



ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS





**ACTA AGRONOMICA
ÓVÁRIENSIS**



ISSN: 2498-907X (Online)

VOLUME 65.

NUMBER 2.

**Mosonmagyaróvár
2024**

SZÉCHENYI ISTVÁN UNIVERSITY
Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár
Hungary

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar
Mosonmagyaróvár

Publications of/Közleményei

Acta Agronomica Óváriensis

Volume 65. Number 2.

Editorial Board/Szerkesztőbizottság

| | |
|-------------------------------|--|
| Ásványi Balázs PhD | Pinke Gyula DSc |
| Egri Borisz DSc | Reisinger Péter CSc |
| Hanczné Dr Lakatos Erika PhD | Schmidt Rezső CSc |
| Gombkötő Nóra PhD | Szabó Ferenc Dsc |
| Kacz Károly PhD <i>Editor</i> | Szalka Éva PhD <i>Chair of the Editorial Board</i> |
| Kalocsai Renátó PhD | Torma András PhD |
| Kovács Attila József PhD | Tőzsér János DSc <i>Editor-in-Chief</i> |
| Kovácsné Gaál Katalin CSc | Troján Szabolcs PhD |
| Molnár Zoltán PhD | Tóth Tamás PhD |
| Nagy Frigyes PhD | Varga László DSc |
| Neményi Miklós MHAS | Varga-Haszonits Zoltán DSc † |
| Nyéki Anikó Éva PhD | Varga Zoltán PhD |
| Mezei Katalin PhD | Amtmann Petra <i>Layout Editor</i> |
| Palkovics László Amand DSc | Kálmán Edina Nikolett <i>Copy Editor</i> |

Advisory council of the Board of Editors/Szerkesztőség tanácsadó testülete

| | |
|---|---|
| Adel Salah Khattab PhD Tanta University, Egypt | Eleonóra Marišová PhD Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia |
| Sabina Fijan PhD University of Maribor, Slovenia | Razvan Teodorescu PhD University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, Romania |

Cover design/Borítóterv: Andorka Zsolt © 2000
Competitor-21 Kiadó Kft., Győr

Responsible publisher/Felelős kiadó: Széchenyi István Egyetem
Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar dékánja
Dean of Széchenyi István University
Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences

Address of editorial office/A szerkesztőség címe:
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2., Hungary

Tartalomjegyzék

| | |
|---|----|
| A MURAKÖZI LÓ ÉRTÉKMÉRŐI ÉS JELENLEGI MAGYARORSZÁGI HELYZETE | 5 |
| https://doi.org/10.17108/ActAgrOvar.2024.65.2.5 | |
| AZ ELEKTRONIKUS ORR FEJLŐDÉSE ÉS ALKALMAZÁSA: I. AZ ELEKTRONIKUS ORR TÖRTÉNETE ÉS TÍPUSAI | 18 |
| https://doi.org/10.17108/ActAgrOvar.2024.65.2.18 | |
| A BLOKKLÁNC TECHNOLÓGIA ALKALMAZHATÓSÁGA A RÖVID ÉLELMISZER-ELLÁTÁSI LÁNCOKBAN: TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓK ELEMZÉSE | 29 |
| https://doi.org/10.17108/ActAgrOvar.2024.65.2.29 | |
| SOIL MOISTURE CONTENT PREDICTION IN LOAM SOIL WITH RFR MODEL | 43 |
| https://doi.org/10.17108/ActAgrOvar.2024.65.2.43 | |
| LIMOUSIN VÁLASZTOTT BORJAK TESTMÉRETEINEK ELEMZÉSE DÖNTÉSI FA ELJÁRÁSSAL EGY TÖRZSTENYÉSZETBEN | 57 |
| https://doi.org/10.17108/ActAgrOvar.2024.65.2.57 | |
| SÖRTÖRKÖLLYEL DÚSÍTOTT KENYÉR, MINT FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZER | 76 |
| https://doi.org/10.17108/ActAgrOvar.2024.65.2.76 | |
| THE EFFECT OF GRAPE VARIETY ON THE MICRO- AND MACROELEMENT COMPOSITION OF GRAPE SEEDS..... | 90 |
| https://doi.org/10.17108/ActAgrOvar.2024.65.2.90 | |

©Copyright 2024 by the authors.

The journal is Open Access (Platinum). Creative Commons 4.0 standard licence type CC-BY-NC-ND-4.0 is applicable to its articles. The materials can be copied, distributed, presented freely, but can't be utilised for commercial purposes (NC), furthermore can't be altered, can't be a source for adaptation, revision or derivative work (ND). The name of the author and title of the original work must be indicated as required by the author or the right holder based on the license (BY).





A muraközi ló értékmérői és jelenlegi magyarországi helyzete

SZABÓ KITTI*, PONGRÁCZ LÁSZLÓ, TÓZSÉR JÁNOS

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Állattudományi Tanszék
Mosonmagyaróvár

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2066-4021>

Email: szabo.kitti.1@hallgato.sze.hu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9582-455X>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-1765>

*Corresponding author/Levelező szerző

Received/Érkezett: 2022.10.30.

Revised/Átdolgozva: 2024.11.25.

Accepted/Elfogadva: 2024.11.29

ÖSSZEFOGLALÁS

A muraközi ló a Dráva és a Mura folyó között található tájegységhez köthető. Ezen a területen XVIII. században élénk kereskedelem folyt, az árut szekereken szállították és ehhez nagy terhet bíró, jó ügetőképességű lovakra volt szükségük. A két világháború közötti időszakban elsősorban gazdaságos tarthatósága segítette fennmaradását. A II. világháborút követően a magyar hidegvérű fajta keretein belül folyt a tenyésztés és elkülönítve megindult a muraközi ló törzskönyvezése is. A XX. század második felében lezajló változások a muraközi fennmaradását is veszélyeztették. Azonban még időben teret nyert a hagyományos fajtáink védelmének fontossága. A génvédelem szempontjából lényeges a típus megkülönböztetése. A lovak hasznosítása sokrétű és éppen emiatt a szelekciós és nemesítési módszerek is változatosak. Egységes képet soha nem mutatott a muraközi ló. A tenyésztés során egy engedelmes és aktív ló tenyésztése a kívánatos, mely hidegvérű jellegű. A szaporulati mutatókat kancák és mének esetében is érdemes értékelni. Kívánatos megőrizni a tartási és takarmányozási körülmények iránti viszonylagos igénytelenségét. A tenyésztés során a fajtarekonstrukciós program sikeressége és a genetikai előrehaladás akkor érhető el, ha támaszkodunk a teljesítményvizsgálatok eredményeire és céltudatosan, következetesen szelektálunk. Napjainkban a muraközi ló népszerűsítése elsődleges szempont, hiszen ez a fennmaradáshoz és a gazdaságos tenyésztéshez szükséges. Mindebben kimagasló szerep jut az Őrségi Nemzeti Park Igazgatóságának.

Kulcsszavak: muraközi ló, értékmérő tulajdonságok, génmegőrzés, típus, népszerűsítés

1. A MURAKÖZI TÖRTÉNETE

A muraközi ló Muraközhez, a Dráva és a Mura folyó között található tájegységhez köthető. Ezen a területen XVIII. században élénk kereskedelem folyt, az árut szekereken rendkívüli távolságokba szállították és ehhez nagy terhet bíró, ám jó ügetőképességű lovakra volt szükség. Ennek megfelelően átmeneti lótipus alakult ki. E típus lovait kifejezetten az adott használati módokra



tenyésztették, de tudatosan kitenyésztett fajtának nem tekinthetjük. Az igénytelenség kimondottan fontos szempont volt. A ló 4 éves korában számított kifejlettnek, de már 3 évesen képes volt teljes értékű munkavégzésre. Teherbírását jól mutatja, hogy szántásban az ökrökkel azonos munkát is el tudta végezni, tehershállításkor pedig 15-18 mázsa teherrel 5-10 kilométeren könnyedén megfordult háromszor is (Mihók, 2017).

A muraközi ló rendkívül keresettnek számított, hiszen átmenetet jelentett a kis és nagy testű, valamint a kis és nagy terhet vinni képes lovak között. Ahogy azt Monostori Károly (1894) szavaiból tudhatjuk, a választott csikókat vagonszám vásárolták a Muraközből és Vasvármegyéből. Ugyanakkor a kifejlett egyedeket is keresték, sokszor faluról falura járva. Arról is beszámolnak ezek a feljegyzések, hogy a gazdák rendkívüli összegeket fizettek egy-egy jó tenyészanyagért, de a fuvarosok is igyekeztek jó muraközi lóhoz jutni. Abban a korban az emberek nem mentek volna el egészen a Muraközig, ha máshol is megkaphatták volna az igényeiket kielégítő lovat. A muraközi mégsem tudott az ország egész területén úgy elterjedni, mint Zala- és Vasvármegyében. Ennek oka rendkívül egyszerű, az ott lakó ember bármit eladott csak a jó kancáját nem. Sőt el is adott mindent, hiszen a kis gazdaságokban, kis területen nem tudott sok állatot eltartani, a munkát pedig az a néhány muraközi tenyészkanca bőségesen el tudta végezni, e mellett csikókat értékesíthette. Ez azonban akadályozta a tenyészanyag javulását, hiszen a csikókat, melyek alapját képezhették volna a jobb egyedek tenyésztésének, eladták és az öreg kancákkal folytatták a tenyésztést. Ilyen módon a tenyésztés számára az új nemzedék elveszett. A gazda a lovát minden más állata fölé helyezte, hiszen a legnagyobb, legbiztosabb hasznot a lova termelte családja számára, annak ellenére, hogy nem tudott a kanca minden évben csikót hozni a világra. Nemcsak rendkívüli összegeket kértek el egy-egy muraközi lóért, de a vevő akár házhoz is ment érte, sokszor egymásnak adták a kilincset, így a gazdának a vásárba se kellett kimennie (Monostori, 1894).

A két világháború közötti időszakban elsősorban gazdaságos tarthatósága segítette a muraközi típusú ló fennmaradását, ám egységes törzskönyv még ekkor sem volt. Annak ellenére, hogy ekkor még egyezményes ménese is volt, törzskönyvet nem vezettek. Feljegyzések szerint nem csak a kis- és nagybirtokosok által kedvelt lóról van szó, hanem a fronton is találkozhattunk muraközivel a háború idején. Patay Sándor elmondásából tudhatjuk, hogy az orosz fronton ugyan melegvérű lovak voltak többségben, a mozgó konyhát mindig muraközi jellegű lovak húzták (Mihók, 2017).

A II. világháborút követően a magyar hidegvérű fajta keretein belül folyt a tenyésztés, de elkülönítve megindult a muraközi ló törzskönyvezése is. A XX. század második felében lezajló változások a többi háziállatfajtaéhoz hasonlóan, a muraközi fennmaradását is veszélyeztették. A szakmai közvéleményben azonban időben megjelent a hagyományos fajtáink védelmének fontossága mind kulturális, mind a géntartalékok védelmének szempontjából. Ebben a mozgalomban helyet kaptak hagyományos lófajtáink, illetve típusaik is. Génvédelem szempontjából rendkívül fontos a típus megkülönböztetése, ami a küllemi és termelési tulajdonságok összessége, mely meghatározott hasznosítást tesz lehetővé. Ezzel a megkülönböztetéssel értékes gének fennmaradását biztosíthatjuk az ismert fajtákban. A muraközi típus megmentését Patay Sándor kezdeményezte. A program 1957 és 1972 között futott és a génvédelmen felül egy - a jellemzően nagytestű, nehéz hidegvérű lónál - kisebb testméretű, gyorsabb mozgású, igénytelenebb ló tenyésztése volt a cél (Mihók, 2017).

Egységes képet soha nem mutatott a muraközi ló. Külleméről a korabeli feljegyzések alapján kaphatunk közelebbi képet. A feljegyzések alapján elmondhatjuk, hogy voltak kisebb és nagyobb termetű muraközi lovak. A kisebbek marmagassága bottal mérve 142 és 150 centiméter között volt, míg a nagyobbak 150 és 162 centiméter közöttiek voltak. A kisebb termetűek voltak a



mozgékonyabb, körülbelül 400 kilogrammos lovak, míg a nagyobb termetű, körülbelül 500 kilogrammos egyedek lassabbak voltak. A rendkívül jelentős méretkülönbségek ellenére - mely a két végletet 350 és 700 kilogramm közé teszi - a muraközi egyedek mégis bizonyos szintű hasonlóságot mutattak. Ilyen küllemi hasonlóság volt az alacsony mar, a hajlott hát és a sekélyen barázdált, csapott far (farbúbtól kezdve erősen lejtő), ezzel együtt a magasabb farbúb, mely a marmagasságot mindig meghaladja. Ezenkívül küllemét jellemzi az arányos fej (kisebbeknél kicsi és formás), a rövid, izmos nyak, mely mozgékony és nem terhelt. Marja olyan kicsi volt, hogy a nyak szinte észrevétlenül ment át a széles, rövid, hajlott és mélyen fekvő hátba. Ágyéktája izmos és széles, általában hosszú (lehet rövid is). Lábairól elmondható, hogy hajlítói gyengék és csüdben hajlottabbak az ideálisnál. Csánkja széles, a kardállás nem jellemző. Bokaszőre dús (Monostori, 1894).

Míg az 1800-as évek végéről származó leírások szerint a muraközi ló létszáma Vas és Zala vármegyében körülbelül 15 és 20 ezer darab között lehetett, addig az 1900-as évek közepén indult, a hazai fajták megmentésére irányuló program alig három olyan ménnel kezdődött, melynek nem volt a származási lapjában belga ős (Mihók, 2017).

Ennek oka elsősorban a II. világháborúban elszenvedett jelentős károk és az ezt követő fajtaváltás. Az új tenyésztési irány a belga-ardenni volt, ennek köszönhetően a muraközi méneket kiherélték, mivel sodrottként tartották számon. Ez jóformán a fajta kipusztulását jelentette. Így lehetséges, hogy a fent említett fajta megmentését célzó program számára az Állattenyésztési Kutató Intézet Lótenyésztési Osztálya csak három mén tudott összegyűjteni (Bodó és Hecker, 2013). De valójában nem is három volt, mert közülük kettő apa-fia kapcsolatban állt. Ezekből a ménemből alakult ki később a G (Görösgal) és P (Péterhida) vonal. A céltudatos tenyésztés érdekében a még fellelhető egykori muraközi ménesek kancáit felkutatták. Végül három állami gazdaságban (Hógyészi Állami Gazdaság, Iregszemcsei Állami Gazdaság, Lajtahansági Állami Gazdaság), továbbá egy termelőszövetkezetben (Tengelici Petőfi Termelőszövetkezet) folyt a tenyésztés. A tudatos és következetes tenyésztés eredményeként 1972-ben állami elismerésben részesült a muraközi. Küllemi leírásában a következők szerepeltek:

- Feje nemes (hidegvérű fajtacsoporthoz viszonyítva), közép mélyen tűzött, füle hegyes felállású, szemi élénkek.
- Nyaka középhosszú, izmos, közép magasan illesztett. Sörénye egy oldalra fésülhető.
- Háta rövid és izmos.
- Ágyék gazdagon izmolt, nem hosszú, kötése feszes.
- Fara széles, gazdagon izmolt, barázdált, kissé csapott.
- Szügye széles, terjedelmes izomzattal, mellkasa dongás.
- Szabályos elülső lábállás.
- Hátulsó lábállása kissé kardos, lábai szárazok, ízületei tiszták, szilárd csontozattal.
- Patája szabályos többnyire, szaruanyagának minősége jó.
- A lábvégein gyér szőrzet.
- Színe sárga és pej, de ritkán fekete és szürke színben is előfordul.

A fajta kitenyésztése közben kapott eredmények igen kedvezőek voltak. 40 felnevelt mén tenyésztésre alkalmasnak minősült és közel 1000 kancát fedeztek a tenyésztőterületükön, ám az is jól látható volt, hogy a ló kiszorult a mezőgazdaságból. Emiatt más használati módok keresése volt szükséges. Végül egy másik irányt szem előtt tartva a gyerekek oktatására ideális nyugodt, szelíd és kistermetű ló kialakítása lett a cél. Ennek érdekében haflingi (Mosonmagyaróváron) és fjord (Tengelicen) méneket használtak. Emellett a rokortenyésztés csökkentése érdekében két új vonal

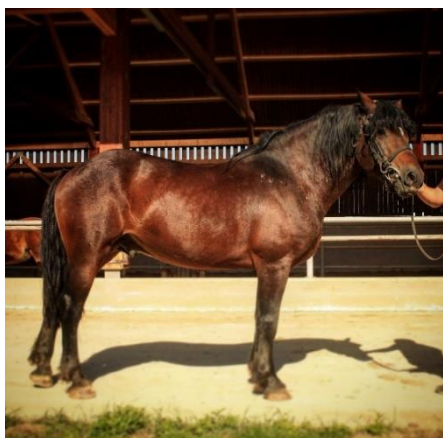


kialakítása is megtörtént a fajtában. A keresztezésben használt haflingi mének azonban nem váltak be és ez a haflingi mének muraközi tenyésztésben történő használatának végét jelentette. Ezzel szemben a fjord kislóval történő keresztezés igen eredményesnek bizonyult. Szidnainé Csete Ágnes a Fővárosi Állat- és Növénykertben végzett kísérletei során ezek az egyedek bizonyultak a legalkalmasabbnak a kitűzött célra. A muraközi X fjord F1 kancák arab ménnel történő fedeztetése egy olyan kislótípust hozott létre, mely a legfiatalabbak lovasoktatására ideális volt. Ezt a típust tengelici kislónak nevezték. A típus utolsó ménje Tengelic-1 volt.

A fajtaelismerést követően azonban a siker nem a várt mértékben jött. Az Állattenyésztési Kutató Intézet nem jutott forrásokhoz, más pedig nem kívánt foglalkozni a muraközivel. Annak ellenére, hogy tudományos érvekkel jól alátámasztható volt a fajta tenyésztésének előnye más fajtákkal szemben, a piac továbbra is a nagyobb lovat kereste, azért fizetett többet. A nagyobb ló többlettakarmány igénye nem számított, a gyorsabb lovat pedig gépekkel váltották fel. A fajta hanyatlása elkerülhetetlen volt, a Kutató Intézet Lótenyésztési Osztálya megszűnt, majd a törzstenyészetek és köztenyészetben lévő kancaállományok is felszámolás áldozatai lettek. Eközben a régi háziállat fajtáink megmentésének feladata nemzeti és európai feladat is lett a biodiverzitás megőrzése érdekében. A helyzet komolyságát érezve a feladatot az Őrségi Nemzeti Park vállalta magára 2003-ban.

A tenyészcélban a fajta regenerálása mellett meghatározták a küllemét is, mely szerint:

- Hordozza magán a nóri fajtacsoport jegyeit.
- Genetikailag különüljön el az Észak-Német Alföld hidegvérű lovától és magyar hidegvérűtől is.
- Legyen jellegzetes küllemű, egyöntetű, sokoldalúan használható, kedvező munkakészségű, könnyen kezelhető.
- Legyen szerény igényű, jó takarmány- és gyephasználó képességű.
- Bírja a tartós munkát és emellett legyen hosszú hasznos élettartama.
- Legyen jó vehem- és csikónevelőképességű.
- Feje legyen a testtel arányos, tarkója széles és szabad.
- Nyaka közepesen hosszú, ívelt, jól izmolt.
- Marja legyen hátbasimuló, lapockája és szívtájéka a hidegvérűére jellemző.
- Háta középhosszú, izmos, fara lehet kissé csapott, jól izmolt, jellegzetes barázdája ne legyen, a mélyen tűzött farok nem kívánatos.
- Elülső és hátulsó lábak is szabályosak, ízületek szárazok, terjedelmesek (széles, erős csánk jól jellemzett inakkal és ízületekkel).
- Csüd ne legyen túl hosszú, paták kerek, szabályosak és kemények.
- Vérmérséklete legyen élénk, de legyen engedelmes.
- Színe pej, fekete és sárga, de a mosott sörény és farok nem kívánatos a haflingitól való különbözőség miatt (deres és párductarka nem elfogadható a nóritól való megkülönböztethetőség miatt) (1.-2. kép: Mihók, 2017).



1. kép: 5698 Óriszentpéter-8 Vazul



2. kép: Kanca a csikójával

A megfelelő tenyésztés kiválasztása rendkívül nehéz feladat volt, hiszen nem csak származási szempontoknak, hanem küllemi elvárásoknak is meg kellett felelniük az egyedeknek. Így mindössze 12 kancával indult a program. Még nagyobb kihívást jelentett a tenyészmén kiválasztása. Végül a 4291 Hobol-141 állami tulajdonú ménnel kezdtek fedeztetni 2004-ben, ám a mén kifogásolható durva fejformáját öröközték csikóira, így 2007-ben kivették a tenyésztésből.

2. ÉRTÉKMÉRŐ TULAJDONSÁGOK ÉS TENYÉSZTÉS

A lovak hasznosítása rendkívül sokrétű és éppen emiatt a szelekciós és nemesítési módszerek is igen változatosak. A tenyészcélban megfogalmazott fő- és melléktulajdonságok sokszor átfedik egymást, hiszen sok hasznosítási formánál azonos a követelmény a lovakkal szemben. Ezek a tulajdonságok sok esetben nehezen mérhetőek és nehéz megfogalmazni őket. Ilyen szinte minden használathoz elengedhetetlen tulajdonság a tanulékonyosság, amit rendkívül nehéz mérni. A jobb értékesíthetőséget is szolgálja, hogy a ló több célra alkalmas, így nem nagyon alakultak ki tisztán egy célra használható lófajták. A hátsólovak szelekciójakor ki kell emelni a méret és testtömeg fontosságát, melynek igazodnia kell a lovaséhoz. Küllemében a hátsólótól elvárt, hogy a feje szép legyen (nemes, arányos a testtömeggel) (3. kép), lábai és patái korrektek legyenek. Hátsóló esetében a mozgás is rendkívül fontos, kimondottan a természetes egyensúly. Vérmérsékletét tekintve a megfelelő vérmérséklet nem csak a hátsóloknál, de minden hasznosítási formánál nélkülözhetetlen szempont. Hátsólónál ez élénkséget jelent. Lovasa segítségére reagáljon azonnal, lehetőség szerint ne legyen hajtós, de ijedős se. Az ijedős, félnék, agresszív ló nem alkalmas hátsólónak. A tanulékonyosság és kiváló memória pedig különösen esszenciális a modern világunkban, ahol nem ritka, hogy akár napokig nem használják a lovakat és ilyen kihagyások után is úgy kell végeznie a dolgát, mintha minden nap ugyanazt a feladatot végezné. Mindezek persze csak általánosan igazak a jó hátsólóval szemben támasztott követelményekre és előfordulhatnak speciális igények. Mindeközben a fogatlovakkal szemben támasztott követelmények kicsit egyszerűbbek, de specifikusabbak is. A gyakorlatban minden kifejlett ló képes fogatot húzni, ám teljesítményükkel szemben csak a testtömegüket figyelembe véve támaszthatunk követelményeket. Ez a teljesítmény több ló azonos fogatba fogásával növelhető. Méretét tekintve a fogatló alacsony. Hidegvérű lovak esetében nagy tömeg szállítása, főleg rövid távon volt a használati mód. A nehézigás lovak törzse rövid, lépésük is rövidebb. Lényeges a váll és szügy alakulására figyelni. A szügynek jól izmoltnak kell lennie és szélesnek.



3. kép: 5842 Óriszentpéter-30 Vérmes

Fontos továbbá a vonóerő, mely a testmérettel van összefüggésben. Ugyan napjainkban már nem számít fejlesztendő tulajdonságnak, a II. világháborút követően az Állattenyésztési Kutató Intézet munkatársai több erre vonatkozó vizsgálatot is végeztek. A vonóerő és indítóképesség kipróbálásával minősítették a tenyészállatokat (Bodó és Hecker, 1998).

A muraközi ló tenyésztése során egy engedelmes, készséges és aktív ló tenyésztése a kívánatos, mely hidegvérű jellegű (a hidegvérű fajtacsoportba tartozik). Ugyanakkor a magyar hidegvérűnél természetben kisebb, könnyebb, de szilárdabb szervezetű. Elsődlegesen erdészeti és kisüzemi igás munkák ellátására alkalmas, fürgébb és kitartóbb egyedekből álló állomány kialakítása a célszerű. A kor változásaival együttjáró jelenséget, a lovak munkából való kiszorulását szem előtt tartva a többhasznúság igen fontos szempont. Így napjainkban a lovagolhatóság, a túra és kedvtelésből való lovaglásra, illetve lovagoltatásra alkalmas egyedek szelektálása előtérbe került. Készségessége és nyugodt vérmérséklete alkalmassá teszi iskolalovagoltatásra és rendezvényeken való részvételre. Felvonulásokon, falunapokon kocsiban és hátszlóként is megállja a helyét. Könnyű kezelhetősége és feltétlen munkakészsége miatt sem a közönségre, sem a résztvevőkre nem jelent veszélyt. Fontos, hogy olyan ló tenyésztése legyen a kitűzött cél, mely családbarát és a lovas ismeretekkel nem vagy alig rendelkező személyek számára is kezelhető és biztonságos, gyerekekre nem veszélyes.

A fajta fenntartása érdekében (és gazdasági okokból) természetesen jó szaporulati mutatókra is szükség van. A szaporulati mutatókat nem csak kancák esetében, hanem a ménéknél is érdemes értékelni. Ezt az egy vemhességre, illetve az egy élve születésre jutó fedeztetések/termékenyítések számával fejezhetjük ki. Létfontosságú figyelembe vennünk ezen felül a ménék szaporítóanyagát, a mélyhűtésre és mesterséges termékenyítésre való alkalmasságát. A mesterséges termékenyítés használata kiemelkedően fontos szerepet tölt be a fajta terjesztésében. A kancák esetében a jó szaporasági mutatók, tehát az évenkénti vemhesülés és a csikózás száma lényeges szempont, de még jelentősebb a választott csikók száma és azok minősége. A csikónevelő képesség méréséhez pedig a csikó 180 napos korában mért súlyának ismerete szükséges. Ezt az értéket az anyja testtömegéhez viszonyítva kapunk egy arányszámot, melynél az 50 % körüli érték a kedvező.

Továbbá kívánatos megőrizni a tartási és takarmányozási körülmények iránti viszonylagos igénytelenségét. Ennek köszönhetően jól tartható extenzív körülmények között, legelőn. Ez a tulajdonság a lótartók számára nagy könnyebbséget jelent, ezzel is hozzájárulva a fajta népszerűsítéséhez. Miután az év nagy részében legelőn tarthatóak az állatok, így az istállózás terhe erre az időszakra lekerül a lótartó válláról. Ezen felül az elhanyagolt, más módon nem hasznosítható



területek hasznosítását is lehetővé teszi. A téli időszakban is bőven elegendő egy egyszerűbb angol bokszos vagy szerfás istálló. A jó szocializációs készség előnyös, hiszen a ménesben történő tartás szempontjából elengedhetetlen. Alkalmasnak kell lennie a csoportos és egyedi tartásra is, továbbá kívánatos, hogy a legelőn tartott állat könnyen befogható legyen. Elvárt tulajdonság, hogy az ember közelségét tolerálja, keresse a kapcsolatot (Muraközi Ló Tenyésztésért Egyesület, 2023).

Tenyésztés során a fajtarekonstrukciós program sikerességét és a genetikai előrehaladást akkor érhetjük el, ha támaszkodunk a teljesítményvizsgálatok eredményeire és céltudatosan, következetesen szelektálunk. Az eredményes munka érdekében szükség van a fajta kialakításában résztvevő genetikai alapokra, tehát azon fajtákra, melyek a kialakításában részt vettek vagy rokon fajták. Ezek a magyar hidegvérű, a frieburgi, a nóri, a feketeerdei sárga, a haflingi és még fennmaradt horvát muraközi lovak. Azon egyedek, melyek megfelelnek a rekonstrukciós programban leírt paramétereknek, bekerülnek a fajtarekonstrukciós törzskönyvbe és a velük történő tenyésztés fajtatiszta tenyésztésnek számít. Fajtatiszta tenyésztésben gyakran alkalmaznak rokontenyésztést. Mivel rendkívül kis létszámú állományról van szó, számolni kell ennek veszélyeivel. Ez ugyan segíti a fajta egységesítését és bizonyos tulajdonságok rögzítését, de elősegítheti a nem kívánatos tulajdonságok megjelenését is, így óvatosan kell alkalmazni. Vonaltenyésztés esetében egy-egy kiváló apaállat mén utódait tekintjük a vonalba tartozónak és ezen egyedekkel folyik a tenyésztés. Ez alapján hét vonalat különböztetünk meg a muraköziben. Az előbbihez hasonló a családtenyésztés, ám ebben az esetben azon kancák kancacsikóit soroljuk egy családba, melyek kiemelkedőek voltak. Családról legalább 4-5 megfelelő kanca esetében beszélhetünk. Az azonos vonalba vagy családba tartozó mének és kancák azonos betűvel kezdődő neveket kapnak. Ennek megfelelően tizenkét családot különböztetünk meg. A kis létszám szükségessé teszi a vérfrissítést (génmigráció), valamint a keresztezést. A fajtarekonstrukciós főtörzskönyvbe sorolják be azon egyedeket, melyek a magyar hidegvérű vagy rokon fajtáihoz (nori, frieburgi, feketeerdei sárga, haflingi, horvát muraközi) tartoznak, küllemükben megfelelnek a fajta paramétereinek és tulajdonosuk kéri a törzskönyvbe történő felvételt, valamint a fajtatenyésztő egyesület vérfrissítési céllal kívánja alkalmazni. A fajtarekonstrukció során továbbá találhatunk olyan méneket, melyek származása hiányos, de szerepelnek a fajta növendék törzskönyvében. Amennyiben ezen egyedek külleme és használati tulajdonságai megfelelőek, a tenyésztésvezető javaslatára ménvizsgán vehetnek részt, ahol eredményes vizsga után vérfrissítés vagy vonalalpitási céllal kérheti írásban a Tenyésztési Bizottság a főtörzskönyvi szám kiadását. Ezek a mének a tenyésztésvezető és Tenyésztési Bizottság által jóváhagyott maximum 20 darab kanca fedeztetésében vehetnek részt, a kancatulajdonosok pedig annak tudatában fedeztetnek a ménekkel, hogy a csikók a fajtarekonstrukciós program szerint kerülhetnek törzskönyvbe. A hiányos származású egyedek előtörzskönyvbe kerülhetnek, amennyiben megfelelnek a fajta küllemi leírásának. Utódaik mindaddig előtörzskönyvbe kerülnek besorolásra, amíg nem felelnek meg a főtörzskönyvbe sorolás feltételeinek (Muraközi Ló Tenyésztésért Egyesület, 2023).

A sikeres tenyésztés alapja az adatok gyűjtése. A Muraközi Ló Tenyésztésért Egyesület, melyet 2021-ben alapítottak Órimogyorósd székhellyel, feladatai közé tartozik a mének és kancák szaporulati mutatóinak kiértékelése. Ennek része a fedeztetési bizonylatok és csikószületési adatok alapján kiszámolt termékenyítőképesség. Amennyiben a mén 50 % alatti értéket ér el, ennek okát meg kell vizsgálni, hiszen a tenyészcélban legalább 80 %-os eredményt fogalmazzak meg. A nehéz elléseket jelezni kell az Egyesület felé (1 kód – könnyű ellés segítség nélkül, 2 kód – könnyű ellés maximum 2 fő segítségével, 3 kód – nehéz ellés kettőnél több fő segítségével, 4 kód – nehéz ellés szaktechnikai beavatkozással, 5 kód – halva ellés). A született csikóról is köteles a tenyésztő adatokat



szolgáltatni. Ilyen a szárkörméret, az övméret és a marmagasság centiméterben megadva és amennyiben lehetséges, a fiatal egyed súlyát is mérni kell. Ezeket a méretfelvételeket kétnapos korig el kell végezni és az Egyesület által készített formanyomtatványon kell benyújtani. A választási csikókról is gyűjtenek adatokat. Ezen adatok megmutatják a kancák csikónevelőképességét és a mének növekedési erély örökítő képességét. A választott csikó adatait a tenyésztésvezető veszi fel (150-210 napos korban). A csikóval szoptatás alatt foglalkozni kell, hogy a méretfelvételkor ne okozzon problémát az ember közelsége, érintése. A „családi ló” fogalma magában hordozza a könnyű kezelhetőséget. A csikó mérésekor, amennyiben lehetséges, az anyja súlyát is mérni kell. A kanca testtömege normál tenyészkonkondióban 580-650 kilogramm között az ideális. A csikó 180 napra korrigált testtömegének el kell érnie ennek 45 %-át, de az 50 %-os arány a kívánatos. Mivel hidegvérű fajtáról beszélünk, fontos szempont, hogy a selejt csikó értékesíthető legyen pecsenyecsikóként. A méretfelvételkor egy egyszerűsített küllemi bírálatra is sor kerül, mely alapján a nem kívánatos küllemi jegyekkel rendelkező csikókat nem javasolja a tenyésztésvezető továbbtenyésztésre. A kettőnél több „nem kívánatos” minősítést kapott csikó selejt minősítést kap. Mének esetében, amennyiben 1,5 éves korban nem kerültek selejtezésre, 2 éves koruktól megkezdhetik a felkészülést a ménvizsgára. Csak a könnyen és jól kezelhető, főtörzskönyvbe tartozó, vagy DNS vizsgálattal igazolt származású mén mehet vizsgára. Kétszintű ménvizsgán kell megfelelniük az egyedeknek. Központi vizsga hiányában betanításkor napló vezetését kérik a felkészítőktől, melyet be kell nyújtaniuk a ménvizsgát megelőző héten a tenyésztésvezetőnek. A ménvizsgán 3 vagy 5 tagú bizottság pontoz. Felveszik a mén méreteit, sor kerül küllemi és mozgásbírálatra. Ezt követően a fogatos munka is a bírálat részét képezi. Egyesfogatban kell pályát teljesíteni. A pályát a tenyésztésvezető hagyja jóvá. A feladat befejezését egy pulzuskontroll követi, melynek jelenleg csak adatgyűjtés a célja. A feladatok elvégzése után a pontokat összesítik és a maximálisan kapható pontszám legalább 70 %-át elérő egyedek tenyésztési engedélyt kapnak. A mén törzskönyvi számot kap és párosításra kerülhet. Csak az ilyen mén csikói vehetők fel a rekonstrukciós törzskönyvbe. A második szintű ménvizsgát a mén az első szintű ménvizsgát követő ivadékvizsgálat adatainak birtokában kezdheti meg. Ez a vizsga a feltétele annak, hogy hosszú távon és széleskörűen használható legyen a mén a fajtában. A mént ilyenkor újabb méretfelvételnek, küllemi bírálatnak és mozgásbírálatnak vetik alá. Vizsgálják továbbá a munkakészséget fogatban, nyereg alatt és húzó munkában is. A kapott pontok összesítése után a méneket Elit, I. és II. osztályba sorolják. A tenyészkancaának szánt kancacsikókat 1,5 és 2,5 éves korukban is bírálják és mérik. Tenyésztésre akkor alkalmas egy egyed, ha a megfelelő küllemi bírálati eredmények mellett könnyen kezelhető. Fontos, hogy nyugodt és barátságos legyen. Hároméves koráig be kell tanítani úgy, hogy párban fogatolható legyen, biztonságosan vagy alapszinten be kell lovagolni. A kanca 2 éves korától fedeztethető, amennyiben kifejlétkori súlya 80 %-át elérte, ami 500 kilogramm, illetve eléri a legalább 144 centiméteres marmagasságot bottal mérve. A javasolt tenyésztésbe vételi kor azonban 3 év. 3,5 évesen mindenképpen mérni és bírálni kell a kancát, ekkor történik a részletes küllemi bírálat. A küllemi bírálat mellett pontozásra kerül a viselkedés, a kezelhetőség és a használhatóság (munkakészség). A pontok összesítését követően a kancákat, a ménekhez hasonlóan osztályokba sorolják (Muraközi Ló Tenyésztéséért Egyesület, 2023).

3. A MURAKÖZI JELENE

Az évek múlásával egyre több tenyésztő csatlakozott a fajta megmentésén dolgozó szakemberek munkájához. Ez új lendületet adott a programnak és életképessé válhatott az Őrségen kívül is.



Nagyobb előrelépés 2016-ban történt a Kutatási és Génmegőrzési program segítségével. A programnak köszönhetően növekedett mind a résztvevő tenyészetek, mind a tenyészállatok száma. Ekkor már az Őrségi Nemzeti Park lólétszáma is megnövekedett annyira, hogy tudtak értékesíteni is a növendék kancacsikóikból. A következő nagy előrelépésre szerencsére nem kellett ennyit várni, hiszen 2020-ban a Fajtarekonstrukciós Tenyésztési Program keretein belül tömegesen jelentkeztek lópartók, akiknek a lovai megfeleltek és csatlakozni kívántak. A lovak hasznosítása ugyan megváltozott, de ki kell emelni, hogy még mindig vannak munkalovak az állományban. A nagyobb mezőgazdasági munkákból és a korábban népszerűségét megalapozó fuvarosmunkából ugyan kiszorult, de erdőn, háztáji és kisgazdaságokban továbbra is megállja a helyét (Kovács-Várhelyi, 2024). Az erdészeti munkáknál napjainkban a természetkímélő módszereket egyre gyakrabban alkalmazzák. 2013-ban 116 magyarországi erdőterületből 39-ben használtak lovakat erdészeti munkákhoz, ez a szám ugyan 2021-ben 24-re csökkent, de még így is számos területen szívesen alkalmaznak lovakat erre a célra (Malatinszki és mtsai., 2022). A muraközi pl. takarmány és trágya hordására is kiválóan alkalmas, de a jelen korban vérmérséklete miatt kedvelt elsősorban. Hobbilópartók számára ideális, takarmányhasznosítása kiváló és fogatos, valamint háts munkára is megfelelő. Kiváló családi ló (Kovács-Várhelyi, 2024).

Napjainkban a muraközi ló népszerűsítése elsődleges szempont a tenyésztőegyesület tagjainak és érdeke is, hiszen ez a fennmaradáshoz és gazdaságos tenyésztéshez szükséges. Az egyesület elsősorban saját költségvetéséből és pályázatokból finanszírozza a népszerűsítést. Többek közt egyesületi rendezvényekkel, weboldallal és kiadványokkal történik a reklámozás. Mindebben kimagasló szerep jut az Őrségi Nemzeti Park Igazgatóságának. A Nemzeti Park nem csak idegenforgalmi célpont, hanem lehetőséget ad a muraközi tenyészet megtekintésére és lovaskocsikázásra is (Muraközi Ló Tenyésztésért Egyesület, 2023). Népszerűsítő rendezvények közé tartozik például a Kaposvári Állattenyésztési Napok. Itt a hidegvérűek küllemi bírálatába kaphatnak betekintést az érdeklődők. A 2018-as évben a látogatók a hidegvérű lovak között 2 muraközi típusú kancát is megcsodálhattak (Baranyai, 2018). A Muraközi Ló Tenyésztésért Egyesület rendszeresen szervez Muraközi szakmai napot is. Ezekon a rendezvényeken a tenyésztők előadásokon vehetnek részt, szemügyre vehetik egymás lovait, tapasztalatot cserélhetnek. Mindehhez az Őrségi Nemzeti Park biztosítja a helyszínt (Várhelyi és Kovács-Mesterházy, 2022).

