

**Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar
Egészségtudományi Doktori Iskola**

OLAJOS MAGVAK ANALITIKAI VIZSGÁLATA

Doktori (PhD) értekezés

Gubicskóné Kisbenedek Andrea

**Doktori Iskola vezetője:
Prof. Dr. Bódis József egyetemi tanár**

**Programvezető:
Prof. Dr. Döbrönte Zoltán egyetemi tanár**

**Alprogram-vezető:
Prof. Dr. Figler Mária egyetemi tanár**

**Témavezető:
Prof. Dr. Figler Mária egyetemi tanár**

Pécs

2013

Tartalomjegyzék

1	BEVEZETÉS	6
2	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
2.1	A FLAVONOIDOK KÉMIAI SZERKEZETE	8
2.2	ÉLELMISZEREINK FLAVONOIDTARTALMA	11
2.2.1	Étrendi bevitel	13
2.2.2	A tápanyagkomponensek és a flavonoidok közötti kölcsönhatások	14
2.3	A FLAVONOIDOK BIOKÉMIAI TULAJDONSÁGAI.....	15
2.3.1	A flavonoidok metabolizmusa	15
2.3.2	A flavonoidok mint antioxidánsok.....	18
2.3.3	A flavonoidok toxicitása, mutagenitása	21
2.4	FLAVONOIDOK A GYÓGYÍTÁSBAN	22
2.4.1	Antimutagén és antikarcinogén hatás.....	22
2.4.2	Szív- és érrendszeri betegségek	23
2.4.3	Egyéb hatások	24
2.4.4	Epidemiológiai tanulmányok	25
2.4.5	A vörösbőr egészségvédő hatása.....	26
2.5	OLAJOS MAGVAK	31
2.5.1.1	Napraforgó (Helianthus Annuus L)	32
2.5.1.2	Földimogyoró (Arachis hypogaea L)	33
2.5.1.3	Mandula (Prunus amigdalus)	35
2.5.1.4	Házi len (Linum usitatissimum).....	36
2.5.1.5	Keleti szezám (Sesamum indicum).....	37
2.5.1.6	Tökmag (Cucurbita)	38
2.5.1.7	Mustármag (Sinapis alba, Brassica nigra).....	39
2.6	AZ OLAJOS MAGVAK EGYES KOMPONENSEINEK ANALIZISÉRE HASZNÁLT MÓDSZEREK	43

2.6.1	KROMATOGRÁFIA.....	43
2.6.1.1	Nagy hatékonyságú folyadék-kromatográfia (HPLC)	44
2.6.1.2	Tömegspektrometria	46
2.6.1.3	MALDI.....	48
2.6.1.3.1	MALDI-TOF MS	48
3	A VIZSGÁLAT CÉLKITŰZÉSE	52
4	ANYAG ÉS MÓDSZER	53
4.1	A vizsgálat ideje, a mintavétel módja.....	53
4.2	RESVERATROL MEGHATÁROZÁSA	54
4.2.1	Felhasznált anyagok és eszközök.....	54
4.2.2	Alkalmazott vizsgálati eljárás	55
4.3	A MUSTÁRMAG KÉMIAI VIZSGÁLATA	56
4.3.1	Víztartalom meghatározása gravimetriás módszerrel	56
4.3.2	Fehérjetartalom meghatározása Kjeldahl-módszerrel:.....	57
4.3.3	Aminosav összetétel meghatározása:	59
4.3.4	Fehérjék azonosítása tömegspektrometriával	59
4.3.5	Zsírtartalom meghatározása Soxhlet extrakcióval	60
4.3.6	Összes szénhidráttartalom meghatározása (sósavas hidrolízissel és Schoorl-módszerrel):	61
4.4	ILLÓLAJ-TARTALOM MEGHATÁROZÁSA.....	63
4.4.1	Közvetlen térfogatméréssel.....	63
4.4.2	Vékonyréteg kromatográfiás elválasztás.....	64
4.5	MIKROBIOLÓGIAI VIZSGÁLATOK.....	65
4.5.1	Az összes élő csíraszám meghatározása	65
4.5.2	Mikrobiológiai biokémiai identifikáció	66
4.5.3	A mustár antibakteriális hatásának vizsgálata.....	68
5	EREDMÉNYEK.....	69

