

Funkcionális élelmiszerek előállítása étkezési csírákból molibdénnel, illetve szelén kezeléssel

BÓDI ÉVA – PELES FERENC – ANDRÁSI DÁVID – FEKETE ISTVÁN – KOVÁCS BÉLA

Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma,
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet

Összefoglalás

Az elmúlt évtizedekben számos tanulmány számolt be arról, hogy a csírák eleget tesznek a modern táplálkozástudomány teljes értékű élelmiszer előírásának, így az étkezési csírák fogyasztásának kiemelt szerepük lehet az egészségünk fenntartásában, és bizonyos betegségek megelőzésében is.

*Kísérleteinkben a csíráztatáshoz bio búzát (*Triticum aestivum*) és zöldborsót (*Pisum sativum*) használtunk fel.*

Kutatásunk céljaként a következő kérdésekre kerestük a választ:

- *Milyen koncentrációban képesek a csírák felvenni a vizsgált elemeket (Se és Mo), hogyha növekvő koncentrációjú Mo (molibdenát), valamint Se (szelenit, szelenát) oldatokkal kezeljük?*
- *Jelentkezik-e eltérés a búzacsíra (egyszikű) és a zöldborsó csíra (kétszikű) molibdén és szelén koncentrációjában, hiszen a két növénytípus tápanyagfelvételében jelentős különbségek vannak?*
- *A csírákból a napi ajánlott mennyiséget (15 g) elfogyasztva, hány százalékban tudjuk fedezni molibdén vagy szelén szükségletünket, ha a csírákat e két mikroelemmel külön-külön kezeljük?*
- *Hogyan változik az összesírászám, a coliformszám, valamint az élesztő- és penészgombaszám a magvak áztatása előtt, a 12 órás áztatást követően, valamint a csíráztatás egyes napjain?*

Kísérleteink eredményeként megállapítottuk, hogy a molibdén illetve a szelén kezelések hatásosnak bizonyultak a búza- és borsócsírák esetében. Molibdén kezelésnél a borsócsíránál tapasztaltunk intenzívebb növekedést. Szelenit, illetve szelenát kezelés esetében pedig arra a következtetésre jutottunk, az egyszikű (búza) növények számára a szelenit, a kétszikű (borsó) növények számára a szelenát a jobban hasznosuló szelénforma.

Mikrobiológiai vizsgálataink arra hívták fel a figyelmünket, hogy a magvak áztatásának és csíráztatásának körülményei (hőmérséklet, vízakaktivitás, pH), valamint a csírák magas tápanyagtartalma ideális körülményeket teremtenek a mikroorganizmusok felszaporodásához. A csírák magas mikrobaszáma élelmiszerromlást és ezzel összefüggő ételmérgezést okozhat, így a szakirodalomban szereplő javaslatokkal összhangban arra a megállapításra jutottunk, hogy a csíráztatás előtt a magvakat mindenképpen fontos olyan kezeléseknek alávetni, melyek segítségével a kórokozók eliminálhatók.

Kulcsszavak: molibdén, szelenit, szelenát, mikrobiológia, búza- és borsó csíra

Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben táplálkozási szokásaink jelentősen megváltoztak. Jellemző lett, hogy rendszertelenül táplálkozunk a felgyorsult életritmus miatt. Tény, hogy az elfogyasztott élelmiszereink tápanyagban szegényebbek, és ennek eredményeként szervezetünk hatékony működéséhez szükséges mikroelemek felvétele a népesség jelentős hányadánál alacsonyabb, mint a táplálkozási szakemberek által ajánlott napi szükséglet. A mikroelemhiány következményeivel

nap, mint nap szembesülünk, az ún. civilizációs betegségek elterjedése révén (cukorbetegség, magas vérnyomás, csontritkulás, elhízás).

Ezen negatív irányú tendenciák megfigyelése indította arra a táplálkozástudományi szakembereket, hogy megnövelt mikroelemtartalmú speciális élelmiszereket, úgynevezett funkcionális élelmiszereket fejlesszenek ki, hogy megelőzhetőek legyenek a táplálkozási egyensúly zavaraihoz vezető betegségek (Hegóczky és Vereczkegy 2000).

Szakirodalmi áttekintés

Bár a kísérleteik alapján elkészült szakirodalmakban meglehetősen kevés adat található az étkezési csíranövények elemekkel történő dúsításáról, a rendelkezésre álló kutatási eredmények azt igazolják, hogy az étkezési csírák különböző elemekkel történő kezelése kiváló lehetőséget nyújthat szervezetünk mikroelem szükségletének fedezéséhez. A következőkben e tanulmányok közül kívánunk néhányat ismertetni.

Hsu *et al.* (2008) több mint 80 mikroelemet tartalmazó vizes oldatban csíráztattak hajdina magvakat. Megállapították, hogy a hajdina csírák kiváló alanyok a mikroelem felvétel szempontjából. Szignifikáns növekedést elsősorban Cu, Zn, Se, Mn és Fe esetében mutattak ki. Hasonló eredményekre jutottak Lin *et al.* (2007), akik szintén hajdina magvakat csíráztattak. Kestwal *et al.* (2011) kutatómunkájuk során káposzta, brokkoli és retek csírákat termesztettek és vizsgáltak. Kísérletükben a csírákat nátrium-tioszulfáttal kezelték a glükoszínolát tartalmuk növelése érdekében, ugyanis ez a vegyület kéntartalmából adódóan antioxidáns tulajdonsággal rendelkezik. Vizsgálatuk alapján igazolták, hogy a kén hatékonyan beépül a csírákba, így érdemes a csírákat nátrium-tioszulfáttal kezelni.

Lintschinger *et al.* (1997) búza, hajdina és libatop csírákat dúsítottak nyomelemekkel (Li, V, Cr, Fe, Mn, Co, Cu, Zn, Sr, Mo, As és Se) a csírák biológiai értékének növelése érdekében. Kutatómunkájuk arra mutat rá, hogy az alkalmazott csírák közül leginkább a libatopcsíra alkalmas elem-dúsításra, és ezt követi csökkenő sorrendben a hajdina- és a búzacsíra. Legnagyobb koncentráció-növekedést a Co, a Sr és a Li esetében mutattak ki.

Az étkezési csírák elemekkel történő kezelését és ezáltal funkcionális bioélelmiszer előállítását a hatékony elemfelvételi mechanizmusokon kívül egyéb tényezők is indokolják.

Az egyik legfontosabb tényező a következő: A csírákat összehasonlítva a gabonamagvakkal megállapítható, hogy a bennük található nyomelemek lényegesen nagyobb határfokkal hasznosulnak a szervezetünkben. A magvak egyes összetevői, például a fitinsav és a cseszav csökkentik az ásványi anyagok felszívódását, így annak ellenére, hogy a magok nagy mennyiségben tartalmaznak ásványi anyagokat, elfogyasztásukkal csak ennek töredékét juttatjuk be a szervezetünkbe (Harmuth-Hoene 1987; Fretzdorf 1993). Viszont Oluymisi Latunde-Dada (1991), Vidal-Valverde (1994) és Udayasekhara (1995) kutatásai mind az a tényt erősítik meg, hogyha kicsíráztatjuk a magvakat, az ásványianyag-vesztés jelentéktelen mértékű lesz, mivel a csírázás alatt folyamatosan felbomlanak a nyomelemek és a fitinsav, illetve a cseszav közötti kötések.

A csírák elemekkel történő kezelése mellett szól az is, hogy a számunkra nélkülözhetetlen makro- és mikroelemeket szerves kötésben, úgynevezett kelátok formájában tartalmazzák. A szerves kötés jelentőségét az alábbi tény emeli ki: A

legtöbb ásványi sókban található nyomelemeket a szervezetünk csak csekély mértékben képes felvenni, viszont ha élelmiszereinkben szerves kötésben vannak jelen, a felvétel sokkal nagyobb arányú (*DeWayne Ashmead* 1991).

A csírák dúsítása mellett szóló harmadik érvként megemlíthető, hogy a csíra már önmagában is kiváló táplálék, így dúsításukkal nemcsak mikroelem szükségletünket tudjuk fedezni, hanem egyéb értékes tápanyagokhoz juttathatjuk szervezetünket (*Márton* 2010).

A magvak csírázásakor a bennük található enzimek aktiválódnak, melynek eredményeként a poliszacharidok részben oligo- és monoszacharidokká, a zsírok szabad zsírsavakká, a fehérjék pedig oligopeptidekké és szabad aminosavakká bomlanak le. Ezek a lebontó folyamatok az emésztés szempontjából egy úgynevezett előemésztést jelentenek számunkra, így szervezetünk könnyebben tudja ezeket hasznosítani (*Sangronis és Machado* 2007; *Mbithi-Mwikya et al.* 2000).