A fajta mellett továbbra is kitartó tenyésztők egyetértenek abban, hogy a könnyen kezelhető, szép megjelenésű és mozgékony lovakra lesz kereslet. Véleményüket azzal támasztják alá, hogy a szálaló erdőgazdálkodás terjedésével a fogatoslovak iránti igény is növekedni fog. Az erdészeti fogatoslónak jó munkabírásúnak és szívósnek kell lennie, a muraközi pedig kiválóan alkalmas az ilyen jellegű munkákra. Olyan helyeken teszi lehetővé a fogatlovak használata a termelést, ahol a gépesítésre nincs lehetőség vagy nem megengedhető természetvédelmi okok miatt. Példaként a skandináv államokat hozhatjuk fel, ahol az ilyen jellegű munkákra igen hasonló megjelenésű lovakat használnak és emellett igen kedveltek is. Továbbá kisebb állattartó telepeken tehermozgatásra ideális a muraközi ló. Extenzív állattartás esetén vagy hízótelepen egy nem kocsisigényes ló gazdaságosan eltartható és csikóneveléssel saját utánpótlásáról is gondoskodhat (Mihók, 2017). A régi időkben szinte elképzelhetetlen volt egy kisebb marhatartó telep ló nélkül. Ez az egykor elterjedt kisgazdaságokban betöltött szerepe napjainkban is segíthetné a muraközi az elterjedésben. Munkáját továbbra is el tudja látni a kisgazdaságokban és az egész család könnyen tud vele együtt dolgozni, nem szabad arról sem megfeledkeznünk, hogy jól tartható a szarvasmarhák között is, kiválóan megférnek együtt a legelőn. Nem véletlen, hogy napjainkban a muraközi tartók többsége szarvasmarhát tart vagy tenyészt - elsősorban magyartarkát (Rác, 2019). A hobbilovasok számának



növekedése és a lovasturizmus fellendülése pedig további lehetőségeket kínál a muraközi ló számára. Akár lovaskocsikázásról, akár tereplovaglásról vagy a család kedvencéről legyen szó. A fajta megmentésében fontos szerep jut a nemzetközi népszerűsítésnek is. A Mura mentén található négy ország, melyek felismerték a muraközi típus fontosságát és veszélyeztetettségét, nemzetközi kapcsolatok kiépítésével tesznek a fajta megmentéséért. Az első világháborút követő területfelosztás a Muravidéket feldarabolta. Egy része Ausztriához, egy része Jugoszláviához (mai Horvátország és Szlovénia) került, egy része pedig Magyarország területén maradt. Így a fajta sorsa a négy ország közös munkáján múlik. Ennek fontosságát felismerve a DAGENE (Dunamenti Állatfajták Génmegőrző Nemzetközi Egyesülete) benyújtott egy pályázatot, mely az érintett országok muraközi lóállományának felmérését és összehasonlítását célozta meg. Eredményeik rámutattak, hogy a terület feldarabolódása után a tenyésztés mindegyik országban visszaszorult. Ausztriában a típus teljesen eltűnt és napjainkban már nem érdekelt a fajtában és nem is kíván az ott tenyésztett nóri lófajtából könnyebb típust elkülöníteni, ám mindezek ellenére a genetikai töredékeket igyekeznek megtartani. Magyarországon a XXI. századra a fajta lényegében eltűnt, mind jogi, mind tenyésztői értelemben. Szerencsére a hidegvérűek között maradtak olyan egyedek, melyek megfeleltek a típusnak. Ezen egyedek génkészletének eltűnése ellen mindent meg kell tenni és a még ma is létező muraközi típust meg kell menteni (Mihók, 2017). A magyar hidegvérű állomány egyértelműen a tenyésztési programnak köszönheti fennmaradását. Az értékes gének megőrzése attól is függ, hogy mennyire tudjuk bevonni a különböző kancákat a tenyésztésbe és ezen egyedek genetikai hátterét mennyire tudjuk feltérképezni. Ebben a modern molekuláris genetikai módszerek alkalmazása lehet segítségünkre (Csizmár és mtsai., 2017). A 20. század elejéről származó feljegyzések jó leírást adnak a muraközi lovakról Szlovénia területéről. Nem csak kiemelték a fajta jelentőségét, törzskönyvet is vezettek. 1934 és 1936 között még a kancák számának növekedéséről is olvashatunk. A törzskönyvezett egyedeknek egy jól látható M (vagy m) sütése volt a nyaka bal oldalán (Potočnik és mtsai., 2011). A II. világháború éveit követően megjelent szakkönyvek egyértelműen kipuuszultként említik a muraközi lovat. Elvértve kevert állományokban még azonban megtalálható és felismerhető a típus. Horvátország kivételt képez, hiszen a mai napig törzskönyvezett állománnyal rendelkezik. Itt a táj eredeti lovának számít és nagy becsben tartják a fajtát. Sajnos az I. világháborút követően egy gyengébb állomány maradt az ország területén, amely a két világháború között nem tudott fejlődni (Mihók, 2017). A muraközi az egyike a három horvát őshonos lófajtának, melyek túléltek a gépesítés okozta veszteségeket. 2007-es adatok szerint a világon a lófajták 23 %-a veszélyeztetett, 181 fajta (11 %) pedig már el is tűnt (Ivanković és mtsai., 2010). Mindezek ellenére felismerték a fajta jelentőségét és foglalkoztak a tenyésztésével. Ennek érdekében még nemzetközi pályázatokban is részt vett a Zágrábi Egyetem és a Horvát Lótenyésztési Igazgatóság. Ki kell emelnünk azonban, hogy a húspiac igényeinek kielégítése felé fordult a tenyésztés és ennek köszönhetően egy jóval tömegesebb muraközi tenyésztése lett a cél. Még így is rendkívül alacsony a törzskönyvezett egyedek száma, mindössze hét mén és huszonegy kanca volt 2010-ben. Horvátország ebből kifolyólag egy nemzetközi törzskönyvet szeretne létrehozni a létszám növelése mellett. A felmérés során kiderült, hogy a három ország 138 kancájából alig 47 felelt meg a követelményeknek. Így a fellelhető lovak alig harmada volt alkalmas a fajtamentő programban való részvételre (Mihók, 2017).

Nem feledkezhetünk meg a népszerűsítéskor a piacról. Az elmúlt évek, különösen a közelmúltban átélt járványhelyzet jelentős változásokat hozott a világban, így a lovak iránti keresletben is. Ez a keresletben megnyilvánuló változás érthető okoknál fogva elsősorban a sportlovak esetében volt érezhető, de megmutatkozott a muraközi esetében is. Ez a növekedés a keresletben egyértelműen



magával hozta az árak emelkedését is. Szerencsére a muraközi esetében a minőségi kancákra és kancacsikókra, múltjához híven, még mindig lényegesen nagyobb a kereslet, mint amit ki tudnak elégíteni a tenyésztők. Nem ritka, hogy a csikót már a születése előtt lefoglalják. A keresletet nagymértékben növeli, hogy a kancatartókat támogatásokkal motiválják az őshonos fajták tartására. Az egy-egy kancát tartó tenyésztő ugyan nem tűnik jelentősnek a fajta fenntartása szempontjából, de a populáció méretét figyelembe véve igenis számítanak ezek a kisgazdaságok, hiszen 2023-ban mindössze 133 tenyészkanca és 17 tenyészmén volt. A muraközi ló népszerűsítésében apró, de fontos lépést jelent, hogy a Pest Vármegyei Polgárőr Szövetség lovas tagozata lát potenciált a fajtában. Ez a felhasználási mód nem csak stabil piacot jelenthet, de értékes visszajelzést is adhat az Egyesületnek. A Muraközi Ló Tenyésztéséért Egyesület 2018-as megalakulásakor a már 15 éve futó rekonstrukciós programban résztvevők egyesítését és érdekképviselét tűzte ki céljául (Kovács-Várhelyi, 2024).

Az Egyesület tagjai számára a kívánatos küllemű és származású egyedek szaporítása a cél. Ideális esetben a szaporulatból származó kancákat, melyek alkalmasak tenyésztésre az Egyesület tagjai nevelik fel és veszik tenyésztésbe. Mindez a fajta mihamarabbi elismerését és fejlődését szolgálja. Ha a tenyészállatok olyan emberek tulajdonába kerülnek, akik nem kívánják a fajtát tenyészteni, az nem szolgálja az Egyesület érdekeit, ezért ha a törzskönyvbe bekerült egyedek valamelyike bármilyen okból eladásra kerül, azt még az eladást megelőzően jelezni kell a tenyésztésvezetőnek. Ezt a lovat elsőként az egyesület tagjainak kell felkínálni megvételre, vagy meg kell próbálni olyan vevőt keresni rá, aki hajlandó csatlakozni az Egyesület programjához. Lehetőség szerint a tenyészmén jelöltek központi felvásárlására és felnevelésére kell törekedni a fajta megmentése érdekében. Ezt jelenleg az Őrségi Nemzeti Park Igazgatósága támogatja, mint állami tulajdonú ménes és ezzel a magántenyésztők ménellátásához is hozzájárul. Az Egyesület céljai között szerepel, hogy a fajtaelismerést követően veszélyeztetett fajtává is nyilvánítsák a muraközit, így az országból csak a tenyésztésvezető engedélyével szállíthatnának ki muraközit (Muraközi Ló Tenyésztéséért Egyesület, 2023).

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A muraközi ló ugyan küllemében sosem volt egységes, mindig megtalálta a helyét az ember mellett és bizonyította rátermettségét. Tájfajtaként nem tudott az ország egész területén elterjedni, ennek okai között meg kell említeni a Muraközben élő emberek érthető ragaszkodását lovaikhoz. Hiába volt hatalmas kereslet a kis- és nagytestű lovak között átmenetet képző típusra, a gazdák ragaszkodtak kancáikhoz. Ez is azt mutatja, hogy igenis értékesek ezek a lovak. Génmegőrzési szempontból a típus megmentése olyan gének megtartását jelenti, melyek a jövőben hasznosak lehetnek akár új használati módokra történő tenyésztéskor, akár rég elveszett fajták rekonstrukciósakor. Ezen gének és fajták megmentése kötelességünk, hiszen nemzeti kincsünkről beszélünk. A ló a magyar kultúra része és fajtáink végig kísérték történelmünket. A muraközi ló ugyan a kipusztuláshoz többször is vészesen közel került, mégis a mai napig többé-kevésbé jelen van. Ezt annak a kivételes tulajdonságának köszönheti, hogy képes megtalálni a helyét bármilyen korban. Erejére, szívóságára támaszkodhat, könnyű tartása a kisgazdaságok és hobbilovasok számára ideálissá teszi, így teret enged más fajtáknak a sport irányú szelekció felé és egyúttal nem kell a típust más használati módra áttenyészteni. Az elvégzett vizsgálatok és keresztezések bizonyítják, hogy a következő generáció lovasainak tanításában is megállja a helyét. Ezt szem előtt tartva a fajta népszerűsítésekor a gyerekek oktatását és lovasturizmust kell megcélózni. Egyre nő az



igény a fiatalok minőségi lovasoktatására. A szülők nem akarják gyerekeik kedvét elvenni a sporttól egy hevesebb, vagy éppen ijedős lóval. A sportra szelektált lovak sokszor nem tudják tolerálni a gyerekek aktivitását, gyakorlatlan mozdulatait. Egy kimondottan nyugodt, türelmes lóval stabil alapokat elsajátítva magabiztos és lelkes fiatal sportolókat nevelhetünk a jövőben. A lovasturizmus terjedésével pedig mind a hazai, mind a külföldi vendégek átélhetik múltunk szépségét egy muraközi lovakból álló fogaton utazva. Minderre láthatóan igény is van és a nyugodt természetű, hosszú hasznos élettartamú ló képes megfelelni a követelményeknek. Nem szabad elfeledkeznünk a beteg vagy sérült emberekről sem. Napjainkban megnőtt az igény a terápiás lovakra, hiszen egyértelmű az állat és a mozgás jótékony hatása az emberekre. Sokszor a társaság is megteszi, egy olyan partneré, ez esetben a lóé, aki nem ítélkezik. A gének megőrzése érdekében nem veszíthetjük szem elől a modern világ igényeit. Ahogy a többi hagyományos fajtánk is megtalálta a helyét, úgy a muraközi ló is képes rá. A történelme során először van lehetőség az egységesítésre. A feljegyzések megmutatják, hogy ugyan az igényeket kielégítette, egységesítés és pontosan vezetett törzskönyv nem igazán volt soha. Napjaink információ áramlása és a korabeli feljegyzések elérhetősége lehetőséget ad minderre. Az érintett országok is hajlandóságot mutatnak az információcserére és igyekeznek megmenteni a megmaradt egyedek genetikáját. Jól látható, hogy a változó körülményekhez való alkalmazkodással kisebb, nagyobb változások mutatkoztak a küllemében. Ezzel most is számolnunk kell, de az értékes gének ezzel még megőrizhetők. A sikeres tenyésztés, mely a fajta fenntartásának alapja - hiszen ha nem gazdaságos, egyetlen tenyésztő sem fogja tenyészteni a lovat - a kipróbálás. Nem csak tenyészértébecslésre van szükség, hanem a visszajelzésekre is. Mindazok tapasztalataira, véleményére, akik napi szinten dolgoznak a lovakkal. Legyenek gazdálkodók, hobbilovasok, oktatók vagy turizmussal foglalkozók. A muraközi többször bizonyította, hogy képes változni értékei megőrzése mellett és utat tör magának bármilyen korban, hiszen többször is rendkívül közel került a teljes eltűnéshez. Tudatos tenyésztéssel és a látókörünk tágításával nem csak megmenthetjük a muraközi lovat, de sikeressé, kedvelté és a mindennapjaink részévé is tehetjük. Egy olyan lovat tenyészthetünk, mely kitartását nem csak munkájában, hanem fennmaradásába is többször bizonyította. A lehetőségek adottak a tenyészállatok kipróbálására, találunk még lelkes tenyésztőket is, akik a fajtában látják a jövőt, különben nem foglalkoznának vele, hiszen a támogatásokat más fajták után is ugyanúgy megkaphatnák.

The characteristics of the Muraközi horse and its current situation in Hungary

ABSTRACT

The Muraközi horse originates from the area between the Dráva and Mura rivers. This place was a bustling trade area in the XVIII. Century where the goods were shipped in carriages and for this they needed horses with strength and good trot. Between the two world wars these horses were liked for their economical maintenance. After World War II the muraközi horse were bred under the name of the Hungarian coldblood breed but they started a separate studbook. The second half of the XX. century had changes that endangered the muraközi's subsistence. However, the importance of traditional breeds' protection appeared just in time. But in gene protection we have to highlight the importance of the type distinction. The use of horses was diverse and this is why the selection and breeding methods are also diverse. The Muraközi horses were never truly unified. In breeding an obedient and active horse's formation is the desired which has cold blooded traits. The reproductive indicators should be looked at in both mares and stallions. The preservation of the relative modesty



against feeding and maintenance circumstances is desired. During breeding the breed reconstruction program's success and genetic progress can be achieved when we use the results of the performance tests and also use purposeful and consistent selection. Nowadays the Muraközi horse's popularization is the main aspect since this is needed for the subsistence and economical breeding. In all of this the Őrségi National Park has a main role currently.

Key words: Muraközi horse, characteristic, gene protection, type, promotion

IRODALOMJEGYZÉK

- Baranyai S. (2018). Hidegvérű lovak a XII. Kaposvári Állattenyésztési Napokon. *Lovas Nemzet*, 24(11), 32-33.
- Bodó I., & Hecker W. (1998). *Lótenyésztők kézikönyve*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Bodó I., & Hecker W. (2013). *Lótenyésztés, lótartás, lóhasználat*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Csizmár N., Mihók S., Jávor A., & Kusza Sz. (2017). A magyar hidegvérű lovak genetikai diverzitás vizsgálata. *Agrártudományi közlemények*, 73, 29-34.
<https://doi.org/10.34101/actaagrar/73/1622>
- Ivanković, A., Ramljak, J., Dovc, P., & Kelava Ugarković, N. (2010). Genetic structure of three Croatian horse breeds: Implications for their conservation strategy. *Italian Journal of Animal Science*, 8, 677-689. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.677>
- Kovács-Várhelyi, V. (2024). A muraközi lóállomány és a fajta alakulása az elmúlt 20 esztendőben. *Magyar Állattenyésztők Lapja*, 29(2), 26-28.
- Malatinszky, Á., Ficsor, Cs., & Tormáné Kovács, E. (2022). Which Factors Determine the Distribution of Low-Impact Horse Logging in the Hungarian State-Owned Forests? *Forest*, 13(11), 1959. <https://doi.org/10.3390/f13111959>
- Mihók, S. (2017). *A magyar hidegvérű ló*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Monostori, K. (1894). *A muraközi ló*. Köztelek, Budapest
- Muraközi Ló Tenyésztéséért Egyesület (2023). Muraközi rekonstrukciós program. Muraközi Ló Tenyésztéséért Egyesület, Órimogyorósd
- Potočnik, K., Simčič, M., Angela, C., & Šalehar, A. (2011). Medžimurje horse population in Slovenia. *Acta Agriculturae Slovenica*, 98(2), 111-117. <https://doi.org/10.14720/aas.2011.98.2.14581>
- Rácz, K. (2019). A magyartarka és a muraközi ló. *Kistermelők lapja*, 63(2), 10-11
- Várhelyi, V. K., & Kovács-Mesterházy, Z. (2022). Muraközi: a sokoldalú családi ló. *Magyar állattenyésztők lapja*, 27(11), 36-37.

©Copyright 2024 by the Authors.

The journal is Open Access (Platinum). This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).





Az elektronikus orr fejlődése és alkalmazása: I. Az elektronikus orr története és típusai

BANA BERNADETT*, ZSÉDELY ESZTER

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Állattudományi Tanszék
Mosonmagyaróvár

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3760-8812>

Email: bana.bernadett@sze.hu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-5648>

*Corresponding author/Levelező szerző

Received/Érkezett: 2024.10.02.

Revised/Átdolgozva: 2024.10.22.

Accepted/Elfogadva: 2024.10.28.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az aromák olyan illékony vegyületek, amelyeket az emberi szaglás érzékel, és különböző minőségi értékekkel jellemezhetők. Az aromák sokféle vegyületből állnak, és ezeknek a vegyületeknek a kombinációja határozza meg az aroma egyedi tulajdonságait. A szaglás biológiai folyamat, mely során az orr receptorai érzékelik az illékony anyagokat, majd az agy feldolgozza ezeket az információkat. Bár a szaglásnak vannak sajátos korlátai, mint például a szubjektivitás és a reprodukálhatóság nehézségei, az elektronikus-orr rendszerek fejlesztése fontos az aromák elemzésében és az illatok azonosításában. Az elektronikus-orr különböző típusai különböző érzékelő anyagok reakcióján alapulnak a kémiai gőzökkel. A legelterjedtebb típusok közé tartoznak a fém-oxid félvezető (MOS) érzékelők, a vezető polimerek (CP) és az akusztikus hullám érzékelők. Az elektronikus orr fejlődésével együtt járó adatelemzési módszereknek kulcsfontosságú szerepük van az illatok és szagok érzékelésében és azok értelmezésében. Az elektronikus orr-ok adatelemzésének fejlődése jelentős előrelépést jelent az illatok és szagok értelmezésében, és hozzájárul széles körű alkalmazásához az iparban és a kutatásokban.

Kulcsszavak: aromák, szaglás, elektronikus-orr rendszerek, adatelemzés

1. AZ AROMÁK TÍPUSAI

Az illatok a szaglás által érzékelhető, levegőben jelenlévő illékony vegyületek egyszerűtől az összetettig terjedő keverékei. Az aromákat illatoknak vagy szagoknak nevezik, ami egy adott aroma kellemességére vagy kellemetlenségére vonatkozik. Egyes aromák egyetlen kémiai vegyületből állnak, míg más aromákat több vegyület alkot. Általában az illatok százféle különböző vegyületből állnak, mindegyikük hozzájárulva az illat egyedi tulajdonságaihoz és jellemzőihez. A vegyületek relatív mennyiségében bekövetkező finom változások gyakran érzékelhetők az emberi orr számára, mint illatváltozás, míg az illatmentes anyagok változásai nem érzékelhetők. Az elektronikus-orr előnye, hogy olyan illatmentes vegyületeket is érzékel, amelyeket az emberi orr nem képes (Wilson



és Baietto, 2009). Például baktériumok által kibocsátott illékony vegyületeket, robbanószeres kipárolgását, még akkor is, ha nagyon alacsony koncentrációban vannak jelen, amit az emberi orr nem tud érzékelni.

Az aromák általában négy mérhető minőségi értékkel jellemezhetők: küszöbérték, intenzitás, minőség és élvezeti érték. A küszöbértéket az a legkisebb koncentráció, ahol az ember érzékelni tudja az aroma jelenlétét, melyet úgy határoznak meg, hogy az aromát olyan mértékben hígítják, amelynek hatására a tesztelők 50%-a már nem érzékeli az aromát (Yuwono és Lammers, 2004). Az intenzitás az aroma érzékelhető erősségére utal, és a koncentráció függvényében növekszik. A minőség az illat leírására szolgál, általánosan használt szavak használatával fejezi ki az aromát azáltal, hogy ismert anyagok aromaminőségeihez hasonlítja. McGinley és McGinley (1998) nyolc aromacsoportot javasolt az alábbiak szerint:

1. földes aromák (dohos, penészes, pézsmá, állott, füves, gyógynövényes, fás)
2. virágos aromák (illatos, virágos, eukaliptusz, levendula)
3. gyümölcsös aromák (narancs, citrom, alma, körte, ananász, eper)
4. fűszeres aromák (fahéj, menta, hagyma, fokhagyma, bors, szegfűszeg, vanília, mandula, fenyő)
5. halas aromák (hal, garnélarák)
6. szennyvíz aromák (rothadó, avas, kénes, rothadt, bomlott, bűzös, savanyú, égetett, mocsaras)
7. gyógyhatású aromák (fertőtlenítőszer, fenol, kámfor, szappan, ammónia, alkohol, éter)
8. kémiai aromák (oldószer, aromás, lakk, terpentin, petróleum, kátrány, olajos, műanyag)

A hedonikus (élvezeti) értékelés az aroma viszonylagos kellemességéhez vagy kellemetlenségéhez kapcsolódik számszerűsíthető értékekkel, amelyek kellemestől a kellemetlenig terjednek.

Az aromás vegyületek általában viszonylag alacsony molekulatömeggel rendelkeznek, amelyek 30 és 300 Da (Da: Dalton, egy egység, amit a molekulák és atomok tömegének mérésére használnak) között változnak. Szobahőmérsékleten az ennél nehezebb molekuláknak általában túl alacsony a gőznyomása ahhoz, hogy aromásak legyenek.

2. SZAGLÁS, A KÖRNYEZET MEGÉRTÉSÉNEK KÉMIAI ÚTJA/ BIOLÓGIAI SZAGLÁS

A szaglás és a kémiai mérések közötti kapcsolat megértéséhez szükség van a biológiai szaglás megértésére.

Az érzékszervek információs csatornaként szolgálnak az emlősök számára. A látás, a hallás és a tapintás mellett két kémiai érzékszervet különböztetünk meg, a szaglást és az ízlelést. A szaglás alapvető élettani funkció, amely a kémiai érzékelésen alapul. Az egysejtű szervezetek is képesek kémiai érzékelésre, melynek során a sejthártyájukban található receptorok segítségével tájékozódnak a környezetben lévő kémiai anyagok koncentrációjáról. A szaglás és az ízlelés az ősi kémiai érzékelés származékai (Sell, 2014). A szagokat az anyagok molekulái váltják ki, de maguknak a molekuláknak nincs szaguk. Az ízlelésérzék a táplálékkal kapcsolatos információkat a szájból (a nyelven lévő receptorok), a szaglásérzék a levegőben lévő illékony anyagokról az orrból kapja. A szaglás egy összetett folyamat eredménye, amelyben az orrban lévő receptorokat bizonyos anyagok ingerlik, majd az agyba jutva szagérzetet eredményeznek (Manguele és Merlo, 2023). Ennek a mechanizmusnak a felfedezése Richard Axel és Linda B. Buck nevéhez fűződik, amiért 2004-ben Nobel-díjat kaptak. Az állatok érzékszerveiken keresztül információkat kapnak környezetükről, melyek érzékenysége nagyban függ az életkörülményektől, és jelentős különbségeket mutat az állatfajok között. A szaglóképesség az idők során változott, és a fajokon belül is megfigyelhetők különbségek. A szaglás nem egy olyan kémiai érzékelési folyamat, amely a levegőben lévő összes



illékony összetevő azonosításra alkalmas, hanem nagyon szelektív, és csak bizonyos információtartalmú illékony anyagokra érzékeny (Doty, 2015).

Az illat benyomásának másik tulajdonsága az illatra adott érzelmi reakció. Ha kellemes szagot kapunk, az erős reakcióra ösztönöz, pl. étkezés utáni vágyat. Ezzel szemben a nagyon kellemetlen szagok, amelyek például romlott ételhez vagy akár veszélyes helyzethez kapcsolódnak, elutasítást eredményezhetnek. Egy veszélyes helyzet és jól ismert példa a szén-monoxid "szaga". A szag benyomásának harmadik dimenziója az intenzitás. Ez a dimenzió segít a mennyiségek értékelésében, például egy szagforrás távolságának vagy egy gyümölcs érettségi fokának megítélésében (Boeker, 2014). Ezért nem meglepő, hogy a gyümölcsök érettségét jelző illóanyagok fontos szaganyagok alacsony szagküszöbértékkel (Goff és Klee, 2006; El Hadi és mtsai., 2013). Ugyanez igaz a veszélyeket jelző illóanyagokra is. Minden vadász széllel szemben lopakodik, mert különben a zsákmányállat a vadász által kibocsátott illóanyagokon keresztül megérzi a veszélyt. A szaglás informatív jellegét a szag benyomása és a tárgyak vagy helyzetek egy osztályába való besorolása közötti szoros kapcsolat képviseli. Megtapasztaljuk az alma, a rózsa, a záptojás vagy az újonnan nyírt gye szagát. A szagfelvétel elsősorban az osztályba sorolást jelenti (Weierstall és Pause, 2012).

Az emberi érzékszervek hátrányai közé tartozik a szubjektivitás, a csekély reprodukálhatóság (például az eredmények ingadoznak az idő, az egészségi állapot, és a fáradtság függvényében), a magas munkaerőköltség, az adaptáció (kevesebb érzékenység hosszú ideig tartó illatoknak való kitettség esetén). Emellett az embereket nem lehet felhasználni a veszélyes szagok érzékelésére sem (Winchester és Martyn, 2020).

Olyan problémák, mint a magas költségek, a minták munkaigényes előkészítése és a hosszú vizsgálati idő azoknak az eszközöknek az alkalmazásában is megjelennek, mint a nagy teljesítményű HPLC, azaz nagy teljesítményű folyadékkromatográfiás eljárás (High Performance Liquid Chromatography vagy High Pressure Liquid Chromatography), amelyek meghatározzák minden anyag szagának jellemzőit.

Ezek a hátrányok vezettek az úgynevezett elektronikus orr rendszer kifejlesztéséhez (Nagle és mtsai., 1998; Battacharyya és Bandhopadhyay, 2010).

3. AZ ELEKTRONIKUS ORR FEJLŐDÉSE

Az 1920-as években végezték el az első aroma mérésekkel kapcsolatos vizsgálatokat, ahol finom vízpermet elektromos tulajdonságait mérték és megállapították, hogy az illékony anyagok hozzáadása növelte a permet elektromosságát. Ezt kis mennyiségű aromás vegyület jelenlétének érzékelésére lehetett használni (Hogewind és Zwaardemaker, 1919). Az aromák mérésére az első valódi eszközt 1954-ben fejlesztették ki az Egyesült Államokban. Ebben érzékelő elemként egy egyszerű 0,8 mm átmérőjű platina huzalt használtak, amely az áramlás mértékét egy érzékeny millivoltmérővel mérte (Hartman, 1954).

Különböző bevonatanyagok, például polivinil-klorid, zselatin és növényi zsírok képesek lehetnek különböző adatokat szolgáltatni az egyszerű és bonyolult aromák megkülönböztetéséhez. Moncrieff (1961) feltételezte, hogy egy hat termisztoros tömb, hat különböző bevonattal ellátva, nagyszámú különböző aromát képes megkülönböztetni. Dravnieks és Trotter (1965) a kontakt potenciál átvitelét használta az aromák monitorozására. Buck és mtsai. (1965) a vezetőképesség átvitelét vizsgálták aromák megkülönböztetésére. Ezeket a vizsgálatokat csak az aromák értékelésében első megközelítésnek tekintették az analitikai eszközök hiánya miatt.

Azonban Persaud és Dodd (1982) valamint Ikegami és Kaneyasu (1985) vizsgálatai révén létrejött az intelligens kémiai tömbérzékelő rendszerrel ellátott elektronikus orr eszközének koncepciója az aroma osztályozásához. Ekkorra már a számítógépek és az elektronikus érzékelők fejlesztése lehetővé tette egy olyan elektronikus eszköz létrehozását, amely képes az emlősök szaglórendszerét utánozni.

Gardner és Bartlett 1988-ban megalkotta az elektronikus-orr kifejezést, amit később úgy határoztak meg, mint olyan műszer, amely egy elektronikus kémiai érzékelőt tartalmaz, részleges specifitással és megfelelő mintázatfelismerő rendszerrel, és amely képes egyszerű vagy összetett szagok felismerésére (1. ábra).



1. ábra: Az e-orr és az emberi orr közötti kapcsolat

Forrás: Saját szerkesztés

4. AZ ELEKTRONIKUS ORR TÍPUSAI

Az elektronikus orr típusait az különbözteti meg, hogy milyen anyagok vesznek részt az érzékelésben. A gázok ugyanis reakcióba lépnek az érzékelő anyagokkal, ami vezetőképességet eredményez. A vezetőképesség mérése az érzékelő kimeneti feszültségének mérésével történik, és a kimeneti feszültség mintázatát olyan paraméterekkel jellemzi, mint a feszültségcsúcs, a válaszidő és a helyreállítási idő. Az érzékelő anyagoktól függően a gázérezkelőket több típusba sorolhatjuk: vezető polimerek (CP: intrinsically conducting polymer, ICP), a fém-oxid félvezetők (MOS: metal



oxide semiconductor), a kvarckristályos mikromérlegek (QCM: quartz crystal microbalance) és a felületi akusztikus hullám (SAW: surface Acoustic Waves) érzékelők (Tan és Xu, 2020).

5. FÉM-OXID FÉLVEZETŐ (MOS) ÉRZÉKELŐK

A MOS a legszélesebb körben használt technológia az elektronikus orrokhhoz. A MOS leggyakoribb érzékelőanyagai fém-oxidok vagy félvezető anyagok (ón-dioxidok, cink-oxidok, vas-oxidok, titán-dioxid, nikkel-oxid, kobalt-oxid). Az érzékelő anyagokat kerámia hordozóra viszik fel. Az eszköz fűtőelemmel is rendelkezik (Burgués és Marco, 2018). Az érzékelő anyagok típusától függően (redukciós vagy oxidációs) kétféle gázérezékelőtípus létezik: n-típusú érzékelők (cink-, ón- vagy vas-oxidokból készülnek), amelyek elsősorban redukáló vegyületekre reagálnak, és p-típusú érzékelők (nikkel-oxidokból vagy kobalt-oxidokból készülnek), amelyek elsősorban oxidáló vegyületekre reagálnak (Nazemi és mtsai., 2019).

A MOS gázérezékelők érzékenyek a hidrogénre és a telítetlen szénhidrogénekre vagy hidrogénatomokat tartalmazó oldószergőzökre (Dey, 2018). A MOS szenzorokkal kimutatható az élelmiszerekből származó illékony vegyületek, az alkoholok (pl. etanol), a szerves savak (pl. ecetsav és vajsav), a szulfidok (pl. dimetil-szulfid), az észterek (pl. etil-észter), az aldehidek (pl. benzaldehid) és a ketonok (pl. aceton) (Pacioni és mtsai., 2014; Tan és Kerr, 2018).

A MOS-érezékelők hátránya, hogy az eszköznek 150 és 400 °C közötti hőmérsékleten kell működni, ezért jelentős mennyiségű energiát fogyasztanak, hosszú időre van szükségük a felmelegítéshez, mielőtt a méréseket el lehet végezni (Nazemi és mtsai., 2019).

6. VEZETŐ POLIMEREK (CP) ÉRZÉKELŐK

A CP szigetelő polimer mátrixba szórt vezető részecskékből (pl. polipirrolból, polianilinból és politiofénből) állnak (Megha és mtsai., 2018). Amikor az érzékelő anyagok kémiai gőzöknek vannak kitéve, a reakciók az érzékelő anyagok és a kémiai gőzök között elektronok átvitelével jár, ami megváltoztatja az ellenállást (doppingolás). A CP-k jó érzékenységgel rendelkeznek számos élelmiszer illékony vegyületére (pl. a körtéből származó aldehidek), az élelmiszer megromlásából származó vegyületekre (Matindoust és mtsai., 2017), az italokból származó alkoholokra (Péres és mtsai., 2012) és a romlott marhahúshoz kapcsolódó vegyületekre (Khot és mtsai., 2011). A CP érezékelők a MOS-érezékelők után a második legszélesebb körben használt érezékelők (Dey, 2018).

A CP-érezékelő tömbök fő hátránya, hogy érzékenyek a nedvességre, és a MOS-érezékelőkhöz hasonlóan működésükhöz magas üzemi hőmérsékletet igényelnek (Megha és mtsai., 2018).

7. AKUSZTIKUS HULLÁM ÉRZÉKELŐK

Az akusztikus hullámszenzor (acoustic wave sensor) egy érezékelő anyaggal (polimer film) bevont piezoelektromos szubsztrátról (pl. kvarckristály), és két interdigitális átalakítóból (egy bemeneti és egy kimeneti) áll (Go és mtsai., 2017). A piezoelektromos szubsztrát feszültség által indukált nyírási vagy kompressziós deformációja akusztikus hullámokat generál, és a hullámok terjednek a szubsztráton keresztül. Kétféle akusztikus hullám-gáz érezékelő létezik, az akusztikus hullám jelátalakító (BAW: a bulk acoustic wave transducers) és a felületi akusztikus hullám jelátalakító (SAW: surface Acoustic Waves) (Go és mtsai., 2017). A hordozó felületén terjedő akusztikus hullámot SAW-nak, míg a hordozón keresztül terjedő hullámot BAW-nak nevezzük.



A kompatibilis analit és az érzékelő anyag közötti reakció hatására az érzékelő gázérzékeny membránjának tömege megváltozik, ami a felületi akusztikus hullám átalakító (SAW) sebességének és csillapításának változását okozza.

A SAW gázérzékelőket az élelmiszer-kórokozók és romlások gyors kimutatására használták (Kordas és mtsai., 2016; Lamanna és mtsai., 2020; Xu és Yuan, 2019). Az olívaolajokból, növényi olajokból és kókuszolajokból származó illékony anyagokat, köztük a szerves savakat (pl. ecetsav, propánsav, pentánsav és hexánsav), etil-acetátot és hexánált szilárd fázisú mikroextrakcióval (SPME) összekapcsolt SAW-gázérzékelő segítségével számszerűsítették (Marina és mtsai., 2010). A SAW-érzékelőkhöz hasonlóan a BAW-gázérzékelők is széles körben alkalmazhatók az élelmiszerekben található illékony anyagok meghatározására. QCM szenzorokat használtak a fekete tea fermentációs folyamatából származó tea aromák (pl. linalool, geraniol, linalool-oxid, metil-szalicilát és transz-2-hexenál) kimutatására (Sharma és mtsai., 2015). A szenzort a kínai birs és a kivi frissességének meghatározására is használták (Yen és Yao 2018, Zheng és mtsai., 2016).

Bár mind a QCM, mind az SW jó pontossággal, nagy érzékenységgel és változatos célgázokkal rendelkezik, az érzékelőknek még mindig vannak bizonyos korlátai. A QCM érzékelők például bonyolult áramkörrel rendelkeznek, rossz a jel-zaj viszonyuk, és a nedvesség befolyásolhatja őket (Länge, 2019).

8. ADATELEMZÉS

Az elektronikus orr érzékelők által generált digitális kimeneteket elemezni és értelmezni kell ahhoz, hogy hasznos információkkal szolgáljanak. Az elemzési technikák három fő kategóriába sorolhatók az alábbiak szerint (Schaller és mtsai., 1998):

1. Grafikus elemzések: oszlopdiaagram, ábrák;
2. Többváltozós adatelemzések (MDA: multivariate data analyses): főkomponens-elemzés (PCA: principal component analyses), kanonikus diszkriminancia-elemzés (CDA: canonical discriminate analyses), (FW: featured within) és klaszterelemzés (CA: cluster analyses);
3. Hálózati elemzések: mesterséges neurális hálózat (ANN: artificial neural network) és radiális alapfüggvény (RBF: radial basis function).

Az alkalmazott módszer kiválasztása az érzékelőkből származó, rendelkezésre álló bemeneti adatok típusától és a keresett információ típusától függ.

Az adatcsökkentés legegyszerűbb formája a grafikus elemzés, amely alkalmas a minták vagy az ismeretlen aromaazonosító elemek összehasonlítására a referenciák ismert forrásaihoz képest.

A többváltozós adatelemzés egynél több változót tartalmazó adathalmazok elemzésére szolgáló technikák összességét foglalja magában, és két vagy három dimenzióban ábrázolhatók. Az elektronikus-orr adatok elemzésénél az MDA hasznos, ha az érzékelők részleges lefedettségű érzékenységgel rendelkeznek a mintakeverékben jelen lévő egyes vegyületekre. A többváltozós elemzést nem felügyelt vagy felügyelt technikákra lehet osztani.

A nem felügyelt technikákat akkor használják, ha korábban nem építettek ki ismert mintákból álló adatbázist, ezért nem szükséges és nem is célja magának a mintának a felismerése, hanem a különböző ismeretlen minták összehasonlítása, megkülönböztetése. A legegyszerűbb és legszélesebb körben használt nem felügyelt MDA-technika a főkomponens-elemzés. A PCA akkor a leghasznosabb, ha nem áll rendelkezésre ismert minta, vagy ha a minták vagy változók közötti rejtett kapcsolatok gyanúja merül fel. Ezzel szemben a felügyelt tanulási technikák az ismeretlen mintákat ismert minták vagy ismert tulajdonságokkal rendelkező minták készleteinek jellemzői alapján



osztályozzák, amelyeket általában egy referencia adatbázisban tartanak fenn, amelyhez az elemzés során hozzáférnek (Jolliffe és Cadima, 2016). A CDA segíthet az illatok és szagok osztályozásában és azonosításában, különösen akkor, ha többféle illatot kell egyszerre elemezni (Jia és mtsai., 2024). Az FW elemzésnél jellemzők kiválasztása fontos, mivel az érzékelők által gyűjtött adatokból ki kell választani azokat a jellemzőket, amelyek a legjobban reprezentálják az adott illatot vagy szagot (Wilson és Baietto, 2009). A CA segíthet az illatok és szagok csoportosításában, ami megkönnyíti azok azonosítását és osztályozását (Shi és mtsai., 2018).

A mesterséges neurális hálózat (ANN) a legismertebb és legfejlettebb elemzési technika, amelyet a kereskedelmi forgalomban kapható elektronikus-orroknál használnak. Az emberi agy kognitív folyamatait utánozva egymással párhuzamosan működő, összekapcsolt adatfeldolgozó algoritmust tartalmaz. Különböző tréning módszereket alkalmaznak olyan mintafelismerő algoritmusokon keresztül, amelyek hasonlóságokat és különbségeket keresnek a referencia adatbázisban található ismert aromainták azonosítási elemei között. A betanítási folyamat a rendszer betanításához ismert minták diszkrét mennyiségű adatát igényli, és nagyon hatékony az ismeretlen minták ismert referenciákkal való összehasonlításában (Hodgins, 2020). Az ANN-adatelemzés eredménye általában a mintában található azonosító elemek és a referencia adatbázisban található ismert forrásokból származó aromainták azonosítására szolgáló elemek százalékos egyezésének formájában jelenik meg. Az RBF (Radial Basis Function) hálózatok gyakran használatosak az elektronikus orroknál a szagok észlelésére és osztályozására. Ezek a hálózatok képesek a szagok komplex mintázatainak felismerésére és azonosítására, ami lehetővé teszi az elektronikus orr számára, hogy pontosan és megbízhatóan működjön (Zou és mtsai., 2014).

9. AZ ELEKTRONIKUS ORROK FEJLŐDÉSÉNEK JÖVŐBELI LEHETŐSÉGEI

Az elektronikus orr-ok fejlődésének főbb célkitűzései közé tartozik a pontosság növelése, a különböző illatok és szagok egyidejű észlelésének és megkülönböztetésének fejlesztése, a miniatürizálás és hordozhatóság elősegítése, a gyorsabb reakcióidő elérése, valamint az alkalmazási területek bővítése. Az e-orr-ok egyre kisebb méretűek lesznek, ami lehetővé teszi a beépítésüket különböző hordozható eszközökbe, például mobiltelefonokba. Az elektronikus orr-ok fejlesztése során törekednek a gyorsabb reakcióidő elérésére, ami lehetővé teszi az illatok és szagok gyorsabb észlelését és azonnali visszajelzést biztosít. Az e-orr-okat egyre szélesebb körben alkalmazzák az élelmiszeriparban, az egészségügyben, az iparban és a környezetvédelemben, valamint az új területeken, például az okos otthonokban és az autóiparban is. Ezek a tendenciák arra utalnak, hogy az elektronikus orr-ok egyre fontosabb szerepet fognak játszani számos iparágban és alkalmazási területen a jövőben. Az elektronikus-orr lehetőségeinek maximális kihasználása és a jelenlegi kihívások leküzdése érdekében elengedhetetlenül fontos az érzékelőtechnológia, az adatelemzés, valamint más tudományterületek (orvostudomány, élelmiszertudomány) közötti interdiszciplináris együttműködés.

