostly a dietary supplement known to health-conscious consumers. There is also much less knowledge is available about its composition than in the case of honey. With our work, we intended to fill this gap. In addition, the nutrient content and color characteristics of pollen samples from some plant species that also occur in Hungary are described.

¹ Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science and Technology

Rita VÉGH
Dorina PUTER
Áron VASKÓ
Mariann CSÓKA
Zsuzsanna MEDNYÁNSZKY

Vegh.Rita@phd.uni-mate.hu
dorinaputer@gmail.com
vaskoaron@gmail.com
Csoka.Mariann@uni-mate.hu
Mednyanszky.Zsuzsanna@uni-mate.hu

<https://orcid.org/0000-0003-1271-6199>
<https://orcid.org/0000-0002-6538-2316>
<https://orcid.org/0000-0002-1654-5596>

2. Introduction

Honey is one of our oldest foods and is still a popular sweetener around the world. According to the definition of the Hungarian Food Codex, „Honey is a natural sweet substance collected by *Apis mellifera* bees from plant nectar or the sap of live plant parts, or by insects that suck plant sap from the secreted material of live plant parts, which is collected by the bees, converted by the addition of their own substances, then stored, dehydrated and matured in honeycombs” [1]. Its energy content is provided by easily absorbed carbohydrates, but it also contains many other nutrients such as minerals, phenolic compounds and amino acids. Thanks to its natural aroma substances, honey has pleasant organoleptic properties, so it can be characterized by a high level of enjoyment [2]. Honey is also used for medicinal purposes, mainly due to its anti-inflammatory and antibacterial effects [3].

The pollen cluster is a little-known apiculture product that is of growing interest, especially among health-conscious consumers. The pollen cluster is formed by bees moistening the pollen adhering to their bodies with nectar and their glandular secretions, then compacting it into spherical pellets and transporting them to their hives in their “baskets” on their hind legs. This product can be collected by the beekeeper using a perforated device mounted in front of the hive entrance [4]. The product is usually preserved by drying or freezing. Pollen contains relatively high concentrations of nutrients essential for the body and can therefore be used as a dietary supplement [5] or a functional food raw materials [6]. According to some research, pollen has immunostimulatory and antioxidant effects, and thus plays an important role in apitherapy [3]. As the demand for apiculture products (honey, pollen, bee bread, propolis, wax) has increased, so has the number of scientific studies on honey. The number of studies on honey and pollen has increased exponentially since the 1990s [7]. From a food safety point of view, apiculture products have been the focus of research, as they may contain a number of risk factors, including pesticides, toxic metals, molds, mycotoxins, pyrrolizidine alkaloids, allergens, genetically modified organisms, and so on. The food safety risks of pollens are presented in detail in the review article of Véghe et al. [8].

There is a tradition of beekeeping in Hungary, as the climatic and landscape conditions of the Carpathian Basin allow the production of high quality honey. Bees visit more than 800 plant species, several of which are suitable for the production of single flower honey [9]. The two main products of the domestic honey market are mixed flower honey and acacia honey. The latter is considered a hungaricum, as there are large acacia forests in Hungary, and acacia honey is a high quality, sought-after product both at home and abroad [10]. The production of rapeseed and sunflower honey is widespread throughout the country, but smaller amounts of other single flower honeys such as chestnut, linden, phacelia, hawthorn, goldenrod, lavender, buckwheat and milkweed honey are also produced by Hungarian beekeepers. In addition to honey, other apiculture product also add color to the product range of beekeepers, of which one of the most popular is pollen cluster.

Examining export and import data, Mucha et al. proved that Hungary has a comparative advantage in the European Union in terms of honey production [11]. A significant part of the total honey production of the EU comes from Hungary, which, in addition to environmental conditions, is due to the relatively high bee density of the Carpathian Basin. The number of bee colonies is constantly increasing, which also indicates the effectiveness of the National Beekeeping Programs. Nevertheless, it is a serious challenge for the sector that Hungarian honey is behind world competitors in the price competition, especially compared to lower quality honey from China [11, 12]. According to the in-depth interviews of Oravec and Kovács with consumers, Hungarian honey buyers can be divided into two distinct groups based on where they get their product: some consumers buy only from primary producers, while other look for readily available, cheaper products online or on store shelves [13]. According to the majority of the consumers surveyed, honey from Hungarian producers is not only more reliable, but also tastes better and is healthier than imported honey.

The regulation of honey quality is dealt with in the Hungarian Food Codex (Codex Alimentarius Hungaricus): specification 1-3-2001/110 contains the definitions and compositional requirements of honeys, guideline 2-100 the requirements and characteristics of honey types with a distinctive quality mark, while guideline 3-2-2009/1 the sampling and analytical methods of honey [1, 14, 15]. The Hungarian Food Codex does not cover the quality requirements of other apiculture products. There are currently no specific regulations for pollen clusters at the international level, however, product standardization was initiated by one of the working groups of the International Organization for Standardization, Technical Committee Food Products, Subcommittee Bee Products (ISO/TC34/SC19/WG 3) in 2018 [16].

The nutritional value and organoleptic properties of honeys and pollen are mainly determined by the botanical origin, but are also influenced by the geographical origin, the climatic conditions of the collection area, the bee species producing the product, as well as the processing and storage conditions [2, 3, 5, 9, 17]. In our research, domestic and foreign honeys of different plant origin were compared, based on their moisture, reducing sugar, ash, free amino acid and hydroxymethylfurfural (HMF) contents and pH. Our work also included the study of the macronutrient composition of pollen clusters from plants typical of the Hungarian

flora. The color of honey and pollen samples was also investigated, as this property plays an extremely important role in the consumer perception of foods and in consumer decisions [6, 18].

3. Materials and methods

3.1. Samples examined

The products involved in the study included eight honey from Hungary and eight honeys from abroad. The plants indicated as the nectar sources of the Hungarian honeys were acacia, linden, chestnut, goldenrod, rapeseed and phacelia, and a forest (honeydew) honey and a mixed flower honey were also included in the study. The foreign samples included products that are considered specialties in Hungary such as thyme (Spain), wild lavender (Portugal), coriander (Bulgaria), buckwheat (EU), larch (Czech Republic), coffee flower (Guatemala) and orange blossom honey (Mexico), and a mixed flower honey from Ghana. These products were purchased in a specialty store in Budapest, while the mixed flower honey from Ghana was obtained from the market in the country of origin. The pollen clusters used in the study were purchased from Hungarian beekeepers and stores. The products were dried at 38 ± 2 °C for 20 hours, and then ten subsamples were formed by color sorting and their botanical composition was determined. Honey and pollen samples were stored at room temperature (20 ± 2 °C) in the dark.

3.2. Methods used

An Abbe refractometer was used to determine the moisture content of the honeys [19]. Reducing sugar content was determined by the Schoorl-Regenbogen method [20], while ash content was determined by incineration [21]. The determination of the free amino acid content was carried out with an INGOS AAA 400 amino acid analyzer. HMF content was measured by the method of White [22, 23]. To determine the pH value of the honeys, a Radelkis universal pH meter (OP-204/1) was used [24]. The botanical origin of the pollen clusters was determined by microscopic pollen analysis. Moisture content of the samples was analyzed by the vacuum drying method [25]. To determine the protein content, the classical Kjeldahl method was used. Crude fat content was determined by Soxhlet extraction [25]. Ash content was determined by incineration [26], while the following formula was used to calculate the carbohydrate content:

$$\text{Carbohydrate(\%)} = 100 - \text{Moisture(\%)} - \text{Protein(\%)} - \text{Raw fat(\%)} - \text{Ash(\%)}$$

Color characteristics of the honeys and pollen were examined with a Minolta CR-100 instrument. The results are expressed with the coordinates of the CIE-Lab color space, where „L” is the perceptual lightness, while „a*” and „b*” are values for red-green and blue-yellow colors respectively. Each analysis was carried out in three parallel measurements.

4. Results and evaluation

4.1. Honey test results

4.1.1. Moisture content

Moisture content is one of the most basic parameters determining the quality of honey, which affects the viscosity, color, taste and crystallization of the product, as well as significantly affecting its shelf life. The moisture content of honeys generally varies between 15 and 21%, depending on the species of the source plant, the dehydration processes taking place in the hive and the way the honey is processed and stored [17]. Honeys produced in a dry, warm environment generally have a lower moisture content than those coming from countries with cool, humid climates [27]. According to specification 1-3-2001/110 of the Hungarian Food Codex, the moisture content of honeys must not exceed 20% [1].

The moisture content of the honey samples examined by us ranged from 17.5 to 21.8% (**Figure 1**). Of the honeys originating from Hungary, the moisture content of rapeseed honey and mixed flower honey, and of the foreign honeys, the moisture content of buckwheat honey exceeded the current limit value in Hungary. According to Czipa et al., a moisture content above the permissible limit indicates that the bees were not able to thicken the honey properly due to heavy carrying, so these honeys should be considered immature [28]. However, the water absorption capacity of the honeys is also influenced by their botanical origin, so the high moisture content of buckwheat honey may be traced back to this.

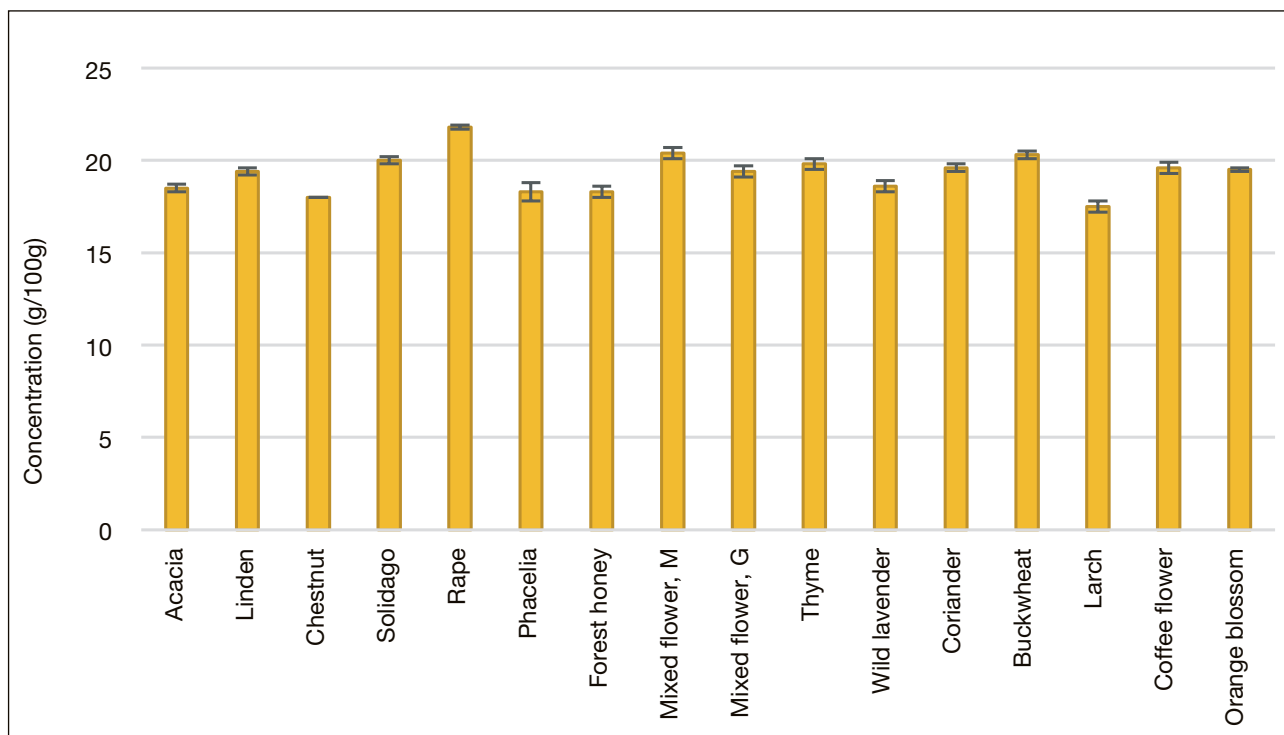


Figure 1. Moisture content of the honey samples
Mixed flower M: mixed flower honey, Hungary; mixed flower G: mixed flower honey, Ghana

4.1.2. Reducing sugar content

Approximately 95% of the dry matter content of honey consists of carbohydrates, of which simple reducing sugars are present in high concentrations: fructose accounts for 32-44% of the weight of honey, while glucose accounts for 23-38% [29]. The fructose and glucose present in honey are derived from the sucrose content of the nectar through the action of the enzyme invertase produced by the bees [2, 9]. According to the Hungarian Food Codex, flower honeys must have a fructose and glucose content of at least 60%, while forest (honeydew) honeys at least 45% [1]. Smaller amounts of various disaccharides, oligosaccharides and polysaccharides may also be present in the products. Lower reducing sugar and higher sucrose contents may be characteristic of the plant, but may also indicate the immaturity of the honey or the feeding of bees with sugar syrup [28, 29].

The reducing sugar content of the samples examined by us ranged from 64.50 to 75.25% (Figure 2). Foreign samples contained 3% more reducing sugars than Hungarian honeys on average. The highest value was obtained for wild lavender honey, while the lowest was obtained for forest (honeydew) honey. According to literature data, it is a special feature of honeydew honeys that they contain higher proportions of complex sugars, mainly raffinose and melezitose, than honeys made from flower nectar [30].

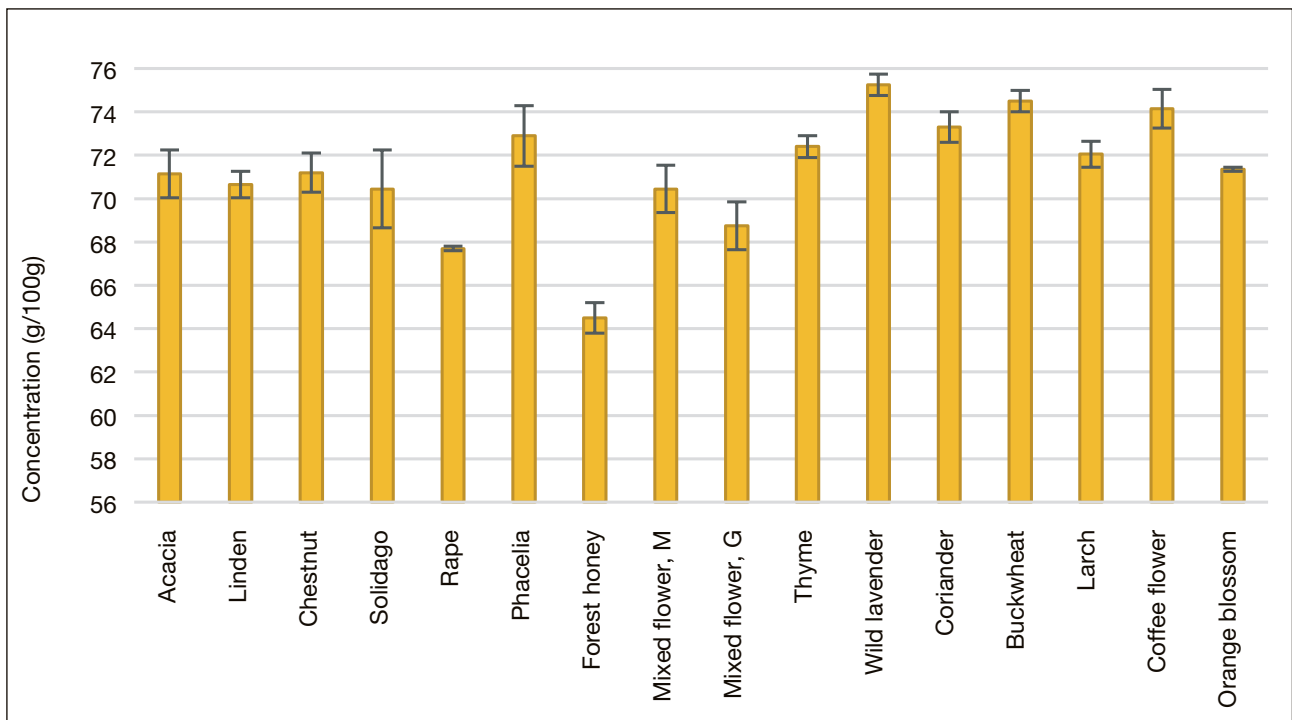


Figure 2. Reducing sugar content of the honey samples
Mixed flower M: mixed flower honey, Hungary; mixed flower G: mixed flower honey, Ghana

4.1.3. Ash content

According to literature data, the ash content of honeys of nectar origin is generally between 0.02 and 0.3%, while forest (honeydew) honeys contain inorganic substances in a concentration of about 1% [29]. The amount of minerals depends on the geographical and botanical origin of the honey, the composition of the soil and the extent of contamination in the vicinity of the source plant, so honey can also be considered an environmental bioindicator [31]. According to research, the ash content of dark-colored honeys is generally higher than that of lighter honeys [17, 32]. Our results (Figure 3), in line with literature data, showed that forest honey contains an outstanding amount (0.97%) of minerals. Of honeys of nectar origin, larch, goldenrod and linden had an ash content of more than 0.3%. Acacia, rapeseed, phacelia, mixed flower from Ghana, thyme and orange blossom honeys on the other hand had relatively low levels of inorganic matter, less than 0.1%. No close correlation was observed between the color and ash content of the products. The forest, larch and goldenrod honeys with the highest ash content were dark in color, but linden and chestnut honeys, despite their high mineral content, were characterized by a light color. Buckwheat honey and the mixed flower honey from Ghana had a very dark color and a low ash content.

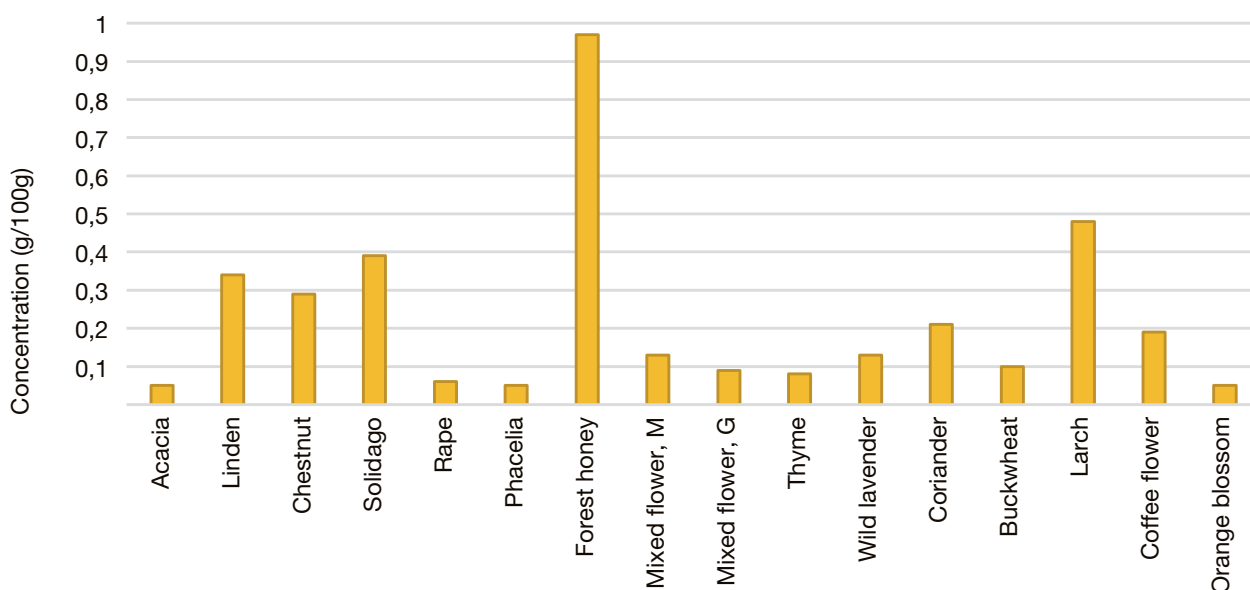


Figure 3. Ash content of the honey samples
Mixed flower M: mixed flower honey, Hungary; mixed flower G: mixed flower honey, Ghana

4.1.4. Amino acid composition

Some of the amino acid content of honeys comes from the nectar or the pollen, according to which the amino acid composition may be an indicator of botanical origin [29, 33, 34]. Nevertheless, free amino acids also enter honey as a result of bee secretion processes, which increases the variability in the amino acid content of honeys from the same source plant [35]. The amino acid composition of nectar, and thus of honey, is also affected by the time of the year it is collected by the bees: in spring, when the trees are budding, and in autumn, when the color of the leaves changes, the concentration of amino acids and nitrogen containing compounds in the phloem increases significantly [36]. The variability of the amino acid content of the same type of honey is also increased by the fact that their amount decreases during storage [37] and upon heat treatment [38].

Most amino acids are present in honey in bound form. The free amino acid content accounts for approximately one-fifth of the total amino acid content [29]. Proline makes up 50-85% of the amino acids present, the amount of which decreases continuously during storage, so it can also be an indicator of the aging of honey [39]. Some of the proline enters the honey due to secretion processes in the bees [9], while another part is of plant origin, as both nectar [40] and pollen [5] have a high proline content. There is no clear regulation of its amount in Hungary, so the minimum limit value of 180 mg/kg in force in Germany is generally taken into account [39].

The average free amino acid concentration in the honeys studied by us was 663.3 mg/kg. Foreign honeys had a slightly higher average amino acid content (787.6 mg/kg) than products from Hungary (539.0 mg/kg). The concentration of free amino acids in coriander, wild lavender and goldenrod honey exceeded 1,000 mg/kg, while in acacia honey only 162.2 mg/kg was detected (Table 1). Research has shown that acacia honeys are generally characterized by a relatively low amino acid content [33, 41]. The high amino acid content of goldenrod honey can be traced to the fact that the flowering period of the plant can last from August to the end of October.

The amount of proline was remarkably high in all samples. In addition, most honeys had relatively high levels of aspartic acid, glutamic acid, asparagine, glutamine and phenylalanine. Relatively high levels of serine, alanine, valine and tyrosine were observed in some samples. Buckwheat honey had extremely high methionine, threonine and valine contents, while wild lavender honey had outstanding amounts of phenylalanine, tyrosine and arginine.

