



Étkezési csírák szerepe az emberi táplálkozásban. Irodalmi áttekintés

Márton¹ M., Csapó^{1,2} J.

¹Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, RO-530104 Csíkszereda, Szabadság tér 1.

²Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kémiai-Biokémiai Tanszék, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az irodalmi adatok igazolják, hogy a csírázás során lényeges változások állnak be a mag eredeti összetételében. Megváltozik a fehérje-frakciók mennyisége, arányuk a kisebb fehérje-frakciók, oligopeptidek valamint szabad aminosavak irányába tolódik el. Ezentúl változik a csíráztatás során az aminosavak mennyisége (egy részük nő, másrészt csökken vagy nem változik), és nagy mennyiségben keletkeznek nemfehérje építő aminosavak is. E változások következtében nő a csíraféhrje biológiai értéke, és állatkísérletekben lényegesen nagyobb emészthetőséget állapítottak meg. A csíráztatás során megváltozik a trigliceridek összetétele, a hidrolízis következtében szabad zsírsavak keletkeznek, ami a zsír egyfajta előemésztésének tekinthető. Általánosságban elmondható, hogy nő a telítetlen zsírsavak részaránya a telítettekhez viszonyítva, és a telítetlen zsírsavakon belül is eltolódik az arány az esszenciális linolsav felé. Csökken a csírákban az antinutritív anyagok mennyisége, és a makro- és mikroelemek hasznosulása is javul a csíráztatás következtében. Fentiekén túl a csírák sok olyan anyagot tartalmaznak (szulforafán, szulforafén, izotiocianátok, glükozinolátok, enzimek, antioxidáns anyagok, vitaminok), amelyeknek bizonyított hatásuk van a rák megelőzésében, ill. a rákellenes terápiában.

(Kulcsszavak: élelmezési csírák, a csíráztatás során végbemenő kémiai változások, zsírtartalom, zsírsav-összetétel, fehérjetartalom, aminosav-összetétel, szénhidrát-tartalom, antinutritív anyagok, rákellenes hatás)

ABSTRACT

The role of sprouts in human nutrition. A review

M. Márton¹, J. Csapó^{1,2}

¹Sapientia Hungarian University of Transylvania, Csíkszereda Campus, RO-530104 Csíkszereda, Szabadság tér 1.

²Kaposvár University, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

Based on the data of the literature it can be stated that the original composition of the seeds essentially changes during germination. The quantity of the protein fractions changes, the proportion of the nitrogen containing fractions shifts towards the smaller protein fractions, oligopeptides and free amino acids. Beyond this changes the quantity of the amino acids (some of them increase, others decrease or do not alter) during germination, and nonprotein amino acids also are produced. In consequence of these changes, the biological value of the sprout protein increase, and greater digestibility was established in animal experiments. The composition of the triglycerides also changes, owing to hydrolysis free fatty acids originate, that can be considered as a certain kind of predigestion. Generally, the ratio of the saturated fatty acids increases

compared to unsaturated fatty acids, and the ratio within the unsaturated fatty acids shifts to the essential linoleic acid. The quantity of the antinutritive materials decreases, and the utilization of the macro- and micro elements is increased owing to germination. Furthermore the sprouts contain many such materials (sulphoraphane, sulphoraphene, isothiocyanates, glucosinolates, enzymes, antioxidants, vitamins) that are proved to be effective in the prevention of cancer, or in the therapy against cancer.

(Keywords: sprouts, chemical changes during germination, fat content, fatty acid composition, protein content, amino acid composition, carbohydrate content, ant nutritive materials, ant carcinogen effect)

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az étkezési csírák magvakból keletkeznek a csíráztatási folyamat során. A csírák kiváló fehérje-, vitamin- és ásványianyag-források, és az egészségmegőrzés szempontjából olyan fontos tápanyagokat tartalmaznak, mint amilyenek a káposztafélékben előforduló glükoszínolátok, fenolos és szeléntartalmú komponensek, vagy amilyenek például a szójában található izoflavonok. Mivel a csírákat a növekedési stádium kezdetén fogyasztjuk, a tápanyagsűrűség bennük igen magas marad. A csírákban legnagyobb jelentőséggel a tápanyagokon kívül a fitokemikáliák, a vitaminok, az ásványi anyagok, az enzimek és az aminosavak bírnak, mivel ezek a leghasznosabbak az ember egészsége szempontjából (AACR., 2005; Schenker, 2002; Finley, 2005; Webb, 2006).

A múlt század utolsó évtizedeiben az egészséges táplálkozással foglalkozó szakemberek figyelme egyre nagyobb mértékben fordult a táplálkozási csírák biológiai értéke meghatározásának irányába (Penas és mtsai., 2008). Ebben az időszakban Európa nyugati felén is mindennappossá vált a csíráztatott magvak fogyasztása, mert a csírák eleget tesznek a korszerű táplálkozás feltételeinek. A csírákat a magvakhoz hasonlóan megállapították, hogy a csíra, köszönhetően az átalakult és magasabb biológiai értékű fehérjetartalmának, a megnövekedett többszörösen telítetlen zsírsav-, a magasabb vitamintartalomnak, valamint az ásványi anyagok jobb felhasználhatóságának következtében magasabb tápértékkel bír. A csíráztatás során a poliszacharidok oligo- és monoszacharidokká, a zsírok szabad zsírsavakká, a fehérjék pedig oligopeptidekké és szabad aminosavakká bomlanak le, mely folyamatok a szervezetünkben lejátszódó biokémiai mechanizmusokat segítik. Javítják mind a fehérjebontó, mind a szénhidrát- és zsírbontó enzimek hatékonyságát, ezért a csíráztatás egy előemésztésnek tekinthető, mely segít a nagy molekulájú, összetett anyagokat építőköveire bontani.

A csíráztatás során csökken az antinutritív anyagok mennyisége (tripszinhinhibitor, fitinsav, pentozán, tannin), és a csíráztatást követően egészségvédő hatással és fitokémiai tulajdonságokkal rendelkező vegyületeket (glükoszínolátok, természetes antioxidánsok) is sikerült kimutatni, melyeknek jelentős szerepük lehet többek közt például a rák megelőzésében is. A csíráztatás tehát a mag állapothoz képest olyan funkcionális élelmiszerek kifejlesztéséhez vezethet, melyek pozitív hatással vannak az emberi szervezetre, és amelyek segítenek az egészség megőrzésében (Sangronis és Machado, 2007).

A csírázás során a nyugalmi állapotban lévő magból új növény fejlődik ki, amennyiben kedvező a nedvességtartalom, megfelelő a hőmérséklet és rendelkezésre áll oxigén a légzéshez. Ezekkel a folyamatokkal elsősorban a távolkeleti országokban foglalkoztak, de jelentős kutatások folytak Európában is (Martinez-Villaluenga és mtsai., 2008). Ennek következtében mind az európai, mind a távolkeleti piacokon változatos csírákínálat alakult ki, melyek közül legkedveltebbek az adzukibab, a lucerna, a brokkoli, a hajdina, a lóhere, a mungóbab, a mustár, a retek, a vöröskáposzta és a szója

csírái. Japánban a csírákat, attól függően hogy mesterséges vagy természetes fényen vagy sötétben termesztik-e, különböző kategóriákra osztják, melyek közül a fényen termelt csírákat nyersen, míg a sötétben előállítottakat hőkezelve fogyasztják.

Erdélyben táplálkozási csírákkal kapcsolatban nem végeztek vizsgálatokat, és Magyarországon is kevés olyan eredmény látott napvilágot, ami az élelmezési csírák tápértékével, illetve annak változásával foglalkozott volna a csírázás során. Feladatul tűztük ki ezért a legfontosabbak, majd mindenki által fogyasztott, a kereskedelmi forgalomban kapható búza-, lencse-, napraforgó-, lucerna- és retekmag csírák tápértékének meghatározását, és a tápérték változásának nyomonkövetését a csírázás folyamán. Szeretnénk vizsgálni a zsírtartalmat és a zsírsav-összetételt, a fehérjetartalmat és az aminosav-összetételt, valamint a szabad aminosavak mennyiségét, a vitamintartalmat és annak lehetőségét, hogy hogyan lehet szelénben dúsított csírákat előállítani, mellyel a lakosság jobb szelénstátuszához tudnánk hozzájárulni.

Első közleményünkben a legújabb szakirodalmi adatokat dolgozzuk fel, majd a továbbiakban az általunk elért új tudományos eredményekről szeretnénk beszámolni.

Az étkezési csírák rákellenes hatása

Az utóbbi években egyre nagyobb figyelmet kapott a természetes úton történő betegség megelőzés. A fogyasztható csírák és aktív komponenseinek potenciális védőhatását a rák ellen több *in vivo* és *in vitro* modell kísérletben tanulmányozták (Pereira és mtsai., 2002; Fahey és mtsai., 1997; Shapiro és mtsai., 2001). Az eredmények pozitív korrelációt mutatnak több szerv rákos megbetegedésének megelőzése és a zöldség vagy aktív komponenseinek fogyasztása között. Ennek ellenére még mindig nem tisztázott ezen kemopreventív fitokemikáliák hatása és mechanizmusa (Murillo és Mehta, 2001; Munday és Munday, 2002).

A Brassica-félék csíráiban található fitoaktív anyagok biológiai aktivitásának felderítése során tanulmányozták hatásukat a karcinogén metabolizmusban résztvevő biotranszformáló enzimekre, az antioxidáns státusra és a kémiai úton indukált rákra (Moreno és mtsai., 2006; Lee és Lee, 2006; Pereira és mtsai., 2002; Fahey és mtsai., 1997; Shapiro és mtsai., 2001; Fahey és Talalay, 1999).

A káposztafélék, különösen a brokkoli fogyasztása fordítottan arányos a mellrák kialakulásával premenopauzális nők esetében, posztmenopauzális nők esetében viszont nagyon kevés, vagy semmi hatást nem észleltek, és a glutation-S-transzferáz típusa sem befolyásolta a betegség lefolyását. Ezek az eredmények hangsúlyozzák a káposztafélék szerepét a premenopauzális mellrák kockázatának csökkentésében (Gill és mtsai., 2004; Ambrosone és mtsai., 2004).

Néhány egészségvédő fitokemikália a csírában sokkal nagyobb koncentrációban található, mint a kifejlődött növényben (Harrison, 1994; Fernández-Orozco és mtsai., 2006). Ezek szignifikáns antigenotoxikus hatást fejtenek ki a H₂O₂ által kiváltott DNS károsodással szemben, mert azoknál az embereknél, akik rendszeresen 113 g káposzta és hüvelyes csírákat fogyasztottak a kontroll diétához hasonlítva, csökkent a rákos megbetegedés kockázata. A kísérlet megerősíti azt az elképzelést, miszerint a káposztafélék csíráinak fogyasztása kapcsolatba hozható a rákos megbetegedések csökkenésével (Gill és mtsai., 2004; Haddad és mtsai., 2005). Folyamatosan szükséges az ilyen új típusú élelmiszerek fejlesztése olyan mennyiségben, mely lehetővé teszi az élelmiszerellátó rendszerekben való forgalmazást (Webb, 2006; Linnemann és mtsai., 2006). Ezek a termékek jelentős hozzáadott értékkel rendelkeznek, melyek elősegítik az egészséges táplálkozást. A bioaktív komponenseket tartalmazó élelmiszerek alkalmazása az élelmiszer technológiák javulásához, és az egészséges táplálkozáshoz vezethetnek (Schneeman, 2004; Ubbink és Mezzenga, 2006).

Az étkezési csírák új, tápanyagokban és fitotápanyagokban gazdag élelmiszerek, amelyeket különösebb termékfejlesztés, új berendezések vagy drága marketing nélkül lehet előállítani és fogyasztani. A rákelleni védelem a táplálék útján rendkívül attraktív, különösen azt figyelembe véve, hogy sokfajta rák gyógyításában, (például tüdőrák) rendkívül csekély előrehaladást ért el az orvostudomány (Ferlay és mtsai., 2004). Így a fogyasztó érdekelt a funkcionális élelmiszerek fokozottabb fogyasztásában, amelyek élettanilag is hasznos komponenseket tartalmaznak (Linnemann és mtsai., 2006; International Food Information Council Foundation, 2006). Ugyanakkor többen idegenkednek a bioaktív komponensek kialakításával és akkumulációjával szemben az élelmiszerekben (Finley, 2005; Brandt és mtsai., 2004). A csírák irányában mégis megnövekedett a fogyasztási igény, amely megköveteli, hogy optimalizálják a minőséget, a fogyaszthatóságot és a bioaktivitást. Munkánk első részében az étkezési csírák kémiai tulajdonságaival és az egészségmegőrzés szempontjából fontos komponensek, bioaktív anyagok értékelésével foglalkozunk.