10. KÖVETKEZTETÉS

Az elektronikus orr technológiák sokfélesége lehetővé teszi a különböző alkalmazási területeken való felhasználást, az élelmiszeripartól kezdve a környezetvédelemig. A fém-oxid félvezetők (MOS) széles körben elterjedtek, mivel érzékenyek a hidrogénre és a telítetlen szénhidrogénekre, bár magas üzemi hőmérsékletet igényelnek. A vezető polimerek (CP) szintén népszerűek, különösen az élelmiszeriparban, de érzékenyek a nedvességre. Az akusztikus hullám érzékelők (SAW és BAW)



pedig a piezoelektromos tulajdonságaik révén különösen hasznosak a gázok kimutatásában. Minden típusnak megvannak a maga előnyei és hátrányai, amelyek meghatározzák, hogy melyik alkalmazásban a leghatékonyabbak. Az elektronikus orrok fejlődése folyamatos, és a jövőben még pontosabb és megbízhatóbb érzékelőkre számíthatunk.

Az elektronikus orrok különböző típusai különböző előnyökkel és hátrányokkal rendelkeznek, amelyek meghatározzák, hogy melyik alkalmazásban a leghatékonyabbak. A fém-oxid félvezetők (MOS) például széles körben elterjedtek, mivel érzékenyek a hidrogénre és a telítetlen szénhidrogénekre, bár magas üzemi hőmérsékletet igényelnek. A vezető polimerek (CP) szintén népszerűek, különösen az élelmiszeriparban, de érzékenyek a nedvességre. Az akusztikus hullám érzékelők (SAW és BAW) pedig a piezoelektromos tulajdonságaik révén különösen hasznosak a gázok kimutatásában. Minden típusnak megvannak a maga előnyei és hátrányai, amelyek meghatározzák, hogy melyik alkalmazásban a leghatékonyabbak. Az elektronikus orrok fejlődése folyamatos, és a jövőben még pontosabb és megbízhatóbb érzékelőkre számíthatunk.

Az elektronikus orrok különböző típusai különböző előnyökkel és hátrányokkal rendelkeznek, amelyek meghatározzák, hogy melyik alkalmazásban a leghatékonyabbak. A fém-oxid félvezetők (MOS) például széles körben elterjedtek, mivel érzékenyek a hidrogénre és a telítetlen szénhidrogénekre, bár magas üzemi hőmérsékletet igényelnek. A vezető polimerek (CP) szintén népszerűek, különösen az élelmiszeriparban, de érzékenyek a nedvességre. Az akusztikus hullám érzékelők (SAW és BAW) pedig a piezoelektromos tulajdonságaik révén különösen hasznosak a gázok kimutatásában. Minden típusnak megvannak a maga előnyei és hátrányai, amelyek meghatározzák, hogy melyik alkalmazásban a leghatékonyabbak. Az elektronikus orrok fejlődése folyamatos, és a jövőben még pontosabb és megbízhatóbb érzékelőkre számíthatunk.

A cikk következő részében részletesen ismertetjük az elektronikus orr használatát, különös hangsúlyt fektetve a mezőgazdasági és takarmányozási alkalmazására.

Evolution and applications of the electronic nose: I. History and types of electronic nose

ABSTRACT

Flavourings are volatile compounds that are perceived by the human sense of smell and can be characterised by different qualities. Flavourings are made up of many different compounds and it is the combination of these compounds that determines the unique properties of the flavour. Smell is a biological process in which the receptors in the nose detect volatile compounds and the brain processes this information. Although olfaction has inherent limitations, such as subjectivity and difficulty of reproducibility, the development of electronic-nose systems is important for the analysis of aromas and the identification of scents. Different types of electronic nose are based on the reaction of different sensing materials with chemical vapours. The most common types include metal oxide semiconductor (MOS) sensors, conductive polymers (CP) and acoustic wave sensors. Data analysis methods, which have evolved with the development of the electronic nose, play a key role in the detection and interpretation of odours and smells. The development of data analysis in electronic noses represents a significant advance in the interpretation of odours and smells and contributes to their widespread application in industry and research.

Keywords: aromas, olfaction, electronic nose systems, data analysis



IRODALOMJEGYZÉK

- Bhattacharyya, N., & Bandhopadhyay, R. (2010). Electronic nose and electronic tongue. In *Nondestructive Evaluation of Food Quality: Theory and Practice* (pp. 73-100). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15796-7_4
- Buck, T. M., Allen, F. G., & Dalton, J. V. (1965). Detection of chemical species by surface effects on metals and semiconductors. Murray Hill, NJ, USA: Bell Telephone Laboratories.
- Burgués, J., & Marco, S. (2018). Low power operation of temperature-modulated metal oxide semiconductor gas sensors. *Sensors*, *18*(2), 339. <https://doi.org/10.3390/s18020339>
- Dey, A. (2018). Semiconductor metal oxide gas sensors: A review. *Materials science and Engineering: B*, *229*, 206-217. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2017.12.036>
- Doty, R. L. (2015). *Handbook of olfaction and gustation*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118971758>
- Dravnieks, A., & Trotter, P. J. (1965). Polar vapour detector based on thermal modulation of contact potential. *Journal of Scientific Instruments*, *42*(8), 624. <https://doi.org/10.1088/0950-7671/42/8/335>
- El Hadi, M. A. M., Zhang, F. J., Wu, F. F., Zhou, C. H., & Tao, J. (2013). Advances in fruit aroma volatile research. *Molecules*, *18*(7), 8200-8229. <https://doi.org/10.3390/molecules18078200>
- Gardner, J. W., & Bartlett, P. N. (1994). A brief history of electronic noses. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *18*(1-3), 210-211. [https://doi.org/10.1016/0925-4005\(94\)87085-3](https://doi.org/10.1016/0925-4005(94)87085-3)
- Go, D. B., Atashbar, M. Z., Ramshani, Z., & Chang, H. C. (2017). Surface acoustic wave devices for chemical sensing and microfluidics: a review and perspective. *Analytical methods*, *9*(28), 4112-4134. <https://doi.org/10.1039/C7AY00690J>
- Goff, S. A., & Klee, H. J. (2006). Plant volatile compounds: sensory cues for health and nutritional value? *Science*, *311*(5762), 815-819. <https://doi.org/10.1126/science.1112614>
- Hartman, J. (1954). A possible objective method for the rapid estimation of flavors in vegetables. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, *64*, 335-342.
- Hawkes, C. H., & Doty, R. L. (2009). *The neurology of olfaction*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511575754>
- Hodgins, D. (2020). The electronic nose: sensor array-based instruments that emulate the human nose. In *Techniques for analyzing food aroma* (1st ed., pp. 331-371). CRC Press.
- Hogewind, F., & Zwaardemaker, H. (1920). On spray-electricity and waterfall-electricity. *KNAW Proc*, *22*, 429-437.
- Ikegami, A., & Kaneyasu, M. (1985). Olfactory detection using integrated sensors. *Digest of Technical Papers, Transducers*, *85*, 136-139.
- Jia, P., Li, X., Xu, M., & Zhang, L. (2024). Classification techniques of electronic nose: a review. *International Journal of Bio-Inspired Computation*, *23*(1), 16-27. <https://doi.org/10.1504/IJBIC.2024.136224>
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical transactions of the royal society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *374*(2065), 20150202. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Khot, L. R., Panigrahi, S., & Lin, D. (2011). Development and evaluation of piezoelectric-polymer thin film sensors for low concentration detection of volatile organic compounds related to food safety applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *153*(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2010.05.043>



- Kordas, A., Papadakis, G., Milioni, D., Champ, J., Descroix, S., & Gizeli, E. (2016). Rapid Salmonella detection using an acoustic wave device combined with the RCA isothermal DNA amplification method. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 11, 121-127. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2016.10.010>
- Länge, K. (2019). Bulk and surface acoustic wave sensor arrays for multi-analyte detection: A review. *Sensors*, 19(24), 5382. <https://doi.org/10.3390/s19245382>
- Lamanna, L., Rizzi, F., Bhethanabotla, V. R., & De Vittorio, M. (2020). Conformable surface acoustic wave biosensor for E-coli fabricated on PEN plastic film. *Biosensors and Bioelectronics*, 163, 112164. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112164>
- Manguale, P., & Merlo, E. (2023). Chemical senses: taste and smell. Introduction to Biological Psychology. University of Sussex.
- Marina, A. M., Che Man, Y. B., & Amin, I. (2010). Use of the SAW sensor electronic nose for detecting the adulteration of virgin coconut oil with RBD palm kernel olein. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87(3), 263-270. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1492-2>
- Matindoust, S., Baghaei-Nejad, M., Abadi, M. H. S., Zou, Z., & Zheng, L. R. (2016). Food quality and safety monitoring using gas sensor array in intelligent packaging. *Sensor Review*, 36(2), 169-183. <https://doi.org/10.1108/SR-07-2015-0115>
- McGinley, C. M., & McGinley, M. A. (1998). Odor quantification methods & practices at MSW landfills. In Proceedings of Air and Waste Management Association 91st Annual Meeting and Exhibition San Diego, CA: 14-18 June 1998.
- Megha, R., Ali, Farida, A. A., Ravikiran, Y. T., Ramana, C. H. V. V., Kirian Kumar, A. B. V., Mishra, D. K., Vijayakumari, S. C. & Kim, D. (2018). Conducting polymer nanocomposite based temperature sensors: A review. *Inorganic Chemistry Communications*, 98, 11-28. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2018.09.040>
- Moncrieff, R. W. (1961). An instrument for measuring and classifying odors. *Journal of applied physiology*, 16(4), 742-749. <https://doi.org/10.1152/jappl.1961.16.4.742>
- Nagle, H. T., Gutierrez-Osuna, R., & Schiffman, S. S. (1998). The how and why of electronic noses. *IEEE Spectrum*, 35(9), 22-31. <https://doi.org/10.1109/6.715180>
- Nazemi, H., Joseph, A., Park, J., & Emadi, A. (2019). Advanced micro-and nano-gas sensor technology: A review. *Sensors*, 19(6), 1285. <https://doi.org/10.3390/s19061285>
- Pacioni, G., Cerretani, L., Procida, G., & Cichelli, A. (2014). Composition of commercial truffle flavored oils with GC-MS analysis and discrimination with an electronic nose. *Food chemistry*, 146, 30-35. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.016>
- Persaud, K., & Dodd, G. (1982). Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose. *Nature*, 299(5881), 352-355. <https://doi.org/10.1038/299352a0>
- Péres, L. O., Li, R. W., Yamauchi, E. Y., Lippi, R., & Gruber, J. (2012). Conductive polymer gas sensor for quantitative detection of methanol in Brazilian sugar-cane spirit. *Food Chemistry*, 130(4), 1105-1107. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.014>
- Schaller, E., Bosset, J. O., & Escher, F. (1998). 'Electronic noses' and their application to food. *LWT-Food Science and Technology*, 31(4), 305-316. <https://doi.org/10.1006/fstl.1998.0376>
- Sharma, P., Ghosh, A., Tudu, B., Sabhapondit, S., Baruah, B. D., Tamuly, P., & Bandyopadhyay, R. (2015). Monitoring the fermentation process of black tea using QCM sensor based electronic nose. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 219, 146-157. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.05.013>



- Shi, H., Zhang, M., & Adhikari, B. (2018). Advances of electronic nose and its application in fresh foods: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(16), 2700-2710. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1327419>
- Sell, C. S. (2014). *Chemistry and the Sense of Smell*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118522981>
- Tan, J., & Kerr, W. L. (2019). Characterizing cocoa refining by electronic nose using a Kernel distribution model. *Lwt*, 104, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.028>
- Tan, J., & Xu, J. (2020). Applications of electronic nose (e-nose) and electronic tongue (e-tongue) in food quality-related properties determination: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 104-115. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2020.06.003>
- Wilson, A. D., & Baietto, M. (2009). Applications and advances in electronic-nose technologies. *Sensors*, 9(7), 5099-5148. <https://doi.org/10.3390/s90705099>
- Winchester, R. L., & Martyn, K. (2020). Could early identification of changes in olfactory function be an indicator of preclinical neurodegenerative disease? A systematic review. *Neurology and Therapy*, 9, 243-263. <https://doi.org/10.1007/s40120-020-00199-z>
- Weierstall, R., & Pause, B. M. (2012). Development of a 15-item odour discrimination test (Düsseldorf Odour Discrimination Test). *Perception*, 41(2), 193-203. <https://doi.org/10.1068/p7113>
- Xu, Z., & Yuan, Y. J. (2019). Quantification of *Staphylococcus aureus* using surface acoustic wave sensors. *RSC advances*, 9(15), 8411-8414. <https://doi.org/10.1039/c8ra09790a>
- Yen, T. Y., & Yao, D. J. (2018). Freshness detection of kiwifruit by gas sensing array based on surface acoustic wave technique. In *2018 IEEE 13th Annual International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (NEMS)* (pp. 98-101). IEEE, Singapore. <https://doi.org/10.1109/NEMS.2018.8556907>
- Yuwono, A. S., & Lammers, P. S. (2004). Performance test of a sensor array - based odor detection instrument. *Journal of Scientific Research and Development: The CIGR Journal*, 3, 9-25.
- Zheng, L., Gao, Y., Zhang, J., Li, J., Yu, Y., & Hui, G. (2016). Chinese quince (*Cydonia oblonga* Miller) freshness rapid determination method using surface acoustic wave resonator combined with electronic nose. *International journal of food properties*, 19(12), 2623-2634. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1169285>
- Zou, H. Q., Li, S., Huang, Y. H., Liu, Y., Bauer, R., Peng, L., & Yan, Y. H. (2014). Rapid identification of Asteraceae plants with improved RBF-ANN classification models based on MOS sensor E-nose. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014(1), 425341. <https://doi.org/10.1155/2014/425341>

©Copyright 2024 by the Authors.

The journal is Open Access (Platinum). This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).





A blokklánc technológia alkalmazhatósága a rövid élelmiszer-ellátási láncokban: Tudományos publikációk elemzése

BERTALAN ANDRÁS*, KOVÁRCZI ANNA, KACZ KÁROLY

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Agrárökonómiai Tanszék
Mosonmagyaróvár

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4686-3375>

Email: bertalan.andras@sze.hu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4222-3981>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4442-0600>

*Corresponding author/Levelező szerző

Received/Érkezett: 2024.10.28.

Revised/Átdolgozva: 2024.11.22.

Accepted/Elfogadva: 2024.11.29.

ÖSSZEFOGLALÁS

A blokklánc technológia napjainkra széles körben kutatott és alkalmazott eszköz lett különböző adatbázisok kezelésére. Ennek elsődleges oka, hogy egy decentralizált, elosztott adatbázis-rendszer, amely lehetővé teszi, hogy a tranzakciókat biztonságos és ellenőrizhető formában rögzítsük. Az elmúlt években a mesterséges intelligencia megjelenésével valamelyest csökkent a technológia iránti kiemelt figyelem, ami segíti a valódi kutatásokat, mivel a témában korábban megjelent számos tudományos alap nélküli cikk és internetes hír növelte a kutatásokra nehezedő „zajt”. Ahogy minden új területen, itt is gyakran elhangzanak megalapozatlan állítások, amelyek tudományosan nem vizsgáltak és csupán szakértői prekonceptiókon alapulnak. Egy ilyen vitatott résztema a blokklánc technológia alkalmazása a rövid élelmiszer ellátási láncokban (RÉL) is. Általános vélekedés, hogy ebben az esetben a technológiának nincs jelentős hozzáadott értéke, mivel a rövid lánc szereplői általában ismerik egymást és megbíznak egymásban. Jelen kutatás célja a Scopus adatbázisban található publikációk elemzése annak érdekében, hogy feltárja, milyen kutatások folytak ebben a témában, milyen eredmények születtek, és mennyire megalapozottak az ezzel a területtel kapcsolatos állítások.

Kulcsszavak: blokklánc, rövid élelmiszer-ellátási lánc, fenntarthatóság, nyomonkövethetőség

1. BEVEZETÉS

A blokklánc (angolul: blockchain) technológia az elmúlt években jelentős figyelmet kapott, különösen az érzékeny adatbázisok kezelésében nyújtott innovatív megoldásai révén. Ez a technológia lehetővé teszi az adatok biztonságos és nem központosított tárolását, amely számos iparág számára kínál új lehetőségeket és előnyöket. A blokklánc különösen a kriptovaluták terén vált ismertté, de alkalmazási lehetőségei messze túlmutatnak ezen a területen. Az élelmiszer-ellátási



láncokban is egyre nagyobb érdeklődést vált ki, különösen a nyomkövethetőség és az átláthatóság javítása érdekében.

Az utóbbi években azonban a mesterséges intelligencia (artificial intelligence, AI) előretörése némileg háttérbe szorította a blokklánc iránti kezdeti lelkesedést. Az AI újabb és újabb területeken való alkalmazása elvonta a figyelmet a blokklánc nyújtotta lehetőségekről, ami paradox módon pozitív hatással lehet a technológia tudományos kutatására. A felfokozott érdeklődés csökkenésével lehetőség nyílik a valódi kutatásokra, amelyek megalapozottabb eredményeket szolgáltatnak, mivel a kezdeti időkben megjelenő számos, tudományos alapot nélkülöző internetes blogbejegyzés, kriptodeviza értékesítési célzatú promóció zajt keltett a téma körül és nehéz volt elkülöníteni a hiteles információkat a megalapozatlanoktól.

Különösen érdekes terület a blokklánc alkalmazása a rövid élelmiszer-ellátási láncokban (RÉL). Ezek a rendszerek az élelmiszerek termelése és fogyasztása közötti távolság minimalizálását célozzák, és számos előnnyel járnak, például a környezeti fenntarthatóság növelésével és a helyi gazdaságok erősítésével. Azonban gyakran felmerülnek olyan vélemények, amelyek szerint a blokklánc technológia ebben a kontextusban nem nyújt jelentős hozzáadott értéket, mivel a rövid lánc szereplői általában ismerik egymást, emiatt a bizalmi fok is magasabb (Kacz et al., 2022).

Ahhoz, hogy értékelnünk tudjuk a témában megjelent tudományos közleményeket, tisztázni szükséges a blokklánc jelentését, jellemzőit, majd a rövid élelmiszer-ellátási láncok működését és azok jellemzőit.

A blokklánc egy adatbázis, amely abban különbözik a hagyományos megoldásoktól, hogy az információkat nem központilag egy szerveren, hanem elosztott hálózaton tárolja (Sarmah, 2018). A központosított hálózatok, például a bankok vagy ügynökségek esetében adatainkat központilag kezelik, ami erős bizalmat igényel. Ennek oka, hogy az ilyen módon kezelt adatok komoly veszélyeknek vannak kitéve, például hacker támadások, természeti katasztrófák vagy a nyilvántartó visszaélése miatt. Decentralizált hálózat esetében ezek a problémák nem, vagy csak kisebb részben merülnek fel, mivel az információ több helyen elérhető, és módosítása csak rendkívül nagy erőfeszítések árán lehetséges, ami gyakorlatilag lehetetlenné teszi azt a jelenlegi technológiai színvonal mellett (Islam és Apu, 2024). A blokklánc technológiát először a kriptovaluták esetében alkalmazták széles körben, ahol a Bitcoin fejlesztői voltak az elsők, akik ezt a digitális pénznem főkönyvének vezetésére használták. Fejlesztésének kezdete azonban korábbra datálható (Sherman et al., 2019). A Berkeley Egyetem doktorandusza, David Chaum már a disszertációjában felvázolta a blokklánc adatbázist „Számítógépes rendszerek, amelyeket kölcsönösen gyanakvó csoportok hoztak létre, tartottak fenn és bíztak meg” című munkájában (Chaum, 1979). Bár a decentralizált adatbázisok már léteztek, Chaumot tartják a blokklánc technológia feltalálójának. 1989-ben megalapította a DigiCash nevű vállalkozását, és megalkotta az eCash nevű kriptovalutát, ám a vállalkozás végül nem lett üzletileg sikeres (Carrano et al., 2022).

A vizsgálat szempontjából a blokklánc mellett másik fontos terület a rövid élelmiszer-ellátási láncok témaköre, amelyek az élelmiszeripari szektorban egyre nagyobb figyelmet kapnak. Általánosságban minél összetettebbek a rendszerek, így a hosszú ellátási láncok is, annál több kockázatot rejtnek magukban, hiszen összetettségük miatt nehezebb minden lehetséges problémát detektálni vagy előre jelezni. Emellett a hosszú láncok nagyobb környezeti terheléssel járhatnak, ami a fenntarthatóság csökkenésével jár (Yu et al., 2022). A rövid élelmiszer-ellátási láncok (RÉL-ek) olyan rendszerek, amelyekben az élelmiszer termelése és fogyasztása közötti távolság minimalizálódik. Ez általában azt jelenti, hogy a gazdák közvetlenül vagy minimális közvetítéssel juttatják el termékeiket a fogyasztókhoz (Jarzębowski et al., 2020). Az RÉL-ek jellemzői, hogy erősítik a helyi gazdaságokat,



csökkentik az élelmiszer-szállításból eredő környezeti terhelést, és növelik a fogyasztók tudatosságát az általuk fogyasztott élelmiszerekkel kapcsolatban. A rövid élelmiszer-ellátási láncok (RÉL) és a helyi élelmiszer-rendszerek számos kihívásra nyújtanak megoldást, mivel csökkentik a fizikai távolságot a termelők és a vásárlók között. Ezek a rendszerek elősegítik a közvetlen és személyes kapcsolatokat, melyek biztosítják a minőséget, a bizalmat és a bio vagy organikus minősítést, különösen az ökológiai termékek esetében. A közvetlen érintkezés növeli a fogyasztók bizalmát, mivel a termékek közvetlenül a termelőtől származnak, így támogatva a helyi gazdaság stabilitását és fenntarthatóságát (Kacz et al., 2022). A helyi gazdaságok támogatása erősíti a közösségeket, a pénz helyben marad, és csökken a szállítási távolságokból eredő környezeti terhelés (Réthy and Dezsény, 2013).

Az elmúlt években sok kutatás foglalkozott a rövid élelmiszerláncok különböző területeivel. Benedek (2014) szerint a RÉL-ek a marketing és kínálati csatornák széles skáláját ölelik fel. Jellemző rájuk a kis földrajzi, társadalmi és kulturális távolság a termelők és fogyasztók között, ami gyakran környezetbarát termelési módszereket és fenntarthatóságot eredményez. Marsden et al. (2000) kiemelik a termelő és fogyasztó közötti kapcsolat fontosságát ezekben az ellátási láncokban, hangsúlyozva annak szerepét az értékteremtésben, nem csupán a termék szintjén. (Renting et al., 2003) is azt állítják, hogy a RÉL koncepció lefedi a benne közvetlenül részt vevő szereplők közötti kapcsolatokat. Az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontja számos szakirodalom alapján közös definíciót is alkotott a rövid élelmiszer-ellátási láncokra vonatkozóan: „Az érintett élelmiszerek egy gazdálkodóra azonosíthatók és nyomon követhetők. A gazdálkodó és a fogyasztó közötti közvetítők számának „minimálisnak” vagy ideális esetben nullának kell lennie” (Kneafsey et al., 2013).

A RÉL-ek hozzájárulhatnak egy adott területen belüli (helyi) kereskedelem felvirágzásához, a vidéki erőforrások megsokszorozásához és az életszínvonal emeléséhez a munkahelyteremtéssel együtt, így a vidékfejlesztésben betöltött szerepük meghatározó (Galli and Brunori, 2013). Ezen keresztül tulajdonképpen a helyi gazdaságfejlesztés egyik eszközévé is válnak.

A környezeti fenntarthatóság növelése a RÉL-ek egyik fő előnye (Jarzębowski et al., 2020), mivel a rövidebb szállítási távolságok kevesebb üvegházhatású gáz kibocsátásával járnak. Az RÉL-ek emellett erősíthetik a társadalmi kötelekeket, hiszen a fogyasztók közvetlen kapcsolatba kerülhetnek a termelőkkel, így jobban megértik, honnan származik az élelmiszerük és milyen munkát igényel annak előállítására. Az RÉL-k hátrányai közé tartozik, hogy a termelőknek több időt és erőforrást kell fordítaniuk a közvetlen értékesítésre, ami növelheti a működési költségeiket (Renkema és Hilletoft, 2022). Továbbá, a helyi termelés nem mindig tudja biztosítani a különféle élelmiszerek folyamatos elérhetőségét, különösen szezonális termékek esetében. Az RÉL-ek egyik legnagyobb kihívása a logisztikai és szervezési feladatok kezelése, hiszen a kistermelőknek gyakran nehézséget okoz a hatékony szállítás és raktározás megszervezése (Gonçalves és Zeroual, 2017). Emellett fontos, hogy a fogyasztók is hajlandóak legyenek magasabb árat fizetni a helyi termékekért, ami természetesen a fizetőképes kereslet színvonalától is függ.

A fentiek alapján egyértelműen látható, hogy a rövid élelmiszer-ellátási láncok számos egyedi jellemzővel rendelkeznek, amelyek indokolják a blokklánc technológia alkalmazhatóságának külön vizsgálatát. Ezeket a sajátosságokat figyelembe véve, a rövid ellátási láncokat nem szabad együtt kezelni a blokklánc technológia hosszú ellátási láncokban történő alkalmazásával.

Jelen kutatás célja, hogy a Scopus adatbázisban található publikációk elemzésével feltárja, milyen kutatások folytak ebben a témában, milyen eredmények születtek, és mennyire megalapozottak az ezzel kapcsolatos állítások.



2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Kutatásunkban igyekeztünk a témában elérhető publikációk tömegét leszűkíteni a valóban ide tartozó kutatásokra. Annak ellenére, hogy az elsődleges célunk a blokklánc technológia rövid élelmiszerláncokban történő alkalmazhatóságának a vizsgálatára irányuló kutatások feltárása, különös tekintettel a fenntarthatósági és nyomonkövethetőségi szempontokra, a kutatást egy tágabb adatbázissal kezdtük, amely nem csupán a rövid élelmiszer-ellátási láncokra, hanem általánosságban az ellátási láncokra vonatkozott. A lekérdezést a Scopus adatbázisban végeztük el az ALL („short food supply chain” AND „blockchain” AND „sustainability” AND „traceability”) szűréssel. Első körös elemzésre a Scopus weboldalán található elemzési eszközöket használtuk.

Második körben pedig a lekérdezések eredményeképpen kapott adatbázist a Biblioshiny programmal elemeztük. A Biblioshiny egy felhasználóbarát, interaktív felület, amely lehetővé teszi a Bibliometrix csomag fő funkcióinak viszonylag könnyű használatát. A Bibliometrix egy szoftver eszköz, amelyet tudományos publikációk bibliometriai elemzésére fejlesztettek ki. A alkalmazás megkönnyíti az adatok importálását, átalakítását és elemzését, API-k segítségével támogatva az adatgyűjtést, valamint grafikonok és elemzések elkészítését (Ghorbani, 2024). A program segítségével feltártuk a legfontosabb témakör csomópontokat.

A kapcsolati diagramm elkészítése során az alábbi paramétereket alkalmaztuk: a lekérdezés alapjául szolgáló kulcsszavakat és azok különböző variációit kiszedtük a kapcsolódási hálóból, hiszen azok természetes jelleggel jelentek volna meg benne, mint meghatározó csomópontok. Ezek voltak: „short food supply chain”, „blockchain”, „sustainability”, „traceability”, „supply chain”, „food supply chain”, „supply chains”, „food supply”, „supply chain management”, „blockchain”, „agri-food supply chain”, „agri-food supply chains”, „literature review”, „systematic literature review”, „literature reviews”, a paraméterezést az 1. táblázat szerint végeztük el.

1. táblázat: Biblioshiny paraméterezése a vizsgálatban

| Method parameters | |
|------------------------|------------------|
| Network Layout | Automatic layout |
| Clustering Aglorithm | Walktrap |
| Normalization | Association |
| Node Color by Year | No |
| Number of Nodes | 50 |
| Repulsion Force | 0,1 |
| Remove Isolated Nodes | Yes |
| Minimum Nuber of Edges | 2 |
| Graphical parameters | |
| Opacity | 0,7 |
| Number of labels | 1000 |
| Label cex | Yes |
| Node shape | Dot |
| Label size | 3 |
| Edge size | 5 |
| Node shadow | Yes |
| Edit nodes | No |



Az így kapott adatbázis még túlságosan nagy volt a mélyebb elemzéshez, ezért következő lépésben szűkítettük a keresésen, azzal, hogy kifejezetten a rövid élelmiszer-ellátási láncokat szerepeltettük kulcsszóként, természetesen angolul. A kapott, lényegesen kisebb adatbázist pedig a PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) – egy átfogó irányelv és ellenőrző lista, amely átláthatóvá és részletessé teszi a szisztematikus áttekintéseket (Page et al., 2021) – módszer segítségével szűrtük tovább. A fő lépések közé tartozik a kutatási kérdés meghatározása, a protokoll elkészítése, átfogó irodalomkutatás, releváns tanulmányok kiválasztása és adatkitermelés. Az adatok szintetizálása után következik az eredmények részletes jelentése és a bizonyítékok minőségének értékelése.

3. ADATBÁZIS ELEMZÉS

3.1 Scopus adatbázis lekérdezés és elemzési eszközök

Mivel el akartuk kerülni, hogy a kutatásban résztvevők preconcepciói befolyásolják az eredményt, ezért első körben egy szélesebb tartalmi kört lefedő kulcsszavas keresést alkalmaztunk az alábbi kulcsszavakkal: ALL („food supply chain” AND „blokklánc” AND „sustainability” AND „traceability”). A találatokat leszűkítettük az angol nyelvű cikkekre, azaz a könyvrészleteket vagy más nyelven írt publikációkat kiszűrtük. Ennek oka, hogy a könyvrészletek többnyire megjelennek külön publikációkban is, így duplikációt okozhatnak a vizsgálatban, illetve a szakkönyvek esetében legtöbbször csupán az alapadatok (cím és abstract) hozzáférhetőek számunkra. (Az egyéb idegen nyelvű publikációk tudományos jelentősége pedig elenyésző.) Így összesen 3022 találatot kaptunk. Kihasnálva a gyűjtőoldal által kínált elemzési lehetőségeket, első körös vizsgálatokat végeztünk az eredményül kapott adatbázison.

Az 1. ábra az egyes országok vagy területek közötti dokumentumeloszlást ábrázolja. A segítségével megfigyelhetjük, hogy mely országok járulnak hozzá leginkább a kutatási témához, és rangsorolhatjuk azokat a publikációk száma alapján. Első ránézésre is kitűnik, hogy néhány ország kiemelkedően magas számú dokumentummal rendelkezik, ami arra utal, hogy ezek az országok vezető szerepet töltenek be a blokklánc technológia és az élelmiszer ellátási láncok kutatásában. Például Kína és India gyakran foglalnak el előkelő helyet számos tudományos kutatásban, különösen informatikai területen, köszönhetően globalizált és technológiailag fejlett kutatási infrastruktúrájuknak, így itt sem meglepő a súlyuk.

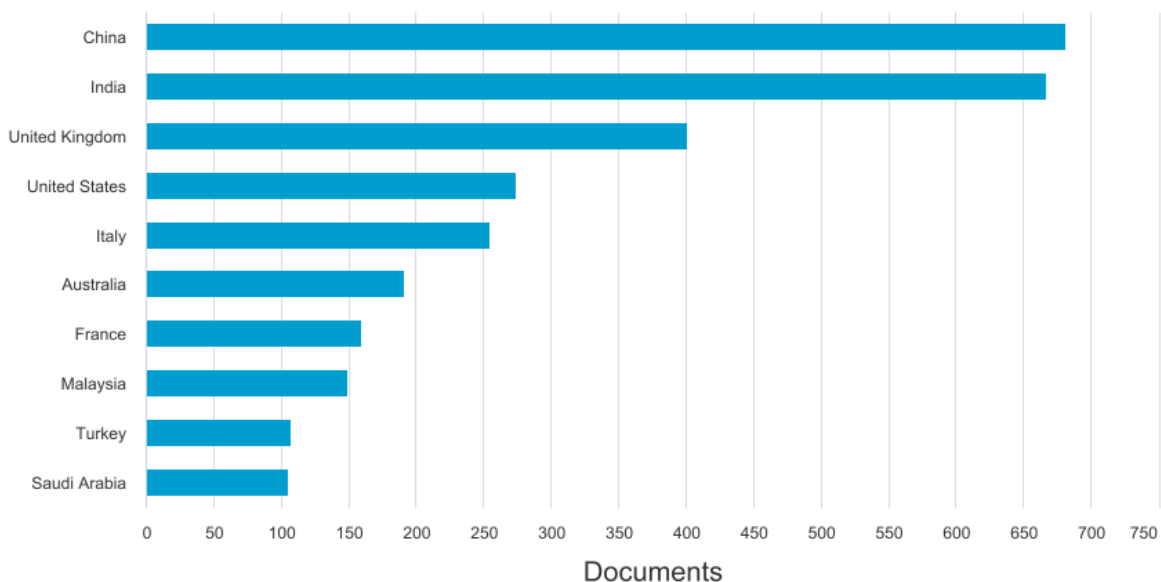
Az európai országok közül az Egyesült Királyság, Olaszország és Franciaország is jelentős számú publikációval rendelkezik, ami azt jelzi, hogy Európa is komoly szerepet vállal a kutatási tevékenységekben ezen a területen. Az USA pedig hagyományosan jelentős számú publikációval rendelkezik a IT és üzleti tudományok területén. Magyarország a találati listában összesen 38 esetben szerepel, amivel 32. helyen szerepel a mennyiséget tekintve.



Documents by country or territory

Scopus

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Copyright © 2024 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

1. ábra: Lekérdezett dokumentumok megoszlása országonként

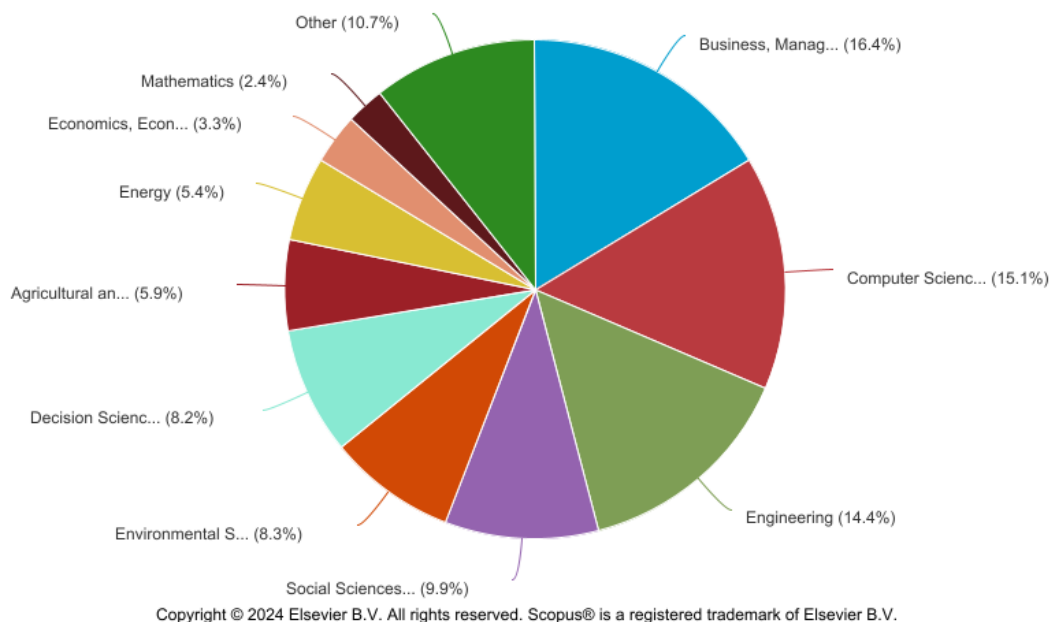
Forrás: Saját vizsgálat, scopus.com, 2024.11.13

A következő diagram (2. ábra) a publikációk tudományterületenkénti eloszlását mutatja be. Az ábra alapján világosan látható, hogy a vizsgált publikációk elsősorban néhány kiemelt tudományterületre koncentrálnak. Legnagyobb arányban (16,4 %) az üzleti tudományok területén születtek publikációk a témában, de ezzel szinte azonos szinten (15,1 %) találhatóak az informatikai tudományok. Az eredmény nem meglepő, hiszen a blokklánc technológia alapvetően egy informatikai megoldás és legnagyobb hasznát az üzleti terület élvez az implementációnak. Természetesen az ábra mélyebb információkkal nem szolgál, a részletesebb elemzésre jelen kutatás későbbi részében kerül sor.



Documents by subject area

Scopus



2. ábra: Lekérdezett dokumentumok megoszlása kutatás területenként

Forrás: Saját vizsgálat, scopus.com, 2024.11.13

Az informatikai kutatások főként a blokklánc-alapú rendszerek fejlesztésére és működésére koncentrálnak, míg a mérnöki tudományok a gyakorlati alkalmazásokra és a technológia integrálására összpontosítanak az élelmiszer-ellátási láncokban. A gazdaságtudományok a fenntarthatóság és a nyomonkövethetőség gazdasági aspektusait tárgyalják.

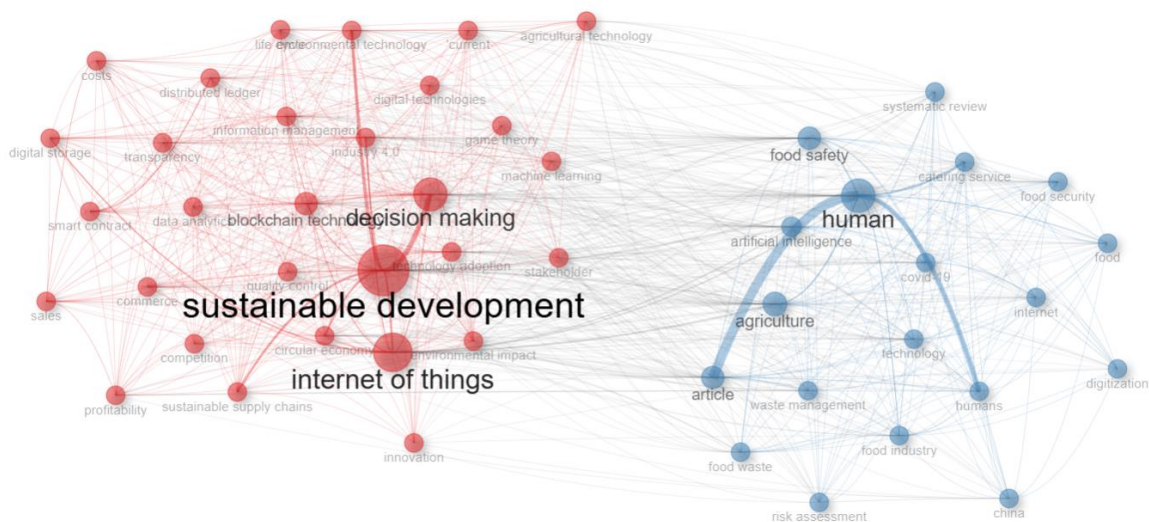
Összességében a 2. ábra jól szemlélteti, hogy a „food supply chain”, „blockchain”, „sustainability” és „traceability” kulcsszavakra kapott tanulmányok több tudományterületet is érintenek, ezáltal kulcsfontosságú lehet ezen tudományterületek közötti kapcsolódások elősegítése és a multidiszciplináris megközelítés alkalmazása.

3.2 Találatok elemzése Biblioshiny alkalmazással

Tovább lépve a Scopus weboldalának elemzési lehetőségeitől, a mélyebb összefüggések feltárására a Biblioshiny alkalmazást használtuk. A Biblioshiny a Bibliometrix R csomag felhasználóbarát kiterjesztése, amely lehetővé teszi a bibliometriai elemzések elvégzését programozási ismeretek nélkül. A program támogatja az adatok importálását és konvertálását, az adatgyűjtést különböző adatbázisokból, valamint különféle analitikai és vizualizációs funkciókat kínál, beleértve a források, szerzők, dokumentumok és tudásstruktúrák elemzését (Ghorbani, 2024).