Table 1. Free amino acid composition of honey samples

Honey sample	Free amino acid content (mg/kg)																		
	Asp	Thr	Ser	Asn	Glu	Gln	Pro	Gly	Ala	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	His	Arg	Total
Acacia	9.8	1.0	1.9	10.0	4.9	2.6	114.8	0.4	1.4	1.6	0.6	0.9	0.9	0.4	1.4	3.4	1.6	1.3	162.2
Linden	19.0	0.9	2.4	0.0	6.8	4.6	247.2	0.8	3.0	0.8	2.9	2.5	2.3	1.1	4.0	9.6	1.4	6.4	318.6
Chestnut	24.8	6.0	9.5	11.6	31.5	10.4	457.7	2.2	10.5	7.8	1.7	2.7	5.6	2.8	6.5	3.0	1.1	1.5	606.6
Goldenrod	61.9	8.8	16.6	25.4	55.8	2.0	789.1	4.1	25.8	12.5	5.5	4.2	8.3	8.0	43.0	2.2	3.0	4.0	1083.2
Rapeseed	19.3	3.2	4.0	0.0	9.8	6.8	253.0	0.7	3.1	1.2	0.7	3.0	2.8	1.8	4.7	9.9	1.8	7.4	336.6
Phacelia	14.1	3.6	4.7	5.9	10.2	4.2	395.1	2.4	3.9	4.3	0.2	1.9	2.3	2.7	7.1	10.5	2.8	2.3	483.0
Forest	60.6	8.2	4.9	4.3	35.8	2.9	335.9	1.0	10.7	2.6	2.1	1.8	6.2	0.9	2.4	0.0	1.3	0.3	493.9
Mixed flower, M.*	50.1	8.8	24.7	12.6	145.2	36.6	465.1	1.3	20.8	20.6	0.8	5.2	7.2	2.5	8.2	7.4	5.4	1.7	828.2
Mixed flower, G.**	16.9	7.7	3.9	20.6	13.3	12.6	173.7	3.4	9.8	8.4	7.0	3.2	14.9	40.1	59.7	3.7	2.3	4.4	407.2
Thyme	12.7	5.6	5.9	31.5	17.6	13.9	343.1	3.6	9.8	5.1	3.4	1.5	7.8	31.2	96.2	11.8	3.7	0.0	607.6
Wild lavender	19.0	5.8	8.0	41.2	46.9	33.3	681.7	6.0	11.8	9.4	6.7	5.8	18.4	127.4	227.3	19.1	4.7	10.9	1288.1
Coriander	59.7	9.9	24.5	16.8	96.0	23.8	943.8	9.3	29.0	16.6	6.7	11.1	14.4	23.2	49.7	5.4	2.7	3.0	1349.5
Buckwheat	12.6	30.0	33.8	45.9	32.0	46.4	495.3	13.3	26.7	51.5	24.4	9.0	28.0	17.5	53.0	10.0	2.2	1.5	935.0
Larch	20.9	7.3	9.0	39.9	49.4	27.0	516.3	6.1	12.3	6.6	3.9	6.8	9.1	24.7	97.0	0.8	4.4	0.0	845.0
Coffee flower	20.8	15.8	8.8	19.6	30.1	22.2	170.9	4.3	11.2	14.7	5.8	3.8	6.9	14.0	29.0	1.7	1.8	2.2	385.3
Orange blossom	9.3	4.1	5.0	13.3	13.1	13.0	275.4	4.4	17.4	7.3	2.1	4.0	5.1	27.2	70.0	4.7	1.9	3.2	483.1

*Mixed flower honey, Hungary

** Mixed flower honey, Ghana

Figure 4 shows the ratio of proline to the amount of total free amino acids. According to Herмосín, proline accounts for at least two-thirds of the amino acid content of fresh honey [34]. Half of the honeys examined by us showed a lower proline ratio. Of domestic honeys, the proline ratio was 56% in mixed flower honey, while it was less than 66% in all foreign honeys, with the exception of coriander honey. Average proline content values were determined by Kaskoniené and Venskutonis for single-flower honeys of great economic importance in Europe, taking into account hundreds of test results per variety. Based on their results, thyme (*Thymus* spp.) honeys have an outstanding proline content (956 ± 196 mg/kg), however, the thyme honey examined by us contained relatively little proline [33]. The average proline content of acacia (*Robinia pseudacacia* L.) honeys was approximately twice the value detected by us. Linden (*Tilia* spp.), chestnut (*Castanea sativa* Miller) and forest (honeydew) honeys had on average 20-30% proline contents than the samples examined by us. Concentrations similar to those reported by the authors were obtained by us for rapeseed (*Brassica napus* L.) honey. Of the honey samples, coriander honey had the highest proline content (943.8 mg/kg), but this was significantly lower than the value (2,283 mg/kg) reported by Czipa [9]. The differences are presumably due to the longer storage time. With the exception of the acacia honey, the mixed flower honey from Ghana and the coffee flower honey, all products complied with the minimum value of 180 mg/kg required in Germany.

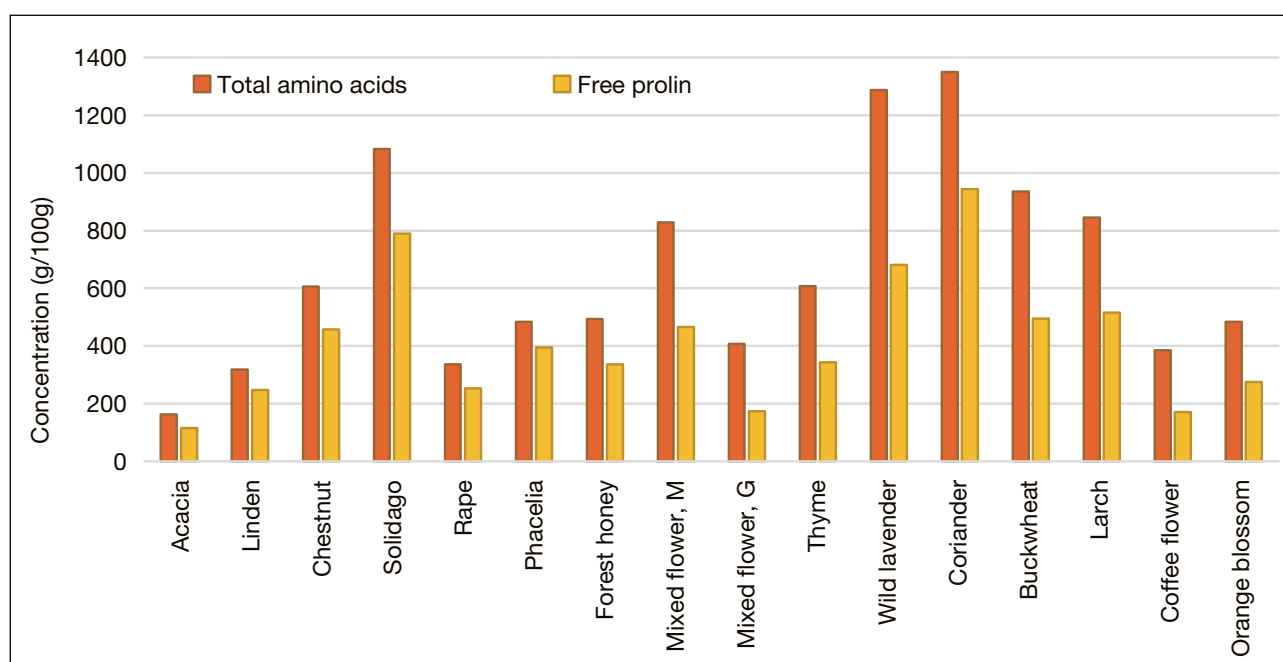


Figure 4. Proline content of honey samples compared to the total amino acid content
Mixed flower M: mixed flower honey, Hungary; mixed flower G: mixed flower honey, Ghana

4.1.5. Hydroxymethylfurfural content

Hydroxymethylfurfural (HMF) is formed in an acidic medium by the decomposition of hexoses. The maturity of honey can be inferred from its concentration, since this compound is present in minimal amounts in fresh honey. HMF content increases during the heating and storage of honey, but high acid, moisture and sugar contents also accelerate its formation [9, 29]. Its concentration also depends on the type of honey: tropical and subtropical honeys from warm environments have inherently high HMF content [27]. Specification 1-3-2001/110 of the Hungarian Food Codex prescribes a limit of 40 mg/kg for honeys in general, while the limit value is 80 mg/kg for honeys of tropical origin [1].

The HMF content of the honeys examined by us varied widely (Figure 5): its concentration was only 3.98 mg/kg in acacia honey, while the mixed flower honey from Ghana had an extremely high HMF content (140.42 mg/kg). All honeys from Hungary complied with the limit value in force. Of foreign honeys, the mixed flower honey from Ghana significantly exceeded the limit set for tropical honeys. According to its tropical origin, the coffee flower honey from Guatemala can also be characterized by a high HMF content (64.41 mg/kg).

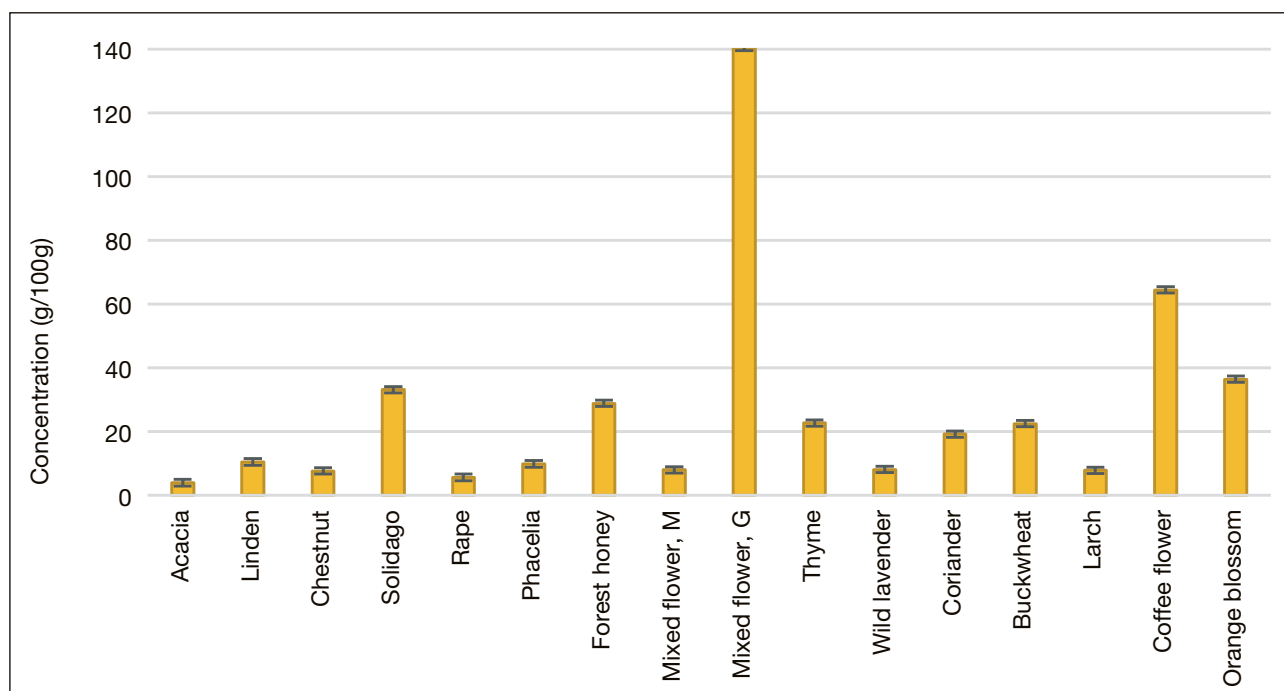


Figure 5. Hydroxymethylfurfural content of honey samples
Mixed flower M: mixed flower honey, Hungary; mixed flower G: mixed flower honey, Ghana

4.1.6. pH

The pH of honeys is usually below 6, mainly due to the organic acids found in them. The amount of organic acids is less than 0.5%, but they significantly affect the color, aroma and shelf life of the product. Certain acids (e.g., citric acid, malic acid, oxalic acid) come from nectar and honeydew, while others (e.g., formic acid) are formed by enzymatic processes during maturation and storage [29]. A significant proportion of the organic acids in honey is gluconic acid, which is formed from glucose by the enzyme glucose oxidase. The pH of honey does not depend directly on the amount of organic acids, which is mainly due to the honey components with buffer capacity [9].

The pH of the honey samples examined by us varied between 2.85 ± 0.02 and 4.60 ± 0.04 (Figure 6). The lowest value was obtained for phacelia honey, while the highest value was measured for forest (honeydew) honey. Our results support the finding of Tischer Seraglio et al. that the pH of honeydew honeys is relatively high, generally between 3.8 and 4.6 [30]. This is due to the fact that the minerals and amino acids in them buffer the acidic pH [9].

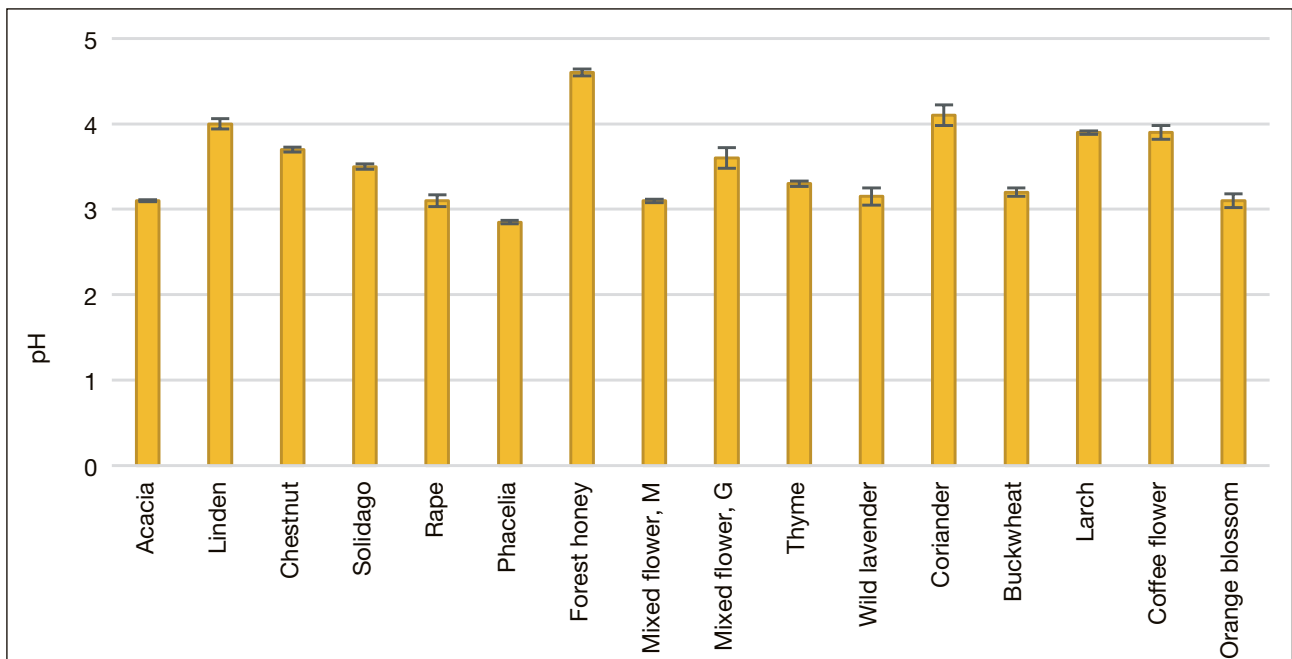


Figure 6. pH of the honey samples
 Mixed flower M: mixed flower honey, Hungary; mixed flower G: mixed flower honey, Ghana

4.1.7. Color characteristics

The color of honey is an important organoleptic parameter, as it significantly influences consumer decisions. In most countries, high quality is associated with light honey, but in Germany, Switzerland and Greece, for example, darker products are more popular. Honey ranges in color from colorless to dark amber, sometimes with a greenish or reddish tinge. The color of honey is influenced, for example, by the plant and geographical origin, climatic conditions, soil condition of the source plant, storage time, exposure to light, possible heat treatment, certain enzymatic reactions and crystallization processes [17, 29]. This property is related to, among other things, moisture content and the concentrations of minerals, carotenoids, phenolic compounds and sugars [18].

The values of L (brightness), a* (green-red color) and b* (blue-yellow color) obtained for the honeys examined by us were plotted on a three-dimensional diagram (Figure 7). The darkest samples were the buckwheat honey and the mixed flower honey from Ghana, while the lightest were the acacia, linden and phacelia honeys. Based on the a* value, most of the honeys were more or less reddish in color, but the acacia, linden and phacelia honeys exhibited a very slight greenish hue. In several cases, an inverse relationship was observed between the lightness value and HMF content of the honeys: goldenrod honey, forest honey and the mixed flower honey from Ghana were characterized by relatively low L values and high HMF content, while the lightest honeys had low HMF content. The reason for this is that some of the HMF is formed during the Maillard reaction [9, 17].

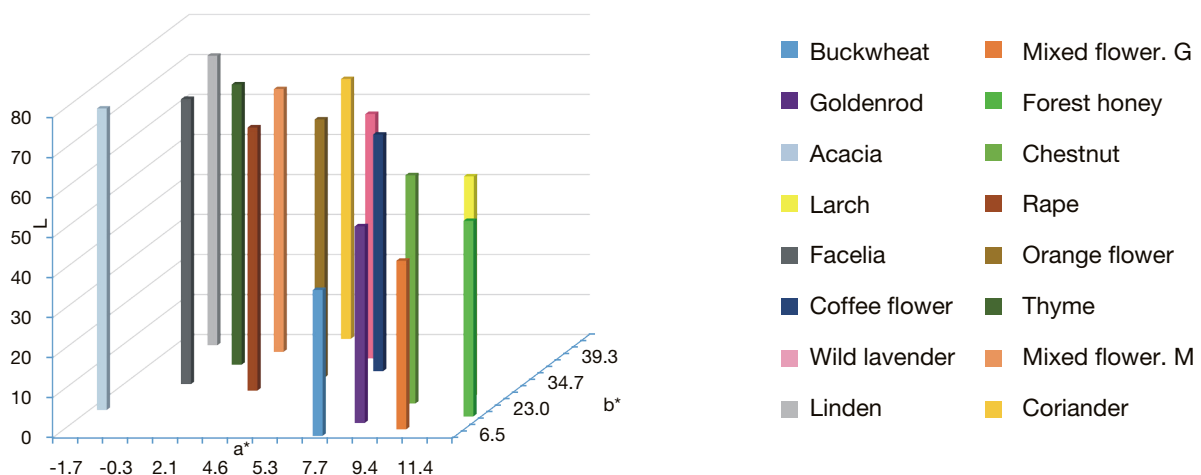


Figure 7. L, a* and b* values of the honey samples
 Mixed flower M: mixed flower honey, Hungary; mixed flower G: mixed flower honey, Ghana

4.2. Test results of pollen clusters

4.2.1. Botanical origin

The results of the microscopic pollen analysis confirmed that the pollen clusters used in the research had a lead pollen content of more than 80%, i.e. they could be considered monofloral [42]. The pollen cluster samples are shown in **Figure 8**, and their pollen composition is summarized in **Table 2**.



Figure 8. Monofloral pollen cluster samples

Table 2. Botanical composition of the pollen cluster samples

Sample	Lead pollen		Other pollens
	Species	%	
Rapeseed	<i>Brassica napus</i>	96	<i>Frangula, Tilia, Leucanthemum vulgare, Ambrosia artemisiifolia, Tragopogon orientalis</i>
Sunflower	<i>Helianthus annuus</i>	97	<i>Taraxacum officinale</i>
Phacelia	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	100	No data
Cherry	<i>Prunus avium</i>	96	<i>Salix</i>
Blackberry	<i>Rubus fruticosus</i>	98	No data
Dandelion	<i>Taraxacum officinale</i>	84	<i>Salix, Brassica napus, fruits</i>
Common poppy	<i>Papaver rhoeas</i>	94	<i>Phacelia tanacetifolia, Ligustrum, Tilia, Convolvulus arvensis</i>
Musk thistle	<i>Carduus nutans</i>	94	<i>Helianthus annuus, Calluna vulgaris, Impatiens, Cyanus segetum</i>
Old man's beard	<i>Clematis vitalba</i>	89	<i>Plantago, Tilia, Taraxacum officinale, Trifolium repens</i>
Rockrose (Cistus)	<i>Cistus incanus</i>	97	<i>Calluna vulgaris, Taraxacum officinale, Thymus</i>

4.2.2. Macronutrient composition

The nutritional value of the pollen clusters showed great heterogeneity, as the proportion of nutrients is significantly influenced by the botanical origin. Summarizing the results of more than one hundred scientific studies, Thakur and Nanda concluded that the products contained an average of 54.2% (18.5-84.3%) carbohydrates, 21.3% (4.5-40.7%) protein, 5.3% (0.4-13.5%) lipid and 2.9% (0.5-7.8%) ash [5]. Their moisture content in the fresh state was between 20 and 30%. Dried products, in an optimal case, contained 4-8% water, as this range is suitable from both a food safety and organoleptic point of view [42].

The pollen clusters analyzed had a moisture content between 4.9 and 8.2%, which ensures adequate microbiological stability. The carbohydrate content of our samples was on average 12% higher than the

average value reported by Thakur and Nanda [5]. The difference is mainly due to the fact that, when examining the average concentration, the authors took into account the results obtained not only for dried but also fresh pollen. The protein content of the samples ranged from 14.5 to 26.7%. The most protein-rich pollen clusters came from phacelia and rapeseed, which are strong attractants for bees [43]. In terms of crude fat content, dandelion pollen, also preferred by bees, exhibited outstanding concentrations, but rapeseed pollen was also found to be rich in lipids. The ash content of the pollen clusters ranged from 1.0 to 3.2%. The most minerals were contained in the samples from musk thistle and cherry. Our results (Table 3) are consistent with literature data [5, 42].