5.1	A RESVERATROL-TARTALOM MEGHATÁROZÁSÁNAK EREDMÉNYEI	69
5.2	A MUSTÁRMAG KÉMIAI VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI.....	73
5.2.1	A víztartalom-mérés eredménye	73
5.2.2	A zsír- és zsírsav-összetétel mérésének eredménye.....	74
5.2.3	A fehérje-tartalom mennyiségi meghatározása.....	75
5.2.4	Az aminosav-összetétel meghatározása	76
5.2.5	A mustárfehérjék meghatározása	77
5.2.6	A mustár szénhidrát-tartalmának mérési eredményei	79
5.3	A MUSTÁRMAG ILLÓOLAJ-VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYE	79
5.4	A MIKROBIOLÓGIAI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI.....	82
5.4.1	A mustármag antibakteriális hatásának vizsgálati eredményei.....	83
6	MEGBESZÉLÉS	85
7	ÖSSZEFOGLALÁS	97
8	ÚJ EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA	102
9	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	104
10	IRODALOMJEGYZÉK	105

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ACN: acetonitril

ALA: alanin

ALP: alkalikus foszfatáz

ARG: arginin

ASP : asparaginsav

cAMP: ciklikus adenozin-monofoszfát

CHCA: α -ciano-4-hidroxifahéjsav

CYS: cystein

DNS: dezoxiribonukleinsav

EDRF: endotélfüggő relaxációs faktor

EDTA: etilén-diamin-tetraecetsav

ESI: elektroporlasztásos ionizáció (ElectroSpray Ionization)

FA: hangyasav (Formic Acid)

FVM-EüM-GM: Földművelésügyi, Egészségügyi, Gazdasági Minisztérium

GLU: glutaminsav

GLY: glicin

HIS: hisztidin

HPLC: High Pressure Liquid Chromatography

IAM: jódacetamid

ILEU: izoleucin

LDH: laktát dehidrogenáz

LDI-: lézerdeszorpciós ionizációs eljárás (Laser Desorption Ionization)

LEU: leucin

LYS: lysin

MALDI-TOF MS: Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry

MALDI: Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization

MET: metionin

pH (*pondus Hydrogenii, hidrogénion-kitevő*) egy dimenzió nélküli kémiai mennyiség, mely egy adott oldat kémhatását (savasságát vagy lúgosságát) jellemzi

PHE* : phenilalanin

PRO: prolin

SER : szerin

TFA: trifluorecetsav (Trifluoroacetic Acid)

THR: treonin

TOF: Time-of-Flight

TYR: thyrozin

VAL: valin

VLDL: Very-Low-Density Lipoprotein

1 BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben a szabad gyökös károsodásokkal, valamint az antioxidáns hatású vegyületekkel kapcsolatos intenzív kutatások ahhoz a felismeréshez vezettek, hogy az étrendi antioxidánsoknak alapvető szerepe van számos megbetegedés prevenciójában. Ezek közé tartoznak a kardiovaszkuláris és daganatos megbetegedések mellett más egyéb betegségek is, melyek nagy része életkorfüggő. Az eddigi kutatási eredmények alapján az egészség megőrzése és a betegségek megelőzése nagy valószínűséggel megvalósítható antioxidánsok vagy antioxidáns keverékek szervezetbe juttatásával, melyek a természetben a növényi és az állati szervezetekben is megtalálhatók. Társadalmunk egészségi állapotának javítása szempontjából igen lényeges, hogy a kormányzati és egészségügyi szakemberek, valamint a média szereplői megfelelő, tudományos vizsgálatokkal alátámasztott, hiteles információkat közöljenek a lakossággal, különösen azért, mert bizonyított tény, hogy a prevenció mind az egyén, mind a nemzetgazdaság számára jóval gazdaságosabb és hatékonyabb, mint a már kialakult betegség gyógyítása.

