

Zárójelentés

A táplálkozástudományban szinte már közhelynek számít, hogy napi 400-600 g zöldség-, gyümölcs- és főzelékféle elfogyasztása összefüggésbe hozható számos megbetegedés, közöttük a daganatos elváltozások csökkent incidenciájával. Abban a folyamatban, amely a mezőgazdaság 10.000 évvel ezelőtt kezdődött fejlődésével együtt lassan megindult, az ember fokozatosan eltávolodott a változatos, növényi alapú étrendtől, amely nemcsak az esszenciális vitaminokat és nyomelemeket biztosította számára, hanem mintegy 25.000 féle fitonutriest is, s így a 20. század végére eljutott a finomított gabona, a cukor és a só hármasan alapuló étrendig. A vadászó-gyűjtögető társadalmak vizsgálatával foglalkozó irodalmak több, mint 800 féle növényi ételkészlet fogyasztásáról számolnak be, ugyanakkor a földművelő-állattenyésztő társadalmakban termelt és fogyasztott növény-féleségek száma jóval alacsonyabb, alig éri el a 200-at. Fitonutriensek azok a növényi hatóanyagok, melyek ugyan nem tekinthetők tápanyagoknak az ember számára, ugyanakkor hiányos fogyasztásuk következtében megbetegedések kialakulása valószínűsíthető. A fitonutriensek legtöbb esetben a növényi metabolizmus szekunder termékei, de jelentős feladatuk a növényi sejtek védelme is a különböző károsító hatásokkal szemben. A fitonutriensek pozitív szerepét a legtöbb civilizációs megbetegedés prevenciójában epidemiológiai és laboratóriumi vizsgálatok eredményei is igazolták. A fitonutriensek közé tartoznak a glükozinolátok és hidrolízis termékeik, az indolok és izotiocianátok, a fitoösztrogén izoflavonoidok és lignánok, az inozitol-foszfátok, például a fitinsav, az egyszerű fenolok, a polifenolok és ciklikus fenoloid komponensek, a fitoszterinek, a szaponinok, a proteáz inhibitorok, valamint a kéntartalmú allil-diszulfidok és tiolok.

A fitonutriensekkel kapcsolatos tudományos ismeretek száma az utóbbi két évtizedben jelentősen nőtt, de sok kérdésre keressük a választ napjainkban is. A fitonutriensek élettani hatásának megismerése érdekében komplex vizsgálati rendszer alkalmazása szükséges. Ennek elő része a fitonutriens kémiai szerkezetének megismerése. Ez a vizsgálat napjainkban komoly, fejlett műszerezettséget igényel, például nagyhatékonyságú folyadékkromatográfhoz kapcsolt tömegspektrométert, mivel a legtöbb, eddig még ismeretlen szerkezetű fitonutriens kis mennyiségben, de rendkívül változatos szerkezeti formában található meg a növényi ételkészletekben. A fitonutriensek kémiai-biokémiai tulajdonságainak megismerése *in vitro* teszt rendszerben megvalósítható, például screenelni lehet az antioxidáns és gyökfogó tulajdonságokat. A konkrét táplálkozási ajánlások érdekében szükséges megismerni azokat a növényi ételkészleteket, melyek az adott fitonutriens ételmi forrásai lehetnek, ill. a fitonutriens koncentrációját az adott ételkészletben. Ehhez kapcsolódóan célszerű megvizsgálni a fitonutriens koncentrációját befolyásoló tényezőket, például a növényfajta, a termesztési, éghajlati körülmények, ételkészlet feldolgozási eljárások hatását. Végül a teljes kép kialakítása érdekében *in vivo* vizsgálatok elvégzése is szükséges a szervezeten belül lejátszódó folyamatok megismerése érdekében, állatkísérletes és/vagy humán vizsgálatokban. E vizsgálatok célja a felszívódási, hasznosulási folyamatok, a biomarkerek, az élettani folyamatok megismerése.

In vitro vizsgálatok

13 különböző zöldségféle (összesen 27 minta) és 24 zöldséglé *in vitro* antioxidáns tulajdonságait, valamint további 26 féle nyers, ill. szárított zöldségféle (4 ismétlésben) flavonoid-összetételét teszteltük. A minták beszerzése kereskedelmi forgalomból történt. A mintákban meghatároztuk a C-vitamin, a tokoferolok és a polifenolos vegyületek mennyiségét, egyes mintákban a flavonoid-összetételt, valamint vizsgáltuk a minták

antioxidáns tulajdonságait, a hidrogén-donor aktivitást, a redukáló-képességet, esetenként a TAS értéket.

A zöldségfélék és a zöldséglevelek antioxidáns komponenseinek mennyisége, valamint az antioxidáns tulajdonságok jellemzői az **1. táblázatban** láthatók. A kereskedelmi forgalomból beszerzett különböző zöldségfélék C-vitamin, tokoferol és polifenol-tartalma rendkívül nagy változatosságot mutatott. A két különböző helyről származó zöldségek között is nagy volt eltérés, különösen a C-vitamin tartalom tekintetében. A karfiol, a brokkoli és a fejes káposzta esetében három-négyszeres C-vitamin különbséget tapasztaltunk. A vizsgált minták C-vitamin tartalma mintegy fele-harmada azoknak az értékeknek, melyek a hazai és nemzetközi tápanyagtáblázatokban megtalálhatók. A kereskedelmi forgalomból származó savanyított káposzta C-vitamin tartalma rendkívül alacsony annak ellenére, hogy általános vélemény szerint téli időszakban ez az élelmiszer kiváló C-vitamin forrás. A jelenlegi adat szerint legalább naponta 300 g-ot kellene elfogyasztani belőle, hogy fedezzük a napi C-vitamin szükségletünket. A tokoferol tekintetében hasonló a helyzet: a különböző tápanyagtáblázatok magasabb értékekről számolnak be, mint az általunk mért adatok. A vizsgált 27 mintából csak öt zöldségfélében tudtunk tokoferolt kimutatni és ezek az értékek is jóval alacsonyabbak, mint a Tápanyagtáblázatban közöltek.

Az általunk mért, a korábbi és nemzetközi adatoktól eltérően alacsony C-vitamin és tokoferol értékek okát jelenleg nem tudjuk. Más növényi élelmiszerek vizsgálata (paprika, paradicsom) során is tapasztaltuk, hogy a C-vitamin és a tokoferol értékek alacsonyabbak, mint a korábban közölt adatok. A bioaktív anyagok koncentrációja természetesen nagymértékben függ a vizsgált növény fajtájától, a termelési feltételektől, a tárolás körülményeitől és annak időtartamától. Ugyanakkor egy nagyon lényeges következménye lehet ezeknek az alacsony értékeknek. A hazai lakosság különböző csoportjainál több vizsgálatosorozat keretében tápláltsági állapot felmérések történtek és történnek jelenleg is Intézetünkben. A felmérések során egy háromnapos fogyasztási kérdőív segítségével a különböző tápanyagok, vitaminok, ásványi anyagok napi beviteli értékeinek meghatározása is megtörténik. A kalkulációhoz használt számítógépes adatbázisban a hazai és nemzetközi tápanyagtáblázatokban fellelhető adatok jelennek meg. Mivel feltételezhető, hogy a hazai lakosság sok esetben sokkal alacsonyabb vitamin-tartalmú élelmiszereket fogyaszt, mint amilyenek az adatbázisban megjelennek, elképzelhető, hogy hazai lakosság antioxidáns bevitelére még annál is rosszabb, mint amit jelenleg gondolunk.

A polifenolos vegyületek mennyiségére vonatkozóan nincsenek összehasonlító adatok. Az egyes fajták között nagy a változatosság, legmagasabb értékeket (400-424 mg/100 g) a lila káposztában mértünk, ami nem meglepő, hiszen a növény jellegzetes színét adó antocianidinek is a polifenolos vegyületek közé tartoznak. Jelentős mennyiségben voltak jelen a polifenolos vegyületek a kelbimbóban (208-221 mg/100 g) és a brokkoliban (133-185 mg/100 g). Az egyéb vizsgált zöldségfélékben 40-50 mg/100 g körüli értékben mértük ezeket a vegyületeket, a leggyengébb polifenol forrásnak a retekfélék tekinthetők. A polifenolos vegyületek tekintetében a két különböző helyről származó minta között nem volt olyan jelentős eltérés, mint a C-vitamin és a tokoferol esetében. Korábbi vizsgálataink során paprikákban 80-100 mg/100 g, paradicsomban 60-90 mg/100 g értékben tudtunk polifenolos vegyületeket kimutatni.