Table 3. Macronutrient composition of the pollen cluster samples

Pollen sample	Moisture (%)	Carbohydrate (%)	Protein (%)	Crude fat (%)	Ash (%)
Rapeseed	6.2±0.1	57.9±0.5	26.0±0.2	7.1±0.3	2.8±0.1
Sunflower	4.9±0.3	74.0±0.6	15.8±0.4	3.8±0.6	1.4±0.1
Phacelia	7.9±0.1	61.4±0.9	26.7±0.6	1.4±0.3	2.5±0.2
Cherry	6.5±0.1	63.6±0.3	24.4±0.2	1.9±0.3	3.2±0.1
Blackberry	6.0±0.1	69.0±0.5	20.0±0.2	2.8±0.4	2.3±0.1
Dandelion	5.4±0.2	66.9±0.5	15.7±0.1	10.5±0.3	1.4±0.2
Common poppy	7.3±0.1	63.1±0.2	24.2±0.1	2.9±0.2	2.5±0.1
Musk thistle	8.2±0.6	66.8±0.8	17.1±0.6	4.6±0.3	3.2±0.1
Old man's beard	5.2±0.3	68.8±0.7	18.6±0.2	5.6±0.7	1.8±0.0
Rockrose (Cistus)	6.4±0.2	73.4±0.3	14.5±0.3	4.6±0.6	1.0±0.1

4.2.3. Color characteristics

The color of pollen clusters from different plants varies widely: they are most often yellowish and orange in color, but there are also blue, green, red, black, brown and white pollens [44]. The color of pollens is primarily determined by their botanical origin. Since bees usually collect pollen from a single plant species at a given time, each pollen cluster can be characterized by a homogeneous color [4]. The color characteristics of the product are also affected by the geographical origin, climatic conditions, the time of collection, the age and nutrient supply of the source plant, the preservation method of the pollen, as well as the duration and conditions of storage [6].

The values of L (brightness), a* (green-red hue) and b* (blue-yellow hue) obtained for the pollen clusters are shown in Figure 9. The darkest samples were musk thistle, phacelia and common poppy, the other samples had relatively high L values. The light samples can be divided into three groups based on their a* values: rapeseed, cherry and blackberry pollens had a slight greenish tinge, old man's beard was slightly reddish, while rockrose, sunflower and dandelion exhibited a stronger reddish hue. The value of b* was positive in all cases, indicating that the yellow color dominated in the samples. Phacelia pollen, which is relatively common in the domestic market, is strikingly dark in color. This pollen is characterized by a lighter shade of yellow compared to the also dark common poppy, and a weaker shade of red compared to the musk thistle.

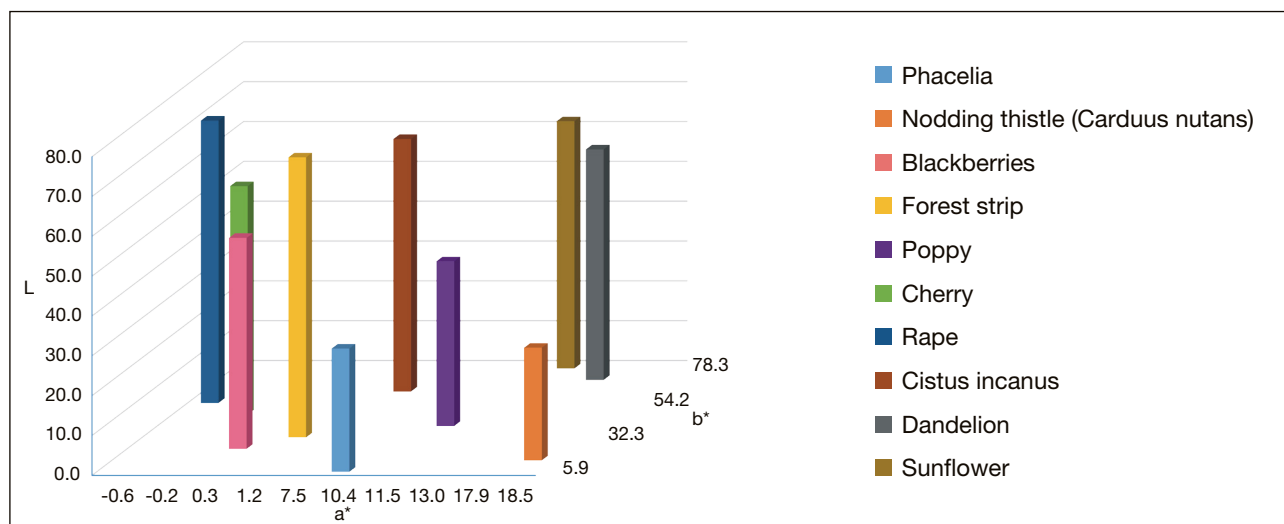


Figure 9. L, a* and b* values of the pollen cluster samples

5. Summary

In the course of our research, domestic and foreign honeys were compared on the basis of the parameters determining their quality, and the macronutrient composition and color characteristics of several pollen clusters from the plants characteristic of the flora of the Carpathian Basin were also determined. Of the honeys examined, the moisture content of two Hungarian and one foreign sample exceeded the limit value in force in Hungary. The reducing sugar content of the honeys ranged from 64.5 to 75.3%. Our results support the observation that honeydew honeys have a lower reducing sugar content, a higher ash content and pH, and can be characterized by a darker color than nectar-derived honeys. Proline was the dominant amino acid in the honeys, but its proportion was lower in several cases than the values reported in the literature. Of domestic honeys, the proline content of acacia honey and mixed flower honey did not reach the minimum limit of 180 mg/kg, while in the case of foreign honeys, the same was true for the coffee flower honey. In terms of the HMF content, large differences were observed. All of the domestic honeys met the requirements, but the mixed flower honey from Ghana contained an extremely high concentration of this compound. The color yellow dominated the honeys. Most of the products could be characterized by a reddish hue, but some of the honey samples had a slightly greenish tinge. In several cases, an inverse relationship was observed between the brightness value and the HMF content of the honeys.

By examining the botanical composition of the dried pollen clusters included in the study, it was confirmed that least 80% of the samples used were from the plant species named as the source plant. In line with literature data, the products contained 57.9-74.0% carbohydrates, 14.5-26.7% protein, 1.4-10.5% crude fat and 1.0-3.2% ash. Their moisture content ranged from 4.9 to 8.2%, which meets the requirements from both an organoleptic and microbiological point of view. In terms of their color characteristics, the products exhibited great variation, but in most cases the yellow hue dominated their color.

6. Acknowledgment

Our research was realized with the help of the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005 project and the „OTKA” Young Researcher Excellence Program (FK_20, id. no. 135700). The authors would like to thank Rózséné dr. Etelka Büki for her help in determining the botanical origin of the pollen clusters.

7. References

- [1] Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 1-3-2001/110 számú előírása a mézről, 2002
- [2] Amtmann, M. (2009): Különleges fajtamézek botanikai eredetének és illó komponenseinek összefüggése. Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
- [3] Szabat, P., Poleszak, J., Szabat, M., Boreński, G., Wójcik, M., Milanowska, J. (2019): Apitherapy – the medical use of bee products. *Journal of Education, Health and Sport*, 9, pp. 384-396. <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3376968>
- [4] Bogdanov, S. (2016): Pollen: Collection, harvest, composition, quality. *The Pollen Book*. Chapter 1.
- [5] Thakur, M., & Nanda, V. (2020): Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 98, pp. 82–106. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.001>
- [6] Salazar-González, C.Y., Rodríguez-Pulido, F.J., Terrab, A., Díaz-Moreno, C., Fuenmayor, C.A., Heredia, F.J. (2018): Analysis of multifloral bee pollen pellets by advanced digital imaging applied to functional food ingredients. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73, pp. 328–335. <http://dx.doi.org/10.1007/s11130-018-0695-9>
- [7] Sipos, L., Végh, R., Bodor, Zs., Zaukuu, J. L. Z., Hitka, G., Bázár, Gy., Kovacs, Z. (2020): Classification of bee pollen and prediction of sensory and colorimetric attributes—a sensometric fusion approach by e-Nose, e-Tongue and NIR. *Sensors*, 20 (23), 6768. <https://doi.org/10.3390/s20236768>
- [8] Végh, R., Csóka, M., Sörös, C., & Sipos, L. (2021): Food safety hazards of bee pollen—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, pp. 490-509. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.016>
- [9] Czipa, N. (2010): Különböző eredetű mézek összehasonlítása és a gyártmánykialakítás hatása a minőségre. Doktori értekezés, Debreceni Egyetem, Debrecen
- [10] Tózsza, I. (szerk.) (2019): *Hungarikumok és nemzeti értékvédelem*. pp. 109. Dialóg Campus Könyvkiadó. Budapest
- [11] Mucha, L., Oravec, T., Totth, G., Illés, B. Cs. (2021): A magyar méz kereskedelmének komparatív előnyei. *Gazdálkodás*, 65, pp. 23-37.
- [12] Páczai, Gy. B. (2018): Valódi mézet az európai fogyasztóknak! *Agrár- és Környezetjog*, 25, pp. 229-243. <http://dx.doi.org/10.21029/JAEL.2018.25.213>

- [13] Oravec, T., Kovács, I. (2019): A hazai termelői mézek és méhészeti termékek iránti fogyasztói bizalom kvalitatív vizsgálata. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 14, pp. 79-89.
- [14] Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-100 számú irányelve Megkülönböztető minőségi jelöléssel ellátott mézfélékről 1. kiadás, 2009
- [15] Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 3-2-2009/1 számú irányelv Méz mintavételi és vizsgálati módszerei 1. kiadás, 2009
- [16] ISO/TC34/SC19 Standard on Bee products. (2021): Retrieved from <https://www.iso.org/committee/6716626.html>. Elérés: 2021. 06. 10.
- [17] da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Oliveira Costa, A. C., Fett, R. (2016): Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, pp. 309-323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- [18] Bodor, Zs., Benedek, Cs., Urbin, Á, Szabó, D., Sipos, L. (2021): Colour of honey: can we trust the Pfund scale? – An alternative graphical tool covering the whole visible spectra, *LWT – Food Science and Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111859>
- [19] MSZ 6943-1:1979. Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Víz-, illetve szárazanyagtartalom meghatározása
- [20] MSZ 6943-4:1982. Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Cukortartalom meghatározása
- [21] MSZ 6943-2:1980. Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Vízben oldhatatlan szilárd anyagok és hamutartalom meghatározása
- [22] MSZ 6943-5:1989. Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Hidroxi-metil-furfurol-tartalom (HMF) meghatározása
- [23] Bogdanov, S. (2002): Harmonised methods of the International Honey Commission. International Honey Commission (IHC). Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld. http://www.terezinka.cz/vcely/Med/IHCmethods_e.pdf (Hozzáférés: 2021.06.10.)
- [24] MSZ 6943-3:1980. Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Savfok és pH meghatározása
- [25] ISO 12824: 2016. Royal jelly-Specifications
- [26] ISO 763:2003. Fruit and vegetable products-Determination of insoluble ash in hydrochloric acid
- [27] Smetanska, I., Alharthi, S. S., Selim, K. A. (2021): Physicochemical, antioxidant capacity and color analysis of six honeys from different origin. *Journal of King Saud University – Science*, 33, 101447. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101447>
- [28] Czipa, N., Borbélyné Varga, M., Győri, Z. (2008): A méz minősítéséhez és nyomonkövethetőségéhez szükséges vizsgálatok. *Agrártudományi Közlemények*, 20, pp. 25-32.
- [29] De-Melo, A. A. M., Almeida-Muradian, L. B., Sancho, M. T., Maté, A. P. (2017): Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 2017, pp. 5-37. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444>
- [30] Tischer-Seraglio, S. K., Silva, B., Bergamo, G., Brugnerotto, P., Gonzaga, L. V., Fett, R., Oliveira Costa, A. C. (2019): An overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties of honeydew honey. *Food Research International*, 119, pp. 44-66. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.028>
- [31] Sajtos, Zs., Herman, P., Harangi, S., Baranyai, E. (2019): Elemental analysis of Hungarian honey samples and bee products by MP-AES method. *Microchemical Journal*, 149, 103968. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.103968>
- [32] Shafiee, S., Minaei, S., Moghaddam-Charkari, N., Barzegar, M. (2014): Honey characterization using computer vision system and artificial neural networks. *Food Chemistry*, 159, pp. 143-150. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.136>
- [33] Kaskonienė, V., Venskutonis, P. R. (2010): Floral markers in honey of various botanical and geographic origins: A review. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*, 9, pp. 620-634. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00130.x>
- [34] Hermosin, I., Chicón, R. M., Cabeduzo, M.D. (2003): Free amino acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 83, pp. 263-268. [https://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00089-x](https://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00089-x)
- [35] Kowalski, S., Kopuncová, M., Ciesarová, Z., Kukurová, K. (2017): Free amino acids profile of Polish and Slovak honeys based on LC-MS/MS method without the prior derivatisation. *Journal of Food Science and Technology*, 54, pp. 3716-3723. <https://dx.doi.org/10.1007/s13197-017-2838-7>

- [36] Qamer, S., Ehsan, M., Nadeem, S., Shakoory, A. R. (2007): Free amino acids contents of Pakistani unifloral honey produced by *Apis mellifera*. Pakistan Journal of Zoology, 39, pp. 99-102.
- [37] Iglesias, M. T., Martín-Álvarez, P., Carmen Polo, M., Lorenzo, C., González, M., Pueyo, E. (2006): Changes in the free amino acid contents of honeys during storage at ambient temperature. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54, pp. 9099-9104. <https://dx.doi.org/10.1021/jf061712x>
- [38] Zhao, H., Cheng, N., Zhang, Y., Sun, Z., Zhou, W., Wang, Y., Cao, W. (2018): The effects of different thermal treatments on amino acid contents and chemometric-based identification of overheated honey. LWT - Food Science and Technology, 96, pp. 133-139. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.004>
- [39] Novák, A., Kovács, B., Czipa, N. (2017): Méz és gyógynövény-kivonatós méhtermékek minőségi paramétereinek összehasonlító vizsgálata. Agrártudományi Közlemények, 72, pp. 117-120. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/72/1601>
- [40] Nepi, M., Soligo, C., Nocentini, D., Abate, M., Guarnieri, M., Cai, G., Bini, L., Puglia, M., Bianchi, L., Pacini, E. (2012): Amino acids and protein profile in floral nectar: Much more than a simple reward. Flora, 207, pp. 475-481. <https://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2012.06.002>
- [41] Kečkeš, J., Trifkovič, J., Andrič, F., Jovetič, M., Tešič, Ž., Milojevič-Opsenica, D. (2013): Amino acids profile of Serbian unifloral honeys. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93, pp. 3368-3376. <https://dx.doi.org/10.1002/jsfa.6187>
- [42] Campos, M., Bogdanov, S., Almedia-Muradian, L. B., Szesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C., & Ferriera, F. (2008): Pollen composition and standardisation of analytical methods. International Bee Research Association, 47, pp. 154-161. <https://doi.org/10.1080/00218839.2008.11101443>
- [43] Radev, Z. (2019): Collected pollen by the honeybee (*Apis mellifera* L.). New Knowledge Journal of Science, 8, pp. 69-79.
- [44] Kirk, W. D. J. (2018): The colours of pollen available to honey bees through the year. Bee World, 95, pp. 74-77. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2018.1449280>

Nyúlhús tápértéke a nagy csalán (Urtica dioica) nyulak takarmányozásában történő felhasználása esetén

Kulcsszavak: takarmányadag; nagy csalán; nyúlhús; tápérték; biokémiai mutatók.

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünk bemutatja nyulak csalánszénával folytatott kiegészítő takarmányozásnak a takarmány-egyensúlyra, valamint a nyúlhús biokémiai mutatóira, tápértékére és eltarthatóságára gyakorolt hatására vonatkozó vizsgálatok eredményeit. Megállapítottuk, hogy a nyúlhús tápértéktartalmának tekintetében a szálastakarmány 5, illetve 25%-ának csalánszénával való helyettesítése nyersfehérjéből 3,5-20,3%, emészthető fehérjéből 4,4-22,8% és a karotintartalomról pedig 3,3-22,7% többletet eredményezett. A szálastakarmány 5% illetve 25%-ának kiváltása csalánszénára azt eredményezte, hogy a hagyományos takarmányozáshoz képest (1,17 kg takarmányadag/nap) a legkevesebb takarmányra volt szükség 10 g gyarapodás eléréséhez. 5% csalánszéná bevezetése a nyúltakarmányba a kontrollcsoportéhoz képest a nyúlhús nedvességtartalmának 10,38%-os csökkenését ($P<0,001$) eredményezte. A fehérjetartalom 34,2%-kal ($P<0,01$), a hús cinktartalma 35,6%kal, ($P<0,01$) valamint a mangántartalom 34,2%kal ($P<0,01$) nőtt.

¹ Dél-uráli Állami Agráregyetem Troitck

² Dél-uráli Állami Egyetem Cseljabinszk

Olga BURMISTROVA
Eugene BURMISTROV
Natalya NAUMOVA
Aleksandr LUKIN
Julia BETZ

burmistrova@yandex.ru
e.burmistrov@yandex.ru
n.naumova@inbox.ru
lukin3415@gmail.com
betz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0586-6359>
<https://orcid.org/0000-0003-4753-3210>

2. Bevezetés

Az utóbbi időben világszerte egyre fontosabbá vált olyan új, továbbfejlesztett élelmiszertermékek előállítása, amelyek teljes értékű fehérjéket, esszenciális tápanyagokat, mikroelemeket és vitaminokat biztosítanak a fogyasztóknak. Ezzel párhuzamosan rendkívül aktuálissá vált a vitaminnal dúsított olcsó, étkezési húsok és húskészítmények termelése. Előállításuk egyik módja az állatok takarmányozásának állandó módosítása [1, 2, 3].

A legtöbb országban a közelmúltban meredeken emelkedett a az előállított nyúlhús mennyisége. A nemzetgazdaságban nagy jelentőséget tulajdonítanak az oroszországi nyúltenyésztés fejlesztésének, mint a lakosság élelmi hússal való ellátása egyik forrásának [4]. A nyúlhús lédúsága, lágysága, íze és emészthetősége alapján a csirkehúshoz hasonlítható. A nyúlhús zsír-, kötőszövet-, koleszterin- és nátriumszegény, finom rostú és jól emészthető [5, 6]. A nyúlhús állandó módosításának egyik lehetséges módja a nagy csalán (*Urtica dioica*) bevezetése a nyulak takarmányába [2].

A csalán, mint gyomnövény elterjedt Oroszország európai részén, a Kaukázusban és Nyugat-Szibériában, de megtalálható Kelet-Szibériában, a Távolszibérián és Közép-Ázsiában is. A csalán a nagy hozamú növények közé tartozik, jó forrása a rendkívül tápláló, sok tápanyagot tartalmazó fűlisztnak. A csalánból származó fű, széna és fűliszt kémiai összetételét az 1. táblázat mutatja be [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Kora tavasszal a csalán kétszer több C-vitamint tartalmaz, mint a narancs és a citrom, és annyi A-provitamint tartalmaz, mint a sárgarépa, ezen felül K-vitamin-tartalma is magas, akár 400 NE/kg. Figyelemre méltó, hogy a csalán friss levelei és szára nagy mennyiségben tartalmaznak aszkorbinsavat, amelynek mennyisége akár 269 mg/kg is lehet, de a csalán szárításakor ez lebomlik, és mennyisége jelentősen csökken [11, 16, 17].

1. táblázat. Nagy csalán szénatakarányok kémiai összetétele és tápértéke

Mutató	Takarmánytípus		
	Fű	Széna	Fűliszt
Takarmányadag, kg	0,17	0,31	0,65
Szárazanyag, g/kg	240	891	877-900
Nyersfehérje, g/kg	96	208	215
Emészthető fehérje, g/kg	58-91	108-200	72,1-142
Nyerszsír, g/kg	7	25	25-42
Nyersrost, g/kg	50	185	241
Nitrogénmentes extrahálható anyagok, g/kg	83	307	359
ebből a keményítő, g/kg	0	0	0
Cukrok, g/kg	12	15	65
Aminosavak, g/kg			
Lizin	5,7	11,2	14,7
Metionin + cisztin	5,2	7,7	9,8
Makroelemek, g/kg			
Kalcium	10,2	24,2	21,1
Foszfor	1,3	1,4	2,9-4,2
Magnézium	0,8	5,2	8,0
Kálium	4,0	32,0	37
Nátrium	0,3	2,2	0,3
Klór	0,3	8,0	3,5
Kén	0,5	4,0	2,2
Mikroelemek, mg/kg			
Vas	21-34	75	210
Réz	1,5-4,0	6,6	11
Cink	3,0-3,5	18	60
Mangán	5,2-10	41	30
Kobalt	0,05	0,03	0,05
Jód	0,05	0,10	0,20

1. táblázat folytatása. Nagy csalán szénatakarmanyak kémiai összetétele és tápértéke

Vitaminok			
Karotin, mg/kg	80	25	107-150
A-vitamin, NE/kg	0	0	0
D-vitamin, NE/kg	5	62	50
E-vitamin, mg/kg	35	30	60
B ₁ -vitamin, mg/kg	3,0	2,1	2,0
B ₂ -vitamin, mg/kg	1,7	6,4	14
B ₃ -vitamin, mg/kg	18	5,0	15
B ₄ -vitamin, mg/kg	32	520	600
B ₅ -vitamin, mg/kg	14,5	12,0	30,0
B ₆ -vitamin, mg/kg	0	0	6
B ₁₂ -vitamin, mg/kg	0	0	0

Sok szerző javasolja a fiatal csalán használatát nyers, forrázott vagy forralt formában, főzetek, kivonatok, széna, fűliszt vagy porok formájában sertés, szarvasmarha és baromfi takarmányához hozzáadva ellenálló-képességük, vitalitásuk és termelékenységük növelése érdekében, valamint az A-vitamin és az ásványi elemek felhalmozása érdekében a feldolgozott termékekben [18, 19, 20].