A lekérdezést a Scopus adatbázisban végeztük 2024.10.03-án, amit megismételtünk 2024.11.13-án a frissebb adatok érdekében. Jelen publikációban ez utóbbi eredményeit részletezzük, mivel az eredmények nagyban megfelelnek a korábbi lekérdezésnél tapasztaltakkal. A Biblioshiny programmal történő elemzés elsődleges célja az volt, hogy feltárjuk a tágabb összefüggéseket és vizuális információkat kapjunk a kutatással összefüggésbe hozható témákról. Továbbra is a

korábbiakban használt ALL („food supply chain” AND „blockchain” AND „sustainability” AND „traceability”) lekérdezést vettük alapul.



3. ábra: Lekérdezett publikációk témakörök szerinti kapcsolódásai

Forrás: Saját vizsgálat (Biblioshiny)

A kapott eredmények azt mutatják, hogy a feltüntetett kulcsszavakkal meglehetősen nagyszámú, és több területet érintő találatokat kapunk (3. ábra). Ezek közül gyakran megjelennek a fenntarthatósággal és élelmiszerbiztonsággal kapcsolatos témakörök, bár ezek várhatóak voltak, mivel a kulcsszavak is érintették ezeket a témákat, még ha nem is ugyanazokkal a kifejezésekkel. A témák leginkább az IoT, az élelmiszerbiztonság, az okosserződések körül csoportosulnak, de több tucat csomópont jelenik meg az elemzésben. Azonban, ami ennél is fontosabb jelen vizsgálatunk szempontjából, hogy a vizuális megjelenítésekben nem szerepel jelentős súllyal olyan témakör, amely a rövid élelmiszer-ellátási láncok és a blokklánc technológia kapcsolódásainak vizsgálatára utalna. Az eredmény alapján feltételezhetjük, hogy a téma nem fókuszterülete ezeknek a kutatásoknak.

Annak érdekében, hogy a területet és a hozzá kapcsolódó publikációkat jobban megérthessük, további szűkítésre volt szükség a kutatásban.



3.3 Keresés szűkítése PRISMA módszerrel

Következő lépésben a PRISMA módszertannal szűkítettük tovább a találati listát. A PRISMA módszer egy bizonyítékokon alapuló minimális követelményrendszer, amely segíti a szerzőket a review cikkek és metaanalízisek átlátható elkészítésben. A PRISMA 2020 nyilatkozat frissített iránymutatásokat tartalmaz a szisztematikus áttekintések készítésére, figyelembe véve a módszertani és terminológiai fejlődést az elmúlt évtizedben (Sarkis-Onofre et al., 2021).

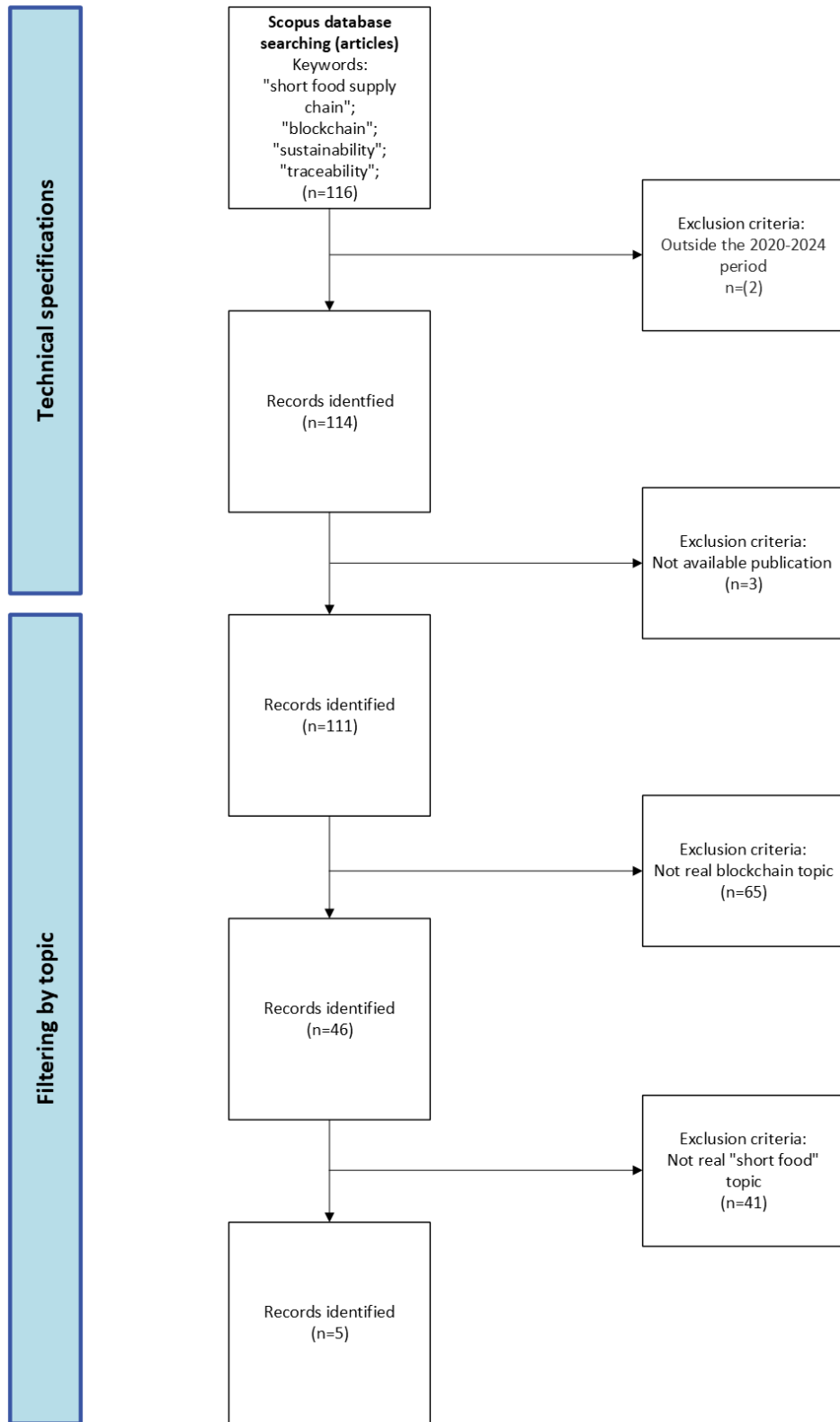
A lekérdezést továbbra is a Scopus adatbázisban végeztük 2024.10.03.-án az alábbi kulcsszavakkal: ALL („short food supply chain” AND „blockchain” AND „sustainability” AND „traceability”). Azaz egy kulcsszóban tettünk szigorítást, mégpedig a tágabb „food supply chain” lekérdezés helyett „short food supply chain” szókapcsolatot használtuk, a többi kifejezés ugyanaz, mint az előzőekben. A találatokat ebben az esetben is leszűkítettük az angol nyelvű cikkekre, azaz a könyvrészleteket, illetve a más nyelven írt publikációkat kiszűrtük.

A kereséssel így 116 találatot kaptunk, amely már lényegesen szűkebb kör, mint az eredeti szűréssel kapott találati lista, amelyet a Bibliometrix programmal elemeztünk. A 116 találatból 2 db 2025-re datálódott, így azokat kivettük az elemzésből. A maradék 114-ből 3 publikáció semmilyen formában nem volt elérhető. Ennek pontos okai nem ismertek, viszont így elemzésre alkalmatlanok voltak.

Miután ezeket a technikai szűréseket elvégeztük, következtek a tartalmi szűrések. A kutatás szempontjából fontos, hogy az adott kulcsszavak ne csupán megjelenjenek az adott cikk bármely részén, hanem érdemi tudást is közöljenek a témában. Ezért első körben a „blockchain” szó megjelenését vizsgáltuk a fennmaradó 111 publikációban (4. ábra). Azt tapasztaltuk, hogy a cikkek jelentős része csupán megemlítette a technológiát néhány alkalommal, vagy pusztán a hivatkozott irodalomban vannak blokklánc témájú publikációk. Mivel a kutatás arra irányul, hogy feltárjuk a blokklánc technológia rövid élelmiszer-ellátási láncokban történő alkalmazását, fókuszálva a fenntarthatósági és a nyomon követhetőségi szempontokra, így fontos, hogy érdemi információkat kapjunk a vizsgálatba bevont tanulmányokból a témában. Így ezeket kizártuk a vizsgálatból, számszerint 65-öt. Így maradt további 46 dokumentum.

Ugyanezen logika alapján, következő lépésben a „short food” szókapcsolatra kerestünk rá. Az eredmény azt mutatta, hogy elenyésző számban volt mélyebb elemzés vagy értelmezés a rövid élelmiszer-ellátási láncokról a publikációkban, így ezután a szűrés után csupán 5 cikk maradt a vizsgálati körben.

Az 5 tanulmányból a „Challenges and hotspots in food supply chain quality management practices” (Sunmola et al., 2024) című több esettanulmányt mutat be, amely a blokklánc technológia felhasználásáról szól az élelmiszerláncokban. Például a Company X (fiktív név) élelmiszer-ellátási lánc egy élelmiszer-teherautó koncepción alapul, ahol egy-egy teherautó egy-egy értékesítési pontot takar.



4. ábra: PRISMA folyamatábra

Forrás: Saját vizsgálat



A vállalat innovatív digitális platformokat használ, amelyeket blokklánc technológia támogat, lehetővé téve az ügyfelek számára a kapcsolattartást. A helyben beszerzett alapanyagokat különböző feldolgozási szakaszokon keresztül értéknövelt terméké alakítják. A blokklánc technológia nyomon követhetőségi és átláthatósági információkat nyújt, beleértve a földrajzi jelzést, az élelmiszer-kilométereket, a tápértéket és a CO²-kibocsátást. A Company X és beszállítói egy közeli alternatív élelmiszerhálózaton belül dolgoznak együtt, támogatva az élelmiszer lokalizációját és rövid ellátási láncokat kialakítva. A blokklánc platform lehetővé teszi a termékek, a folyamatok és az érintettek történetének közvetlen kommunikációját a fogyasztók felé, elősegítve a bizalmat és az ellátási lánc kapcsolatait. Az alapító több mint 15 éves tapasztalattal rendelkezik az ágazatban.

Az „Information needs for transparency in blockchain-enabled sustainable food supply chains” (Burgess et al., 2024) című publikációban különböző szakértők bevonásával vizsgálták meg, hogy az élelmiszer-ellátási láncok esetében mely szempontok meghatározóak, amelyek fontosak a blokklánc technológia alkalmazhatóságának vizsgálatakor. Ezen belül több ponton kitér a rövid élelmiszer-ellátási láncokra is. A leginkább meghatározó szempontként a megbízható nyomonkövethetőséget azonosították be. Illetve, mint fontos tényezőt, az end-to-end átlátható folyamatot.

A „Challenges for future food systems: From the Green Revolution to food supply chains with a special focus on sustainability” (Soria-Lopez et al., 2023) című tanulmány hangsúlyozza a blokklánc technológia előnyeit, akár a rövid ellátási láncok esetében is, bár részletes elemzést nem végez a gyakorlati előnyökről és hátrányokról.

A „Meta-analysis of food supply chain: pre, during and post COVID-19 pandemic” (Kafi et al., 2023) című publikáció többnyire általánosságban említi a rövid ellátási láncok és a blokklánc technológia kapcsolatát, mélyebb elemzést ez a kutatás sem tartalmaz az összefüggésekről.

Az „Uncovering research streams on agri-food supply chain management: A bibliometric study” (Barbosa, 2021) című tanulmány, bár foglalkozik a blokkláncal és a rövid élelmiszer-ellátási láncokkal is, azok összefüggéseit, vagy a blokklánc technológia ezen területen történő alkalmazását nem vizsgálja.

Mindezek alapján látható, hogy a szűrések révén a PRISMA módszertant alkalmazva jelentősen lecsökkent a megtalált releváns publikációk száma és a szűrés végén megmaradt 5 cikk sem szolgáltat részletes kutatást arra vonatkozóan, hogy a blokklánc technológia alkalmas-e a rövid élelmiszer ellátási láncok nyomonkövetésére. Ezek alapján egy olyan kutatási területről beszélhetünk, amelynek szakirodalma még meglehetősen szűk, azaz érdemes mélyebb vizsgálatokat végezni a területen.

4. EREDMÉNYEK

A kutatás célja a Scopus adatbázisban található publikációk elemzése annak érdekében, hogy feltárja, milyen kutatások folytak ebben a témában, milyen eredmények születtek, és mennyire megalapozottak az ezzel kapcsolatos állítások. A kutatás során a Scopus adatbázis nyújtotta elemzési eszközöket és a Biblioshiny alkalmazás vizuális elemzési eszközeit felhasználva, majd a PRISMA módszert alkalmazva elemeztünk annak érdekében, hogy szűkítsük a releváns publikációk körét. Az eredmények azt mutatják, hogy a blokklánc technológia alkalmazása a rövid élelmiszer-ellátási láncokban még nem részletesen feltárt terület, különösen, ha a fenntarthatósági vagy nyomonkövethetőségi szempontokat is figyelembe vesszük, és további kutatások szükségesek a technológia gyakorlati előnyeinek és hátrányainak mélyebb megértéséhez.



A kutatás első lépése a Scopus adatbázisban végzett széleskörű kulcsszavas keresés volt, amely 3022 találatot eredményezett. Az elemzés során megállapításra került, hogy néhány ország, például Kína és India, kiemelkedően magas számú publikációval rendelkezik a blokklánc technológia és az élelmiszer-ellátási láncok kutatásában. Az európai országok közül az Egyesült Királyság, Olaszország és Franciaország is jelentős számú tanulmánnyal rendelkezik, ami azt jelzi, hogy Európa is komoly szerepet vállal a kutatási tevékenységekben ezen a területen. Az USA hagyományosan jelentős számú publikációval rendelkezik az IT és üzleti tudományok területén. A publikációk tudományterületenkénti eloszlása alapján a legtöbb publikáció az üzleti tudományok és az informatikai tudományok területén született, ami nem meglepő, hiszen a blokklánc technológia alapvetően egy informatikai megoldás, és legnagyobb hasznát az üzleti terület élvez az implementációnak.

A Biblioshiny alkalmazás segítségével végzett mélyebb elemzés során feltártuk a kutatással összefüggésbe hozható témákat és vizuális információkat kaptunk a publikációkról. Az eredmények azt mutatták, hogy a szócikkek meglehetősen nagyszámú területet és kapcsolódási pontot érintenek, különösen a fenntarthatósággal és élelmiszerbiztonsággal kapcsolatos témakörökben. Azonban a vizuális megjelenítésekben nem szerepel jelentős súllyal olyan témakör, amely a rövid élelmiszer-ellátási láncok és a blokklánc technológia kapcsolódásainak vizsgálatára utalna. Ez alapján feltételezhető, hogy a téma nem fókuszterülete ezeknek a kutatásoknak.

A PRISMA módszertan alkalmazásával tovább szűkítettük a találati listát, és végül 116 releváns publikációt azonosítottak. A tartalmi szűrések során kiderült, hogy a publikációk jelentős része csupán megemlíti a blokklánc technológiát, de nem nyújt érdemi információkat a rövid élelmiszer-ellátási láncokban történő alkalmazásáról. Végül öt publikáció maradt a vizsgálati körben, amelyek közül néhány esettanulmányt mutat be a blokklánc technológia felhasználásáról az élelmiszerláncokban, de részletes elemzést egyik sem tartalmaz a gyakorlati előnyökről és hátrányokról.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatás eredményei azt mutatják, hogy a blokklánc technológia alkalmazása a rövid élelmiszer-ellátási láncokban még nem teljesen feltárt terület és további kutatások szükségesek a technológia gyakorlati előnyeinek és hátrányainak mélyebb megértéséhez. Az eredmények alapján elmondható, hogy a téma nem fókuszterülete a jelenlegi kutatásoknak, és a meglévő publikációk nem nyújtanak elegendő információt a blokklánc technológia rövid élelmiszer-ellátási láncokban történő alkalmazásáról.

The Applicability of Blockchain Technology in Short Food Supply Chains: An Analysis of Scientific Publications

ABSTRACT

Blockchain technology has become a widely researched and used tool to manage various databases. The primary reason for this is that it is a decentralized, distributed database system that allows transactions to be recorded in a secure and verifiable form. In recent years, with the advent of artificial intelligence (AI), the special attention to the technology has decreased somewhat, which helps real research, as numerous articles and internet news previously published on the topic



without scientific basis have increased the "noise" on research. As in any new field, unsubstantiated claims are often made that have not been scientifically investigated and are based only on expert preconceptions. One such controversial subtopic is the use of blockchain technology in short food supply chains (SFSCs). It is generally believed that in this case the technology has no significant added value, as short chain actors generally know and trust each other. The aim of this research is to analyse the publications in the Scopus database in order to reveal what research has been done on this topic, what results have been obtained and how well founded the related claims are.

Keywords: blockchain, short food supply chain, sustainability, traceability

IRODALOMJEGYZÉK

- Barbosa, M. W. (2021). Uncovering research streams on agri-food supply chain management: A bibliometric study. *Global Food Security*, 28, 100517. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100517>
- Benedek, Zs. (2014). A rövid ellátási láncok hatásai: Összefoglaló a nemzetközi szakirodalom és a hazai tapasztalatok alapján. Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont Közgazdaság-tudományi Intézet. ISBN 978-615-5447-17-4
- Burgess, P., Sunmola, F., & Wertheim-Heck, S. (2024). Information needs for transparency in blockchain-enabled sustainable food supply chains. *Int. J. Inf. Manag. Data Insights*, 4(2), 100262. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2024.100262>
- Carrano, F. M., Sileri, P., Batt, S., & Di Lorenzo, N. (2022). Blockchain in surgery: are we ready for the digital revolution? *Updat. Surg.*, 74, 3-6. <https://doi.org/10.1007/s13304-021-01232-y>
- Cham, D. L. (1979). Computer systems established, maintained, and trusted by mutually suspicious groups. *Electronics Research Laboratory*, College of Engineering University of California, Berkeley 94720
- Galli, F., & Brunori, G. (Eds.) (2013). *Short Food Supply Chains as drivers of sustainable development. Evidence Document*. Document developed in the framework of the FP7 project FOODLINKS (GA No. 265287). Laboratorio di studi rurali Sismondi, ISBN 978-88-90896-01-9
- Ghorbani, B. D. (2024). Bibliometrix: Science Mapping Analysis with R Biblioshiny Based on Web of Science in Applied Linguistics, In Meihami, H., & Esfandiari, R. (Eds.), *A Scientometrics Research Perspective in Applied Linguistics* (1st ed., pp. 197-234). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51726-6_8
- Gonçalves, A., & Zeroual, T. (2017). Logistic Issues and Impacts of Short Food Supply Chains: Case Studies in Nord – Pas de Calais, France, In Soulard, C.-T., Perrin, C., & Valette, E. (Eds.), *Toward Sustainable Relations Between Agriculture and the City* (1st ed., pp. 33-49). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71037-2_3
- Islam, S., & Apu, K. U. (2024). Decentralized vs. Centralized Database Solutions in Blockchain: Advantages, Challenges, and Use Cases. *Glob. Mainstream J. Innov. Eng. Emerg. Technol.* 3(04), 58-68. <https://doi.org/10.62304/jieet.v3i04.195>
- Jarzębowski, S., Bourlakis, M., & Bezat-Jarzębowska, A. (2020). Short Food Supply Chains (SFSC) as Local and Sustainable Systems. *Sustainability*, 12, 4715. <https://doi.org/10.3390/su12114715>
- Kacz, K., Miklósné Varga, A., & Trojan, S. (2022). A helyi termelői piacok és a termelők helyzete a rövid élelmiszer-ellátási láncokban. *Gazdaság és Társadalom* 15, 24–46. <https://doi.org/10.21637/GT.2022.2.02>



- Kafi, A., Zainuddin, N., Saifudin, A. M., Shahron, S. A., Razalli, M. R., Musa, S., & Ahmi, A. (2023). Meta-analysis of food supply chain: pre, during and post COVID-19 pandemic. *Agric. & Food Secur.*, 12. <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00425-5>
- Kneafsey, M., Venn, L., Schmutz, U., Balazs, B., Trenchard, L., Eyden-Wood, T., Bos, E., Sutton, G., & Blackett, M. (2013). Short Food Supply Chains and Local Food Systems in the EU - A State of Play of their Socio-Economic Characteristics. *JRC Publ. Repos.* <https://doi.org/10.2791/88784>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372:n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Renkema, M., & Hilletoft, P. (2022). Intermediate short food supply chains: a systematic review. *Br. Food J.* 124, 541–558. <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2022-0463>
- Renting, H., Marsden, T. K. & Banks, J. (2003). Understanding alternative food networks: Exploring the role of short food supply chains in rural development. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 35(3), 393–411. <https://doi.org/10.1068/a3510>
- Réthy, K., & Dezsény, Z. (2013). Közösség által támogatott mezőgazdaság. Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet (ÖMKi), Budapest, <https://orgprints.org/id/eprint/26263/>
- Sarkis-Onofre, R., Catalá-López, F., Aromataris, E., & Lockwood, C. (2021). How to properly use the PRISMA Statement. *Syst. Rev.* 10, 117. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01671-z>
- Sarmah, S. S. (2018). Understanding Blockchain Technology. *Comput. Sci. Eng.*, 8(2), 23-29. <https://doi.org/10.5923/j.computer.20180802.02>
- Sherman, A. T., Javani, F., Zhang, H., & Golaszewski, E. (2019). On the Origins and Variations of Blockchain Technologies. *IEEE Secur. Priv.* 17, 72-77. <https://doi.org/10.1109/MSEC.2019.2893730>
- Soria-Lopez, A., Garcia-Perez, P., Carpena, M., Garcia-Oliveira, P., Otero, P., Fraga-Corral, M., Cao, H., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2023). Challenges for future food systems: From the Green Revolution to food supply chains with a special focus on sustainability. *Food Front.*, 4(1), 9-20. <https://doi.org/10.1002/fft2.173>
- Sunmola, F., Burgess, P., & Wertheim-Heck, S. (2024). Challenges and hotspots in food supply chain quality management practices. *Total Quality Management & Business Excellence*, 35(11–12), 1296–1330. <https://doi.org/10.1080/14783363.2024.2367607>
- Yu, Z., Waqas, M., Tabish, M., Tanveer, M., Haq, I. U., & Khan, S. A. R. (2022). Sustainable supply chain management and green technologies: a bibliometric review of literature. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29, 58454–58470. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21544-9>

©Copyright 2024 by the Authors.

The journal is Open Access (Platinum). This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).





Soil Moisture Content Prediction in Loam Soil with RFR Model

TAREK ALAHMAD*, MIKLÓS NEMÉNYI, ANIKÓ NYÉKI

Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences of Széchenyi István University
Department of Biosystems Engineering and Precision Technology, Mosonmagyaróvár, Hungary

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1683-7086>

Email: alahmad.tarek@sze.hu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7705-7190>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5388-2241>

*Corresponding author/Levelező szerző

Received/Érkezett: 24.10.2024.

Revised/Átdolgozva: 26.11.2024.

Accepted/Elfogadva: 29.11.2024.

ABSTRACT

Soil moisture content (SMC) is an important factor in agricultural productivity; it has an impact on crop growth, water use efficiency, and soil health. However, accurately predicting SMC, especially at deeper soil layers, remains challenging due to high variability and limited spatiotemporal data resolution. This study developed and evaluated a Random Forest Regression (RFR) model to predict SMC in loam soil at five different depths (5, 20, 40, 60, and 80 cm) utilizing meteorological data (temperature, humidity, precipitation, wind speed, and solar radiation) and vegetation indices: the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Moisture Index (NDMI). Data were collected during the maize vegetation season in 2023 in Mosonmagyaróvár, Hungary. The results showed that the mean SMC ranged from 12.61% to 16.19%. Correlation analysis demonstrated that precipitation and NDMI had the strongest positive correlation with SMC, especially at shallower depths $r = 0.78$ at 5 cm depth, Solar radiation had a moderate correlation with SMC, especially at the deeper depths. The RFR model performed well at all depths, achieving an R^2 of 0.86 at 5 cm depth; the model accuracy enhanced at deeper layers, achieving R^2 values of 0.91 and 0.94 at 60 and 80 cm depths, respectively. The most significant predictors according to the feature importance analysis were precipitation, humidity, and NDMI, with NDMI playing a crucial role in subsurface moisture retention at deeper depths. These findings highlight the potential for machine learning algorithms to optimize irrigation approaches and improve water management in precision agriculture.

Keywords: Soil moisture content, RFR, Loam soil, NDVI, NDMI, Feature importance.

1. INTRODUCTION

Soil moisture (SM) is the amount of water retained in the topsoil's active layer (Lee et al., 2023). It is an essential hydrological parameter that influences a wide range of global processes, including climate, hydrology, and the carbon cycle. In addition, soil moisture is crucial in agriculture since it



directly affects crop yields and is utilized to monitor droughts and floods (Szám et al., 2024; Verhoest et al., 2008). In an agricultural context, soil moisture content (SMC) is a key indicator of productivity, influencing water use efficiency, crop growth, and overall soil health. Proper monitoring and prediction of soil moisture are critical for optimizing irrigation operations, especially in precision agriculture. This approach relies primarily on data-driven decision-making, which has been found to enhance sustainability and resource efficiency (Liao et al., 2018).

Internet of Things Sensors and latest data transmission technologies allow to collect big data in spatio-temporal resolutions (Neményi et al., 2023). Recent developments in sensor technology have allowed researchers to collect large-scale, continuous, and highly accurate soil moisture data from in-situ monitoring areas (Zheng et al., 2019). Along with these advancements, remote sensing technologies have become essential for large-scale soil moisture mapping (Acharya et al., 2022). Satellite data from the Landsat and Sentinel, which are freely available, have transformed soil moisture prediction by providing cost-effective and time-efficient data for regional and national-scale analysis (Peng et al., 2017). Furthermore, vegetation indices such as NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and NDMI (Normalized Difference Moisture Index) have emerged as useful methods for indirectly measuring soil moisture by capturing vegetation health and moisture content (Saha et al., 2018).

Much large-scale agricultural research requires accurate prediction of spatio-temporal variations of SMC. However, traditional methods of predicting soil moisture have numerous disadvantages. Many existing models, particularly those that use artificial neural networks (ANN), focus on extracting a single characteristic from the data and frequently ignoring crucial spatial and temporal dynamics (Liakos et al., 2018). Furthermore, most SMC prediction models only consider surface layers (0–20 cm) or single depth, However, these studies often focus on single-depth predictions or limited environmental parameters, leaving gaps in understanding SMC dynamics across multiple depths.

In recent years, researchers have worked to address these limitations, seeking to improve prediction accuracy and apply machine learning models that can account for both surface and subsurface soil moisture variations. Machine learning models, particularly those utilizing Random Forest Regression (RFR), have shown promise in predicting soil moisture by integrating multiple meteorological factors and vegetation indices (Ning et al., 2023). These models offer an opportunity to enhance water resource management and improve irrigation scheduling through precise and dynamic soil moisture predictions.

The objective of the research is to develop and evaluate a Random Forest Regression (RFR) model for predicting SMC in loam soil at five different depths using meteorological data (temperature, precipitation, humidity, wind speed, and solar radiation) and vegetation indices: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Normalized Difference Moisture Index (NDMI). This study aims to address the following critical inquiries: how reliably can the RFR model estimate soil moisture content at different depths, and what are the most important meteorological and vegetation features influencing soil moisture dynamics. The research highlights machine learning's potential for improving water-use efficiency, crop health monitoring, and promoting sustainable agricultural practices in the face of climate change and limited resources.



2. LITERATURE REVIEW

Soil moisture (SM) measurement techniques are generally classified into direct and indirect methods. The only direct methods involve oven drying techniques, both gravimetric and volumetric, to determine soil moisture. In contrast, all automated systems for estimating soil moisture, such as time-domain reflectometry (TDR) and Stevens HydraProbe sensors, are considered indirect methods (Caldwell et al., 2018; Singh et al., 2024). Although in-situ observations using these sensors are accurate, they are often too costly for large-scale applications, making them impractical for observing the spatial distribution of soil moisture over wide areas (Lee et al., 2019). Satellite-based soil moisture data have thus become a valuable alternative for capturing continuous spatial and temporal variations in soil moisture (Lee et al., 2023).

In recent years, various artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) techniques have been employed to overcome the limitations of traditional soil moisture measurement methods. Models such as Random Forest Regression (RFR), Support Vector Machine (SVM), Extreme Gradient Boosting Regression (XGBR), and CatBoost Gradient Boosting Regression (CBR) have shown great potential in accurately predicting soil moisture content (Ågren et al., 2021; Carranza et al., 2021; Senanayake et al., 2021). For instance, Shokati et al. (2024) demonstrated that soil moisture modeling using the random forest algorithm performed significantly better with hyperspectral data from the Co Spectro Cam (CSC) sensor mounted on a UAV ($R^2 = 0.87$), compared to multispectral data from Sentinel-2 ($R^2 = 0.49$) and Landsat-8/9 ($R^2 = 0.66$). This study also highlighted that the perpendicular index (PI) was highly sensitive to soil moisture changes across all datasets, emphasizing the importance of high-resolution multispectral data for accurate soil moisture monitoring.

In a related study, de Oliveira et al. (2021) used four machine learning algorithms to model the spatiotemporal dynamics of soil moisture in an Atlantic Forest remnant. Their results indicated that the Random Forest model performed best, achieving an R^2 of 0.51 and a Nash-Sutcliffe efficiency (NS) of 0.77. This model demonstrated its ability to generalize data effectively under varying weather conditions, with key factors influencing soil moisture being throughfall (TF), evapotranspiration (ET_o), and forest structure variables such as tree diameter at breast height (DBH) and species diversity. Additionally, Hegazi et al. (2021) proposed a Convolutional Neural Network (CNN)-based approach to predict soil moisture in vegetation-covered areas using Sentinel-2 imagery. Their CNN architecture, which included six convolutional layers, one pooling layer, and two fully connected layers, produced high accuracy predictions. The study found that the combination of Sentinel-2 bands (Red, Red Edge 1–4, and NIR) was more effective for soil moisture prediction than single indices like NDVI or NDWI, achieving an R^2 of 0.71, MAE of 0.03, and RMSE of 0.04. Furthermore, models that integrated both thermal and multispectral data consistently outperformed other models in predicting soil moisture.

These studies collectively demonstrate the increasing use of machine learning and remote sensing tools to enhance soil moisture predictions. The random forest algorithm has consistently shown strong predictive performance, especially when high-resolution, multispectral, or hyperspectral data are available. With advancements in AI and sensor technology, it is now possible to address the limitations of traditional soil moisture measurement methods and achieve more accurate and scalable predictions.

3. MATERIALS AND METHODS

3.1 Experiment location and data collection

Our research was conducted between June and October 2023 at a 23-ha maize field at Széchenyi István University in Mosonmagyaróvár, Hungary (Alahmad et al., 2023). The meteorological sensors collect data from fields using soil, crops, environment, and atmospheric sensors (*Figure 1a*). Data collection was performed at 10–15-minute intervals via LoRaWAN (Low Power, Wide Area Network protocol). The meteorological parameters included temperature [°C], relative humidity [%], precipitation [mm], wind speed [km/h], and solar radiation [W/m²]. The data was grouped by depth and time for detailed analysis.

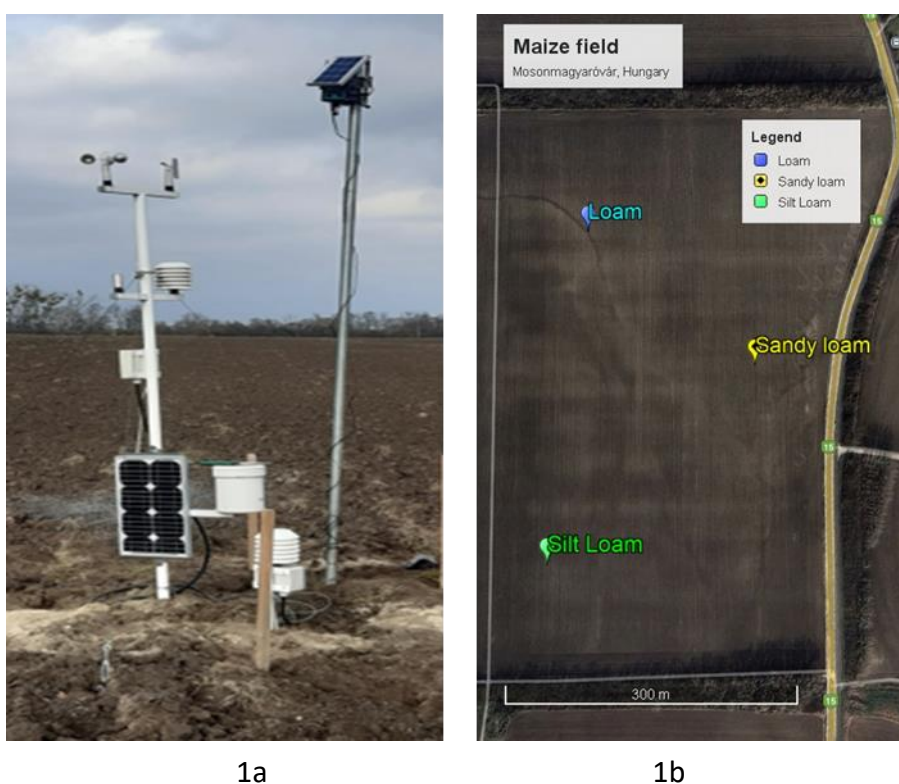


Figure 1a: Meteorological sensor station at the maize field

Figure 1b: The three soil types in the field

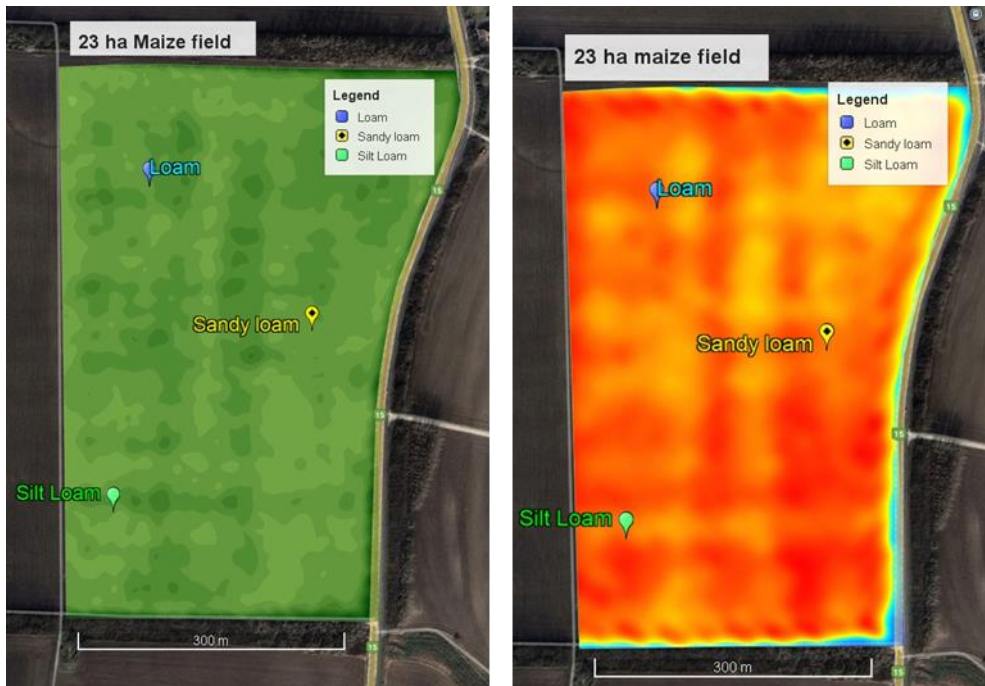
The field has three soil types (loam, sandy loam and silt loam) (*Figure 1b*). The soil samples have been collected from the loam soil at five different depths (5, 20, 40, 60 and 80 cm). More than 135 samples have been collected during the maize vegetation season with three replications every two weeks starting from 14/06/2023 to 18/10/2028.

Two vegetation indices have been collected from Sentinel 2A using the Sentinel Hub platform (Sentinel Hub, 2024): the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Moisture Index (NDMI). The band data were downloaded on several dates (16/6, 26/6, 11/7, 16/7, 10/8, 20/8, 04/9, 09/9, 29/9, 14/10 in 2023, and 01/5, 15/6, 25/6, 10/7 in 2024) (*Figure 2 a, b*). The data and the images were downloaded to reflect the changes in vegetation and soil moisture dynamics across the maize vegetation season. The mapping and data extraction for both

indices (NDVI and NDMI) were done using QGIS (version 3.36.2) and the NDVI and NDMI values were calculated using the following equations (Eq. 1 and Eq. 2) (Strashok et al., 2022):

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (1)$$

$$NDMI = \frac{Red\ edge4-SWIR\ 1}{Red\ edge4+SWIR\ 1} \quad (2)$$



2a

2b

Figure 2a: NDVI index on October 14, 2023

Figure 2b: NDMI index on October 14, 2023

3.2 Gravimetric Technique for Soil Moisture Content Measurements

The samples were placed in pre-weighed containers, which were then weighed using a digital scale to record their initial weights. The samples were transported to the laboratory and oven-dried at 105°C for 24 hours. After drying, the samples were weighed again to obtain their post-drying weights. Finally, the empty weights of the soil moisture containers were measured (Shukla et al., 2014). Soil moisture content based on dry weight calculated using Eq. 3:

$$\theta = \frac{M_w}{M_d} \times 100 \quad (3)$$

Where: θ = Soil Moisture Content (%), M_w = Mass of water (g) = (Wet weight – Dry weight), M_d = Mass of dry soil (g)



3.3 Data Random Forest Regression (RFR)

To predict soil moisture content, a Random Forest Regression (RFR) model was applied. The dataset has been divided into two categories: predictors (temperature, humidity, precipitation, wind speed, and solar radiation) and target variables (soil moisture content). The data was divided into two sets: training and testing, with training taking in 80% and testing for 20%. The RFR model was trained using different hyperparameters: `n_estimators`, `max_depth`, `min_samples_split`, and `min_samples_leaf`, and grid search was applied to find the best combination that provided the higher model accuracy. Feature importance analyses have been done to emphasize the importance of each predictor in the prediction process.

Python (version 3.10.12) (Python Software Foundation, 2024) and Google Colab (Google Inc., USA) (Bisong, 2019) were used to run the model, and we used Pandas (McKinney, 2010), NumPy (Harris et al., 2020), Matplotlib (Hunter, 2007), and the Scikit-learn (Pedregosa et al., 2011) libraries.

3.4 Performance Evaluation Measures

Four indicators were calculated to quantify the performance of the different models.

Mean Squared Error (MSE): Eq. 4 (Willmott et al., 1985)

$$MSE = 1/n \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2 \quad (4)$$

Mean Absolute Error (MAE): Eq. 5 (Willmott et al., 1985)

$$MSE = 1/n \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2 \quad (5)$$

R-squared: Eq. 6 (Wright, 1921)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (6)$$

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1 General Statistical Analysis

The statistical analysis provides an overview of the variability in soil moisture content and meteorological parameters (temperature, humidity, precipitation, wind speed, and solar radiation) across depths, as well as the NDVI and NDMI indices. SMC showed substantial variation across the five depths, especially at the deeper layers (40 to 80 cm) (Figure 3), with a mean SMC ranged from 12.61% to 16.19% and a standard deviation of 4.18%. The coefficient of variation (CV) was 22.20%, highlighting the moderate variability of SMC. The highest SMC was recorded at 20 cm depth (22.01%), while the lowest values were found at 60 cm and 80 cm depths with 5.49%.

This variability is essential for understanding the dynamic nature of soil moisture retention in loam soils under various meteorological conditions. The use of NDVI and NDMI provides insight into how vegetation health and moisture content relate to SMC, particularly in the topsoil (Saha et al., 2018; Wang et al., 2007).