Kutatómunkánk során a csírák szelénrel, illetve molibdénrel történő dúsításával foglalkoztunk. A kezeléshez szükséges mikroelemek kiválasztásánál azt a tény vettük figyelembe, hogy a mindennapi élelmiszereink fogyasztásával a szervezetünkbe juttatható szelén mennyisége csekély. Ennek következtében a szelénhiány számos európai ország, köztük Magyarország lakosságát is érinti (*Bogye et al.* 1998). Általánosságban elmondható, hogy a növényi nyersanyagok szeléntartalmát leginkább a termőtalaj szelénellátottsága szabja meg (*Terry et al.* 2000). A magyarországi talajok azonban szelénben meglehetősen szegények, így a növényi eredetű termékekből származó szelénpótlás csak töredéke a szükségesnek.

Itt fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a magasabb szeléntartalmú talajoknál sem garantált a növényi nyersanyagok magas szeléntartalma, ugyanis a szelén mobilitását a talajban számos tényező befolyásolja. Ilyen faktor a talaj hőmérséklete, víztartalma, szerves anyag tartalma, az évszaki jellemzők, illetve a talajban lejátszódó mikrobiális tevékenységek is (*Skinner* 1999). Ezenkívül azt sem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy az élelmiszeripari és konyhatechnológiai feldolgozás során a nyersanyagok szeléntartalmában jelentős csökkenés következhet be, így a belőlük készített élelmiszerek fogyasztásával a szervezetünk eredeti szeléntartalmuknak gyakran már csak a töredékéhez juthat hozzá. Ezt a tényt erősíti meg *Bankhofer* (1994) kutatása is. A teljes búzaszem őrlésekor 50%-os szelén veszteséget mutatott ki. Számításai alapján a búzaszem külső rétegét eltávolítva 75%-os, főzéskor 45%-os, míg a fehér liszt ipari előállításakor a teljes szeléntartalom 80%-os csökkenésével kell számolni. *Gergely és Kontraszti* (1998) közleménye alapján konyhatechnikai eljárások során 0-44%-os szelénvesztés várható. A gomba főzésénél például 44%-os, a sertés- és marhahúsok esetében 9-14%-os veszteséget állapítottak meg.

A szelénhiány önmagában általában nem okoz megbetegedést, de közvetlen vagy közvetett módon, 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 (*Navarro-Alarcón és López-Martínez* 2000).

Viszont számos tanulmány számol be arról, hogy a szelénpótlás csökkenti bizonyos betegségek kialakulásának valószínűségét, és növeli szervezetünk ellenállóképességét. Például kielégítő szelénpótlás esetén kisebb mértékű a daganatos betegségek előfordulása (prosztata- és tüdőrák, gastrointestinalis tumorok), csökken a neutrofil-aktivitás és megemelkedik a monocita kemoattraktáns

protein koncentrációja idős korban, fokozódik a védelem a hepatitis B-vírus- (HBV-) fertőzés következtében létrejövő hepatomával (májrák) szemben, a spermiumok motilitása (mozgékonyaság) növekedést mutat, valamint csökken az UV fény hatására létrejövő lipidperoxidáció (Beck és Levander 1997; Thilly et al. 1993). A szelén jelentőségét az a tény is kiemeli, hogy a szelén hatástalanítja a nehézfémek (Cd, Hg) mérgező hatását a szervezetünkben (Sasakura és Suzuki 1998). Azonban a legjelentősebb kutatások a szelén rákmegelőző hatására fókuszálnak (Combs és Gray 1998).

A szelén mellett a molibdén is létfontosságú nyomelem a szervezetünk számára. A molibdén fontos alkotója többek között a xantin-oxidáznak, amely a húgysavtermelésben játszik szerepet, az aldehyd-oxidáznak, amely az alkohol-anyagcsere kulcsemelése, valamint a szulfid-oxidáznak (Reilly 1991; Van Gennip et al. 1994). Kolesarova et al. (2011) kutatásai igazolják, hogy a molibdén jelenléte a sejtek működéséhez is nélkülözhetetlen. A fogak egészségi állapotára is hatással van, beépül a fogzománcba és kielégítő ellátottság esetén csökkenti a fogszuvasodás veszélyét (Curzon et al. 1971). Ezenkívül kimutatták, hogy a molibdén bevétele több rákos elváltozás kezelésében is pozitív hatást eredményezett (Van Rensburg et al. 1985).

A molibdénhiány elsősorban parentálisan táplált betegeknél jelentkezik. Ebben az esetben csökken a szulfid-oxidáz aktivitása, aminek eredményeként a betegeknél légzésgyorsulás, fokozott szívverés lép fel, és a molibdén hiánya farkasvakságot, valamint kómát is okozhat (Gray et al. 1990; Johnson et al. 1991; Yoshida 2006).

Kísérletünkben a csírák molibdénnel, illetve szelénnel történő dúsítása mellett mikrobiológiai vizsgálatokat is végeztünk. Ezt azért tartottuk fontosnak, mert a csíráztatással a baktériumok száma is növekszik. Mivel a magvakat először több órán keresztül áztatjuk vízben, majd ezt követően meleg, és nedves környezetben csíráztatjuk 3-7 napon keresztül, ideális feltételeket biztosítunk a mikroorganizmusok számára a szaporodáshoz. Számuk a csírázás folyamán exponenciálisan növekszik (NACMCF 1999).

Például Ghandi és Matthews (2003) és Peñas et al. (2008) kutatómunkájuk során azt tapasztalták, hogy már a magvak mikrobiológiai terheltsége is magas, általában 10^3 - 10^6 tke g^{-1} (telepképző egység g^{-1}), de a csíráztatás közben ezeknek a mikroorganizmusoknak a száma még tovább emelkedhet, elérheti akár a 10^8 - 10^{11} tke g^{-1} csírászámot is. Hasonló eredményekre jutott Patterson és Woodburn (1980), valamint Prokopowich és Blank (1991) aerob baktériumok csírászámának megállapításakor lucerna- és mungóbabcsíra esetén. E magas mikrobaszám felelős a csírák rövid minőségmegőrzési idejéért és az ezzel összefüggő ételmérgezőségeért (Robertson et al. 2002).

Anyag és módszer

Magvak csíráztatása és elemtartalmuk meghatározása

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. A kiválasztott magvakkal végzett kísérlet arra is lehetőséget adott, hogy megtudhassuk, jelentkezik-e eltérés az egyszikű (búza) és a kétszikű (zöldborsó) csírák molibdén és szelén koncentrációjában, hiszen az egy- és kétszikű növények tápanyagfelvételében számos különbség van.

A magvak csíráztatását, valamint a minták előkészítését és mérését a Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézetében végeztük el.

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.

Az alkalmazott áztató oldatokat három csoportra különíthetjük el: molibdént, illetve kétféle szelénmódosulatot, szelenitet és szelenátot tartalmazó oldat. A molibdént ammónium-paramolibdénát $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4 \text{H}_2\text{O}]$ (Sigma-Aldrich, Steinheim, Németország), a szelént nátrium-szelenit $(\text{Na}_2\text{SeO}_3\cdot 5 \text{H}_2\text{O})$ (Fluka, Buchs, Svájc) és nátrium-szelenát $(\text{Na}_2\text{SeO}_4)$ (Sigma-Aldrich, Steinheim, Németország) formájában, csapvízben feloldva alkalmaztuk. A kétféle szelénmódosulatot tartalmazó oldatok elkészítéséhez a szükséges koncentrációt szelénre vonatkoztatva számoltuk ki. A kísérletben molibdén esetén 0,01; 0,1; 1 μM (0,96; 9,6 és 96 $\mu\text{g dm}^{-3}$) molibdén, szelenit esetén 0,1; 1; 10 mg dm^{-3} szelén, szelenát esetén pedig 0,1; 1 mg dm^{-3} szelén koncentrációt, továbbá kontroll kezelést (csapvíz) alkalmaztunk.

A csíráztatásnál arra is odafigyeltünk, hogy biztosítsuk a búzák és a zöldborsók csíráztatásához az ideális 20 °C csírázási hőmérsékletet. A csírák öblítését naponta kétszer megismételtük, így elkerültük a magvak kiszáradását, illetve a felületi nyálkaképződést. A csírák elemtartalom szempontjából történő vizsgálatára búzacsíranál a csíráztatás 5. napján, a zöldborsónál a 4. napon került sor. Az 1 μM molibdén és az 1 mg dm^{-3} szelenit, illetve szelenát oldaton nevelt csírákból viszont naponta 3-3 g átlagmintát vettünk, hogy nyomon követhessük, hogyan változnak a koncentrációk a csírázás egyes napjain. A csírák a kiértékeléskor 3,5 ($\pm 1,0$) cm-es csírártűgyel és 3,5 ($\pm 1,0$) cm-es gyökérkezdeménnyel rendelkeztek.