A zöldségfélék antioxidáns tulajdonságainak jellemzésére a hidrogén-donor aktivitást és a redukáló-képességet használtuk. Valamennyi vizsgált minta antioxidáns aktivitást mutatott mindkét vizsgálati rendszerben. A hidrogén-donor aktivitás jellemzésére az I_{50} érték szolgál,

mely azt a mennyiséget jelzi, amely 50%-os intenzitás csökkenést eredményez az 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil 517 nm-en mérhető színében. Minél kisebb az érték, annál erősebb a hatás.

1. táblázat Zöldségfélék antioxidáns komponenseinek mennyisége és antioxidáns tulajdonságai

Szám	Zöldségek	Száraz-	C-	Összes	Összes	Reduká-	H-donor
		anyag	vitamin	tokoferol	polifenol	lóképesség	aktivitás
		%	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	ASE/ml	I ₅₀ (μl)
1.*	Fekete retek 1.	7,9	13,5	nd	37,3	0,96	368
2.*	Fekete retek 2.	6,8	26,4	nd	41,3	2,39	105
3.*	Jégcsap retek 1.	5,2	12,2	nd	16,1	1,45	88,2
4.*	Jégcsap retek 2.	6	22	nd	18,7	3,04	64,8
5.	Kelbimbó 1.	16,8	33	0,3	208	12,5	34,0
6.	Kelbimbó 2.	16,4	22	0,4	221	13,11	17,8
7.*	Karalábé 1.	8,6	15,8	nd	42,7	2,73	64,1
8.*	Karalábé 2.	8,2	38,5	nd	48,5	3,54	37,5
9.*	Kínai kel 1.	6,1	17,8	nd	36,6	2,6	88,3
10.*	Kínai kel 2.	6,4	19,2	0,22	39,6	2,73	106
11.	Karfiol 1.	9,3	9,2	nd	54,5	4,77	106
12.	Karfiol 2.	7,6	38,9	nd	45,3	4,56	60
13.*	Kelkáposzta 1.	10,2	5,6	0,1	49,1	4,52	192
14.	Kelkáposzta 2.	12,3	12,2	nd	57,9	5,85	122
15.*	Lila káposzta 1.	9,0	17,7	nd	400	12,9	8,4
16.*	Lila káposzta 2.	9,2	23,2	nd	424	19,7	4,6
17.*	Fejes káposzta 1.	8,1	9,9	nd	36,2	4,19	124
18.*	Fejes káposzta 2.	8,9	25,5	nd	38,9	3,68	67,2
19.	Brokkoli 1.	12,8	39	0,65	133	5,5	168
20.	Brokkoli 2.	13,2	10,9	-	185	4,9	98
21.*	Savanyú káposzta 1.	9,2	23,7	nd	92,4	4,42	24,9
22.*	Savanyú káposzta 2.	9,4	25,8	nd	90,1	4,19	38
23.*	Bio káposzta	8,8	32,0	-	33	2,24	49,0
24.*	Padlizsán Cava	7,4	3,7	nd	59	2,88	65,6
25.*	Padlizsán Aragon	7,5	3,9	nd	76	4,55	33,3
26.*	Padlizsán Madonna	7,4	4,1	nd	74	4,76	24,3
27.*	Cékla	12,3	12,0	nd	87	10,0	5,5

nd - nem mérhető érték, <0,1 mg/100 g

A csillaggal jelölt minták esetében az antioxidáns tulajdonságok (hidrogén-donor aktivitás, redukáló-képesség) meghatározása a minta homogenizálása után préseléssel nyert léből történt, a nem jelölt minták esetében 2 g anyagot homogenizáltunk 8 ml desztillált vízzel Ultra-Turrax készülékkel, majd préseléssel nyertük a vizsgálati mintát. Ezért a csillaggal jelölt minták esetében az antioxidáns tulajdonságok μl, ill. ml-ben vannak megadva, a csillaggal nem jelölt mintáknál pedig μg, ill. mg-ra vonatkoztatva.

A vizsgált minták közül legerőteljesebb hatást (legkisebb I₅₀ érték) a lila káposzta, a kelbimbó és a savanyú káposzta mutatta. A minták redukáló-képességét az aszkorbinsav hatásához viszonyítottuk, azaz megadtuk azt az aszkorbinsav mennyiségét µmol-ban kifejezve, amelynek redukáló hatásával egyenértékű hatást mutat 1 ml, vagy 1 mg minta. Valamennyi minta jelentős redukáló hatással rendelkezett. Legnagyobb aktivitást a lila káposzta és a kelbimbó esetében tapasztaltunk.

Friss és száraz zöldségfélék flavonoid-összetételét mutatja a **2. táblázat**. A vizsgált minták egyikében sem tudtuk kimutatni ellágsavat és miricetint. Továbbá nem volt jelen kimutatható mennyiségben ellágsav, kvercetin, miricetin, apigenin, luteolin és kempferol a zöldborsó, sárgarépa, retek, fejes káposzta, kelkáposzta, burgonya, zöldbab, cukkini, sütőtök, burgonya, főzötök, karfiol, fehérrépa, száraz tarka és fehérbab, hántolt feles zöld- és sárgaborsó mintákban. Korábbi vizsgálatainknak megfelelően jelentős mennyiségű luteolin és apigenin volt jelen a zöld leveles zöldségekben (zeller és petrezselyem-zöld). A két levélzöldséget kivéve a többi mintában az összes flavonoid-tartalom nem éri el az 50 mg/100 g értéket.

2. táblázat Zöldség- és gyümölcsfélék flavonoid-tartalma (mg/100 g)

Név	Kvercetin	Luteolin	Kempferol	Apigenin	Összes
Karalábé	-	-	2,91 ± 0,36	-	2,91 ± 0,36
Zellergumó	-	-	-	1,43 ± 0,07	1,43 ± 0,07
Zeller zöld	-	221 ± 36	-	543 ± 59	754 ± 53
Fejes saláta	2,9 ± 3,3	-	-	-	2,9 ± 3,3
Fehérrépa	-	-	-	24,9 ± 5,6	24,9 ± 5,6
Petrezselyem-zöld	-	2,1 ± 0,11	-	130,5 ± 10,7	132,6 ± 10,8
Kapor	34,1 ± 2,4	-	2,37 ± 0,02	-	36,5 ± 2,37
Étkezési lencse, száraz			6,5		
Étkezési lencse, száraz			0,2		

-: nem kimutatható.

A vizsgált zöldséglevelek esetében a polifenol-tartalom, mint antioxidáns komponens meghatározása történt, de néhány minta esetében flavonoid-összetételt is vizsgáltunk (**3. táblázat**). Flavonoidokat a minták nagy víztartalma miatt nem sikerült kimutatni. A levek polifenol-tartalma alacsonynak bizonyult a korábban általunk vizsgált gyümölcslevekhöz képest. Legmagasabb polifenol-tartalmat a különböző céklalevekben mértünk, legalacsonyabbat a fekete retekéből származó présleiben. A vizsgált zöldséglevelek mindegyike számottevő antioxidáns kapacitást mutatott. Legerőteljesebb elsőrendű antioxidáns hatású a fekete retek préslé és a céklalevek voltak, leggyengébb H-donor aktivitással a sárgarépa- és a céklalevek rendelkeztek. Redukáló-képesség tekintetében szintén a céklalevek tekinthetők a leghatásosabb termékeknek.