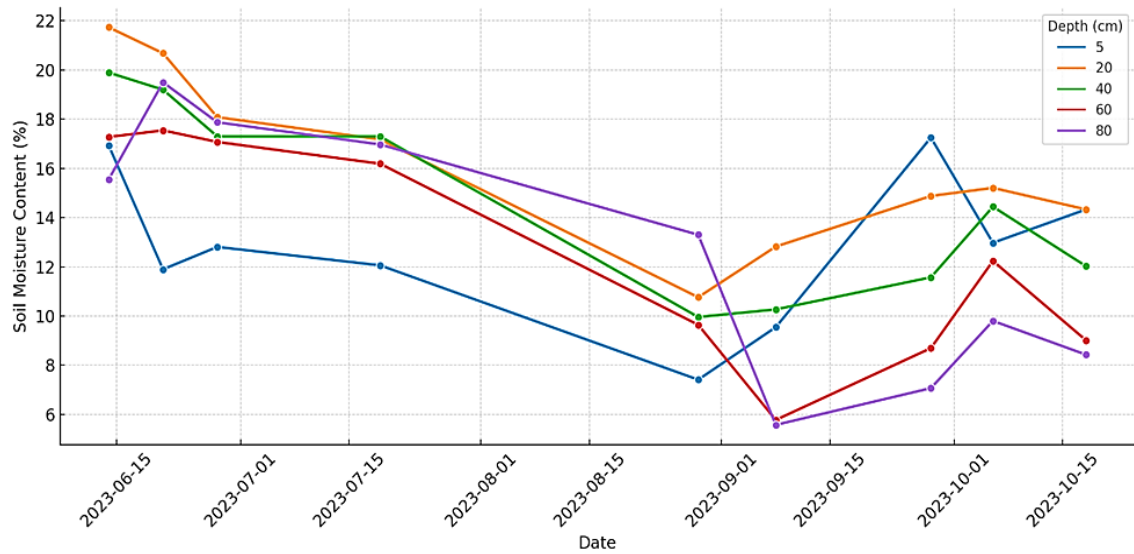


Figure 3: Soil moisture content variation across the depths during the maize vegetation season

4.2 Correlation Analysis by Depth

The study found significant correlations between soil moisture content and the studied features. The precipitation had the highest positive correlation with SMC across all the depths; at 5 cm depth, precipitation is the most significant factor impacting the SMC in the surface layer with a correlation value of 0.78 (Figure 4), temperature had a negative correlation with SMC due to its rule in evapotranspiration; vegetation indices, particularly NDVI and NDMI, exhibited a weak negative correlations (-0.17 and -0.06, respectively), indicating that they are poor predictors of surface SMC.

At 20 and 40 cm depths also, precipitation had a positive significant correlation with SMC with a value of 0.61 and 0.47, respectively; solar radiation also had a moderate correlation with SMC at the two depths with a value of 0.31 and 0.44, respectively, showing its rule in evapotranspiration. At 60 and 80 cm depth also, precipitation and solar radiation had a positive correlation with SMC; NDMI also had a moderate positive correlation at these deep layers, with a value of 0.03 at 60 cm and 0.15 at 80 cm, emphasizing its rule in deep layers water retention.

These depth-wise variations highlight that, while meteorological parameters such as precipitation and temperature influence SMC at shallow depths (Mohseni & Mokhtarzade, 2020), vegetation indices, particularly NDMI, consistently play an essential role in soil moisture retention at all depths. This shows that NDMI could play an important role in monitoring the SMC in large-scale area (Zhang & Zhou, 2016).

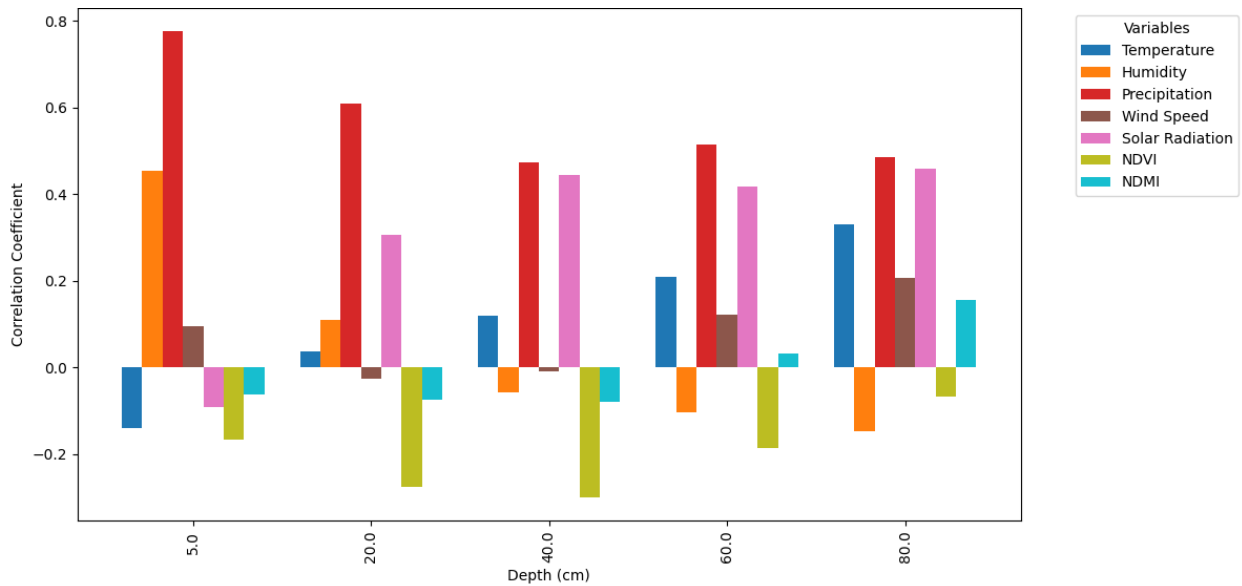


Figure 4: Correlations between soil moisture content and studied features across the depths

4.3 Random Forest Regression (RFR) Analysis

The RFR model was used to predict SMC at different depths utilizing meteorological data and vegetation indices. The results of performance metrics showed that the model accuracy varied across the different depths, highlighting the impact of studied features on SMC at the five depths. At 5 cm depth, the model has R^2 of 0.86, MSE of 3.35, and MAE of 1.31 (Figure 5). The model accuracy showed that there were some challenges in capturing SMC variation at this depth due to the significant variability of SMC, which is affected by short-term variations in precipitation temperature, wind speed, and solar radiation. These constantly changes making accurate predictions is a challenge in this depth (Li et al., 2022). At 20 cm depth, the model's accuracy improved, achieving an R^2 of 0.90, MSE of 1.95, and MAE of 1.13. The 40 cm depth is a transition zone where both meteorological features and other features such as soil texture and water dynamics impact moisture retention, making prediction more challenging with R^2 of 0.85, MSE of 3.01, and MAE of 1.33. At 60 cm and 80 cm depths, the model captured SMC variation with the highest accuracy, achieving R^2 values of 0.91 and 0.94, respectively. The model's consistent performance at all depths highlighted its capacity to capture meteorological and vegetation indices variations in soil moisture (Ning et al., 2023; Teshome et al., 2023). The model performed the best at deeper depths of 60 and 80 cm due to the stability of SMC at these depths and the influence of other factors on SMC variation than the environmental features. In contrast, the model performance at the shallower depths of 5 to 40 cm was less accurate regarding the rapid environmental features variation (Du et al., 2021).

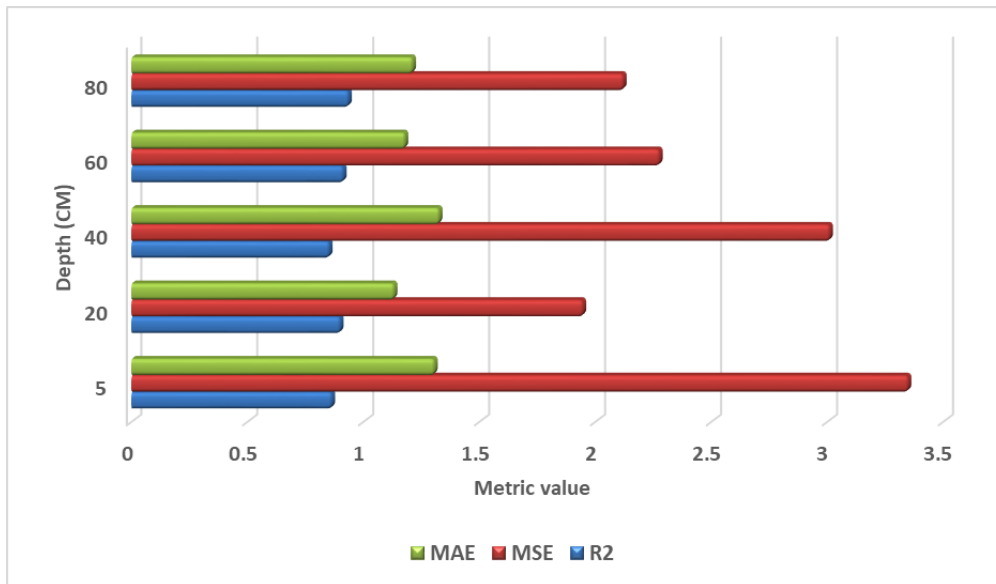


Figure 5: Performance metrics values of the RFR across the five depths

4.4 Feature importance analysis

The analysis showed that precipitation was the most influencing factor in SMC prediction across all the depths, particularly at 5 cm depth, where it contributed to 62.4 % of the prediction, followed by humidity, solar radiation and NDMI (*Figure 6*). Precipitation is the key factor for predicting SMC in the surface depths due to its direct effect on soil moisture level in the topsoil. Humidity was the second most important feature, especially at 20 cm depth, where it contributed to 35.4 % of SMC prediction. NDMI had a crucial role in SMC prediction across all depths, despite the importance of meteorological features. The results showed that vegetation indices, particularly NDMI, at 5 cm depth contributed to 6.1 % of SMC prediction, the impact decreased at 20 and 40 cm depths. NDMI got a higher impact on SMC prediction at deeper depths (60 and 80 cm), achieving 8.3 % at 80 cm depth.

These results showed that precipitation and humidity are the most significant features in SMC prediction, especially at the shallower depths where surface water dynamics influence the SMC variations (Li et al., 2022). NDMI was consistently a significant feature at all depths, highlighting its potential as a key factor for soil moisture prediction models (Ahmed et al., 2021). This is especially important in agricultural practices, where understanding the impact of vegetation on soil moisture retention may assist in optimizing irrigation scheduling and water resource management (Fu et al., 2023).

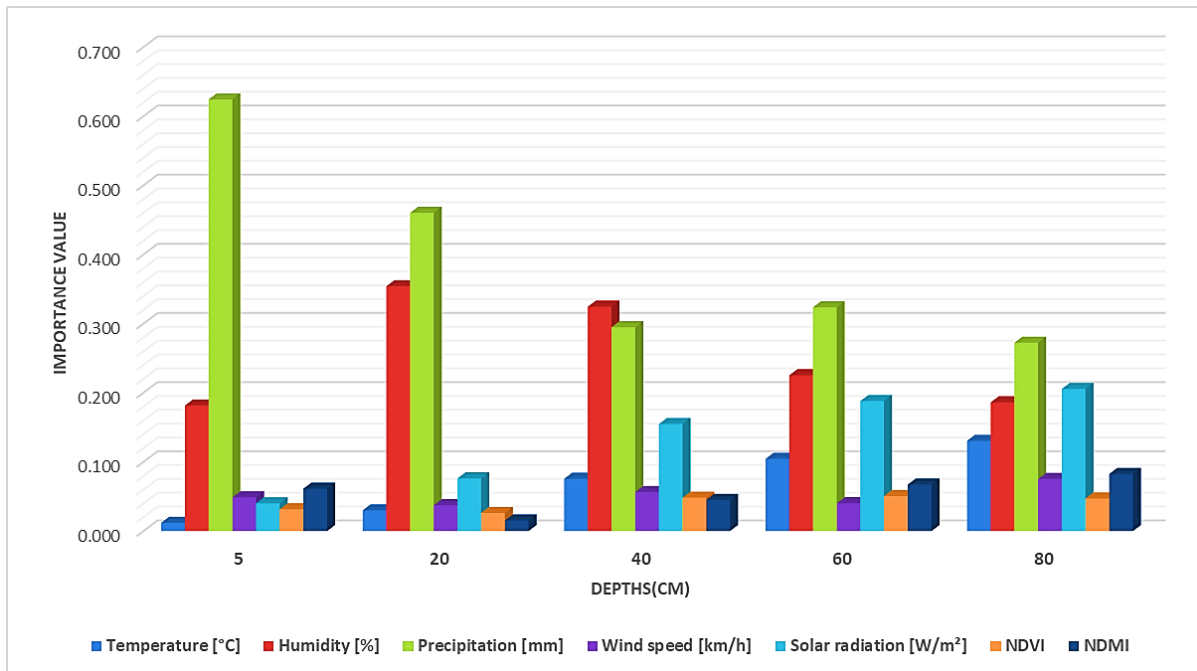


Figure 6: Features importance by depths for RFR

5. CONCLUSION

The research highlights significant findings of SMC predictions using the RFR model in loam soil at five depths using meteorological data and vegetation indices. The analysis results showed that SMC varied across the five depths. The correlation results showed a strong positive correlation of SMC with precipitation and solar radiation, while NDMI showed a strong correlation with SMC, particularly in deeper depths. The RFR model performed well at all depths, achieving high accuracy, and it was effective in capturing surface soil moisture dynamics. In the deeper depths (40 to 80 cm) the prediction accuracy was higher due to the effect of other features on soil moisture dynamics than the meteorological features. Feature importance analysis highlighted that both meteorological variables and vegetation indices, especially precipitation, were the most important features in SMC prediction at all depths. NDMI played a consistently important role in moisture retention, particularly in deeper depths. These results highlighted the importance of integrating vegetation indices and meteorological data with ML models to enhance the SMC prediction accuracy, which will allow for practical implementation in optimizing irrigation systems and improve sustainable agricultural practices. Further research and model training should be conducted considering more features that could affect SMC, especially in the deeper layers, such as soil texture parameters or real-time satellite data, that will lead to better model optimization and accuracy.

Acknowledgments

The Research was supported by The Eköp-24-3-I-Sze-107 University Research Fellowship Program of The Ministry for Culture and Innovation from The Source of The National Research, Development and Innovation Fund. And by the “Precision Bioengineering Research Group” supported by the “Széchenyi István University Foundation”.



A talajnedvesség tartalom előrejelzése vályogtalajban RFR modellel

ÖSSZEFOGLALÁS

A talajnedvesség tartalom (soil moisture content, SMC) fontos tényező a mezőgazdasági termelékenység szempontjából, mivel hatással van a növények növekedésére, a vízfelhasználási hatékonyságra és a talaj egészségére. Az SMC előrejelzésére szolgáló hagyományos módszerek, különösen a mélyebb talajrétegek esetében, gyakran korlátozottak. Jelen kutatás célja a Random Forest Regression (RFR) gépi tanulási modell fejlesztése és validálása volt az SMC előrejelzésére vályogtalajban, öt különböző mélységben (5, 20, 40, 60 és 80 cm) meteorológiai adatok (hőmérséklet, páratartalom, csapadék, szélesség és globálsugárzás) és vegetációs indexek, mint a Normalizált Vegetációs Index (NDVI) és a Normalizált Nedvesség Index (NDMI) felhasználásával. Az adatokat a 2023-as kukorica vegetációs szezonban gyűjtöttük Mosonmagyaróváron. Az SMC eredmények átlagértékei 12,61% és 16,19% között változtak. A korrelációs elemzés alapján a csapadékmennyiség és az NDMI erős pozitív korrelációt mutattak az SMC-vel, különösen a sekélyebb rétegekben, $r = 0,78$ értéket elérve 5 cm mélységben, míg a sugárzási érték közepes korrelációt mutatott, különösen a mélyebb talajrétegek esetében. Az RFR modell minden mélységnél jól teljesített, 5 cm mélységnél $R^2 = 0,86$ értéket ért el, míg a mélyebb rétegeknél a modell pontossága nőtt, 60 és 80 cm mélységben $R^2 = 0,91$ és $0,94$ eredményeket realizálva. Az elemzésbe vont változók fontossági sorrendje szerint a legjelentősebb faktor a csapadék, a páratartalom és az NDMI voltak, utóbbi tényező fontos szerepet játszik a mélyebb rétegek nedvességmegőrzésében és a modellezésben. Ezek az eredmények hangsúlyozzák a mesterséges intelligencia, valamint a gépi tanulási algoritmusok alkalmazásának lehetőségeit az öntözési technológiák optimalizálásában és a vízgazdálkodás fejlesztésében.

Kulcsszavak: talajnedvesség tartalom, RFR, vályogtalaj, NDVI, NDMI, jellemzők fontossága

REFERENCES

- Acharya, U., Daigh, A. L. M., & Oduor, P. G. (2022). Soil Moisture Mapping with Moisture-Related Indices, OPTRAM, and an Integrated Random Forest-OPTRAM Algorithm from Landsat 8 Images. *Remote Sensing*, 14(15), 3801. <https://doi.org/10.3390/rs14153801>
- Ågren, A. M., Larson, J., Paul, S. S., Laudon, H., & Lidberg, W. (2021). Use of multiple LIDAR-derived digital terrain indices and machine learning for high-resolution national-scale soil moisture mapping of the Swedish forest landscape. *Geoderma*, 404, 115280. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115280>
- Ahmed, A. A. M., Deo, R. C., Raj, N., Ghahramani, A., Feng, Q., Yin, Z., & Yang, L. (2021). Deep Learning Forecasts of Soil Moisture: Convolutional Neural Network and Gated Recurrent Unit Models Coupled with Satellite-Derived MODIS, Observations and Synoptic-Scale Climate Index Data. *Remote Sensing*, 13(4), 554. <https://doi.org/10.3390/rs13040554>
- Alahmad, T., Neményi, M., & Nyéki, A. (2023). Applying IoT Sensors and Big Data to Improve Precision Crop Production: A Review. *Agronomy*, 13(10), 2603. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102603>
- Bisong, E. (2019). Google Colaboratory. In *Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform* (pp. 59–64). Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4470-8_7
- Caldwell, T. G., Bongiovanni, T., Cosh, M. H., Halley, C., & Young, M. H. (2018). Field and Laboratory Evaluation of the CS655 Soil Water Content Sensor. *Vadose Zone Journal*, 17(1), 1–16. <https://doi.org/10.2136/vzj2017.12.0214>



- Carranza, C., Nolet, C., Peziz, M., & van der Ploeg, M. (2021). Root zone soil moisture estimation with Random Forest. *Journal of Hydrology*, 593, 125840. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125840>
- de Oliveira, V. A., Rodrigues, A. F., Morais, M. A. V., Terra, M. de C. N. S., Guo, L., & de Mello, C. R. (2021). Spatiotemporal modelling of soil moisture in an Atlantic forest through machine learning algorithms. *European Journal of Soil Science*, 72(5), 1969–1987. <https://doi.org/10.1111/ejss.13123>
- Du, M., Zhang, J., Elmahdi, A., Wang, Z., Yang, Q., Liu, H., Liu, C., Hu, Y., Gu, N., Bao, Z., Liu, Y., Jin, J., & Wang, G. (2021). Variation Characteristics and Influencing Factors of Soil Moisture Content in the Lime Concretion Black Soil Region in Northern Anhui. *Water*, 13(16), 2251. <https://doi.org/10.3390/w13162251>
- Fu, R., Xie, L., Liu, T., Zheng, B., Zhang, Y., & Hu, S. (2023). A Soil Moisture Prediction Model, Based on Depth and Water Balance Equation: A Case Study of the Xilingol League Grassland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1374. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021374>
- Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., Wieser, E., Taylor, J., Berg, S., Smith, N. J., Kern, R., Picus, M., Hoyer, S., van Kerkwijk, M. H., Brett, M., Haldane, A., del Río, J. F., Wiebe, M., Peterson, P., & Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585(7825), 357–362. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
- Hegazi, E. H., Yang, L., & Huang, J. (2021). A Convolutional Neural Network Algorithm for Soil Moisture Prediction from Sentinel-1 SAR Images. *Remote Sensing*, 13(24), 4964. <https://doi.org/10.3390/rs13244964>
- Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D Graphics Environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90–95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
- Lee, C. suk, Sohn, E., Park, J. D., & Jang, J.-D. (2019). Estimation of soil moisture using deep learning based on satellite data: a case study of South Korea. *GIScience & Remote Sensing*, 56(1), 43–67. <https://doi.org/10.1080/15481603.2018.1489943>
- Lee, S.-J., Choi, C., Kim, J., Choi, M., Cho, J., & Lee, Y. (2023). Estimation of High-Resolution Soil Moisture in Canadian Croplands Using Deep Neural Network with Sentinel-1 and Sentinel-2 Images. *Remote Sensing*, 15(16), 4063. <https://doi.org/10.3390/rs15164063>
- Li, Q., Zhu, Y., Shangguan, W., Wang, X., Li, L., & Yu, F. (2022). An attention-aware LSTM model for soil moisture and soil temperature prediction. *Geoderma*, 409, 115651. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115651>
- Liakos, K., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine Learning in Agriculture: A Review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- Liao, R., Yang, P., Wang, Z., Wu, W., & Ren, S. (2018). Development of a Soil Water Movement Model for the Superabsorbent Polymer Application. *Soil Science Society of America Journal*, 82(2), 436–446. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.05.0164>
- McKinney, W. (2010). *Data Structures for Statistical Computing in Python*. Proc. of the 9th Python in Science Conf. (SCIPY 2010), 56–61. <https://doi.org/10.25080/Majora-92bf1922-00a>
- Mohseni, F., & Mokhtarzade, M. (2020). A new soil moisture index driven from an adapted long-term temperature-vegetation scatter plot using MODIS data. *Journal of Hydrology*, 581, 124420. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124420>
- Neményi, M., Ambrus, B., Teschner, G., Alahmad, T., Nyéki, A., & Kovács, A. J. (2023). Challenges of ecocentric sustainable development in agriculture with special regard to the internet of things (IoT),



- an ICT perspective. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 19(1), 113–122. <https://doi.org/10.1556/446.2023.00099>
- Ning, J., Yao, Y., Tang, Q., Li, Y., Fisher, J. B., Zhang, X., Jia, K., Xu, J., Shang, K., Yang, J., Yu, R., Liu, L., Zhang, X., Xie, Z., & Fan, J. (2023). Soil moisture at 30 m from multiple satellite datasets fused by random forest. *Journal of Hydrology*, 625, 130010. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130010>
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., & Dubourg, V. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *The Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830.
- Peng, J., Loew, A., Merlin, O., & Verhoest, N. E. C. (2017). A review of spatial downscaling of satellite remotely sensed soil moisture. *Reviews of Geophysics*, 55(2), 341–366. <https://doi.org/10.1002/2016RG000543>
- Python Software Foundation. (2024). *Python Language Reference, version 3.10*. <https://www.python.org>
- Saha, A., Patil, M., Goyal, V. C., & Rathore, D. S. (2018). Assessment and Impact of Soil Moisture Index in Agricultural Drought Estimation Using Remote Sensing and GIS Techniques. *Proceedings* 7(1), 2. <https://doi.org/10.3390/ECWS-3-05802>
- Senanayake, I. P., Yeo, I.-Y., Walker, J. P., & Willgoose, G. R. (2021). Estimating catchment scale soil moisture at a high spatial resolution: Integrating remote sensing and machine learning. *Science of The Total Environment*, 776, 145924. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145924>
- Sentinel Hub. (2024). <https://www.sentinel-hub.com>
- Shokati, H., Mashal, M., Noroozi, A., Abkar, A. A., Mirzaei, S., Mohammadi-Doqozloo, Z., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Khosravani, P., Nabiollahi, K., & Scholten, T. (2024). Random Forest-Based Soil Moisture Estimation Using Sentinel-2, Landsat-8/9, and UAV-Based Hyperspectral Data. *Remote Sensing*, 16(11), 1962. <https://doi.org/10.3390/rs16111962>
- Shukla, A., Panchal, H., Mishra, M., Patel, P. R., Srivastava, H. S., Patel, P., & Shukla, A. K. (2014). Soil moisture estimation using gravimetric technique and FDR probe technique: a comparative analysis. *Am. Int. J. Res. Form. Appl. Nat. Sci*, 8, 89–92.
- Singh, T., Verma, A., Singh, M., Patel, N. D., Dheri, G. S., Singh, K., & Singh, A. (2024). A human machine interface (HMI) assisted portable device for measuring soil efflux using low-cost sensors: design, development and field evaluation. *Clean Technologies and Environmental Policy*. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02909-9>
- Strashok, O., Ziemiańska, M., & Strashok, V. (2022). Evaluation and Correlation of Normalized Vegetation Index and Moisture Index in Kyiv (2017–2021). *Journal of Ecological Engineering*, 23(9), 212–218. <https://doi.org/10.12911/22998993/151884>
- Szám, D., Hetesi, Zs., Takács, A. P., Keve, G., Balling, P., & Fekete, Á. (2024). Study of drought periods in the Tokaj-Hegyalja wine region. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. <https://doi.org/10.1556/446.2024.00116>
- Teshome, F. T., Bayabil, H. K., Hoogenboom, G., Schaffer, B., Singh, A., & Ampatzidis, Y. (2023). Unmanned aerial vehicle (UAV) imaging and machine learning applications for plant phenotyping. *Computers and Electronics in Agriculture*, 212, 108064. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108064>
- Verhoest, N. E. C., Lievens, H., Wagner, W., Álvarez-Mozos, J., Moran, M. S., & Mattia, F. (2008). On the Soil Roughness Parameterization Problem in Soil Moisture Retrieval of Bare Surfaces from Synthetic Aperture Radar. *Sensors*, 8(7), 4213–4248. <https://doi.org/10.3390/s8074213>



- Wang, X., Xie, H., Guan, H., & Zhou, X. (2007). Different responses of MODIS-derived NDVI to root-zone soil moisture in semi-arid and humid regions. *Journal of Hydrology*, 340(1-2), 12-24. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.03.022>
- Willmott, C. J., Ackleson, S. G., Davis, R. E., Feddema, J. J., Klink, K. M., Legates, D. R., O'Donnell, J., & Rowe, C. M. (1985). Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 90(C5), 8995–9005. <https://doi.org/10.1029/JC090iC05p08995>
- Wright, S. (1921). Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, 20(7), 557.
- Zhang, D., & Zhou, G. (2016). Estimation of Soil Moisture from Optical and Thermal Remote Sensing: A Review. *Sensors*, 16(8), 1308. <https://doi.org/10.3390/s16081308>
- Zheng, W., Zhangzhong, L., Zhang, X., Wang, C., Zhang, S., Sun, S., & Niu, H. (2019). A Review on the Soil Moisture Prediction Model and Its Application in the Information System. In Li, D., & Zhao, C. (Eds.), *Computer and Computing Technologies in Agriculture XI* (pp. 352–364). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06137-1_32

©Copyright 2024 by the Authors.

The journal is Open Access (Platinum). This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).





Limousin választott borjak testméreteinek elemzése döntési fa eljárással egy törzstenyészetben

DEMÉNY MÁRTON^{1*}, TARR BENCE², SZŰCS MÁRTON¹, TŐZSÉR JÁNOS³

¹Limousin és Blonde d'Aquitaine Tenyésztők Egyesülete, Budapest

Email: demenymarton@gmail.com

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Műszaki Tudományok Intézet, Gödöllő

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1790-9234>

³Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Állattudományi Tanszék

Mosonmagyaróvár

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-1765>

*Corresponding author/Levelező szerző

Received/Érkezett: 2024.09.08.

Revised/Átdolgozva: 2024.10.10.

Accepted/Elfogadva: 2024.10.16.

ÖSSZEFOGLALÁS

A testméretek elemzése fontos szerepet játszik mind az élősúly becslés mind pedig a tenyészállat kiválogatás és minősítés szempontjából. Minden olyan módszer mely segíti a korai tenyészállat kiválogatást, nem csak hatékony eszköz a tenyésztői munkában, de költségmegtakarítást is jelent. Jelen tanulmányban egy limousin törzstenyészetből származó összesen 311 (146 bika és 165 üsző) választott borjú testméreteit (marmagasság, farmagasság, háthosszúság, marszélesség, csípőszélesség, ülőgumótávolság) elemezzük (2021 és 2022 év között) döntési fa eljárással. Vizsgálataink során azt találtuk, hogy az életkor és a testméretek között a korrelációs értékek $r_{rang} = 0,02$ -től, $r_{rang} = 0,36$ -ig változtak ($n=311$, $P \leq 0,01$). Ugyan akkor az élősúly vonatkozásban, ugyan ezek az értékek az alábbiak voltak: $r_{rang} = 0,32$; $r_{rang} = 0,77$ ($n=311$, $P \leq 0,01$). Megállapíthatjuk, hogy ebben az életkorban, a választott borjak esetében az egyes testméretek alakulására az élősúly nagyobb befolyással bírt, az életkorhoz képest. Az is megállapítható, hogy a CHAID elemzés alkalmas a testméretek és az élősúly közötti összefüggéseinek feltárására, melynek külön előnye, hogy megjeleníti a homogén csoportok jellemzőit.

Kulcsszavak: testméretelemzés, választási súly, limousin, CHAID, döntési fa

1. BEVEZETÉS

1.1 Testméretek felvételének jelentősége, a felvétel módszerei

A lineáris testméretek vizsgálata hasznos információt nyújt a húsmarhák tenyésztésre vagy hizlálásra való alkalmasságáról, mivel a testméretek öröklődőképessége általában jobb, mint a küllembírálati – testalakulást leíró – pontszámok öröklődőképességi értékei. A húsmarhák testméretei - mind a *Bos Indicus*, mind a *Bos Taurus* esetében - bizonyítottan pozitívan korrelálnak (közepes vagy magas együtthatóval) a gazdaságilag fontos tulajdonságokkal (Gunawan és Jakaria, 2010; Marle-Köster et



al., 2000; Xu et al., 2022). Szoros és pozitív korrelációk vannak a választás előtti korban és választás után végzett mérések között is (Orheruata és Olutogun, 1994). Brown és Shrode (1971) többváltozós lineáris regresszióval kimutatták, hogy a testméretek és a testalakulás jellemzőinek különböző kombinációi szignifikánsan nagyobb eltérést magyaráznak az átlagos napi súlygyarapodásban és a faggyúvastagságban, mint a választási súly és az életkor önmagában.

A húsmarhák testméreteinek mérése túlnyomórészt hagyományos módon, mérőszalaggal és mérőbottal történik, és jellemzően 3-5 percet vesz igénybe állatonként (Tózsér et al., 1995; Ouédraogo et al., 2020). Tekintettel a mellkas körméret és az élősúly közötti szoros összefüggésre, egyes kutatásokban egy erre használható speciális mérőszalagot használtak, amely az állat testtömegének becslésére szolgáló referenciaskálát tartalmaz (Sales et al., 2009; Abreuet et al., 2015). Az állaton végzett közvetlen mérések azonban jelentős stresszreakciókat válthatnak ki a húsmarháknál, ami hatással van a szarvasmarhák jóllétére, takarmányfelvételére és növekedésére, és balesetveszélyt is jelenthet a méréseket végző technikusok számára (Augspurger és Ellis, 2002; Petherick et al., 2009; Li et al., 2022). A stressztényezők mérséklése érdekében megjelentek a modern digitális technikák az érintés nélküli súlymérésre, például kétdimenziós CCD-kamera (Kongsro, 2014; Shi et al., 2016) vagy háromdimenziós kamera (Wongsriworaphon et al., 2015) felhasználásával. A mérések gyakoriságának csökkentése szempont a vizsgálatok során, mely az állatjólléti elvekkel is összhangban van, ugyanakkor így jobban beilleszthetővé teszi ezt a munkafolyamatot a tenyésztés napi megszokott munkái közé.

1.2 Faktor- és főkomponens-analízis módszerének néhány eredménye, tenyésztési adatokon

A faktoranalízist tejelő és húsmarhák esetében is egyaránt alkalmazták – az 1970-es évektől kezdődően – a gazdaságilag fontos tulajdonságok csoportjainak elemzésére. Napjainkban molekuláris módszerekkel is kombinálják. Lewis et al. (2011) egy evolúciós vizsgálatban használták az SNP eredményekhez, Moravčíková et al. (2017) pedig a természetes szelekció modellezésére. Boiligon et al. (2016) nem csak a mért tulajdonságokra, hanem kilenc választási és éves szarvasmarha tulajdonságának becsült tenyészértékére is használt főkomponens-analízist (PCA) nelore szarvasmarháknál. Bonifazi et al. (2022) genomikai módszerekkel becsült tenyészértékeket limousin szarvasmarhák választási súlyának nagy nemzetközi adatbázisa alapján. A PCA-t a holstein-fríz szarvasmarha (Castano et al., 2016) és a red sindhi tejelő szarvasmarhafajta (Mello et al., 2019) termelési és szaporodási tulajdonságainak elemzésére is felhasználták. A holstein-fríz és a magyar tarka teheneken PCA segítségével végzett két elemzés eredményei (Tózsér et al., 2001) egyértelműen megerősítették, hogy a faggyúlerakódásra és a zsírszöveti sejtszerkezetre vonatkozó változókat be kell vonni az előrejelzésekre szolgáló modellbe. Tózsér et al. (1997) limousin tenyész bikajelöltek teljesítményvizsgálatának eredményeit értékelte ezzel a statisztikai módszerrel. Szintén faktoranalízist alkalmaztak a szarvasmarha-állományokat fertőző betegségek előfordulási esélyeinek vizsgálatára, például a tejelő teheneknél a tőgygyulladás és a sántaság korai felismerésének meghatározására (Miekley et al., 2013), ahogy a Norvég vörös marhát érintő betegségek előfordulási gyakoriságának vizsgálatára is (Zarnecki et al., 1985).

1.3 Döntési fa és egyéb eljárások alkalmazásának lehetőségei

A döntési fa eljárásra alapuló elemzéseknek a szarvasmarha tenyésztés kutatási területén számos példája létezik. Piwczyński et al. (2013) 1257 holstein teheneke esetében vizsgálták az ellés lefolyást és a holtellések arányát befolyásoló tényezőket, ahol döntési fa modellt (classification tree model)



használtak. Az eredmények azt mutatták, hogy a Chi négyzetre és entrópia függvényre (entropy function) alapozott döntési fa elemzéssel lehet a legjobban kimutatni a könnyűellés variabilitását. Grzesiak et al. (2023) a napi testtömeggyarapodást vizsgálták 680 szimentáli és 373 limousin hízó borjú esetében, ahol a mesterséges neuron hálózatok (artificial neural networks), a logisztikus regresszió (logistic regression) és a döntési fa (decision tree) modellek közül a véletlenszerű osztályozás (random forest) volt a leghatékonyabban használható modell. Négy lengyelországi holstein-fríz telepen összesen 1342 ellés alapján a nehézellést leginkább befolyásoló tényezők meghatározására négy modellt hasonlítottak össze (CART, CHAID, QUEST, GLM) Zaborski et al. (2017), mely során meghatározták a nehézellést leginkább befolyásoló tényezőket (bika tenyésztérete, tehén kora, farm kategória besorolása, évszak), és arra jutottak, hogy mind a négy osztályozási modell megfelelő a nehézellés előrejelzésére. Egy másik tanulmány a döntési fák felhasználási lehetőségeit vizsgálta a marhahús porhanyósságának előrejelzésére/kategorizálására használt modellek fejlesztéséhez, a tenyésztési tényezők ($q = 10$) és a hasított test jellemzői ($q = 12$) alapján (Gagaoua et al., 2019). Ehhez 308 fiatal bikától származó húsminta 55 °C-on grillezett ribeye steak (a magas hátszín, valamint a rostélyos középső része) porhanyósságát vizsgálták. A regressziós és osztályozási C&RT módszert alkalmazták, amely lehetővé tette a porhanyósság előrejelzését a 1) a nevelési tényezők, 2) a hasított test jellemzői vagy 3) mindkettő alapján. Sharma et al. (2024) azokat a környezeti tényezőket vizsgálták melyek hatással vannak a tejelő tehenek laktációs tejhozamára. A különböző tényezők befolyásoló hatásának meghatározására regressziós fa módszert használtak, mely során megállapították, hogy az életkor, a laktáció hossza, az ellés ideje közül a laktáció hossza a legmeghatározóbb környezeti tényező. Akşahan és Keskin (2015) a testméretek és a hízalás végsúlyja között kerestek összefüggéseket 103 fiatal (holstein, szimentáli, brown swiss és keresztezett) bika esetében, melynek meghatározásához regressziós fa modellt használtak. Az eredmények alapján ennek a modellnek a használatát javasolják a hízalás végsúlyának előrejelzéséhez.

A döntési fa elemzés előnyeire vonatkozó fenti megállapítások alapján jelen tanulmány célja a limousin fiatal bikák testméret paramétereinek CHAID elemzéssel történő jellemzése volt egy magyarországi nukleusz tenyészetben, valamint a testméretek lehetséges szerepének feltárása a korai szelekció során.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A méretfelvételezések a *Limousin és Blonde D'Aquitaine Tenyésztők Egyesületének* meghatározott tenyésztési programja szerint történt, mely kötelező érvényű a törzstenyészetek számára. Az állatok minősítését az egyesület munkatársa végezte.

A testméretek a tenyésztési, és a korai szelekció szempontjából fontos paraméterek szerint lettek megválasztva, melyek hasznos információkat nyújtanak a tenyésztőnek. A vizsgált paramétereket ugyan az a szakember mérte meg, megfelelő szintű tanulás után. A testméretek felvételének helyéről és módjáról az 1. táblázat tájékoztat, az eszközök pedig az 1. képen láthatók.

1. táblázat: A testméretfelvételezés helye és módja

| Testméretek | Mérési pontok | Eszköz |
|-------------------------------|---|------------|
| Marmagasság, MM | A talaj és a mar függőleges távolsága | Mérőbot |
| Farmagasság, FM | A talaj és a far függőleges távolsága | Mérőbot |
| Háthosszúság, HH | A mar (elülső lábak vonalától) és a csípő (külső csípőszöglet vonaláig) mért távolság | Mérőszalag |
| Marszélesség, MSZ | A mar legszélesebb pontjai között mért távolság | Mérőszalag |
| Csípőszélesség (Far-1), CS | A külső csípőszögletek között mért távolság | Mérőszalag |
| Ülőgumó távolság (Far-3), ÜGT | Az ülőgumók között mért távolság | Mérőszalag |

*1. kép: Mérőeszközök: a mérőbot és a mérőszalag*

Vizsgálataink során egy Veszprém vármegyében található Nemesvámos melletti 305 tehenes törzstenyészet eredményeit értékeltük. A tenyészetben pontos és szakszerű tenyésztői munka folyik. Az állatokat két telepen tartják, egyiken a teheneket melyhez kiterjedt legelőhálózat is tartozik, másikon a választott borjakat, növendék üszőket és a sajátteljesítménybe (STV) állított bikákat. A tehének tartása legelőre alapozott, ahol a borjak választásig a tehén alatt maradnak, és a növendéktáphoz borjú óvodában jutnak hozzá. A növendék üszők tenyésztésbe vételig, mélyalmos istállókban és legelőn vannak. A választott borjak szintén mélyalmos istállókban, a megfelelő takarmányozás és a növekedés utánkövetése érdekében (2. és 3. kép).



2. kép: Legelőre alapozott állattartás a törzstenyészet területein

A törzstenyésztő a szükséges takarmányokat a gazdaságon belül állítja elő, mind a szálas (széna, lucernaszéna), mind pedig a szemestakarmányból készült saját recept által összeállított és takarmánykeverőben elkészített tápokot.

A tanulmányban a tenyésztet 2021 és 2022-ben választott borjainak az eredményeit dolgoztuk fel, összesen 311 üsző és bikaborjú adatait. A borjakat életkorhoz kötve évente több alkalommal átlagosan 213 napos korban választják le. A választást követően 2 héten belül megtörténik a méretfelvételezés, majd a minősítést és származás ellenőrzést követően kiválasztásra kerülnek a továbbtenyésztésre megtartott üszők és bikák. A fennmaradt növendék üsző állomány tenyészállatként kerül értékesítésre, míg a legígéretesebb bikák STV után tenyészbikaként kerülnek a piacra, a többi vágóállatként kerül eladásra.

A tenyésztet induló törzsállományát Franciaországból vette, tovább szelektálva a ráma, könnyű ellés, a jó szervezeti szilárdság és a széles far, mint a limousin tenyész típus legfontosabb tulajdonságaira. Tenyészbikáit azóta is első sorban Franciaországból pótolja, kiegészítve saját tenyésztésű állataival. A kiváló tenyésztői munka és az állomány tenyészscélnak megfelelő fejlődése jól megfigyelhető a választott borjak évjáratokat követő paraméterein, tulajdonságain.



3. kép: Istállózás technológiája az Imár Bt. telepén

A vizsgálatban szereplő küllemi tulajdonságok statisztikai jellemzőit és megoszlását és az egyes kategóriákba tartozó választott borjak számát a 2. táblázat mutatja.