A csírákat MEMMERT UIM 400 típusú szárítószekrényben 105 °C-on tömegállandóságig szárítottuk. A tömegállandóságig szárított mintákat szobahőmérsékletre történő visszahűlésük után analitikai mérleggel (OHAUS) mértük le.

Szárítószekrényben történő szárítás és homogenizálást követően a Kovács *et al.* (1996) által kidolgozott $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ -os nedves roncsolásos mintaelőkészítési módszert alkalmaztuk. A megfelelően előkészített minta bemért tömege 1 g ($\pm 0,01$ g) volt. A mintákhoz 10 cm^3 HNO_3 -at (65 m/m%, Scharlau Chemie, Spanyolország) adtunk és 60 °C hőmérsékleten 45 percen keresztül előroncsoltuk. A főroncsolás előtt 3 cm^3 30%-os H_2O_2 -ot (Darmstadt, Merck, Németország) adagoltunk hozzá, majd az elektromos blokkroncsolóban 90 percig 120 °C-on tartottuk a roncsolmányt. Ezt követően, amikor a leroncsolt minta lehűlt, a roncsolmányt 50 cm^3 -re egészítettük ki desztillált vízzel és FILTRAK 388-as szűrőpapíron keresztül szűrtük. A minták feltárásánál roncsolási vakpróbát is készítettünk.

Az elemtartalmi méréseket egy OPTIMA 3300 DV típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel (ICP-OES) (Kovács *et al.* 1998), illetve egy X7-es típusú, Thermo Elemental gyártmányú induktív csatolású plazma

tömegspektrométerrel (ICP-MS) végeztük. A poliatomos zavaró hatások kiküszöbölésére az utóbbi műszernél CCT üzemmódot (7% H₂+93% He) alkalmaztunk. A csírák kémiai összetételére vonatkozó paramétereket minden esetben a minta szárazanyagtartalmára vonatkoztatva adtuk meg. Kísérletünket búzacsíra esetében három, borsócsíra esetében két ismétlésben végeztük el.

Mikrobiológiai vizsgálatok

Mikrobiológiai vizsgálataink során az összcsíraszámot, a coliformszámot, valamint az élesztő- és penészgombaszámot határoztuk meg a búzaszemek áztatása előtt, a 12 órás áztatást követően, valamint a csíráztatás egyes napjain. A búzaszemek csíráztatása ebben a kísérletünkben 3 napig tartott. A minták előkészítésében az MSZ EN ISO 6887-1:2000 szabvány nyújtott számunkra útmutatást. A csírák összcsíraszámának vizsgálatához az MSZ EN ISO 4833:2003 szabványnak megfelelően TGE (tripton-glükóz-élesztő) agar táptalajt használtunk. A táptalaj összetevőit az *1. táblázatban* foglaltuk össze. Az inkubálás aerob körülmények között 30 °C hőmérsékleten, 72±3 óra időtartamig tartott.

1. táblázat. *A TGE agar táptalaj összetétele*

Enzimesen emésztett kazein	5,0 g
Élesztőkivonat	2,5 g
Glükóz	1,0 g
Agar	10,0 g
Víz	1000 cm ³

A csírák coliformszámának meghatározásához VRBL (Violet Red Bile Lactose) agar táptalajt használtunk az ISO 4832:2006 szabványnak megfelelően. Az inkubálás 30 °C hőmérsékleten, 24±2 óra időtartamig aerob körülmények között történt. A táptalaj összetételét a *2. táblázatban* tüntettük fel.

2. táblázat. *A VRBL agar táptalaj összetétele*

Enzimesen emésztett kazein	7,0 g
Élesztőkivonat	3,0 g
Laktóz	10,0 g
NaCl	5,0 g
Epesó	1,5 g
Neutrálvörös	0,03 g
Kristályibolya	0,002 g
Agar	15,0 g
Víz	1000 cm ³

A csírák élesztő- és penészgombaszámának vizsgálatához az MSZ ISO 7954:1999 szabványt követve élesztő-glükóz-chloramphenicol agar táptalajt alkalmaztunk, amelynek összetevőit a 3. táblázatban ismertetjük. Vizsgálatunknál az inkubálás aerob körülmények között történt 25 °C hőmérsékleten, 3-5 napig tartott.

3. táblázat. Az élesztő-glükóz-chloramphenicol agar táptalaj összetétele

Élesztőkivonat	5,0 g
Glükóz	20,0 g
Chloramphenicol	0,1 g
Agar	13,0 g
Víz	1000 cm ³

A szabványokban meghatározott inkubálási idő elteltével a lemezeken kifejlődött telepeket megszámláltuk. Azokat a Petri-csészéket vettük figyelembe, melyeknél a telepek száma 15 és 300 között volt.

Statisztikai módszer

Az eredmények statisztikai kiértékelésére GraphPad Prism 3.02 statisztikai programot alkalmaztunk. A paraméterek és az egyes tényezők közötti összefüggés statisztikai vizsgálatához egytényezős varianciaanalízist és Tukey-tesztet használtunk. 5%-os P-érték alatt tekintettük a próbákat szignifikánsnak.

Eredmények és értékelésük

Csírák elemtartalmának vizsgálata

Kísérletünkben búza- és borsócsírák molibdén koncentrációjának változását követtük nyomon növekvő koncentrációjú molibdén kezeléseknél. A kontroll kezelés közönséges csapvízen való csíráztatást foglalt magában.

A molibdénnel kezelt csírák vizsgálatának az eredményét a 4. táblázatban foglaltuk össze. A borsócsíra esetében az egyes kezeléseknél mért molibdén koncentráció jól láthatóan növekvő tendenciát mutat. A tízszeres és a százszoros kezelés közötti koncentráció növekedésének intenzitása nagyobb volt, mint az egyszeres és tízszeres kezelésnél. Búzacsíra esetében szintén növekedést figyelhettünk meg az egyes kezeléseknél, bár a növekedés üteme elmaradt a borsócsíráétól.

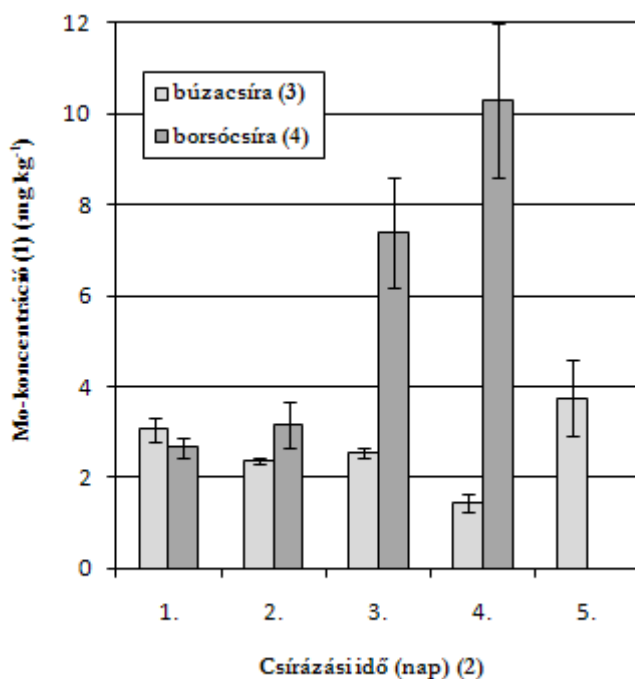
A csírák molibdén koncentrációját statisztikailag elemezve, a borsócsíránál nem tapasztaltunk szignifikáns ($p > 0,05$) különbséget, viszont szignifikáns ($p < 0,05$) különbséget figyeltünk meg a búzacsíránál a kontroll és a százszoros, az egyszeres és a százszoros, valamint a tízszeres és a százszoros kezelések között.