3. táblázat

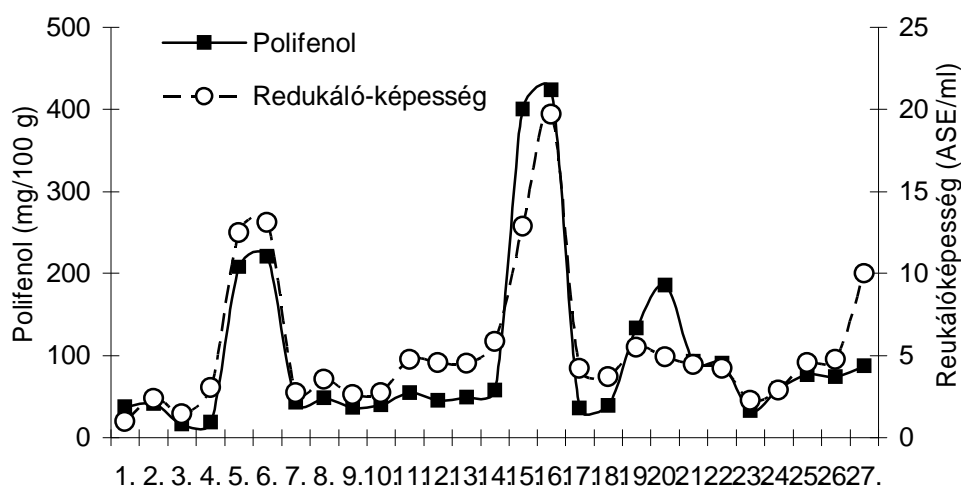
Zöldséglevelek polifenol-tartalma és antioxidáns tulajdonságai

Minta	Polifenol mg/l	DPPH ml, I ₅₀	Redukáló- képesség ASE/ml	TAS mmol/l	Flavono- idok
Bio paradicsomlé 1.	179	57,1	2,59	-	nd
Bio paradicsomlé 2.	188	45,6	2,20	-	-
Bio paradicsom ivólé	516	44	2,52	-	nd
Topjoy prémium paradicsomlé	241	49,5	2,62	-	-
Happy Day paradicsomlé	269	44,6	3,79	-	nd
Jacoby bio céklalé	1778	6,0	19,76	-	-
Pözl bio céklalé	1769	6,4	20,64	-	nd
Rostos zöldséglé bio céklából	213	24,7	4,42	-	-
Vitafood bio céklanektár	1162	13,4	13,16	-	-
Bio céklalé 1.	820	12,1	10,41	-	-
Dr. Steinberger bio céklalé	529	12,4	8,79	7,95	-
Vitafood bio sárgarépanektár	68	9,1	2,40	-	nd
Pözl bio sárgarépalé	354	86,1	2,44	-	-
Alnatura bio sárgarépalé	275	263	2,00	-	-
Dr. Steinberger bio sárgarépalé	264	320	1,89	0,45	-
Bio répalé 1.	357	208	2,88	-	nd
Bio savanyúkáposzta-lé 1.	605	35,9	3,41	-	-
Bio savanyúkáposzta-lé 2.	715	30,3	4,12	-	nd
Bio savanyúkáposzta-lé 3.	255	396	0,98	0,40	-
¹ Vegyes zöldséglé 1.	316	289	2,61	1,00	-
² Vegyes zöldséglé 2.	696	61,6	2,74	0,80	-
³ Vegyes zöldséglé 3.	550	94,5	2,33	-	-
⁴ Fekete retek préslé	25,5	0,54	0,73	97,8	-
Spárga + zeller	360	81,6	3,37	-	-

¹Vegyes zöldséglé 1.: paradicsom, sárgarépa, cékla, zeller, fűszerek (kapor, bazsalikom, kömény, petrezselyemzöld), uborka, hagyma, savanyúkáposztalé, édespaprika; ²Vegyes zöldséglé 2.: paradicsom, paradicsomhøj, sárgarépa, cékla, zeller, hagyma, uborka, savanyúkáposztalé, édespaprika, fűszerek (petrezselyemzöld, kapor, kömény), búzakorpa; ³Vegyes zöldséglé 3.: sárgarépa, zeller, cékla, hagyma, uborka, citromlé; ⁴Fekete retek préslé: C-vitamin: 5 mg/100 ml, tokoferol: 0,31 mg/100 ml, karotin: 0,02 mg/100 ml.

Vizsgálati eredményeink szerint a zöldségminták a C-vitamin és a polifenol-tartalma, valamint a polifenol-tartalma és a hidrogén-donor aktivitása között nincs összefüggés. Ugyanakkor a **1. ábrán** látható, hogy a polifenol-tartalom és a redukáló-képesség görbéi egymással párhuzamosan futnak, e jellemzők között összefüggés lehet. Az egyes komponensek és antioxidáns tulajdonságok között kimutatható szignifikáns korrelációk a **4. táblázatban** láthatók. A zöldségfélék antioxidáns vegyületei közül csak a polifenol-tartalom, valamint a vizsgált összes bioaktív vegyület mennyisége és a redukáló-képesség között volt kimutatható szignifikáns lineáris korreláció. A vizsgált zöldséglevelek esetében szignifikáns korreláció csak a polifenol-tartalom és a redukáló-képesség között volt kimutatható ($r=0,929$).

1. ábra Levél- és gyökérzöldségek polifenol-tartalma és redukáló-képessége közötti összefüggés



4. táblázat Leveles és gyökérzöldségek antioxidáns komponenseinek mennyisége és antioxidáns tulajdonságai közötti összefüggések

	C-vitamin	Összes polifenol	Összes bioaktív anyag	Redukáló-képesség
Összes polifenol	0,11	-	-	-
Redukáló-képesség	0,12	0,896 $p < 2,5 \times 10^{-10}$	0,894 $p < 3,2 \times 10^{-10}$	-
H-donor aktivitás	-0,16	-0,36	-0,37	-0,457 $p < 0,016$

Állatkísérletes vizsgálatok

A vizsgálatok során két állatkísérletet állítottunk be, egyikben liofilizált brokkolit és 10 % izoflavonoid-tartalmú szójakivonatot, a másokban csak a szójakivonatot használtuk tesztanyagként.

Növényi preparátumok (tesztanyagok) tulajdonságai

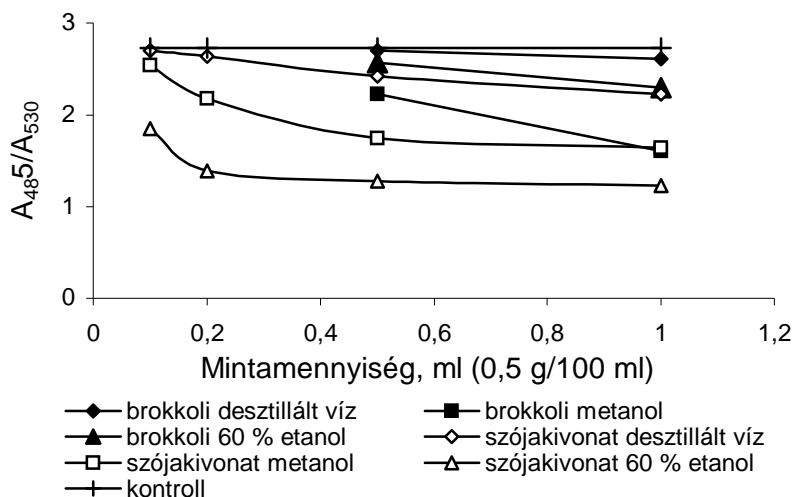
Az állatkísérletek megkezdése előtt a felhasználni kívánt brokkoli port és magas izoflavonoid-tartalmú kivonatot elemeztük ásványianyag-összetétel, antioxidáns komponensek, ill. antioxidáns hatás tekintetében. A növényi anyagok polifenol-tartalmának és antioxidáns tulajdonságainak meghatározása céljából vízzel, metanollal és 60%-os etanollal készítettünk kivonatokat (**5. táblázat**). A választott extrahálószer jelentősen befolyásolta a kioldódott polifenolos vegyületek mennyiségét. Legnagyobb értékeket a brokkoli por esetében a 60% etanos, szójakivonat esetében a metanos extrakcióval kaptunk. A magas izoflavonoid-tartalmú kivonat polifenol-tartalma mintegy ötszöröse volt a brokkoli porénak. A szójakivonat egy étrend-kiegészítőt előállított cég által biztosított anyag volt, a külföldi gyártó 10 % izoflavonoid-tartalmat deklarált. Ezt az értéket az általunk alkalmazott TLC technikával igazolni tudtuk, továbbá a kromatogramból kitűnt, hogy csak daidzein és genistein, ill. ezek glükozidjai találhatóak a mintában.

Az antioxidáns tulajdonságok közül a H-donor aktivitást, a redukálóképességet és a komplexképző aktivitást vizsgáltuk. A H-donor aktivitás esetében a kisebb I_{50} érték erősebb antioxidáns hatásra utal, ezért a brokkoli esetében a vizes kivonat mutatott legerőteljesebb H-donor aktivitás, míg a szójakivonat esetében a 60%-os etanolos kivonat. A redukálóképességet tekintve a brokkoli esetében a desztillált vizes és a 60%-os etanolos kivonat ugyanakkora hatást jelzett, míg a szójapreparátumot vizsgálva a metanolos kivonat bizonyult a legjobbnak. A kontroll (a komplexképző vegyületet nem tartalmazó elegy 485 és 530 nm-en mért abszorbanciájának hányadosa, azaz 2,75) alatti értékek komplexképző aktivitást jeleznek. Leghatásosabb komplexképzést mutatott a 60%-os etanolos és metanolos szójakivonat, majd a metanolos brokkolipor-kivonat (**2. ábra**). A brokkoli porral és a magas izoflavonoid-tartalmú szójakivonattal végzett *in vitro* vizsgálatok erőteljes antioxidáns hatásra utalnak, ez azonban nem bizonyítja a preparátumok *in vivo* antioxidáns hatását.