2. táblázat: A vizsgálatban szereplő adatok statisztikai jellemzői és megoszlása

| | | Életkor (nap) | | Súly (kg) | | MM (cm) | | FM (cm) | | HH (cm) | | MSZ (cm) | | CS (cm) | | ÜGT (cm) | | |
|--------------|--------|---------------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|-------|----------|-------|---------|-------|----------|-------|--------|
| | | N | Átlag | Szórás | Átlag | Szórás | Átlag | Szórás | Átlag | Szórás | Átlag | Szórás | Átlag | Szórás | Átlag | Szórás | Átlag | Szórás |
| Ivar | Bika | 146 | 213,53 | 22,20 | 263,00 | 39,97 | 108,07 | 4,71 | 116,97 | 4,93 | 60,16 | 4,42 | 24,90 | 3,21 | 32,71 | 3,07 | 12,14 | 1,16 |
| | Üsző | 165 | 213,38 | 26,01 | 249,01 | 39,50 | 107,53 | 4,80 | 116,39 | 5,03 | 59,10 | 4,53 | 24,93 | 2,84 | 32,37 | 2,94 | 12,85 | 1,06 |
| Születési év | 2021 | 115 | 227,85 | 24,47 | 252,33 | 32,53 | 106,94 | 4,85 | 115,90 | 5,07 | 61,36 | 5,33 | 23,75 | 2,27 | 30,78 | 2,66 | 11,89 | 1,25 |
| | 2022 | 196 | 205,00 | 19,77 | 257,48 | 44,15 | 108,28 | 4,65 | 117,11 | 4,88 | 58,57 | 3,56 | 25,60 | 3,19 | 33,55 | 2,70 | 12,89 | 0,93 |
| Hónap | Jan. | 13 | 193,46 | 9,09 | 245,38 | 42,51 | 104,54 | 3,23 | 114,15 | 3,13 | 58,15 | 1,72 | 23,92 | 2,06 | 30,69 | 2,02 | 12,54 | 0,66 |
| | Feb. | 16 | 226,38 | 7,90 | 299,44 | 30,52 | 111,31 | 2,94 | 120,44 | 3,79 | 60,94 | 3,43 | 25,25 | 2,02 | 34,50 | 1,79 | 12,69 | 0,95 |
| | Márc. | 23 | 200,17 | 22,01 | 267,78 | 42,43 | 108,09 | 4,40 | 117,61 | 4,65 | 59,26 | 3,40 | 24,65 | 2,12 | 33,35 | 2,33 | 12,48 | 0,85 |
| | Ápr. | 21 | 234,00 | 16,68 | 301,00 | 38,91 | 112,43 | 4,56 | 121,81 | 4,62 | 60,62 | 2,96 | 25,43 | 1,54 | 35,10 | 1,97 | 13,43 | 1,08 |
| | Máj. | 31 | 201,68 | 9,48 | 241,84 | 31,27 | 108,39 | 4,72 | 116,58 | 5,20 | 57,16 | 3,62 | 24,48 | 1,82 | 32,61 | 1,89 | 12,97 | 1,05 |
| | Jún. | 55 | 220,00 | 32,47 | 248,47 | 40,45 | 108,62 | 4,81 | 117,07 | 4,94 | 60,64 | 5,73 | 24,13 | 2,33 | 32,33 | 2,32 | 12,44 | 1,05 |
| | Júl. | 40 | 227,45 | 22,91 | 237,40 | 34,92 | 107,55 | 4,59 | 115,95 | 5,06 | 61,65 | 5,62 | 24,03 | 3,22 | 32,43 | 3,14 | 11,73 | 1,38 |
| | Aug. | 20 | 220,15 | 12,65 | 253,45 | 29,59 | 106,55 | 4,84 | 115,45 | 4,96 | 62,30 | 3,81 | 26,10 | 3,57 | 33,65 | 3,36 | 12,25 | 1,16 |
| | Szept. | 27 | 189,78 | 16,47 | 232,59 | 38,57 | 103,33 | 4,85 | 112,59 | 5,08 | 59,37 | 4,05 | 26,74 | 4,15 | 33,37 | 3,26 | 12,59 | 1,45 |
| | Okt. | 24 | 217,75 | 23,59 | 268,88 | 27,24 | 108,58 | 2,24 | 117,92 | 2,15 | 58,63 | 3,33 | 27,58 | 4,45 | 32,33 | 3,77 | 12,88 | 0,85 |
| | Nov. | 24 | 198,33 | 9,26 | 249,54 | 31,61 | 105,88 | 3,54 | 114,46 | 3,92 | 55,83 | 2,35 | 23,54 | 2,21 | 28,25 | 2,03 | 12,25 | 1,15 |
| | Dec. | 17 | 221,47 | 7,49 | 269,00 | 28,85 | 107,65 | 3,74 | 117,18 | 3,32 | 58,76 | 3,03 | 24,35 | 2,18 | 32,18 | 1,74 | 12,65 | 0,86 |
| Összesen: | | 311 | 213,45 | 24,25 | 255,58 | 40,27 | 107,78 | 4,76 | 116,67 | 4,98 | 59,60 | 4,50 | 24,91 | 3,02 | 32,53 | 3,00 | 12,52 | 1,16 |

A statisztikai vizsgálatokhoz az SPSS. 24.-es program csomagot (SPSS Inc., Chicago, IL) használtuk (alap statisztikák megadása, korreláció számítása, CHAID eljárás (Chi-squared Automatic Interaction Detector). A vizsgált tulajdonságok közötti összefüggések számszerűsítésére Spearman korrelációkat számítottunk, legalább $\alpha=0,05$ szint mellett. A 3. táblázatban foglaltuk össze az alkalmazott elemző módszer főbb jellemzőit.

3. táblázat: A CAHID elemzés jellemzői

| Növekedési modell | CHAID |
|------------------------------|--|
| Függő változó | Például: MM (cm) |
| Független változók | Életkor (nap), Élősúly (kg), Farbúbmagasság (cm), Háthosszúság (cm), Marszélesség (cm), Far-1 szélesség (cm), Far-3 szélesség (cm), Születés éve: 2020 (1), 2021 (2) Születés hónapja: (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) Ivar: (hímivar: 1, nőivar: 2) |
| Maximum leágazás száma | 3 |
| Fő csomópontok minimum száma | 100 |
| Alcsomópontok minimum száma | 50 |



3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

A 4. táblázat adatai alapján szembe tűnő, hogy az életkor és a testméretek között a korrelációs értékek $r_{\text{rang}} = 0,02$ -től, $r_{\text{rang}} = 0,36$ -ig változtak ($n=311$, $P \leq 0,01$). Az élősúly vonatkozásban, ugyan ezek az értékek az alábbiak voltak: $r_{\text{rang}} = 0,32$; $r_{\text{rang}} = 0,77$ ($n=311$, $P \leq 0,01$). Megállapíthatjuk, hogy ebben az életkorban, a választott borjak esetében az egyes testméretek alakulására az élősúly nagyobb befolyással van, mint az életkor.

Az általunk tapasztalt hasonló eredményekre jutott Rashid et al. (2016), akik különböző korcsoportot vizsgálva azt találták, hogy a testméretek között a testtömeg és a mellkas körméret (HG) ($r=0,95$) között van a legmagasabb értékű korrelációs együttható, a legalacsonyabb pedig a fülhossz és a testtömeg között ($r=0,70$). Az adatok életkor szerinti csoportosítása azt mutatta, hogy a mellkas körméret és a testsúly korrelációs együtthatója minden korcsoportban hasonló volt. Sakar et al. (2020) yerli kara (anatoliai fekete) szarvasmarhák élőtömegének becslésére tett kísérletet, melyet a testméretekkel lineáris regressziós modellekkel számoltak, a születés és 12 hónapos kor között. A legmagasabb korrelációs együttható értéket az élősúly és a mellkas körméret között találták, ahol az R^2 értékek hasonlóan alakultak (64%, 77,1%, 75,4% és 77,1%), minden időszakban, a születéskor, és a 3, 6 és 12 hónapos korban egyaránt. A fentiek alapján alátámasztható, hogy a választott borjak egy éves koráig az egyes testméretek alakulása nagyobb befolyással van az élősúlyra, mint az állatok életkora.

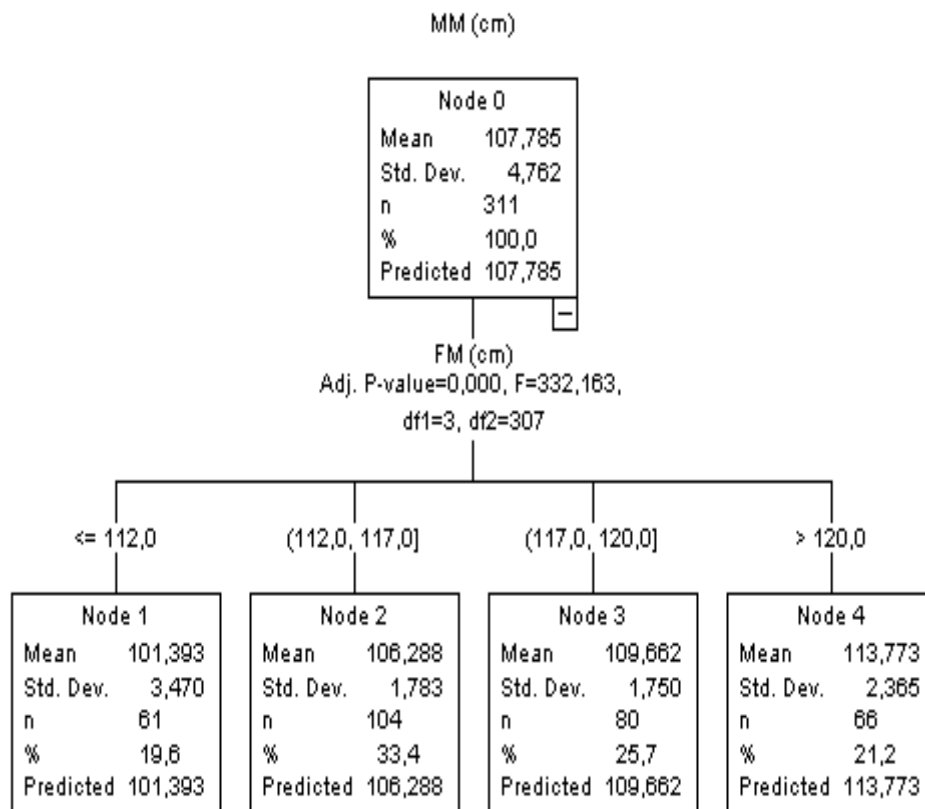


4. táblázat: A vizsgált testméretek közötti Spearman (rang) korrelációs együtthatók értéke (n=311)

| Spearman korreláció | | Súly (kg) | MM (cm) | FM (cm) | HH (cm) | MSZ (cm) | CS (cm) | ÜGT (cm) |
|---------------------|---------------------------|-----------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| Életkor, nap | Korrelációs együttható, r | 0,396** | 0,350** | 0,365** | 0,501** | 0,016 | 0,138* | -0,163** |
| | Szignifikancia érték | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,781 | 0,015 | 0,004 |
| Élősúly (kg) | Korrelációs együttható, r | - | 0,761** | 0,769** | 0,445** | 0,566** | 0,558** | 0,322** |
| | Szignifikancia érték | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| MM (cm) | Korrelációs együttható, r | | - | 0,924** | 0,431** | 0,453** | 0,560** | 0,322** |
| | Szignifikancia érték | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| FM (cm) | Korrelációs együttható, r | | | - | 0,452** | 0,433** | 0,569** | 0,329** |
| | Szignifikancia érték | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| HH (cm) | Korrelációs együttható, r | | | | - | 0,190** | 0,352** | -0,064 |
| | Szignifikancia érték | | | | | 0,001 | 0,000 | 0,264 |
| MSZ (cm) | Korrelációs együttható, r | | | | | - | 0,671** | 0,478** |
| | Szignifikancia érték | | | | | | 0,000 | 0,000 |
| CS (cm) | Korrelációs együttható, r | | | | | | - | 0,384** |
| | Szignifikancia érték | | | | | | | 0,000 |



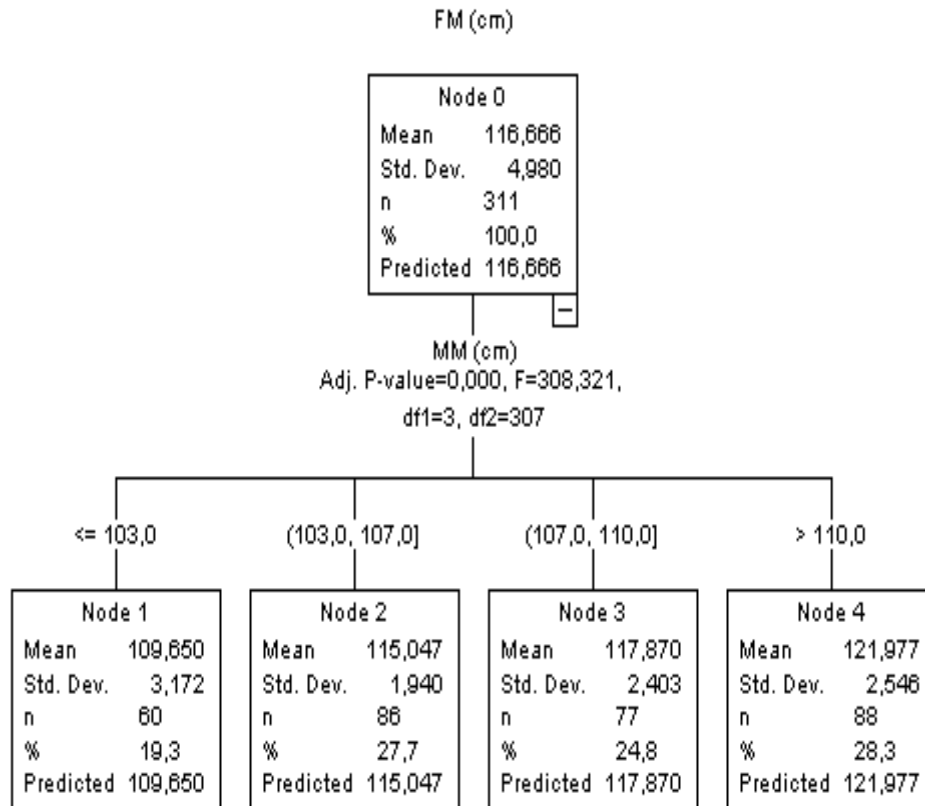
A CHAID elemzés a marmagasság tekintetében csak egyszintű mélységig jutott el, ahol a farmagasság szerepelt. Tehát a marmagasság alakulását a mért tulajdonságok közül, csak a farmagasság befolyásolja. Ez nem meglepő, ugyanis a rangkorreláció a két paraméter között, igen szoros volt (0,92, $P \leq 0,01$).



1. ábra: CHAID elemzés a marmagasságra ható paraméterekről

Látható, hogy a farbúmagasság alapján (≥ 112 cm, 112-117 cm, 117-120 cm, ≤ 120 cm) négy homogén csoportot (csomópont: 1-4) határozott meg a program egyre növekvő átlagos marmagassági értékekkel: 101 cm, 106 cm, 109 cm, 113 cm (1. ábra). Az adatok arra is utalnak, hogy ebben a tenyészetben jelentős különbségek lehetnek a marmagasságban (101 cm, 113 cm) a hasonló életkorú állatok között.

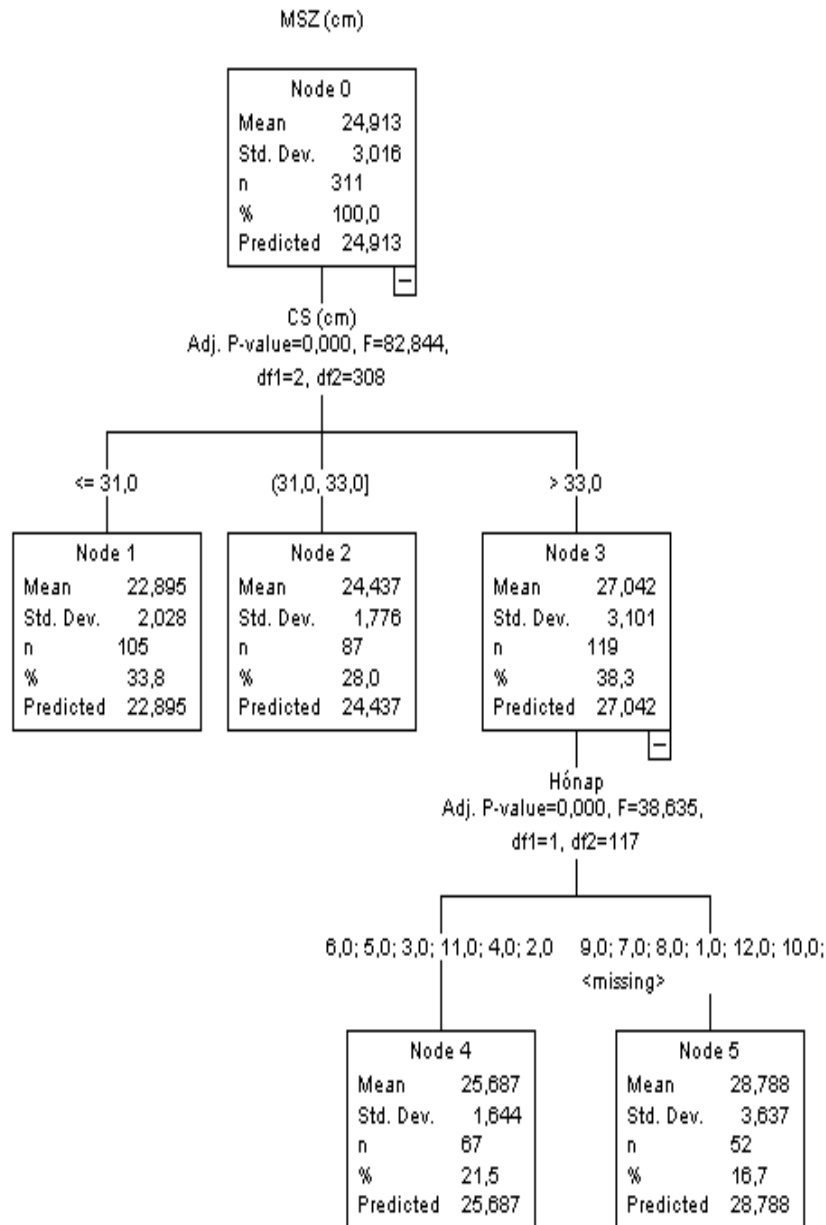
A 2. ábra a marmagasság alapján kialakított csoportok eredményeit foglalja össze a farbúmagasságra vonatkozóan. Ebben az esetben is négy homogén csoport került kialakításra: ≥ 103 cm, 103-107 cm, 17-110 cm, ≤ 110 cm. A négy csoport esetében az átlagos farbúmagasság értékei 109 cm -től (1. csomópont), 121 cm-ig (4. csomópont) alakultak. A vizsgált állományban 88 egyed (28%) volt olyan, amelynek a farbúmagasságának átlagértéke 121 cm volt, legalább 110 cm -es marmagassággal. Ha olyan borjakat keresnénk az állományunkban, amelyek marmagassága és farbúmagassága egyaránt nagyobb, mint egy átlagos állat hasonló adatai, akkor ezeket az egyedeket a 4. csomópontba tartozó állatok között találhatjuk.



2. ábra: CHAID elemzés a farbúbmagasságra ható paramétereiről

A 3. ábra a marszélességet befolyásoló tényezőket és a kialakított homogén csoportokat szemlélteti (csomópontok száma: 6, végcsomópontok száma: 4, mélység: 2). Az ábrán látható, hogy a marszélesség legszorosabb kapcsolatban a far-1 szélességgel volt, három csoportra bontva (1. csomópont: 22,8 cm, n= 105; 2. csomópont: 24,4 cm, n= 87; 3. csomópont: 27,0 cm, n= 119) azt. A far-1 és a marszélesség közötti korrelációt, elég meghatározónak tekintjük (n=311, $r_{\text{rang}}=0,67$ ($P \leq 0,01$)).

Az elemzés egy második szintet (mélységet) is kimutatott marszélesség vonatkozásában. A 3. csomópontban lévő 119 egyed – a születési hónap alapján – még két homogén csoportra (4. csomópont, 25,6 cm, n= 67; 5. csomópont, 28,7 cm, n= 52) lehetett felosztani. Mivel a 4-es és az 5-ös csomópont távolabb van a kezdő csomóponttól (marszélesség, 1. csomópont, n=311), ezért a születés hónapjának befolyásoló szerepe kisebb a marszélességre, mint a far-1 méret hatása. Úgy véljük, hogy egy homogén csoport ilyen jellegű további bontásának, jelentős szakmai jelentősége lehet a gyakorlati tenyésztő munkában.



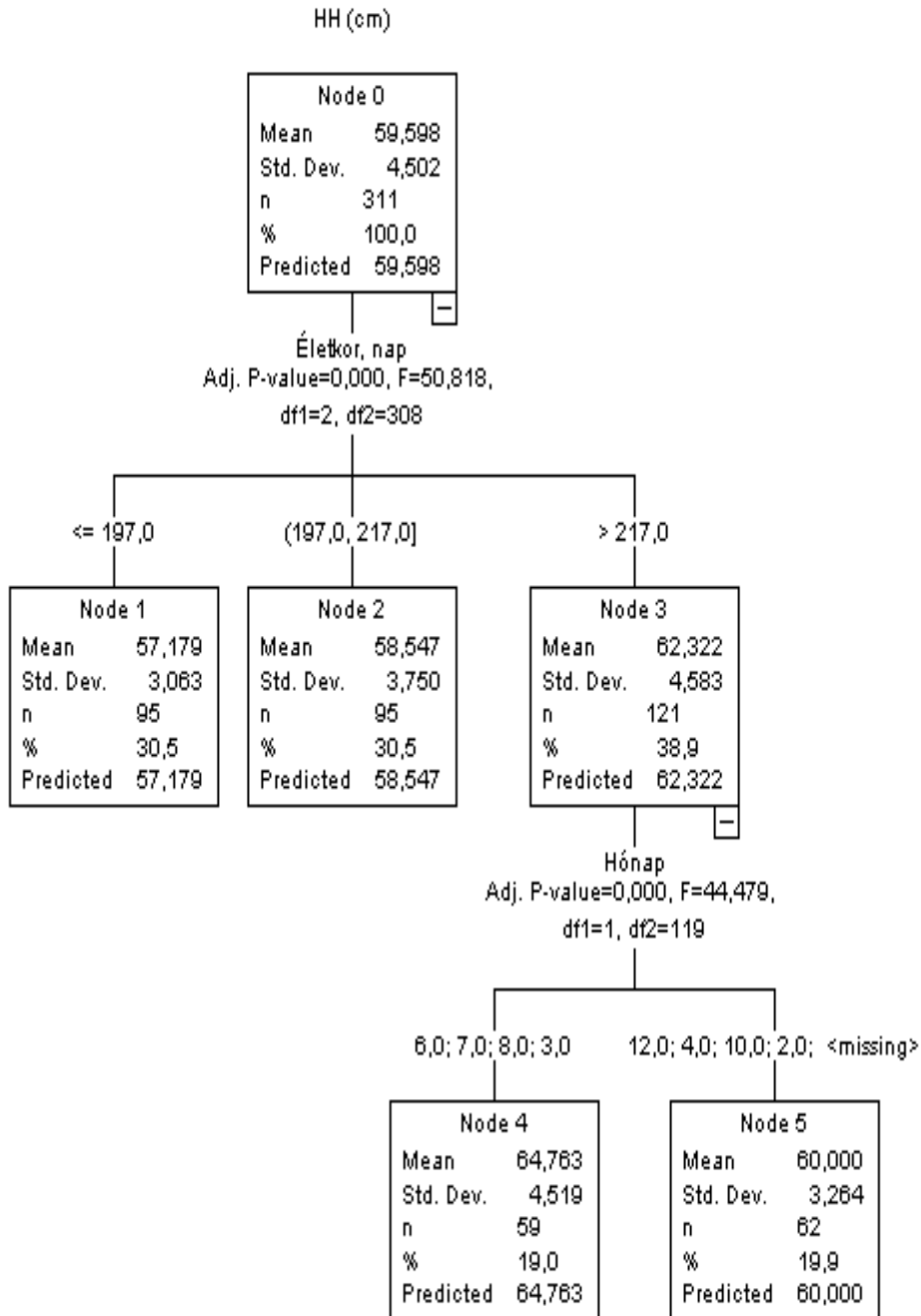
3. ábra: CHAID elemzés a marszélességre ható paraméterekről

A 4. ábra a háthosszúságot befolyásoló tényezőket és a kialakított homogén csoportokat szemlélteti (csomópontok száma: 6, végcsomópontok száma: 4, mélység: 2). A háthosszúságra irányuló szelektív munkának az a jelentősége, hogy ennek a testtájnak növelése megnöveli az értékes húsrészek mennyiségét pl. rostélyos nagysága. Az ábra jól mutatja, hogy a vizsgált jellemzők közül az életkor volt a legnagyobb hatása a háthosszúság alakulására. A két paraméter között az alábbi korrelációt számítottuk ($n=311$, $r_{\text{rang}}=0,50$ ($P \leq 0,01$)). A homogén csoportok átlagértékeinek (57,1 cm; 58,5 cm; 62,3 cm) alakulása is arra utal, hogy minél idősebb az állat, annál nagyobbak a háthosszúság átlagértékei.

Az életkor alapján csoportosított egyedek közül (1.-3. csomópontok), a 3. csoportot (62,3 cm, $n=121$) – a születés hónapja szerint – még további két homogén csoportra lehetett bontani (4. csomópont, 64,7 cm, $n=59$; 5. csomópont, 60,0 cm, $n=62$). A szakmai jelentősége az elemzésnek



az, hogy 311 egyed közül, van 121 borjú, amelyek háthosszúságának alakulását az életkoron kívül a születés hónapja is befolyásolja.

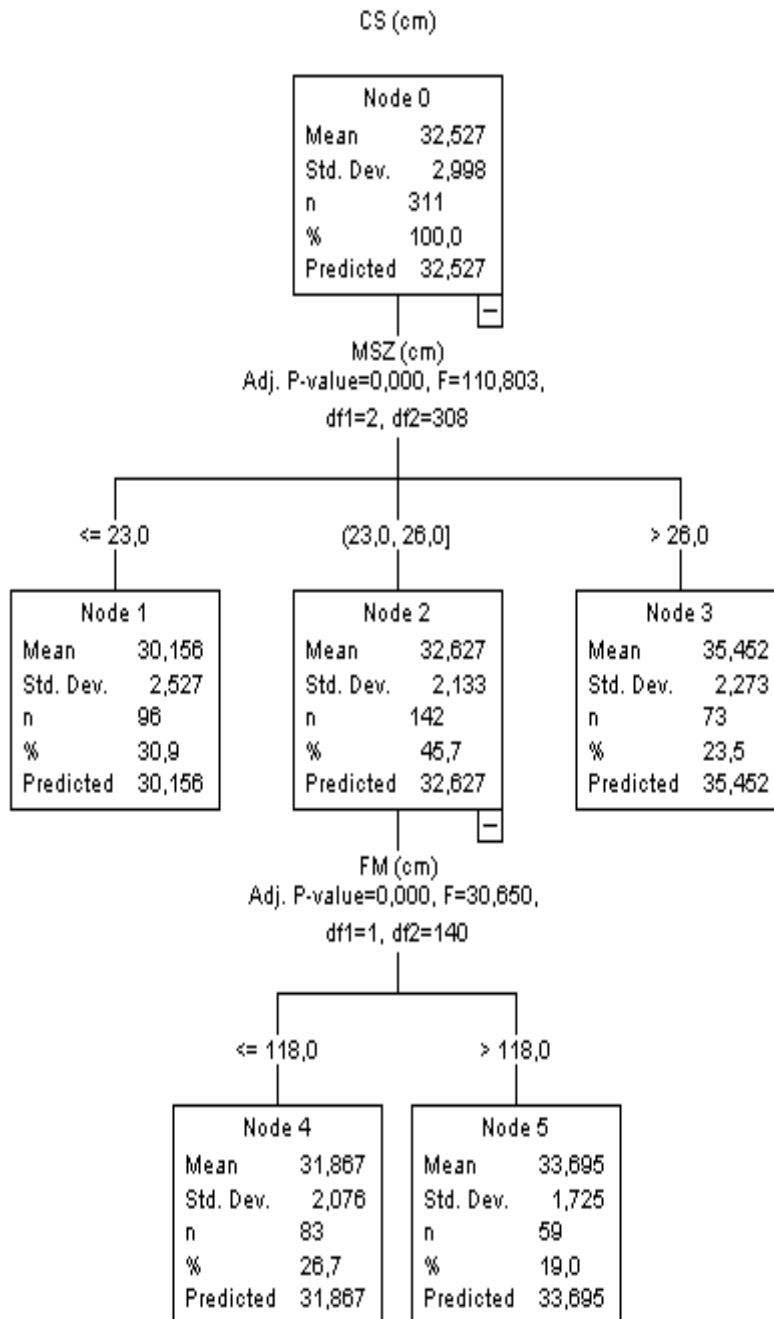


4. ábra: CHAID elemzés a háthosszúságra ható paraméterekről

A far-1 méretre ható tényezőket az 5. ábra összegzi. A marszélesség alapján kialakított három csoport közül, a 2. csomópontot, a farbúmagasság alapján még kettő csomópontra bontotta (4. csomópont, 5. csomópont) a program. A 2. csomópont esetében, tehát – a marszélességen kívül – a második befolyásoló tényező a far-1 méretre, a farbúmagasság volt. A far-1 és a



farbúbmagasság között pozitív irányú, statisztikailag biztosított összefüggést határoztunk meg (n=311, $r_{rang} = 0,56$, $P \leq 0,01$).



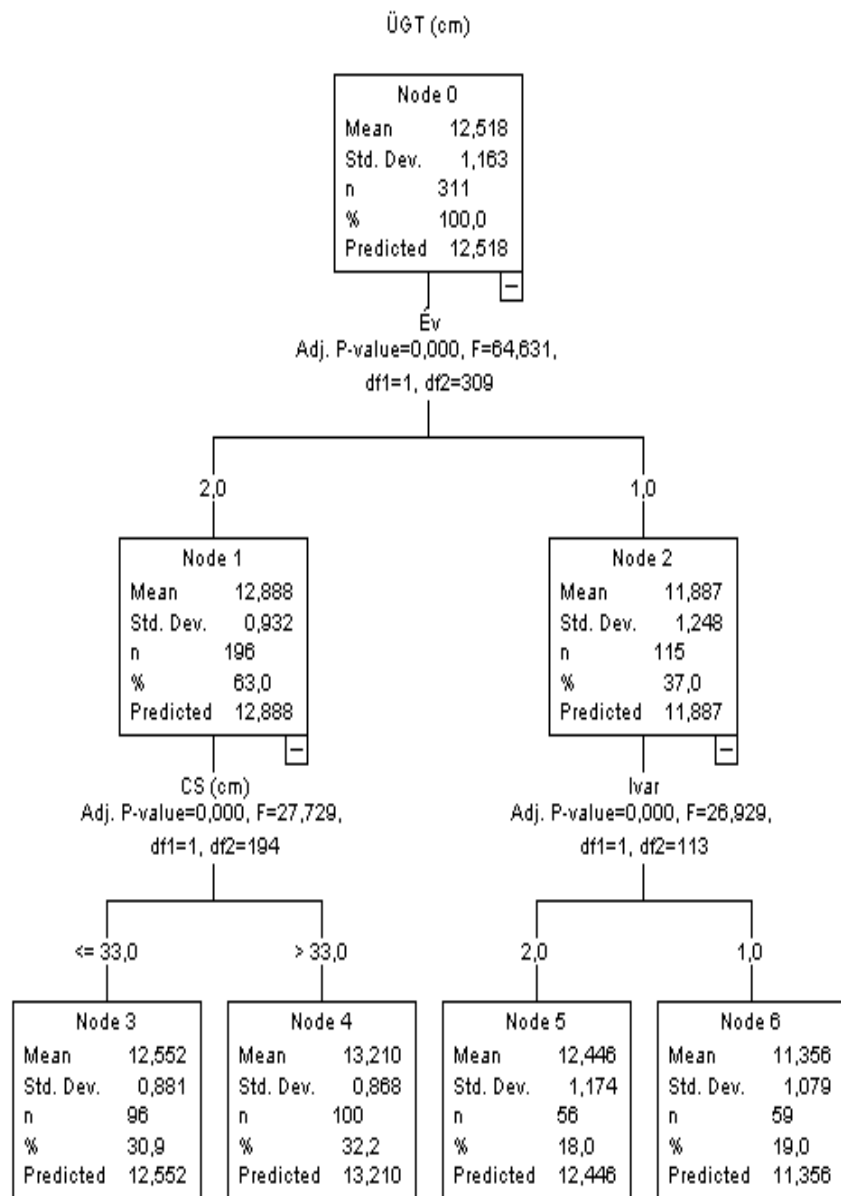
5. ábra: CHAID elemzés a csípőszélességre ható paraméterekről

Ebben a vizsgálatban a legösszetettebb ábrát a far-3 méret estében kaptuk (6. ábra). Az elemzés, meghatározó tényezőnek az évjárat hatását jelölte meg elsőként azzal, hogy a 311 egyed két csoportra osztotta (1. csomópont, 12,8 cm, n= 196; 2. csomópont, 11,8 cm, n= 115). Az elemzésben az 1. csomópontot (2021 év) a program – a Far-1 méret alapján – további két részre bontotta (3. és 4. csomópontok). Ezek alapján látjuk azt, hogy 196 olyan borjú szerepelt a



vizsgálatban, amelyek far-3 méretének alakulását az évjárat hatásán kívül, a far-1 méret alakulása is befolyásolta. Jelezzük, hogy a far-3 és a far-1 méret között, $r_{rang} = 0,38$ -as ($P \leq 0,01$) összefüggést határoztunk meg.

Érdekes eredménynek tartjuk azt, hogy a 2. csomópontot (2020 év) alkotó 115 borjú esetében, második meghatározó paraméternek az ivarhatását állapította meg az elemzés (5. csomópont: üsző, 12,4 cm, $n = 56$; 6. csomópont: bika, 11,3 cm, $n = 59$). Azt a gyakorlati tapasztalatot, hogy az üszőborjak far-3 mérete nagyobb, mint az ugyan olyan életkorú bikaborjak far-3 mérete, a jelenlegi elemzés is megerősítette.



6. ábra: CHAID elemzés az ülőgumó távolságra ható paramétereiről



4. KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálataink azt mutatják, hogy az életkor és a testméretek között a korrelációs értékek $r_{rang} = 0,02$ -tól, $r_{rang} = 0,36$ -ig változtak ($n=311$, $P \leq 0,01$). Az élősúly vonatkozásban, ugyan ezek az értékek az alábbiak voltak: $r_{rang} = 0,32$; $r_{rang} = 0,77$ ($n=311$, $P \leq 0,01$). Megállapíthatjuk, hogy ebben az életkorban, a választott borjak esetében az egyes testméretek alakulására az élősúly nagyobb befolyással van, mint az életkor.

A statisztikai elemzés szerint megállapítható, hogy a marmagasság alakulását a mért tulajdonságok közül, csak a farmagasság befolyásolja, ahol a rangkorreláció a két paraméter között, igen szoros volt ($0,92$, $P \leq 0,01$). Az adatok arra is utalnak, hogy ebben a tenyészetben jelentős különbségek vannak a marmagasságban (101 cm, 113 cm) a hasonló életkorú állatok között. Ezek a megállapítások hasonlóan igazak a farmagasság tulajdonságra is, ahol a CHAID elemzés során szintén egyszintű mélységben kizárólag a marmagasság négy homogén csoportja szerepelt, mint befolyásoló tényező.

Eredményeink alapján látható, hogy a marszélesség legszorosabb kapcsolatban a far-1 szélességgel van. A far-1 és a marszélesség közötti korreláció meghatározó ($n=311$, $r_{rang} = 0,67$ ($P \leq 0,01$)). A CHAID elemzés egy második szintet (mélységet) is kimutatott (4. csomópont, 25,6 cm, $n=67$; 5. csomópont, 28,7 cm, $n=52$), miszerint megállapítható, hogy a születés hónapjának befolyásoló szerepe kisebb a marszélességre, mint a far-1 méret hatása.

A far-1 méretre ható tényezők esetében, tehát – a marszélességen kívül – a második befolyásoló tényező a farbúbmagasság volt. A far-1 és a farbúbmagasság között pozitív irányú, statisztikailag biztosított összefüggést határoztunk meg ($n=311$, $r_{rang} = 0,56$, $P \leq 0,01$).

További eredményeink szerint a háthosszúságot befolyásoló tényezők közül az életkornak volt a legnagyobb hatása a háthosszúság alakulására. A két paraméter között közepesen erős korrelációt számítottunk ($n=311$, $r_{rang} = 0,50$ ($P \leq 0,01$)). A homogén csoportok átlagértékeinek (57,1 cm; 58,5 cm; 62,3 cm) alakulása is arra utal, hogy minél idősebb az állat, annál nagyobbak a háthosszúság átlagértékei.

Vizsgálataink során a far-3 méret alakulására az évjárat hatása volt az elsődleges befolyásoló tényező. A CHAID elemzés további bontása alapján megállapítható, hogy 196 olyan borjú szerepelt a vizsgálatban, amelyek far-3 méretének alakulását az évjárat hatásán kívül, a far-1 méret alakulása is befolyásolta. A far-3 és a far-1 méret között, $r_{rang} = 0,38$ -as ($P \leq 0,01$) összefüggést határoztunk meg. Ugyanakkor érdekes eredmény, hogy a 2. csomópontot (2020 év) alkotó 115 borjú esetében, viszont az ivarhatás szerepelt, mint befolyásoló tényező. Így azt a gyakorlati tapasztalatot, miszerint az üszőborjak far-3 mérete nagyobb, mint az ugyan olyan életkorú bikaborjak far-3 mérete, a jelenlegi elemzés is megerősítette.

Analysis of Body Measurements of Limousin Weaned Calves Using a Decision Tree Method in a Hungarian Nucleus Farm

ABSTRACT

Body measurement analysis is important for both live weight estimation and breeding animal selection and grading. Any method that helps early selection of breeding animals is not only an effective tool in genetic improvement, but also a cost saving, either. In the present study, the body measurements of a total of 311 calves (146 bulls and 165 heifers) selected from a Limousin



nucleus farm (between 2021 and 2022 years) were analysed using a decision tree method. It has been found that the correlation coefficient values between the age and body measurements varied from $r_{\text{rank}} = 0.02$ to $r_{\text{rank}} = 0.36$ ($n=311$, $P \leq 0.01$). At the same time, in relation to live weight, the same values were obtained: $r_{\text{rank}} = 0.32$; $r_{\text{rank}} = 0.77$ ($n=311$, $P \leq 0.01$). We can conclude that at this age period of the weaned calves, that the live weight of the calves had a greater influence on their evaluated body measurements than that of their age. Moreover, it also can be concluded that the CHAID analysis is suitable for exploring the relationship between the body measurement and live weight, with its particular advantage by the displaying the characteristics of homogeneous groups.

Key words: *Body parameters, weaning weight, Limousin, CHAID, decision tree*

IRODALOMJEGYZÉK

- Abreu, B. A., Magalhães, C. J., Duayer, E., Machado, S. H. M., & da Silva, D. A. (2015). Variação da medida torácica obtida com a fita métrica tradicional com fator de correção e com a fita de pesagem para bovinos. *Acta Biomédica Brasiliensia*, 6(2), 42-48. <https://doi.org/10.18571/acbm.084>
- Akşahan, R., & Keskin, İ. (2015). Determination of some body measurements affecting fattening final live weight of cattle by the regression tree analysis. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 2(1), 53-59.
- Augsburger, N. R., & Ellis, M. (2002). Weighing affects short-term feeding patterns of growing-finishing pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 82(3), 445-448. <https://doi.org/10.4141/A01-046>
- Boiligon, A. A., Vicente, I. S., Vaz, R. Z., Campos, G. S., Souza, F. R. P., Carneiro, R., & Albuquerque, L. G. (2016). Principal component analysis of breeding values for growth and reproductive traits and genetic association with adult size in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 94(12), 5014-5022. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0737>
- Bonifazi, R., Calus, M. P. L., ten Napel, J., Veerkamp, R. F., Michenet, A., Savoia, S., Cromie, A., & Vandenplas, J. (2022). International single-step SNPBLUP beef cattle evaluations for Limousin weaning weight. *Genetics Selection Evolution*, 54(1), 2-18. <https://doi.org/10.1186/s12711-022-00748-0>
- Brown, W. L., & Shrode, R. R. (1971). Body measurements of beef calves and traits of their dams to predict calf performance and body composition as indicated by fat thickness and condition score. *Journal of Animal Science*, 33(1), 7-12. <https://doi.org/10.2527/JAS1971.3317>
- Castano, D. P., Sardinha, L. A., Maiorano, A. M., Venturini, G. C., Nogueira, C. S., Ospina, A. M. T., & Silva, J. A. V. (2016). Principal components analysis for productive and reproductive traits of Holstein cattle. *Paper presented at the Proceedings of International Meeting of Advances in Animal Science*. 45139.
- Gagaoua, M., Monteils, V., & Picard, B. (2019). Decision tree, a learning tool for the prediction of beef tenderness using rearing factors and carcass characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(3), 1275-1283. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9301>
- Grzesiak, W., Zaborski, D., Pilarczyk, R., Wójcik, J., & Adamczyk, K. (2023). Classification of daily body weight gains in beef calves using decision trees, artificial neural networks, and logistic regression. *Animals*, 13(12), 1956. <https://doi.org/10.3390/ani13121956>
- Gunawan, A., & Jakaria. (2010). Application of linear body measurements for predicting weaning and yearling weight of Bali cattle. *Animal Production*, 12(3), 163-168.