4. táblázat. Molibdént tartalmazó oldaton nevelt 4 napos borsócsíra és 5 napos búzacsíra Mo koncentrációja (mg kg^{-1}) kontroll, 1x Mo ($0,01 \mu\text{M}$), 10x Mo, 100x Mo kezelések esetén (borsócsíránál $n=2$; búzacsíránál $n=3$)

Mo-kezelések (1)	Mo-koncentráció (átlag \pm szórás) (2)	
	Borsócsíra (3)	Búzacsíra (4)
Kontroll (5)	1,18 \pm 0,30	1,90 \pm 0,04
1x Mo	1,56 \pm 0,09	2,14 \pm 0,09
10x Mo	3,19 \pm 0,28	2,26 \pm 0,09
100x Mo	10,3 \pm 4,82	3,75 \pm 0,83

Kísérletünket egy másik aspektusból is elvégeztük. Napokra lebontva vizsgáltuk, hogy az $1,00 \mu\text{M}$ -os koncentrációjú oldaton nevelt csírákban hogyan változott a molibdén koncentráció. A kapott eredményeinket az 1. ábra reprezentálja. A búzacsíra esetében számunkra is meglepő eredményeket kaptunk, ugyanis az 1-4. napok között az egységnyi tömeghez viszonyított molibdén koncentráció csökkent és növekedést csak a csíráztatás utolsó napján figyeltünk meg. Az 1. ábra alapján az is megállapítható, hogy a borsócsíránál – a búzacsírával ellentétben – a molibdén koncentrációk a csíráztatás egyes napjain folyamatosan növekedtek. A növekedés mértéke az 1-2. nap között rendkívül minimális volt, viszont a 2-4. nap között már egy intenzívebb koncentráció-növekedést tapasztaltunk.

Az $1 \mu\text{M}$ koncentrációjú molibdént tartalmazó oldaton nevelt borsó- és búzacsíra eredményeink statisztikai elemzése során, a csíráztatás egyes napjai között nem tapasztaltunk szignifikáns ($p>0,05$) különbséget.



1. ábra: 1 μM molibdén tartalmazó oldaton nevelt borsócsíra és búzacsíra Mo koncentrációja (mg kg^{-1}) a csírázási idő függvényében (borsócsíránál $n=2$; búzacsíránál $n=3$)

Kísérletünkben a molibdén koncentráció mellett a szelén koncentrációváltozását is megvizsgáltuk növekvő koncentrációjú szelénit, illetve szelenát kezelések esetén. Mérési eredményeinket az 5-6. táblázatokban rögzítettük.

Az 5. táblázatból kitűnik, hogy a csapvízen nevelt borsó- és búzacsírák csak csekély szelén koncentrációval rendelkeztek, viszont az egyes szelénit-kezelések hatására jelentősen megemelkedett a szelén koncentrációjuk. Ez a növekedés a búzacsíra esetében szembetűnőbb volt, hiszen a kontroll kezelés mérési eredményét összehasonlítva a százszoros kezelés eredményével, 187-szeres növekedést figyelhattunk meg.

Feltételezéseink szerint a borsó és a búzacsíra szelénfelvételében azért tapasztaltunk eltérést, mert a két növénytípus tápanyagfelvételében jelentős különbségek vannak.

Az eredmények statisztikai elemzése során szignifikáns ($p < 0,05$) különbséget fedeztünk fel az egyes kezelések között. Az 5. táblázatban a borsócsíra és a búzacsíra esetében is csak a kontroll és az egyszeres kezelés értékei nem különböznek szignifikánsan ($p > 0,05$) egymástól.

5. táblázat: Szelenitet tartalmazó oldaton nevelt 4 napos borsócsíra és 5 napos búzacsíra Se (mg kg⁻¹) koncentrációja kontroll,

1x Se (0,1 mg dm⁻³), 10x Se, 100x Se kezelések esetén (borsócsíránál n=2; búzacsíránál n=3)

Szelenit- kezelések (1)	Se-koncentráció (átlag±szórás) (2)	
	Borsócsíra (3)	Búzacsíra (4)
Kontroll (5)	0,251 ± 0,078	0,319 ± 0,070
1x Se	0,553 ± 0,062	1,50 ± 0,04
10x Se	4,92 ± 0,48	7,00 ± 1,84
100x Se	23 ± 2	59,7 ± 3,7

A 6. táblázat alapján megállapíthatjuk, hogy a szelenát-kezelések hatására a borsó- és búzacsírák szelén tartalma szintén emelkedett a koncentráció függvényében, de a növekedésük intenzitásában itt is eltérés figyelhető meg. A búzacsíra csak csekély mértékben vett fel szelént az oldatból, a tízszeres kezelés is csak 2,5-szeres szelén koncentráció növekedést eredményezett az egyszeres kezeléshez viszonyítva. A borsócsíránál ez az érték több mint 8,5-szeres volt.

Hasonló eredményekre jutottak *Lintschinger et al.* (1997) búzacsírák szelenáttal történő kezelése során. Az általuk elkészített szelenát oldatok koncentrációi megegyeztek a kísérletünkben alkalmazottakkal, viszont ők a mi kísérletünktől eltérően 3 napig csíráztatták a magvakat. Megállapították, hogy csírákban a szelénkoncentráció a kontroll (csapvíz), illetve a 0,1 mg dm⁻³ kezelésnél 0,3 mg kg⁻¹ érték alatt volt, az 1 mg dm⁻³-es kezelésnél viszont 1,7 mg kg⁻¹-ra emelkedett. A kísérletünkben ezek az értékek az alábbiak voltak: 0,319; 1,69; és 4,30 mg kg⁻¹. Mivel az általunk mért szelén koncentrációk mindkét kezelés esetében meghaladták a *Lintschinger et al.* (1997) által publikált értékeket, megállapíthatjuk, hogy érdemes az 5. nap végéig folytatni a csíráztatást, a csírák emelkedettebb szelén koncentrációjának elérése érdekében.

6. táblázat: Szelenátot tartalmazó oldaton nevelt 4 napos borsócsíra és 5 napos búzacsíra Se (mg kg⁻¹) koncentrációja kontroll,

1x Se (0,1mg dm⁻³), 10x Se kezelések esetén (borsócsíránál n=2; búzacsíránál n=3)

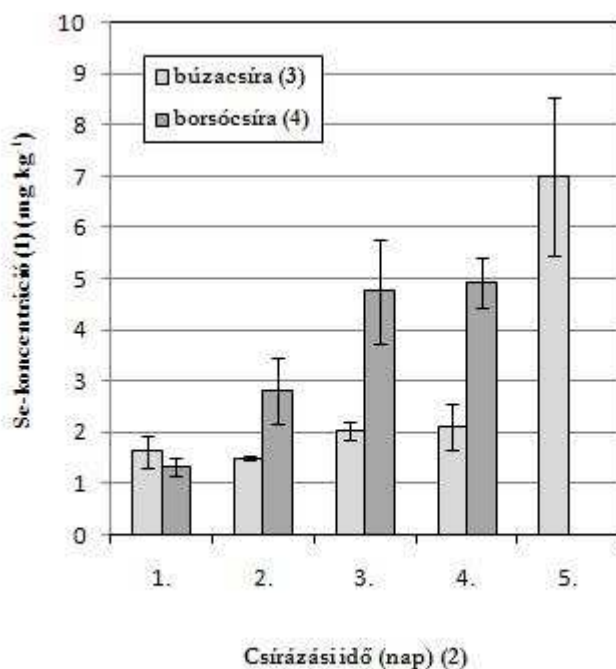
Szelenát- kezelések (1)	Se-koncentráció (átlag±szórás) (2)	
	Borsócsíra (3)	Búzacsíra (4)
Kontroll (5)	0,251 ± 0,078	0,319 ± 0,070
1x Se	2,25 ± 0,27	1,69 ± 0,15
10x Se	19,3 ± 3,54	4,30 ± 0,64

A kísérletünk végzése közben a szelenit- és szelenát-kezelések esetében is fontosnak tartottuk annak vizsgálatát, hogy hogyan változnak a szelén koncentrációk a csírázás egyes napjain, ezért az 1 mg dm⁻³ szelenit, illetve szelenát oldaton nevelt csírákból naponként vettünk mintát. Vizsgálati eredményeinket a 2-3. ábrák szemléltetik. Mivel a sziklevek számát tekintve különböző csírák szerepeltek

a kísérletben, várható volt, hogy az 1 mg dm^{-3} szelenittel és szelenáttal való kezelésre is másként reagálnak a molibdénnel való kezeléseknél tapasztaltakhoz hasonlóan.

A 2. ábrán jól látható, hogy a borsócsíra egyenletes ütemben vette fel a szelenitet a 2. és a 3. nap folyamán, míg a 4. napon nem változott lényegesen a koncentrációja. A búzacsíra kezdetben alig reagált a szelenittel való kezelésre, majd az 5. nap exponenciálisan nőtt a szelén koncentrációja, ami azzal magyarázható, hogy a csírák gyökérfelülete jelentős mértékben megnőtt, így felvevőképessége többszörösére emelkedett.