5. táblázat Az állatkísérletben használt brokkoli por és szójakivonat összetételi jellemzői és antioxidáns tulajdonságai

Jellemző	Extrahálószer	Brokkoli	Szójakivonat
Polifenol-tartalom, mg/100 g	Desztillált víz	814	891
	Metanol	590	4552
	60 % etanol	1151	4520
Izoflavonoid-tartalom, mg/100 g	Daidzein	-	3,97
	Genistein	-	7,45
H-donor aktivitás, I_{50} (mg)	Desztillált víz	1,74	2,19
	Metanol	3,45	0,48
	60 % etanol	1,92	0,32
Redukálóképesség, ASE/mg	Desztillált víz	0,095	0,060
	Metanol	0,067	0,170
	60 % etanol	0,094	0,160

2. ábra A brokkoli por és a szójakivonat komplexképző aktivitása az extrahálószer függvényében



Brokkoli és szójakivonat vizsgálata alimentáris hiperlipidémia modellben

Az állatkísérlethez 150-170 g-os hím Wistar patkányokat használtunk. Megbízásunkra az állatok tartása a kísérlet ideje alatt az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet (Herceghalom) állatházában történt, az intézet rendelkezik az állatkísérletek végzéséhez szükséges engedéllyel. Az állatokat random hat csoportba osztottuk, majd egy háromnapos átszokási időszak után öt csoportnál a normál patkánytápot kísérleti tápokra cseréltük. A hat táp tehát a következő volt:

1. kontroll,
2. aterogén: a normál táphoz keverve 20% napraforgóolajat, 2% koleszterint és 0,5% kólsavat tartalmazott,
3. kontroll + brokkoli: a normál táphoz keverve 2% liofilizált brokkoli port tartalmazott
4. aterogén + brokkoli: a 2. pont szerint összeállított keverék 2% liofilizált brokkoli port tartalmazott
5. kontroll + szója: a normál táphoz keverve 0,2% magas (10%) izoflavonoid-tartalmú szójakivonatot tartalmazott, így az izoflavonoidok mennyisége a tápban 0,02%,
6. aterogén + szója: a 2. pont szerint összeállított keverék 0,2% izoflavonoid-tartalmú szójakivonatot tartalmazott, így az izoflavonoidok mennyisége a tápban 0,02%.

Az állatok fenti keverékeket (és vizet) 10 napig fogyasztották *ad libitum*. Az állatok testtömegét, valamint a napi takarmányfogyasztás mennyiségét rögzítettük. A 10. nap után az állatokat halotán narkózisban kivéztettük, vérüket alvadásgátlót tartalmazó csövekben felfogtuk, a szerveket eltávolítottuk, súlyukat megmértük. A májakat 1,19% KCl-dal homogenizáltuk, a véreket centrifugáltuk, a plazmát leszívtuk, majd a mérésekig valamennyi mintát -22 °C-on tároltuk.

Az állatokat a kísérlet során semmilyen káros hatás nem érte az aterogén étrend hatásán kívül, a test- és szervtömegek, ill. szervtömeg/testtömeg arány a normál tartományban volt. A hiperlipidémiás (aterogén étrenden tartott) állatok májtömege átlagosan két grammal volt több, mint a kontroll tápot fogyasztóké. A takarmányfogyasztás jelentős eltérést mutatott a csoportok között, az aterogén tápból kevesebbet fogyasztottak az állatok, feltehetően ezek nagyobb energia-tartalma miatt. Ez lehet az oka annak is, hogy a brokkoli bevitel 0,2 grammal kevesebb volt az aterogén, mint a kontroll tápon tartott csoportban, míg a szójakivonat esetében is kisebb volt a bevitel 0,009 g-mal naponta (**6. táblázat**).

6. táblázat Az állatok takarmány- és hatóanyag-fogyasztása, átlagos test- és májtömege

Jellemzők	Kontroll	Aterogén	Kontroll + brokkoli	Aterogén + brokkoli	Kontroll + szója	Aterogén + szója
Átl. takarmány- fogyasztás, g/nap/állat	28,4	28,1	37,3	26,7	33,5	28,9
Testtömeg vágáskor, g	260	244	242	250	269	254
Átlagos májtömeg, g	11 ± 0,9	13,5 ± 1,8	11,3 ± 0,8	13,1 ± 1,2	12,1 ± 1,2	13,1 ± 0,9
Átl. brokkoli-bevitel, g/nap/állat	-	-	0,75	0,53	-	-
Átl. szója-bevitel, g/nap/állat	-	-	-	-	0,067	0,058
Átl. izoflavonoid- bevitel, mg/nap/állat	-	-	-	-	6,7	5,8

Az aterogén étrend fogyasztása következtében kialakult a hiperlipidémia, amit lipid paraméterek jeleznek. Jelentősen megnőtt az aterogén étrenden tartott állatok plazma koleszterin- és LDL-szintje, míg a HDL és a TG csökkent (**7. táblázat**). Normál étrend mellett sem a brokkoli, sem a szójakivonat nem okozott jelentős eltéréseket a CHOL, LDL és HDL értékekben, de a szója némiképp megemelte a TG értéket. Aterogén étrend mellett a brokkoli enyhén csökkentette a fokozott CHOL és LDL értékeket, csökkentette a TG-t és a HDL-t is. A szójakivonat nem mutatott jótékony hatást, a CHOL és az LDL tovább nőtt, a HDL alacsony szinten maradt. A két készítmény közül a vizsgált dózisban a brokkoli por kismértékű pozitív hatást mutatott alimentáris hiperlipidémiában a lipid paraméterek vonatkozásában.

7. táblázat Patkányplazma paraméterek 1.

Étrend	CHOL mmol/l	TG mmol/l	LDL mmol/l	HDL mmol/l	D-LDL U/l
Kontroll	1,49 ± 0,23a	0,79 ± 0,22a	0,58 ± 0,11a	0,55 ± 0,08a	0,56 ± 0,10a
Aterogén	6,60 ± 2,0b	0,53 ± 0,20b	5,89 ± 1,88b	0,46 ± 0,08b	2,72 ± 0,75b
Kontroll + brokkoli	1,43 ± 0,17a	0,84 ± 0,19a	0,53 ± 0,16a	0,52 ± 0,07a	0,56 ± 0,07a
Aterogén + brokkoli	6,06 ± 1,89b	0,57 ± 0,12b	5,36 ± 1,85b	0,44 ± 0,05b	2,51 ± 0,71b
Kontroll + Szója	1,56 ± 0,27a	1,26 ± 0,34c	0,42 ± 0,13c	0,57 ± 0,10a	0,61 ± 0,11a
Aterogén + szója	7,36 ± 2,96c	0,65 ± 0,29b	6,59 ± 2,77d	0,48 ± 0,09a,b	3,01 ± 1,11c

Az aterogén étrend hatására a lipidperoxidáció fokozódott, amit elsősorban a malondialdehid (MDA), de főként a konjugált diének emelkedett szintje jelez, míg a plazma összes antioxidáns kapacitása (TAS) valamennyi csoportban azonos védelmi szintet jelez (**8. táblázat**). A glükóz, és a húgysav értékek hiperlipidémiában emelkedtek. A brokkoli por csökkentette a plazma MDA szintjét, a konjugált diénekét növelte, a glükóz és húgysav-szinteket a kontroll értékek felé mozdította el. A szójakivonat szintén csökkentette a plazma MDA szintjét, emelte a konjugált diének mennyiségét, kismértékben a normál tartomány felé mozdította el a húgysav és glükóz értékeket.

8. táblázat Patkányplazma paraméterek 2.

Étrend	MDA μmol/l	Konjugált diének A ₂₃₃	Glükóz mmol/l	Húgysav μmol/l	TAS mmol/l
Kontroll	22,1 ± 0,99	28,2 ± 17,2	7,24 ± 0,48	34,4 ± 6,0	0,62 ± 0,04
Aterogén	26,6 ± 1,96	48,6 ± 13,5	8,58 ± 2,0	62,3 ± 38,0	0,65 ± 0,08
Kontroll + brokkoli	23,1 ± 1,69	21,0 ± 4,4	7,46 ± 0,44	24,0 ± 1,6	0,67 ± 0,05
Aterogén + brokkoli	18,9 ± 3,50	55,2 ± 15,7	7,87 ± 0,43	58,2 ± 14,7	0,66 ± 0,08
Kontroll + szója	19,1 ± 1,19	65,1 ± 21,4	7,78 ± 0,28	26,0 ± 2,7	0,61 ± 0,05
Aterogén + szója	21,8 ± 4,2	70,4 ± 29,6	8,17 ± 0,84	56,0 ± 14,0	0,59 ± 0,06

Hiperlipidémiában csökkent a plazma antioxidáns kapacitása a H-donor aktivitás csökkenése alapján, továbbá kedvezőtlenül változott a szabad SH-csoportok mennyisége is. A brokkoli megemelte az SH-csoportok mennyiségét, de redukálóképesség tovább csökkent (**9. táblázat**). A szójakivonat nem eredményezett jelentős változásokat az ebben a táblázatban összefoglalt antioxidáns jellemzők tekintetében.