Az étkezési csírák szulforafán- és izotiocianát-tartalma

Káposztafélék csíráinak bioaktív komponensei a glükozinolátok és ezek termékei az izotiocianátok, valamint a fenolok, a vitaminok és az ásványi anyagok. Az emberek által fogyasztott káposztafélék családjába tartozó zöldségek közé sorolják a brokkolit, a káposztát, a kelbimbót, a karfiolt, a kínai káposztát és a retket. A káposztafélék karotinoidokat, C-vitamint, rostot, flavonoidokat és ráadásul olyan egészségvédő anyagokat tartalmaznak, mint amilyenek a glükozinolátok (Jeffery és Jarrell, 2001; Holst és Williamson, 2004). A brokkoli csírában a glükorafanin az elsődleges fontosságú glükozinolát, amelyet a bél mikroflórája izotiocianátra és szulforafánra hidrolizál. A növényekben a mirozináz enzim az, amely a glükozinolátokat, főként izotiocianátokra hidrolizálja. Ezek az izotiocianátok különböző biológiai hatással rendelkeznek: néhány májkárosító vagy golyvaképző, a többi pedig antibakteriális, gomba- és rákellenes hatással bír (Moreno és mtsai., 2006; Heaney és Fenwick, 1987; Shikita és mtsai., 1999; Gamet-Payraastre, 2006).

Az izotiocianátok *in vivo* metabolizmusának elsődleges útja a merkaptánsav út, ami a legtöbb xenobiotikum eliminációs útvonala. A glutationnal történő konjugáció által létrejövő tiolszarmazékokat, melyet a glutation-S-transzferáz (GST) katalizál, egy lépcsőzetes glutamin és glicin hasadás követ, ezáltal L-cisztein-izotiocianátok jönnek létre, melyek N-acetil-L-cisztein-izotiocianát származékokká (merkaptán savak) acileződnek, melyek a vizeleten keresztül ürülnek ki a szervezetből. Ezek alapján a GST fontos szerepet játszik az izotiocianátok (ITC) kialakításában az emberi szervezetben. A reakciók során képződő izotiocianátok száma elérheti a több százat is. Általánosan megállapítható, hogy a fogyasztott zöldség típusa és mennyisége, az elkészítés módja és a rágás minősége, valamint a GST természete befolyásolja, hogy milyen ITC jön létre (Munday és Munday, 2002; Lampe és Peterson, 2002; Ambrosone és mtsai., 2004).

A nem csíráztatott magvaknak a legmagasabb a glükozinolát-tartalmuk, melynek mennyisége a csírákban csökken. A káposztaféle csírák három napos korban 10–100-szor magasabb glükorafanin-tartalmúak, mint a hozzájuk tartozó érett növény (Pereira és mtsai., 2002; Perez-Balibrea és mtsai., 2006), melynek következtében a kis mennyiségű káposztacsíra is csökkenti a rák kockázatát, és ugyanolyan hatékony, mint egy nagyobb mennyiség ugyanabból a fajta növényből (Fahey és mtsai., 2006; Fahey és mtsai., 1997; Shapiro és mtsai., 2001; Lee és Lee, 2006).

A szulforafán különböző kísérleti modellekben, mind *in vivo* állapotokban, mind *in vitro* különböző sejtkultúrákban csökkentette a sejtburjánzás különböző formáit, talán

aktiválva a rákot okozó vegyületeket detoxikáló enzimeket (*Bertelli és mtsai.*, 1998; *Barillari és mtsai.*, 2005a; *Barillari és mtsai.*, 2005b; *Kensler és mtsai.*, 2005). A brokkoli csírákat és magát a növényt nagyon jó szulforafán forrásnak tartják, mely a brokkoli csírában 105 mg/100 g-nál nagyobb koncentrációban, a brokkoli növényben pedig 40–171 mg/100 g koncentrációban fordul elő a szárazanyagban (*Bertelli és mtsai.*, 1998; *Nakagawa és mtsai.*, 2006; *Perocco és mtsai.*, 2006).

Különböző kutatók tanulmányozva a brokkoli csírák és a szulforafán jótékony hatását állítják, hogy indirekt antioxidáns tulajdonságainál fogva erősíti a sejtek antioxidáns védelmében résztvevő enzimeket, és detoxikálja a karcinogéneket, csökkenti ezzel annak lehetőségét, hogy a testben rák alakuljon ki (*Shapiro és mtsai.*, 2001; *Perocco és mtsai.*, 2006; *Fahey és mtsai.*, 1997; *Shapiro és mtsai.*, 2001; *Fahey és Talalay*, 1999). A szakirodalomban több beszámoló megerősíti a szulforafán antikarcinogén hatását, de hiány mutatkozik tekintetben, hogy természetes prekursorának, a glükorafaninnak milyen a biztonságos felhasználhatósága. Egy *in vivo* kísérletben a glükorafanin abszorpcióját és metabolizmusát vizsgálva káposztafélék fogyasztása során kimutatták, hogy a glükorafanin a bélben részben a mikroflóra hatására szulforafánná metabolizálódik az emberben (*Conaway és mtsai.*, 2000) és a rágsálókban (*Perocco és mtsai.*, 2006). A kísérletben használt dózist a brokkoli csíra glükorafanin–szulforafán-tartalma alapján állították be, amit előzetesen rák kemoterápiás tanulmányokban használtak (*Fahey és mtsai.*, 1997; *Lee és Lee*, 2006; *Fahey és Talalay*, 1999).

Liang és mtsai. (2005) megállapították, hogy a szulforafán egy izotiocianát, ami természetes körülmények között a káposztafélék családjában nagyobb mennyiségben fordul elő, és fogyasztásával a tumorok kialakulása megelőzhető. A káposztafélék családjának öt képviselője (brokkoli, káposzta, karfiol, leveles kel és kelbimbó) szulforafántartalmát fordított fázisú HPLC-vel, acetonitril–víz lineáris gradiens alkalmazásával határozták meg. A nyers szulforafánt először etil-acetáttal, 10%-os etil-alkohollal és hexánnal extrahálták, majd az így kapott extraktumot tisztították alacsony nyomású oszlopkromatográfiával szilikagélen. A szulforafán kitermelése és tisztasága a gradiens elúció alkalmazásával nagyobb volt, mint 90%.

Perocco és mtsai. (2006) a szabadgyökök növekedését vizsgálva, glükorafaninnal kiegészítve az ételt, csak enyhe indukciót találtak a glutation-S-transzferáz enzim esetében. Ezek az eredmények ellentétesek a korábban megállapítottakkal. Azt sugallják, hogy a glükorafanin hosszú időn keresztül történő fogyasztása inkább növeli, mint csökkenti a rák kockázatát, az oxidatív stressz előidézésével indukálva a rákot okozó enzimeket. Állítják, hogy a hosszú időn keresztül kontrollálatlan glükorafanin fogyasztás potenciális veszélyforrás, ennek ellenére elismerik a gyümölcsökben és zöldségekben gazdag táplálkozás előnyös hatását az egészségmegőrzés szempontjából.

A brokkoli csírákról korábban kimutatták, hogy olyan kemopreventív szerek gazdag forrásai, mint az izotiocianátok. A brokkoli izotiocianát extraktuma megakadályozza az epe rákos sejtjeinek növekedését, antiproliferatív aktivitásánál fogva, az izotiocianátoknak köszönhetően, jó a rák megelőzésére és kezelésében (*Gamet-Payraastre*, 2006; *Lee és Lee*, 2006). A szulforafán antibakteriális hatása a *helicobacter pylori*val szemben, ami krónikus gyomorhurutot és vékonybél fekélyt okoz, tehát ez az anyag a káposztafélékben potenciális gyógyszer a *helicobacter pylori*val szemben. Ezentúl egy hét brokkoli csíra fogyasztás javította a koleszterin metabolizmust, és csökkentette az oxidatív stressz markereket, mint amilyen a plazma aminosav-tartalma és a különböző enzimek (*Murashima és mtsai.*, 2004).

Clarke és mtsai. (2008) a szulforafán rákellenes hatását vizsgálták a brokkoli, a káposzta, a kelbimbó és a karfiol esetében. A szulforafánról megállapították, hogy

különösen nagy koncentrációban fordul elő a brokkoliban és a brokkoli csírában, és magas izotiociánát-tartalmánál fogva csökkenti a rák kockázatát, beleértve a bél- és prosztatarakot is. A korábban a szulforafán enzimgátló hatását vizsgálták olyan enzimeket tanulmányozva, melyek a rákos elváltozásokért tehetőek felelőssé. A szerzők a szulforafánnak a sejt megújulását és a sejtelhalás mechanizmusára kifejtett hatását tanulmányozták, melynek során a szulforafán rákellenes tulajdonságaival foglalkoztak a különböző kemopreventív mechanizmusokra koncentrálnak. A szulforafán emberre kifejtett hatásánál leírják annak kémiai, metabolizmusát, felszívódását, és tanulmányozták azokat a faktorokat, amelyek a szulforafán biológiai hasznosíthatóságát befolyásolhatják.

Az étkezési csírák glükozinoláttartalma

Kétfajta metionin-glükozinolát származéknak egy extra, különböző oxidációs állapotban lévő kénatomja van az oldalláncban. Ezek redoxirendszert alkotnak (glükorafenin, glükorafazatin), amelyek csak egy kettős kötésben térnek el a glükocerucin-glükorafenin rendszertől. A két rendszer gyökfogó kapacitásában van különbség (*Barillari és mtsai.*, 2005a; *Barillari és mtsai.*, 2005b). A fényben növekedett kerti zsálya csírák a csírázás első hete alatt nagy koncentrációban tartalmaznak benzil-glükozinolátot, és csak nyomokban 2-fenil-glükozinolátot, amely megállapítás egy újabb zöldséget von be a bioaktív vegyületeivel egészségmegőrző hatású növények körébe (*Gil és Macloed*, 1980; *Glendening és Poulton*, 1988).

A fehér mustárt friss fogyasztásra világszerte széles körben alkalmazzák speciális fűszeres íze miatt. Ezek a zöldségek több olyan egészségvédő vegyületet tartalmaznak, mint amilyenek a karotinoidok, a C-vitamin, a rostok, a flavonoidok és a glükozinolátok (*Barillari és mtsai.*, 2005a; *Martinez-Sánchez és mtsai.*, 2006). A fehér mustármagban és a liofilezett csírában a glükozinolátok közül a glükocerucin a fő komponens. Ellentétben más glükozinolátokkal, mint amilyen például a glükorafenin, a glükocerucinnak direkt és indirekt antioxidáns hatása is van, melynek következtében a fehér mustár és csírájának fogyasztása nagyon hasznos az emberi egészség szempontjából (*Barillari és mtsai.*, 2005a; *Barillari és mtsai.*, 2005b).

A glükozinoláttartalmú Brassica család érdekes tagjai a vadmustár és a török mustár, amelyek közül mindegyik gazdag olyan bioaktív fitokemikáliákban, mint amilyenek a fenolok, flavonoidok és a C-vitamin, amelyek mindnyájan jelen vannak a magban, a gyökérben és a három-, öt- valamint hétnapos csírákban (*Martinez-Sánchez és mtsai.*, 2006; *Bennett és mtsai.*, 2006). A retekcsíra metanolos extraktumának nagyon magas az antioxidatív aktivitása, ami a különböző szinapinsav észtereknek és a flavonoidoknak köszönhető, melyek igen nagy, a biológiai aktivitás alapjául szolgáló gyökfogó kapacitással rendelkeznek (*Takaya és mtsai.*, 2003). A csírák diklórmétános frakciója, melyet a metanolos extraktumból nyertek, nagy mennyiségben tartalmaz nikotinsavamid-adenin-dinukleotidot valamint kinon-reduktázt, amelyek jelentős szerepet játszanak a májsejtek védelmében kémiai rákkeltő és egyéb vegyületekkel szemben. Ezek az eredmények azt jelzik, hogy a retekcsírákat biztonságos, hasznos, új ételkészítési forrásnak lehet tekinteni, melyek csökkentik a rák kifejlődésének kockázatát (*Lee és Lee*, 2006).

Egy új OH-tartalmú jázmonsav metilészter stimulálja a növényi másodlagos metabolitok bioszintézisét, a sejt oxidációt, az L-fenilalanin-ammónia-liáz aktivitását és erőteljes befolyást gyakorol a másodlagos metabolitok bioszintézisére növényi sejt kultúrákban. A metabolikus utak jázmonáttal történő koordinált aktiválása segíti a környezeti stressz elleni rezisztencia kialakulását, beleértve az indol-glükozinolátok szintézisét a Brassica családban (*Bennett és Wallsgrove*, 1994; *Liang és mtsai.*, 2006).

A káposztafélék családjába tartozó növények egyik szembeötlő és jellemző tulajdonsága a magas glükozinoláttartalom, amely gyakran eléri a szárazanyag 1%-át (*Pereira és mtsai.*, 2002; *Fahey és mtsai.*, 1997). Kevés próbálkozás történt az emberi glükozinolát fogyasztás megállapítására, amely egyes források alapján elérheti a 300 mg/nap értéket ($\approx 660 \mu\text{mol/nap}$). Ezen glükozinolátok felhasználhatóságának, transzportjának és metabolizmusának felderítése előfeltétele az emberi szervezetre gyakorolt védőhatás mechanizmusának megértéséhez (*Moreno és mtsai.*, 2006; *Gill és mtsai.*, 2004; *Murillo és Mehta*, 2001; *Munday és Munday*, 2002; *Lampe és Peterson*, 2002; *Ye és mtsai.*, 2002).