A kutatás célja annak vizsgálata volt, hogy a nagy csalán szénájával végzett kiegészítő takarmányozás milyen hatással van a kiegyensúlyozott takarmányozásra, valamint a nyúlhús biokémiai mutatóira, tápértékére és eltarthatóságára.

3. Anyagok és módszerek

A kutatás tárgyai a következők voltak: takarmánybázis, élő állatok és levágott szovjet csincsillafajta nyulak. Ez a fajta a legelterjedtebb és legígéretesebb Oroszországban a nemesített nyulak közül, jellemző rá a nagy plaszticitás és a jó alkalmazkodóképesség a különféle éghajlati viszonyokhoz és takarmányozási körülményekhez [21].

A vizsgálatok 30, 3 és 6,5 hónapos kor közötti nyulakra terjedtek ki. 3 állatcsoportot alakítottunk ki, 1 kontroll- és 2 kísérleti csoportot, egyenként 10 állattal. A kontrollcsoportba tartozó nyulak zabból, búzakorpából, répából, káposztából, gabona- és hüvelyes szénából és természetes fűből (a nyári hónapokban) álló takarmányt kaptak [22]. Az I. kísérleti csoport nyulainál a durva takarmány tápértékben mért 5%-át, a II. kísérleti csoportnál 25%-át helyettesítettük csalánszénával.

A nyulakat az analóg párok elve alapján választottuk ki [23, 24], és csoportos ketrecekben tartottuk őket azonos körülmények között. Minden állat klinikailag egészséges volt. Mindegyik nyulcsoport takarmányadagja minden tápanyagra nézve kiegyensúlyozott volt a jelenlegi szabványok szerint [25]. Az adagok elkészítéséhez a felhasznált takarmány átfogó zootechnikai elemzését végeztük el egy IR-4500 infravörös analízátorral. A takarmány alapvető tápanyagtartalmát a következőképpen határoztuk meg: nitrogén – Kjeldahl módszer, rost – Kebenerg és Shtoman módszer, cukor – ebulliosztatikus módszer (a réz redukcióján alapuló cukormeghatározási módszer; a Szerk.), kalcium – trilonometrikus módszer (komplekképzésen alapuló titrimetriás módszer murexid indikátor alkalmazásával; a Szerk.), foszfor – kolorimetriás módszer, hamu – száraz hamvasztásos módszer [26].

A csalánszéna elkészítéséhez május-júniusban fiatal csalánt kaszáltak, és árnyékban szárították 12,16%-os nedvességtartalomig, mivel a nyulak általában nem fogyasztják el a frissen vágott csalánt [27, 28].

Az állatok súlyának kontrollmérését hetente egyszer végeztük. A nyulakat 6,5 hónapos korukban vágtuk le, 24 órás koplalás után. Kábítás után a testeket a fejek levágásával fehérre véreztettük. A levágott nyulakat megnyúztuk, a végtagokat a kéztőízületeknél és lábtőízületeknél eltávolítottuk, a tetemeiket kizsigereltük és feldaraboltuk. A húst 18 órán át 15±5 °C-os hőmérsékleten érleltük.

A nyúlhús biokémiai mutatóinak és tápértékének értékelésekor meghatároztuk a nedvesség-, zsír-, fehérje- és hamutartalmat, beleértve a makrotápanyagokat, a C-vitaint és az aminosavakat. A nyúlhús nedvességtartalmát tömegállandóságig történő szárítással határoztuk meg kemencében 150±2 °C-on. A hús zsírtartalmát Soxhlet extrakciós készülékkel határoztuk meg. A fehérje mennyiségét a húsminta kénsavas elroncsolása után Kjeldahl-módszer szerint, az ammónia átdesztillálással, majd az azt követő titrálással határoztuk meg. A teljes hamumennyiséget szabad levegőn történő égetéssel határoztuk meg. A nyúlhús vas-, réz-, cink-, kobalt-, magnézium-, mangán- és ólomtartalmát szárazfeltárással, majd azt követően atomabszorpciós spektrofotométerrel határoztuk meg. A húskivonat C-vitamin tartalmát 2,6-diklórfenolindofenollal végzett titrálással határoztuk meg. A nyúlhús aminosavainak vizsgálatára ioncsere kromatográfiát alkalmaztunk aminosav analízátoron [29].

A vizsgált nyúlhús tápanyag-, energia- és biológiai értékeit az általánosan elfogadott módszerek szerint számítottuk ki [30, 31].

A hús eltarthatóságának vizsgálatakor a 3 hónapig -18 °C-on tárolt minták érzékszervi, fizikai-kémiai és mikrobiológiai mutatóit vizsgáltuk. Az illékony zsírsavak mennyiségét a hús kénsav jelenlétében történő desztillálásával, majd a desztillátum kálium-hidroxiddal történő titrálásával határoztuk meg. Az ammónia és az ammóniumsók meghatározásának módszere az ammónia és az ammóniumsók azon képességén alapul, hogy a Nessler-reagenssel sárgásbarna anyagot képeznek. A levesben található elsődleges fehérje bomlástermékek meghatározásának lényege a fehérjék melegítéssel történő kicsapása, és a kicsapódó fehérjék elsődleges bomlástermékeinek komplexképzése réz-szulfáttal a szűrletben. A nyúlhús Gram-festett szövetkeneteinek mikroszkópos vizsgálata során meghatároztuk a baktériumok mennyiségét és az izomszövet bomlási fokát. A zsír avasodását jellemző savszámot az olvadt zsír lúgos titrálásával határoztuk meg [32].

A kutatási eredmények statisztikai feldolgozása szabványos módszerrel [33] történt a Microsoft Excel XP és Statistica 8.0 szoftvercsomagok segítségével. A kísérleti adatok összefüggéseit varianciaanalízis segítségével kerestük [34].

4. Eredmények és értékelés

4.1. A nyúltakarmány-egyensúly tanulmányozása

A kísérlet során minden kísérleti állat azonos takarmányt kapott (a csalánszéna kivételével), figyelembe véve életkorukat és élősúlyukat. A nyulak zabot, fű- és hüvelyes szénát, valamint nyáron természetes fűvet kaptak; a takarmányhoz hetente háromszor répát és káposztát adtunk. A kontrollcsoport állatai nem kaptak csalánszénát, az I. kísérleti csoport nyulainál tápérték szempontjából a szálastakarmány 5%-át, a II. kísérleti csoport esetében 25%-át helyettesítettük csalánszénával. Az adagokat az állatok életkorának figyelembevételével állítottuk össze, külön a 90-120 napos állatoknak és a 120 napnál idősebb nyulaknak (2. táblázat).

Az összes 90-120 napos kísérleti nyúl takarmánya kiegyensúlyozott volt a fő tápanyagok tekintetében, kivéve a magas rosttartalmat (a normál adag 1,6-1,7-szerese). A kísérleti csoportok takarmányadagjai, szemben a kontrollcsoporttal, valamivel kevesebb takarmányegységet tartalmaztak (-1 és -6 takarmányegységgel*), és ennek megfelelően kevesebb tápértéket (-0,01 és -0,07 MJ) képviseltek, de lényegesen több nyersfehérjét (+1,2 és +5,4 g takarmányegység) és emészthető fehérjét (+5,8 és +26,7 g takarmányegység) és karotint (+0,5 és +2,0 g takarmányegység).

2. táblázat. Az állatok takarmányfogyasztása a kísérlet során (nap/állat)

A takarmányok összetétele	Állat életkor és csoport								
	90-120 nap			120-194 nap			A teljes kísérlet (90-194 nap)		
	Kontroll	Kísérleti I.	Kísérleti II.	Kontroll	Kísérleti I.	Kísérleti II.	Kontroll	Kísérleti I.	Kísérleti II.
Répa, kg	0,6	0,6	0,6	7,4	7,4	7,4	8,0	8,0	8,0
Káposztalevél, kg	0,6	0,6	0,6	18,5	18,5	18,5	19,1	19,1	19,1
Zab, kg	1,5	1,5	1,5	3,7	3,7	3,7	5,2	5,2	5,2
Fű- és hüvelyes széna, kg	4,2	3,9	2,9	11,1	10,4	7,4	15,3	14,3	10,3
Csalánszéna, kg	0,0	0,3	1,4	0,0	0,7	4,1	0,0	1,0	5,4
Búzakorpa, kg	1,2	1,2	1,2	3,7	3,7	3,7	4,9	4,9	4,9
Mészkelet, kg	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Természetes fű, kg	10,5	10,5	10,5	0,0	0,0	0,0	10,5	10,5	10,5
A takarmány tartalmaz:									
Száranyag, kg	7,8	7,9	7,9	17,6	17,7	18,1	25,5	25,5	25,9
Nyersfehérje, kg	1,1	1,1	1,2	2,3	2,4	2,9	3,4	3,5	4,1
Emészthető fehérje, kg	0,8	0,8	0,9	1,7	1,8	2,2	2,5	2,6	3,1
Nyersrost, kg	2,0	2,0	1,9	3,9	3,9	3,7	5,9	5,9	5,6
Kalcium, g	64,0	64,7	67,4	129,5	131,4	142,1	193,5	196,1	209,4
Fosfor, g	33,7	34,0	35,0	129,5	130,2	134,3	163,2	164,2	169,3
Karotin, mg	450	464	511	851	884	1042	1301	1348	1552
100 g súlynövekedéshez tartozó takarmányadag, kg	1,34	0,89	0,99	1,11	1,11	1,18	1,17	1,04	1,12

* 1 takarmányegység: 1kg közepesen szárított zab energiatartalma

Az idősebb nyulak napi egyedi takarmányadagjait, a fiatal nyulakéhoz hasonlóan, magas – 1,4-1,5-szeres – rosttartalom jellemezte. A kísérleti csoportok takarmányadagja több nyersfehérjét (+1,2 és +7,0 g takarmányegység) és emészthető fehérjét (+5,9 és +33,8 g takarmányegység), karotint (+0,5 és +2,6 mg takarmányegység) és valamivel kevesebb tápértéket (energiát) (-0,08 és -0,45 MJ takarmányegység) tartalmazott, mint a kontrollcsoporté. A kísérleti csoportok takarmányadagjának megnövekedett nyers- és emészthető fehérje-, karotin- és E-vitamin-tartalma a kísérlet során az ezekben az anyagokban gazdag csalánszénához hozzáadásának volt köszönhető.

Megjegyzés: a zárójelben lévő két érték mindig a két csalán adagra vonatkoznak: sorrendben az 5%-os és 25%-os dózisa.

Azonban a csalánszénának a fű- és hüvelyes szénához képest alacsonyabb energiaértéke miatt a kísérleti csoportok takarmányadagjában az tápérték csökkenését figyeltük meg a kontrollcsoportéhoz képest.

A 90-120 napos nyulak takarmányadagja 29-31%-ban szálatakarmányt, 2-3%-ban zamatos takarmányt, 27-28%-ban zöldtakarmányt, 39-41%-ban koncentrátumokat tartalmazott. A 120 naposnál idősebb nyulak takarmányadagja 32-34%-ban szálatakarmányt, 21-22%-ban zamatos takarmányt, 45-46%-ban koncentrátumokat tartalmazott, zöldtakarmányt nem.

Amint az a teljes kísérlet alatti takarmányfogyasztásból kitűnik, a nyulak tenyésztése 5% (0,13 kg takarmányegységenként) és 25% (0,05 kg takarmányegységenként) csalánszénával bevezetésével a szálatakarmány tápértékére vonatkoztatva a hagyományos takarmányhoz képest az jellemezte, hogy a 25% csalánszénával etetésével legkevesebb takarmányra volt szükség 100 g súlynövekedéshez.

4.2. A nyúlhús biokémiai mutatóinak és tápértékének vizsgálata

Táplálkozási mutatóit tekintve a nyúlhús közel áll a csirkéhez, fehérjetartalmában pedig felülmúlja azt. A különböző nyúlfajták húsa kémiai összetételében nincs jelentős különbség. A hús kémiai összetétele inkább az állat életkorától és a takarmányozási módszertől függ [5, 6].

Az alapvető tápanyagok mennyiségét érlelt nyúlhús izomszövetében határoztuk meg (3. táblázat).

3. táblázat. A nyúlhús izomszövetének kémiai összetétele ($\bar{X} \pm S\bar{x}$, n=10)

Mutató	Állatcsoport		
	Kontroll	Kísérleti I.	Kísérleti II.
Víz, %	70,39±0,16	63,08±0,82**	69,74±0,87
Fehérje, %	19,42±0,19	20,23±0,25*	18,93±0,29
Zsír, %	7,05±0,12	6,81±0,06	6,70±0,10*
C-vitamin, mg %	39,58±1,47	38,39±5,91	41,11±5,10
Hamu, %	0,87±0,04	0,89±0,05	0,88±0,04

* $P < 0,05$; ** $P < 0,001$

Megállapítottuk, hogy az I. kísérleti csoportba tartozó állatok húzában kevesebb víz volt, mint a kontrollcsoportban (-10,38%-kal, $P < 0,001$) és a II. kísérleti csoportba (-6,66%, $P < 0,001$) tartozók húzában. Az I. kísérleti csoport esetében a fehérje tömeghányada a húsból 0,81%-kal magasabb volt, mint a kontrollcsoportban ($P < 0,05$), és 1,30%-kal magasabb, mint a II. kísérleti csoportban ($P < 0,01$). A kontrollcsoport és az I. kísérleti csoport nyulai izomszövetének zsírtartalma nem különbözött szignifikánsan, míg a II. kísérleti csoportban ez a mutató 0,4%-kal ($P < 0,05$) alacsonyabb volt, mint a kontrollcsoportban. A C-vitamin és hamutartalom statisztikailag nem különbözött a mintákban.

A csontozott nyúlhús kémiai összetételére vonatkozó varianciaanalízis adatait a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat. A csalánszénával kiegészített takarmányozás hatása a nyúlhús izomszövetének kémiai összetételére (n=10)

Összetevők	A hatás kifejeződésének mutatója, %
Víz	71,4***
Fehérje	34,2**
Zsír	19,7*
C-vitamin	0,6
Hamu	0,2

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Megállapítottuk, hogy a csalán bevezetése a víztartalomra volt a legnagyobb hatással; a fehérje és a zsír mennyisége a nyúlhús izomszövetében 2,1-szer, illetve 3,6-szer kisebb mértékben függött a csalánnal történő kiegészítő takarmányozástól, mint a hús víztartalma.

A kémiai összetétel alapján a nyúlhús energiaértékét a vese körüli zsír figyelmen kívül hagyásával számítottuk ki (5. táblázat).

5. táblázat. A nyúlhús tápértéke a vese körüli zsír figyelmen kívül hagyásával, kJ/100 g

Vizsgált minták	Állatcsoport		
	Kontroll	Kísérleti I.	Kísérleti II.
Izomszövet	607	611	586
Csontozott hús	787	862	808
Csontozatlan hús	590	653	602

Megállapítottuk, hogy a kontrollcsoport és az I. kísérleti csoportba tartozó állatok izomszövetének tápértéke nem különbözött számottevően (+4,187 kJ/g azaz +0,7%), a kontrollcsoportban lévő nyulak izomzata több zsírt tartalmazott, az I. kísérleti csoport pedig több fehérjét. A II. kísérleti csoportba tartozó nyulak izomszövetének lecsökkent tápértéke (-20,93 és -25,12 kJ/g azaz -3,4 és -4,1%) az izomzat alacsony fehérje- és zsírtartalmának köszönhető. Az I. kísérleti csoportban (+75,36 kJ/g azaz +9,6%; +62,80 kJ/g azaz +10,6%) és a II. kísérleti csoportban (+20,93 kJ/g azaz +2,9%; +12,56 kJ/g azaz +2,1%) a csontozott és a csontozatlan hús megnövekedett energiatartalmát a nagy mennyiségű zsírlerakódás okozta a vállakon és az ágyékon.

Megjegyzés: a zárójelben lévő két érték mindig a két csalán adagra vonatkoznak: sorrendben az 5%-os és 25%-os dózisra.

A fentiek alapján az következik, hogy 5% csalánszéna bevezetése a nyúltakarmányba a nyúlhús nedvességtartalmának csökkenését és a fehérjetartalom növekedését eredményezte, míg 25% bevezetése biztosította a nyulak zsírszövetének alacsonyabb zsírtartalmát. A nyúlhús energiatartalma a csalán dózissal arányosan nőtt a vállakon és az ágyékon tapasztalt zsírlerakódás miatt.

A nyúlhús-minták ásványianyag-összetételét a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat. A nyúlhús ásványianyag-összetétele ($\bar{X} \pm S\bar{X}$, $n=10$)

Vizsgált ásványi összetevők	Állatcsoport		
	Kontroll	Kísérleti I.	Kísérleti II.
Vas, mg/kg	6,16±0,55	7,43±0,44	6,60±0,71
Réz, mg/kg	0,14±0,02	0,17±0,03	0,21±0,04
Cink, mg/kg	8,17±0,36	12,37±1,14**	11,10±0,66**
Kobalt, mg/kg	0,44±0,08	0,41±0,11	0,30±0,07
Magnézium, mg/kg	19,86±0,11	19,61±0,18	19,71±0,07
Mangán, mg/kg	0,11±0,03	0,20±0,03*	0,24±0,02**
Ólom, mg/kg	0,49±0,04	0,43±0,06	0,40±0,06

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Megállapítottuk, hogy az I. kísérleti csoportba tartozó nyulak húsmintáit magas vas- és cinktartalom jellemzi. A kontrollnyulak húzához képest 1,27 mg/kg-mal (20,66%) több vasat tartalmaz, és a II. kísérleti csoportba tartozó nyulak húásával összehasonlítva is 0,83 mg/kg-mal (12,61%) tartalmaz több vasat. Ugyancsak 4,20 mg/kg-mal gazdagabb cinkben a kontroll csoporthoz képest +51,33% ($P < 0,01$) illetve a II csoporthoz képest 1,27 mg/kg-mal tartalmaz több cinket (11,41%). A II. kísérleti csoport nyúlhús mintái 2,93 mg/kg-mal (35,83%; $P < 0,01$) több cinket tartalmaztak, mint a kontrollcsoport nyulai. A legmagasabb réztartalom a II. kísérleti csoport nyúlhúsában volt, 0,07 mg/kg-mal (48,61%) több, mint a kontrollcsoportban és 0,04 mg/kg-mal (19,16%) több, mint az I. kísérleti csoportban.

A legalacsonyabb kobalttartalom a kísérleti csoportokba tartozó nyulak húzában volt: a II. csoport mintáiban ez a mutató 0,14 mg/kg-mal (32,73%) volt kevesebb, mint a kontrollcsoportban, az I. csoport mintáiban pedig 0,03 mg/kg-mal (5,91%).

A magnézium aránya az összes nyúlhúsminében azonos volt, míg a mangán aránya 2,2-szer magasabb volt a II. kísérleti csoport húsában ($P < 0,01$) és 0,09 mg/kg-mal (85,85%; $P < 0,05$) több az I. kísérleti csoport húsában, mint a kontrollcsoportban. A kontroll-állatok húsához képest a II. kísérleti csoport nyúlhúsának ólomtartalma 0,10 mg/kg-mal (19,31%) kevesebb volt, az I. kísérleti csoporté pedig 0,07 mg/kg-mal (13,41%) kevesebb.

A nyúlhús ásványianyag-összetételére vonatkozó varianciaanalízis eredményeit a **7. táblázat** tartalmazza.

7. táblázat A csalánszénával történő kiegészítő takarmányozás hatása a nyúlhús ásványianyag-összetételére ($n=10$)

Mutató	A hatás kifejeződésének mutatója, %
Vas	8,5
Réz	8,9
Cink	35,6*
Kobalt	5,5
Magnézium	6,8
Mangán	34,2*
Ólom	5,5

* $P < 0,05$

A kapott adatokból látható, hogy nagyobb mennyiségű csalán hozzáadása befolyásolta a cink- és mangántartalmat. Ezzel szemben a csalán hatása körülbelül 4-szer kisebb a vas- és réztartalomra, és 5-6-szor kisebb a kobalt-, ólom- és magnéziumtartalomra.

Így a csalán bekerülése a nyúltakarmányba megnövelte a hús cink-, mangán-, vas- és réztartalmát. Ráadásul a szalastakarmány tápértéke 5%-ának megfelelő adagolás esetén a cink- és vastartalom magasabb volt, mint a 25%-os dózissnál, míg a mangán és a réz mennyisége a csalán koncentrációjának növekedésével a takarmányban szintén nőtt. A nyúlhúsban a csalán részarányával arányosan kevesebb volt a kobalt és az ólom.

A nyúlhús biológiai értékét a teljes- és a nemteljes-fehérje-tartalom, valamint ezek aminosav-összetétele alapján ítélik meg. Az állatok öregedésével a nyúlhús teljesfehérje-tartalma növekszik, míg a nemteljesfehérje-tartalom csökken. A 4-5 hónapos állatok húsa tekinthető a legteljesebbnek [6].

A fehérjeminőség felmérésére elvégeztük a nyúlhús aminosav-analízisét, melynek eredményeit a **8. táblázat** tartalmazza.