- Kongsro, J. (2014). Estimation of pig weight using a Microsoft Kinect prototype imaging system. *Computerization and Electronics in Agriculture*, 109, 32-35. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.08.008>
- Lewis, J., Abas, Z., Dabousis, C., Lykidis, D., Paschou, P., & Drineas, P. (2011). Tracing cattle breeds with principal components analysis ancestry informative SNPs. *PLOS ONE*, 6(4), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018007>
- Li, J., Li, Q., Ma, W., Xue, X., Zhao, C., Tulpan, D., & Yang, S. X. (2022). Key Region Extraction and Body Dimension Measurement of Beef Cattle Using 3D Point Clouds. *Agriculture*, 12, 1012. <https://doi.org/10.3390/agriculture12071012>
- Marle-Köster, E., Mostert, B. E., & Westhuizen, J. (2000). Body measurements as selection criteria for growth in South African Hereford cattle. *Arch. Tierz. Dummerstorf*, <https://doi.org/10.5194/aab-43-5-2000>
- Mello, R. R. C., Sinedino, L. Del-Penho, Ferreira, J. E., Sousa, S. L. G., & Mello, M. R. B. (2019). Principal component and cluster analyses of production and fertility traits in Red Sindhi dairy cattle breed in Brazil. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 273–281. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02009-7>
- Miekley, B., Traulsen, I., & Krieter, J. (2013). Principal component analysis for the early detection of mastitis and lameness in dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 80(3), 335–343. <https://doi.org/10.1017/S0022029913000290>
- Moravčíková, N., Kukučková, V., Mészáros, M., Sölkner, J., & Kadlečík, O. (2017). Assessing footprints of natural selection through PCA analysis in cattle. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 20(01), 23-27. <https://doi.org/10.15414/afz.2017.20.01.23-27>
- Orheruata, A. M., & Olutogun, O. (1994). Pre- and post-weaning phenotypic relationships between some N'Dama cattle linear measurements in the tropics. *Nigerian Journal of Animal Production*, 21. <https://doi.org/10.51791/njap.v21i1.1142>
- Ouédraogo, D., Soudré, A., Ouédraogo-Koné, S., Zoma, B. L., Yougbaré, B., Khayatzadeh, N., Mwai, O. A., Wursinger, M., & Sölkner, J. (2020). Breeding objectives and practices in three local cattle breed production systems in Burkina Faso with implication for the design of breeding programs. *Livestock Science*, 232, 103910. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103910>
- Petherick, J. C., Doogan, V. J., Venus, B. K., & Holroyd, R. G. (2009). Quality of handling and holding yard environment, and beef cattle temperament: 2. Consequences for stress and productivity. *Applied Animal Behaviour Science*, 120, 28-38. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.05.009>
- Piwczyński, D., Nogalski, Z., & Sitkowska, B. (2013). Statistical modeling of calving ease and stillbirths in dairy cattle using the classification tree technique. *Livestock Science*, 154, 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.02.013>
- Rashid, M. M., Hoque, M. A., Huque, K. S., & Bhuiyan, A. K. F. H. (2016). Prediction of live weight for Brahman crossbred cattle using linear body measurements in rural areas. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 4(2), 99-106. <https://doi.org/10.14737/journal.aavs/2016/4.2.99.106>
- Sakar, Ç. M., Ünal, İ., Okuroğlu, A., & Coşkun, M. İ. (2020). Prediction of live weight from chest girth from birth to 12 months of age in Yerli Kara cattle. *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(3), 200-204.
- Sales, M. F. L., Paulino, M. F., Valadares Filho, S. C., Paulino, P. V. R., Porto, M. O., & Couto, V. R. M. (2009). Composição corporal e requisitos energéticos de bovinos de corte sob suplementação em pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 1355–1362. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000700027>



- Sharma, R., Chaudhary, J. K., Hada, R., Gaur, P., Sharma, S., Singh, N. S., & Tolenkhomba, T. C. (2024). Decision tree for 305-day milk yield in cross-bred cattle. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 42(1), 107-113. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2024/v42i12353>
- Shi, C., Teng, G., & Li, Z. (2016). An approach of pig weight estimation using binocular stereo system based on LabVIEW. *Computerization and Electronics in Agriculture*, 129, 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.08.012>
- Tózsér, J., Nagy, A., Gerszi, K., Mézes, M., Domokos, Z., Kertész, I., & Fekete, T. (1995). A herekörméret, a mellkasszélesség és mélység, valamint az élősúly fenotípusos összefüggésének változása az életkor függvényében charolais fajtájú tenyészbika-jelölteknél. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 44(3), 203–210.
- Tózsér, J., Balika, S., Bedő, S., Kovács, A., Gáabrielné Tózsér, Gy., & Mihályfi, I. (1997). Limousin tenyészbika-jelöltek sajátteljesítmény vizsgálati eredményeinek értékelése főfaktoranalízissel. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 46(6), 493-498.
- Tózsér, J., Hidas, A., Holló, I., Holló, G., Szűcs, E., & Bölcskey, K. (2001). Estimation of lean meat content in carcasses of cow by half carcass weight, weight of kidney and trimmed fat, and adipocyte diameter. *Acta Agronomica Óváriensis*, 43(2), 135–142.
- Wongsriworaphon, A., Arnonkijpanich, B., & Pathumnakul, S. (2015). An approach based on digital image analysis to estimate the live weights of pigs in farm environments. *Computerization and Electronics in Agriculture*, 115, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.05.004>
- Xu, L., Luo, H., Zhang, X., Lu, H., Zhang, M., Ge, J., Zhang, T., Yan, M., Tan, X., Huang, X., & Wang, Y. (2022). Factor Analysis of Genetic Parameters for Body Conformation Traits in Dual-Purpose Simmental Cattle. *Animals*, 12(18), 2433. <https://doi.org/10.3390/ani12182433>
- Zaborski, D., Proskura, W. S., & Grzesiak, W. (2017). Comparison between data mining methods to assess calving difficulty in cattle. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 30, 196-208.
- Zarnecki, A., Ronningen, K., & Sobu, H. (1985). The principal component analysis of the incidence of diseases in Norwegian Red Cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 102(1-5), 106-116. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1985.tb00678.x>

©Copyright 2024 by the Authors.

The journal is Open Access (Platinum). This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).





Sörtörkölyvel dúsított kenyér, mint funkcionális élelmiszer

NAGY ÁGNES^{1*}, BARTALOS RÉKA², HANCSNÉ LAKATOS ERIKA³

^{1,2,3}Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Élelmiszertudományi Tanszék
Mosonmagyaróvár

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7639-0987>

Email: nagy.agnes@sze.hu

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5148-6715>

*Corresponding author/Levelező szerző

Received/Érkezett: 2024.09.30. Revised/Átdolgozva: 2024.11.03.

Accepted/Elfogadva: 2024.11.15.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az élelmiszeripar nagy mennyiségben állít elő melléktermékeket, amelyek nagy részét takarmányozásra használják fel. Többek között ide tartozik a sörtörköly, ami (a sörgyártás során felhasznált gabonafélék csíráztatás, majd cefrőzés utáni leszűrt része) igen magas rost, vitamin- és ásványianyag-tartalommal bír, ezáltal funkcionális élelmiszerek létrehozásával emberi fogyasztásra is felhasználható. Több kísérlet is született ezzel kapcsolatban a közelmúltban. Többféle élelmiszerhez is hozzáadták, mint a különféle kekszek, pékáruk vagy reggeliző gabonák, javítva általa annak beltartalmi értékeit. Jelen tanulmányban a kenyereket vizsgáltuk, hiszen hazánkban jelentős a kenyérfogyasztás. Különböző mennyiségben sörtörkölyt adtunk a kenyerekhez, mert kíváncsiak voltunk bizonyíthatóan jobb tulajdonságokkal rendelkeznek-e, mint a hagyományos kenyér. A mérések alátámasztották, hogy mind a fehérje-, mind a rosttartalom megnövekedett a sörtörkölyt tartalmazó kenyerek esetében, így valóban egy egészségesebb terméket kaptunk. De hogy a fogyasztókat valóban érdekli-e a termék és szívesen fogyasztanak-e, érzékszervi bírálatnak is alávetettük az elkészült kenyereket. A kóstolás eredményeként elmondható, hogy bár nem lettek finomabbak a kenyerek, sőt a nagyobb mennyiségű sörtörköly kifejezetten rontott a kenyér ízvilágán, ugyanakkor az egészségtudatos vásárló annak fényében, hogy egy jobb minőségű élelmiszert eszik, szívesen választaná a sörtörkölyt tartalmazó kenyeret.

Kulcsszavak: élelmiszerpazarlás, körkörös mezőgazdaság, sörtörköly

1. BEVEZETÉS

1.1 Sörtörköly

Sörgyártás során különböző gabonákat használnak (árpa, búza, kukorica, rizs, köles), eltérő receptúrák alapján a megfelelő ital elkészítéséhez. A cefrőzés végén visszamaradt őrölt gabona magvak összességét hívjuk sörtörkölynek. A sörtörköly a sörgyártás folyamata során keletkező melléktermékek mintegy 85 %-át teszi ki (Shen, 2019; Poreda et al., 2018). Amióta sört készítenek,



ezt a mellékterméket többnyire haszonállatok etetésére használják, mivel rendkívül jó tápanyagértékekkel bír (Ya Pey et al., 2023) (1. táblázat) és nincs alkoholtartalma.

1. táblázat: 1000 g sörtörkölyben található tápanyagok mennyisége

| Tápanyagok | 1000 g sörtörkölyben |
|--------------------|----------------------|
| Fehérje | 233,0 g |
| Emészthető fehérje | 225,0 g |
| Zsír | 71,0 g |
| Hamu | 46,0 g |
| Rost | 195,0 g |
| Keményítő | 45,0 g |
| Kalcium | 4,0 g |
| Foszfor | 6,2 g |
| Magnézium | 1,7 g |
| Nátrium | 0,18 g |
| Kálium | 0,47 g |
| Methionin | 4,4 g |
| Lysin | 9,7 g |
| Linolsav | 24,0 g |
| K vitamin | 4,5 mg |
| B1 vitamin | 25,0 mg |
| B2 vitamin | 25,0 mg |
| B6 vitamin | 9,0 mg |
| Karotin | 17,0 mg |

Forrás: Nagy és Diósi, 2021

Belibasakis et al. (1996) arról számolt be, hogy a tejtermelés megnövekedett anélkül, hogy jelentősen befolyásolta volna az állatok egészségét vagy termékenységét. Kaur et al. (2004) megfigyelték, hogy 30 tömeg % sörtörköly hozzáadása a pontyok napi étrendjéhez a testtömeg növekedéséhez vezetett anélkül, hogy jelentős egészségügyi következményekkel járt volna. Emellett a sörtörkölyt liszthelyettesítőként is használták kenyér, kekszek és rágcsálnivalók gyártása során (Fastnaught, 2001). Például Steinmacher et al. (2012) a sörtörköly jobb fizikai tulajdonságokkal rendelkező kenyér előállítására való felhasználásával foglalkozott egy innovatív extrudálási-biokonverziós eljárással. Nascimento et al. (2017) tanulmányozta a sörtörköly rizshez való hozzáadásának hatását snackek előállítására. Rostban és fehérjében (lizin, metionin) hihetetlenül gazdag. A rostok bevitele nagyon fontos, mert a vízben oldódó rostok stabilizálják a vércukorszintet, csökkentik a vér koleszterinszintjét, valamint prebiotikus hatásúak (béta-glükán), a vízben oldhatatlan (cellulóz) rostok pedig segítik a bélmozgást. Így a megnövekedett rostbevétel jelentősen csökkenti a szívkoszorúér-betegség, a stroke, a magas vérnyomás, a cukorbetegség, az elhízás és bizonyos gyomor-bélrendszeri betegségek kialakulásának kockázatát is. Az utóbbi években növekvő tendenciát mutat az élelmiszeriparban használható rostok felkutatása (Chau és Huang, 2003). A rostok energetikai értéke alacsonynak tekinthető (Pitha és Poledne, 2009), mert vízben oldódó rostokat, pektint tartalmaznak, melyeket csak a vastagbélrendszerünk mikroflórája bont le



részlegesen alacsonyabb zsírsavakra. Az élelmi rostoknak jótékony élettani hatásai vannak, amelyek közé tartozik a hashajtó és alacsonyabb vércukorszint (Misurcová, 2009).

Az élelmi rostok hasznosságáról és élettani sajátosságairól többen is írtak (Chawla és Patil, 2010; Kittnar, 2011). A sörtörköly felhasználás pedig környezetbarát megoldást kínál, mivel csökkenti a sörgyártás hulladéktermelését. Chen et al. (2024) vizsgálatai kimutatták, hogy a belőle készült fehérjekoncentrátumok ígéretesek lehetnek számos élelmiszer-strukturáló alkalmazásban, mint a húsanalógok készítése, valamint rajtuk kívül Falade et al. (2024) is vizsgálta, mely extrakciós módszer a legkedvezőbb a cellulóz és hemicellulóz szálakban lévő bioaktív vegyületek megőrzésében vagy fokozásában. A sörtörköly antioxidánsokat is tartalmaz, amelyek egészségügyi előnyöket nyújthatnak. A sörtörköly kutatásának jövője ígéretes, különösen az alternatív fehérjeforrások keresése terén.

Azonban nem csak az élelmiszeripar számára kiaknázatlan terület, de különböző biotechnológiai folyamatok során is hasznosítható, például bioüzemanyagok – biogáz (Nganyira et al., 2023) – előállítására is alkalmas. Ugyanakkor számos területen vizsgálták annak promotor és segédanyagként történő felhasználását orvosi biológiai szempontból (Rojo et al., 2014) vagy a téglá (Russ et al., 2005) – de a papírgyártás területén (Pejin et al., 2013) is. Biofinomítóknál történő felhasználása is sok szempontból hasznos lehet (Agrawal et al., 2023).

1.2 Funkcionális élelmiszer

Funkcionális élelmiszereknek csak azok az élelmiszerek nevezhetők, amelyeknek bizonyítottan pozitív hatásuk van az emberi szervezetre (Carrillo et al., 2013; Diplock et al., 1999). Céljuk, hogy javítsák az emberek egészségét és közérzetét, ugyanakkor a betegségeket, főleg a civilizációs betegségeket csökkentsék. Funkcionális élelmiszerek alatt minden olyan élelmiszert, vagy olyan élelmiszer-összetevőt értünk, amelyek egészségügyi előnyökkel járhatnak. A funkcionális élelmiszereket nem feltétlenül általános fogyasztásra fejlesztik ki, hanem egy adott célcsoportot céloznak meg velük (Csapó és Albert, 2018; Rodler, 2008). Temple (2022) cikkében kicsit részletesebben összeszedte mit tekintünk funkcionálisnak. Általános definíció szerint „az alapvető táplálkozáson túlmutató” anyagokat tartalmaznak. A FAO szerint: olyan élelmiszerek, amelyek a tápanyagokon kívül olyan egyéb összetevőket is tartalmaznak, amelyek jótékony hatással lehetnek az egészségre. Ezek a meghatározások rendkívül tágak, és az élelmiszereknek csak egy kis részét zárja ki, pl a cukorral édesített élelmiszerek. Temple (2022) új meghatározása: „A funkcionális élelmiszerek olyan új élelmiszerek, amelyeket úgy állítottak össze, hogy olyan anyagokat vagy élő mikroorganizmusokat tartalmaznak, amelyek egészségjavító vagy betegség-megelőző hatással rendelkeznek, és olyan koncentrációban, amely biztonságos és kellően magas a kívánt előny eléréséhez. A hozzáadott összetevők tartalmazhatnak tápanyagokat, élelmi rostokat, fitokemikáliákat, egyéb anyagokat vagy probiotikumokat”. Ugyanakkor problémát jelent a piaci megtévesztés, hiszen számos olyan cukros üdítővel, vagy élelmiszerral találkozni, melyekhez plusz vitamint adagoltak.

Mindezek ellenére a funkcionális élelmiszerek iránt a közelmúltban megnőtt az érdeklődés, és az előrejelzések szerint tovább nő a fogyasztói kereslet, mivel a fogyasztók egészségesebb étkezési szokásokat részesítenek előnyben, hogy kompenzálják a modern életmód okozta problémákat. A fogyasztók csökkentett zsír-, cukor- és só-tartalmú termékeket keresnek, és olyan termékek iránt érdeklődnek, amelyek egészségügyi előnyökkel járhatnak az életükben, általában a táplálkozással összefüggő betegségek megelőzése vagy a modern életmód stresszei elleni küzdelem révén (Chávarri és Villarán, 2017; Hosseini et al., 2021; Temelli, 2018). Jelenleg kevés olyan élelmiszer



összetevő van, ami tudományosan bizonyítottan pozitív hatással van az emberi szervezetre. Ide tartoznak az omega-3 zsírsavak, polifenolok, növényi szterinek, telítetlen zsírsavak és ásványi anyagok (EUFIC, 2006). Sütemények, kekszek, snack-ételek, italok, fagyasztott élelmiszerek, húskonzervek és egyéb élelmiszerek rosttal történő dúsítását is vizsgálták már (Hesser,1994).

1.3 Élelmiszerek dúsítása sörtörkölyel

Lényegében a sörtörköly egy lignocellulóz tartalmú anyag, amely főként ligninből, fehérjéből és rostokból áll (beleértve a hemicellulózt és a cellulózt is). A száraz tömegének nagyjából 50 %-a rost, míg a fehérjék akár 30 %-át is kitehetik (Saberian et al., 2024). A rostoknak és fehérjéknek ez a jelentős jelenléte a sörtörkölyt értékes erőforrássá teszi számos felhasználásra mind az élelmiszer-, mind az egyéb áruk ágazatában (Chetrariu és Dabija, 2020). Számos kutató igyekszik a sörtörkölyt hasznosítani akár az étrendbe kompozitként való beépítésen keresztül (Sobukola, Babajide és Ogunsade, 2013), valamint a bioaktív komponensek más célokra történő kinyerésével (McCarthy et al., 2014), gyümölcslevek dúsításával (McCarty et al., 2013). Már többen próbálkoztak gabona alapú élelmiszereket sörtörkölyel dúsítani, tésztát (Sobukola et al., 2013, Sahin et al., 2021), granolát, ropit, kekszet vagy pékárut (Nagy és Diósi, 2021; Amoriello et al., 2020). Viszont még alig kapható hazánkban kereskedelmi forgalomban.

Célunk volt megvizsgálni azt, hogy a sörtörkölyel dúsított kenyér milyen beltartalmi értékekkel rendelkezik, ugyanis, ha jóval kedvezőbb a hatása, mint dúsítás nélkül, valamint érzékszervi szempontból sem lesz rosszabb a megítélése, egy új funkcionális élelmiszert vezethetünk be a piacra.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A sörtörkölyt a Vaskakas Sörfőzdetől szereztük be, mely vegyesen tartalmazott különféle gabonaféléket (árpát és búzát változó arányban). A sörtörkölyt előzetes méréseknek nem vetettük alá, a szakirodalomban talált adatokat vettük alapul (Nagy & Diósi, 2021). A mérések során 3 azonos alapreceptúra alapján készített kenyeret sütöttünk, a kémiai mérések alkalmával 3-3 párhuzamos minta vizsgálatára került sor. Az első kenyér dúsítatlanul, sörtörköly nélkül készült, ez volt a kontroll, a második kenyér 75 g (9,3 m/m%, ST93), míg a harmadik kenyér 100 g (12 m/m%, ST120), sörtörkölyt tartalmazott (2. táblázat).

2.táblázat: Kenyerek összetétele

| Alapanyagok | ST93 | ST120 | Kontroll |
|-------------|---------|---------|----------|
| BL 80 liszt | 52,00 % | 50,35 % | 57,3 % |
| Víz | 34,54 % | 33,60 % | 38,1 % |
| Élesztő | 0,34 % | 0,35 % | 0,4 % |
| Só | 0,86 % | 0,83 % | 0,9 % |
| Sörtörköly | 9,30 % | 12,00 % | 0,0 % |
| Olaj | 2,96 % | 2,87 % | 3,3 % |

Az előzetes próbák alapján ennél több sörtörköly már jócskán elrontja a kenyér élvezeti értékét. A méréseket követően leteszteltük az egyik receptúrát (12 m/m%) kisüzemi körülmények között is a zalaegerszegi Korona Pékségben (1. kép).



1. kép: Kisüzemben, 12 % sörtörköly hozzáadásával készült kenyerek

2.1 Kenyerek készítése

420 g szobahőmérsékletű BL 80 búzalisztet átszitáltuk, majd hozzáadtuk a 280 ml langyos vizet, 3 g élesztőt, illetve 7 g sót. Óvatos keverés után 10 percet állni hagytuk. Ezt követően 24 g olajat adtunk hozzá és 15 percig dagasztottuk a tésztát. Majd 1 órás kelesztés és formázás után ismét 1 órás kelesztést követően az előmelegített 200 °C-os sütőbe helyeztük 50 percre.

A sörtörkölyvel készült kenyerek esetén a sörtörkölyt felhasználás előtt szárítottuk és aprítottuk kávédaráló segítségével. Majd a liszthez kevertük a készítés során.

Az elkészült kenyerek tömegét, térfogatát, alaki hányadosát nem mértük, jelen tanulmány a beltartalmi vizsgálatokra terjedt ki. Az alábbi mérésekre került sor:

- rosttartalom,
- fehérjetartalom,
- összpolicenol-tartalom,
- érzékszervi vizsgálat.

2.2 Felhasznált vegyszerek, mérési eszközök

Vegyszerek: metanol (Labomark), Folin-Ciocalteu reagens (Merck Life Science Ltd), galluszsav (Merck Life Science Ltd), kénsav (Sigma-Aldrich), nátrium-hidroxid (Sigma-Aldrich), habzágátló (Levaco), Celite (Merck Life Science Ltd), nátrium-karbonát (Sigma-Aldrich).

Eszközök: Rapid N Cube (Elementar Analysensysteme GmbH, Németország), FOSS Fibertec™ 1020/FT122 or 2010 típusú berendezés, Spekol 11 spektrofotométer, szárítószekrény (Mettler), centrifuga (Biosan), hamvasztó kemence (Nabertherm), analitikai mérleg (Explorer), kávédaráló (CFFG-200, Dyras).

2.3 Rosttartalom mérése

A nyers rosttartalom meghatározása a FOSS Fibertec™ 1020/FT122 or 2010 típusú berendezéssel történt. A tégelybe $1\pm 0,001$ g Celitet és $1\pm 0,001$ g felaprított mintát mértünk be. Melyre 150 ml előmelegített 1,25 %-os kénsav oldatot 2 csepp habzágátlót adagoltunk, majd 1 órán át tartó forralás után desztillált vízzel átöblítettük a mintát. Ezt követően megismételtük a folyamatot 1,25



%-os nátrium-hidroxid oldattal is. Végül 24 órán át 70 °C-on szárítottuk a mintát, majd exikátorban kihűtve lemértük a tégely tömegét. 3 párhuzamos mérést végeztünk.

2.4 Fehérjetartalom mérése

A kenyér nyersfehérje tartalom meghatározását DUMAS-féle égetéses módszerrel működő rapid N Cube nitrogén meghatározó analizátor segítségével végeztük. A szárított, darált mintákból analitikai mérlegen ón fóliából elkészített tölcserbe kb. 150±0,001 mg mennyiséget mértünk a készülékbe, 3 párhuzamos mérés történt minden minta esetében. A minta 900-1000 °C-os hőmérsékleten, ellenőrzött oxigénellátás melletti elégetése inert nitrogénáramban történt. A nitrogéntartalomból a nyersfehérje-tartalmat fehérjekonverziós faktorok segítségével számíthatjuk ki (1. képlet).

$$W_f = (m_2 - m_3) / m_1 \quad (1)$$

Ahol:

W_f a vizsgált minta nyers rosttartalma (g/kg)

m_1 a vizsgálat minta tömege (g)

m_2 a minta maradék a szárítás után (g)

m_3 a minta maradék a hamvasztás után (g)

2.5 Összpolifenol-tartalom mérése

A polifenol tartalmat a Gao et al. (2000) által korábban leírt Folin–Ciocalteu kolorimetriás módszerrel mértük. A felaprított nedves kenyérmintákat (5 g) 37 °C-on homogenizáltuk 50 ml metanol:víz (8:2) keverékben. Ebből 0,5 ml-t 2,5 ml Folin–Ciocalteu reagenssel (10 %) és 1,5 ml vízzel összekevertünk majd szobahőmérsékleten 3 percig inkubáltuk. Miután 1 ml 20 %-os nátrium-karbonátot adtunk az elegyhez, 90 perc szobahőmérsékleten történő inkubálás után megmértük. A Folin–Ciocalteu reagensben levő sárga színű Mo(VI) ionok az antioxidánsok hatására kékszínű Mo(V)-té redukálódnak. A kapott kék szín abszorbanciáját 765 nm-en spektrofotométerrel mértük. A mennyiségi meghatározást galluszsav standard görbéjére (25–500 mg/l) vonatkozóan végeztük. Az eredményeket galluszsav-ekvivalensben (GAE), milligramm/100 g száraz tömegben fejeztük ki., hozzáadtuk a Folin reagenst. Ezt követően 4500 g-gal 15 percig centrifugáltuk, majd a felülúszót azonnal felhasználtuk a méréseinkhez. A kalibrációt galluszsav standard segítségével készítettük, melyet 765 nm-en Spekol 11 spektrofotométer segítségével mértünk.

2.6 Érzékszervi vizsgálatok leírása

Az élelmiszerek minősítésénél az egyik legjelentősebb szerepe az élvezeti értékeknek van. Az érzékszervi vizsgálatok közül számos módszer áll rendelkezésre, melynek alkalmazása függ a kutatás céljától. A legtöbbször az alábbi eljárásokat használják: a páros preferencia, a rangsorolás vagy a szabad leíró vizsgálat. Jelen kutatást a 20 pontos bírálati módszerrel végeztük, mert ez a leggyakrabban és legkönnyebben alkalmazható mérés. Az egyes tulajdonságokat egy 0-5-ig terjedő skálán lehetett pontozni. A bírálati lap az MSZ 20501-2:2018, Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/16-1, Magyar Élelmiszerkönyv 2-103 előírások figyelembevételével készült. 40 fő kóstolta meg a termékeket, bíráltak az íz, illat, állag, kinézet alapján.

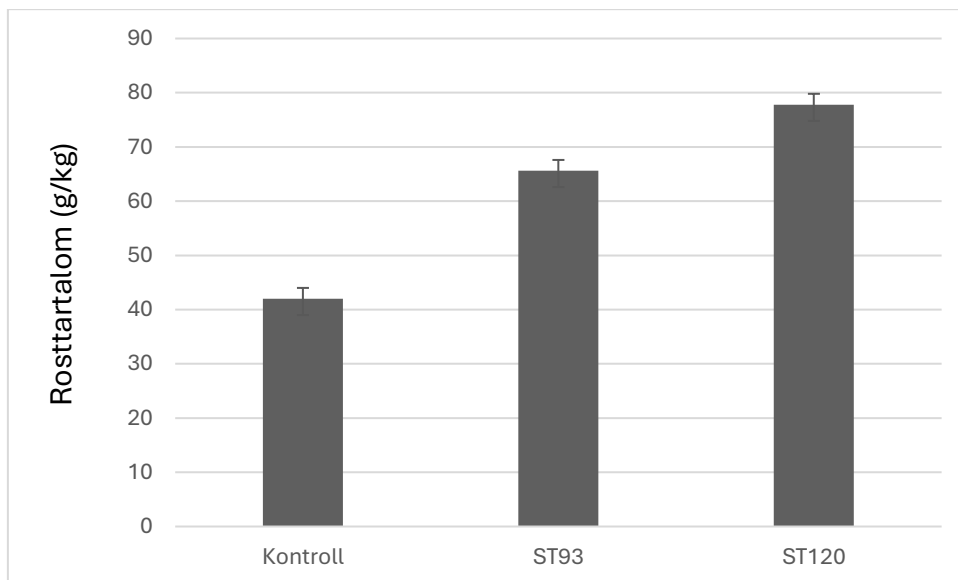


3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

3.1 Rosttartalom mérés eredményei

A 100 g sörtörköly hozzáadásával készült kenyér esetében tapasztalható a legnagyobb rosttartalom növekedés a kontroll mintához képest (1. ábra). Egyértelműen megfigyelhető, hogy a kenyér sörtörkölyvel történő dúsításának növelése egyenesen arányos a kenyér rosttartalmának növekedésével. Tehát a kontroll mintához viszonyítva minden dúsított kenyér esetében magasabb rosttartalom értékeket kaptunk.

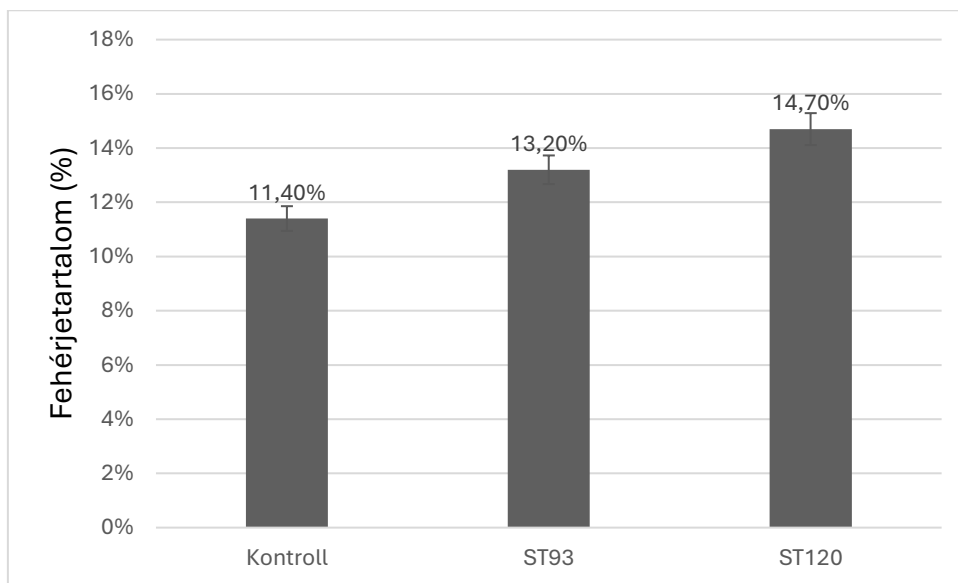
Nagy és Diósi (2021) kutatásuk során megállapították, hogy a sörtörkölyvel dúsított tallérok élelmi rost mennyisége minden esetben magasabb volt, mint a kontroll mintaként szolgáló tallér élelmi rost értéke. A dúsítás mértékével az élelmirost-tartalom is növekedett.



1.ábra: Vizsgált kenyerek rosttartalma

3.2 Fehérjetartalom mérés eredményei

A legalacsonyabb fehérjetartalommal a kontroll mintaként szolgáló sörtörkölymentes kenyér rendelkezik (2. ábra). Ezt követi a 75 g sörtörkölyvel dúsított kenyér, összesen 1,8 % fehérje többlettel a kontroll mintához képest. A legmagasabb fehérjetartalommal a 100 g sörtörkölyvel dúsított kenyér rendelkezett. A fehérjetartalom növekedés a 75 g sörtörkölyvel dúsított kenyérhez képest 1,5 %, míg a kontroll mintához képest 3,3 %-os növekedést figyelhetünk meg. Az eredmények alátámasztják, hogy ha több sörtörkölyt adunk a kenyérhez, bár csekély mértékben, magasabb fehérjetartalmat tudunk elérni.

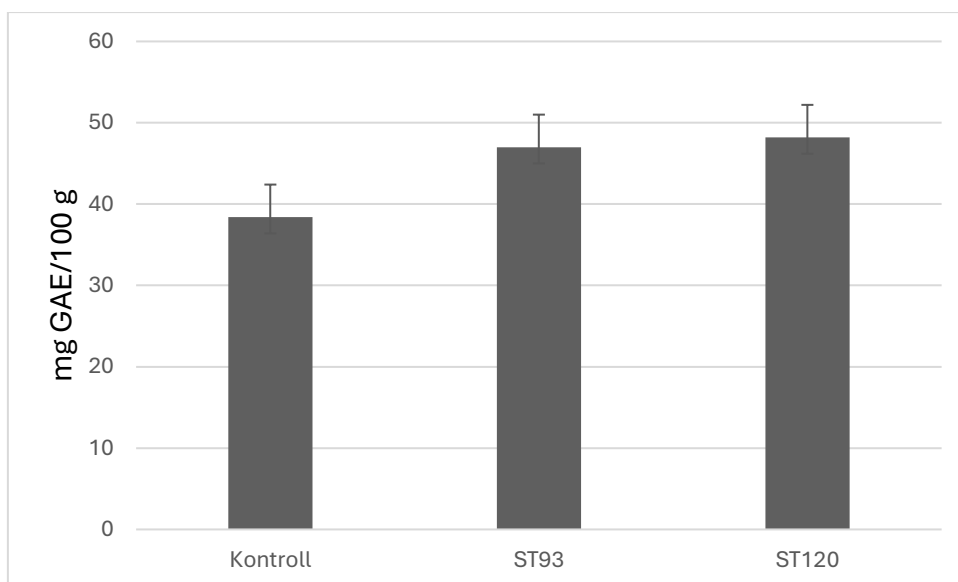


2. ábra: Vizsgált kenyérminták fehérjeteralmának megoszlása

3.3 Összpolifenol-tartalom mérésének eredményei

A szervezetünkben keletkező szabad gyököket bizonyos anyagok képesek semlegesíteni, ezeket hívjuk antioxidánsoknak. Ilyen antioxidáns hatással bírnak a polifenolok is (Zhou et al., 2023). Számos pozitív hatásuk van főként bélrendszeri krónikus betegségek megelőzésében.

A 3. ábra alapján megfigyelhető, hogy bár a kontroll minta is tartalmaz polifenolokat, azért a sörtörkölyel dúsított mintákban jóval nagyobb ez az érték.



3. ábra: Összpolifenol-tartalom a vizsgált kenyérminták esetén

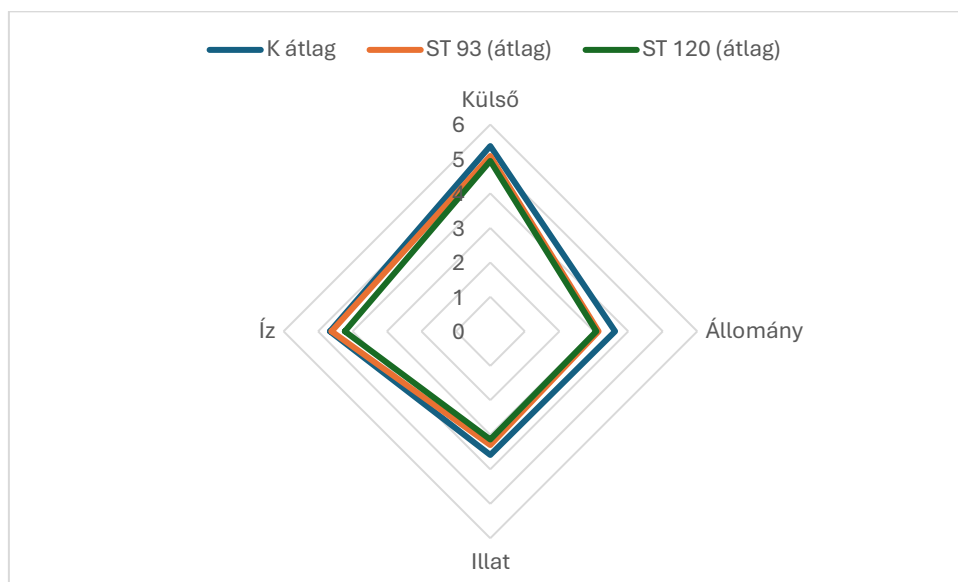
Kenyereket más antioxidáns hatású anyagokkal (fűszerekkel) is dúsítottak (Varga-Kántor et al., 2021). Ők szintén azt találták, hogy az adagolás mértékével nő az összpolifenol-tartalom.

Kántor et al. (2019) pedig szintén mérték antioxidáns tartalmat a kontroll mintájukban. A mérési eredményeket galluszsav ekvivalens egységben (mg GAE/100 g) adjuk meg.

3.4 Az érzékszervi vizsgálatok eredményei

Az érzékszervi bírálatban 40 személy vett részt, a nemek eloszlása szinte fele-fele aránynak mondható, hiszen 21 férfi és 19 nő vett részt. A korcsoportok eloszlása vegyes volt, 18-25 év között 7 személy, 26-35 év között 12 személy, 36-50 év között 19 személy, 51-70 éves korcsoportban pedig 2 személy vett részt az érzékszervi bírálat során. Az értékek súlyozása alapján 3 kategóriát különböztetünk meg:

- Átlagos 12,3 – 15,2 pont
- Átlag feletti 15,3 – 17,7 pont
- Kiválóan megfelelt 17,8 – 20,0 pont



4. ábra: Érzékszervi bírálat eredményei (súlyozófaktorral)

Az 4. ábrán látható, hogy mind a három minta átlag feletti besorolást kapott a vizsgálaton résztvevő bírálóktól. Azonban a sörtörköly növekvő adagolási mennyiségével egyenesen arányos sorrendben csökkent a kedveltség a kontrolltól az ST 120-as mintáig. Ezt követően tulajdonságcsoportokon belül is megvizsgáltuk egytényezős varianciaanalízis és t-próba segítségével a szignifikáns különbségeket (3. táblázat).



3.táblázat: Variancia analízis eredményei

| | Összehasonlított termékek | p-érték | Bonferroni-korrekción |
|--------------|---------------------------|---------|-----------------------|
| I. külső | K-ST93 | 0,2035 | 0,6107 |
| | K-ST120 | 0,0954 | 0,2863 |
| | ST93-ST120 | 0,6011 | 1,8034 |
| II. állomány | K-ST93 | 0,0152 | 0,0456 |
| | K-ST120 | 0,0026 | 0,0079 |
| | ST93-ST120 | 0,7614 | 2,2843 |
| III. illat | K-ST93 | 0,0954 | 0,2863 |
| | K-ST120 | 0,0192 | 0,0578 |
| | ST93-ST120 | 0,3793 | 1,1379 |
| IV. íz | K-ST93 | 0,8857 | 2,6572 |
| | K-ST120 | 0,2397 | 0,7192 |
| | ST93-ST120 | 0,2984 | 0,8952 |

4. KÖVETKEZTETÉS

A sörtörkölyvel dúsított kenyerek tudományos és élelmiszertudományi szempontból számos előnnyel bírnak a hagyományos kenyerekkel szemben. Méréseink alapján jelentős mennyiségű fehérjét, rostot tartalmaznak a hagyományos kenyerekhez képest, amelyek hozzájárulnak a táplálóbb élelmiszerbevitelhez. Bár a sörtörkölyvel készült kenyerek érzékszervi bírálat alapján nem értek el jobb minősítést a hagyományos kenyerekhez képest, de egészségesebb mivoltjuk révén vonzóbb alternatívát kínálnak az egészségtudatos fogyasztók számára, ami elősegítheti a kenyérfogyasztás növelését és a táplálóbb ételek iránti keresletet. Ezen kívül a sörtörkölyvel való dúsítás fenntarthatóbb megoldást kínál az élelmiszeripar számára, mivel csökkenti a sörgyártás során keletkező hulladék mennyiségét, ezzel hozzájárulva a környezetvédelmi célok eléréséhez. Összességében a sörtörkölyvel dúsított kenyerek nemcsak táplálóbbak, hanem fenntarthatóbbak is, ami egy új lehetőséget teremt a modern élelmiszertermelésben. A jövőben érdemes lenne további kutatásokat végezni az íz javításának lehetőségeiről, valamint a sörtörköly további előnyeinek kiaknázásáról, hogy minél szélesebb fogyasztói réteg számára váljon vonzóvá.