Az étrendi antioxidánsok közül a vitaminok szerepe jól ismert a fokozott oxidatív stresszel összefüggésbe hozható megbetegedések prevenciójában és terápiájában. A széleskörű kutatások ellenére azonban keveset tudunk a nem-vitamin jellegű, antioxidáns hatású vegyületek szerepéről a civilizációs megbetegedések visszaszorításában. Az élelmiszerekben és élelmi anyagokban megtalálható polifenolok, flavonoidok mennyiségének meghatározásához és az élettani hatásuk pontos feltérképezéséhez számos kémiai, biokémiai vizsgálatra van még szükség. Ezen flavonoidok a gasztrointesztinális rendszerben kisebb-nagyobb szerkezeti átalakuláson mennek keresztül. Ezért a flavonoidok táplálkozásélettani hatásai nem szükségszerűen a szervezetbe bevitt molekuláknak tulajdoníthatók, hanem ezek metabolitjainak. Hazánkban az elmúlt néhány évben számtalan antioxidatív tulajdonságokkal rendelkező étrendkiegészítő jelent meg a piacon, melyek radikális változtatásokat követelnek meg az élelmiszerekkel, étrendkiegészítőkkel, és a gyógyszernek nem minősülő gyógyhatású készítményekkel kapcsolatos egészségügyi vizsgálati és engedélyeztetési eljárások tekintetében. Az élelmiszerekről szóló 1995. évi XC törvény végrehajtása tárgyában kiadott 16/2000. (IV.6.) FVM-EüM-GM együttes rendelete alapján megjelent a magyar piacon egy új típusú élelmiszer-kategória, a „funkcionális készítmények” csoportja.” Ezek olyan

termékek, amelyek az élelmiszerekben előforduló, nem létfontosságú (tehát nem esszenciális) anyagokat, például flavonoidokat, mikroelemeket, rostokat, vitaminokat, nem esszenciális zsírsavakat és aminosavakat természetes forrásból izolált vagy dúsított formában tartalmazzák, és megjelenésük eltér a hagyományos élelmiszerektől (pl: tableta, kapszula). A szokásos felhasználás mellett nincs káros mellékhatásuk és az egészségre gyakorolt jótékony hatásuk tudományosan igazolt. Nem tartalmazhatnak azonban a fogyasztók egészségét veszélyeztető anyagokat és fogyasztásuk élettani szempontból nem hátrányos.”

A törvény szövegéből kitűnik, hogy ezen új típusú élelmiszerek emberi egészségre gyakorolt kedvező hatását tudományos vizsgálatokkal kell alátámasztani. A már meglévő tudományos eredmények alapján napjaink kutatói előtt áll a feladat, hogy olyan vizsgálati rendszert dolgozzanak ki, amely segítségével tanulmányozni lehet a nem-tápanyag jellegű, de az élelmiszerekben, illetve élelmi anyagokban kimutatható mennyiségben jelenlévő komponensek élettani hatásait, kémiai szerkezetét és biokémiai tulajdonságait, valamint megállapítsák ezen anyagok helyét és szerepét az egészség megőrzésében és a betegségek megelőzésében (1).

Ezen kutatások folytatása szükségszerű, alapkutatási szinten éppúgy, mint széles körű randomizált klinikai vizsgálatokban.