Ha növényi eredetű mirozináz van jelen a diétában, a glükozinolátok a bélben hidrolizálódnak. Ha a mirozináz a fogyasztást megelőző hőkezeléssel inaktíválva van, a glükozinolátok ionos jellege megakadályozza, hogy eljussanak a bélbe, ahol bakteriális enzimek által metabolizálódnak (*Moreno és mtsai.*, 2006). Mirozináz hatására glükóz és egyéb termékek, például izotiocianátok jönnek létre. A glükozinolátok a növényi eredetű mirozináz hatására a vékonybélben, vagy bakteriális enzimek hatására a vastagbélben bomlanak, és metabolitjaik a káposztafélék fogyasztása után 2–3 órával kimutathatóak a vizeletből. Az emberi egészségre gyakorolt pozitív hatás és a betegségmegelőző aktivitás tisztázásának első lépése a glükozinolátok kémijának és metabolizmusának követése a táplálékláncban, a természetéstől egészen a fogyasztásig (*Ferlay és mtsai.*, 2004; *Jeffery és Jarrell*, 2001; *Pereira és mtsai.*, 2002; *Fahey és mtsai.*, 1997; *Shapiro és mtsai.*, 2001; *Fahey és Talalay*, 1999).

Bellostas és mtsai. (2007) szerint a káposztafélék csirái nagy koncentrációban tartalmazzák a glükozinolátot, ezért ezek a növények nagyon jól használhatók a rákos megbetegedések során a kémiai védekezésre. Kísérleteikben öt káposztafajtánál (fehér káposzta, vörös káposzta, kelkáposzta, brokkoli és karfiol) vizsgálták az érett mag, a csíra és a csíranövény glükozinoláttartalmát. Az egyes glükozinolátok koncentrációja nagymértékben változott a káposztafélék között. Az alkil-glükozinolátok koncentrációja csökkent, míg az indol-3-metil-glükozinoláttartalom nőtt a csíráztatási periódus alatt. A négy és hét napos csíráztatási periódus alatt a csíranövény gyökere tartalmazta a legnagyobb mennyiségben a glükozinolátot, mind a négy, mind a hét napos csíráztatási időben.

Az étkezési csírák flavonoidtartalma

A mag csíráztatás különböző körülményei hatással vannak a flavonoltartalomra. A legmagasabb miricetin-, merin-, kvercetin- és kámforoltartalmat a retek- és a lucernacsírákban akkor mérték, amikor azokat sötétben, 20 °C-on csíráztatták. A csíráztatási hőmérsékletnek sem a 30 °C-ra történő emelése, sem a 10 °C-ra való csökkentése nem befolyásolta a flavonolszintézis hatékonyságát. Ehhez hasonlóan a 20 perc és 24 óra közötti UV valamint IR sugárzás sem növelte szignifikánsan a csírák flavonoltartalmát a maghoz viszonyítva (*Janicki és mtsai.*, 2005).

A hüvelyesek családjának gazdasági jelentősége világos, hisz ebből a családból nagyon sok használatos élelmiszerként és takarmányként. Mind az állati, mind az emberi táplálkozásban nagyon érdekes növények a disznóbab, a mungóbab, a borsó, a farkasbab, a csicseriborsó és a lencsecsírák is. A szójabab az egyik legfontosabb élelmiszer mag az ázsiai országokban, melyből készült élelmiszerek jótékony hatása ismert (*Xu és mtsai.*, 2005; *Kim és mtsai.*, 2006). Beszámoltak arról, hogy a csírákban a fenolos komponensek a növekedési feltételek szerint változnak, és azt is kimutatták, hogy a fény képes stimulálni a növényi fitokemikáliák képződését, beleértve a magasabb izoflavontartalmat a szójacsírákban (*Kim és mtsai.*, 2006).

Kim és mtsai. (2007) hajdinát 1–10 napos időszakban csíráztattak üvegházban, alacsony fényviszonyok mellett, majd meghatározták a csírák klorogénsav- és

flavonoidtartalmát, beleértve a C-glikozid flavonokat is (orientin, izoorientin, vitexin, izovitexin), valamint a rutint és a kvercetin. Egy étkezési adag rutintartalma (átlagosan 20–30 mg/g) 30-szor nagyobb volt, mint a gyökérben és a termésfalban. A csírák gyökfagó kapacitását 2,2-difenil-1-pikril-hidrazin módszerrel analizálva megállapították, hogy az hat-tíz napig az étkezési adagban szignifikánsan 1,52-től 2,33 μmol -ig nőtt az egyik hajdinafajtánál, míg a másikonál 1,46-tól 2,09 μmol -ig emelkedett, de a különbség a két hajdinafajta között nem volt szignifikáns. Vizsgálataik alapján javasolják a hajdina csírákat a mindennapi étkezés során alkalmazni.

Az étkezési csírák egyéb gyógyhatása

A növények másodlagos metabolitjai a gyógyszerek, az élelmiszeradalékok és ízanyagok és egyéb ipari termékek egyedülálló forrásai. Az elmúlt száz évben egyes növények fontos forrásaivá váltak az új gyógyszereknek, a különféle növényi drogoknak. Ahogy a növények termesztése hidropóniásan szelektívvé és reprodukálhatóvá vált, a bioaktív komponensek termelése drámaian megnőtt, melyek közül sokan mutattak *in vitro* aktivitást a baktériumok, a gombák, illetve a rák ellen (*Poulev és mtsai.*, 2003; *Zhao és mtsai.*, 2005).

A növények kiváló forrásai a fenolos fitokemikáliáknak, melyek közül különösen az antioxidánsoknak van kimagasló szerepe a terápiás alkalmazásban funkcionális élelmiszer-összetevőként. E tényeken alapulva fejlesztették a hüvelyesekben lévő fitokemikáliák rendszerét, természetes szabályozók alkalmazásával, melynek során a pentóz-foszfát ciklus a fenolos fitokemikáliák irányába tolódott el (*Shetty és McCue*, 2003).

Az étkezési csírák antibiotikus hatása

Sok másodlagos növényi metabolitnak szerepe van a növényt károsító élőlények és a patogén kórokozók elleni harcban. Ezek közül sok komponens (cianogén-glikozidok, glükozinolatok, fenolok, terpének és szterolok) sikiminsavból vagy aromás szénhidrogénből származnak, melyeknek lényeges szerepük van azokban a védekező mechanizmusokban, melyet a fertőzés vagy a kártevők indukálnak. Ezen metabolitok akkumulációja előfordul a stressznek kitétt sejtekben, beleértve a fitoalexinokat is, a patogén mikroorganizmusokkal történő fertőzés után (*Zhao és mtsai.*, 2005). Hasonló abiotikus stresszt tud kiváltani az UV fény is, mégis a flavonoidok koncentrációja (morin, mircetin, kvercetin és kámforol) a retek- és a lucernacsírák esetében magasabb volt abban az esetben, ha sötétben tartották őket, mint amikor UV vagy IR sugárzással kezelték (*Janicki és mtsai.*, 2005).

A borsó olyan fenolos fitokemikáliákat tud produkálni, melyek inhibitorhatással vannak a patogén mikroorganizmusokra, és amelyek segítségével a *helicobacter*, mint egy gyógyszerrel kontrollálható. A borsócsírák acetil-szalicilsavval kombinálva lehetővé teszik egy olyan fenolos funkcionális élelmiszer kifejlesztését, amely alkalmas a *helicobacter pylori* ellen (*Ho és mtsai.*, 2006).

Az étkezési csírák fitinsav- és fitáztartalma

Négy káposztaféle (kis retek, retek, fehér mustár és repce) magból és négy napos csírájukból kimutatták, hogy inozitol-hexafoszfátot tartalmaznak, amelyet fitinsavnak, vagy só formában fitátnak hívnak. Ez a komponens biológiailag aktív, egészség szempontjából potenciálisan hasznosnak bizonyult, mivel csökkentette a vércukorszintet, a koleszterin és a trigliceridek mennyiségét, csökkentette a rák kialakulásának és a szívbetegségeknek a kockázatát (*Frias és mtsai.*, 2005b). Ezekben nagy a tiamin, a riboflavin, a Ca, a Mg, a Cu, a Mn, a Fe, a Zn valamint az étkezési rostok mennyisége,

ami egy új potenciális élelmiszer kifejlesztését teszi lehetővé (*Fernández-Orozco és mtsai.*, 2006; *Zielinski és mtsai.*, 2005).

Sung és mtsai. (2005) a csíráztatás hőmérsékletének hatását 10, 20 és 25 °C-on, 6–10 napos intervallumban vizsgálták árpa magvaknál a fitázenzim-termelésre. Az árpa csíranövények növekedési sebessége és fehérjetermelése a csíráztatási hőmérséklet emelésével megnőtt. SDS–PAGE (nátrium-dodecilszulfát–poliakrilamid gélelektroforézis) alkalmazásával kimutatták, hogy a csíráztatási idő alatt a fehérjék átalakulnak, némelyek eltűnnek, némelyek megjelennek az elektroforetogrammon. A csíráztatás kezdetén a fitázaktivitás gyakorlatilag nulla volt, ami szignifikáns növekedést mutatott a csíráztatás alatt. Az első pár napban nyolcszorosára nőtt, ezt követően viszont csökkent. A hasznosítható foszfáttartalom, összefüggésben a fitáz enzim működésével, a csíráztatás elején gyorsan nőtt. A fehérje- és a fitáztermelés két nap múlva érte el a maximális értékét. A nyers enzim extrakt részleges tisztítása hidrofób kromatográfiával két fitáz frakciót eredményezett. Az első frakció molekulatömege 62 és 123 kDa, míg a második frakcióé 96 kDa volt. Az első frakció termelésére az 55 °C, míg a kettes frakcióra az 50 °C volt az ideális. Az egyes frakció pH-optimuma 6,0, míg a kettes frakcióé 5,0 volt.

Az étkezési csírák biogénamin-tartalma

Frias és mtsai. (2007) a lucerna- és a görögszéna-csírák biogénamin-tartalmát és a csírák citotoxicitását vizsgálták. A biogén aminok mind a lucernánál, mind a görögszénánál hatással vannak a vér glükóz- és koleszterintartalmára, ezért az egészséges táplálkozás szempontjából rendkívül fontos az ismeretük. Mivel a lucerna- és a görögszéna-csírából készült lisztek a funkcionális élelmiszerek új típusainak tekinthetők, azért fontos a biogén aminok és a csírák citotoxicitásának tanulmányozása. Mindkét növényből a csírákat négy napon keresztül 20 és 30 °C-on világos és sötét körülmények között állították elő. A ki nem csírázott magvak putreszcint, kadaverint, hisztamint, tiramint, spermidint és spermint tartalmaztak. A lucernacsírák bioaktívamin-tartalma kétszer olyan magas volt, mint az eredeti magé, és a 20 °C-on, fény nélkül történő csíráztatás produkálta a legalacsonyabb biogénamin-tartalmat. A görögszéna-csírákban csak a kadaverin és a putreszcin nőtt meg a csíráztatás alatt; a hőmérsékletnek és a fénynek csak csekély hatása volt a biogénamin-tartalomra. A csíráztatott magvak biogénamin-tartalma mindig alatta maradt a még elfogadható egészséges szintnek. A sejtek apoptózisával és proliferációjával kapcsolatos kísérletek alapján megállapították, hogy a csírák a sejtek folyamataira nem voltak hatással.

A csírafehérje táplálkozási értéke

Wanasundara és mtsai. (1999) a lenmagcsírák nitrogéntartalmú összetevőinek alakulását vizsgálták a csíráztatás során. A lenmagcsírákat nyolc napos időszakban csíráztatták, melynek során a szárazanyag-tartalom 35%-kal csökkent. A csíráztatási periódus alatt viszonylag minimális volt a csökkenés az összesnitrogén-tartalomban, a nemfehérje nitrogéntartalom viszont 9%-ról 33,5%-ra nőtt az összes fehérje százalékban. A szabad aminosavak esetében növekedést figyeltek meg. Az egyes aminosavak között a glutamin mutatott legnagyobb változást a csíráztatási periódusban, mivel ez az aminosav-amid amidcsoport donor, hozzájárulva a csíranövény kifejlődéséhez. A csíráztatás során a vízoldható fehérjetartalom nőtt, a sóoldékony fehérjefrakciók viszont csökkentek. A poliamin-tartalom, nevezetesen az agmatin, a spermidin és a putreszcin, amelyek rendkívül fontosak a sejt anyagcsere és a növekedés szabályozásában, szintén nőtt a csíráztatási periódus alatt. Nyolc napos csíráztatás során a ciántartalmú glikozidok, a linustatin és a neo-linustatin mennyisége mintegy 40–70%-kal csökkent. A lenmag

tripszininhibitor-tartalma egészen minimális, és a csírákban is csak nyomokban kimutatható nyolc nap csíráztatás után.