Bread Enriched with Brewer's Spent Grain (BSG) as Functional Food

ABSTRACT

The food industry produces a large amount of by-products, most of which are used for animal feed. This includes, among others, beer dregs, which (the filtered part of the grains used in beer production after germination and then mashing) have a very high fibre, vitamin and mineral content, and thus can be used for human consumption by creating functional foods. There have been several attempts in this regard recently. It has been added to several types of food, such as various biscuits, baked goods or breakfast cereals, thereby improving its content values. In the present study, we examined bread, since bread consumption is significant in our country. We added different amounts of beer dregs to the breads because



we were curious if it had demonstrably better properties than traditional bread. The measurements confirmed that both the protein and fibre content increased in the case of breads containing beer pomace, so we really got a healthier product. But to see if consumers are really interested in the product and would like to consume it, we also subjected the finished breads to a sensory evaluation. As a result of the tasting, it can be said that although the breads did not become tastier, and in fact, the larger amount of beer dregs significantly worsens the taste of the bread, at the same time, the health-conscious customer would like to choose the bread containing beer dregs in light of the fact that they are eating a higher quality food.

Keywords: food waste, circular agriculture, brewers spent grain

IRODALOMJEGYZÉK

- Agrawal, D., Gopaliya, D., Willoughby, N., Khare, S. K., & Kumar, V. (2023). Recycling potential of brewer's spent grains for circular bioreineries. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 40, <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100748>
- Ahmad, A., Khan, A., Samber, N., & Manzoor, N. (2014). Antimicrobial activity of *Mentha piperita* essential oil in combination with silver ions. *Synergy*, 1(2), 92-98. <https://doi.org/10.1016/j.synres.2014.11.001>
- Amoriello, T., Mellara, F., Galli, V., Amoriello, M. & Ciccoritti, R. (2020). Technological properties and consumer acceptability of bakery products enriched with brewers spent grains. *Foods*, 9(10), 1492. <https://doi.org/10.3390/foods9101492>
- Belibasakis, N. G., & Tsirgogianni, D. (1996). Effects of wet brewers grains on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in hot weather. *Anim Feed Sci Technol*, 57, 175-181. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00860-8](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00860-8)
- Carrillo, E., Prado-Gascó, V., Fiszman, S., & Varela, P. (2013). Why buying functional foods? Understanding spending behaviour through structural equation modelling. *Food Research International*, 50, 361-368. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.10.045>
- Chau, C. F., & Huang, Y. L. (2003). Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibres prepared from peel of the *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. *Agric. Food Chem.*, 51, 2615–2618. <https://doi.org/10.1021/jf025919b>
- Chávarri, M., & Villarán, M. C. (2017). Encapsulation technologies for resveratrol in functional food. *J. Ruiz, M. Campos (Eds.), New Polymers for Encapsulation of Nutraceutical Compounds* (pp. 159-194). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119227625.ch8>
- Chawla, R., & Patil, G. R. (2010). Soluble Dietary Fiber. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9, 178-196. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00099.x>
- Chetrariu, A., & Dabija, A. (2020). Brewer's spent grains: Possibilities of valorization, a Review. *Applied Sciences*, 10(16), 5619. <https://doi.org/10.3390/app10165619>
- Chin, Y. L., Keppler, J. K., Dinani, S. T., Chen, W. N., & Boom, R. (2024). Brewers' spent grain proteins. The extraction method determines the functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 94, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103666>
- Csapó, J., & Albert, Cs. (2018). *Funkcionális élelmiszerek*. Scientia Kiadó, Kolozsvár. pp. 282.
- Diplock, A. T., Agget, P. J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E. B., & Roberfroid, M. B. (1999). Scientific concepts of functional foods in Europe. Consensus document. *British Journal of Nutrition*, 81, pp. 1-27.



- Ehret, D. L., Hill, B. D., Helmer, T., & Edwards, D. R. (2011). Neural network modeling of greenhouse tomato yield, growth and water use from automated crop monitoring data. *Computers and electronics in agriculture*, 79(1), 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.07.013>
- EUFIC (2006, June 08). *What are Functional Foods and How Can They Help Us?* EUFIC, European Food Information Council. <https://www.eufic.org/en/food-production/article/functional-foods>
- Falade, E. O., Kouamé, K. J. E.-P., Zhu, Y., Zheng, Y., & Ye, X. (2024). A review: Examining the effects of modern extraction techniques on functional and structural properties of cellulose and hemicellulose in *Brewer's Spent Grain* dietary fiber. *Carbohydrate Polymers*, 122883. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.122883>
- FAO. (2024). *Functional food*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Terminology Portal. <https://www.fao.org/faoterm/viewentry/en/?entryId=170967>
- Fastnaught, C. E. (2001). Barley fiber. In *Handbook of Dietary Fiber* (1st ed., Chapter 27). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203904220>
- Gao, X., Ohlander, M., Jeppsson, N., Björk, L., & Trajkovski, V. (2000). Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 48, 1485–1490. <https://doi.org/10.1021/jf991072g>
- Hesser, J. M. (1994). Applications and usage of dietary fibre in the USA. *Int. Food Ingrid.* 2, 50-52.
- Hosseini, S. F., Ramezanzade, L., & McClements, D. J. (2021). Recent advances in nanoencapsulation of hydrophobic marine bioactives: Bioavailability, safety, and sensory attributes of nano-fortified functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 322-339. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.045>
- Kántor, A., Fischinger, L. Á., Alexa, L., Papp-Topa, E., Kovács, B., & Czipa, N. (2019). Funkcionális kenyér, avagy a fokhagyma és készítményei hatása a kenyér egyes paramétereire. *Élelmiszervizsgálati közlemények*, 65(4), 2704-2714.
- Kaur, V. I., & Saxena, P. K. (2004). Incorporation of brewery waste in supplementary feed and its impact on growth in some carps. *Bioresource Technology*, 91(1), 101-104. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(03\)00073-7](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(03)00073-7)
- Kittnar, O. (Ed.) (2011). *Lekárska fyziológia*. Grada Publishing.
- Magyar Élelmiszerkönyv 2/103. (2012). Codex Alimentarius Hungaricus. <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/4/3b/a2000/2-103.pdf>
- Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/16-1. (2016). Codex Alimentarius Hungaricus. <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/1/75/71000/Szegedyn%C3%A9%20F%20C%81%20M%C3%89%20s%C3%BCt%C5%91ipari%20term%C3%A9kek%202016%2006%2016.pdf>
- Magyar Élelmiszerkönyv MSZ 20501-2:2018 szabvány. (2018). Codex Alimentarius Hungaricus. <https://ugyintezes.mszt.hu/webaruhaz/szabvany-adatok?standard=135082>
- McCarthy, A. L., O'Callaghan, Y. C., Connolly, A., Piggott, C. O., FitzGerald, R. J., & O'Brien, N. M. (2014). Phenolic-enriched fractions from brewers' spent grain possess cellular antioxidant and immunomodulatory effects in cell culture model systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(7), 1373-1379. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6421>
- McCarthy, A. L., O'Callaghan, Y. C., Neugart, S., Piggott, C. O., Connolly, A., Jansen, M. A. K., Krumbein, A., Schreiner, M., Fitzgerald, R. J., & O'Brien, N. M. (2013). The hydroxycinnamic acid content of barley and brewers' spent grain (BSG) and the potential to incorporate phenolic extracts of BSG as antioxidants into fruit beverages. *Food Chemistry*, 141(3), 2567-2574. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.048>



- Misurcová, L. (2009). *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka. UTB Zlín, ISBN 978-7318-874-0*
- Nagy, V. & Diósi, G. (2021). A sörtörköly, mint söripari melléktermék sütőiparban történő alkalmazása. *Élelmiszervizsgálati közlemények, 67(1)*, 3327-3338. <https://doi.org/10.52091/EVIK-2021/1-5-HUN>
- Nascimento, T. A., Calado, V., & Carvalho, C. W. P. (2017). Effect of Brewer's spent grain and temperature on physical properties of expanded extrudates from rice. *LWT - Food Science and Technology, 79*, 145-151. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.035>
- Nganyira, P. D., Mahushi, D. J., Balengayabo, J. G., Shao, G. N., & Emmanuel, J. K. (2023). Quality of biogas generated through co-digestion of brewer's spent grain and cattle dung. *Energy Reports, 10*, 2330-2336. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.09.012>
- Oyedeyi, A. B., & Wu, J. (2023). Food-based uses of brewers spent grains: Current applications and future possibilities. *Food Bioscience, 54*, 102774. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102774>
- Pei, Y., Balogun, O., Otieno, D., Parks, J. S., & Kang, H. W. (2022). The effects of brewers' spent grain on high-fat diet-induced fatty liver. *Biochemical and Biophysical Research Communications, 616*, 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2022.05.056>
- Pejin, D., Radosavljevic, M. S., Grujic, O. S., Mojovic, L. V., Kocic-Tanackov, S. D., Nikolic, S. B., & Djukić-Vuković, A. J. (2013). Possible application of brewer's spent grain in biotechnology. *Hemijaska Industrija, 67(2)*, 277-291. <https://doi.org/10.2298/HEMIND120410065P>
- Pitha, J. & Poledne, R. (2009). *Zdravá Vyziva pro kazdy den*. Grada Publishing. pp. 144.
- Poreda, A. & Zdaniewicz, M. (2018). Advances in brewing and malting technology. Uniwersytet Rolniczy im. *Hugona Kollataja w Krakowie, Kraków*. pp. 453.
- Rodler, I. (2008). *Élelmész- és táplálkozás-egészségtan*. Medicina Könyvkiadó, Budapest. pp. 548.
- Rojo, E. S., Ramos, M., Yates, M., Martin-Luengo, M. A., Martinez Serrano, A. M., Civantos, A., López-Lacomba, J. L., Reilly, G., Vervaet, C., Tarterra, J. L., Luis, B. F., & Argomaniz, L. V. (2014). Preparation, characterization and in vitro osteoblast growth of waste-derived biomaterials. *RSC Advances, 4*, 12630-12639. <https://doi.org/10.1039/C3RA47534D>
- Russ, W., Mörtel, H., & Meyer-Pittroff, R. (2005). Application of spent grains to increase porosity in bricks. *Construction and Building Materials, 19(2)*, 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.05.014>
- Saberian, H., Yazdi, A. P. G., Nejatian, M., Bazsefidpar, M., Mohammadiam, A. H., Rahmati, M., Assadpour, E., & Jafari, S. M. (2024). Brewers' spent grain as a functional ingredient in bakery, pasta, and cereal-based products. *Future Foods, 10*, 100479. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100479>
- Sahin, A. W., Hardiman, K., Atzler, J. J., Vogelsang-O'Dwyer, M., Valdeperez, D., Münch, S., Cattaneo, G., O'Riordan, P., & Arendt, E. K. (2021). Rejuvenated Brewer's Spent Grain. The impact of two BSG-derived ingredients on techno-functional and nutritional characteristics of fibre-enriched pasta. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 68*, 102633. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102633>
- Sahin, O. (2023). Analysis of the effect of region, province and breed on somatic cell count in dairy cattle in Turkey by regression tree method. *Emirates Journal of Food and Agriculture, 35(6)*, 588-597. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.v35.i6.3100>
- Shen, Y., Abeynayake, R., Sun, X., Ran, T., Li, J., Chen, L., & Yang, W. (2019). Feed nutritional value of brewers' spent grain residue resulting from protease aided protein removal. *Journal of Animal Science and Biotechnology, 10(78)*, 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0382-1>



- Sobukola, O. P., Babajide, J. M., & Ogunsade, O. (2013). Effect of brewers spent grain addition and extrusion parameters on some properties of extruded yam starch-based pasta. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(5), 734-743. <https://doi.org/10.1111/J.1745-4549.2012.00711.X>
- Steinmacher, N. C., Honna, F. A., Gasparetto, A. V., Anibal, D., & Grossmann, M. V. E. (2012). Bioconversion of brewer's spent grains by reactive extrusion and their application in bread-making. *LWT - Food Science and Technology*, 46(2), 542-547. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2011.11.011>
- Temelli, F. (2018). Perspectives on the use of supercritical particle formation technologies for food ingredients. *J. Supercrit. Fluids*, 134, 244-251. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.11.010>
- Temple, N. J. (2022). A rational definition for functional foods: A perspective. *Frontiers in Nutrition*, 9, 957516. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.957516>
- Varga-Kántor, A., Alexa, L., Topa, E., Kovács, B., & Czipa, N. (2021). Szárított bazsalikkommal dúsított kenyerek vizsgálata és eredményeinek értékelése. *Élelmiszervizsgálati közlemények*, 67(4), 3665–3671., <https://doi.org/10.52091/EVIK-2021/4-3-HUN>
- Zhou, Y., Zhang, Y., Zhou, M., Wu, Y., & Guan, X. (2023). Study on the interaction between *grain polyphenols* and intestinal microorganisms: A review. *Food Bioscience*, 53, 102536. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102536>

©Copyright 2024 by the Authors.

The journal is Open Access (Platinum). This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).



The Effect of Grape Variety on the Micro- and Macroelement Composition of Grape Seeds

RITA SZÉKELYHIDI^{1*}, ZSOLT GICZI², ERIKA LAKATOS¹, VIKTÓRIA KAPCSÁNDI¹, BEATRIX SIK¹

¹Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences of Széchenyi István University
Department of Food Science, Mosonmagyaróvár, Hungary

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0119-9870>

E-mail: szekelyhidi.rita@sze.hu

²Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences of Széchenyi István University
Department of Water and Environmental Sciences, Mosonmagyaróvár, Hungary

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0313-4130>

¹Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences of Széchenyi István University
Department of Food Science, Mosonmagyaróvár, Hungary

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5148-6715>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4161-6015>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1786-2710>

*Corresponding author/Levelező szerző

Received/Érkezett: 02.10.2024. Revised/Átdolgozva: 24.10.2024.

Accepted/Elfogadva: 29.10.2024.

ABSTRACT

This study aimed to examine the differences between the micro- and macro-element content of the seed of eight different grape varieties, namely 'Italian Riesling', 'Cabernet Franc', 'Pinot Noir', 'Sauvignon Blanc', 'Királyleányka', 'Rhine Riesling', 'Merlot', 'Kékfrankos'. On the basis of the results, there were significant differences between the calcium (Ca), potassium (K), magnesium (Mg), phosphorus (P), iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn), copper (Cu) and boron (B) content of grape seed varieties. In the case of macroelements, the largest amount of K (Italian Riesling 4239 mg/kg to Cabernet Franc 8646 mg/kg), followed by Ca (Pinot Noir 5435 mg/kg to Királyleányka 7369 mg/kg), P (Sauvignon Blanc 2566 mg/kg to Királyleányka 3470 mg/kg) and finally Mg (Cabernet Franc 1097 mg/kg to Királyleányka 1466 mg/kg) was contained in the seeds of the cultivars studied. Of the microelements, Fe was present in the largest amount (Sauvignon Blanc 23.7 mg/kg to Merlot 59.5 mg/kg) considering the grape varieties. The amounts of the other microelements tested were as follows: Mn from 13.1 mg/kg (Pinot Noir) to 31.3 mg/kg (Királyleányka), Cu from 9.38 mg/kg (Italian Riesling) to 19.1 mg/kg (Cabernet Franc), Zn from 10.9 mg/kg (Kékfrankos) to 16.2 mg/kg (Királyleányka) and B from 9.46 mg/kg (Italian Riesling) to 9.46 mg/kg (Rhine Riesling). Based on the results, the type of grape affects the micro- and macroelements content of the seed, and the daily consumption of 100g of grape seed meal can significantly contribute to the daily intake of trace elements.

Keywords: by-product, grape seed, minerals, ICP-OES

1. INTRODUCTION

Winemaking is one of the most ancient activities of mankind, and during the process several by-products are generated. These by-products contain substances that may have a beneficial effect on human health. Therefore, they are becoming more widespread in the food industry (Martin et al., 2020), but the chemical composition is influenced by climatic conditions and soil quality (Baglyas & Hajdu, 2024). Grape pomace is a basic by-product of wine production, which includes 20–26% grape seed (Mattos et al., 2017; Kapcsándi et al., 2021). Grape seed contains 2-4% w / w minerals (Licev et al., 1974; Rubilar et al., 2016), and the main macronutrients are calcium, potassium (Ahn & Son, 2012; Mironeasa et al., 2010), phosphorus and magnesium. The main microelements are iron, manganese, and zinc (Tangolar et al., 2009). Minerals play an important role in metabolic processes and are essential parts of some enzymes. They act as catalysts and antioxidants (Rubilar et al., 2016). Adequate calcium intake has a beneficial effect on human health. Reduce hypertensive disorders of pregnancy, plays a role in the regulation of blood pressure, and helps prevent osteoporosis and colorectal adenomas, especially among young people (Cormick & Belzán, 2019). Potassium is an essential nutrient. It is the most common cation in the intracellular fluid, where it plays a key role in maintaining cell function, especially in excitable cells such as muscles and nerves, and sodium helps to regulate osmotic pressure and pH equilibrium (Suzuki et al., 1999). Phosphorus is also essential for life and plays several roles in maintaining cell vitality. Phosphorus is the major structural component of DNA and RNA. The element plays a role in the synthesis of ATP (adenosine 5'-triphosphate) and also in the formation of phospholipids and cell membranes. Phosphorus is essential for the formation and maintenance of bones and teeth in all vertebrates (Childers et al., 2011). Magnesium is the fourth most common cation and has many functions in the human body. It is a cofactor of more than 300 enzymes and regulates several essential functions of the body, such as neuromuscular conduction, muscle and heart muscle contraction, blood glucose, and blood pressure (Bertinato et al., 2015). Furthermore, magnesium plays a role in body energy production, nucleosynthesis, and bone development (Al Alawi et al., 2018; Grober et al., 2015).

Iron is an essential microelement in almost every living organism. It takes part in a number of metabolic processes, such as oxygen transport, deoxyribonucleic acid (DNA) synthesis, and electron transport. One of the main causes of human disease is an abnormal iron metabolism. Improper iron metabolism is responsible for the development of many diseases, such as anemia and, in more severe cases, neurodegenerative diseases (Abbaspour et al., 2014). Manganese is also an essential metal for the human body. This element is needed for proper functioning of the immune system, proper blood sugar levels, blood clotting, regulation of cellular energy, proliferation, digestion, bone growth, and protection against reactive oxygen species (ROS) (Horning et al., 2015). Zinc is one of the most important trace elements in the body. It plays a key role in the growth of microorganisms, plants, and animals. This element is also a cofactor for more than 300 enzymes and is involved in stabilising the structures of many proteins (Chasapis et al., 2012; Vaghari-Tabari et al., 2021).

In this study, grape minerals were compared in eight different grape varieties, which were grown in the northwestern region of Hungary, in the Benedictine Archabbey of Pannonhalma. The experiments aimed to determine the differences between the micro- and macro-element content of each grape varieties.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Grape seed samples

The samples included in the experiment came from the Benedictine Archabbey of Pannonhalma. In terms of the geological structure of the hills of Pannonhalma, is of Upper Pliocene origin, with slope sediments and a sandy area covered with loess. The area is highly endangered by erosion, the steep slopes, and the original brown earth has mostly been destroyed down to the soil-forming rock, which also affects the state of the vegetation (Pottyondi, 2010). The varieties studied were: 'Italian Riesling', 'Cabernet Franc', 'Pinot Noir', 'Sauvignon Blanc', 'Királyleányka', 'Rhine Riesling', 'Merlot', and 'Kékfrankos'.

2.2 Chemicals

Nitric acid (Iach: ner, Bratislava, Slovakia) and hydrogen peroxide (Molar Chemicals, Halásztelek, Hungary) were used for the digestion method. For calibration, monoelement standards for calcium, potassium, magnesium, and phosphorus, and multielement standards for microelements were purchased from CPAchem (Bogomilovo, Bulgaria). The argon gas required for the operation of the ICP-OES device was procured from Messer Hungarogáz Kft (Budapest, Hungary).

2.3 ICP-OES method

2.3.1 Sample digestion

For the examinations, the grape seeds arrived in dried form from the Abbey. The dried grape seeds were chopped using a coffee grinder (Sencor, SCG 2050RD). 0.4 g of the grape seed samples were weighed in a 90 ml tetrafluoromethoxyl (TFM) digestive vessel. To the weighed samples was added 5 ml of 65% HNO₃ and 1 ml of 30% H₂O₂. The samples were digested in the MLS Mega 1200 microwave digestion system (Milestone, Italy) according to the following programme (time (min)/ power (W)): 1/250, 1/0, 8/250, 5/400, 5/650, ventilation time 5 min. After digestion, the samples were diluted to 25 ml and assayed with ICP-OES.

2.3.2 ICP-OES analysis

For the determination of the micro-and macro-element composition of the seeds, an Agilent (Santa Clara, CA, USA) 5110 ICP-OES type equipment was used. The applied ICP-OES programme is shown in *Table 1*. The elements examined and the wavelengths used are shown in *Table 2*. The use of two wavelengths was necessary to avoid possible spectral interference.

Table 1: ICP-OES program for the determination of macro- and micro-elements

| Parameters | Macroelements | Microelements |
|------------------------|---------------|---------------|
| Read time (s) | 5 | 20 |
| RF power (kW) | 1.4 | 1.4 |
| Stabilisation time (s) | 15 | 15 |
| Viewing mode | radial | axial |
| Viewing height (mm) | 8 | - |
| Nebulizer flow (L/min) | 0.75 | 0.75 |
| Plasma flow (L/min) | 12 | 12 |
| Aux flow (L/min) | 1 | 1 |

Table 2: Wavelengths used to determine macro- and microelements

| Element | λ_1 (nm) | λ_2 (nm) |
|---------|------------------|------------------|
| Ca | 315.887 | 317.933 |
| K | 766.491 | 769.897 |
| Mg | 279.553 | 280.270 |
| P | 213.618 | 214.914 |
| B | 249.678 | 249.772 |
| Cu | 324.754 | 327.395 |
| Fe | 234.350 | 238.204 |
| Mn | 257.610 | 293.305 |
| Zn | 206.200 | 213.857 |

2.4 Data analysis

The composition of micro-and macro-elements of grape seeds was determined by Microsoft Office Excel from the absorbance values measured for grape seed oils. The equation of the second order least squares analytical curve was fitted to the measurement solutions using the nonlinear least-squares method. All results are expressed as means ($n=3$) \pm standard deviation. Analyses of variance (ANOVA) followed by the Tukey post hoc test were used to compare the significant differences in the data. Differences were considered statistically significant when $p < 0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSION

No significantly different data were found for the elements measured at the two different wavelengths; therefore, the results measured at the primary wavelengths are presented in each case in the evaluations. Results are expressed in mg/kg of dry matter.

3.1 Macro-element content of grape seed samples

As shown in *Table 3*, the grape seed cultivars studied provided different results in macroelement content. Similar differences were observed by Al-Juhaimi et al. (2017) in the macroelement content of variant grape seed varieties. Significant differences were found in the amount of each element studied. In all samples, potassium was present in the highest amount of macronutrients, while magnesium was detectable only in negligible amounts.

Table 3: Results of the macroelement content of the grape seed samples (mg/kg) and standard deviations of data (n=3), different letters (a, b, c, d, and e) denote significant differences ($p \leq 0.05$)

| Grape varieties | Ca | K | P | Mg |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Merlot | 6711 ± 117.8 ^a | 7824 ± 325.6 ^a | 3202 ± 62.8 ^a | 1136 ± 24.9 ^a |
| Rhine Riesling | 6204 ± 132.5 ^b | 5333 ± 47.6 ^b | 3294 ± 37.0 ^a | 1232 ± 13.9 ^b |
| Cabernet Franc | 5864 ± 123.0 ^c | 8646 ± 475.9 ^c | 3059 ± 83.7 ^b | 1097 ± 29.3 ^c |
| Pinot Noir | 5435 ± 101.6 ^d | 7200 ± 216.5 ^d | 3227 ± 38.6 ^a | 1205 ± 16.3 ^d |
| Italian Riesling | 6539 ± 200.1 ^a | 4239 ± 146.6 ^e | 2733 ± 69.6 ^c | 1285 ± 34.6 ^b |
| Sauvignon Blanc | 6311 ± 205.9 ^b | 4325 ± 164.2 ^e | 2566 ± 134.8 ^c | 1252 ± 60.2 ^b |
| Királyleányka | 7369 ± 137.8 ^e | 5376 ± 86.1 ^b | 3470 ± 68.6 ^d | 1466 ± 38.4 ^e |
| Kékfrankos | 6745 ± 230.8 ^a | 7642 ± 357.2 ^a | 2641 ± 146.6 ^c | 1190 ± 64.6 ^a |

In the case of calcium, the highest amount was measured in the Királyleányka seeds (7369 mg/kg), while the lowest amount was detected in the Pinot Noir seed (5435 mg/kg).

The potassium content of the seeds of blue grape varieties (Merlot, Cabernet Franc, Pinot Noir, Kékfrankos) is remarkably high compared to the seeds of white grape varieties. The highest amount of potassium was in Cabernet Franc (8646 mg/kg) and the lowest was in the seeds of Italian Riesling (4239 mg/kg). The difference in the potassium content of the two varieties of grapes is 4407 mg/kg, which is not a negligible factor considering the recommended daily allowance (3.51 g) of WHO (2012).

In the case of phosphorus and magnesium, minimal quantitative differences were observed. Phosphorus contents below 3000 mg/kg were measured for Sauvignon Blanc, Kékfrankos, and Olaszrizling. For the other cultivars studied, this value was higher.

The mineral composition of 11 grape seeds was described by Al Juhaimi et al. (2017). The seed samples' phosphorus contents ranged from 2 277.65 mg/kg (Papaz karası) to 3 232.42 mg/kg (Chardonnay). Furthermore, the calcium contents of grape seeds ranged from 5 115.58 (Chardonnay) to 8 036.76 mg/kg (Ada Karası), with the potassium contents varying from 4 347.80 (Cabernet Sauvignon) to 9 492.60 mg/kg (Gamay). Additionally, the samples' magnesium contents ranged from 1 249.18 mg/kg (Ada Karası) to 2 073.90 mg/kg (Alfons Lavallé). Our findings are consistent with these results.

3.2 Microelement content of grape seed samples

Based on the results presented in *Table 4*, it can be clearly stated that the highest amount of microelement was iron (Fe) in the tested samples. The lowest iron content was obtained in the case of Italian Riesling (25.8 mg/kg), while the highest amount of the same element was observed in the seeds of the Merlot variety (59.5 mg/kg). Compared to the article published by Canizo et al. (2018), we were able to detect almost the same amount of microelements in the case of the examined grape seeds. In the case of white grape varieties, we were able to identify less iron than in the case of blue grapes, although Királyleányka stands out from other seeds with its iron content of 54.1 mg/kg. In the case of blue grape varieties, the iron content of Sauvignon Blanc (23.7 mg/kg) was significantly lower than the other varieties.

Table 4: Results of the microelement content of grape seed samples (mg/kg), and standard deviations of the data (n=3), different letters (a, b, c, d, e, f, and g) denote significant differences ($p \leq 0.05$)

| Grape varieties | Fe | Zn | Mn | Cu | B |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Merlot | 59.5 ± 1.179a | 14.9 ± 0.216a | 19.5 ± 0.330a | 17.4 ± 0.205a | 14.4 ± 0.125a |
| Rhine Riesling | 32.7 ± 0.450b | 16.0 ± 0.624b | 16.1 ± 0.189b | 11.9 ± 0.082b | 16.1 ± 0.205b |
| Cabernet Franc | 48.0 ± 1.438c | 12.0 ± 0.327c | 16.8 ± 0.419c | 19.1 ± 0.741c | 15.0 ± 0.411a |
| Pinot Noir | 47.8 ± 1.084c | 12.4 ± 0.125c | 13.1 ± 0.216d | 14.2 ± 0.189d | 15.9 ± 0.283b |
| Italian Riesling | 25.8 ± 0.909d | 13.8 ± 0.287d | 28.4 ± 0.698e | 9.83 ± 0.131e | 9.46 ± 0.195c |
| Sauvignon Blanc | 23.7 ± 2.061d | 14.0 ± 0.531d | 27.0 ± 1.322f | 10.2 ± 0.125f | 9.89 ± 0.215d |
| Királyleányka | 54.1 ± 1.126e | 16.2 ± 0.591b | 31.3 ± 0.826g | 12.1 ± 0.094g | 11.0 ± 0.125e |
| Kékfrankos | 55.0 ± 2.428e | 10.9 ± 0.624e | 17.4 ± 0.713c | 18.9 ± 0.490c | 14.7 ± 0.499a |

Significant differences in the amount of zinc content were also observed in the tested varieties. However, the difference between the highest amount of zinc (Királyleányka 16.2 mg/kg) and the lowest (Kékfrankos 10.9 mg/kg) was only 5.3 mg/kg.

In the case of manganese, a notable difference was observed in the seeds of three grape varieties. The highest amounts were detected in the seeds of Királyleányka (31.3 mg/kg), Italian Riesling (28.4 mg/kg) and Sauvignon Blanc (27 mg/kg). The difference between the highest and lowest measured values is more than 18 mg/kg, which is quite large considering the recommended daily allowance of manganese (2.3 mg is recommended for adult men and 1.8 mg for women (Trumbo et al., 2001).

For copper, three outstanding values were observed, in the case of the varieties Cabernet Franc (19.1 mg/kg), Kékfrankos (18.9 mg/kg) and Merlot (17.4 mg/kg).

There were no large differences in the boron content of the samples tested. However, three varieties, namely Italian Riesling (9.46 mg/kg), Sauvignon Blanc (9.89 mg/kg), and Királyleányka (11 mg/kg) contained significantly smaller amounts of boron.

Iron concentrations in grape seeds varied from 29.96 mg/kg (Narince) to 73.82 mg/kg (Sangiovese), according to Al Juhaimi et al. (2017). Based on literature data the manganese contents of the grape seeds ranged from 2.08 (Ada Karası) to 11.59 mg/kg (Cinsaut), while the zinc contents of the seeds varied from 8.27 (Narince) to 15.93 mg/kg (Semillon). The seeds' copper contents varied from 8.62 mg/kg (Narince) to 15.28 mg/kg (Chardonnay) (Rubilar et al., 2016). Compared to the article published by Canizo et al. (2018), we were able to detect almost the same amount of microelements in the case of the examined grape seeds. The zinc and copper contents of grape seeds were found to be between 16.5 and 18.5 µg/g and 9.0 and 13.0 µg/g, respectively, while the manganese content was reported to be between 15.7 and 20.3 µg/g. Regarding grape seeds, a number of literary sources (Tangolar et al., 2009; Lachman et al., 2013; Oprea et al., 2022) report comparable element contents. Consuming about 100 g of dried, grounded grape seeds daily can significantly contribute to the intake of elements required for the body's proper functioning, as demonstrated by the presented results and the publications in the literature (Yang et al., 2010).

4. CONCLUSION

Based on the results, it can be concluded that the type of grape clearly influences the element content of the seeds. The samples examined came from the same production area, so the influence of the environment was minimal. Individual plants received similar plant protection treatments during cultivation. After evaluating the results and comparing the data in the

literature, it can be said that even small amounts of grape seeds have significant physiological effects. Consumption of approximately 100 g of grape seed per day can already contribute significantly to the intake of the necessary elements for the proper functioning of the body. The use of grape seeds in the food industry (even to produce functional foods) is recommended due to their outstanding element content. Consuming of these seeds can contribute to the development of a balanced diet.

A szőlőfajta befolyásoló hatása a szőlőmag mikro- és makroelem összetételére

ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálat célja nyolc különböző szőlőfajta, nevezetesen 'Olaszrizling', 'Cabernet Franc', 'Pinot Noir', 'Sauvignon Blanc', 'Királyleányka', 'Rajnai rizling', 'Merlot' és 'Kékfrankos' magjának mikro- és makroelem-tartalma közötti különbségek vizsgálata volt. Az eredmények alapján statisztikailag igazolt különbségeket mértek az egyes szőlőmag fajták kalcium (Ca), kálium (K), magnézium (Mg), foszfor (P), vas (Fe), cink (Zn), mangán (Mn), réz (Cu) és bór (B) tartalmában. A makroelemek közül a legnagyobb mennyiségben a káliumot (Olaszrizling 4239 mg/kg - Cabernet Franc 8646 mg/kg), majd a kalciumot (Pinot Noir 5435 mg/kg - Királyleányka 7369 mg/kg), a foszfort (Sauvignon Blanc 2566 mg/kg - Királyleánykára 3470 mg/kg), végül magnéziumot (Cabernet Franc 1097 mg/kg - Királyleánykára 1466 mg/kg) tartalmaztak a vizsgált szőlőfajták magjai. A mikroelemek közül a legnagyobb mennyiségben a vas volt jelen (Sauvignon Blanc 23,7 mg/kg - Merlot 59,5-mg/kg). A többi vizsgált mikroelem mennyisége a következő volt: mangán 13,1 mg/kg-tól (Pinot Noir) 31,3 mg/kg-ig (Királyleányka), réz 9,38 mg/kg-tól (Olaszrizling) 19,1 mg/kg-ig (Cabernet Franc), cink 10,9 mg/kg-tól (Kékfrankos) 16,2 mg/kg-ig (Királyleányka), bór pedig 9,46 mg/kg-tól (olaszrizling) 9,46 mg/kg-ig (rajnai rizling). Az eredmények alapján a szőlőfajta befolyásolja a magok mikro- és makroelem tartalmát, továbbá napi 100 g szőlőmagliszt fogyasztása jelentősen hozzájárulhat az ajánlott napi ásványianyag bevitelhez.

Kulcsszavak: melléktermék, szőlőmag, ásványianyagok, ICP-OES

REFERENCES

- Abbaspour, N., Hurrell, R., & Kelishadi, R. (2014). Review on iron and its importance for human health. *Journal of Research in Medical Science, 19*(2), 164-174.
- Ahn, H. J., & Son, H. S. (2012). Physicochemical properties of different grape varieties cultivated in Korea. *Korean Journal of Food Science and Technology, 44*, 280-286. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2012.44.3.280>
- Al Alawi, A. M., Majoni, S. W., & Falhammar, H. (2018). Magnesium and Human Health: Perspectives and Research Directions. *International Journal of Endocrinology, 9041694*. <https://doi.org/10.1155/2018/9041694>
- Al Juhaimi, F., Geçgel, Ü., Gülcü, M., Hamurcu, M., & Özcan, M. M. (2017). Bioactive properties, fatty acid composition and mineral contents of grape seed and oils. *South African Journal of Enology and Viticulture, 38*(1), 103-108. <https://doi.org/10.21548/38-1-1042>
- Baglyas, F., & Hajdu, E. (2024). Szőlőfajták transzspirációjának modellezése tenyészedényekben. *Acta Agronomica Óvárinensis, 65*(1), 1-24. <https://doi.org/10.17108/ActAgrOvar.2024.65.1.1>
- Bertinato, J., Xiao, W. C., Ratnayake, W. M. N., Fernandez, L., Lavergne, C., Wood, C., & Swist, E. (2015). Lower serum magnesium concentration is associated with diabetes, insulin resistance, and obesity in South Asian and white Canadian women but not men. *Food & Nutrition Research, 59*, 25974. <https://doi.org/10.3402/fnr.v59.25974>
- Canizo, V., Escudero, B. L., Pérez, B. M., Pellerano, G. R., & Wuilloud, G. R. (2018). Intra-regional classification of grape seeds produced in Mendoza province. *Food Chemistry, 242*, 272-278. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.062>
- Chasapis, C. T., Loutsidou, A. C., Spiliopoulou, C. A., & Stefanidou, M. E. (2012). Zinc and human health: an update. *Archives of Toxicology, 86*, 521–534. <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0775-1>
- Childers, D. L., Corman, J., Edwards, M., & Elser, J. J. (2011). Sustainability Challenges of Phosphorus and Food: Solutions from Closing the Human Phosphorus Cycle. *BioScience, 61*(2), 117–124. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.2.6>
- Cormick, G., & Belizán, J. M. (2019). Calcium Intake and Health. *Nutrients, 11*(7), 1606. <https://doi.org/10.3390/nu11071606>
- Grober, U., Schmidt, J., & Kisters, K. (2015). Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients, 7*(9), 8199–8226. <https://doi.org/10.3390/nu7095388>
- Horning, K. J., Caito, S. W., Tipps, K. G., Bowman, A. B., & Aschner, M. (2015). Manganese Is Essential for Neuronal Health. *Annual Review of Nutrition, 35*, 71-108. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071714-034419>
- Lachman, J., Hejtmánková, A., Hejtmánková, K., Horníčková, Š., Pivec, V., Skala, O., Dědina, M., & Přibyl, J. (2013). Towards complex utilisation of winemaking residues: Characterisation of grape seeds by total phenols, tocopherols and essential elements content as a by-product of winemaking. *Industrial Crops and Products, 49*, 445-453. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.05.022>
- Licev, V., Bojinov, A., & Dimov, C. (1974). Izlndovane na lignina v grazdovite semki. *Lozar. Vinar., 5*, 29-32.
- Kapcsándi, V., Hanczné Lakatos, E., Sik, B., Linka, L. Á., & Székelyhidi, R. (2021). Characterization of fatty acid, antioxidant, and polyphenol content of grape seed oil from different *Vitis vinifera* L. varieties. *OCL, 28*, 30. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021017>
- Martin, M. E., Grao-Cruces, E., & Millan-Linares, M. C. (2020). Montserrat-de la Paz S. Grape (*Vitis vinifera* L.) Seed Oil: A Functional Food from the Winemaking Industry. *Foods, 9*(10), 1360. <https://doi.org/10.3390/foods9101360>
- Mattos, G. N., Tonon, R. V., Furtado, A. A. L., & Cabral, L. M. C. (2017). Grape byproduct extracts against microbial proliferation and lipid oxidation: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 97*(4), 1055-1064. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8062>

- Mironeasa, S., Leahu, A., Georgiana-Gabriela, C., Stroe, S. G., & Mironeasa, C. (2010). Grape Seed: physico-chemical, structural characteristics and oil content. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 16(1), 1-6.
- Oprea, O. B., Popa, M. E., Apostol, L., & Gaceu, L. (2022). Research on the Potential Use of Grape Seed Flour in the Bakery Industry. *Foods*, 11(11), 1589. <https://doi.org/10.3390/foods11111589>
- Pottyondi, Á. (2010). Élőhelyfejlesztés vs élőhelyvédelem – A pannonhalmi világörökségi helyszín fejlesztési alapelvei. Az élhető vidékért 2010. Környezetgazdálkodási konferencia, 129-133.
- Rubilar, M., Burgos-Díaz, C., & Lorenzo, J. M. (2016). Grape Seeds (*Vitis Vinifera*) and Their Nutritional Value. In Rodríguez J. M. L., & Ruiz D.F. (Eds.), *Grape Seeds: Nutrient Content, Antioxidant Properties and Health Benefits* (pp. 197-210). Nova Science.
- Suzuki, I., Lee, D., Mackay, B., Harahuc, L., & Oh, J. K. (1999). Effect of various ions, pH, and osmotic pressure on oxidation of elemental sulfur by *Thiobacillus thiooxidans*. *Applied and Environmental Microbiology Journal*, 65(11), 5163-5168. <https://doi.org/10.1128/aem.65.11.5163-5168.1999>
- Tangolar, S. G., Özoğul, Y., Tangolar, S., & Torun, A. (2009). Evaluation of fatty acid profiles and mineral content of grape seed oil of some grape genotypes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(1), 32-39. <https://doi.org/10.1080/09637480701581551>
- Trumbo, P., Yates, A. A., Schlicker, S., & Poos, M. (2001). Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. *Journal of the American Dietetic Association*, 101(3), 294-301. <https://doi.org/10.17226/10026>
- Vaghari-Tabari, M., Jafari-Gharabaghlo, D., Sadeghsoltani, F., Hassanpour, P., Qujeq, D., Rashtchizadeh, N., & Ghorbanihaghjo, A. (2021). Zinc and Selenium in Inflammatory Bowel Disease: Trace Elements with Key Roles? *Biological Trace Element Research*, 199, 3190-3204. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02444-w>
- WHO (2012). Guideline: Potassium intake for adults and children. Geneva, World Health Organization (WHO), WHO Press.
- Yang, Y., Duan, C., Du, H., Tian, J., & Pan, Q. (2010). Trace Element and Rare Earth Element Profiles in Berry Tissues of Three Grape Cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 401-407. <https://doi.org/10.5344/ajev.2010.61.3.401>

©Copyright 2024 by the Authors.

The journal is Open Access (Platinum). This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