9. táblázat Patkányplazma paraméterek 3.

Étrend	H-donor aktivitás, gátlás %, 50 µl	Redukáló-képesség, µmol ASE/ml	SH-csoportok mmol/l
Kontroll	41,3 ± 8,7a	0,52 ± 0,08a	0,096 ± 0,064a
Aterogén	35,4 ± 5,5b	0,50 ± 0,09a	0,060 ± 0,037b
Kontroll + brokkoli	35,3 ± 1,5b	0,52 ± 0,02a	0,072 ± 0,016b
Aterogén + brokkoli	38,2 ± 1,7a,b	0,44 ± 0,07b	0,080 ± 0,012c,a
Kontroll + szója	38,9 ± 0,1a,b	0,46 ± 0,002b	0,030 ± 0,006d
Aterogén + szója	39,7 ± 3,1a,b	0,45 ± 0,06b	0,050 ± 0,003e,b

Alimentáris hiperlipidémiában bekövetkező májkárosodásra utalnak egyes adatok. Az alkalikus foszfatáz aktivitása szignifikánsan nőtt, a GPT (glutamát-piruvát-transzamináz) nem változott, a GOT (glutamát-oxálacetát-transzamináz) és a laktát-dehidrogenáz aktivitása csökkent. A brokkoli normál étrend mellett nem befolyásolta a legtöbb vizsgált enzim aktivitását, de az LDH aktivitása jelentősen csökkent. A szójakivonat normál étrend mellett enyhén emelte a GPT aktivitását, a GOT és az LDH aktivitást pedig csökkentette, az utóbbit jelentős mértékben (**10. táblázat**).

10. táblázat Patkányplazma paraméterek 4.

Étrend	Albumin g/l	Alkalikus foszfatáz U/l	GPT U/l	GOT U/l	LDH U/l
Kontroll	29,8 ± 0,84	431 ± 18	41,2 ± 2,4	100 ± 9	334 ± 84
Aterogén	32,4 ± 1,67	894 ± 282	45,0 ± 5,5	76 ± 22	264 ± 113
Kontroll + brokkoli	29,8 ± 0,45	422 ± 32	46,8 ± 2,6	73 ± 8	255 ± 62
Aterogén + brokkoli	32,3 ± 1,21	959 ± 185	50,3 ± 3,9	79 ± 7	148 ± 53
Kontroll + Szója	31,0 ± 0,71	446 ± 67	48,8 ± 4,6	81 ± 10	157 ± 28
Aterogén + szója	33,0 ± 0,89	989 ± 163	56,0 ± 12,1	87 ± 28	183 ± 98

Ismeretes, hogy a glükozinolát-tartalmú élelmiszerek elégtelen jóbevitel esetén fokozhatják a golyva kialakulásának veszélyét, ezért meghatároztuk a pajzsmirigy hormonok értékeit is. A TSH hormon a kimutatási határ közelében volt, de a patkányokra nem ismert normál érték (**11. táblázat**). A szabad thyroxin (FT4) és szabad trijodthyronin (FT4) értékek jelentős

eltéréseket mutatattak a különböző csoportokban. Hiperlipidémiában az FT4 csökkent, az FT3 nőtt. Normál étrend mellett a brokkoli nem befolyásolta a hormonszinteket, szójakivonat hatására mindkettő csökkent. Aterogén étrend mellett a brokkoli az FT4-et csökkentette, az FT3-at a normál értéken tartotta. A szójakivonat hiperlipidémiában az FT4-et a kontrollérték felére csökkentette, az FT3-at nem befolyásolta számottevően.

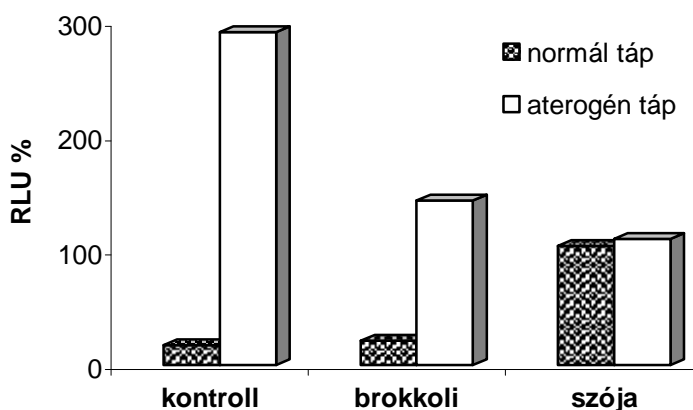
11. táblázat Pajzsmirigy plazmaparaméterek

Hormonok	Kontroll	Aterogén	Kontroll + brokkoli	Aterogén + brokkoli	Kontroll + szója	Aterogén + szója
TSH, μ IU/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
FT4, pmol/l	31,7 \pm 4,7a	22,7 \pm 2,1b	30,6 \pm 2,7a	20,5 \pm 1,3b	25,8 \pm 0,8c	16,8 \pm 3,5d
FT3, pmol/l	5,49 \pm 0,51a	6,53 \pm 0,59b	5,46 \pm 0,40a	5,49 \pm 0,42a	4,85 \pm 0,53c	5,19 \pm 0,24d

Az alimentáris úton előidézett hiperlipidémia az állatok májában is jelentős elváltozásokat eredményezett (3. és 4. ábra). A 20% napraforgó-olajat és 2% koleszterint tartalmazó táp fogyasztásának hatására romlott a májak scavenger kapacitása és szignifikánsan nőtt a konjugált diének mennyisége. Normál étrend mellett a brokkoli nem befolyásolta a scavenger kapacitást és a konjugált diének mennyiségét, ugyanakkor a szójakivonat gyengített a máj gyökbefogó rendszerét. Hiperlipidémiában a brokkoli erősítette a scavenger kapacitást, ugyanakkor tovább nőtt a konjugált diének mennyisége.

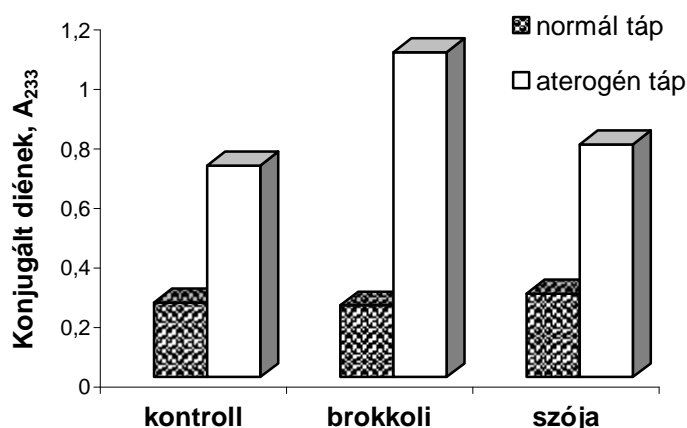
Aterogén étrend mellett a szójakivonat erősítette a scavenger kapacitást, de nem befolyásolta a májak dién konjugátum tartalmát. Hiperlipidémiában csökkent a májhomogenizátumok szabad SH-csoportjainak mennyisége, a H-donor aktivitás és a redukáló-képesség nem változott jelentősen (12. táblázat). Normál étrend mellett fogyasztott brokkoli és szójakivonat hatására csökkent a redukáló-képesség és kismértékben az SH-csoportok mennyisége is. Hiperlipidémiában a brokkoli csak az SH-csoportok mennyiségét tudta a kontrollérték közelében tartani, a szójakivonat hatására valamennyi paraméter értéke tovább romlott.

3. ábra Patkánymájak scavenger kapacitása a H_2O_2/OH^\bullet /luminol/mikroperoxidáz rendszerben*



*100 alatti érték szabadgyök befogó képességre utal, minél kisebb az érték, annál erősebb a hatás, 100 fölötti érték szabadgyök-képződést jelez, a vizsgált anyag nem képes a mérési elegyben generált gyököket befogni.