8. táblázat. A nyúlhús aminosav-összetétele, g/kg ($\bar{X} \pm S\bar{x}$, $n=5$)

Aminosav	Állatcsoport		
	Kontroll	Kísérleti I.	Kísérleti II.
Esszenciális aminosavak:			
Treonin	12,10±1,95	9,46±3,30	10,12±2,61
Valin	12,75±3,47	9,34±3,28	14,09±2,10
Metionin	23,96±4,04	33,73±7,21	26,06±4,52
Izoleucin	1,33±0,59	9,60±3,21	4,14±1,24
Leucin	3,95±3,16	7,39±3,02	2,59±1,25
Fenilalanin	2,52±1,34	16,06±3,70	9,28±3,51
Lizin	9,86±6,05	7,69±5,55	8,10±3,45
Nem-esszenciális aminosavak:			
Aszparaginsav	5,26±2,07	2,67±2,56	3,07±2,24
Szerin	8,64±2,26	7,69±1,32	6,71±1,16
Glutaminsav	10,96±3,57	17,80±4,52	16,99±1,12
Prolin	7,35±3,73	6,13±2,00	8,33±1,35
Glicin	1,78±0,21	2,06±0,42	1,91±0,22
Alanin	7,44±0,63	7,66±1,26	7,52±0,78
Tirozin	12,14±5,12	17,51±7,43	4,03±1,30
Hisztidin	12,63±5,40	15,70±8,32	20,44±2,21
Arginin	2,42±2,42	5,51±5,51	9,30±3,07

Megállapítottuk, hogy az olyan aminosavak mennyisége a húsban, mint a treonin, szerin, prolin, alanin, valin és lizin gyakorlatilag ugyanannyi volt. A kontroll nyúlhúshoz képest az I. kísérleti csoport nyulainak húsa valamivel több metionint (+9,77 g/kg, azaz +40,79%), izoleucint (+8,27 g/kg, azaz 7,22-szor több), fenilalanint (+13,54 g/kg, azaz 6,37-szor több), glutaminsavat (+6,84 g/kg, azaz +62,40%), glicint (+0,29 g/kg, azaz 16,23 %) és hisztidint (+3,08 g/kg, azaz 24,38%) tartalmazott. A II. kísérleti csoport nyúlhúsában a kontrollcsoportéhoz képest ugyanezekből az aminosavakból volt több: metionin (+2,1 g/kg, azaz 8,77%), izoleucin (+2,81 g/kg, azaz 3,1-szer több), fenilalanin (+6,76 g/kg, azaz 3,68-szor több), glutaminsav (+6,03 g/kg, azaz 55,01%), glicin (+0,13 g/kg, azaz +7,39%) és hisztidin (+7,82 g/kg, azaz +61,91%). Néhány aminosav – aszparaginsav, a tirozin és a leucin – mennyisége véletlenszerűen változott; mind magas, mind alacsony indexek jelen voltak a csoportokban. Arginint csak a kontrollcsoport és az I. kísérleti csoport 1-1 mintájában találtunk.

Megjegyzés: a zárójelben lévő két érték mindig a két csalán adagra vonatkoznak: sorrendben az 5%-os és 25%-os dózisa.

A nyúlhús-minták aminosav-tartalmát varianciaanalízisnek vetettük alá (**9. táblázat**).

9. táblázat. A csalánszénával történő kiegészítő takarmányozás hatása a nyúlhús aminosav-összetételére (n=10)

Aminosavak	A hatás kifejeződésének mutatója, %
Treonin	4,2
Valin	9,9
Metionin	12,9
Izoleucin	42,1*
Leucin	12,9
Fenilalanin	45,2*
Lizin	0,8
Aszparaginsav	5,8
Szerin	5,4
Glutaminsav	16,9
Prolin	3,0
Glicin	3,7
Alanin	0,2
Tirozin	21,7
Hisztidin	7,0
Arginin	11,6

* $P < 0,05$

A csalánnak a hús aminosav-tartalmára gyakorolt hatását jelző mutató alapján a csalánnal történő takarmányozás eredményeként leginkább a fenilalanin, az izoleucin, a glutaminsav, a tirozin, a leucin, a metionin és az arginin mennyisége változott.

Az aminosav-analízis eredményeként azt a tendenciát tártuk fel, hogy a szalastakarmány tápértékére számított 5% csalánnal kiegészített takarmányon tenyésztett nyulak húsában olyan esszenciális aminosavak érvényesültek, mint a metionin, az izoleucin és a fenilalanin, valamint a nemesszenciális aminosavak közül a glutaminsav és a glicin, szemben a 25%-os dózissal és a kontrollcsoporttal. A hisztidintartalom a nyulak takarmányában lévő csalán koncentrációjával arányosan nőtt.

4.3. A hús eltarthatóságának vizsgálata

Az összes fagyasztott nyúlhús minta megfelelt a friss húsnak az érzékszervi mutatók alapján. A testek felületén rózsaszínű száradó kéreg volt, a zsírszövet sárgásfehér volt, az izmok vágásfelülete enyhén nedves volt, és enyhe nedvességfoltokat hagyott a szűrőpapíron (ami jellemző a fagyasztott húsról), halvány rózsaszín volt vöröses árnyalattal. Az izmok sűrűek voltak, rugalmasak, a testüreg szaga a friss nyúlhúsra jellemző, a húslé átlátszó és megfelelő szagú volt.

A nyúl frissességének kémiai vizsgálata során olyan mutatókat vizsgáltunk, mint az ammónia- és az ammóniumsó-tartalom, az elsődleges fehérje bomlástermékek mennyisége a húslében, az illékony zsírsavak (VFA) mennyisége, valamint a zsírsavérték a zsírszövetben.

Az ammónia és az ammóniumsók meghatározásakor a Nessler reagens hozzáadása után a húskivonat minden minta esetén átlátszó maradt, és zöldessárga színű lett, ami megfelelt a friss hússal szemben támasztott követelménynek. Az összes mintából származó húslé átlátszó maradt a réz-szulfát hozzáadása után, ami az elsődleges fehérje bomlástermékek hiányára utalt, így a hús frissességét jelezte. Az izomszövetben lévő illékony zsírsavak (Volatile Fatty Acids – VFA) mennyiségét és a minták zsírsavértékeit a **10. táblázat** tartalmazza.

10. táblázat. A VFA mennyisége és a nyulak zsírsavértékei ($\bar{X} \pm S\bar{x}$, n=10)

Mutató	Állatcsoport			Norma*
	Kontroll	Kísérleti I.	Kísérleti II.	
VFA, mg KOH/25 g	3,59±0,37	3,37±0,37	3,81±0,34	legfeljebb 4,51
Zsírsavérték, mg KOH/25 g	0,87±0,01	0,82±0,03	0,62±0,09**	Prémium minőség: 1,10 I. osztály: 1,10-2,22

* Pronin és Fisenko (2018) szerint, **P<0,05

A fenti adatokból kitűnik, hogy az összes nyúlhúsminta VFA-tartalma megfelelt a friss húsról jellemző adatoknak, ugyanakkor e mutató tekintetében a csoportok közötti különbségek nem voltak egyértelműek. A vizsgálati eredményeket tekintve viszont a következő tendenciát figyeltük meg: az I. kísérleti csoport húzában a VFA 0,22 mg KOH/g-mal (-6,16%) kevesebb, a II. kísérleti csoportban 0,23 mg KOH/g-mal (+3,36%) több, mint a kontrollcsoport húzában. A savértéket tekintve a nyulak zsirtartalma minden csoport esetében megfelelt a prémium minőségű friss zsírnak. Az I. kísérleti csoport és a kontrollcsoport nyúlhúsának zsírsavértéke nem különbözött szignifikánsan, míg a II. kísérleti csoport nyúlhúsában ez a mutató 0,24 mg KOH/25 g-mal (-28,16%, P<0,05) alacsonyabb volt, mint a kontrollcsoportban. A csalánszéna nyúltakarmányhoz történő hozzáadásának hatását a VFA mennyiségére és a hús zsírsavértékére a **11. táblázat** mutatja.

11. táblázat. A csalánszénával történő kiegészítő takarmányozás hatása a nyúlhús frissességi mutatóira (n=10)

Mutató	Hatásere mutató, %
VFA	2,7
Zsírsavérték	28,9*

*P<0,05

Megállapítottuk, hogy a csalánnal történő takarmányozás 3 hónapos tárolás után nem befolyásolta a VFA mennyiségét a nyúlhúsban, a zsírsavérték változása pedig egyértelműen függött a csalánnal történő kiegészítő takarmányozástól.

Így a csalánszéna bevezetése a nyulak takarmányozásába előnyösen befolyásolta a nyúlhús eltarthatóságát 3 hónapig -18 °C-os hőmérsékleten tárolva. A takarmányadag csalán-hányadának növekedésével a nyulak zsírsavértéke csökkent, azaz a húsminták élelmiszerbiztonsági jellemzői javultak. A csalánszéna 5%-os adagolása a szálas nyúltakarmány tápértékének alapján a VFA mennyiségének enyhe csökkenését eredményezte a húsból, szemben a 25%-os csalán dózissal. Ez arra a feltételezésre utalt, hogy a takarmányban lévő csalán kisebb dózisa jobb hatással volt a nyúlhús izomszövetének biztonságosságára, mint a nagyobb mennyiség.

5. Következtetések

A csalánszéna vizsgált adagjainak bevezetése a takarmányba a nyersfehérje (+3,5 és +20,3%) és emészthető fehérje (+4,4 és +22,8%), valamint a karotintartalom növekedését eredményezte (+3,3 és +22,7%) növekedését eredményezte. Ebben az esetben a szálastakarmányok tápértékére vonatkoztatott 5%-os (0,13 kg takarmányegységenként) és 25%-os (0,05 kg takarmányegységenként) csalánszéna dózis a legkevesebb takarmánnyal volt jellemezhető 10 g súlygyarapodásra vonatkoztatva a hagyományos takarmányadaghoz (1,17 kg takarmányegység) képest. A nyúltakarmányba 5% csalánszéna bevezetése a kontrollcsoportéhoz képest a nyúlhúsban csökkentette a nedvességtartalmat (a hatás kifejeződésének mutatója: -10,38%), növelte a fehérjetartalmat (a hatás kifejeződésének mutatója: +34,2%), a cink (a hatás kifejeződésének mutatója: +35,6%) és a mangán (a hatás kifejeződésének mutatója: +34,2%) mennyiségét; feltártuk a húsból az esszenciális (metionin, izoleucin, fenilalanin) és nemesszenciális (glutaminsav, glicin) aminosavak növekvő tendenciáját.

25% csalánszéna bevezetése a takarmányba a nyulak zsírszövetében alacsonyabb zsírtartalmat (a hatás kifejeződésének mutatója: -19,7%) és magasabb mangántartalmat (a hatás kifejeződésének mutatója: +34,2%) eredményezett.

Kimutattuk, hogy a csalánnal történő kiegészítő takarmányozás előnyös hatást gyakorol a hús eltarthatóságára 3 hónapig történő tárolás során -18 °C-on a kontroll-mintákhoz képest kisebb mennyiségű illékony zsírsav (-6,2%) és zsírsavérték (-28,2%) miatt.

Megjegyzés: a zárójelben lévő két érték mindig a két csalán adagra vonatkoznak: sorrendben az 5%-os és 25%-os dózisa.

6. Összeférhetetlenség

Kijelentjük, hogy nincsen olyan pénzügyi és személyes kapcsolatunk más személyekkel vagy szervezetekkel, amelyek elfogadhatatlan módon befolyásolhatnák munkánkat, és semmilyen termékhez, szolgáltatáshoz és/vagy céghez nem fűződik semmilyen szakmai vagy egyéb személyes érdekünk, amely befolyásolhatná ennek a cikknek a tartalmát.

7. Köszönetnyilvánítás

A munkát az Orosz Föderáció kormányának 211. számú törvénye támogatta, szerződésszám: 02.A03.21.0011.

8. Irodalom

- [1] Tsaregorodtseva, E. V. (2015): The creation of meat products with a given level of quality, nutritional and biological value. Bulletin of Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic Sciences, 2(2), pp. 63-67.
- [2] Lisitsyn, A. B., Chernukha, I. M., Lunina, O. I., Fedulova, L. V. (2016): Legal framework and scientific principles for creating functional meat-based food products. Bulletin of Altai State Agrarian University, 12(146), pp. 151-158.
- [3] Zolotareva, E. L. (2018): The global meat market: current development trends and prospects for Russia's participation. Bulletin of Kursk State Agricultural Academy, 3, pp. 167-171.
- [4] Velkina, L. V. (2019): Global rabbit breeding trends. Agricultural Economics of Russia, 3, pp. 93-98.
- [5] Komlatsky, V. I. (2016): Rabbit meat based on the modern profitable technology. Animal Breeding of the South of Russia, 5(15), pp. 2.
- [6] Ruleva, T. A. (2016): Rabbit meat as a dietary product. Its chemical composition and organoleptic characteristics. Innovation Science, 3-4, pp. 61-64.
- [7] Evdokimova, R. S., Yutkina, I. S., Karimova, A. Z. (2014): The distribution of some elements in the soil and tissues of stinging nettle (*Urtica dioica* L.). Volga Scientific Bulletin, 11-1 (39), pp. 23-25.
- [8] Trineeva, O. V., Safonova, E. F., Slivkin, A. I. (2014): Determination of fat-soluble vitamins in plant objects by the TLC method. Sorption and Chromatographic Processes, 14, pp. 144-149.
- [9] Trineeva, O. V., Slivkin, A. I. (2015): A study of the micronutrient composition of stinging nettle leaves. Scientific news of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacy, 22(219), pp. 169-174.
- [10] Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., Dmitrieva, A. V. (2015): Determination of the amount of free amino acids in the leaves of stinging nettle. Questions of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry, 5, pp. 19-25.
- [11] Yutkina, I. S., Evdokimova R. S., Karimova, A. Z. (2014): The distribution of micronutrients and ascorbic acid in the soil and tissues of stinging nettle (*Urtica dioica*). Science and Modernity, 32-1, pp. 68-74.
- [12] Balagozian, E. A., Pravdivtseva, O. E., Orekhova, A. D., Kurkin, V. A. (2016a): A comparative phytochemical analysis of raw materials of stinging nettle and its main impurities. Questions of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry, 12, pp. 15-18.
- [13] Balagozian, E. A., Pravdivtseva, O. E., Orekhova, A. D., Kurkin, V. A. (2016b): A comparative phytochemical analysis of raw materials of stinging nettle and its main impurities. Questions of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry, 12, pp. 15-18.
- [14] Pekh, A. A. (2019): The content of micronutrients in stinging nettle depending on the habitat in the Republic of North Ossetia-Alania. News of the Mountain State Agrarian University, 2, pp. 38-41.
- [15] Tatvidze, M. L., Kupatashvili, N. N. (2018): A study of some biologically active substances of dry leaves of stinging nettle. Theoretical and Applied Science, 6 (62), pp. 157-161.
<https://doi.org/10.15863/TAS.2018.06.62.28>

- [16] Trineeva, O. V., Safonova, E. F., Slivkin, A. I. (2017): The validation of the method for determining ascorbic acid using high performance thin-layer chromatography. *Sorption and Chromatographic Processes*, 3, pp. 414-421.
- [17] Guskov, A. A., Rodionov, Yu. V., Anokhin, S. A., Glivenkova, O. A., Plotnikova, S. V. (2018): The technology of the vacuum-pulse extraction of soluble substances from nettle and hops. *Innovative Engineering and Technology*, 2(15), pp. 23-27.
- [18] Kalinkina, O. V., Sychev, I. A. (2017): The influence of stinging nettle polysaccharide on blood and blood formation. *Bulletin of Tver State University. Series: Biology and Ecology*, 1, pp. 62-68.
- [19] Korzh, L. (2017): Enriching the rations of laying hens. *Animal Breeding of Russia*, 4, pp. 17.
- [20] Filippova, O. B., Frolov, A. I., Maslova, N. I. (2019): The biological basis for the stimulation of the resistance of calves using the modern technology for dairy cattle breeding. *Science in Central Russia*, 1(37), pp. 61-70.
- [21] Zhitnikova, Yu. Zh. (2004): Rabbits: breeds, breeding, management, care. Rostov-on-Don, Fenix, pp. 256.
- [22] Ryadchikov, V. G. (2012): The basics of nutrition and feeding of farm animals. Krasnodar, Kuban State Agrarian University, pp. 328.
- [23] Viktorov, P. I., Menkin, V. K. (1991): Methodology and organization of livestock experiments. Moscow, Agropromizdat, pp. 112.
- [24] Zabelina, M. V. (2014): Research methods in private zootechnics. Saratov, Saratov State Agrarian University, pp. 60.
- [25] Kalashnikova, A. P., Fisinina, V. I., Scheglova V. V., Kleimenova, N. I. (2003): Norms and rations of feeding farm animals. Reference manual. 3rd revised and enlarged edition. Moscow, Russian Agricultural Academy, pp. 456.
- [26] Kirilov, M. P., Makhaev, E. A., Pervov, N. G., Puzanova, V. V., Anikin, A. S. (2008): Methodology for calculating the exchange energy in fodders based on the content of crude nutrients. Dubrovitsy, All-Russia Research Institute for Animal Husbandry of the Russian Agricultural Academy, pp. 382.
- [27] Balakirev, N. A., Nigmatulin, R. M., Sushentsova, M. A. (2015): Fodders and feeding rabbits. Moscow, Kazan, Nauchnaya Biblioteka Publishing House, pp. 268.
- [28] Kahikalo, V. G., Nazarchenko, O. V., Balandin, A. A. (2019): A practical guide to fur farming and rabbit breeding. St. Petersburg, Lan Publishing House, pp. 328.
- [29] Antipova, L. V., Glotova, I. A., Rogov, I. A. (2001): Methods of studying meat and meat products. Moscow, Kolos, pp. 376.
- [30] Gotsiridze, N., Tortladze, L. (2001): Determination of the biological value of rabbit meat. *Zootechnics*, 8, pp. 31-32.
- [31] Martinchik, A. N., Maev, I. V., Yanushevich, O. O. (2005): General nutritionology. Moscow, Medicine, pp. 392.
- [32] Pronin, V. V., Fisenko, S. P. (2018): Veterinary and sanitary expertise with the basics of technology and standardization of animal breeding products. St. Petersburg, Lan Publishing House, pp. 240.
- [33] Vasilieva, L. A. (2007): Statistical methods in biology, medicine and agriculture. Novosibirsk, Novosibirsk State University, pp. 320.
- [34] Yudenkov, V. A. (2013): Variance analysis. Minsk, Business offset, pp. 76.

The nutritional value of rabbit meat when using stinging nettle (*Urtica dioica*) in the ration of rabbits

Keywords: feed ration; stinging nettle; rabbit meat; nutritional value; biochemical indicators.

1. SUMMARY

The article presents the results of studying the influence of the supplementary feeding with stinging nettle hay on the ration balance, biochemical indicators, nutritional value, and keeping quality of rabbit meat. It was established that the replacement of 5% and 25% of coarse fodder with stinging nettle hay resulted in an increase in the content of crude (by 3.5-20.3%), digestible protein (by 4.4-22.8%) and carotene (by 3.3-22.7%) in terms of nutritional value. Growing rabbits with the introduction of a dosage of 5% and 25% of the stinging nettle hay of the nutritional value of coarse fodders was characterized by the least feeds per 10 g of the gain as compared to the content in the traditional ration (1.17 kg of feed units/day). The introduction of 5% of the nettle hay into the rabbit ration as compared to the control group: influenced a decrease in the moisture content (the power of influence of -10,38%, $P<0.001$), an increase in the content of protein (the power of influence of 34.2%, $P<0.01$), zinc (the power of influence of 35.6%, $P<0.01$) and manganese (the power of influence of 34.2%, $P<0.01$) in the rabbit meat.

¹ South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russian Federation

² South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russian Federation

Olga BURMISTROVA
Eugene BURMISTROV
Natalya NAUMOVA
Aleksandr LUKIN
Julia BETZ

burmistrova@yandex.ru
e.burmistrov@yandex.ru
n.naumova@inbox.ru
lukin3415@gmail.com
betz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0586-6359>
<https://orcid.org/0000-0003-4753-3210>

2. Introduction

Recently, the production of new improved food products providing a person with complete proteins, essential nutrients, micronutrients and vitamins has become increasingly important worldwide. At the same time, the production of cheap, dietary meat and meat products enriched with vitamins has become very relevant. One of the ways to obtain them is a perpetual modification through adjusting animal rations [1, 2, 3].

Most countries have recently experienced a sharp increase in the rabbit meat production. Great importance is attached to the development of rabbit breeding in Russia as one of the sources of providing the population with dietary meat [4]. Rabbit meat can be compared to chicken meat by its juiciness, softness, taste and digestibility. Rabbit meat is low in fat, connective tissue, cholesterol and sodium salts, it is fine-fibred and highly digestible [5, 6]. One of the possible ways of a perpetual modification of rabbit meat is the introduction of stinging nettle (*Urtica dioica*) into the ration of rabbits [2].

Nettle as a weedy plant is widespread throughout the European part of Russia, the Caucasus and Western Siberia, and is found in Eastern Siberia, the Far East and Central Asia. Nettle belongs to high-yielding plants, it is a good source for obtaining highly nutritious grass meal containing many nutrients. The chemical composition of grass, hay, and grass meal from stinging nettle is presented in **Table 1** [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. In early spring, nettle contains twice more vitamin C than oranges and lemons, and it contains as much provitamin-A as carrots and has much vitamin K – up to 400 IU/kg. Notably, large quantities of ascorbic acid are contained in fresh leaves and stalks of nettle (up to 269 mg/kg), when nettle is dried, it is destroyed, and its amount decreases markedly [11, 16, 17].

Table 1. The chemical composition and nutritional value of stinging nettle hay fodders

Indicators	Type of fodder		
	Grass	Hay	Grass meal
Feed units (feed units), kg	0,17	0.31	0.65
Dry matter, g/kg	240	891	877-900
Crude protein, g/kg	96	208	215
Digestible protein, g/kg	58-91	108-200	72.1-142
Crude fat, g/kg	7	25	25-42
Crude fiber, g/kg	50	185	241
Nitrogen-free extractive substances, g/kg	83	307	359
including starch, g/kg	0	0	0
sugars, g/kg	12	15	65
Amino acids, g/kg			
Lysine	5.7	11.2	14.7
Methionine + cystine	5.2	7.7	9.8
Macronutrients, g/kg			
Calcium	10.2	24.2	21.1
Phosphorus	1.3	1.4	2.9-4.2
Magnesium	0.8	5.2	8.0
Potassium	4.0	32.0	37
Sodium	0.3	2.2	0.3
Chlorine	0.3	8.0	3.5
Sulfur	0.5	4.0	2.2
Micronutrients, mg/kg			
Iron	21-34	75	210
Copper	1.5-4.0	6.6	11.0
Zinc	3.0-3.5	18	60
Manganese	5.2-10	41	30
Cobalt	0.05	0.03	0.05
Iodine	0.05	0.10	0.20

Table 1 continued. The chemical composition and nutritional value of stinging nettle hay fodders

Vitamins			
Carotene, mg/kg	80	25	107-150
Vitamin A, IU/kg	0	0	0
Vitamin D, IU/kg	5	62	50
Vitamin E, mg/kg	35	30	60
B ₁ , mg/kg	3	2.1	2,0
B ₂ , mg/kg	1.7	6.4	14
B ₃ , mg/kg	18	5.0	15
B ₄ , mg/kg	32	520	600
B ₅ , mg/kg	14.5	12.0	30.0
B ₆ , mg/kg	0	0	6
B ₁₂ , mg/kg	0	0	0

Many authors recommend using young nettle in raw, scalded, or boiled form, in the form of infusions, extracts, hay, grass meal or powders as an additive to the ration of pigs, cattle and poultry to increase their resistance, vitality and productivity, as well as to accumulate vitamin A and mineral elements in processed products [18, 19, 20].