2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A FLAVONOIDOK KÉMIAI SZERKEZETE

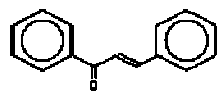
A flavonoidok és az egyéb polifenolos vegyületek napjainkban egyre gyakrabban kerülnek a tudományos kutatások középpontjába. Az emberi szervezetben betöltött szerepükről, kémiai szerkezetükről és élettani hatásukról az elmúlt negyven évben rendszeresen jelentek meg összefoglaló tanulmányok (2, 3, 4) ugyanakkor az egészségre gyakorolt hatásuk és jelentőségük még ma sem teljesen tisztázott. A flavonoidok az élelmiszerek „nem tápanyag komponensei”, vagyis nem jelentenek tápértéket az emberi szervezet számára. Szent-Györgyi Albert már 1936-ban kimutatta, hogy a citrusfélékből származó rutin és naringenin jelentősen csökkenti a kapillárisok permeabilitását(5), erre utalva a flavonoidokat P-vitaminnak nevezte el, illetve C₂ vitaminnak, mivel számos flavonoid rendelkezik C-vitamint stabilizáló tulajdonsággal (6). A hetvenes évek során számos kutatás rávilágított, hogy a növényekben az egyik leggyakrabban előforduló flavonoid, a kvercetin bizonyos kísérleti körülmények között mutagén hatású, ezért nagy figyelem irányult a flavonoidok karcinogénitására, azonban ezt megerősítő egyértelmű bizonyítékok még ma sem állnak rendelkezésünkre. Napjainkban számos kísérleti munka eredménye támasztja alá a flavonoidok antioxidáns, antikarcinogén és gyulladáscsökkentő, összességében tehát egészségvédő és betegségmegelőző hatását. A flavonoidokra a C₆-C₃-C₆ (difenilpropán) alapszénváz jellemző, a két benzol gyűrű (A és B) egy oxigén atomot tartalmazó heterociklikus pirán, vagy piron gyűrűn (C gyűrű) keresztül kapcsolódik. Ez az alapszerkezet rendkívüli változatosságot biztosít mind a szubsztituensek, mind a C gyűrű szerkezetének tekintetében (5). Jelenleg mintegy 4000 különböző szerkezetű flavonoidot ismerünk (7). Az alapvázhoz (aglikon) különböző cukormolekulák kapcsolódhatnak és glikozidokat hoznak létre, melyek sokkal gyakrabban fordulnak elő a természetben, mint aglikonjaik. Eddigi ismereteink szerint bizonyos típusú és szerkezetű vegyületek egészségvédő szerepe jelentős, míg más jellegű flavonoidok és polifenolos komponensek, mint az auronok, kalkonok és kumarinok, stb. hatása kevésbé ismert. A legjelentősebb vegyületek alapszerkezete, és a csoportok legjellemzőbb képviselői az 1. ábrán láthatók.

A flavonoidok számos funkciója ismert a növényvilágban: ilyen többek között a pigmentálás, az UV fény kibocsátása, a mikroorganizmusok és egyéb növényi

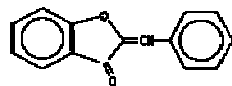
kártevők (például gombák, rovarok, csigák, stb.) elleni védelem, az enzimaktivitások regulációja, illetve a szignál funkció a nitrogénkötő baktériumok számára (8). Az élelmi anyagként használt növényekben a flavonoidok természetes színezőanyagokként, ízkomponensekként és antioxidánsként funkcionálnak (9), színük halványsárgás vagy tejfehér ez azonban bizonyos esetekben csak azon rovarok számára látható, melyek az emberi szem számára láthatatlan UV fényt is képesek érzékelni.

1. ábra A legjelentősebb flavonoid vegyületek

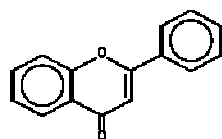
Kalokonok



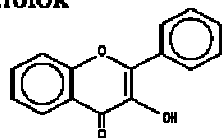
Auronok



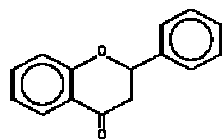
Flavonok



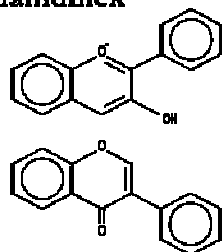
Flavonolok



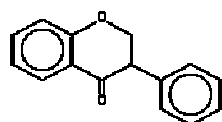
Flavononok



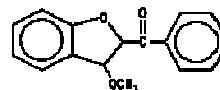
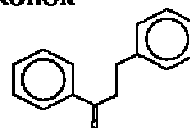
Antocianidinek



