



Debreceni Egyetem | 2014

# ACTA AGRARIA DEBRECENIENSIS 56.

Agrártudományi Közlemények  
Alapítva: 1966.



## ACTA AGRARIA DEBRECENIENSIS

Főszerkesztő/Editor-in-chief: JÁVOR ANDRÁS

### Szerkesztő Bizottság/Editorial Board

**Baranyi Béla** (gazdaság- és társadalomtörténet, regionális tudományok/economic and social history, regional sciences)  
**Berde Csaba** (munka- és vezetéstudomány/labour and management science)  
**Blaskó Lajos** (talajjavítás, talajvédelem/soil amelioration, soil preservation)  
**Dobránszki Judit** (biotechnológia, genetika/biotechnology, genetics)  
**Fehér Alajos** (vidékfejlesztés/rural development)  
**Gundel János** (takarmányozás, állattenyésztés/nutrition, animal breeding)  
**Hodossi Sándor** (kertészet/horticulture)  
**Holb Imre** (növényvédelem/plant protection)  
**Jávor András** (állattenyésztés, genetika/animal husbandry, genetics)  
**Kovács Béla** (élelmiszertudomány/food sciences)  
**Loch Jakab** (kémia/chemistry)  
**Mezőszentgyörgyi Dávid** (vidékfejlesztés/rural development)  
**Nábrádi András** (ökonómia/economy)  
**Nagy János** (földhasználat/land use)  
**Pepó Péter** (növénytermesztés/crop production)  
**Pető Károly** (gyepgazdálkodás, vidékfejlesztés/grassland management, rural development)  
**Popp József** (ökonómia/economy)  
**Tamás János** (környezetvédelem, vízgazdálkodás/environmental protection, water management)

### Nemzetközi Tudományos Tanácsadó Testület/International Scientific Advisory Board

**Milan Demo**, Nitra  
**Imre Dimény**, Budapest  
**Frank Ellmer**, Berlin  
**André Falisse**, Gembloux  
**Peter Gregory**, Reading  
**Pál Hajas**, Róma  
**László Heszky**, Gödöllő  
**Péter Horn**, Kaposvár  
**Ruud Huirne**, Wageningen  
**Josip Juracak**, Zágráb  
**Ernst Kalm**, Kiel  
**Zoltán Király**, Budapest  
**Vlado Kovačević**, Eszék  
**Edit Láng**, Vácrátót  
**István Láng**, Budapest  
**Miklós Neményi**, Mosonmagyaróvár  
**János Papp**, Budapest  
**János Schmidt**, Mosonmagyaróvár  
**Johnson Stanley**, Iowa, Ames  
**J. Rod Summerfield**, Reading  
**Ferenc Szabó**, Keszthely  
**László Varga**, Gödöllő  
**György Várallyay**, Budapest

---

TARTALOM

CONTENTS

	Oldal		Page
<i>Antal Tamás:</i> A kombinált (konvektív előszárítás és fagyasztva utószárítás) vízelvonási eljárás szárítási- és a végtermék fizikai jellemzőinek vizsgálata .....	5	<i>Tamás Antal:</i> Examination of physical properties of final product and drying properties of combined (convective pre-drying and freeze finish-drying) dehydration method .....	5
<i>Becze Zsófia Judit:</i> Az ökológiai és az agrotechnikai tényezők hatásának vizsgálata kukorica műtrágyázási kísérletben .....	13	<i>Zsófia Judit Becze:</i> Examination of the impact of ecological and agrotechnical factors in a maize fertilisation experiment .....	13
<i>Bicskei Deján Kende – Gonda István:</i> Eltérő koronaformájú cseresznyefák összehasonlító vizsgálata .....	19	<i>Deján Kende Bicskei – István Gonda:</i> Comparative analysis of different canopy forms of sweet cherry cultivars .....	19
<i>Bódi Éva – András Dávid – Kovács Béla:</i> Szélennel dúsított étkezési csírák szelénspeciációs vizsgálata .....	23	<i>Éva Bódi – Dávid András – Béla Kovács:</i> Selenium speciation analysis of selenium-enriched food sprouts .....	23
<i>Csihon Ádám:</i> Új almafajták vegetatív és generatív teljesítményének vizsgálata .....	29	<i>Ádám Csihon:</i> Examination of the vegetative and generative accomplishment of new apple varieties .....	29
<i>Csikai Andrea:</i> Vevőközpontúság megvalósulása minőségi és takarmánybiztonsági szempontból a hazai keverék-takarmány-gyártásban .....	35	<i>Andrea Csikai:</i> Realisation of customer focus from quality and forage safety aspects in the Hungarian mixed feed production .....	35
<i>Diósi Gerda – Sipos Péter:</i> Házilag készített lekvárok beltartalmi változásai a tárolás során .....	39	<i>Gerda Diósi – Péter Sipos:</i> The parameters of homemade jams after storage .....	39
<i>Horváth Judit – Kátai János:</i> Ásványi és szerves nitrogénformák változása egy trágyázási tartamkísérletben (irodalmi áttekintés) .....	43	<i>Judit Horváth – János Kátai:</i> Change of mineral and organic nitrogen forms in a long term fertilization experiment (literature) .....	43
<i>Jakab Anita:</i> Mikrobiológiai oltóanyagok hatása angolperje növekedésére és a talaj tápelem-tartalmára tenyészedényes kísérletben .....	49	<i>Anita Jakab:</i> Microbiological preparations affecting the soil nutrient availability and growth of ryegrass in a pot experiment .....	49
<i>Karancsi Lajos Gábor:</i> Eltérő kukorica genotípusok tápanyag- és vízhasznosításának vizsgálata a Hajdúságban .....	55	<i>Lajos Gábor Karancsi:</i> Examination of the Nutrient and Water Utilization of Different Corn Genotypes in the Hajdúság .....	55
<i>Kovács Csilla – Peles Ferenc – Xie Hongtao – Szojka Anikó – Hajdu Gréta – Bihari Zoltán – Sándor Erzsébet:</i> A szőlő fertőző tökeelhalásban szerepet játszó gombák izolálása és azonosítása hagyományos és molekuláris biológiai módszerekkel a Tokaj-hegyaljai borvidéken .....	61	<i>Csilla Kovács – Ferenc Peles – Hongtao Xie – Anikó Szojka – Gréta Hajdu – Zoltán Bihari – Erzsébet Sándor:</i> Isolation and identification of endophytic fungi connected to Grapevine Diseases, from the Tokaj wine region, Hungary .....	61
<i>Kovács Szilvia – Pusztahelyi Tünde – Borbélyné Varga Mária:</i> Az aflatoxin képződése mezőgazdasági termékeken .....	67	<i>Szilvia Kovács – Tünde Pusztahelyi – Mária Borbélyné Varga:</i> Aflatoxin production on agricultural products .....	67
<i>Kovács Zsuzsa:</i> Kadmium- és cinkszennyezés hatása a talajmikroorganizmusok populáció-dinamikájára .....	73	<i>Zsuzsa Kovács:</i> Effect of cadmium and zinc contamination on the population dynamics of soil microorganisms .....	73
<i>Máriás Károly:</i> A tőszám és a vetésidő vizsgálata eltérő évjáratokban .....	79	<i>Károly Máriás:</i> Examination of plant number and sowing date in different crop years .....	79
<i>Móré Mariann – Diósi Gerda – Györi Zoltán – Sipos Péter:</i> Őszi búza fajták reológiai tulajdonságainak változása rövid idejű tárolás során .....	83	<i>Mariann Móré – Gerda Diósi – Zoltán Györi – Péter Sipos:</i> The effect of short term storage on different winter wheat varieties rheological properties .....	83
<i>Murányi Eszter – Pepó Péter:</i> Különböző genotípusú kukoricahibridek tőszám sűrítettségének vizsgálata csernozjom talajon .....	87	<i>Eszter Murányi – Péter Pepó:</i> Studies of plant density increase – on maize hybrids of various genotypes on chernozem soil .....	87