Mbithi-Mwikya és mtsai. (2000) a köles tápanyagait és az antinutritív anyagok változását tanulmányozták a csírázás során. Vizsgálták ezen kívül a fehérje *in vitro* emészthetőségét 96 órás csíráztatás során 12 órás mintavételi periódusokban. Az antinutritív anyagok esetében szignifikáns csökkenésről számoltak be, melynek során a tanninok és a fitátok a kimutatási határ alá csökkentek. A tripszininhibitor-aktivitás harmadrésze csökkent. 48 óra alatt jelentős csökkenést kaptak a keményítőtartalomban, mely összefüggésben állt a cukortartalom nagymértékű növekedésével. Szignifikáns mértékben nőtt a fehérje emészthetősége, a szárazanyagoknak viszont 13,3%-a elveszett a 96 órás csíráztatási periódus alatt. A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy nem szükséges 48 óránál hosszabb csíráztatási időt alkalmazni, mert a hosszabb csíráztatási idő jelentős mértékben csökkenti a légzés következtében a szárazanyag-tartalmat anélkül, hogy bármiféle szignifikáns javulást eredményezne a táplálkozási értékben.

Rozan és mtsai. (2001) különféle magvak és a négynapos csírák aminosav-összetételét vizsgálták öt különböző lencsefaj esetében. A szabad, fehérjeépítő aminosav-tartalom jelentős mértékben megnőtt a csírázást követően, melyek közül az aszparagin fordult elő a legnagyobb koncentrációban. A nem fehérjeépítő szabad aminosavak mennyisége is jelentős különbséget mutat a magban és a csírában. A γ -OH-arginin, a γ -OH-ornitin, az α -amino-adipinsav és a taurin mind a magvakban, mind a csírákban megtalálható volt, míg a γ -amino-vajsav, az α -amino-adipinsav, a 3-izoxazolinon származék és a 2-karboxi-metil-izoxazolin-5-pirimidin csak a csírákban volt megtalálható. Ezen utóbbi vegyületeket elsőként a lencsefajtákban azonosították. A nem fehérjeépítő aminosavak különböző kombinációja, a különböző fajták genetikai rokonságára adhat információt, esetleg magyarázhatja a fajták közötti kereszteződésekkel.

Urbano és mtsai. (2005a) a sötétben és fényben kettő, négy és hat napig csíráztatták a zöldborsót, és vizsgálták az így kapott csírák proteolitikus aktivitását, az oldható fehérje és a nemfehérje nitrogéntartalmat, és a keményítő hasznosulását növekedésben lévő patkányokkal. Kísérleteik során az élelmiszer-bevitel jelentős mértékben megnőtt, amikor kettő és négy napos borsócsírákat etettek, ami összefüggésben volt a puffadást előidéző faktorok jelentős mértékű csökkenésével. A nitrogén emészthetősége teljes mértékben azonos volt a csíraliszteknél, az eredeti zöldborsó liszthez hasonlítva. A nitrogénmérleg, az abszorbeált visszatartott nitrogén %-a, a fehérje hatékonysági arány és a hasznosítható szénhidrát indexe szignifikánsan magasabb volt azoknál az állatoknál, amelyek kettő-négy napig csíráztatott, azzal szemben, amelyek nyers vagy hat napig csíráztatott zöldborsót fogyasztottak. A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy két nap csíráztatási idő elegendő ahhoz, hogy szignifikáns módon javuljon a zöldborsó fehérje- és szénhidrát-tartalmának emészthetősége. A fényben illetve sötétben történő csíráztatás nem befolyásolta a tápértéket.

Urbano és mtsai. (2005b) egy másik kísérletben a borsócsírák és a nyers borsó fehérje- és szénhidrát-tartalmának emészthetőségét vizsgálták *in vitro* és *in vivo* módszerekkel. Kísérleteik során a borsót 3–6 napon keresztül csíráztatták, majd az *in vivo* kísérletekben a patkányok fehérje- és szénhidrát-egyensúlyát vizsgálták. A csíráztatás jelentős mértékben csökkentette az α -galaktozidáz-tartalmat, és szignifikánsan növelte a szacharóz-, a glükóz- és a fruktóztartalmat. A hasznosítható keményítő aránya az összes keményítőhöz hasonlítva a technológiai beavatkozás következtében megnőtt. A B₂-vitamin-tartalom szignifikánsan nőtt, ezzel ellentétben nem volt szignifikáns változás a B₁-vitamin-tartalomban a csíráztatott borsóban. A

fehérje emészthetőségét vizsgálva megállapították, hogy az szignifikánsan nőtt a csíráztatás során. A napi takarmányfelvétel, a nitrogénabszorpció és nitrogénmérleg, a visszamaradt és a felszívódott nitrogén aránya, a fehérjehatékonysági arány és a hasznosítható szénhidrát index szignifikánsan javult a három napig történő csíráztatás során, majd ezt követően mindegyik mérőszám szignifikánsan csökken a csíráztatás hatodik napjáig. Megállapították, hogy a borsó csíráztatása három napig szignifikánsan javította mind a fehérje, mind a szénhidrát hasznosulását.

A csíra zsírjának táplálkozási értéke

Kim és mtsai. (2004) a zsírsav-összetétel változását vizsgálták csíráztatás hatására. Megállapították, hogy a legtöbb csíraban legnagyobb mennyiségben jelen levő zsírsav a linolénsav, koncentrációja hét nap alatt 52,1%-ra nőtt, és az összes telítetlen zsírsav mennyisége nagyobb lett, mint 83%, tehát a telítetlenek domináltak a telítettek mellett. Az olajsav mennyisége 36,8%-ot, a linolsav 38,1%-ot, a linolénsav pedig 2,7%-ot tett ki az eredeti magban. A csíráztatás során a telített zsírsavak koncentrációja rohamos mértékben csökkent, és a mirisztinsav, valamint a sztearinsav egy nap alatti csíráztatás során eltűnt a mintából. A telítetlen zsírsavak közül az olajsav fokozottan csökkent, a linolsav és a linolénsav pedig nőtt a csíráztatás során. Ez azért nagyon jelentős, mert a linolsav, a linolénsav és az arachidonsav esszenciális az emberi szervezet számára. A linolsav képes a bioaktív vegyületek szállítására, és át tud alakulni arachidonsavvá, amelyből hormonszerű vegyületek képződnek. Összefoglalva megállapították, hogy a hajdina zsírsavai döntő többségét a telítetlenek teszik ki, melyek közül a linolsav fordul elő legnagyobb mennyiségben.

Tokiko és Koji (2006) különböző csírák zsírtartalmát és zsírsav-összetételét vizsgálva megállapították, hogy a zsírtartalom 0,4 és 1,6% között volt. A zsírsav-tartalom vizsgálata során megállapították, hogy a legnagyobb koncentrációban jelen levő zsírsav a linolénsav volt; 23% a hajdina esetében, 48% a szójában, 47,7% a lóherében és 40,6% a borsóban.

Étkezési csírák szénhidráttartalma

Nodaa és mtsai. (2004) búzacsíra részlegesen lebontott keményítőjének fizikai és kémiai tulajdonságait vizsgálták. A csíraban lévő α -amiláz részlegesen lebontja a keményítőt, ezért a vizsgálatok az így károsodott keményítő fizikai-kémiai tulajdonságainak megállapítására irányultak. A duzzadóképeséget és a viszkozitást meghatározva megállapították, hogy az jelentős mértékben csökkent, a keményítő emészthetősége viszont a glükó-amiláz tevékenysége folytán növekedett, ami a rendkívül késői betakarítás következtében állt be. Vannak olyan fajták is, amelyek nem érzékenyek különösebben a csírázásra, és nem mutattak változást még a rendkívül késői betakarításkor sem. Bizonyos búzafajtáknál rendkívül késői betakarítás nem okozott szignifikáns változást az amiláztartalomban, az átlagos szemcseméretben, a hővel szembeni viselkedésben és az amilopektin láncok hosszában. Elektronmikroszkóppal azonban megállapították, hogy a késői betakarítás kisméretű és porózus keményítőszemcséket eredményezhet.

A kitozánt (2-amino-2-dezoxi-D-glükóz polimere) természetes élelmiszer kiegészítőnek fogadják el, amely különféle olyan magvak növekedését és hozamát növeli, mint amilyenek a szójabab, a burgonya, a paradicsom, a káposzta, javítja a zöldségek minőségét és növeli a gyümölcsök betakarítás utáni élettartamát (*Kim*, 1998). A szójabab magvakat a csíráztatás előtt olyan kitozán-oldattal nedvesítve, melyben a kitozán molekulatömege 1000-nél nagyobb, mindenféle mellékhatás nélkül javítja a szójabab

csírák produktivitását. A különböző hígítási hatásoknak, másrészt a molekulatömegnek betudhatóan némileg csökkent a C-vitamin-tartalom (Lee és mtsai., 2005).

Az étkezési csírák lipoxigenáz, fitinsav és tripszininhibitor-aktivitásának változása

Frias és mtsai. (2005b) négy, káposztafélék családjába tartozó, magvat csíráztattak (törperetek, retek, fehér mustár és repce) azért, hogy tanulmányozzák az inozitol-hexafoszfát jelenlétét, és a tripszininhibitor-aktivitásának változását. Megállapították, hogy a fitinsav-tartalom csökkenése szoros összefüggésben van a csíráztatási idővel. Négy napos csíráztatás után a fitinsav-tartalom a négy elemzettből három mintában 50%-kal alacsonyabb volt. Erős csökkenés figyelhető meg a fitinsav-tartalomban a hőkezelés hatására (pasztörözés és sterilizálás) mind a retek-, mind a repcecsíránál. Hőkezelés hatására csökkent az inozitol-hexa-foszfát mennyisége, mely penta-, tetra-, és trifoszfáttá alakult át.

A tripszininhibitor-tartalmat a retek- és a repcecsírák esetében csak a hőkezelés csökkentette jelentősebb mértékben. A szójabab csírák táplálkozási értéke a csíráztatás alatt változik; növekszik a szabadaminosav-tartalom és kb. 200-szorosára a nem csíráztatott maghoz képest a C-vitamin-tartalom, ezzel szemben csökken a fitinsav-tartalom, valamint a tripszininhibitor-aktivitás (Kim és mtsai., 1993).

Egy tanulmányban az afrikai köles fitát és fenolos komponenseit, a pH-t, a viszkozitást, a Fe és a Zn *in vitro* oldhatóságát, és ezek változását vizsgálták a duzzasztás, csíráztatás és a fermentáció során. A csíráztatást fermentációval kombinálva javasolják a fejlődő országoknak, különösen gyermekek ételmezésére (Kayodé és mtsai., 2006).

Kumar és mtsai. (2006) a lipoxigenáz izoenzimiek és a tripszininhibitor-aktivitás változását vizsgálták a szójabab csíráztatása során különböző hőmérsékletek alkalmazásával. Két fajta szójababot inkubáltak 144 órán át, 25 és 30 °C-on egy csíráztató berendezésben, és meghatározták a lipoxigenáz izoenzimiek és a tripszininhibitor aktivitását a csíráztatás minden 24 órájában. A lipoxigenáz 1 valamint a lipoxigenáz 2 és 3 fokozatosan csökkent a 144 óra alatt, és a csökkenés sebessége mindkét lipoxigenáz osztályban, mindkét szójafajtánál 35 °C-on volt a gyorsabb. A tripszininhibitor szintén fokozatosan csökkent a csíráztatás alatt, de a csökkenés sebessége nagyobb volt magasabb hőmérsékleten. Poliakrilamid gélelektroforézissel elemezve a csírák fehérjetartalmát megállapították, hogy az eredeti Kunitz-inhibitor folyamatosan csökkent mindkét hőmérsékleten, mindkét genotípusnál a csíráztatás folyamán, azonban egy új tripszininhibitor volt kimutatható 48 óra alatt 35 °C-nál. A módosított Kunitz-inhibitor korai megjelenése 35 °C-on a 25 °C-hoz viszonyítva megerősíti azt az elképzelést, hogy magasabb hőmérsékleten a Kunitz-inhibitor elbomlása gyorsabban következik be.

Az étkezési csírák antioxidáns-, polifenol- és C-vitamin-tartalma

A giberénsavnak és az indol-3-ecetsavnak pozitív hatása van a C-vitamin bioszintézisére, ezért a szójabab csíráztatása során nő a csíra C-vitamin-tartalma (Kim, 1988). A gyenge megvilágítás hatását az aszkorbinsav-tartalomra és a szójabab csírák növekedésére szintén vizsgálták, melynek során a 12 óra ultraibolya és a 12 óra vörös fényel történő megvilágítás növelte a szójabab csírák fitokémiai minőségét (Xu és mtsai., 2005).

A két, három, négy, öt, hat és kilenc napos csíráztatás alatt a farkasbab csírák táplálkozási értéke a C-vitamin- és a polifenoltartalom növekedésének köszönhetően szignifikánsan nőtt, miközben az olyan antinutritív anyagok mennyisége, mint a tripszininhibitor és a fitinsav csökkent. A farkasbab csíráztatása ezért tehát jó

módszernek látszik az antioxidáns kapacitás növelése szempontjából (*Fernández-Orozco és mtsai.*, 2006).