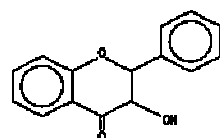
Izoflavonoidok



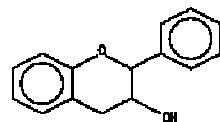
Dihidrokalkonok



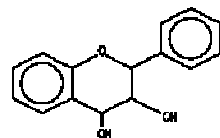
Dihidroflavonolok



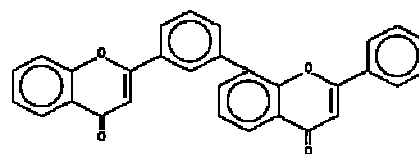
Flavanolok



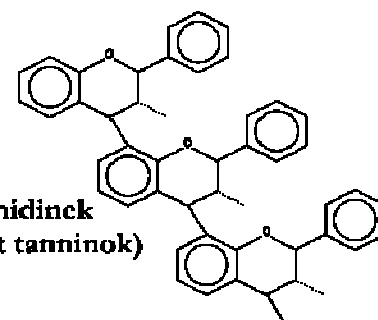
**Flavandiolok
(leukoantocianidinek)**



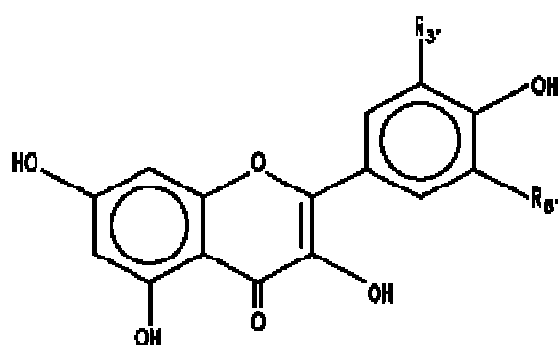
Bioflavonoidok



**Proantocianidinek
(kondenzált tanninok)**

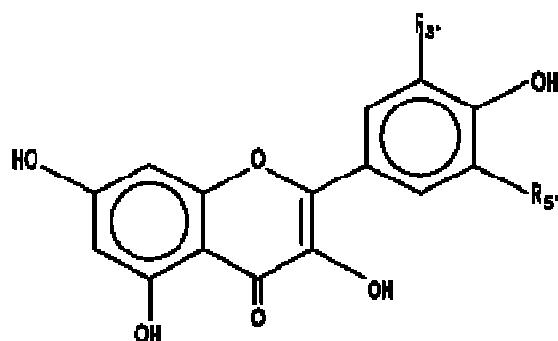


Az öt leggyakrabban előforduló flavonoid szerkezete



Flavon

	R _{3'}	R _{5'}
Apigenin	H	OH
Luteolin	OH	OH



Flavonol

	R _{3'}	R _{5'}
Kempterol	H	H
Kvercetin	OH	H
Myricetin	OH	OH

2.2 ÉLELMISZEREINK FLAVONOIDTARTALMA

Számos növényi eredetű termék flavonoidtartalmára és összetételére vonatkozóan rendelkezésre állnak szakirodalmi adatok, de egyes csoportok (olajos magvak, dinnyefélék, banán és egyéb déligyümölcsök, feldolgozott élelmiszerek) tekintetében meglehetősen hiányosak a felmérések. Az 1. táblázatban néhány élelmiszer polifenol és flavonoidtartalma látható az irodalmi adatok alapján (6,10, 11).