<i>Novák Adrienn</i> : Napraforgó genotípusok vetésidő reakciójának vizsgálata csernozjom talajon .....	93	<i>Adrienn Novák</i> : Examining reaction of sunflower genotypes on planting time on chernozem soil .....	93
<i>Sárközi Edit – Kardos Levente – Sepsi Panna – Varga Zsolt – Bisztray György – Kátai János</i> : Ólomadszorpció-képesség vizsgálata egy csernozjom talajban és <i>Lactuca sativa</i> L. akkumuláló hatásának tanulmányozása tenyészedenyes kísérletben .....	101	<i>Edit Sárközi – Levente Kardos – Panna Sepsi – Zsolt Varga – György Bisztray – János Kátai</i> : Examination of lead absorption ability on chernozem soil and the observation of the accumulation effect of <i>Lactuca sativa</i> L. in pot experimentation .....	101
<i>Seres Emese</i> : A vetésidő, a tenyészterület és a tápanyag-ellátás hatása a köles termésére és minőségi paramétereire .....	105	<i>Emese Seres</i> : The impact of sowing date, production area and nutrient supply on the yield and quality parameters of millet .....	105
<i>Szabó Anita – Csihon Ádám – Vágó Imre</i> : Komposztkezelések hatása a bio/öko és integrált termesztésű almafák ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) egy folyóméter-hajtásra jutó levélfelületének alakulására .....	111	<i>Anita Szabó – Ádám Csihon – Imre Vágó</i> : Effects of soil compost application on the leaf surface area per running meter of apple ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) leaves cultivated in organic and integrated orchard .....	111
<i>Szabó Edina – András Dávid – Sipos Péter</i> : Sörök elem-tartalmának vizsgálata .....	117	<i>Edina Szabó – Dávid András – Péter Sipos</i> : Examination of the element content of beers .....	117
<i>Szilágyi Gergely</i> : A vetésváltás és trágyázás hatása az őszi búza spad értékeire csernozjom talajon tartamkísérletben .....	123	<i>Gergely Szilágyi</i> : The impact of crop rotation and fertilisation on the SPAD values of winter wheat on chernozem soil in a long-term experiment .....	123
<i>Szójka Anikó – Sándor Erzsébet</i> : Az alternatív oxidáz, mint lehetséges marker a <i>Botrytis cinerea</i> filogenetikai vizsgálatában .....	127	<i>Anikó Szójka – Erzsébet Sándor</i> : Study of alternative oxidase as possible molecular marker for phylogenetic analysis of the <i>Botrytis cinerea</i> .....	127
<i>Tóth Gabriella – Borbély Ferenc</i> : A vetésidő és a tenyészterület hatása a fehérvirágú csillagfürt ( <i>Lupinus albus</i> L.) termésére nyírségi savanyú barna erdőtalajon .....	133	<i>Gabriella Tóth – Ferenc Borbély</i> : The impact of sowing date and production area on the yield of white lupin ( <i>Lupinus albus</i> L.) on Nyírség brown forest soil .....	133
<i>Vári Enikő</i> : Az őszi búza növekedési mutatóinak és termés-eredményének összefüggései tartamkísérletben .....	139	<i>Enikő Vári</i> : Correlations of the growth indexes and yield of winter wheat in a long-term experiment .....	139

## Szelénnel dúsított étkezési csírák szelénspeciációs vizsgálata

Bódi Éva – András Dávid – Kovács Béla

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,  
Élelmiszertudományi Intézet, Debrecen  
bodieva@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

*Jelen kísérletünkben szelénnel dúsított borsó- és búzacsírákat állítottunk elő. Kutatómunkánk során a csírák összes szeléntartalmának meghatározásán kívül célkitűzésünk volt a csírákban jelenlévő szelénmódosulatok elválasztása is.*