The purpose of the research was to study the influence of the supplementary feeding with the stinging nettle hay on the balanced ration, biochemical indicators, nutritional value, and keeping quality of rabbit meat.

3. Materials and methods

The objects of the research were: fodder base, live animals, and carcasses of rabbits of the Soviet chinchilla breed. This breed is the most widespread and promising in Russia among the combined rabbits, it is characterized by a high plasticity and good adaptability to various climatic and feed conditions [21].

The studies covered 30 rabbits aged from 3 to 6.5 months. 3 groups of animals were formed: control and two experimental groups, 10 animals each. The rabbits of the control group received a ration consisting of oats, wheat bran, carrots, cabbage, cereal-and-legume hay and natural land grass (in the summer months) [22]. 5% of the coarse fodder in terms of nutritional value were replaced with stinging nettle hay for the rabbits of experimental group I, and 25% were replaced for experimental group II.

The rabbits were selected by the principle of pairs of analogues [23, 24], and were kept in group cages in identical conditions. All the animals were clinically healthy. The feeding rations for all the rabbit groups were balanced by all nutrients according to the current standards [25]. To make rations, a comprehensive zootechnical analysis of the used fodder was carried out with the help of the IR-4500 infrared analyzer. The content of basic nutrients in the fodder was determined as follows: nitrogen – by Kjeldahl method, fiber – by Kebenerg and Shtoman method, sugar – by the ebullioscopic method (method for the determination of sugars based on the reduction of copper; Ed.), calcium – by the trilonometric method (complex formation titrimetric method using murexide indicator; Ed.), phosphorus – by the colorimetric method, ash – by the dry ashing method [26].

To prepare nettle hay, young nettle was mowed in May-June and dried in the shade to a moisture content of 12.16%, because rabbits usually do not eat freshly cut nettle [27, 28].

Control weighing of the animals was carried out once a week. The rabbits were slaughtered at the age of 6.5 months after fasting for 24 hours. After stunning, the carcasses were bled white by cutting off the heads. The skins were cased, the extremities were removed along the carpal and tarsal joints, the carcasses were eviscerated and trimmed. The meat was left at a temperature of 15±5 °C for 18 hours for maturation.

When assessing biochemical indicators and nutritional value of the rabbit meat, we determined the content of moisture, fat, protein, and ash, including macronutrients, vitamin C and amino acids. The moisture content was determined in the rabbit meat by drying to a constant weight in an oven at a temperature of 150±2 °C. Meat fat was determined using a Soxhlet extraction apparatus. The amount of protein was determined by mineralization of a meat sample with sulfuric acid according to Kjeldahl, distillation into a solution, followed by titration. The total amount of ash was found by burning organic matter with a free air access. The content of iron, copper, zinc, cobalt, magnesium, manganese and lead in the rabbit meat was determined by dry mineralization followed by atomic absorption spectrophotometry. The content of vitamin C in the meat extract was determined by titration with 2,6-dichlorophenolindophenol. Ion exchange chromatography on an amino acid analyzer was used to examine amino acids in the rabbit meat [29].

The nutritional, energy, and biological value of the studied rabbit meat was calculated according to the generally accepted methods [30, 31].

Studying the keeping quality of the meat when stored for 3 months at $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, we investigated a combination of organoleptic, physico-chemical and microbiological indicators. The amount of volatile fatty acids was determined by distillation of the meat in the presence of sulfuric acid, followed by titration of the distillate with potassium hydroxide. The method for determining ammonia and ammonium salts is based on the ability of ammonia and ammonium salts to form a yellow-brown substance with Nessler's reagent. The essence of determining the primary protein breakdown products in the broth lies in the deposition of proteins by heating and the formation of copper sulfate complexes with the products of the primary breakdown of the depositing proteins in the filtrate. The acid index characterizing the degree of fat spoilage was found by alkali titration of molten fat [32].

Statistical processing of the research results was carried out according to a regulated method [33] using the Microsoft Excel XP and Statistica 8.0 software suites. The dependencies in the experimental data were searched using the variance analysis [34].

4. Results and discussion

4.1. Studying the rabbit ration balance

All the experimental animals received the same fodder during the experiment (with the exception of nettle hay), taking into account their age and live weight. The rabbits received oats, grass-and legume hay, natural land grass in summer; carrots and cabbage were added to the ration three times a week. The animals of the control group did not receive stinging nettle hay, 5% of the coarse fodder in terms of nutritional value were replaced with the nettle hay for the rabbits of experimental group I, and 25% were replaced for experimental group II. The rations were compiled taking into account the age of the animals – for the animals aged 90-120 days and for the rabbits older than 120 days (**Table 2**).

The rations of all the experimental rabbits aged 90-120 days were balanced by the main nutrients, except for the high fiber content (1.6-1.7 times more than the norm). The rations of the experimental groups (for 1 animal per day), as opposed to the control group, contained slightly less feed units (-1 and -6 g of feed units*) and, accordingly, less energy value (-0.01 and -0.07 MJ), but significantly more raw protein (+1.2 and +5.4 g per 100 g of feed units) and digestible protein +5.8 and +26.7 g per 100 g of feed units), and carotene (+0.5 and +2.0 mg per 100 g of feed units).

Table 2. The consumption of fodders by the animals during the experiment (day/animal)

Components of fodders	Animal age and group								
	90-120 days			120-194 days			Total for the experiment 90-194 days		
	Control	Experimental I	Experimental II	Control	Experimental I	Experimental II	Control	Experimental I	Experimental II
Carrots, kg	0.6	0.6	0.6	7.4	7.4	7.4	8.0	8.0	8.0
Cabbage leaf, kg	0.6	0.6	0.6	18.5	18.5	18.5	19.1	19.1	19.1
Oats, kg	1.5	1.5	1.5	3.7	3.7	3.7	5.2	5.2	5.2
Grass and legume hay, kg	4.2	3.9	2.9	11.1	10.4	7.4	15.3	14.3	10.3
Nettle hay, kg	0.0	0.3	1.4	0.0	0.7	4.1	0.0	1.0	5.4
Wheat bran, kg	1.2	1.2	1.2	3.7	3.7	3.7	4.9	4.9	4.9
Feed chalk, kg	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Natural grass, kg	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	10.5	10.5	10.5
The fodders contain:									
Dry matter, kg	7.8	7.9	7.9	17.6	17.7	18.1	25.5	25.5	25.9
Crude protein, kg	1.1	1.1	1.2	2.3	2.4	2.9	3.4	3.5	4.1
Digestible protein, kg	0.8	0.8	0.9	1.7	1.8	2.2	2.5	2.6	3.1
Crude fiber, kg	2.0	2.0	1.9	3.9	3.9	3.7	5.9	5.9	5.6
Calcium, g	64.0	64.7	67.4	129.5	131.4	142.1	193.5	196.1	209.4
Phosphorus, g	33.7	34.0	35.0	129.5	130.2	134.3	163.2	164.2	169.3
Carotene, mg	450	464	511	851	884	1042	1301	1348	1552
Feeds per 100 g of the gain in feed units, kg	1.34	0.89	0.99	1.11	1.11	1.18	1.17	1.04	1.12

* 1 feed unit: energy content of 1kg of medium dried oats

The rations for the older rabbits (1 animal per day), similar to the rations for the young rabbits, were characterized by a high fiber content – by 1.4-1.5 times. The rations of the experimental groups contained more raw protein (+1.2 and +7,0 g per 100 g) and digestible protein (+5.9 and +33.8 g), carotene (+0.5 and +2.6 mg) and slightly less energy value (-0.01 and -0.06 MJ) than in the control group. The increased content of crude and digestible protein, carotene, and vitamin E in the rations of the experimental groups throughout the entire experiment was preconditioned by the addition of the stinging nettle hay rich in these substances.

Note: The two values in parentheses always refer to the two nettle portions: 5% and 25%, respectively.

However, due to the lower energy value of the stinging nettle hay than the grass-and-legume hay, we observed a decrease in the nutrition value in the rations of the experimental groups as compared to the control group.

The ration structure for the rabbits aged 90-120 days contained coarse fodder – 29-31%, succulent fodder – 2-3%, green fodder – 27-28%, concentrates – 39-41%. The ration for the rabbits older than 120 days contained coarse fodder – 32-34%, succulent fodder – 21-22%, concentrates – 45-46%, there was no green fodder.

As it can be seen from the consumption of fodders over the entire experiment, breeding of the rabbits with the introduction of 5% (per 0.13 kg of fed units) and 25% (per 0.05 kg of fed units) of the stinging nettle hay in terms of nutritional value of coarse fodders as compared to the content in the traditional ration was characterized by the best feeds per 100 g of the gain by feeding 25% nettle.

4.2. Studying the biochemical indicators and nutritional value of rabbit meat

Rabbit meat is close to chicken by its dietary indicators and surpasses it by the content of protein. There is no significant difference in the chemical composition of rabbit meat of different breeds. The chemical composition of meat depends more on the animal age and the feeding level [5, 6].

The content of basic nutrients was determined in the muscle tissue of matured rabbit meat (Table 3).

Table 3. The chemical composition of the muscle tissue of the rabbit meat ($\bar{X} \pm S\bar{x}$, n=10)

Indicators	Animal groups		
	Control	Experimental I	Experimental II
Water, %	70.39±0.16	63.08±0.82**	69.74±0.87
Protein, %	19.42±0.19	20.23±0.25*	18.93±0.29
Fat, %	7.05±0.12	6.81±0.06	6.70±0.10*
Vitamin C, mg %	39.58±1.47	38.39±5.91	41.11±5.10
Ash, %	0.87±0.04	0.89±0.05	0.88±0.04

* $P < 0.05$; ** $P < 0.001$

It was established that there was less water in the meat of the animals from experimental group I than in the control group (-10,38%, $P < 0.001$) and experimental group II (by 6.66%, $P < 0.001$). The mass fraction of protein in the rabbit meat of experimental group I is larger than in the rabbit meat of the control group by 0.81% ($P < 0.05$), and experimental group II – by 1.30% ($P < 0.01$). The fat content of the muscle tissue in the rabbits of the control group and experimental group I did not differ significantly, while in experimental group II this indicator was lower than in the control group by 0.4% ($P < 0.05$). The content of vitamin C and ash in all the samples was out of statistical control.

The data of the variance analysis covering the chemical composition of the boneless rabbit meat are presented in Table 4.

Table 4. The influence of the supplementary feeding with the stinging nettle hay on the chemical composition of the muscle tissue of the rabbit meat (n=10)

Indicators	Power of effect indicator, %
Water	71.4***
Protein	34.2**
Fat	19.7*
Vitamin C	0.6
Ash	0.2

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$

It was determined that the introduction of nettle had the maximum influence on the water content; the amount of protein and fat in the muscle tissue of the rabbit meat 2.1 and 3.6 times less depended on the supplementary feeding with nettle feeding than the water content of the meat.

Based on the chemical composition, we calculated the energy value of the rabbit meat ignoring perinephric fat (**Table 5**).

Table 5. Nutrition value of the rabbit meat ignoring perinephric fat, kJ/100 g

Samples investigated	Animal groups		
	Control	Experimental I	Experimental II
Muscle tissue	607	611	586
Boneless meat	787	862	808
Bone meat	590	653	602

It was revealed that the caloric density of the muscle tissue in the rabbits of the control group and experimental group I differed insignificantly (by +4.187 kJ/g i.e., +0.7%), while the muscles of the rabbits in the control group contained more amount of fat, and experimental group I – more protein. The reduced nutrient value of the muscle tissue of the rabbits of experimental group II (by -20.93 and -25.12 kJ/g i.e., -3.4 and -4.1%) is preconditioned by the low content of protein and fat in the muscles. The increased caloric density of the boneless meat and bone meat in experimental group I (+75.36 kJ/g i.e., +9.6%; +62,80 kJ/g i.e., +10.6%) and experimental group II (+20.93 kJ/g i.e., +2.9%; +12.56 kJ/g i.e., +2.1%) was determined by large deposits of fat on the shoulders and groin.

Note: The two values in parentheses always refer to the two nettle portions: 5% and 25%, respectively.

Based on the aforesaid, it follows that the introduction of 5% of the nettle hay into the rabbit ration resulted in a decrease in the moisture content and an increase in the protein content in the rabbit meat, and the introduction of 25% – ensured a lower fat content of the rabbits' muscle tissue. The energy value of the rabbit meat increased in proportion to the nettle dosage in the ration due to a larger deposition of fat on the shoulders and groin.

The mineral composition of the rabbit meat samples is shown in **Table 6**.

Table 6. The mineral composition of the rabbit meat ($\bar{X} \pm S\bar{x}$, n=10)

Investigated mineral components	Animal groups		
	Control	Experimental I	Experimental II
Iron, mg/kg	6.16±0.55	7.43±0.44	6.60±0.71
Copper, mg/kg	0.14±0.02	0.17±0.03	0.21±0.04
Zinc, mg/kg	8.17±0.36	12.37±1.14**	11.10±0.66**
Cobalt, mg/kg	0.44±0.08	0.41±0.11	0.30±0.07
Magnesium, mg/kg	19.86±0.11	19.61±0.18	19.71±0.07
Manganese, mg/kg	0.11±0.03	0.20±0.03*	0.24±0.02**
Lead, mg/kg	0.49±0.04	0.43±0.06	0.40±0.06

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

It was established that the meat samples of the rabbits in experimental group I was distinguished by a high content of iron and zinc. There is 1.27 mg/kg more (20.66%) iron in it as compared to the meat of the control rabbits, and 0.83 mg/kg (12.61%) more than in the meat of experimental group II, and it has more zinc by 4.20 mg/kg (51.33%; $P < 0.01$) and 1.27 mg/kg (11.41%), respectively. The samples of the rabbit meat from experimental group II contain 2.93 mg/kg (35.83%; $P < 0.01$) more zinc than the control group. The highest copper content was observed in the rabbit meat of experimental group II – by 0.07 mg/kg (48.61%) as compared to the control group, and by 0.04 mg/kg (19.16%) as compared to experimental group I.

The least cobalt content was found in the meat of the rabbits of the experimental groups: in the samples of group II this indicator is less than in the control group by 0.14 mg/kg (32.73%), and in the meat of group I – by 0.03 mg/kg (5.91%).

The proportion of magnesium was the same in all the rabbit meat samples, and the proportion of manganese was 2.2 times higher in the meat of experimental group II ($P < 0.01$), and 0.09 mg/kg more (85.85%; $P < 0.05$) in the meat of experimental group I than in the control group. As compared to the meat of the control animals, the lead content in the rabbit meat of experimental group II decreased by 0.10 mg/kg (19.31%), of experimental group I – by 0.07 mg/kg (13.41%).

The results of the variance analysis covering the mineral composition of the rabbit meat are shown in **Table 7**.

Table 7. The influence of the supplementary feeding with the stinging nettle hay on the mineral composition of the rabbit meat (n=10)

Indicators	Power of effect indicator, %
Iron	8.5
Copper	8.9
Zinc	35.6*
Cobalt	5.5
Magnesium	6.8
Manganese	34.2*
Lead	5.5

* $P < 0.05$

We can see from the obtained data that the addition of nettle to a larger extent influenced the content of zinc and manganese. In contrast, the effect of nettle is approximately 4 times less on the content of iron and copper and 5-6 times less – on the amount of cobalt, lead and magnesium.

Thus, the introduction of nettle into the rabbit ration increased the content of zinc, manganese, iron and copper in the meat. Moreover, the content of zinc and iron was higher at a dosage of 5% of the nutritional value of coarse fodder than at a 25% dosage, and the amount of manganese and copper grew with an increase in the concentration of nettle in the ration. There was less cobalt and lead in the rabbit meat proportional to the share of nettle in the fodder.

The biological value of rabbit meat is judged by the content of complete and incomplete proteins and their amino acid composition. With the animals ageing, the content of complete proteins in rabbit meat increases, while the content of incomplete proteins decreases. The meat of animals aged 4-5 months may be considered to be most complete [6].

To assess the protein quality, we carried out an amino acid analysis of the rabbit meat, the results of which are shown in **Table 8**.

Table 8. Amino acid composition of the rabbit meat, g/kg ($\bar{X} \pm S\bar{x}$, n=5)

Name of amino acid	Animal groups		
	Control	Experimental I	Experimental II
Essential amino acids:			
Theorine	12.10±1.95	9.46±3.30	10.12±2.61
Valine	12.75±3.47	9.34±3.28	14.09±2.10
Methionine	23.96±4.04	33.73±7.21	26.06±4.52
Isoleucine	1.33±0.59	9.60±3.21	4.14±1.24
Leucine	3.95±3.16	7.39±3.02	2.59±1.25
Phenylalanine	2.52±1.34	16.06±3.70	9.28±3.51
Lysine	9.86±6.05	7.69±5.55	8.10±3.45
Non-essential amino acids:			
Aspartic acid	5.26±2.07	2.67±2.56	3.07±2.24
Serine	8.64±2.26	7.69±1.32	6.71±1.16
Glutamic acid	10.96±3.57	17.80±4.52	16.99±1.12
Proline	7.35±3.73	6.13±2.00	8.33±1.35
Glycine	1.78±0.21	2.06±0.42	1.91±0.22
Alanine	7.44±0.63	7.66±1.26	7.52±0.78
Tyrosine	12.14±5.12	17.51±7.43	4.03±1.30
Histidine	12.63±5.40	15.70±8.32	20.44±2.21
Arginine	2.42±2.42	5.51±5.51	9.30±3.07

It was determined that the content of such amino acids as threonine, serine, proline, alanine, valine, and lysine in the meat was practically the same. As compared to the control rabbit meat, the meat of the rabbits of experimental group I contained slightly more methionine (+9.77 g/kg i.e., +40.79%), isoleucine (+8.27 g/kg i.e., 7.22 times more), phenylalanine (+13.54 g/kg i.e., 6.37 times more), glutamic acid (+6.84 g/kg i.e., 62.40%), glycine (+0.29 g/kg i.e., +16.23 %) and histidine (+3.08 g/kg i.e., 24.38%). The rabbit meat of experimental group II had a higher amount of the same amino acids as compared to the control group: methionine (+2.1 g/kg i.e., 8.77%), isoleucine (+2.81 g/kg i.e., 3.1 times more), phenylalanine (+6.76 g/kg i.e., 3.68 times more), glutamic acid (+6.03 g/kg i.e., 55.01%), glycine (+0.13 g/kg i.e., 7.39%) and histidine (+7.82 g/kg i.e., 61.91%). The amount of some amino acids varied randomly; both high and low indices were present in the groups. This concerned aspartic acid, tyrosine and leucine, while arginine was found only in one sample from the control group and experimental group I.

Note: The two values in parentheses always refer to the two nettle portions: 5% and 25%, respectively.

The amino acid content in the rabbit meat samples was subjected to the variance analysis (**Table 9**).

Table 9. The influence of the supplementary feeding with the stinging nettle hay on the amino acid composition of the rabbit meat (n=10)

Amino acids	Power of effect indicator, %
Theorine	4.2
Valine	9.9
Methionine	12.9
Isoleucine	42.1*
Leucine	12.9
Phenylalanine	45.2*
Lysine	0.8
Aspartic acid	5.8
Serine	5.4
Glutamic acid	16.9
Proline	3.0
Glycine	3.7
Alanine	0.2
Tyrosine	21.7
Histidine	7.0
Arginine	11.6

* $P < 0.05$

Judging by the indicator of the nettle's power of influence on the amino acid content of meat, the amount of phenylalanine, isoleucine, glutamic acid, tyrosine, leucine, methionine and arginine changed most of all due to feeding with nettle.

As a result of the amino acid analysis, we revealed a tendency of prevailing such essential amino acids as methionine, isoleucine and phenylalanine, as well as non-essential amino acids – glutamic acid and glycine in the meat of the rabbits grown on the ration with the introduction of 5% of nettle of the nutritional value of coarse fodder as compared to the 25% dosage and the control group. The histidine content increased in proportion to the concentration of nettle in the rabbit ration.

4.3. Studying the keeping quality of meat

All the frozen rabbit meat samples corresponded to fresh meat by the organoleptic indicators. The surface of the carcasses had a pink drying crust, the fat tissue was yellowish white, the muscles in the section were slightly moist, leaving slight moisty spots on the filter paper (which is typical of frozen meat), pale pink with a reddish tint. The muscles are dense, elastic, the body hole is typical of fresh rabbit meat, the broth is transparent, and its smell was acceptable.

During the chemical analysis of rabbit freshness, we assessed such indicators as the content of ammonia and ammonium salts, the content of primary protein breakdown products in the broth, the amount of volatile fatty acids (VFA), and the fat acidity value in the adipose tissue.

When determining ammonia and ammonium salts, after adding Nessler's reagent, the meat extract from all the samples remained transparent and acquired a greenish-yellow color, which corresponded to the requirement of fresh meat. The rabbit meat broth from all the samples remained transparent after the addition of copper sulfate, which indicated the absence of primary protein breakdown products in the meat and, therefore, the meat freshness. The amount of volatile fatty acids (VFA) in the muscle tissue and the fat acidity value of the rabbit meat samples are shown in **Table 10**.