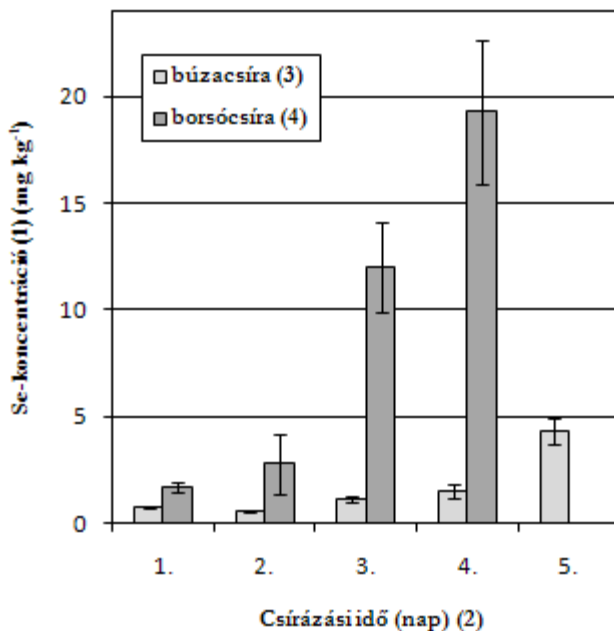
A 2. ábra mérési eredményeit statisztikailag elemezve a következő megállapításra jutottunk: az 1 mg kg^{-1} koncentrációjú szelenittel kezelt borsócsíra esetében szignifikáns ($p < 0,05$) különbség van az 1. nap és a 3. nap, illetve az 1. nap és a 4. nap között. Az 1 mg kg^{-1} koncentrációjú szelenittel-kezelt búzacsíra esetén az 1. és az 5. nap, a 2. és az 5. nap, a 3. és az 5. nap és a 4. és az 5. nap értékei között tapasztaltunk szignifikáns ($p < 0,05$) eltérést.



2. ábra. 1 mg dm^{-3} szelenitet tartalmazó oldaton nevelt búzacsíra és borsócsíra Se-koncentrációja (mg kg^{-1}) a csirázási idő függvényében (búzacsíránál $n=3$; borsócsíránál $n=2$)

A 3. ábra azt mutatja, hogy a szelenáttal kezelt borsócsíra esetén a felvétel szempontjából hatásosabb ez a szelénmódosulat, hiszen a 4. nap végére majdnem négyszer annyi szelenátot vett fel a borsócsíra, mint szelenitet. A szelenát-felvétel a 2. nap alig változott, a 3. és 4. nap viszont ugrásszerűen megnövekedett.

1 mg kg⁻¹ koncentrációjú szelenáttal kezelt borsócsíra koncentrációit statisztikailag elemezve az 1. és a 4. nap, illetve a 2. és a 4. nap között tapasztaltunk szignifikáns ($p < 0,05$) eltérést, az 1 mg kg⁻¹ koncentrációjú szelenáttal kezelt búzacsíra esetén pedig szignifikáns ($p < 0,05$) különbséget fedezhettünk fel az 1. és az 5. nap, a 2. és az 5. nap, a 3. és az 5. nap, valamint a 4. és az 5. nap értékei között.



3. ábra. 1 mg dm⁻³ szelenátot tartalmazó oldaton nevelt borsócsíra és búzacsíra Se-koncentrációja (mg kg⁻¹) a csírázási idő függvényében (borsócsíránál n=2; búzacsíránál n=3)

Mérési eredményeink gyakorlati alkalmazása

Az egyes szakirodalmak szerint a csírákból a napi fogyasztásra ajánlott mennyiség két-három evőkanálnyi, ami kb. 15 g-nak felel meg. Ezzel az értékkel számolva határoztuk meg a növekvő molibdén, illetve szelén koncentrációval kezelt borsó- és búzacsírák esetén, hogy e mennyiség molibdén, illetve szelén tartalma hány százalékban fedezi a napi ajánlott molibdén- és szelénszükségletünket. Eredményeinket a 7-9. táblázatokban foglaltuk össze.

A számításnál a Magyar Élelmiszertankönyv 1-1-90/496 számú előírásában megtalálható, a felnőttek számára ajánlott napi molibdén és szelén szükségletünkre (RDA) vonatkozó értékeket vettük figyelembe. A Magyar Élelmiszertankönyv (2001) molibdén esetében 50 µg/nap, szelén esetében pedig 55 µg/nap értékben határozza

meg azt a mennyiséget, amelyet jól felszívódó formában, egy egészséges embernek magához kell vennie.

Az értékek meghatározásánál tekintettel voltunk arra is, hogy a csírák által a szervezetünkbe bevitt molibdén, illetve szelén nem hasznosul 100%-ban. Külföldi szerzők által írt szakirodalmakat tanulmányozva megtudhattuk, hogy a szervezetünkben a bevitt szerves kötésű molibdénnek és szelénnek megközelítőleg 80%-a szívódik fel (Navarro-Alarcón és Cabrera-Vique 2008; Rayman et al. 2008; Reilly 1991).

Viszont ez is csak egy megközelítő érték, mivel e két elem hasznosulását szervezetünkben több tényező is meghatározza. A fogyasztó egészségi állapota, kora, neme étrendje például hatással van a hasznosulásuk arányára, valamint szelén esetében a szelénmódosulatok megoszlása is. Például a szervezetbe juttatott szelénit mennyiségének kb. csak a fele szívódik fel, de ha már a szervezet felvette, akkor a szelénnek ez a formája jobban tud hasznosulni, mint a szelenát. A szelenát humán biológiai felvehetősége csupán 25% a szelenithez képest. Az élelmiszerekben leggyakrabban a szelén egyik szerves formája, a szelenometionin (SeMet) fordul elő, amely megközelítőleg 90%-ban képes metabolizálódni (Gómez 1998; Kobayashi 2001; Food and Nutrition Board 2000).

A 7. táblázatban reprezentált értékek alapján elmondható, hogyha a borsószemeket 1 μM -os molibdénnel kezelt oldaton csíráztatjuk, már 15 g borsócsíra elfogyasztása több mint háromnegyedét fedezi napi molibdén szükségletünknek.

7. táblázat. Napi fogyasztásra ajánlott csíramennyiség (15 g) Mo-tartalma (μg) és Mo-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%) a kontroll, 1x Mo (0,01 μM), 10x Mo, 100x Mo kezelések függvényében

Molibdén- kezelések (1)	15 g csíra		15 g csíra Mo-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%) (5)
	Mo-tartalma (μg) (2)		
	száraz anyagra számolt (3)	nedves tömegre számolt (4)	
Borsócsíra (4)			
Kontroll (6)	17,7	4,90	7,84
1x Mo	23,4	6,48	10,4
10x Mo	47,8	13,2	21,2
100x Mo	155	42,8	68,5
Búzacsíra (6)			
Kontroll (6)	28,5	8,92	14,3
1x Mo	32,1	10,0	16,1
10x Mo	33,9	10,6	17
100x Mo	56,3	17,6	28,2

A 7. táblázatból az is nyilvánvalóvá vált számunkra, hogy a búzacsírákat érdemes a kísérletünkben alkalmazott legnagyobb molibdén koncentrációjú (1 μM) oldattal kezelni, ugyanis ez a kezelés eredményezett jelentősebb molibdén felvételt a csírákban. Ezekből a napi ajánlott mennyiséget elfogyasztva, napi molibdén szükségletünk megközelítőn 30%-át tudjuk fedezni. Fontosnak tartjuk továbbá

megjegyezni, hogy a kontroll csíranövények molibdén koncentrációja lényegesen alacsonyabb volt, mint az oldatokkal kezelték. Mivel ezekből irreális mennyiség elfogyasztása volna szükséges, indokolt lehet a molibdén-tartalmú oldatokon történő csíráztatás.

Viszont a csíráztatás során a számunkra legmegfelelőbb molibdén-kezelés megválasztásánál mindenképpen szükséges figyelembe vennünk, hogy más élelmiszerek révén mennyi molibdént juttatunk be szervezetünkbe. Például a hüvelyesek és teljes kiőrlésű lisztből készült barna kenyér fogyasztása jelentős molibdénnel látja el szervezetünket. Oroszországban például a napi molibdén-felvétel kb. 70-80%-a cereáliákból származik. A kevesebb kenyeret fogyasztó népeknél ez az arány viszont lényegesen kevesebb. Az állati belsőségek – különösen a máj – szintén magas molibdén tartalommal rendelkeznek (Szabó et al. 1987).

Az 8. táblázatban lévő adatok segítenek megbecsülni, hogy az ajánlott borsó- és búzacsíra bevitel esetén milyen szelenit-koncentrációval érdemes kezelni a csírárt, szem előtt tartva a napi szelénszükségletünket.