*Az élelmiszerek különböző szelén (Se) módosulatainak analitikai vizsgálata elsősorban azért indokolt, mert tudományos kutatások szerint, szelénhiányos táplálkozás esetén a szelén valamennyi módosulata hasznos, az éppen kielégítő szintet elérő szelénellátottságtól kezdve azonban jelentős eltérések figyelhetők meg egyes módosulatok szervezetre gyakorolt kedvező hatásai között. Különbség van a módosulatok biológiai hozzáférhetőségében, hasznosulásában, felhalmozódásában, toxicitásában, a kutatások azonban a legfőbb eltérést a szelén rákellenes hatásával kapcsolatban mutatták ki.*

*Kísérletünkben a szelént nátrium-szelenit, illetve nátrium-szelenát formájában alkalmaztuk és a csíráztatáshoz felhasznált oldatok koncentrációja 10 mg/dm<sup>3</sup> volt. A kontroll kezelés desztillált vízen való csíráztatást foglalt magában.*

*A csíraminták összes szelénkoncentrációját azok mikrohullámú roncsolását követően induktív csatolású plazma tömegspektrométerrel (ICP-MS) határoztuk meg. A szelénmódosulatok elválasztásához szükséges minta-előkészítés során különböző extrakciós oldószereket [0,1 M és 0,2 M HCl; illetve 10 mM citromsav puffer (pH 5,0)] alkalmaztunk, és arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a felhasznált extrakciós oldószerek közül melyik eredményez legnagyobb szelén kinyerési hatásfokot. A csíraminták extraktumainak szelénspeciációs vizsgálatát nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával (HPLC), anioncsere-elő oszlopon történő elválasztással végeztük el, a szelénmódosulatok detektálását pedig ICP-MS készülék segítségével oldottuk meg.*

*Kísérleti eredményeinket kiértékelve megállapítottuk, hogy a csíráztatásnál alkalmazott szerves szelénformák jelentős része átalakult szerves szelénvegyületekké. A búza- és borsócsírák egyes szelén módosulatainak mennyiségében eltéréseket figyeltünk meg és a mérési eredményeink arra is rámutatnak, hogy a csírák szelén felvétele, és szelén módosulatainak a megoszlása a csíráztatásnál alkalmazott szelénformától is függ.*

*Ezen kívül a mérésnél kapott kromatogramokból az is nyilvánvalóvá vált, hogy minta-előkészítésnél alkalmazott extrakciós eljárások közül a szerves szelénformák esetében citromsav kivonószerezrel végzett extrakció a leghatásosabb.*

**Kulcsszavak:** borsó- és búzacsírák, szelén módosulatok

### SUMMARY

*In this present study, we prepared selenium-enriched pea and wheat sprouts. During our research we aimed not only to measure the total selenium content of the sprouts but to identify different selenium species.*

*Scientific researches show why the analytical examination of different selenium (Se) species is necessary: consumption of all kind of Se-species is useful for a person who suffers in selenium deficit, while there is significant difference between effects of different Se-species on person, in whose body the Se-level is just satisfactory. Biological availability, capitalization, accumulation, toxicity of Se-species are different, but the main difference was manifested in the anti-cancer effect of selenium.*

*During our research selenium was used in form of sodium selenite and sodium selenate, the concentration of the solutions used for germination was 10 mg dm<sup>-3</sup>. Control treatment meant germination in distilled water. Total selenium content of sprout samples was measured after microwave digestion by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Different extraction solvents were applied during sample preparation in order to separate different Se-species (0.1 M and 0.2 M HCl or 10 mM citric acid buffer). We wanted the following question to be answered: Which extraction solvent resulted the best extraction efficiency? Selenium speciation analysis of sprout sample extracts was performed by high performance liquid chromatography with anion exchange column, detection of selenium species was performed by ICP-MS.*

*Evaluating our experimental results we have been found that significant amount of selenium of inorganic forms used during germination transformed into organic selenium compounds. There was difference between the amount of Se-species in pea and wheat sprouts and selenium uptake and repartition of selenium species were depended on Se-form used during germination.*

*In addition the chromatogram analysis made us clear as well, that the citric acid solvent proved to be the most effective extraction solvent during sample preparation in the view of organic Se species.*

**Keywords:** pea and wheat sprouts, selenium species

### BEVEZETÉS

A szelén biológiai szerepe az elmúlt évtizedek kutatásai alapján jelentősen felértékelődött. Számos kutatás igazolja, hogy csökkenti a szív- és érrendszeri megbetegedések kialakulását (Rayman, 2000; Stranges et al., 2006), erősíti immunrendszerünket (Dubois és

Belleville, 1988), elősegíti az agy működését (Whanger, 2001), illetve hatástalanítja a nehézfémek (Cd, Hg) mérgező hatását a szervezetünkben (Sasakura és Suzuki, 1998). Navarró-Alarcón és López Martínez (2000) megállapításai szerint közvetlen vagy közvetett módon, de a szelénhiány számos betegség kialakulásában vagy kórképének súlyosbodásában játszhat szerepet,

mint például a felnőttkori cukorbetegség, szürkehályog, cisztás fibrózis, agyérkatasztrófa, vastagbél fekélyesedés, különféle ráktípusok, valamint szív- és érrendszeri betegségek. A szelén ezen kívül egyik legkiemelkedőbb jellegzetessége, hogy antioxidáns tulajdonsággal rendelkező enzimek alkotójaként hatékonyan részt vesz a szabad gyökök semlegesítésében, így jelentős mértékben csökkentheti a rák kialakulásának kockázatát (Herbert et al., 1996).