A C-vitamin antioxidánsként, sejtjelző modulátorként vesz részt a növények fiziológiai folyamataiban, beleértve a sejtfall bioszintézisét is. Segíti a fitohormon szintézist, a stressz rezisztencia kialakítását, a sejtosztódást és a növekedést (*Wolucka és mtsai.*, 2005).

Gill és mtsai. (2004) kísérleteikben káposztafélék és hüvelyesek csíráiból készült extraktumot vizsgálva tíz férfi és tíz nő 113 g káposztaféle és hüvelyes csíráat fogyasztott 14 napon keresztül. A csírák hatását a DNS károsodás, a glutation-S-transzferáz, a glutation-peroxidáz és a szuperoxid-dizmutáz detoxifikáló enzimek aktivitásának változása, az antioxidáns státusz meghatározása, a plazma Fe-redukálóképessége alapján, valamint a plazma antioxidáns- és vérszír-tartalma, és a plazma lutein- és likopintartalma alapján vizsgálták. Szignifikáns antigenotóxicus hatás mutatkozott a hidrogén-peroxid által indukált DNS-károsodás esetében a perifériás vérleimfocitáknál azon személyeknél, akik fogyasztották a csírákat a kontroll diétán lévő személyekkel szemben. Nem találtak szignifikáns változásokat a detoxifikáló enzimek esetében sem a plazma antioxidáns szintjét, sem annak aktivitását mérve. Az eredmények megerősítik, hogy a káposztafélék fogyasztása a DNS csekélyebb károsodása révén összefüggésben van a rák kisebb kockázatával.

Doblado és mtsai. (2007) a nyers és csíráztatott lóbab C-vitamin-tartalmának és antioxidáns kapacitásának alakulását vizsgálva 300, 400 és 500 MPa nyomást alkalmaztak 15 percen keresztül, szobahőmérsékleten. A nyers magvakban C-vitamin-tartalmat nem tudtak kimutatni, a lóbab-csírák viszont jelentős mennyiségű C-vitamint tartalmaztak. Az antioxidáns kapacitás a csíráztatott magvakban mintegy 58–67%-kal nőtt. A magas nyomású kezelés némileg módosította a C-vitamin-tartalmat és az antioxidáns kapacitást is, és 500 MPa nyomás után a csökkenés már jelentős volt. Bár a csírák nagy nyomáson történő kezelése magas (15–17 mg/100 g) C-vitamin-tartalmat eredményezett, és az antioxidáns kapacitás is mintegy 26–59%-kal magasabb volt, mint a nem csíráztatott lóbabnál, a magas nyomású kezelésnek csak csekély hatása volt a frissen fogyasztott csírák minőségére.

Hsu és mtsai. (2008) a hajdinacsíra antioxidáns aktivitásának javítását tanulmányozták nyomelemeket tartalmazó víz segítségével. 100–500 mg/kg nyomelem-tartalmú vizet használtak annak kiderítésére, hogy a nyomelemeknek van-e valamilyen kedvező hatása az antioxidáns aktivitás növelésére. 300 mg/kg nyomelem-tartalmú víz szignifikánsan megnövelte a csírák Cu-, Zn- és Fe-tartalmát, de nem volt hatással azok Se- és Mn-tartalmára. A csírák rutin-, kvercitrin- és kvercetin-tartalma nem különbözött attól függően, hogy a csíráztatást mikroelem-tartalmú, vagy ionmentes vízben végezték. A hajdinacsíra etanolos extrakciója, 300 mg/kg-os nyomelem-tartalmú vízben csíráztatva, magasabb gyökfogó aktivitást mutatott, magasabb volt a vasionkeláktívitás, és a szuperion anion gyökbefogó-aktivitás és a lipid peroxidációt megelőző inhibitor aktivitás is. A nyomelem-tartalmú vízben előállított csírák kivonata ugyancsak megnövelte az intracelluláris szuperoxid dizmutáz aktivitást, ami alacsonyabb szintű aktív oxigént tartalmazó vegyületeket eredményezett a vizsgált emberi sejtekben.

Fernandez-Orozco és mtsai. (2008) a mungóbab és két szójafajta antioxidáns kapacitásának alakulását vizsgálták a csíráztatás során. A mungóbabot 2, 3, 4, 5 és 7 napig, a szójababot a jutra fajtánál 2, 3, 4 napig, a merit fajtánál pedig 2, 3, 4, 5 és 6 napig csíráztatták. Vizsgálataik szerint az alkalmazott hüvelyesek és a csíráztatási körülmények függvényében változott a C- és E-vitamin-tartalom, valamint a redukált glutation aktivitás. A mungóbab- és a szójacsírák sokkal több fenolos komponენტ

tartalmazott, mint az eredeti nyers bab. A szuperoxid-dizmutáz-aktivitás a mungóbabnál hét nap alatt 308%-ra nőtt, a jutra fajtánál nem volt, míg a merid fajtánál egy 20%-os növekedés volt megfigyelhető a csíráztatás ötödik és hatodik napja között. A peroxid gyökfogó és az antioxidáns kapacitás mintegy 28–70%-kal, illetve 11–14%-kal nőtt a szójabab esetében, mely értéke a mungóbabnál a csíráztatás végén 248 és 61% volt. A lipid peroxidáz inhibíciója a csíráztatás ötödik-hetedik napja között a mungóbabnál 359%-kal, a merid szójánál 67%-kal nőtt, míg a jutra fajtánál gyakorlatilag nem változott. Megállapítják, hogy a mungóbab és a szójabab csíráztatása jó technológia arra, hogy nagyobb antioxidáns kapacitással funkcionális élelmiszert állítsanak elő.

Amici és mtsai. (2008) a búzacsírával végzett kísérleteik során megállapították, hogy az nagy mennyiségben tartalmaz szerves foszfátokat, és erőteljes keveréke az olyan molekuláknak, mint az enzimek, redukáló glikozidok és polifenolok. A búzacsíra antioxidáns vegyületei képesek megvédeni a dezoxiribonukleinsavat a szabad gyökök okozta oxidatív károsodástól. Beszámoltak arról, hogy a polifenolok, mint amilyen például az epigallokatechin-3-gallát, antioxidáns és proteáz hatást fejt ki a rákos sejtekben. Vizsgálataik során a búzacsíra extraktumából öt különböző fenolszármazékot tudtak beazonosítani, melyek a következők voltak: galluszsav, epigallokatechin-3-gallát, epigallokatechin, epikatechin és katechin. Megállapították, hogy a búzacsíra extraktum csökkentette a rákos sejtek szaporodását, és megnövelte az intracelluláris oxidatív fehérjék mennyiségét.

Randhir és mtsai. (2008) az autoklávval végzett hőkezelés hatását vizsgálták az összes fenoltartalomra és az antioxidáns aktivitásra, az árpa-, a hajdina-, a búza-, a zabcsírák, valamint a csíranövények esetében. Az α -amiláz és az α -glükozidáz inhibíciót és a levo-dihidroxi-fenilalanin-tartalmat, valamint a magas vérnyomással kapcsolatos angiotenzin enzim inhibíciót és a gyomorfekélyvel kapcsolatos inhibíciót értékelték *in vitro* körülmények között. Hőkezelés hatására általánosságban megnőtt az összes fenoltartalom és a szabadgyökök befogásával kapcsolatos antioxidáns aktivitás. Nőtt az α -amiláz-inhibitor aktivitása a hajdina és a zab esetében, ezzel szemben csökkent az árpa- valamint a kukoricacsírájánál és csíranövényénél. Nőtt a glükozidáz inhibitor aktivitás a búzában, a hajdinában és a zabban, de csökkent a kukorica csírában. Az összes vizsgált csíra és csíranövényben csökkent a levo-dihidroxi-fenilalanin-tartalom. Nőtt az angiotenzin enzimaktivitás a hajdinánál és a zabnál, ezzel szemben csökkent a búza- és a kukoricacsírában. Az összes csíra és csíranövény növelte a gyomorfekélyvel kapcsolatos inhibitoraktivitást. Ezekből a változásokból arra lehet következtetni, hogy hőkezelés hatására megváltoznak a fenolos vegyületek, változik a fenolos oxidáció, illetve polimerizáció, ezért aztán azoknál az ételeknél, amelyet a krónikus betegségek kezelésére használnak, hőkezeléssel kapcsolatos módosításokra van szükség a biológiaiilag aktív komponensek kialakítása érdekében.

Lopez-Amoros és mtsai. (2006) hüvelyes csírák fenolos komponenseit és antioxidáns aktivitását tanulmányozva vizsgálták a különböző csíráztatási feltételek hatását a bab, a lencse, a borsó esetében olyan bioaktív komponensekre, mint a flavonoid és a nem flavonoid fenolos vegyületek, és emellett elemezték a minták szabad gyökfogó kapacitását is. Az elemzett hüvelyesek különböző mennyiségben tartalmazták a hidroxibenzoésavakat és aldehideket, a hidroxifahéjsavat és annak származékait, a flavonoglükozidokat és a flavon-3-olokat, valamint a procianidineket. Megállapították, hogy a hüvelyeseknél a csíráztatás módosítja a fenolos komponensek minőségét és mennyiségét, a bekövetkező változások függenek magától a hüveljestől és a csíráztatási feltételektől. A változások befolyásolják a hüvelyesek funkcionális tulajdonságait, ennek következtében az antioxidáns aktivitást. A babok és a borsók antioxidáns aktivitása a csírázás alatt rendkívüli mértékben megnőtt, a lencse viszont csökkenést mutatott.

Étkezési csírák B-vitamin-tartalma

Sato és mtsai. (2004) a japán retek B₁₂-vitamin-tartalmát vizsgálva arra keresték a választ, hogy hogyan tudja azt a B₁₂-vitamin-tartalmú oldatból felvenni és sejtjeibe beépíteni. Megállapították, hogy a japán retek nyers csírájának B₁₂-vitamin-tartalma 1,5 µg/g-ig növekedhet, amikor 0–200 µg/ml B₁₂-vitamin-tartalmú oldatot használtak a csíráztatás során. A B₁₂-vitamin-tartalmat hőkezelés hatására gyorsan ki lehet vonni a mintából a kontrollhoz hasonlítva, melynél hőkezelést nem alkalmaztak.

Étkezési csírák ösztrogéntartalma

Az ösztrogén aktivitású növényi komponensek (daidzein, genistein, kumosztról, formononetin és biokanin) szerepet játszhatnak a rákmegelőzésben, a menopauza szimptomáinak javításában és más egészségvédő hatásuk is lehet. Az izoflavon és kumesztán fitoösztrogének legfontosabb forrása a csírák és a hüvelyesek (*Reinli és Block*, 1996). Kísérleteket végezve ausztráliai posztmenopauzális nőkkel, akik hagyományos élelmiszereket fogyasztottak lenmaggal, szójaliszttal és lucernacsírával, arra a következtetésre jutottak, hogy összefüggés van a gyenge ösztrogéntartalmú élelmiszerek fogyasztása és a hormonfüggő rák kialakulása között (*Morton és mtsai.*, 1994).

Étkezési csírák rezveratrol-tartalma

A rezveratrol egy azon fitoalexinek közül, amelyeket széleskörűen vizsgáltak, és amelyet potenciális bioaktív fitokemikáliának tartanak a szív-érrendszeri betegségek, a gyulladások, a korosodás és a rák kemopreveníciójában (*Alarcón és Villegas*, 2005; *Vitaglione és mtsai.*, 2005; *González-Barrio és mtsai.*, 2006; *Valenzano és Cellerino*, 2006). Három földimogyoró fajtát csíráztatva 9 napig, 25 °C-on, 95%-os páratartalom mellett a rezveratrol-tartalom szignifikánsan megnőtt. Szignifikánsan megnőtt ezen túl a csíra szacharóz-, glükóz- és teljes szabadaminosav-tartalma. Javította a csírák ízét és zamátát, ezért a földimogyoró csírákat funkcionális zöldségeknek lehet tekinteni (*Wang és mtsai.*, 2005).

King és mtsai. (2006) kutatásaik során kimutatták a rezveratrol egészség megőrzésére gyakorolt pozitív hatását. Ennek ellenére további információk szükségesek a rezveratrol felhasználhatóságát, metabolizmusát és a sejtben kifejtett hatását illetően (*Wang és mtsai.*, 2005; *King és mtsai.*, 2006).

Étkezési csírák makro- és mikroelem-tartalmának hasznosulása különös tekintettel a szelénre

A borsó élelmezési jelentősége a magas fehérjetartalomnak, az összetett szénhidrátoknak, a vitaminoknak, az ásványi anyagoknak, az étkezési rostnak és az anti-oxidánsoknak köszönhető (*Ho és mtsai.*, 2006). A csíráztatást megelőző áztatás a Mg- és Zn-vesztéséért felelős, mely elemek folyamatosan távoznak a magból a csíráztatás során. A fény hiánya vagy jelenléte a négynapos borsócsírában a csíráztatás alatt nem befolyásolta a Zn- és Mg-tartalmat, de a két és négy napig történő csíráztatás javította a Zn és a Mg biológiai felhasználhatóságát (*Urbano és mtsai.*, 2006).