8. táblázat. Napi fogyasztásra ajánlott csíramennyiség (15 g) Se-tartalma (μg) és Se-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%) a kontroll, 1x Se ($0,1 \text{ mg dm}^{-3}$), 10x Se, 100x Se kezelések függvényében, a Se-t szelenit-kezelésként alkalmazva

Szelenit- kezelések (1)	15 g csíra Se-tartalma (μg) (2)		15 g csíra Se-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%) (5)
	száraz anyagra számolt (3)	nedves tömegre számolt (4)	
Borsócsíra (4)			
Kontroll (6)	3,77	1,04	1,52
1x Se	8,30	2,30	3,34
10x Se	74,0	20,5	29,8
100x Se	345	95,6	139
Búzacsíra (6)			
Kontroll (6)	4,79	1,50	2,18
1x Se	22,4	7,03	10,2
10x Se	105	32,9	47,8
100x Se	896	280	408

Borsó csíráztatásánál a tízszeres szelenit-kezelést javasoljuk, mert a százszoros kezelés már meghaladná a napi szelénszükségletünket Búzacsíránál az 1 mg dm^{-3} -es koncentrációjú szelenit-kezelést tartjuk célszerűnek, mert ha a hozzáadott szelenit mennyisége további tízszeresére változna, akkor a napi szelénszükségletünk 408%-át tenné ki, amely már közelíti a toxikus mennyiséget.

A 9. táblázatban szereplő értékek arra mutatnak rá, hogy a búzacsírákat célszerű a kísérletünkben alkalmazott legnagyobb szelenát-koncentrációjú oldattal (1 mg dm^{-3}) kezelni, ugyanis ez a kezelés eredményezett jelentősebb szelénfelvételt a csírákban. Ezekből az ajánlott mennyiséget elfogyasztva, napi szelénszükségletünk 30%-át fedezhetjük. A 9. táblázat alapján az is megállapítható, hogy egy kiegyensúlyozott, változatos étrendet követő személynek viszont elegendő lehet a $0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ -es

szelenát-kezelést alkalmaznia a borsó csíráztatása során, ez a kezelés ugyanis 14%-ban fedezné a napi szelénszükségletet.

A táblázatból az is kiténik, hogy a kontroll kezelésű csírák szelén tartalmának napi szükségletünkhöz viszonyított aránya rendkívül alacsony (3-5%), így különösen a szelénhiányos területeken élőknél javasoljuk a szelenátot tartalmazó oldaton történő csíráztatást. Ezenkívül vegetáriánus személyeknek is hasznos lehet a szelennel, illetve szelenáttal dúsított csírák fogyasztása, mivel főként a hazai előállítású zöldségek és gyümölcsök szelén koncentrációja rendkívül alacsony, Takács (2001) feljegyzése szerint 0,01 µg/g. A húsookban, halakban, kagylókban ez az érték sokkal nagyobb, 0,3 µg/g. Az állati belsőségek közül különösen a máj, a vese szelén koncentrációja magas.

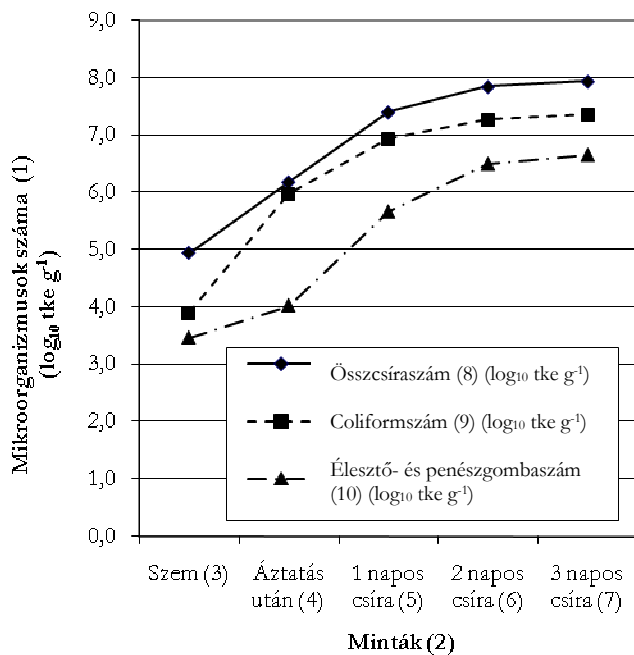
9. táblázat. Napi fogyasztásra ajánlott csíramennyiség (15 g) Se-tartalma (µg) és Se-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%) a kontroll, 1x Se (0,1 mg dm⁻³), 10x Se kezelések függvényében, a Se-t szelenát-kezelésként alkalmazva

Szelenát- kezelések (1)	15 g csíra Se-tartalma (µg) (2)		15 g csíra Se-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%) (5)
	száraz anyagra számolt (3)	nedves tömegre számolt (4)	
Borsócsíra (4)			
Kontroll (6)	3,77	1,04	1,52
1x Se	33,8	9,35	13,6
10x Se	290	80,2	117
Búzacsíra (6)			
Kontroll (6)	4,79	1,50	2,18
1x Se	25,3	7,93	11,5
10x Se	64,5	20,2	29,4

Mindezek mellett fontosnak tartjuk még megjegyezni, hogy egyes esetekben viszont szükséges lehet, hogy a szelénből a napi szelénszükségletünket meghaladó mennyiséget vigyünk be a szervezetünkbe. Például kutatások igazolják, hogy a szelén akkor használható fel rák megelőzésére, illetve kezelésére, ha biztosítjuk, hogy a szervezetünkben az átlagos táplálkozási szintet meghaladó mennyiségben legyen jelen (Clark et al. 1996; Bonelli et al. 1998).

Mikrobiológiai vizsgálatok eredményei

Mikrobiológiai vizsgálataink során az összcsíraszámot, a coliformszámot, valamint az élesztő- és penészgombaszámot határoztuk meg a magvak áztatása előtt, a 12 órás áztatást követően, valamint a csíráztatás egyes napjain. Eredményeinket a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra. Az összcsíraszám, a coliformszám, valamint az élesztő- és penészgombaszám változása a csírázás során (log₁₀ tke g⁻¹)

A 4. ábra adatai szerint a búzaszem összcsíraszámát 4,9 log₁₀ tke g⁻¹ volt. Az áztatást követően ez az érték több mint tízszeresére (1 log₁₀ tke g⁻¹) emelkedett meg. A csíráztatás során az összcsíraszám napról napra nőtt, viszont a növekedés intenzitásában eltérést fedeztünk fel. A legnagyobb növekedést az áztatást követő 24. órában tapasztaltuk. A magvak áztatásától a csíráztatás befejezéséig összesen 3 log₁₀ tke g⁻¹ növekedést állapítottunk meg, amely összhangban van más szerzők megfigyeléseivel. Például *Piernas és Guiraud* (1997) rizs csíráztatása során 2,3 log₁₀ tke g⁻¹, *Weiss és Hammes* (2003) búzaszem csíráztatása során 2,3 log₁₀ tke g⁻¹, *Andrews et al.* (1982) lucerna csíráztatás során 3,0 log₁₀ tke g⁻¹ növekedést jegyzett fel.

Az eredmények statisztikai elemzése során az figyelhető meg, hogy a szemek és az áztatás utáni szemek összcsíraszámát szignifikánsan különböztetik (p<0,05) a többi minta összcsíraszámától. Az 1., 2. és 3. napos csírák összcsíraszámát viszont nem különböztetik szignifikánsan (p>0,05) egymástól.

A 4. ábra adatai alapján az is megállapítható, hogy a csíráztatás körülményei (hőmérséklet, vízáktivitás, pH) valamint a csírák magas tápanyagtartalma a coliform baktérium szaporodásának is kedvez. A coliform mennyisége a búzaszem áztatása alatt növekedett a legintenzívebben, hiszen ebben az időintervallumban 3,9 log₁₀ tke g⁻¹-ről 6,0 log₁₀ tke g⁻¹-re emelkedett. E növekedés intenzitását összevetve az összcsírászámánál tapasztaltakkal megállapíthatjuk, hogy áztatás során a coliform baktériumok számának az emelkedése nagyobb mértékű volt, mint amit az összcsírászám esetén tapasztaltunk.

A 4. ábrából azt is megtudhatjuk, hogy az 1-3. napok között a coliformszámban már csak kismértékű növekedés következett be. A számuk 2 nap alatt csupán $0,5 \log_{10}$ tke g^{-1} -mal emelkedett meg. A csíráztatás befejezésekor $7,4 \log_{10}$ tke g^{-1} coliformszámot állapítottunk meg, amely összhangban van Gabriel et al. (2007) feljegyzéseivel. Gabriel et al. (2007) a Fülöp-szigeteken 25 különböző piacról származó mungóbabcsíra mintát értékelt mikrobiológiai szempontból. A vizsgálatából kiderült, hogy a csírák coliformszáma $5,11-8,33 \log_{10}$ tke g^{-1} között változott.