Table 10. The amount of VFA and the fat acidity value of the rabbits ($\bar{X} \pm S\bar{x}$, n=10)

Indicators	Animal groups			Norm*
	Control	Experimental I	Experimental II	
VFA, mg KOH/25g	3.59±0.37	3.37±0.37	3.81±0.34	up to 4.51
Fat acidity value, mg KOH/25g	0.87±0.01	0.82±0.03	0.62±0.09**	premium grade: 1.10 first grade: 1.10-2.22

* According to Pronin and Fisenko (2018), **P<0.05

As it can be seen from the above data, the content of VFA in all the rabbit meat samples corresponded to fresh meat, but the differences between the groups were unreliable in terms of this indicator. However, the following tendency was observed: VFA in the meat of experimental group I is 0.22 mg KOH (-6.16%) less, and in experimental II it is 0.23 mg KOH (+3.36%) more than in the meat of the control group. As for the acidity value, the fat of the rabbits from all the groups corresponded to the premium-grade fresh fat. The fat acidity value in the rabbit meat of experimental group I and control group did not differ significantly, while in the rabbit meat of experimental group II this indicator was 0.24 mg KOH (-28.16%, P<0.05) lower than in the control group. The influence of the addition of the stinging nettle hay into the rabbit ration on the amount of VFA and the fat acidity value of the meat is shown in **Table 11**.

Table 11. The influence of the supplementary feeding with the stinging nettle hay on the rabbit meat freshness indicators (n=10)

Indicators	Power of influence indicator, %
VFA	2.7
Fat acidity value	28.9*

*P<0.05

It was established that feeding with nettle did not influence the amount of VFA in the rabbit meat after 3 months storage, and the change in the fat acidity value reliably depended on the supplementary feeding with nettle.

Thus, the introduction of nettle into the rabbit ration had a positive effect on the keeping quality of the rabbit meat when stored for 3 months at a temperature of -18 °C. With an increase in the proportion of nettle in the ration, the rabbits' fat acidity value decreased, i.e., its food safety is increased. A 5% dosage of the nettle hay in the rabbit ration of the nutritional value of coarse fodder resulted in a slight decrease in VFA in the meat as compared to a 25% dosage of nettle. This allowed us to suggest that the lower dosage of nettle in the ration had a better effect on the safety of the muscle tissue in the rabbit meat than the higher dose.

5. Conclusions

The introduction of the studied dosages of the stinging nettle hay into the ration led to an increase in the content of crude (+3.5 and +20.3%), digestible protein (+4.4 and +22.8%) and carotene (+3.3 and +22.7%). In this case, growing rabbits with a dosage of 5% (per 0.13 kg of feed units) and 25% (per 0.05 kg of feed units) of the stinging nettle hay of the nutritional value of coarse fodders was characterized by the least feeds per 10 g of the gain as compared to the content in the traditional ration (1.17 kg of feed units). The introduction of 5% of the nettle hay into the rabbit ration as compared to the control group: influenced a decrease in the moisture content (the power of effect is -10,38%), an increase in the content of protein (the power of influence of +34.2%), zinc (the power of influence of +35.6%) and manganese (the power of influence of +34.2%) in the rabbit meat; we revealed a tendency of prevailing essential amino acids: methionine, isoleucine, phenylalanine, as well as non-essential amino acids – glutamic acid and glycine in the meat.

The introduction of 25% of the nettle hay into the ration resulted in a lower fat content (the power of effect is -19.7%) and a higher manganese content (the power of effect is +34.2%) in the muscle tissue of rabbits.

We revealed a positive influence of the supplementary feedings with nettle on the keeping quality of meat when stored for 3 months at -18 °C due to slightly smaller amounts of volatile fatty acids (-6.2%) and the fat acidity value (-28.2%) than the control samples.

Note: The two values in parentheses always refer to the two nettle portions: 5% and 25%, respectively.

6. Conflicts of interest

We declare that we have no financial and personal relationships with other people or organizations that can inappropriately influence our work, there is no professional or other personal interest of any nature or kind in any product, service and/or company that could be construed as influencing the content of this paper.

7. Acknowledgement

The work was supported by Act 211 of the Government of the Russian Federation, contract No. 02.A03.21.0011.

8. References

- [1] Tsaregorodtseva, E. V. (2015): The creation of meat products with a given level of quality, nutritional and biological value. *Bulletin of Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic Sciences*, 2(2), pp. 63-67.
- [2] Lisitsyn, A. B., Chernukha, I. M., Lunina, O. I., Fedulova, L. V. (2016): Legal framework and scientific principles for creating functional meat-based food products. *Bulletin of Altai State Agrarian University*, 12(146), pp. 151-158.
- [3] Zolotareva, E. L. (2018): The global meat market: current development trends and prospects for Russia's participation. *Bulletin of Kursk State Agricultural Academy*, 3, pp. 167-171.
- [4] Velkina, L. V. (2019): Global rabbit breeding trends. *Agricultural Economics of Russia*, 3, pp. 93-98.
- [5] Komlatsky, V. I. (2016): Rabbit meat based on the modern profitable technology. *Animal Breeding of the South of Russia*, 5(15), pp. 2.
- [6] Ruleva, T. A. (2016): Rabbit meat as a dietary product. Its chemical composition and organoleptic characteristics. *Innovation Science*, 3-4, pp. 61-64.
- [7] Evdokimova, R. S., Yutkina, I. S., Karimova, A. Z. (2014): The distribution of some elements in the soil and tissues of stinging nettle (*Urtica dioica* L.). *Volga Scientific Bulletin*, 11-1 (39), pp. 23-25.
- [8] Trineeva, O. V., Safonova, E. F., Slivkin, A. I. (2014): Determination of fat-soluble vitamins in plant objects by the TLC method. *Sorption and Chromatographic Processes*, 14, pp. 144-149.
- [9] Trineeva, O. V., Slivkin, A. I. (2015): A study of the micronutrient composition of stinging nettle leaves. *Scientific news of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacy*, 22(219), pp. 169-174.
- [10] Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., Dmitrieva, A. V. (2015): Determination of the amount of free amino acids in the leaves of stinging nettle. *Questions of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*, 5, pp. 19-25.
- [11] Yutkina, I. S., Evdokimova R. S., Karimova, A. Z. (2014): The distribution of micronutrients and ascorbic acid in the soil and tissues of stinging nettle (*Urtica dioica*). *Science and Modernity*, 32-1, pp. 68-74.
- [12] Balagozian, E. A., Pravdivtseva, O. E., Orekhova, A. D., Kurkin, V. A. (2016a): A comparative phytochemical analysis of raw materials of stinging nettle and its main impurities. *Questions of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*, 12, pp. 15-18.
- [13] Balagozian, E. A., Pravdivtseva, O. E., Orekhova, A. D., Kurkin, V. A. (2016b): A comparative phytochemical analysis of raw materials of stinging nettle and its main impurities. *Questions of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*, 12, pp. 15-18.
- [14] Pekh, A. A. (2019): The content of micronutrients in stinging nettle depending on the habitat in the Republic of North Ossetia-Alania. *News of the Mountain State Agrarian University*, 2, pp. 38-41.
- [15] Tatvidze, M. L., Kupatashvili, N. N. (2018): A study of some biologically active substances of dry leaves of stinging nettle. *Theoretical and Applied Science*, 6 (62), pp. 157-161. <https://doi.org/10.15863/TAS.2018.06.62.28>
- [16] Trineeva, O. V., Safonova, E. F., Slivkin, A. I. (2017): The validation of the method for determining ascorbic acid using high performance thin-layer chromatography. *Sorption and Chromatographic Processes*, 3, pp. 414-421.
- [17] Guskov, A. A., Rodionov, Yu. V., Anokhin, S. A., Glivenkova, O. A., Plotnikova, S. V. (2018): The technology of the vacuum-pulse extraction of soluble substances from nettle and hops. *Innovative Engineering and Technology*, 2(15), pp. 23-27.

- [18] Kalinkina, O. V., Sychev, I. A. (2017): The influence of stinging nettle polysaccharide on blood and blood formation. *Bulletin of Tver State University. Series: Biology and Ecology*, 1, pp. 62-68.
- [19] Korzh, L. (2017): Enriching the rations of laying hens. *Animal Breeding of Russia*, 4, pp. 17.
- [20] Filippova, O. B., Frolov, A. I., Maslova, N. I. (2019): The biological basis for the stimulation of the resistance of calves using the modern technology for dairy cattle breeding. *Science in Central Russia*, 1(37), pp. 61-70.
- [21] Zhitnikova, Yu. Zh. (2004): Rabbits: breeds, breeding, management, care. Rostov-on-Don, Fenix, pp. 256.
- [22] Ryadchikov, V. G. (2012): The basics of nutrition and feeding of farm animals. Krasnodar, Kuban State Agrarian University, pp. 328.
- [23] Viktorov, P. I., Menkin, V. K. (1991): Methodology and organization of livestock experiments. Moscow, Agropromizdat, pp. 112.
- [24] Zabelina, M. V. (2014): Research methods in private zootechnics. Saratov, Saratov State Agrarian University, pp. 60.
- [25] Kalashnikova, A. P., Fisinina, V. I., Scheglova V. V., Kleimenova, N. I. (2003): Norms and rations of feeding farm animals. Reference manual. 3rd revised and enlarged edition. Moscow, Russian Agricultural Academy, pp. 456.
- [26] Kirilov, M. P., Makhaev, E. A., Pervov, N. G., Puzanova, V. V., Anikin, A. S. (2008): Methodology for calculating the exchange energy in fodders based on the content of crude nutrients. Dubrovitsy, All-Russia Research Institute for Animal Husbandry of the Russian Agricultural Academy, pp. 382.
- [27] Balakirev, N. A., Nigmatulin, R. M., Sushentsova, M. A. (2015): Fodders and feeding rabbits. Moscow, Kazan, Nauchnaya Biblioteka Publishing House, pp. 268.
- [28] Kahikalo, V. G., Nazarchenko, O. V., Balandin, A. A. (2019): A practical guide to fur farming and rabbit breeding. St. Petersburg, Lan Publishing House, pp. 328.
- [29] Antipova, L. V., Glotova, I. A., Rogov, I. A. (2001): Methods of studying meat and meat products. Moscow, Kolos, pp. 376.
- [30] Gotsiridze, N., Tortladze, L. (2001): Determination of the biological value of rabbit meat. *Zootechnics*, 8, pp. 31-32.
- [31] Martinchik, A. N., Maev, I. V., Yanushevich, O. O. (2005): General nutritionology. Moscow, Medicine, pp. 392.
- [32] Pronin, V. V., Fisenko, S. P. (2018): Veterinary and sanitary expertise with the basics of technology and standardization of animal breeding products. St. Petersburg, Lan Publishing House, pp. 240.
- [33] Vasilieva, L. A. (2007): Statistical methods in biology, medicine and agriculture. Novosibirsk, Novosibirsk State University, pp. 320.
- [34] Yudenzov, V. A. (2013): Variance analysis. Minsk, Business offset, pp. 76.

MTA Élelmiszeranalitika és Minőség Munkabizottsága hírei 2022 március

A COVID 19 hatása az érzékszervi vizsgálatok lebonyolítására és a fogyasztói trendekre

Kuti Tünde, Hegyi Adrienn, Sebők András (Campden BRI Magyarország Nonprofit Kft.)

A COVID-19 pandémia az elmúlt időszakban formálta az élelmiszer trendeket. Több új trend jelent meg ebben az időszakban, például az immunitás és funkcionalitás fontos szempont lett a termékek választásakor. A fogyasztók nagyobb figyelmet fordítottak a „zöld” és fenntartható termékekre. Csökken a márkahűség mivel a fogyasztók kevesebbet költenek, de a márkák átláthatósága fontosabb lett, mint valaha. A termékek kezelése a boltban kérdéseket vetett fel az emberekben, a csomagolás - beleértve a környezetbarát megoldásokat - szerepét kapnak, amelyet GLOPACK project eredményei is alátámasztanak. Azonban új megoldások, mint a fenntartható, aktív és intelligens csomagoló anyagok – esetén elengedhetetlen a fogyasztók pontos, hiteles tájékoztatása. Ezek a trendek, a kereskedelmi csatornák megváltozása jelentős hatással vannak a termék összetételre, a csomagolási és marketing koncepciókra.

A Covid-19 járvány kihívások elé állította a laboratóriumokat az érzékszervi és fogyasztói vizsgálatok szervezése során is. A résztvevőknek mindig egyértelmű utasításokat kell adni a kockázatcsökkentés céljából hozott intézkedések betartása céljából, amelyek többek között lehetnek például az ülésen résztvevő bírálók létszámának maximalizálása a távolságtartás betartása végett, a testhőmérséklet ellenőrzése, teljes körű fertőtlenítés, egészségügyi nyilatkozatok töltése, maszk viselés. Egyes esetekben megoldhatók az online megbeszélések, de ilyen esetben a termékek eljuttatása mellett nagyon részletes protokoll szükséges kezelési és az esetleges lépésekkel kapcsolatban megbízhatóság érdekében.

Hivatkozás:



A projektet az Európai Unió "Horizon 2020" kutatási és innovációs programja finanszírozza a 773375 (GLOPACK) számú támogatási szerződés keretében.

Korszerű érzékszervi vizsgálati módszerek az élelmiszertudományi felsőoktatásban

Kókai Zoltán (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Árukezelési, Kereskedelmi, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítési Tanszék)

Az élelmiszertudományi felsőoktatásban alkalmazott érzékszervi vizsgálati módszerek köre és relevanciája jelentős mértékben megnőtt az elmúlt néhány évtizedben. A korábban szinte teljesen egyeduralgoló pontozásos módszerek mellett olyan korszerű, nemzetközi irányelveken alapuló eljárások váltak elérhetővé, melyek hatékonyabbá teszik a komplex élelmiszertudományi kutatásokat. Az analitikus szemléletű eljárásokon keresztül olyan adatmátrixokat kaphatunk, melyek integrálhatóak a műszeres mérések eredményeibe, s így többváltozós statisztikai eljárásokkal közösen elemezhetők lesznek. Ezeknek az eljárásoknak a gyakorlati megvalósítása több olyan előzetes, tudatos tervezésen nyugvó szempontot igényel, melyek a korábbi kutatási gyakorlatokban nem szerepeltek.

Termékfejlesztés co-creation módszerrel, a szépkorúak, 65+ igényeinek felmérésének példáján

Hegyi Adrienn, Kuti Tünde, (Campden BRI Magyarország Nonprofit Kft.), Bánáti Diána (Szegedi Tudományegyetem), Farkas Alexandra, Jaksics Edina, Németh Renáta, Tömösközi Sándor (BME-ABÉT)

Az EIT Food Consumer Engagement Labs projekt célja, hogy a fogyasztók aktív bevonásával új termék-koncepciók jöjjenek létre az élelmiszeriparban. A projektben, a fogyasztókat nem a gyártók, kereskedők által előzetesen elkészített mintatermékek tesztelésébe vontuk be, hanem az ezt megelőző fázisba, amikor a termék jellemzőinek és előnyeinek innovatív, ám még nem létező kombinációinak létrehozása volt a cél. A projekt módszertanát élelmiszeripari és tudományos szakértők közösen fejlesztik ki úgy, hogy a nem szakértő fogyasztókat be lehessen vonni a termék-koncepciók létrehozásába.

2020-2021-ben a vizsgálat 6 országban valósult meg, a résztvevők: Magyarország, Észtország, Görögország, Olaszország, Lettország és Szlovákia. A projekt eredményeként 2021 első felében egy új sütőipari termék kerül a hazai vásárlók elé. A kifejlesztett termék egy kisméretű, szeletelt kenyér, ízesített, felületszóró morzsával csomagolva.

2021-ben a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kara a növényi alapú hús helyettesítő élelmiszerek megítélését vizsgálta a szépkorúak étrendjében. A résztvevők új, húsmentes, de magas fehérje tartalmú recepteket alkottak meg közösen, amelyek hozzájárulnak az egészség megőrzéshez.

A projekt vezető szervezete: Varsói Egyetem, Lengyelország.

A magyarországi projektcsoporthoz 2020: Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem; Campden BRI Magyarország Nonprofit Kft, BRAVURA-GLOBAL Kft és Alba Kenyér Sütőipari Zrt.

A magyarországi projektcsoporthoz 2021: Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kara, Campden BRI Magyarország Nonprofit Kft

Hivatkozás:



Színmaszkolás az érzékszervi vizsgálatokban

Sipos László (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Árukezelési, Kereskedelmi, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítési Tanszék)

A szabványos színösszehasonlítás feltételei (ISO 11037), hogy a bírálók normál látással rendelkezzenek, reprodukálható megvilágítás (CIE) alatt és reprodukálható szemrevételezési környezetben, egy érzékszervi laboratórium bíráló fülkéiben végezzék az érzékszervi tesztek. Az érzékszervi vizsgálatokon a bírálóknak jó általános egészségi állapottal kell rendelkezniük. Nem lehet semmilyen olyan hiányosságuk, amely hatással lehet érzékelésükre, vagy károsan befolyásolhatja érzékszervi teljesítőképességüket, és így hatással lehetnek bírálataik megbízhatóságára. Az emberi látást, így az érzékszervi bírálók látását alapvetően három tényező határozza meg: látásélesség, kontrasztérzékenység és színlátás. Az elhangzott előadás ezeket a tesztek részletesen bemutatta.

A szabványos színösszehasonlítás feltételei (ISO 11037) továbbá előírják, hogy az érzékszervi tesztelés során olyan megvilágítási körülményeket kell kialakítani, ahol a színek nem okoznak elvárás hibát az érzékszervi tesztelőkben. Jelenleg a gyakorlatban alkalmazott színmaszkolási módszerek – szembekötés, fekete tesztelőpohár, színszűrők, spektrálisan rögzített színes megvilágítások, színszűrős lencsék – hibákkal terhelték. Az érzékszervi laboratóriumok gyakorlatában jellemzően spektrálisan rögzített színes (általában piros) fénycsöveket alkalmaznak, viszont ez a legtöbb termék maszkolására nem megfelelő. A hibák kiküszöbölésében lehet segítségre egy spektrálisan szabályozható fénykabin, amely mind a hazai, mind a nemzetközi érzékszervi vizsgálólaboratóriumokban várhatóan elterjed.

Szemkamerás mérések élelmiszertudományi alkalmazásai

Gere Attila (Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Érzékszervi Minősítő Laboratórium):

Szemkamerákkal a mindennapi életünk során egyre többször találkozhatunk: a gépjárművekbe épített biztonsági berendezéseken keresztül az orvosi diagnosztikai alkalmazásokon át az oktatásig számtalan felhasználási lehetőséget kínálnak. A szemmozgáskövetés legnagyobb előnye, hogy szemmozgásunkat tudatosan nehéz befolyásolni, így a szemkamerás mérések során nyert információ bizonyos esetekben megbízhatóbb, mint a kérdőíves mérések eredményei. A MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézetében működő Érzékszervi Minősítő Laboratóriumban a szemkamerás méréseket befolyásoló faktorok mellett a szemmozgás és élelmiszerválasztás közti kapcsolatokat kutatjuk. Kutatási eredményeink során a bemutatott stimulusok tulajdonságainak hatása mellett a résztvevők rossz hangulatának befolyásoló hatását is azonosítottuk. Eredményeink rámutattak továbbá arra is, hogy a szemmozgás adatok alapján nagy pontossággal jelezhető előre az élelmiszerválasztás, amely új fejlesztéseink számára adja a tudományos hátteret.

News of the Food Analysis and Quality Working Committee of the Hungarian Academy of Science March 2022

Effects of Covid-19 on food trends and running on sensory and consumer tests

Tünde KUTI, Adrienn HEGYI, András SEBŐK (Campden BRI Magyarország Nonprofit Kft.)

The COVID-19 pandemic has shaped the food trends. Several new trends have appeared. Immunity and health aspects became very important and influences food choice. The consumers seek for green and sustainable products. The brand loyalty has decreased as the consumers spent less but transparency of brands became more important than ever. Handling products in stores raised more attention including environmental-friendly packaging, which was also confirmed by the finding of GLOPACK H2020 project. Delivering precise, easy-to-understand and reliable information appears to be a preliminary key success factor for innovations related to packaging, such as sustainable, active and intelligent packaging. New trends and change of commercial channels have effect on ingredients, product and packaging concepts.

Sensory and consumer testing laboratories faced new challenges during the Covid-19 pandemic. Panellists should also have clear instructions on any additional measures in order to mitigate risks. These measures can be the limitation of number of people in the panel to stay the appropriate distance apart, temperature monitoring, sanitizing, health declarations and wearing face coverings. Remote discussions also can be a solution, but consideration should be given to specific protocols, how to minimise variability for reliable results.

References:



The GLOPACK project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 773375

Sensory analysis techniques in the food science higher education

Zoltán KÓKAI (Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science and Technology, Department of Postharvest, Supply Chain, Commerce and Sensory Science)

The scope and relevance of sensory testing methods in higher education in food science has increased significantly over the last few decades. In addition to scoring methods, which used to be almost exclusive, modern methods based on international guidelines have become available, making complex food science research more efficient. Analytical approaches provide data matrices that can be integrated with instrumental measurements and analysed together with multivariate statistical methods. The practical implementation of these procedures requires a number of prior, conscious design considerations that have not been included in previous research practices.

Food product development with Co-creation on the example of the silver market, assessing the needs of consumers with age 65+

Adrienn HEGYI, Tünde KUTI (Campden BRI Hungary Nonprofit Ltd.), Diána BÁNÁTI (University of Szeged), Alexandra FARKAS, Edina JAKSICS, Renáta NÉMETH, Sándor TÖMÖSKÖZI (Budapest University of Technology and Economics, Department of Applied Biotechnology and Food Science)

The EIT Food Consumer Engagement Labs project aims to create new product concepts in the food industry with the active involvement of consumers. Unlike typical sensory panels and consumer surveys, the Labs do not involve testing sample products but the creation of innovative, non-yet-existing combinations of product features and benefits.

The methodology has been developed jointly by the food industry and scientific experts so that non-expert consumers can be involved in creating product concepts.