4. ábra Konjugált diének mennyisége patkánymájokban



12. táblázat Patkánymájak antioxidáns jellemzői

Étrend	H-donor aktivitás, gátlás %, 50 µl 10mg feh./ml	Redukáló-képesség, µmol ASE/ml (10 mg feh/ml)	SH-csoportok mmol/l (10 mg feh/ml)
Kontroll	42,1 ± 1,3a,b	318 ± 32a	0,73 ± 0,08a
Aterogén	46,2 ± 8,8b	408 ± 94b	0,40 ± 0,16b
Kontroll + brokkoli	41,2 ± 6,1a	223 ± 66c	0,65 ± 0,11c
Aterogén + brokkoli	37,7 ± 5,7c	311 ± 53a	0,33 ± 0,10b
Kontroll + szója	43,6 ± 2,0a	213 ± 21c	0,68 ± 0,06c
Aterogén + szója	36,6 ± 3,2c	225 ± 42c	0,27 ± 0,10d,b

A májak zsírsav-összetétele jól tükrözi a táp összetételét (**13. táblázat**). Az aterogén étrendet eredményező napraforgóolajra jellemző nagy linolsav-tartalom (C_{18:2}) a állatok májában is megjelent. A lipidperoxidációra erősen hajlamos linolsav akkumulációját a májban a brokkoli és a szójakivonat is kismértékben képes volt visszaszorítani. Az arachidonsav (C_{20:4}), a dokozapentaénsav (C_{22:5}) és a dokozahexaénsav (C_{22:6}) aránya a májban hiperlipidémiában csökkent, a brokkoli és a szójakivonat a kontrollértékhez közeli szinten volt képes ezen zsírsavak mennyiségét megtartani. A keresztesvirágúakra (repce és káposztfélék) jellemző erukasav (C_{22:1}) jól láthatóan megjelent a brokkolival etetett normál és hiperlipidémiás állatok májában.

13. táblázat Patkánymájak zsírsav-összetétele az összes zsírsav százalékában

	Kontroll	Aterogén	Kontroll + brokkoli	Aterogén + brokkoli	Kontroll + szója	Aterogén + szója
C14:0	0,23	0,14	0,13	0,06	0,15	0,10
C16:0	15,7	8,5	15,0	7,9	15,8	8,5
C16:1	0,94	0,73	0,89	0,49	1,28	0,11
C17:0	0,51	0,28	0,71	0,24	0,41	0,26
C18:0	18,0	5,69	17,7	6,71	14,9	5,86
C18:1	9,5	21,0	8,0	21,3	10,9	21,8
C18:2	15,2	40,0	15,8	36,6	16,7	38,1
C18:3	0,52	0,60	0,22	0,63	0,33	0,53
C20:1	0,91	1,20	0,25	1,14	0,49	1,17
C20:4	22,1	8,8	23,5	10,4	21,0	10,8
C22:1	0	0	0,94	0,15	0	0
C20:5	1,38	0,49	1,49	1,54	1,11	0,27
C22:5	1,20	0,44	1,61	0,59	1,58	0,48
C22:6	5,20	1,24	7,5	1,87	7,2	1,89

Kontroll táphoz kevert brokkoli (2%) fokozta a lipid-akkumulációt a májban (**14. táblázat**), a koleszterin-tartalmat nem befolyásolta, a magas izoflavonoid-tartalmú szójakivonat (0,2 % szójakivonat a tápban, 10% izoflavonoid a szójakivonatban) bekeverése a kontroll tápba a lipidek mennyiségét növelte, de a koleszterin-tartalmat csökkentette a kezeletlen kontrollhoz viszonyítva. Aterogén étrenden tartott állatok májában szignifikánsan megnőtt a koleszterin- és lipidtartalom. Aterogén étrendhez adagolt brokkoli és a szójakivonat is tovább emelte a májak koleszterin-tartalmát, de megakadályozta a lipidek akkumulációját az aterogén étrendhez viszonyítva. A koleszterin oxidációja során keletkező termékek a kontroll, a kontroll+brokkoli, és a kontroll+szója tápokon tartott állatok májában a kimutatási határ alatti mennyiségben (<1,3 mg/kg) voltak jelen. Aterogén tápon tartott állatok májában a 7- α - és a 7- β -hidroxi-koleszterin volt jelen kimutatható mennyiségben. Az aterogén táphoz adagolt brokkoli jelentősen mértékben megakadályozta a koleszterin oxidációját, míg a szójakivonat nem befolyásolta számottevően azt.

14. táblázat Patkánymájak lipid-, koleszterin- és oxidált koleszterin-tartalma

	Kontroll	K+ brokkoli	K+ szója	Athero- gén	A + brokkoli	A + szója
zsírtartalom, g/kg	69,9	103,5	99,2	168,2	147,4	132,0
koleszterin, g/kg	1,87	1,53	1,10	5,55	7,62	8,71
7 α -OH-CHOL, mg/kg	<0,65	<0,65	<0,65	9,70	6,65	8,83
7 β -OH-CHOL, mg/kg	<0,65	<0,65	<0,65	7,33	5,26	7,22
Összes CHOL-ox, mg/kg	<1,30	<1,30	<1,30	17,03	11,91	16,05

Emelt szintű izoflavonoid-bevitel vizsgálata kontroll állatokban

A kísérlet során 200-230 g-os Wistar nőstény patkányokat használtunk a SE Orálbiológiai Tanszékevel együttműködésben (az állatkísérletek kivitelezésére engedéllyel rendelkeznek). A kezelést emelt szintű szójakivonattal végeztük, a tápban 2 és 10 %-ban volt jelen a 10%

izoflavonoidot (**IF**) tartalmazó szójakivonat. Az alábbi csoportokat hoztuk létre (csoportonként 7 állattal):

Kontroll: 160 g darált standard rágcsálótáp (+ 100 ml víz)

2% IF táp: 156,8 g darált standard rágcsálótáp + 3,2 g szójakivonat [0,32 g IF tartalom] (+ 100 ml víz)

10% IF táp: 144 g darált standard rágcsálótáp + 16 g szója kivonat [1,6 g IF tartalom] (+ 100 ml víz)

Az állatok fenti keverékeket (és vizet) 7 napig fogyasztották *ad libitum*. Az állatok testtömegét, valamint a napi takarmányfogyasztás mennyiségét rögzítettük. A kísérlet végén az állatokat elaltattuk (12,5 mg/100g testsúly, Trapanal konc.50 mg/ml) elvéreztettük a véna femorálison keresztül, a vért alvadásgátlót tartalmazó csövekben felfogtuk, a májat és submandibuláris nyálmirigyet, a parotist és a hasnyálmirigyet eltávolítottuk, tömegüket lemértük. A májakat 1,19% KCl-dal homogenizáltuk, a véreket centrifugáltuk, a plazmát leszívtuk, majd a mérésekig valamennyi mintát -22 °C-on tároltuk.

A kísérlet során a kontroll állatok testtömege növekedett, míg a kezelt csoportban levő állatoké jelentősen csökkent (**15. táblázat**). A 2 % IF csoportban a napi átlagos izoflavonoid-bevitel 0,03 g, a 10% IF csoportban 0,12 g volt, a napi fitoösztrogén-bevitelt a **5. ábra** mutatja.

15. táblázat Emelt IF dózissal kezelt állatok jellemzői

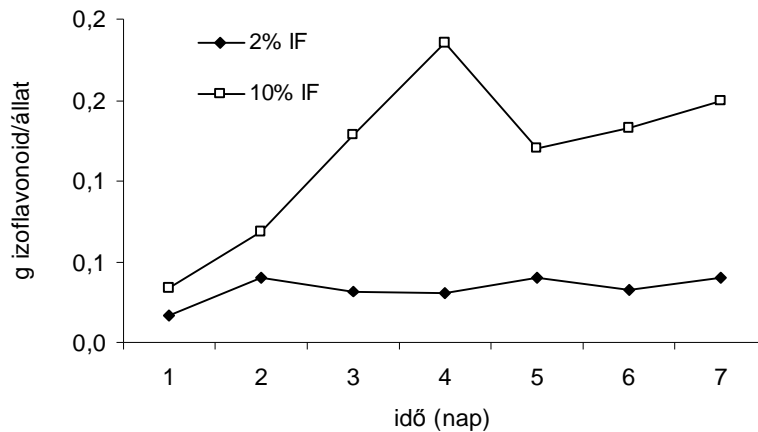
	Kezdő testsúly, g	Ölési testsúly, g	Átl. tápbevitel, g/nap/állat	Átl. izoflavonoid-bevitel, mg/nap/állat
Kontroll	229,6 ± 22,3a	249,9 ± 22,4a	19,26 ± 2,0	-
2 % szója-kivonat	224,9 ± 14,6a	222,4 ± 17,0b	16,54 ± 4,2	33 ± 8
10 % szója-kivonat	230,1 ± 18,0a	196,4 ± 14,4c	11,6 ± 5,1	117 ± 51