A szelén fent említett kedvező élettani hatásai, illetve az a tény, hogy a mindennapi ételmisszereink csekély szeléntartalommal rendelkeznek (Reilly, 1998), számos kutatót indított arra, hogy szelénrel dúsított ételmisszereket, úgynevezett funkcionális ételmisszereket hozzon létre, ezáltal is növelve az emberek Se ellátását. Szelénrel dúsított állati eredetű ételmisszerek között szerepelt például a csirkehús (Surai, 2000), illetve a tojás (Surai és Sparks, 2001), míg a megnövelt szeléntartalmú növényi eredetű ételmisszerekre példaként hozható fel a káposzta, a hagyma és a szója (Maneetong et al., 2013; Shah et al., 2004; Chan et al., 2009). A speciációs irodalomban ezen kívül számos tanulmány jelent meg, amely kompoziton termesztett csiperkegomba (Gergely et al., 2004), illetve élesztő (Schrauzer, 2000) szeléndúsításával foglalkozott.

Azonban e funkcionális ételmisszerek esetében mindenképpen fontos volt feltérképezni azt, hogy a szelént milyen kémiai formában tartalmazzák, ugyanis jelentős különbségek figyelhetők meg az egyes szelénmódosulatok között. Különbség van az egyes módosulatok biológiai hozzáférhetőségében, hasznosulásában, felhalmozódásában, toxicitásában, valamint antikarcinogén hatásában (Whanger et al., 2000).

Számos kutatás igazolja, hogy a szelén antikarcinogén hatását elsősorban szerves módosulatainak keresztül fejt ki (szelenometionin, szelenocisztein, szelenometil-szelenocisztein), jelenlegi ismereteink szerint azonban úgy tűnik, hogy a szeleno-metil-szelenocisztein, illetve a  $\gamma$ -glutamil-szeleno-metil-szelenocisztein antikarcinogén hatása szignifikánsan nagyobb bármely más szerves szelénmódosulathoz viszonyítva (Ip et al., 2000; Whanger, 2002).

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### Magvak csíráztatása

Kísérleteinkben a csíráztatáshoz biotermesztésből származó, kereskedelmi forgalomban kapható búzát (*Triticum aestivum*) és zöldborsót (*Pisum sativum*) használtunk fel. Több tényező is indokolta, hogy a csíráztatáshoz ezeket a magvakat választottuk. A csíráztatott magvak közül a búza és a borsó kiemelkedő biológiai és élvezeti értékkel rendelkezik, valamint a csíráztatásuk is egyszerűbb az apróbb magvakhoz viszonyítva.

Csíráztatás előtt eltávolítottuk a törött és repedt magvakat, majd mindegyik edénybe 20–20 g magot mértünk be. A bemért magvakat 12 órán keresztül áztattuk, így a magvak az eredeti méretük többszörösére duzzadtak.

A magvak csíráztatása során a szelént nátrium-szelenit ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) (Fluka, Buchs, Svájc), illetve

nátrium-szelenát ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) (Sigma-Aldrich, Steinheim, Németország) formájában, ioncserélt vízben feloldva alkalmaztuk és a csíráztatáshoz felhasznált oldatok koncentrációja  $10 \text{ mg/dm}^3$  volt. A kétféle szelénmódosulatot tartalmazó oldatok elkészítéséhez a szükséges koncentrációt szelénre vonatkoztatva számoltuk ki. A kontrollkezelés kísérletünkben desztillált vízben való csíráztatást foglalt magában. A csíráztatásnál arra is odafigyeltünk, hogy biztosítsuk a búzák és a zöldborsók csíráztatásához az ideális  $20^\circ\text{C}$  csírázási hőmérsékletet. A csírák öblítését naponta kétszer megismélteltük, így elkerültük a magvak kiszáradását, illetve a felületi nyálkaképződést.

A csíráztatás búzacsírák esetében 5 napig, zöldborsó csíráknál 4 napig tartott. A csírák a kiértékeléskor  $3,5 (\pm 1,0)$  cm-es csírárüggyel és  $3,5 (\pm 1,0)$  cm-es gyökérszemélynnyel rendelkeztek.

A magvak csíráztatását, valamint a minták előkészítését és mérését a Debreceni Egyetem Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézetében végeztük el. Az alkalmazott minta-előkészítést és a méréseket minden esetben három ismétlésben hajtottuk végre.

### Borsó- és búzacsírák összes szelén koncentrációjának meghatározása

A borsó- és búzacsírák összes szelénkoncentrációjának meghatározásához a mintákat mikrohullámmal elősegített nagynyomású roncsolásnak vetettük alá, melyet Milestone Start D típusú mikrohullámú roncsoló készülékkel végeztünk.

A mintákból ezredgramm pontossággal 1 g-ot mértünk be az egyes teflon bombákba, majd a bemért mintákhoz  $8 \text{ cm}^3$  cc.  $\text{HNO}_3$ -at (65 m/m%, Scharlau Chemie, Spanyolország) adtunk. A mintákat 10 perc felfűtést követően 10 percen keresztül  $180^\circ\text{C}$ -on roncsoltuk. Ezt követően, amikor a leroncsolt minta lehűlt, a roncsolmányt ionmentes vízzel  $50 \text{ cm}^3$ -es centrifugacsövekbe mostuk át, majd ionmentes vízzel  $25 \text{ cm}^3$ -re egészítettük ki.

A kész minták Se tartalmát egy X7-es típusú, Thermo Elemental gyártmányú induktív csatolású plazma tömegspektrométerrel (ICP-MS) határoztuk meg, amely beállítási és mérési paraméterei megegyeznek Puskás-Preszner és Kovács (2009) által alkalmazott spektrométerrel.

### Borsó- és búzacsírák szelén módosulatainak elválasztása

A csírák szelén módosulatainak elválasztásához szükséges mintaelőkészítést Cuderman et al. (2010), illetve Montes Bayón et al. (2005) publikációja alapján végeztük el.