A csíráztatás során a fejlődő növényi szervezet megfelelően előkészített táptalajból különféle makro- és mikroelemeket tud dúsítani szöveteiben. Magyarország és Románia lakosságának egy része szelénhiányos területen termesztett búzából készült kenyeret fogyaszt, melynek következtében a népesség jó részének szelénellátottsága nem megfelelő. A csíranövények előállításával a cél annak vizsgálata is, hogy hogyan lehet a csíranövény szeléntartalmát megnövelni. Megnövelt szeléntartalmú növényeket csak magas szeléntartalmú talajon természetve lehet előállítani. A talaj szeléntartalmának növelésére

szenitet illetve szelenátot használnak, melyek környezeti szennyezést okozhatnak. Legjobbnek tűnik ezért ezeket a magas szeléntartalmú növényeket zárt rendszerben termesztetni, melyre kiváló az a megközelítés, amit a japán kutatók csírák esetében alkalmaztak (Sugihara és mtsai., 2004; Yoshida és mtsai., 2007a; 2007b; Hama és mtsai., 2008; Li és mtsai., 2008). Zárt rendszerben megnövelt szeléntartalmú csírákat termesztési relatíve könnyű, melynek során nem kell környezetvédelmi problémákkal foglalkozni.

Az állati szervezetekben a szelén szeleno-metionin formájában van jelen, melyet a növények szeleno-ciszteinné tudnak alakítani. Ezeket az aminosavakat, valamint ezek monometilezett származékait néhány megnövelt szeléntartalmú zöldségből ki tudták mutatni (Sugihara és mtsai., 2004). Bizonyították ezen zöldségfélék kiváló rákellenes hatását, és azt magasabbnak találták az inorganikus szeleniténél. Ezek az eredmények vezettek bennünket arra, hogy foglalkozni kezdjünk a csírák szeléntartalmának megnövelésével, remélve, hogy ezzel hozzájárulhatunk a lakossága optimális szelénellátottságához.

A szelén kiegészítés szeleno-metil-szeleno-cisztein (Se-MSc) formában nagy tudományos figyelmet kapott, mint kemopreventív vegyület. Az Se-MSc és származékai főként a szelénrel dúsított zöldségekben fordulnak elő. A szelénben dús brokkoli csírák szignifikánsan csökkentették az abnormális vastagbéli hámkítüremkedések gyakoriságát patkányokban, amikor a takarmány 2 µg/g szelént tartalmazott (Finley és mtsai., 2005), ami jól demonstrálja a brokkoli és a brokkoli csírák védő hatását a bélrák ellenében. A Se-metionin mellett a Se-metil-szeleno-ciszteint és a szeleno-2-propenil-szeleno-ciszteint is kimutattak lucernacsírákból (Gergely és mtsai., 2006).

Sugihara és mtsai. (2004) speciális japán retek magokat csíráztattak magas szeléntartalmú talajon, melynek során azt tapasztalták, hogy 5–10 µg Se/ml szelenit oldat növekedésgátlóként hatott. A csírák által felvett szelénnek legnagyobb része (69–98%-a) 0,2 M HCl-oldattal extrahálható volt, és nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiai analízissel bizonyították, hogy a legfőbb szelénkomponens a szeleno-metil-szeleno-cisztein. A nagy szeléntartalmú csírákból ezen túl még szeleno-metionint, nem hasznosuló szelenitet, γ-glutamil-Se-metil-szeleno-ciszteint és egy ismeretlen szeléntartalmú komponenst tudtak kimutatni. Mivel a monometilált szeleno-aminosavakról rákellenes hatást állapítottak meg, ezért úgy gondolják, hogy a szelénben dúsított csírák hasznosak lesznek a rák megelőzésében.

Yoshida és mtsai. (2007a) a szelénben dúsított retekcsíra hasznosíthatóságát vizsgálták, illetve mérték azt, hogy a szelén hogyan befolyásolja a glutation peroxidáz aktivitását. Hím patkányoknál 1,2-dimetil-hidrazinnal váltottak ki béltumort, és értékelték a hasznosult szelén antikarcinogén aktivitását. Megállapították, hogy a szelén-kiegészítés, a dózistól függetlenül megnövelte a szérum és a máj szelénkoncentrációját és glutation peroxidáz aktivitását, melynek során a szelenit-kiegészítést kapó csoportok nagyobb értéket produkáltak, mintha ugyanazt a szelént csírával vitték volna be. A szelén hasznosíthatósága a csírában 33 illetve 65% között mozgott. A szelén mennyiségét 2 µg/g-ra megemelve mind a szelenit forma, mind a retekcsírával bevitt szelén gátolta a tumor sejtek fejlődését. Ezek az eredmények azt jelzik, hogy a retekcsíra formájában bevitt szeléntartalom ugyan alacsonyabb táplálkozásbiológiai értékű, de lényegesen nagyobb antitumor aktivitással bír, mint a szelenit.

Yoshida és mtsai. (2007a,b) a szelénben dúsított tök és a szelénben dúsított retekcsíra szeléntartalmának hasznosíthatóságát vizsgálták him egerekkel, melyeket Torula élesztő alapú szelénhiányos diétán tartottak. Három hetes táplálás után az egereket a szelén-kiegészítés alapján hét csoportra osztották, melyek közül egyesek az alap diétát fogyasztották, a többiek pedig 0,05 és 0,25 µg/g szelén-kiegészítést kaptak Na-szenit formájában, szelénben dúsított tök formájában, illetve szelénben dúsított retekcsíra formájában még egy hétig. A kiegészítés a szeléntartalom függvényében megnövelte a

vérserum és a máj szeléntartalmát és a glutation peroxidáz aktivitását. Ami a szérum szelén illetve glutation peroxidáz aktivitását illeti azt a szelén-kiegészítés nem befolyásolta szignifikánsan a szelénforrás függvényében, a májnál viszont mind a szeléntartalmat, mind a glutation peroxidáz aktivitását a Na-szelenit adagolás szignifikánsan növelte, a szelénnel dúsított tök vagy szelénnel dúsított retekcsírához képest. A szelénés tök és a szelénés csíra között is volt különbség a máj szeléntartalmának növekedését illetően, ugyanis a szelénés tök kiegészítés szignifikánsan nagyobb mértékben növelte a máj szeléntartalmát, mint a szelénés csíra. A máj vizsgálatából leszűrtek azt a következtetést, hogy a szelénés tökből és a retekcsírából a szelén 97%-ban hasznosul, a szelenit esetében a hasznosulás pedig csak 65%-os. Amikor azonban a glutation peroxidáz alapon vizsgálták a szelénhasznosulást akkor azt tapasztalták, hogy a Na-szelenithez képest mind a szelénés tökből, mind a szelénnel dúsított retekcsírából csak 50%-os volt a hasznosulás.

Hama és mtsai. (2008) a szelénben dúsított japán retek hatását vizsgálták a glutation peroxidáz és a glutation-S-transzferáz aktivitására patkányoknál. Vizsgálataik szerint a szelénben dúsított japán retekcsíra, melynek összes szeléntartalmának 80%-át a szeleno-metil-szeleno-csisztein tette ki, gátolta az emlőtumor kialakulását, melyet 7,12-dimetil-benz(a)antracénnel váltottak ki patkányok esetében. A szelénben dúsított japán retekcsíra oxidatív stresszre gyakorolt hatását vizsgálva 344 nőtényi patkányt vontak be a kísérletekbe, melynek során a szelénben dúsított csírával 0; 2,4; 5,0; 8,8 és 12,5 mg/kg szelénmennyiséget etettek három héten keresztül, melyet a kereskedelmi forgalomban kapható patkánytáphoz keverték. Mérték a patkányok májának, veséjének és tüdejének glutation peroxidáz és glutation-S-transzferáz aktivitását. A legnagyobb szeléntartalmú dózis etetésekor (12,5 mg/kg) a vér szeléntartalma volt a legnagyobb, melyet követett a máj, és legkisebb volt a tüdőé. A 12,5 mg/kg szeléndiéta csökkentette a testtömeg növekedését, ezzel szemben növelte a máj tömegét.

Li és mtsai. (2008) humán hepatocitákban elemezték a brokkoli csíra kivonat és a szelén szinergizmusát a tioredoxin-reduktáz aktivitásának vizsgálta során. Az élelmiszerekben lévő izotiocianátok szabályozó hatással vannak az emberi sejtkultúrák tioredoxin-reduktáz aktivitására. A szulforafán és a szelén közti szinergizmus indukálja a tioredoxin-reduktáz aktivitást, mind a transzkripció, mind a transláció módosításával. A szulforafán, az erucin és az ibarin szabályozza a tioredoxin-reduktáz expresszióját a humán sejtekben, mind a fehérje, mind a mRNS szintjén. Tanulmányozták a brokkoli extraktum hatását a pusztulóban lévő hepatocitákra, mely gazdag izotiocianátban, szulforafánban, iberinben, és a szelént szinergikusan indukálja. A brokkoli csíra extraktum izotiocianát-tartalma 1,6; 4 és 8 μmol volt, amelyeket a fehérjeszintézis során a mRNS indukcióval teszteltek. A brokkoli csíra indukciója 1,7–2,2-szerese volt a kontrollénak, 0,2–1 μmol szelénnel történő közös kezelés hatására viszont az expresszió 3,0–3,3-szorosára nőtt. Ezen túl a brokkoli csíra extraktum serkentette a celluláris enzimek aktivitását, mely indukció összefüggésben volt a szelén adagolásával. E tények ismeretében állítható, hogy 8 μmol izotiocianát-tartalmú brokkoli csíra extraktum és a szelénadagolás a sejtekben lévő enzimek mennyiségét és aktivitását 3,7–5-szörösére növelte. A szelén vagy a brokkoli csíra kivonat egyedül mintegy kétszeres növekedést eredményezett e téren. Ezek az adatok azt sugallják, hogy a brokkoli csíra a benne lévő izotiocianátok és a szelén közötti fiziológiailag megfelelő koncentrációk alkalmazásával, fontos szerepet tölthet be az oxidatív stressz elleni védekezésben.

Étkezési csírák mikrobiológiai biztonsága

Több tanulmány foglalkozott az élelmi csírák élelmiszer-biztonságával, különösen a mikrobiológiai minőségre koncentráva, de vizsgálták a fizikai és kémiai tulajdonságait és a szennyező anyagokat is (*Thomas és mtsai.*, 2003; *Gabriel*, 2005). Megállapították,

hogy érzékszervi vizsgálatokat kell végezni annak érdekében, hogy megbecsüljék az előcsíráztatási műveletek hatékonyságát a patogén csírák inaktivitása szempontjából is (Gabriel, 2005; Fahey és mtsai., 2006).

Penas és mtsai. (2008) a búza és a mungóbab, valamint a lucerna csíráinak mikrobiológiai biztonságát vizsgálták magas nyomáson végzett kezelés hatására. Különböző idő, nyomás és hőmérséklet kombinációkkal vizsgálták a mungóbab és a lucernamagok csírázó kapacitását, valamint a natív mikrobiológiai állapot javulását. A mungóbab esetében a csírázási kapacitást nem befolyásolta a növekvő hőmérséklet és a 250 MPa-ig terjedő nyomás. Amikor a hőmérséklet 10-ről 40 °C-ra nőtt, az pozitív hatással volt a lucernacsírák életképességére, amit viszont csökkentett a nyomás, amikor azt 100-ról 400 MPa-ra növelték. Csökkent az aerob mezofil és a fekális kolifor baktériumok, valamint az élesztő és penész populáció száma, amikor megnövelték a nyomást és a hőmérsékletet. Megállapították, hogy az optimális kezelési feltételek anélkül, hogy a csírázási kapacitás hiányt szenvedne, 48 °C és 100 MPa a lucerna, és 250 MPa a mungóbab esetében.