16. táblázat Emelt IF dózissal kezelt kontroll állatok test- és szervsúlyai

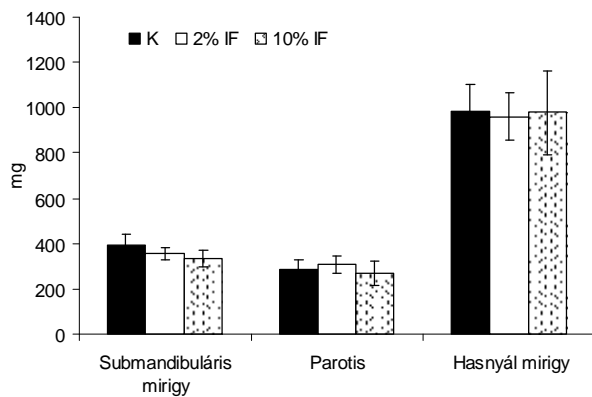
	Submandi- buláris nyálmirigy, mg	Sm/testsúly, mg/100 g	Parotis, mg	Pa/testsúly, mg/100 g	Hasnyál- mirigy, mg	Ha/testsúly, mg/100 g
Kontroll	394,1± 44,2a	158,0 ± 15,7a	286,8 ± 44,3a	114,7 ± 14,2a	988 ± 118a	395,7 ± 34,9a
2 % szója- kivonat	355,4 ± 26,9b	160,2 ± 12,4a	307,6 ± 37,9a	138,0 ± 8,7b	961 ± 106a	432,4 ± 36,4b
10 % szója- kivonat	335,9 ± 38,5b	171,0 ± 13,8a	266,7 ± 54,3a	141,0 ± 14,1b	978 ± 185a	496,9 ± 78,2c

Az emelt dózisu szójakivonat fogyasztásának hatására jelentősen nőtt a vizsgált mirigyek tömege (**16. táblázat**), a változás a hasnyálmirigy tekintetében szignifikáns volt (**6. ábra**). Ugyancsak nőtt glandula submandibuláris és a glandula parotis testtömeghez viszonyított aránya, ez utóbbi szignifikánsan (**7. ábra**). Az adatok a számottevő mennyiségű szójakivonat kedvezőtlen hatásait jelzik.

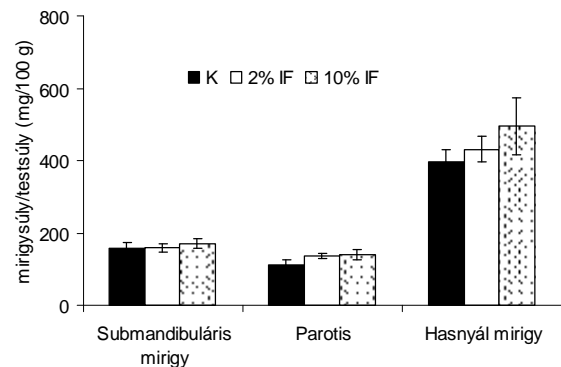
5. ábra Napi fitoösztrogén-bevitel



6. ábra A glandula submandibuláris, a glandula parotis és a hasnyálmirigy átlagsúlya



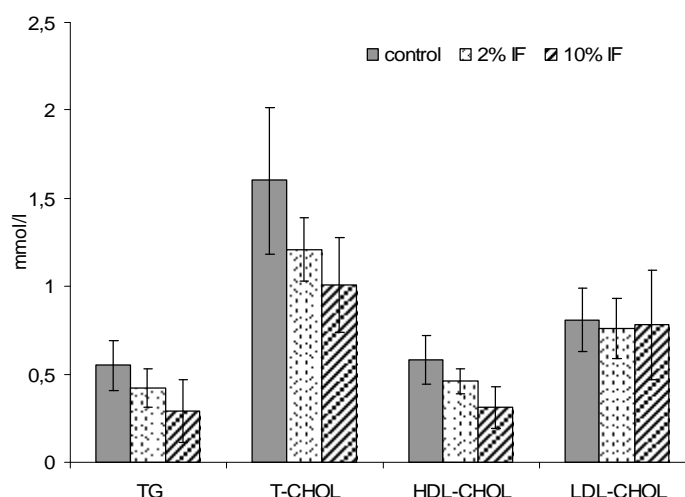
7. ábra A glandula submandibuláris, glandula parotis és a hasnyálmirigy testtömeghez viszonyított aránya



A 2% és 10% szójakivonat jelenléte a tápban az állatok plazmaparamétereiben szignifikáns változásokat okozott. Növekvő mennyiségű szójakivonat a TG, az össz koleszterin és a HDL-koleszterin szintek fokozatos, szignifikáns csökkenését eredményezte (8. ábra). Minél nagyobb volt a szójakivonat aránya, a jellemzők annál nagyobb mértékben változtak a kontrollhoz képest. Az LDL-értékek nem változtak számottevően.

A további plazmaparaméterek közül az albuminban nem volt változás, az összes bilirubin és a glükóz szintek növekvő szójakivonattal fokozatosan csökkentek (17. táblázat). A májenzimek (GOT, GPT, ALP) aktivitása szignifikánsan csökkent a fokozott izoflavonoid-bevitel hatására. Hasonló módon a húgysav-szint is jelentős mértékben szignifikánsan csökkent.

8. ábra Plazma lipidparaméterek alakulása



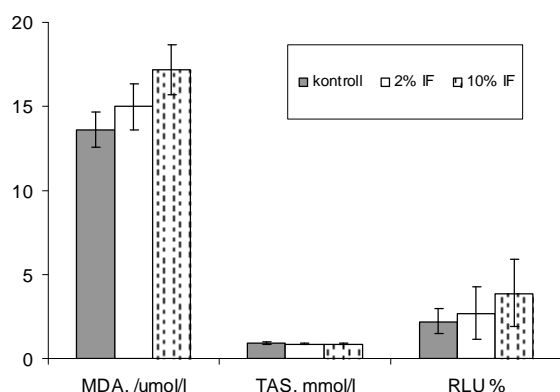
17. táblázat Patkányok plazmaparamétere

	Kontroll	2 % IF	10% IF
Albumin, g/l	32,4 ± 1,8ab	32,6 ± 1,7a	31 ± 1,5b
T-bilirubin, µmol/l	2,1 ± 0,8a	1,9 ± 0,4a	1,6 ± 0,4a
Glukóz, mmol/l	5,5 ± 1,4a	4,4 ± 0,5b	4,6 ± 0,3ab
GOT, U/l	153 ± 27,6a	136 ± 9,9a	103 ± 11,1b
GPT, U/l	26 ± 3,4a	21,6 ± 3,6b	15,9 ± 3c
ALP, U/l	126 ± 14,8a	116 ± 29ab	103 ± 19,5b
Húgysav, µmol/l	113 ± 30a	85 ± 13,6b	64 ± 12,3c

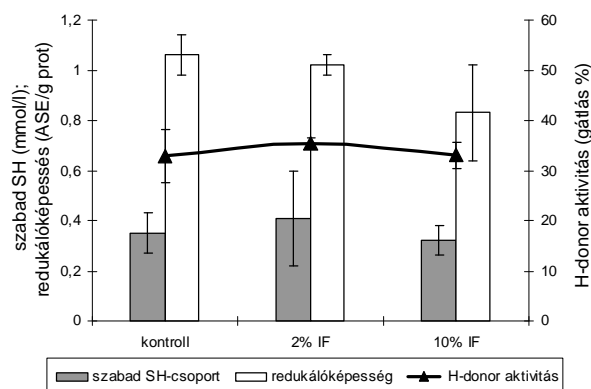
A csökkenő húgysav-szint minden bizonnyal szerepet játszott abban, hogy a plazma lipidperoxidációs jellemzői fokozott oxidatív stresszre utaltak (9. és 10. ábra). Növekvő izoflavonoid-bevitel mellett fokozódott az MDA képződés, a romlott a H₂O₂/·OH-luminol-mikroperoxidáz rendszerben mérhető szabadgyök scavenger kapacitás (RLU%), csökkent a szabad SH-csoportok száma, a redukáló-képesség és a H-donor aktivitás nem változott számottevően. Úgy tűnik, hogy az extrém nagy izoflavonoid-bevitel nem antioxidáns, hanem prooxidánsként viselkedett.