A homogenizált nyers borsó- és búzacsírákból 0,6 g-ot mértünk be  $10 \text{ cm}^3$ -es centrifugacsövekbe, majd megfelelő extrahálószerkekből  $2,5 \text{ cm}^3$ -t adtunk hozzá. A mintaelőkészítés során extrakciós oldószerként 0,1 M és 0,2 M HCl-t; illetve 10 mM citromsav puffert (pH 5,0) alkalmaztunk. Az így előkészített mintákat 24 órán keresztül,  $37^\circ\text{C}$ -on inkubáltuk, majd ezt követően 30 percen keresztül 6000/min fordulatszámon Sigma 3K30

típusú laboratóriumi centrifugán centrifugáltuk. Az extrakció után a centrifugálással kapott felülúszókat elválasztottuk az üledéktől és hígításukat követően 0,45 µm pórusátmérőjű fecskendőszűrőn szűrtük át. Az előbbieket szerint nyert extraktumokból a szelénformák elválasztását nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával (HPLC), HAMILTON PRP-X anioncserélő oszlopon történő elválasztással végeztük el, a szelénmódosulatok detektálását pedig ICP-MS készülék segítségével oldottuk meg. A vivőfolyadék 5,0 pH-jú citromsav volt.

Kutatómunkánk során a csírák egyes Se módosulatainak mennyiségi meghatározásán kívül fontosnak tartottuk annak megállapítását is, hogy a minta-előkészítés során felhasznált extrakciós oldószerek közül melyik eredményez legnagyobb szelén kinyerési hatásfokot. A kinyerési hatásfok kiszámításánál a búza- és borsócsírák összes Se mennyiségét vettük alapul.

## EREDMÉNYEK

### Borsó- és búzacsírák összes szelén koncentrációja

A búza és borsócsírák összes Se koncentrációját az 1. táblázatban foglaltuk össze. Ezek az eredmények arra mutatnak rá, hogy a kezeléseknél alkalmazott szerves szelénit és szelenát jól felvehető szelénformának bizonyult a csíranövények számára, azonban mindkét csíranövény esetében azt tapasztaltuk, hogy szelenát kezelés esetén az összes Se koncentrációjuk magasabb volt. Véleményünk szerint ezek az eredmények összefüggésben vannak azzal a ténnyel, hogy a szelenát könnyebben szállítódik a növényi szövetekben, mint a szelenit. Ezen kívül a táblázat eredményeiből az is

szembetűnővé válik, hogy a két növényfaj eltérő szelén-akkumuláló képességgel rendelkezik, ugyanis szelenit és szelenát kezelés esetében is a búzacsíráknál közel kétszeres Se-koncentráció értékeket kaptunk.

### Borsó- és búzacsírák szelén módosulatainak koncentrációja

Borsócsírák szelénitől történő kezelése esetében azt tapasztaltuk, hogy a felhasznált szelenit nem alakult át szelenáttá a csírákban, hiszen a szelenát koncentráció mindegyik mintaelőkészítésnél a kimutatási határérték alatt volt. A szelenitől dúsított borsócsírák azonban a szerves szelén mellett szerves szelénmódosulatokat is tartalmaztak, ahogyan azt a 2. táblázat is igazolja.

A táblázatból az is kitűnik, hogy a különböző extrakciós módszerekkel minden esetben 5 szerves szelénmódosulat jelenlétét tudtuk igazolni a mintákban, amelyek közül eddig a szeleno-metionint (SeMet) sikerült azonosítanunk. A többi szerves szelénmódosulat beazonosítása további vizsgálataink tárgyát fogja képezni.

A 2. táblázatban feltüntetett szerves és szerves szelén Se vegyületek koncentráció értékeit a 3. táblázatban összesítettük, amelyből jól látszik, hogy a citromsavval végzett extrakció hatékonyabb a szerves Se vegyületek kioldásában, mint a 0,1 és a 0,2 M HCl. A szerves szelénit kioldásában viszont a 0,2 M HCl-val értünk el legjobb eredményt. A 3. táblázatban az extrakciók hatásfokait is ismertettük, amely alapján a különböző extraháló eljárások közül a citromsavval végzett extrakció bizonyult legeredményesebbnek.

1. táblázat

Borsó- és búzacsírák összes szelén koncentrációja (mg/kg) kontroll, 10 mg/dm<sup>3</sup> szelenit, illetve szelenát kezelés esetén (n=3)

Kezelések(1)	Borsócsírák Se koncentrációja (mg/kg)(2)	Búzacsírák Se koncentrációja (mg/kg)(3)
Kontroll(4)	0,069 ± 0,011	0,089 ± 0,014
Szelenit(5)	6,25 ± 0,31	12,4 ± 0,3
Szelenát(6)	7,75 ± 0,22	13,1 ± 0,3

Table 1: Total selenium concentration (mg kg<sup>-1</sup>) of pea and wheat sprouts in case of control, 10 mg dm<sup>-3</sup> selenite and 10 mg dm<sup>-3</sup> selenate treatments (n=3)

Treatments(1), Se concentration of pea sprouts (mg kg<sup>-1</sup>)(2), Se concentration of wheat sprouts (mg kg<sup>-1</sup>)(3), Control(4), Selenite(5), Selenate(6)

2. táblázat

Szelenitől dúsított borsócsírák szerves és szerves szelén módosulatainak koncentrációja (µg/kg) 0,1 M és 0,2 M HCl, illetve 10 mM citromsav extrakciós oldószert alkalmazása esetén (n=3)

Extrakciós oldószert(1)	Szerves Se módosulatok (µg/kg)(2)					Szerves szelén módosulatok (µg/kg)(3)	
	1.	2.	3.	4.	5.	Szelenit(4)	Szelenát(5)
0,1 M HCl	11,6±0,4	44,7±6,4	302±1	2,90±1,05	46,7±0,2	691±8	K.H.>
0,2 M HCl	5,79±0,51	22,8±0,6	70,5±10,4	1,44±0,15	9,72±2,89	723±35	K.H.>
Citromsav(6)	3,44±2,87	87,3±33,9	255±3	299±16	119±33	571±21	K.H.>