IRODALOM

- AACR. (2005). Broccoli sprouts, cabbage, Ginkgo biloba and garlic: a grocery list for cancer prevention. American Association for Cancer Research. Public & Media: News. <http://www.aacr.org/default.aspx?p=1275&d=553> (Access on June 14, 2006)
- Alarcón de la Lastra, C.A., Villegas, I. (2005). Resveratrol as an anti-inflammatory and anti-aging agent: mechanisms and clinical implications. *Molecular Nutrition and Food Research*. 49. 405-430.
- Ambrosone, C.B., McCann, S.E, Freudenheim, J.L, Marshall, J.R., Zhang, Y., Shields, P.G. (2004). Breast cancer risk in premenopausal women is inversely associated with consumption of broccoli, a source of isothiocyanates, but is not modified by GST genotype. *Journal of Nutrition*. 134. 1134-1138.
- Amici, M., Bonfili, L., Spina, M., Cecarini, V., Calzuola, I., Marsili, V., Angeletti, M., Fioretti, E., Tacconi, R., Gianfranceschi, G.L., Eleuteri, A.M. (2008). Wheat sprout extract induces changes on 20S proteasomes functionality. *Biochimie*. 90. 790-801.
- Barillari, J., Canistro, D., Paolini, M., Ferroni, F., Pedulli, G.F., Iori, P., Valgimigli, L. (2005a). Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite container in rocket (*Eruca sativa* Mill.) seeds and sprouts. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 53. 2475-2482.
- Barillari, J., Cervellati, R. Paolini, M., Tatibouët, A., Rollin, P., Iori, R. (2005b). Isolation of 4-methylthio-3-butenyl glucosinolate from *Raphanus sativus* sprouts (Kaiware-daikon) and its redox properties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 53. 9890-9896.
- Bellostas, N., Kachlicki, P., Sørensen, H., Sørensen, J.C. (2007). Glucosinolate profiling of seeds and sprouts of *B. Oleracea* varieties used for food. *Scientia Horticulturae*. 114. 234-242.
- Bennett, R.N., Rosa, E.A.S., Mellon, F.A., Kroon, P.A. (2006). Ontogenic profiling of glucosinolates, flavonoids, and other secondary metabolites in *Eruca sativa* (salad rocket), *Diplotaxis eruroides* (Wall rocket), *Diplotaxis tenuifolia* (wild rocket) and *Bunias orientalis* (Turkish rocket). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54. 4005-4015.
- Bennett, R.N., Wallsgrave, R.M. (1994). Secondary metabolites in plant defence mechanisms Tansley. *The New Phytologist*. 127. 617-633.

- Bertelli, D., Plessi, M., Braghiroli, D., Monzani, A. (1998): Separation by solid phase extraction and quantification by reverse phase HPLC of sulforaphane in broccoli. *Food Chemistry*. 63. 417-421.
- Brandt, K., Christensen, L.P., Hansen-Møller, J., Hansen, S.L., Haraldsdottir, J., Jespersen, L., Purup, S., Kharazmi, A., Barkholt, V., Frøkiær, H., Kobæk-Larsen, M. (2004). Health promoting compounds in vegetables and fruits: a systematic approach for identifying plant components with impact on human health. *Trends in Food Science and Technology*. 15. 384-393.
- Clarke, J., Dashwood, R.H., Hoa, E. (2008). Multi-targeted prevention of cancer by sulforaphane. *Cancer Letters*. 269. 2. 291-304.
- Conaway, C.C., Getahun, S.M., Liebes, L.L., Pusateri, D., Botero-Omary, M., Chung, F.L. (2000). Disposition of glucosinolates and sulforaphane in humans after ingestion of steamed and fresh broccoli. *Nutrition and Cancer*. 38. 168-178.
- Doblado, R., Frias, J., Vidal-Valverde, C. (2007). Changes in vitamin C content and antioxidant capacity of raw and germinated cowpea (*Vigna sinensis* var. *carilla*) seeds induced by high pressure treatment. *Food Chemistry*. 101. 918-923.
- Fahey, J.W., Talalay, P. (1999). Antioxidant functions of sulforaphane: a potent inducer of Phase-II detoxication enzymes. *Food Chemical Toxicology*. 37. 973-979.
- Fahey, J.W., Ourisson, P.J., Degan, F.H. (2006). Pathogen detection, testing, and control in fresh broccoli sprouts. *Nutrition Journal*. 5. 13.
<http://www.nutritionj.com/content/5/1/13>
- Fahey, J.W., Zhang, Y., Talalay, P. (1997). Broccoli sprouts: an exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 94. 10367-10372.
- Ferlay, J., Bray, F., Pisani, P., Parkin, D. (2004): *GLOBAL CAN: 2002 Cancer Incidence, Mortality and Prevalence Worldwide*. IARC Press, Lyon, France.
- Fernandez-Orozco, R., Frias, J., Zielinski, H., Piskula, M.K., Kozłowska, H., Vidal-Valverde, C. (2008). Kinetic study of the antioxidant compounds and antioxidant capacity during germination of *Vigna radiata* cv. *emerald*, *Glycine max* cv. *Jutro* and *Glycine max* cv. *Merit*. *Food Chemistry*. 111. 622-630.
- Fernández-Orozco, R., Piskula, M.K., Zielinski, H., Kozłowska, H., Frias, J., Vidal-Valverde, C. (2006). Germination as a process to improve the antioxidant capacity of *Lupinus angustifolius* L. var. *Zapaton*. *European Food Research and Technology*. 223. 495-502.
- Finley, J.W. (2005). Proposed criteria for assessing the efficacy of cancer reduction by plant foods enriched in carotenoids, glucosinolates, polyphenols and selenocompounds. *Annals of Botany*. 95. 1075-1096.
- Frias, J., Martinez-Villaluenga, C., Gulewicz, P., Perez-Romero, A., Pilarski, R., Gulewicz, K., Vidal-Valverde, C. (2007). Biogenic amines and HL60 cytotoxicity of alfalfa and fenugreek sprouts. *Food Chemistry*. 105. 959-967.
- Frias, J., Miranda, M.L., Doblado, R., Vidal-Valverde, C. (2005a): Effect of germination and fermentation on the antioxidant vitamin content and antioxidant capacity of *Lupinus albus* L. var. *Multolupa*. *Food Chemistry*. 92. 211-220.
- Frias, J., Zielinski, H., Piskula, M.K., Kozłowska, H., Vidal-Valverde, C. (2005b): Inositol phosphate content and trypsin inhibitor activity in ready-to-eat cruciferous sprouts. *Food Chemistry*. 93. 331-336.
- Gabriel, A.A. (2005). Microbial quality of chlorine soaked mung bean seeds and sprouts. *Food Science and Technology Research*. 11. 95-100.

- Gamet-Payraastre, L. (2006). Signaling pathways and intracellular targets of sulforaphane mediating cell cycle arrest and apoptosis. *Current Cancer Drug Targets*. 6. 135-145.
- Gergely, V., Montes-Bayón, M., Fodor, P., Sanz-Medel, A. (2006). Selenium species in aqueous extracts of alfalfa sprouts by two-dimensional liquid chromatography coupled to inductively coupled plasma mass spectrometry and electrospray mass spectrometry detection. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54. 13. 4524-4530.
- Gil, V., Macloed, A.J. (1980). Benzylglucosinolate degradation in *Lepidium sativum*: effects of plant age and time of autolysis. *Phytochemistry*. 19. 1365-1368.
- Gill, C.I.R., Haldar, S., Porter, S., Matthews, S., Sullivan, S., Coulter, J., McGlynn, H., Rowland, I. (2004). The effect of cruciferous and leguminous sprouts on genotoxicity, in vitro and in vivo. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*. 13. 1199-1205.
- Glendening, T.M., Poulton, J.E. (1988). Glucosinolate biosynthesis. Sulfation of desulfobenzylglucosinolate by cell-free extracts of cress (*Lepidium sativum* L.) seedlings. *Plant Physiology*. 86. 319-321.
- González-Barrio, R., Beltrán, D., Cantos, E., Gil, M.I., Espin, J.C., Tomás-Barberán, F.A. (2006). Comparison of ozone and UV-C treatments on the postharvest silbenoid monomer, dimer and trimer induction in var. „Superior” white table grapes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54. 4222-4228.
- Haddad, P.S., Azar, G.A., Groom, S., Boivin, M. (2005). Natural health products, modulation of immune function and prevention of chronic diseases. *Evidence-Based Research in Complementary and Alternative Medicine*. 2. 512-520.
- Hama, H., Jamanoshita, O., Chiba, M., Takeda, I., Nakajima, T. (2008). Selenium-enriched Japanese radish sprouts influence glutathione peroxidase and glutathione S-transferase in an organ-specific manner in rats. *Journal of Occupational Health*. 50. 147-154.
- Harrison, H.C. (1994). Growing Edible Sprouts at Home (A3385). University of Wisconsin-Extension (UWEX), Cooperative Extension Publications RP-04-94-1.5M-20-MS. Madison, Wisconsin, USA.
- Heaney, R.K., Fenwick, G.R. (1987). In: *Natural Toxicants in Foods: Progress and Prospects*. Ellis Horwood Series in Food Science and Technology. (Ed. Watson, H.) Ellis Horwood, Chichester, UK, 76-109.
- Ho, C.Y., Lin, Y.T., Labbe, R.G., Shetty, K. (2006). Inhibition of *Helicobacter pylori* by phenolic extracts of sprouted peas (*Pisum sativum* L.) *Journal of Food Biochemistry*. 30. 21-34.
- Holst, B., Williamson, G. (2004). A critical review of the bioavailability of glucosinolates and related compounds. *Natural Product Reports*. 21. 425-447.
- Hsu, C.K., Chiang, B.H., Chen, Y.S., Yang, J.H., Liu, C.L. (2008). Improving the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn) sprout with trace element water. *Food Chemistry*. 108. 633-641.
- International Food Information Council Foundation (2006). Functional foods fact sheet: antioxidants. <http://www.ific.org/publications/factsheets/antioxidantfs.cfm>
- Janicki, B., Kupcewicz, B., Napierala, A., Madzielewska, A. (2005). Effect of temperature and light (UV, IR) on flavonol content in radish and alfalfa sprouts. *Folia Biologica*. 53. 121-125.
- Jeffery, E.H., Jarrell, V. (2001). Cruciferous vegetables and cancer prevention. In: *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods*. (Ed. Wildman REC.) CRC Press: Boca Raton FL, 169-192.

- Kayodé, P.A.P., Nout, M.J.R., Bakker, E.J., Van Boekel, M.A.J.S. (2006). Evaluation of the simultaneous effects of processing parameters on the iron and zinc solubility of infant sorghum porridge by response surface methodology. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54. 4253-4259.
- Kensler, T.W., Jacobson, L.P., Wiang, J.B., Fahey, J.W., Ye, L., Chen, J.G., Egner, P.A., Stephenson, K.K., Coady, J.L. (2005). Effects of glucosinolate-rich broccoli sprouts on urinary levels of aflatoxin-DNA adducts and phenanthrene tetraols in a randomized clinical trial in He Zuo township, Qidong, People's Republic of China. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*. 14. 2605-2613.
- Kim, E.H., Kim, S.H., Chung, J.I., Chi, H.Y., Kim, J.A., Chung, I.M. (2006). Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill) and sprouts grown under different conditions. *European Food Research and Technology*. 222. 201-208.
- Kim, S.J., Zaidul, I.S.M., Maeda, T., Suzuki, T., Hashimoto, N., Takigawa, S., Noda, T., Matsuura-Endo, C., Yamauchi, H. (2007). A time-course study of flavonoids in the sprouts of tartary (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) buckwheats. *Scientia Horticulturae*. 115. 13-18.
- Kim, S.L., Kim, S.K., Park, C.H. (2004). Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Research International*. 37. 319-327.
- Kim, S.D., Kim, S.H., Hong, E.H. (1993). Composition of soybean sprout and its nutritional value. *Korean Soybean Sigest*. 10. 1-9.
- Kim, S.K. (1998). Application of chitin and chitosan in agriculture. *Journal of Chitin Chitosan*. 3. 327-342.
- Kim, S.O. (1988). Effect of growth regulators on growth and vitamin C biosynthesis during germination of soybeans. *Journal Korean Society Food and Nutrition*. 17. 115-124.
- King, R.E., Bomser, J.A., Min, D.B. (2006). Bioactivity of resveratrol. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 5. 65-70.
- Kumar, V., Rani, A., Pandey, V., Chauhan, G.S. (2006). Changes in lipoxygenase isozymes and trypsin inhibitor activity in soybean during germination at different temperatures. *Food Chemistry*. 99. 563-566.
- Kuo, Y.H., Rozan, P., Lambein, F., Frias, J., Vidal-Valverde, C. (2004). Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. *Food Chemistry*. 86. 537-545.
- Lampe, J.W., Peterson, S. (2002). Brassica, biotransformation and cancer risk: genetic polymorphism alter the preventive effects of cruciferous vegetables. *Journal of Nutrition*. 132. 2991-2994.
- Lee, S.O., Lee, I.S. (2006). Induction of quinone reductase, the phase 2 anticarcinogenic marker enzyme, cells by radish sprouts, *Raphanus sativus* L. *Journal of Food Sciences*. 71. S144-S148.
- Lee, Y.S., Kim, Y.H., Kim, S.B. (2005). Changes in the respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts in response to chitosan of different molecular weights. *HortScience*. 40. 1333-1335.
- Li, D., Wub, K., Forbes Howie, A., Beckett, G.F., Wang, W., Bao, Y. (2008). Synergy between broccoli sprout extract and selenium in the upregulation of thioredoxin reductase in human hepatocytes. *Food Chemistry*. 110. 193-198.
- Liang, H., Yuan, Q., Xiao, Q. (2005). Purification of sulforaphane from *Brassica oleracea* seed meal using low-pressure column chromatography. *Journal of Chromatography*. 828. 91-96.