A plazma csökkenő koleszterin-szintjével ellentétben a májak koleszterin-szintje nőtt a növekvő izoflavonoid-bevitellel párhuzamosan, ugyanakkor a májak lipid-tartalma nem tért el számottevően a három csoportban (11. ábra). A májak antioxidáns kapacitása csökkent az izoflavonoid-kezelés hatására, amit szabad SH-csoportok csökkenő száma jelez (12. ábra). A májak H-donor aktivitás nem változott, ellenben a redukáló-képesség kismértékben nőtt.

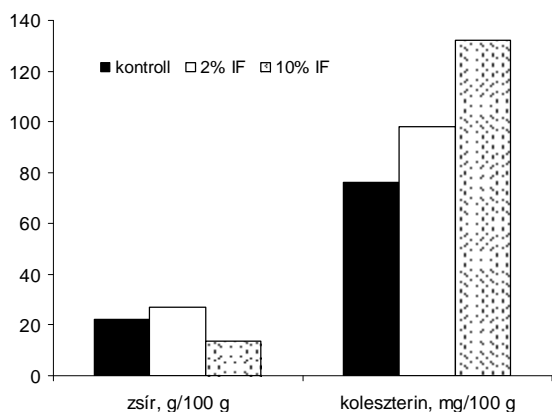
9. ábra A patkányplazmák lipid-peroxidációs jellemzői



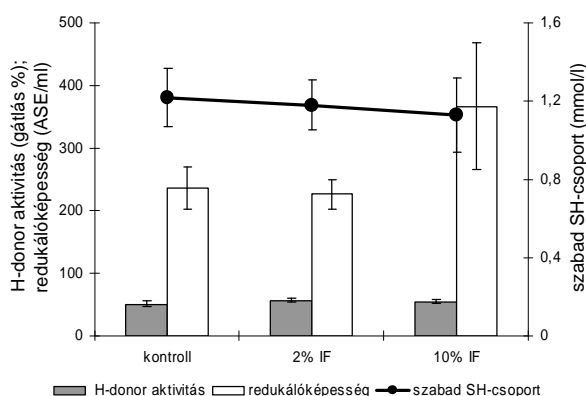
10. ábra A patkányplazmák antioxidáns tulajdonságai



11. ábra A májak lipid- és koleszterintartalma



12. ábra Májhomogenizátumok antioxidáns tulajdonságai



A vizsgálati eredmények arra utalnak, hogy kontroll táp mellett tartott állatokban a nagy dózisú izoflavonoid-bevitel inkább kedvezőtlen, mint előnyös hatásokkal jár. A megnövekedett szervsúlyok, a csökkent antioxidáns kapacitás, a normál értéktől jelentősen eltérő lipid jellemzők és csökkent májenzim aktivitások olyan folyamatokat jeleznek, melyek összetevőjeként az egész testre kiterjedő elváltozások következhetnek be.

Összefoglalás

A kiegyensúlyozott, egészséges táplálkozás legfontosabb elemének tartott zöldség- és főzelékfélék, jelen vizsgálatunk eredményei szerint is, fontos antioxidáns források, polifenolos vegyületek jelentős, egyes vitaminok azonban az eddigi ismert adatoknál kisebb mennyiségben fordulnak elő bennük. A tapasztalt viszonylag alacsony vitamin-tartalmak felhívják a figyelmet arra, hogy az iparszerű mezőgazdasági termelés olyan változásokat eredményezhet a termények beltartalmában, aminek humán táplálkozási hatása is van, azaz csökken a szervezetre kedvező hatású komponensek koncentrációja. Természetesen ezt a feltételezést további, nagyszámú vizsgálatsorozattal szükséges igazolni. Néhány zöldség- és főzelékfélében flavonoid molekulákat is sikerült kimutatni, elsősorban leveles zöldségekben: kvercetin, luteolint, kempferolt, apigenint. Mind a friss, mind a belőlük előállított, kereskedelmi forgalomból származó levek első- és másodrendű antioxidáns tulajdonságai számottevőek, e hatásokban a polifenolos vegyületek primer szerepet játszanak.

Az elvégzett állatkísérletes vizsgálatok eredményei alapján úgy tűnik, hogy a brokkoli por és a magas izoflavonoid-tartalmú szójakivonat az alkalmazott dózisban (liofilizált brokkoli: 2,12-3,1 mg/ttkg, szójakivonatból származó izoflavonoid: 22,4-24,9 mg/ttkg) kismértékű antioxidáns hatást fejt ki alimentáris úton előidézett hiperlipidémiában. Hiperlipidémiát eredményezett a 10 napi tartó kísérletben 20% napraforgóolaj, 2% koleszterin és 0,5 kolsav jelenléte a tápban. Néhány paraméterben bekövetkezett változások jeleznek ugyan antioxidáns és májvédő hatást, de a nagy koleszterin, zsír- és telítetlen zsírsav-tartalmú étrend fogyasztásának káros hatásait csak kismértékben képesek visszaszorítani az alkalmazott dózisban. A brokkoli antioxidáns hatása elsősorban a májban jelentkezett. A szójakivonat esetében csak néhány paraméter jelzett antioxidáns hatást, főként itt is a májban, de ez a hatás sokkal kisebb mértékű volt, mint a brokkoli esetében.

18. táblázat Izoflavonoid-bevitel a két állatkísérletben

	Napi IF bevitel, mg/állat	Napi IF bevitel, mg/ttkg	Napi bevitel, mg/70 kg ttkg (humán)
Hiperlipiémia modell			
Kontroll csoport	6,7	24,9	1740
Aterogén csoport	5,8	22,8	1596
Kontroll model			
2% IF csoport	30	135	9450
10% IF csoport	120	612	42.840

Állatkísérletben a kontroll táp mellett a nagydózisú (1600-1700 mg/ttkg) izoflavonoid-bevitel 7 nap alatt szignifikáns változásokat eredményezett mind a plazmában, mind a májban, egyes mirigyek (glandula parotis, submandibularis, pancreas) tömege kedvezőtlenül változott. A plazmában csökkentek a lipid-paraméterek (TG, HHOL, HDL-CHOL), valamint a májenzimek aktivitása, továbbá romlottak a lipidepoxidációs jellemzők. A májban is kedvezőtlen irányú változások voltak megfigyelhető: fokozódott a lipidperoxidáció és a koleszterin-akkumuláció.

Már az alimentáris hiperlipiémia modellben alkalmazott szójakivonat, ill. izoflavonoid (IF) dózis is a fiziológias szint fölött volt, de a kontroll kísérletben használt emelt szint extrém magas bevitelnek tekinthető (18. táblázat). A nyugati lakosságra –étkezési szokásainak következtében– 2-3 mg napi izoflavonoid-bevitel jellemző, az ázsiai populáció ettől egy

nagyságrenddel többet fogyaszt a hagyományos étrend nagy szójatartalma miatt. Az állatkísérletben a hiperlipidémia modellben bevitt izoflavonoid-mennyiségnek megfelelő humán bevitel sem képzelhető el hagyományos étrenddel, az emelt dózisoknak megfelelő humán bevitel lehetősége pedig teljesen kizárt. Ezért a tapasztalt kedvezőtlen hatások kialakulásának valószínűsége emberben elhanyagolható. Ugyanakkor mindkét állatkísérlet rövid ideig tartott, ezért a hosszú távú hatások vizsgálatára szükség lehet. Étrend-kiegészítőkből hazánkban 30-50 mg/nap a maximálisan alkalmazott, szójából származó izoflavonoid dózis, hosszú távú szedés esetén azonban mind a kedvező antioxidáns hatás, mind az esetleges nem előnyös tulajdonságok is érvényre juthatnak. Ezért az étrendből és az étrend-kiegészítőből együttesen származó humán bevitt megközelítően modellező állatkísérletek elvégzése mindenképpen szükséges a hatásosság és a biztonságosság megismerése érdekében.

Megjegyzések

A kutatási támogatás a 2003-2005. időszakra szólt, tekintettel azonban a témavezető egyéb irányú feladataira, a támogatás meghosszabbítását kértük 2006-ig. A kutatásban résztvevő kutatók személyében történt kismértékű változás, mivel az eredeti szerződésben szereplők közül volt, aki munkahelyet változtatott. Helyette az új dolgozó vett részt a munkában, egy diplomás résztvevő pedig más feladatra került át az intézeten belül, az ő munkáját az eredetileg megadott munkatársak végezték el. A pályázatban vállalt szakmai feladatok elvégzése megtörtént.