K.H.=kimutatási határ, 5. szerves Se-módosulat=SeMet

Table 2: Concentration (µg kg<sup>-1</sup>) of organic and inorganic selenium species in selenite-enriched pea sprouts when 0.1 M and 0.2 M HCl or 10 mM citric acid as extraction solvents were applied (n=3)

Extraction solvent(1), Organic Se species (µg kg<sup>-1</sup>)(2), Inorganic Se species(µg kg<sup>-1</sup>)(3), Selenite(4), Selenate(5), Citric acid(6), Note: LOD=limit of detection, 5. organic selenium species=SeMet

3. táblázat

Szelenittal dúsított borsócsírák összes szerves és szervetlen szelén tartalma (µg/kg) 0,1 M és 0,2 M HCl, illetve 10 mM citromsav extrakciós oldószer alkalmazása esetén (n=3)

Extrakciós oldószer(1)	Összes szerves Se-tartalom (µg/kg)(2)	Összes szervetlen Se-tartalom (µg/kg)(3)	Összes szerves és szervetlen Se-tartalom (µg/kg)(4)	Kinyerési hatásfok (%) (5)
0,1 M HCl	407 (37,0%)	691 (63,0%)	1098	28,3
0,2 M HCl	110 (13,2%)	723 (86,8%)	833	21,9
Citromsav(6)	763 (57,2%)	571 (42,8%)	1334	35,0

Table 3: Total organic and inorganic selenium content (µg kg<sup>-1</sup>) of selenite-enriched pea sprouts when 0.1 M and 0.2 M HCl or 10 mM citric acid as extraction solvents were applied (n=3)

Extraction solvent(1), Total organic selenium content (µg kg<sup>-1</sup>)(2), Total inorganic selenium content (µg kg<sup>-1</sup>)(3), Total organic and inorganic selenium content (µg kg<sup>-1</sup>)(4), Extraction efficiency (%) (5), Citric acid(6)

Szelenáttal dúsított borsócsírák szelén speciációs vizsgálatának eredményeit a 4–5. táblázatban foglaltuk össze. A számadatok az mutatják, hogy a felhasznált szelénát mindössze 1–8%-ban alakult át szerves szelén módosulatokká a csírákban, így szelénrel dúsított borsócsírák előállításakor érdemesebb szelénit alkalmazni, a nagyobb szerves Se tartalom elérés érdekében.

Szelenittel dúsított búzacsírák esetében az alkalmazott extrakciós oldószerrel szintén 5 szerves és 2 szervetlen Se módosulatot tudunk kimutatni a mintákban. A búzacsírákban viszont a szelénit 96–99%-ban szerves szelén vegyületekké alakult át, amely lényegesen magasabb a borsócsírák esetében tapasztalt értéknél (13–57%) (6–7. táblázat).

4. táblázat

Szelenáttal dúsított borsócsírák szerves és szervetlen szelén módosulatainak koncentrációja (µg/kg) 0,1 M és 0,2 M HCl, illetve 10 mM citromsav extrakciós oldószer alkalmazása esetén (n=3)

Extrakciós oldószer(1)	Szerves Se módosulatok (µg/kg)(2)					Szeretlen Se módosulatok (µg/kg)(3)	
	1.	2.	3.	4.	5.	Szelenit(4)	Szelenát(5)
0,1 M HCl	5,38±0,41	18,5±13,1	20,9±0,81	8,76±0,6	36,9±3,3	316±21,4	3369±184
0,2 M HCl	1,15±1,13	1,14±1,16	3,5±0,1	2,49±2,85	6,01±0,6	357±4	3848±26
Citromsav(6)	5,35±0,6	41,2±2,5	20,9±3,3	54,5±10	193±8	312±10	3466±86

Megjegyzés: 5. szerves Se-módosulat=SeMet

Table 4: Concentration (µg kg<sup>-1</sup>) of organic and inorganic selenium species in selenate-enriched pea sprouts when 0.1 M and 0.2 M HCl or 10 mM citric acid as extraction solvents were applied (n=3)

Extraction solvent(1), Organic Se species (µg kg<sup>-1</sup>)(2), Inorganic Se species(µg kg<sup>-1</sup>)(3), Selenite(4), Selenate(5), Citric acid(6), Note: 5. organic selenium species=SeMet

5. táblázat

Szelenáttal dúsított borsócsírák összes szerves és szervetlen szelén tartalma (µg/kg) 0,1 M és 0,2 M HCl, illetve 10 mM citromsav extrakciós oldószer alkalmazása esetén (n=3)

Extrakciós oldószer(1)	Összes szerves Se-tartalom (µg/kg)(2)	Összes szervetlen Se-tartalom (µg/kg)(3)	Összes szerves és szervetlen Se-tartalom (µg/kg)(4)	Kinyerési hatásfok (%) (5)
0,1 M HCl	90,4 (2,4%)	3685 (97,6%)	3776	80,0
0,2 M HCl	14,3 (0,3%)	4205 (99,7%)	4219	88,3
Citromsav(6)	311,0 (7,6%)	3772 (92,4%)	4083	86,5

Table 5: Total organic and inorganic selenium content (µg kg<sup>-1</sup>) of selenate-enriched pea sprouts when 0.1 M and 0.2 M HCl or 10 mM citric acid as extraction solvents were applied (n=3)

Extraction solvent(1), Total organic selenium content (µg kg<sup>-1</sup>)(2), Total inorganic selenium content (µg kg<sup>-1</sup>)(3), Total organic and inorganic selenium content (µg kg<sup>-1</sup>)(4), Extraction efficiency (%) (5), Citric acid(6)

6. táblázat

Szelenittel dúsított búzacsírák szerves és szervetlen szelén módosulatainak koncentrációja (µg/kg) 0,1 M és 0,2 M HCl, illetve 10 mM citromsav extrakciós oldószer alkalmazása esetén (n=3)