In 2020-2021, the study was conducted in 6 countries. Participants were: Hungary, Estonia, Greece, Italy, Latvia and Slovakia. As a result of the project, a new bakery product was introduced to domestic customers in the first half of 2021. The product developed is a sliced sweet potato guest bread with spicy crumbs

In 2021, the University of Szeged, Faculty of Engineering, examined the evaluation of plant-based meat substitutes in the diet of the elderly age group. The participants worked together to create new, meat-free but high protein recipes that help maintain health.

The project leader organisation was the University of Warsaw, Poland.

Members of the Hungarian project team 2020: Research Group of Cereal Science and Food Quality, Budapest University of Technology and Economics; Campden BRI Hungary Nonprofit Ltd.; BRAVURA-GLOBAL Ltd., and Alba Kenyér Bakery PLC (Alba Bread Bakery PLC. The Ed.)

Members of the Hungarian project team 2021: University of Szeged, Campden BRI Magyarország Nonprofit Kft.

References:



Co-funded by the European Union

Colour masking in sensory testing

László SIPOS (Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science and Technology, Department of Postharvest, Supply Chain, Commerce and Sensory Science)

The standard colour comparison criteria (ISO 11037) are that assessors have normal vision, perform sensory tests under reproducible illumination (CIE) and in a reproducible visual inspection environment in the assessment booths of a sensory laboratory. Assessors must be in good general health for the sensory tests. They must not have any deficiencies that could affect their perception or adversely affect their sensory performance and thus affect the reliability of their judgements. Human vision, and therefore the vision of sensory assessors, is essentially determined by three factors: visual acuity, contrast sensitivity and colour vision. The presentation covered these tests in detail.

Furthermore, the standard colour comparison criteria (ISO 11037) require that sensory testing should be carried out under lighting conditions where colour does not cause the sensory tester to have an expectation error. Currently, the colour masking methods used in practice - eye-binding, black test beakers, colour filters, spectrally fixed colour illuminations, colour filter lenses - are fraught with errors. In sensory laboratory practice, spectrally fixed colour (usually red) fluorescent tubes are typically used, but this is not appropriate for masking most products. A spectrally controllable light booth, which is expected to become common in both domestic and international sensory testing laboratories, may help to eliminate these errors.

Food Science Applications of Eye-Tracking Cameras

Attila GERE (Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science and Technology, Food Sensory Analysis Laboratory)

Eye-tracking cameras are getting more common in our daily lives: they offer a wide range of applications from vehicle safety systems through medical diagnostics to education. The biggest advantage of eye-tracking is that our eye movement is hard to be altered intentionally, thus information obtained by eye-tracking cameras can be more reliable than the results of surveys. In the Food Sensory Analysis Laboratory of the Institute of Food Science and Technology we are conducting research on the factors influencing eye-tracking analysis and the relationship between eye movement and food choices. Our results show that beside the characteristics of the presented stimuli, bad mood of the participants also affects the outcome of the test. We also found that food choices can be reliably predicted based on eye movement, which provides scientific background for our new developments.

Nemzeti szabványosítási hírek

A következő felsorolásban szereplő szabványok megvásárolhatók vagy megrendelhetők az MSZT Szabványboltban (1082 Budapest VIII., Horváth Mihály tér 1., telefon: 456-6893, telefax: 456-6841, e-mail: kiado@mszt.hu; levélcím: Budapest 9., Pf. 24, 1450), illetve elektronikus formában beszerezhetők a www.mszt.hu/webaruhaz címen.

A nemzetközi/európai szabványokat bevezetjük magyar nyelven, valamint magyar nyelvű címdallal és angol nyelvű tartalommal. A magyar nyelven bevezetett nemzetközi/európai szabványok esetén külön feltüntetjük a magyar nyelvű hozzáférést.

2021. december – 2022. február hónapban bevezetett szabványok:

07.100.30 Élelmiszer-mikrobiológia

MSZ EN ISO 6888-1:2021 Az élelmiszerlánc mikrobiológiája. Horizontális módszer a koagulázpozitív sztafilokokuszok (*Staphylococcus aureus* és más fajok) számának meghatározására. 1. rész: Baird–Parker-agar táptalajos módszer (ISO 6888-1:2021) – Az MSZ EN ISO 6888-1:2008 és az MSZ EN ISO 6888-1:1999/A2:2018 helyett

MSZ EN ISO 6888-2:2021 Az élelmiszerlánc mikrobiológiája. Horizontális módszer a koagulázpozitív sztafilokokuszok (*Staphylococcus aureus* és más fajok) számának meghatározására. 2. rész: Nyúlplazmás fibrinogénagar táptalajos módszer (ISO 6888-2:2021) – Az MSZ EN ISO 6888-2:2012 helyett

13.060 Vízminőség

MSZ EN ISO 21676:2022 Vízminőség. Egyes kiválasztott aktív gyógyszeripari összetevők, átalakulási termékek és egyéb szerves anyagok oldott frakciójának meghatározása vízben és kezelt szennyvízben. Nagy hatékonyságú folyadékkromatográfiás módszer (HPLC-MS/MS vagy -HRMS) közvetlen injektálást követő tömegspektrometriás detektálással (ISO 21676:2018)

MSZ EN ISO 10872:2022 Víz- és talajminőség. Az üledék- és talajminták toxikus hatásának meghatározása a *Caenorhabditis elegans* (Nematoda) növekedésére, termékenységére és szaporodására (ISO 10872:2020)

67 Élelmiszeripar

67.140 Tea. Kávé. Kakaó

MSZ ISO 3103:2020 Tea. Teafőzet-készítés érzékszervi vizsgálatához

67.200 Étolajok és -zsírok. Olajmagvak

MSZ ISO 771:2022 Olajmagdarák. A nedvesség- és az illóanyag-tartalom meghatározása – Az MSZ ISO 771:1992 helyett

67.240 Érzékszervi vizsgálat

MSZ EN ISO 11132:2021 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Irányelvek a mennyiségi leíró vizsgálatot végző bírálóbizottság teljesítményének mérésére (ISO 11132:2021) – Az MSZ ISO 11132:2013 helyett

67.260 Élelmiszeripari üzemek és berendezések

MSZ EN 12331:2021 Élelmiszeripari gépek. Húsdarálók. Biztonsági és higiéniai követelmények – Az MSZ EN 12331:2016 helyett

2021. december – 2022. február hónapban visszavont szabványok:

67.100 Tej és tejtermékek

MSZ 3701-1:1988 A tej kémiai és fizikai vizsgálata. A tejcukortartalom meghatározása

MSZ 3727-3:1984 Tejföl, tejszín és ízesített tejszínhab vizsgálata. A habtejszín térfogatnövekedésének, a tejszínhab keménységének és léeresztésének meghatározása

¹ Magyar Szabványügyi Testület (MSZT)

Review of national standardization

The following Hungarian standards are commercially available at MSZT (Hungarian Standards Institution, H-1082 Budapest, Horváth Mihály tér 1., phone: +36 1 456 6893, fax: +36 1 456 6841, e-mail: kiado@mszt.hu, postal address: H-1450 Budapest 9., Pf. 24) or via website: www.mszt.hu/webaruhaz.

Published national standards from December 2021 to February 2022

07.100.30 Food microbiology

MSZ EN ISO 6888-1:2021 Microbiology of the food chain. Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species). Part 1: Method using Baird-Parker agar medium (ISO 6888-1:2021) – which has withdrawn the MSZ EN ISO 6888-1:2008 and the MSZ EN ISO 6888-1:1999/A2:2018

MSZ EN ISO 6888-2:2021 Microbiology of the food chain. Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species). Part 2: Method using rabbit plasma fibrinogen agar medium (ISO 6888-2:2021) – which has withdrawn the MSZ EN ISO 6888-2:2012 –

13.060 Water quality

MSZ EN ISO 21676:2022 Water quality. Determination of the dissolved fraction of selected active pharmaceutical ingredients, transformation products and other organic substances in water and treated waste water. Method using high performance liquid chromatography and mass spectrometric detection (HPLC-MS/MS or -HRMS) after direct injection (ISO 21676:2018)

MSZ EN ISO 10872:2022 Water and soil quality. Determination of the toxic effect of sediment and soil samples on growth, fertility and reproduction of *Caenorhabditis elegans* (Nematoda) (ISO 10872:2020)

67 Food technology

67.140 Tea. Coffee. Cocoa

MSZ ISO 3103:2020 Tea. Preparation of liquor for use in sensory tests

67.200 Edible oils and fats. Oilseeds

MSZ ISO 771:2022 Oilseed meals. Determination of moisture and volatile matter content – which has withdrawn the MSZ ISO 771:1992

67.240 Sensory analysis

MSZ EN ISO 11132:2021 Sensory analysis. Methodology. Guidelines for the measurement of the performance of a quantitative descriptive sensory panel (ISO 11132:2021) – which has withdrawn the MSZ ISO 11132:2013

67.260 Plants and equipment for the food industry

MSZ EN 12331:2021 Food processing machinery. Mincing machines. Safety and hygiene requirements – which has withdrawn the MSZ EN 12331:2016

Withdrawn national standards from December 2021 to February 2022

67.100 Milk and milk products

MSZ 3701-1:1988 Testing of milk. Determination of lactose content

MSZ 3727-3:1984 Testing of sour cream, whipping cream and flavoured whipped cream. Determination of volume increase of whipping cream, stability and separation milk of plasma of whipped cream

For further information please contact Ms Anna Szalay, sector manager on food and agriculture, e-mail: a.szalay@mszt.hu

¹ Hungarian Standards Institution

Szerzőink / Authors

BETZ, Julia

Dél-uráli Állami Egyetem Cseljabinszk
South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russian Federation

BURMISTROVA, Olga Dr.

Dél-uráli Állami Agráregyetem Troitsk
South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russian Federation

BURMISTROV, Eugene Dr.

Dél-uráli Állami Agráregyetem Troitsk
South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russian Federation

CSÓKA Mariann

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science and Technology

EREMINA, Yulia

LLC „Antey”

GYŐRI Zoltán Prof. Dr.

Debreceni Egyetem, Táplálkozás- és Élelmiszertudományi Doktori Iskola
University of Debrecen, Doctoral School of Nutritional and Food Sciences

LUKIN, Aleksandr Dr.

Dél-uráli Állami Egyetem Cseljabinszk
South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russian Federation

MEDNYÁNSZKY Zsuzsanna Dr.

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science and Technology

MINASHINA, Irina

Dél-uráli Állami Agráregyetem
South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russian Federation

NAUMOVA, Natalya Dr.

Dél-uráli Állami Egyetem Cseljabinszk
South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russian Federation

PIROZHINSKY, Sergey

LLC „Antey”

PUTER Dorina

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science and Technology

RÉPÁS Zoltán

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Táplálkozástudományi Intézet
University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,
Institute of Nutritional Science

SZALAY Anna

Magyar Szabványügyi Testület / Hungarian Standards Institution

TÖLGYESI Ádám Dr.

Mertcontrol Kft.

VASKÓ Áron

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science and Technology

VELISEVICH, Evgenii

Dél-uráli Állami Egyetem Cseljabinszk
South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russian Federation

VÉGH Rita

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science and Technology



Megbízható Mennyiségi Meghatározás

Minden komponens, mátrix és felhasználó esetében

A tudományos és üzleti célok elérése csak megbízható eredmények birtokában lehetséges.

A felhasználási területtől függetlenül a Thermo Scientific™ TSQ hármas kvadrupol tömegspektrometriás rendszerei kiemelkedő precizitást biztosítanak a mennyiségi meghatározási feladatokra. Nagy felbontású SRM üzemmód, robusztusság, megbízhatóság és érzékenység egy készülékben, mely segítségével minden felhasználó a mérendő komponenstől vagy a mátrixtól függetlenül megbízható mérési eredményekhez juthat.



Thermo Scientific™ TSQ Altis™
hármas kvadrupol tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Quantis™
hármas kvadrupol tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Fortis™
hármas kvadrupol tömegspektrométer

További információk:

[thermofisher.com/confidentquantitation](https://www.thermofisher.com/confidentquantitation)

Kizárólagos képviselő:

UNICAM Magyarország Kft.
1144 Budapest, Kőszeg utca 25.
Telefon: +36 1 221 5536
E-mail: unicam@unicam.hu
Web: www.unicam.hu

UNICAM

Élelmiszervizsgálati Közlemények / Journal of Food Investigation

Kiadó / Publisher: Wessling Nemzetközi Kutató és Oktató Központ Nonprofit Kft. / Wessling International Research and Educational Centre Nonprofit Ltd. / **HU ISSN 2676-8704**

Felelős kiadó / Director: Dr. ZANATHY László ügyvezető igazgató / CEO

Főszerkesztő / Editor in chief: Dr. SZIGETI Tamás János

Szerkesztő / Editor: KONECSNY Tímea, SZUNYOGH Gábor

Angol fordítás / English translation: Dr. HANTOSI Zsolt

Honlap adminisztrátor / web admin.: JUHÁSZ Péter

Szerkesztőbizottság / Editorial Board:

- AMBRUS Árpád Dr. *Nyugalmazott egyetemi tanár, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági hivatal (NÉBIH) főtanácsadó;
Retired university professor, National Food Chain Safety Office (NFCSO) chief advisor*
- BÁNÁTI Diána Dr. *Egyetemi tanár, rektori megbízott, Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar;
Full professor special advisor of the rector University of Szeged Faculty of Engineering*
- BARNA Sarolta Dr. *Igazgató, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági hivatal, Élelmiszerbiztonsági Kockázatértékelési Hivatal (NÉBIH, KÉI);
Director of National Food Chain Safety Office, Directorate of Risk Assessment (NFCSO, DRA)*
- BÉKÉS Ferenc Dr. *Az MTA külső tagja, igazgató, FBFD PTY LTD NSW Ausztrália;
External Member of Hung. Acad. Sci., director of FBFD PTY LTD NSW Australia*
- BIACS Péter Dr. *Nyugalmazott egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE);
Retired university professor Hungarian University of Agricultural and Life Sciences (HUALS)*
- BIRÓ György Dr. *Nyugalmazott egyetemi tanár, Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar;
Retired university professor, Semmelweis University, Faculty of Health Sci.*
- BOROSS Ferenc Dr. *Ügyvezető elnök, Európai Minőségügyi Szervezet, Magyar Nemzeti Bizottság (EOQ MNB); Executive chairman, European Organization for Quality, Hungarian National Committee (EOQ HNC)*
- CSAPÓ János Dr. *Egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Sapientia Egyetem, Csíkszeredai Kar;
University professor, University of Debrecen, Sapientia Univ., Miercurea Ciuc)*
- DANK Magdolna Dr. *Egyetemi tanár, Semmelweis Egyetem, Onkológiai Intézet;
University professor, Semmelweis University, Institute of Oncology*
- FARKAS József Dr. *Nyugalmazott egyetemi tanár, akadémikus;
Retired university professor, academician*
- GAGÁN Anita *J.S. Hamilton Hungaria Kft.*
- GYIMES Ernő Dr. *Egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar;
University docent, University of Szeged Faculty of Engineering*
- GYŐRI Zoltán Dr. *Nyugalmazott egyetemi tanár, intézetigazgató, Debreceni Egyetem;
Retired university professor, institute director, University of Debrecen*
- HANTOSI Zsolt Dr. *Angol nyelvi lektor, WESSLING Hungary Kft.; English lecturer, WESSLING Hungary Kft.*
- KASZA Gyula Dr. *Osztályvezető, Kockázatmegelőzési és Oktatási Osztály, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági hivatal (NÉBIH),
Egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE),
Címzetes egyetemi tanár, Állatorvostudományi Egyetem;
Head of Department of Risk Prevention and Education, National Food Chain Safety Office (NFCSO),
Associate professor, Hungarian University of Agricultural and Life Sciences (HUALS),
Honored university professor, University of Veterinary Science*
- KONECSNY Tímea *Szerkesztő, WESSLING Hungary Kft.; Editor, WESSLING Hungary Kft.*
- KOVÁCS Béla Dr. *Egyetemi tanár, Debreceni Egyetem;
University professor, University of Debrecen*
- LUKIN, Aleksandr Dr. *Dél-uráli Állami Egyetem
South Ural State University (national research university),
Chelyabinsk, Russian Federation*
- MARÁZ Anna Dr. *Egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE);
University professor, Hungarian University of Agricultural and Life Sciences (HUALS)*

MOLNÁR Pál Dr.	<i>Egyetemi tanár, Szegedi Egyetem Mérnöki Kar, elnök, Európai Minőségügyi Szervezet, Magyar Nemzeti Bizottság (EOQ MNB); University professor, University of Szeged Faculty of Engineering, chairman, European Organization for Quality, Hungarian National Committee (EOQ HNC)</i>
NAGY Edit	<i>Főtitkár, MAVÍZ; Secretary general, Hungarian Water Utility Association</i>
POPOVICS Anett Dr.	<i>Egyetemi adjunktus, Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar; Senior lecturer, University of Óbuda, Keleti Károly Faculty of Economics</i>
SALGÓ András Dr.	<i>Nyugalmazott egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem; Retired university professor, Budapest Technical University</i>
SÁRDI Éva Dr.	<i>Egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Genetika és Növénynevelés Tanszék; University professor, Hungarian University of Agricultural and Life Sciences (HUALS), Department of Genetics and Plant Breeding</i>
SIMONNÉ SARKADI Livia Dr.	<i>Habil. egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Élelmiszertudományi Kar; Habil. university professor, Hungarian University of Agricultural and Life Sciences, (HUALS) Faculty of Food Sciences</i>
SIPOS László Dr.	<i>Egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Árukezelési és Érzékszervi Minősítési Tanszék; University docent, Hungarian University of Agricultural and Life Sciences (HUALS), Department of Commodity Management and Sensory Qualification</i>
SOHÁR Pálné Dr.	<i>Nyugalmazott főosztályvezető, NÉBIH; Retired head of department, NFCSO</i>
SZABÓ S. András Dr.	<i>Tanár, Ward Mária Gimnázium; Professor, Ward Mária High School</i>
SZALAY Anna	<i>Szabványosító menedzser, Magyar Szabványügyi Testület (MSZT); Standardization manager, Hungarian Standards Institution (HSI)</i>
SZEITZNÉ SZABÓ Mária Dr.	<i>Nyugalmazott igazgatóhelyettes, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági hivatal, Élelmiszerbiztonsági Kockázatértékelési Hivatal (NÉBIH, KÉI); Retired deputy director of National Food Chain Safety Office, Directorate of Risk Assessment (NFCISO, DRA)</i>
SZIGETI Tamás János Dr.	<i>Főszerkesztő, WESSLING Nonprofit Kft., Üzletfejlesztési igazgató, WESSLING Hungary Kft., Címzetes főiskolai docens, Szegedi Egyetem Mérnöki Kar, Címzetes egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar; Editor in chief, WESSLING Nonprofit Ltd., Business developing manager, WESSLING Hungary Kft., Honorary docent, University of Szeged Faculty of Engineering Honorary docent, University of Debrecen, Faculty of Agriculture-, Food-science and Environmental Management</i>
SZUNYOGH Gábor	<i>Szerkesztő, WESSLING Nonprofit Kft., Osztályvezető, WESSLING Hungary Kft., Marketing osztály; Editor, WESSLING Nonprofit Ltd., Head of Marketing Department, WESSLING Hungary Ltd.</i>
TÖMÖSKÖZI Sándor Dr.	<i>Egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem; University docent, Budapest Technical University</i>
VARGA László Dr.	<i>Egyetemi tanár, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Élelmiszertudományi Tanszék Mosonmagyaróvár; University professor, Széchenyi István University, Faculty of Food and Agricultural Sciences, Department of Food Science, Mosonmagyaróvár</i>
WESSLING, Diana	<i>A családi vállalkozás képviselője, résztulajdonos, WESSLING Cégcsoport; Representative family business, shareholder, WESSLING Holding GmbH & Co. KG, Altenberge, Germany</i>
ZANATHY László Dr.	<i>Felelős kiadó, ügyvezető igazgató, WESSLING Nonprofit Kft., Ügyvezető igazgató, WESSLING Hungary Kft.; Responsible publisher, CEO, WESSLING Nonprofit Ltd. CEO, WESSLING Hungary Ltd.</i>

Grafika / Graphic design: Adworks Kft., info@adworks.hu

Elérhetőségeink / Contact: H-1045 Budapest, Anonymus utca 6., +36 1 87 23 662, www.eviko.hu
sziget.tamas@wessling.hu, +36 30 39 69 109; konecsny.timea@wessling.hu, +36 20 53 51 160

Kéziratok fogadása / Receiving manuscripts: sziget.tamas@wessling.hu, konecsny.timea@wessling.hu

Hirdetés / Advertising: Konecsny Tímea, +36 20 53 51 160, konecsny.timea@wessling.hu

A lap negyedévente, elektronikus formában jelenik meg. / This journal appears quarterly in a year, in electronic form.

Minden jog fenntartva! / All right reserved!

A kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül tilos a kiadvány bármilyen eljárással történő sokszorosítása, másolása, illetve az így előállított másolatok terjesztése. / Without the written permit of the publisher, duplication, copying or dissemination of this paper by any way is prohibited.

Az Élelmiszervizsgálati Közleményeket a Wessling Nemzetközi Kutató és Oktató Központ Nonprofit Kft. adja ki a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatallal (NÉBIH) együttműködve. / This Journal of Food Investigation is issued by the Wessling International Research and Educational Centre Nonprofit Ltd. with cooperation the National Food Chain Safety Office (NÉBIH).

A szakfolyóiratot a következő figyelő szolgáltatások vették jegyzékbe és referálják / The Journal of Food Investigation is have been referred and listed by the next monitoring services: SCOPUS, SCIMAGO, MATARKA / *Hungarian Periodicals Table of Contents*, Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ, Magyar Tudományos Művek Tára / *Hungarian Academy of Sciences, Library of Information Centre, Hungarian Scientific Bibliography Database* / *Publishers International Linking Association Inc. (Crossref (DOI) Registration Agency)*