Az eredmények statisztikai elemzése során a coliformszám esetében ugyanazt tapasztaltuk, mint az összcsíraszám esetén. A szemek és az áztatás utáni szemek coliform baktérium száma szignifikánsan ($p < 0,05$) kisebb, mint a többi minta esetében. Az 1., 2. és 3. napos csírák coliformszáma nem különbözik szignifikánsan ($p > 0,05$) egymástól.

A 4. ábrán a csírázás során bekövetkező élesztő- és penészgombaszám változását is feltüntettük. Az élesztő- és penészgomba esetében az áztatás időintervallumában csak mérsékeltebb, míg az áztatást követően a csíráztatás 2. napjáig egy meglehetősen intenzív növekedést tapasztaltunk. A csíráztatás 2-3. napja között viszont az élesztő- és penészgombaszám már csak $0,1 \log_{10}$ tke g^{-1} -mal emelkedett, a coliformszámhoz és az összcsíraszámhoz hasonlóan.

Az eredmények statisztikai elemzése során szignifikáns különbség ($p < 0,05$) figyelhető meg a búzaszem, valamint az áztatás utáni szem és az 1., 2. és 3. napos csírák, valamint az 1. és 3. napos csírák élesztő- és penészgombaszáma között.

Következtetések és javaslatok

Molibdénnel kezelt csírák esetében megállapítottuk, hogy azokon a területeken, ahol a természetes molibdénforrások fogyasztásával (pl.: teljes kiőrlésű gabonafélék, hüvelyesek, zeller, cékla, foghagyma) nem biztosítható az ember számára a szükséges napi molibdén-bevitel, érdemes lehet a csírákat molibdénnel dúsítani. Mivel a borsócsíránál intenzívebb koncentrációnövekedést tapasztaltunk, mint a búzacsíránál, ezért a két növény közül a nagyobb molibdén-bevitel szempontjából inkább a borsócsíra molibdénnel történő dúsítását javasoljuk.

A szelenit- és szelenátkezelések hatására a csírák szelén koncentrációja szintén emelkedett, de feltételezhetően a két növénytípus eltérő tápanyagfelvételi mechanizmusából adódóan, a két szelénmódosulat felvételének intenzitásában eltérést tapasztaltunk. Az ugyanolyan koncentrációjú szelenit, illetve szelenát kezelések során, a búzacsírák a szelenitből, a borsócsírák viszont a szelenátból vettek fel több szelént. Ebből arra a következtetésre jutottunk, hogy az egyszikű növények számára a szelenit, a kétszikű növények számára viszont a szelenát a jobban hasznosuló szelénforma, amit érdemes figyelembe venni csíráztatásnál.

Mikrobiológiai vizsgálati eredményeinket tanulmányozva azt a konklúziót vontuk le, hogy a magvak áztatásának, valamint csíráztatásának körülményei (pH, hőmérséklet, páratartalom) igen kedvezőnek tűntek a mezofil aerob és a coliform baktériumok, továbbá az élesztő- és penészgombák szaporodásához egyaránt. Mivel a csírák magas mikrobiológiai szennyezettsége csökkenti a csírák minőségmegőrzési idejét és épségét, a mikrobiológiai terheltségét kontrollálni kell annak érdekében, hogy a kontamináció esélye csökkenjen. A jövőben élelmiszerbiztonsági

szempontból pedig mindenképpen fontos olyan technológiák kidolgozása, mely csökkenti a mikrobiális kontaminációt, többek között azért is, mert a kontaminált magvak lehetnek az elsődleges források a csíranövények fogyasztásából származó megbetegedéseknek. A szakirodalomban szereplő javaslatokkal összhangban arra a megállapításra jutottunk, hogy a csíráztatás előtt a magvakat mindenképpen fontos olyan kezeléssel alávetni, melyek segítségével a kórokozók eliminálhatók.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a TÁMOP 4.2.1./B-09/1/KONV 2010-0007 és a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024 számú projekt támogatta.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- Andrews, W. H. –Mislivec, P. B. –Wilson, C. R. –Bruce, V. R. –Polema, P. L. –Gibson, R. –Trucksess M. W. –Young K.*: 1982. Microbial hazards associated with bean sprouting. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*. 65: 241-248.
- Bankhofer H.*: 1994. Bio-szelén. Golden Book Kiadó. Budapest.
- Beck, M. A. –Levander, O. A.* : 1997. Effects of nutritional antioxidants and other dietary constituents on coxsackievirus-induced myocarditis. In *Coxsackie B Viruses*, Vol. 223, pp. 81-96.
- Bogy, G. –Alfthan, G. –Machay, T. –Zubovics, L.*: 1998. Enteral yeast-selenium supplementation in preterm infants. *Archives of Disease in Childhood Fetal and Neonatal Edition*. 78: F225-F226.
- Bonelli, L. –Camorino, A. –Reavelli, P. –Missale, G. –Bruzzi, P. –Aste H.*: 1998. Reduction of the incidence of metachronous adenomas of the large bowel by means of antioxidants. 91-94. In: Palmieri, Y. (eds.): *Proceedings of the 6th International Selenium Tellurium Development Association*. Scottsdale, Arizona.
- Clark, L. C. –Combs, JR. G. F. –Turbull, B. W. –Slate, E. H. –Chalker, D. K. –Chow, J. –Davis, L. S. –Glover, R. A. –Graham, G. F. –Gross, E. G. –Krongrad, A. –Lesher, JR J. L. –Park, H. K. –Sanders, JR. B. B. –Smith, C. L. –Taylor, J. R.*: 1996. Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin. A randomized controlled trial. *Nutritional Prevention of Cancer Study Group, The Journal of the American Medical Association*, 276:1957-1963.
- Combs, G. F. –Gray, W. P.*: 1998. Chemopreventive agents: selenium. *Pharmacology and Therapeutics*, 79:179-192.
- Curzon, M. E. J. –Kubota, J. –Bibby, B. G.*: 1971. Environmental Effects of Molybdenum on Caries. *Journal of Dental Research*. 50: 74–77.
- DeWayne Ashmead, H.*: 1991. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metal salts. In: *Subramanian, K. S. –Iyengar, G. V. –Okamoto, K.*: *Biological trace element research multidisciplinary perspectives*. Washington D. C.: American Chemical Society. pp. 306-319.

- Food and Nutrition Board, Institute of Medicine (Szerk.): 2000. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington D. C.: National Academy of Sciences Press.
- Fretzdorf, B.: 1993. Phytinsaeure in Getreidenährmitteln und Backwaren. AID Verbraucherdienst 38: 3-12.
- Gabriel, A. A. –Berja, M. C. –Estrada, A. P. –Lopez, M. A. –Nery, J. B. –Villaflor, E. B.: 2007. Microbiology of retail mung bean sprouts vended in public markets of National Capital Region, Philippines. Food Control. 18: 1307-1313.
- Gergely A. –Kontraszti M.: 1998. Szelénbevitel élelmiszerekkel. In: Cser M. Á. –Sziklai –László I. (Szerk.): A szelén szerepe a környezetben és egészségvédelemben. Frag Bt., Budapest.
- Ghandi, M. –Matthews, K. R.: 2003. Efficacy of chlorine and calcinated calcium treatment of alfalfa seeds and sprouts to eliminate *Salmonella*. International Journal of Food Microbiology. 87: 301-306.
- Gómez, M. M. –Gasparic, T. –Palacios, M. A. –Cámara, C.: 1998. Determination of five selenium compounds in urine by liquid chromatography with focused microwave assisted digestion and hydride generation-atomic absorption spectrometric detection. Analytica Chimica Acta. 374: 241-251.
- Gray, R. G. F. –Green, A. –Basu, S. N. –Constantine, G. –Condie, R. G. –Dorche, C. –Vianey-Liand, C.: 1990. Antenatal diagnosis of molybdenum cofactor deficiency. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 163: 1203–1204.
- Harmuth-Hoene, A. E.: 1987. Dietary fiber and the bioavailability of essential trace elements, a controversial topic. In: Braetter, P. –Schrammel, P. (Eds). Trace element analyticalchemistry in medicine and biology. Berlin. Walter de Gruyter. pp. 107-126.
- Hegóczky J. –Vereczkey G.: 2000. Mikroelemek szerepe a funkcionális élelmiszerek előállításában. Az MTA Élelmiszertudományi Komplex Bizottsága a Magyar Élelmiszéipari Tudományos egyesület és a Központi Élelmiszéipari Kutató Intézet által a 300. Tudományos Kollokviumon elhangzó előadások rövid kivonata. 273. füzet. Központi élelmiszéipari Kutató Intézet. Budapest.
- Hsu, C. K. –Chiang, B. H. –Chen, Y. S. –Yang, J. H. –Lin, C. L.: 2008. Improving the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum tataricum Gaertn*) sprout with trace element water. Food Chemistry. 108: 633–641.
- Johnson, J. L. –Rajagopalan, K. V. –Lanman, J. T. –Schutgens, R. B. H. –van Gennip, A. H –Sorensen, P. –Applegarth, D. A.: 1991. Prenatal diagnosis of molybdenum cofactor deficiency by assay of sulphite oxidase activity in chorionic villus samples. Journal of Inherited Metabolic Disease. 14: 932–945.
- Kestwal, R. M. –Lin, J. C. –Bagal-Kestwal, D. –Chiang, B. H.: 2011. Glucosinolates fortification of cruciferous sprouts by sulphur supplementation during cultivation to enhance anti-cancer activity. Food Chemistry. 126: 1164–1171.
- Kobayashi, Y. –Ogra, Y. –Suzuki, K. T.: 2001. Speciation and metabolism of selenium injected with ⁸²Se-enriched selenite and selenate in rats. Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications. 760: 73-81.
- Kolesarova, A. –Capcarova, M. –Sirotkin, A. V. –Medvedova, M. –Kalafova, A. –Filipejova, T. –Kovacic, J.: 2011. In vitro assessment of molybdenum-induced secretory activity, proliferation and apoptosis of porcine ovarian granulosa cells. Journal of Environmental Science and Health. Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering. 46(2): 170-175.