Extrakciós oldószer(1)	Szerves Se módosulatok (µg/kg)(2)					Szeretlen Se módosulatok (µg/kg)(3)	
	1.	2.	3.	4.	5.	Szelenit(4)	Szelenát(5)
0,1 M HCl	52,6±2,2	40,8±4,7	602±62	3,79±0,15	18,1±3,2	2,37±0,21	2,6±0,3
0,2 M HCl	41,6±7,4	43,0±9,3	466±26	13,40±2,78	3,3±0,4	16,2±3,1	2,22±0,82
Citromsav(6)	38,7±3,3	160±7	524±2	145±4	364±22	2,85±1,08	4,44±1,34

Megjegyzés: 5. szerves Se-módosulat=SeMet

Table 6: Concentration (µg kg<sup>-1</sup>) of organic and inorganic selenium species in selenite-enriched wheat sprouts when 0.1 M and 0.2 M HCl or 10 mM citric acid as extraction solvents were applied (n=3)

Extraction solvent(1), Organic Se species (µg kg<sup>-1</sup>)(2), Inorganic Se species(µg kg<sup>-1</sup>)(3), Selenite(4), Selenate(5), Citric acid(6), Note: 5. organic selenium species=SeMet

7. táblázat

Szelenittel dúsított búzacsírák összes szerves és szervetlen szelén tartalma ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) 0,1 M és 0,2 M HCl, illetve 10 mM citromsav extrakciós oldószer alkalmazása esetén (n=3)

Extrakciós oldószer(1)	Összes szerves Se-tartalom ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )(2)	Összes szervetlen Se-tartalom ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )(3)	Összes szerves és szervetlen Se-tartalom ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )(4)	Kinyerési határfok (%) (5)
0,1 M HCl	717 (99,3%)	4,97 (0,7%)	722	10,0
0,2 M HCl	567 (96,9%)	18,39 (3,1%)	585	7,8
Citromsav(6)	1232 (99,4%)	7,29 (0,6%)	1240	16,6

Table 7: Total organic and inorganic selenium content ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) of selenite-enriched wheat sprouts when 0.1 M and 0.2 M HCl or 10 mM citric acid as extraction solvents were applied (n=3)

Extraction solvent(1), Total organic selenium content ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )(2), Total inorganic selenium content ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )(3), Total organic and inorganic selenium content ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )(4), Extraction efficiency (%) (5), Citric acid(6)

A 7. táblázatból ezen kívül az is megállapítható, hogy a minta-előkészítésnél alkalmazott extrakciós oldószerek hatékonyságában jelentős különbségek vannak. A borsócsíráknál kapott eredményekkel összehangban búzacsírák esetében szintén azt tapasztaltuk, hogy a szerves Se vegyületek kimutatásában a citromsavval érhetünk el legjobb eredményeket, ez viszont a szervetlen Se-vegyületek extrakciójánál kevésbé hatékony, mint a 0,2 M HCl.

A 8–9. táblázatok a szelenáttal kezelt búzacsírák mérési eredményeit tartalmazza. A három alkalmazott extrakciós eljárás közül a 0,1 és 0,2 M HCl esetében azt tapasztaltuk, hogy a szelenát nem alakult át szerves szelénmódosulatokká a csírákban. A citromsavval végzett extrakció viszont meglepően magas szerves Se koncentrációt mutat, melynek okát csak további kísérletek során tudjuk meghatározni.

8. táblázat

Szelenáttal dúsított búzacsírák szerves és szervetlen szelén módosulatainak koncentrációja ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) 0,1 M és 0,2 M HCl, illetve 10 mM citromsav extrakciós oldószer alkalmazása esetén (n=3)

Extrakciós oldószer(1)	Szerves Se módosulatok ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )(2)					Szervetlen Se módosulatok ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )(3)	
	1.	2.	3.	4.	5.	Szelenit(4)	Szelenát(5)
0,1 M HCl	90,3±16,4	58,7±22,9	66,6±25,9	4,5±3,6	68,8±13,5	126±33	4601±774
0,2 M HCl	48,6±1,2	48,9±3,8	29,0±3,2	5,76±0,56	76,5±25,9	147±14	2728±6
Citromsav(6)	62,7±3,8	243±11,2	79,4±10,9	215±16	541±57	218±7	159±66

Megjegyzés: 5. szerves Se-módosulat=SeMet

Table 8: Concentration ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) of organic and inorganic selenium species in selenate-enriched wheat sprouts when 0.1 M and 0.2 M HCl or 10 mM citric acid as extraction solvents were applied (n=3)

Extraction solvent(1), Organic Se species ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )(2), Inorganic Se species( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )(3), Selenite(4), Selenate(5), Citric acid(6), Note: 5. organic selenium species=SeMet

9. táblázat

Szelenáttal dúsított búzacsírák összes szerves és szervetlen szelén tartalma ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) 0,1 M és 0,2 M HCl, illetve 10 mM citromsav extrakciós oldószer alkalmazása esetén (n=3)

Extrakciós oldószer(1)	Összes szerves Se-tartalom ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )(2)	Összes szervetlen Se-tartalom ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )(3)	Összes szerves és szervetlen Se-tartalom ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )(4)	Kinyerési határfok (%) (5)
0,1 M HCl	290 (5,8%)	4727 (94,2%)	5017	64,3
0,2 M HCl	209 (6,8%)	2874 (93,2%)	3083	39,4
Citromsav(6)	1141 (75,2%)	377 (24,8%)	1518	19,4

Megjegyzés: 5. szerves Se-módosulat=SeMet

Table 9: Total organic and inorganic selenium content ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) of selenate-enriched pea sprouts when 0.1 M and 0.2 M HCl or 10 mM citric acid as extraction solvents were applied (n=3)

Extraction solvent(1), Total organic selenium content ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )(2), Total inorganic selenium content ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )(3), Total organic and inorganic selenium content ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )(4), Extraction efficiency (%) (5), Citric acid(6), Note: 5. organic selenium species=SeMet

## KÖVETKEZTETÉSEK

Kísérleti eredményeinket kiértékelve megállapítottuk, hogy a borsó- és búzacsírák a csíráztatásnál alkalmazott szervetlen szelénformák jelentős részét szerves szelénvegyületekké alakították át, azonban szelenittel, illetve szelenáttal dúsított csírák szervetlen és szerves Se módosulatainak arányában jelentős eltérést figyelünk meg. Mivel a borsó- és búzacsírák a szelenitet na-

gyobb arányban alakították át szerves szelénvegyületekké, mint a szelenátot, ezért véleményünk szerint szelénrel dúsított csírák előállításánál célszerűbb szelenitet alkalmazni, a nagyobb szerves Se tartalom elérés érdekében.