- Liang, Y.S., Kim, H.K., Lefeber, A.W.M., Erkelens, C., Choi, Y.H., Verpoorte, R. (2006). Identification of phenylpropanoids in methyl jasmonate treated *Brassica rapa* leaves using two-dimensional nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of Chromatography*. 1112. 148-155.
- Linnemann, A.R., Benner, M., Verkerk, R., van Boekel, M.A.J.S. (2006). Consumer-driven food product development. *Trends in Food Science and Technology*. 17. 184-190.
- Lintschinger, J., Fuchs, N., Moser, H., Jager, R., Hlebeina, T., Markolion, G., Gössler, W. (1997). Uptake of various trace elements during germination of wheat, buckwheat and quinoa. *Plant Foods for Human Nutrition*. 50. 223-237.
- Lopez-Amoros, M.L., Hernandez, T., Estrella, I. (2006). Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19. 277-283.
- Martínez-Sánchez, A., Allende, A., Bennett, R.N., Ferreres, F., Gil, M.I. (2006). Microbial, nutritional and sensory quality of Rocket leaves as affected by different sanitizers. *Postharvest Biology and Technology*. 42. 1. 86-97.
- Martinez-Villaluenga, C., Frias, J., Gulewicz, P., Gulewisz, K., Vidal-Valverde, C. (2008). Food safety evaluation of broccoli and radish sprouts. *Food and Chemical Toxicology*. 46. 1635-1644.
- Mbithi-Mwikya, S., Van Camp, J., Yiru, Y., Huyghebaert, A. (2000). Nutrient and antinutrient changes in finger millet (*Eleusine coracana*) during sprouting. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 33. 9-14.
- Moreno, D.A., Carvajal, M., López-Berenguer, C., García-Viguera, C. (2006). Chemical and biological characterization of nutraceutical compounds of broccoli. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 41. 1508-1522.
- Morton, M.S., Griffiths, K., Wilcox, G., Wahlqvist, M.L. (1994). Determination of lignans and isoflavonoids in human female plasma following dietary supplementation. *Journal of Endocrinology*. 142. 251-259.
- Munday, R., Munday, C.M. (2002). Selective induction of phase II enzymes in the urinary bladder of rats by allyl isothiocyanate, a compound derived from *Brassica* vegetables. *Nutrition and Cancer*. 44. 52-59.
- Murashima, M., Watanabe, S., Zhuo, X.G., Uehara, M., Kurashige, A. (2004). Phase I study of multiple biomarkers for metabolism and oxidative stress alter one-week intake of broccoli sprouts. *BioFactors*. 22. 271-275.
- Murillo, G., Mehta, R.G. (2001). Cruciferous vegetables and cancer prevention. *Nutrition and Cancer*. 41. 17-28.
- Nakagawa, K., Umeda, T., Higuchi, O., Tsuzuki, T., Miyazawa, T. (2006).: Evaporative light-scattering analysis of sulforaphane in broccoli samples: quality of broccoli products regarding sulforaphane contents. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54. 2479-2483.
- Nodaa, T., Takigawaa, S., Matsuura-Endoa, C., Saitoa, K., Takataa, K., Tabikia, T., Wickramasingheb, T.A.M. (2004). The physicochemical properties of partially digested starch from sprouted wheat grain. *Carbohydrate Polymers*. 56. 271-277.
- Nugon-Baudon, L., Szyllit, O., Raibaud, P. (1988). Production of toxic glucosinolate derivatives from rapeseed meal by intestinal microflora of rat and chicken. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 43. 299-308.
- Penas, E., Gomez, R., Frias, H., Vidal-Valverde, C. (2009). Efficacy of combinations of high pressure treatment, temperature and antimicrobial compounds to improve the microbiological quality of alfalfa seeds for sprout production. *Food Control*. 20. 31-39.

- Penas, E., Gomez, R., Frias, J., Vidal-Valverde, C. (2008). Application of high-pressure on alfalfa (*Medicago sativa*) and mung bean (*Vigna radiata*) seeds to enhance the microbiological safety of their sprouts. *Food Control*. 19. 698-705.
- Pereira, F.M.V., Rosa, E., Fahey, J.W., Stephenson, K.K., Carvalho, R., Aires, A. (2002). Influence of temperature and ontogeny on the levels of glucosinolates in broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) sprouts and their effect on the induction of mammalian phase 2 enzymes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 50. 6239-6244.
- Perez-Balibrea, S., Moreno, D.A., García-Viguera, C. (2006). Determination of the health-promoting compounds of broccoli sprouts grown under two different light conditions: In: *Future Trends in Phytochemistry. A young Scientists Symposium*. Palacký University & Institute of Experimental Botany AS and the Phytochemical Society of Europe (Olomouc, Czech Republic).
- Perocco, P., Bronzetti, G., Canistro, D., Valgimigli, L., Sapone, A., Affatato, A., Pedulli, G.F., Pozzetti, L., Broccoli, M., Iori, R., Barillari, J., Sblendorio, V., Legator, M.S., Paolini, M., Abdel-Rahman, S.Z. (2006). Glucoraphamin, the bioprecursor of the widely extolled chemopreventive agent sulforaphane in humans after ingestion of steamed and fresh broccoli. *Nutrition and Cancer*. 38. 168-178.
- Poulev, A., O'Neal, J.M., Logendra, S., Pouleva, R., Tineva, V., Garvey, A.S., Gleba, D., Jenkins, I.S., Halpern, B.T., Kneer, R., Cragg, G.M., Raskin, I. (2003). Elicitation, a new window into plant chemodiversity and phytochemical drug discovery. *Journal of Medicinal Chemistry*. 46. 2542-2547.
- Randhir, R., Kwon, Y.I., Shetty, K. (2008). Effect of thermal processing on phenolics, antioxidant activity and health-relevant functionality of select grain sprouts and seedlings. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 9. 355-364.
- Reinli, K., Block, G. (1996). Phytoestrogen content of foods – a compendium of literature values. *Nutrition & Cancer* 26. 123-148.
- Rozañ, P., Kuo, Y.H., Lambein, F. (2001). Amino acids in seeds and seedlings of the genus *Lens*. *Phytochemistry*. 58. 281-289.
- Sangronis, E., Machado, C.J. (2007). Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *LWT*. 40. 116-120.
- Sato, K., Kudo, Y., Muramatsu, K. (2004). Incorporation of a high level of vitamin B12 into a vegetable, kaiware daikon (Japanese radish sprout), by the absorption from its seeds. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1672. 135-137.
- Schenker, S. (2002). Facts behind the headlines. Broccoli. *British Nutrition Foundation – Nutrition Bulletin*. 27. 159-160.
- Schneeman, B.O. (2004). Emerging food technology and world health. *Journal of Food Sciences*. 69. C123-C126.
- Shapiro, T.A., Fahey, J.W., Wade, K.L., Stephenson, K.K., Talalay, P. (2001). Chemoprotective glucosinolates and isothiocyanates of broccoli sprouts: metabolism and excretion in humans. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*. 10. 501-508.
- Shetty, K., McCue, P. (2003). Phenolic antioxidant biosynthesis in plants for functional food application: integration of systems biology and biotechnological approaches. *Food Biotechnology*. 17. 67-97.
- Shikita, M., Fahey, J.W., Goleen, T.R., Holtzclaw, W.D., Talalay, P. (1999). An unusual case of 'uncompetitive activation' by ascorbic acid: purification and kinetic properties of a myrosinase from *Raphanus sativus* seedlings. *Biochemical Journal*. 341. 725-732.

- Sripriya, G., Antony, U., Chandra, T.S. (1997). Changes in carbohydrate, free amino acids, organic acids, phytate and HCl extractability of minerals during germination and fermentation of finger millet (*Eleusine coracana*). *Food Chemistry*. 58-4. 3455-3501.
- Sugihara, S., Kondu, M., Chihara, Y., Yuji, M., Hattori, H., Yoshida, M. (2004). Preparation of Selenium-enriched Sprouts and Identification of their Selenium Species by High-performance Liquid Chromatography- Inductively Coupled plasma Mass Spectrometry. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 68. 1. 193-199.
- Sung, H.G., Shin, H.T., Ha, J.K., Lai, H.L., Cheng, K.J., Lee, J.H. (2005). Effect of germination temperature on characteristics of phytase production from barley. *Bioresource Technology*. 96. 1297-1303.
- Takaya, Y., Kondo, Y., Furukawa, T., Niwa, M. (2003). Antioxidant constituents of radish sprout (*Kaiware-daikon*), *Raphanus sativus* L. *Journal Agric. Food Chem.*, 51. 8061-8066.
- Thomas, J.L., Palumbo, M.S., Farrar, J.A., Farver, T.B., Cliver, D.O. (2003). Industry practices and compliance with U.S. Food and Drug Administration Guidelines among California sprout firms. *Journal of Food Protection*. 66. 1253-1259.
- Tokiko, M., Koji, Y. (2006). Proximate composition, fatty acid composition and free amino acid composition of sprouts. *Journal for the Integrated Study of Dietary Habits*. 16. 4. 369-375.
- Ubbink, J., Mezzenga, R. (2006). Delivery of functionality in complex food systems: introduction. *Trends in Food Science and Technology*. 17. 194-195.
- Urbano, G., Aranda, P., Vilchez, A., Aranda, C., Cabrera, L., Porres, J., Lopez-Jurado, M. (2005a). Effects of germination on the composition and nutritive value of proteins in *Pisum Sativum*, L. *Food Chemistry*. 93. 671-679.
- Urbano, G., López-Jurado, M., Frejnagel, S., Gómez-Villalva, E., Porres, J.M., Frías, H., Vidal-Valverde, C., Aranda, P. (2005b). Nutritional assessment of raw and germinated pea (*Pisum sativum* L.) protein and carbohydrate by in vitro and in vivo techniques. *Nutrition*. 21. 230-239.
- Urbano, G., López-Jurado, M., Aranda, C., Vilchez, A., Cabrera, L., Porres, J.M., Aranda, P. (2006). Evaluation of zinc and magnesium bioavailability from pea (*Pisum sativum* L.) sprouts. Effect of illumination and different germination periods. *International Journal of Food Science and Technology*. 41. 618-626.
- Valenzano, D.R., Cellerino, A. (2006). Resveratrol and the pharmacology of aging: a new vertebrate model to validate an old molecule. *Cell Cycle*. 5. 1027-1032.
- Vitaglione, P., Sforza, S., Galaverna, G., Ghidini, C., Caporaso, N., Vescovi, P.P., Fogliano, V., Marchelli, R. (2005). Bioavailability of transresveratrol from red wine in humans. *Molecular Nutrition and Food Research*. 49. 495-504.
- Wanasundara, P.K.J.P.D., Shahidi, F., Brosnan, M.E. (1999). Changes in flax (*Linum usitatissimum*) seed nitrogenous compounds during germination. *Food Chemistry*. 65. 289-295.
- Wang, K.H., Lai, Y.H., Chang, J.C., Ko, T.K., Shyu, S.L., Chiou, R.Y.Y. (2005). Germination of peanut kernels to enhance resveratrol biosynthesis and prepare sprouts as a functional vegetable. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 53. 242-246.
- Webb, G.P. (2006). *Dietary Supplements and Functional Foods*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 1-120.

- Wolucka, B.A., Goossens, A., Inzé, D. (2005). Methyl jasmonate stimulates the de novo biosynthesis of vitamin C in plant cell suspensions. *Journal of Experimental Botany*. 56. 2527-2538.
- Xu, M.J., Dong, J.F., Zhu, M.Y. (2005). Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprouts. *Journal of the Science of Food Agriculture*. 85. 943-947.
- Ye, L., Dinkova-Kostova, A.T., Wade, K.L., Zhang, Y., Shapiro, T.A., Talalay, P. (2002). Quantitative determination of dithiocarbamates in human plasma, serum erythrocytes and urine: pharmacokinetics of broccoli sprout isothiocyanates in humans. *Clinica Chimica Acta*. 316. 43-53.
- Yoshida, M., Okada, T., Namikawa, Y., Matsuzaki, Y., Nishiyama, T., Fukunaga, K. (2007a). Evaluation of nutritional availability and anti-tumor activity of selenium contained in selenium-enriched kaiware radish sprouts. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 71. 9. 2198-2205.
- Yoshida, M., Sano, K., Ishiyuki, E., Nishiyama, T., Fukunaga, K. (2007b). Assessment of nutritional availability of selenium-enriched pumpkin. *Biomed Res Trace Elements*. 18. 4. 391-394.
- Zhao, J., Davis, L.C., Verpoorte, R. (2005). Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnology Advances*. 23. 283-333.
- Zielinski, H., Frias, J., Piskula, M.K., Kozłowska, H., Vidal-Valverde, C. (2005). Vitamin B₁ and B₂ dietary fiber and minerals content of Cruciferae sprouts. *European Food Research and Technology*. 221. 78-63.

Levelezési cím (*Corresponding authors*):

Márton Melinda

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Campus
RO-530104 Csíkszereda, Szabadság tér 1.

*Sapientia Hungarian University of Transsylvania, Csíkszereda Campus
RO-530104 Csíkszereda, Szabadság tér 1.*

Tel.:+40-266-317-121, Fax:+40-266-314-657

e-mail: martonmelinda@sapientia.siculorum.ro