- Kovács, B. –Dániel, P. –Györi, Z. –Loch, J. –Prokisch, J.: 1998. Studies on Parameters of Inductively Coupled Plasma Spectrometer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 29(11-14): 2035-2054.
- Kovács, B. –Györi, Z. –Prokisch, J. –Loch, J. –Dániel, P.: 1996. A study of plant sample preparation and inductively coupled plasma emission spectrometry parameters. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 27(5–8): 1177–1198.
- Lintschinger, J. –Fuchs, N. –Moser, H. –Jäger, R. –Hlebeina, T. –Markolín, G. –Gosler, W.: 1997. Uptake of various trace elements during germination of wheat, buckwheat and quinoa. *Plant Foods for Human Nutrition*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 50: 223-237.
- Liu, C. L. –Chen, Y. S. –Yang, J. H. –Chiang, B. H. –Hsu, C. K.: 2007. Trace element water improves the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 55: 8934–8940.
- Magyar Élelmiszerkönyv: 2001. 1-1-90/496 számú előírás. Az élelmiszerek tápértékének jelölése. Módosított kiadás.
- Márton, M. –Mándoki, Zs. –Csapó-Kiss, Zs. –Csapó, J.: 2010. The role of sprouts in human nutrition. A review. *Acta Universitatis Sapientiae. Alimentaria*. 3: 81-117.
- Mbithi-Mwikya, S. –Van Camp, J. –Yiru, Y. –Huyghebaert, A.: 2000. Nutrient and Antinutrient Changes in Finger Millet (*Eleusine coracana*) During Sprouting. *Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie*. 33: 9-14.
- NACMCF (*National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods*): 1999. Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds. *International Journal of Food Microbiology*. 52: 123–153.
- Navarro-Alarcón, M. –Cabrera-Vique, C.: 2008. Selenium in food and the human body: A review. *The Science of the Total Environment*. 400: 115-141.
- Navarro-Alarcón, M. –López-Martínez, M. C.: 2008. Essentiality of selenium in the human body: relationship with different diseases. *The Science of the Total Environment*. 249: 347-371.
- Oluymisi Latunde-Dada, G.: 1991. Some physical properties of ten soyabean varieties and effects of processing on iron levels and availability. *Food Chemistry*. 42: 89-98.
- Patterson, J. E. –Woodburn, M. J.: 1980. *Klebsiella* and other bacteria on alfalfa and bean sprouts at the retail level. *Journal of Food Science*. 45: 492-495.
- Peñas, E. –Gómez, R. –Frías, J. –Vidal-Valverde, C.: 2008 Application of high pressure treatment on alfalfa (*Medicago sativa*) and mung bean (*Vigna radiata*) seeds to enhance the microbial safety of their sprouts. *Food Control*. 19: 698-705.
- Piernas, V. –Guiraud, J. P.: 1997. Disinfection of rice seeds prior to sprouting. *Journal of Food Science*, 62: 611-615.
- Prokopovich, D. –Blank, G.: 1991. Microbiological evaluation of vegetable sprouts and seeds. *Journal of Food Protection*. 54: 560-562.
- Rayman, M. P. –Infante, H. G. –Sargent, M.: 2008. Food-chain selenium and human health: spotlight on speciation. *British Journal of Nutrition*. 100: 238–253.
- Reilly, C. 1991. Metal contamination of food. Elsevier Science Publisher Ltd. pp. 225-229.
- Robertson, L. J. –Johannessen, G. S. –Gjerde, B. K. –Loncarevic, S.: 2002. Microbiological analysis of seed sprouts in Norway. *International Journal of Food Microbiology*. 75: 119–126.

- Sangronis, E. –Machado, C. J.:* 2007. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. Learning with Technologies. 40: 116-120.
- Sasakura, C. –Suzuki, K. T.:* 1998. Biological interaction between transition metals (Ag, Cd and Hg), selenide/sulfide and selenoprotein P. Journal of Inorganic Biochemistry. 71(3-4): 159-162.
- Skinner, C. P.:* 1999. Environmental Chemistry of Selenium. Soil Science Society of America Journal. 164: 70-72.
- Szabó S. A. –Reginsné M. Á. –Győri D. –Szentmihályi S.:* 1987. Mikroelemek a mezőgazdaságban I. (Esszenciális mikroelemek). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Takács S.:* 1991. Környezet, ember, mikroelemek. Triorg Kft., Budapest.
- Terry, N. –Zayed, A. M. –Desouza, M. P. –Tarun, A. S.:* 2000. Selenium in higher plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 51: 401-432.
- Thilly, C. H. –Swennen, B. –Bourdoux, P. –Ntambue, K. –Moreno-eyes, R. –Gillies, J. –Vanderpas, J. B.:* 1993. The Epidemiology of Iodine-Deficiency Disorders in Relation to Goitrogenic Factors and Thyroid-Stimulating-Hormone Regulation. American Journal of Clinical Nutrition. 57(2): S267-S270.
- Udayasekhara Rao, P.:* 1995. Effect of germination on tannin, mineral and trace element composition of groundnut varieties. Journal of the American Oil Chemists' Society. 72: 477-480.
- Van Gennip, A. H. –Abeling, N. G. –Stroomer, A. E. M. –Overmars, H. –Bakker, H. D.:* 1994. The detection of molybdenum cofactor deficiency: Clinical symptomatology and urinary metabolite profile. Journal of Inherited Metabolic Disease. 17: 142-145.
- Van Rensburg, S. J. –Hall, J. M. –du Bruyn, D. B.:* 1985. Effects of various dietary staples on esophageal carcinogenesis induced in rats by subcutaneously administered Nitrosomethylbenzylamine. Journal of the National Cancer Institute. 75: 561-566.
- Vidal-Valverde, C. –Frias, J. –Estrella, I. –Gorospe, M. J. –Ruiz, R. –Bacon, J.:* 1994. Effect of processing on some antinutritional factors of lentils. Journal Agricultural and Food Chemistry. 42: 2291-2295.
- Weiss, A. –Hammes, W. P.:* 2003. Thermal seed treatment to improve the food safety status of sprouts. Journal of Applied Botany. 77: 152–155.
- Yoshida, M. –Hattori, H. –Ota, S. –Yoshihara, K. –Kodama, N. –Yoshitake, Y. –Nishimuta, M.:* 2006. Molybdenum balance in healthy young Japanese women. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 20: 245–252.

Szabványok:

- ISO 4832:2006* Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of coliforms – Colony-count technique.
- MSZ EN ISO 4833:2003* Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer a mikroorganizmusok számlálásához. Telepszámlálási technika 30 °C-on.
- MSZ EN ISO 6887-1:2000* Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. A vizsgálati minták, az alapsuszpenzió és a decimális hígítások elkészítése

mikrobiológiai vizsgálathoz. 1. rész: Az alapsuszpenzió és a decimális hígítások elkészítésének általános szabályai.
MSZ ISO 7954:1999 Mikrobiológia. Általános útmutató élesztők és penészek számlálásához. Telepszámlálási technika 25 °C-on.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Bódi Éva – Peles Ferenc – András Dávid – Fekete István – Kovács Béla
Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma,
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet
4032. Debrecen, Böszörményi út 138.