Kutatási eredményeink ezen kívül arra is rámutattak, hogy mintaelőkészítésnél alkalmazott extrakciós oldószerek hatékonyságában jelentős különbségek vannak. Mivel a sósavval végzett extrakció a szervetlen

módosulatok feltárásában volt eredményesen alkalmazható, a citromsavval végzett extrakció pedig főként a szerves Se-módosulatok kioldását segítette elő, így

véleményünk szerint ezeknek az oldószereknek célszerű lenne mintaelőkészítés során együttesen alkalmazni, a nagyobb Se kinyerési hatások elérése érdekében.

#### IRODALOM

- Chan, Q.–Afton, S. E.–Caruso, J. A. (2009): Selenium speciation profiles in selenite-enriched soybean (GlycineMax) by HPLC–ICPMS and ESI-ITMS. *Metallomics*. 2: 147–153.
- Cuderman, P.–Ozbolt, L.–Kreft, I.–Stibilj, V. (2010): Extraction of Se species in buckwheat sprouts grown from seeds soaked in various Se solutions. *Food Chemistry*. 123: 941–948.
- Dubois, F.–Belleville, F. (1988): Sélénium rôle physiologique et intérêt en pathologie humaine. *Pathologie Biologie*. 36: 1017–1025.
- Gergely, V.–Kápolna, E.–Süle, A.–Hajós, G.–Dernovics, M.–Fodor, P. (2004): Preparative liquid isoelectric focusing (Rotofor IEF) based Se-speciation of Se-enriched *Agaricus bisporus*. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. 19: 1485–1488.
- Herbert, V.–Shaw, S.–Jayatileke, E. (1996): Vitamin C driven free radicals generation from iron. *Journal of Nutrition*. 126: 1213–1220.
- Ip, C.–Thompson, H. J.–Zhu, Z.–Ganther, H. E. (2000): In vitro and in vivo studies of methylseleninic acid: Evidence that a monomethylated selenium metabolite is critical for cancer chemoprevention. *Cancer Research*. 60: 11: 2882–2886.
- Maneetong, S.–Chookhampaeng, S.–Chantiratikul, A.–Chinrasri, O.–Thosaikham, W.–Sittipout, R.–Chantiratikul, P. (2013): Hydroponic cultivation of selenium-enriched kale (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra* L.) seedling and speciation of selenium with HPLC-ICP-MS. *Microchemical Journal*. 108: 87–91.
- Montes-Bayón, M.–Molet, M. J.–González, E. B.–Sanz-Medel, A. (2006): Evaluation of different sample extraction strategies for selenium determination in selenium-enriched plants (*Allium sativum* and *Brassica juncea*) and Se speciation by HPLC-ICP-MS. *Talanta*. 68: 1287–1293.
- Navarro-Alarcón, M.–López-Martínez, M. C. (2000): Essentiality of selenium in the human body: relation with different diseases. *The Science of the Total Environment*. 249: 347–371.
- Puskás-Preszner A.–Kovács B. (2009): Molibdén-kezelés hatása szabadföldi kísérletben a növényi felvételt és a talaj molibdén frakcióira. *Agrártudományi Közlemények*. Debrecen. 36: 117–122.
- Rayman, M. P. (2000): The importance of selenium to human health. *Lancet*. 356: 233–241.
- Reilly, C. (1998): Selenium: A new entrant into the functional food arena. *Trends in Food Science and Technology*. 9: 114–118.
- Sasakura, C.–Suzuki, K. T. (1998): Biological interaction between transition metals (Ag, Cd and Hg), selenide/sulfide and seleno-protein P. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 71: 3–4: 159–162.
- Schrauzer, G. N. (2000): Anticarcinogenic effects of selenium. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 57: 1864–1874.
- Shah, M.–Kannamkumarath, S. S.–Wuilloud, J. C. A.–Wuilloud, R. G.–Caruso, J. A. (2004): Identification and characterization of selenium species in enriched green onion (*Allium fistulosum*) by HPLC-ICP-MS and ESI-ITMS. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. 19: 381–386.
- Stranges, S.–Marshall, J. R.–Trevisan, M.–Natarajan, R.–Donahue, R. P.–Combs, G. F.–Farinaro, E.–Clark, L. C.–Reid, M. E. (2006): Effects of selenium supplementation on cardiovascular disease incidence and mortality: secondary analyses in a randomized clinical trial. *American Journal of Epidemiology*. 163: 694–699.
- Surai, P. F. (2000): Selenium in poultry nutrition. 2. Reproduction, egg and meat quality and practical applications. *World's Poultry Science Journal*. 58: 431–450.
- Surai, P. F.–Sparks, N. H. C. (2001): Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends in Food Science and Technology*. 12: 7–16.
- Whanger, P. D. (2001): Selenium and the brain: A review. *Nutritional neuroscience*. 4: 81–97.
- Whanger, P. D. (2002): Selenocompounds in Plants and Animals and their Biological Significance. *Journal of the American College of Nutrition*. 21: 3: 223–232.
- Whanger, P. D.–Ip, C.–Polan, C. E.–Uden, P. C.–Welbaum, G. (2000): Tumorigenesis, metabolism, speciation, bioavailability, and tissue deposition of selenium in selenium-enriched ramps (*Allium tricoccum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 5723–5730.