1. táblázat Növényi élelmiszerek összes polifenoltartalma és flavonoidösszetétele (22)

Flavonok és flavonolok (mg/kg)						
Élelmiszer	Kvercetin	Kempferol	Apigenin	Luteolin	Miricetin	Összes polifenol
Vöröshagyma	284-486	24.3	nd	nd	nd	1000-20250
Póréhagyma	5.0	11-56	nd	nd	nd	200-400
Zellerlevél	nd	nd	248	111.4	43.4	940
Kelbimbó	nd	7.4-12.8	nd	6.7	nd	60-150
Brokkoli	15.4-30	30.8-72	nd	nd	nd	-
Vöröskáposzta	1.9-9.2	nd	nd	6.3	nd	-
Zöldbab	32-45	8.8-14	nd	nd	nd	340-2800
Spenót	272,2	nd	nd	66.4	nd	-
Burgonya	4.6-11	nd	nd	nd	nd	-
Retek	nd	10.5-21.1	nd	nd	nd	-
Paprika	9.4	nd	nd	7.0-14	nd	-
Fehérrepa	3.2	22.7	154.0	nd	85.4	-
Saláta	16.3	nd	nd	nd	10.2	-
Cirok	-	-	-	-	-	1700-102600
Árpa	-	-	-	-	-	12000-15000
Alma	7.7-40	2.0-16	nd	nd	nd	270-2980
Fekete ribizke	13	nd	nd	nd	nd	1400-12000

nd – nem detektálható, a kimutatási határ alatt, „-”, – nem mért összetevő

A legtöbb természetes ital (zöldség- és gyümölcslevek, gyógyteák) kisebb nagyobb mennyiségben tartalmazhat flavonoidokat, polifenolos vegyületeket. Például a sör, a bor és a tea jellegzetes ízét is ilyen vegyületek, jellemzően a különböző biflavanok adják. A citrusfélékben a keserű ízt biztosítják a flavanonok, melyekben flavonok számottevő mennyiségben jelen vannak (12). Az antociánok és a flavonok számos színes gyümölcsféle, elsősorban bogyósok színét eredményezik (13). A flavonolok

valamennyi gyümölcs- és zöldségfélében megtalálhatók. Számos levélzöldség, a zeller és a paprika flavonok mellett antociánokat is tartalmaz. A hüvelyesek legjelentősebb vegyületei az izoflavonoidok, de esetenként flavonok, flavonolok és antociánok is kimutathatók (1, 9). Gabonafélék magjában flavonok, flavonolok, antociánok és flavanok egyaránt megtalálhatók, bár a gabona-feldolgozás során a legtöbb flavonoid elvész, mivel nagy részük a héjban és közvetlenül alatta található (14). Hasonló helyzet áll fenn a zöldség- és gyümölcsfélék esetében is: feldolgozás során a hámozással, a levelek eltávolításával és a hőkezeléssel a flavonoidtartalom jelentősen csökkenhet. Jóllehet a flavonoidok relatíve stabil vegyületek, a hőre, az oxigénre és az enyhe pH.változásra nem érzékenyek, a különböző konyhatechnikai eljárások azonban veszteséget eredményezhetnek (15), mely Hertog és Franke adatai szerint átlagosan 50% körül van (16).

2.2.1 Étrendi bevitel

Kühnau a 70-es években az amerikai lakosság összes polifenol bevitelét az izoflavonoidok kivételével az 5 fő flavonoid csoportba tartozó vegyületekből 1-1.1 g/nap körüli értékben határozta meg, ebből 115 mg a flavonol és flavon volt (17). Ebben a felmérésben az élelmiszerek flavonoidtartalmának analitikai meghatározása nem volt teljesen megfelelő és számos vegyület esetén csak becsült értékekkel számoltak. 1993-ban egy holland kutatócsoport 5 vegyület (apigenin, kempferol, luteolin, miricetin, kvercetin) beviteli értékeit határozta meg a saját maguk által elvégzett analitikai vizsgálatok alapján (18). A holland lakosság napi flavonoidbevitelére 23 mg-nak bizonyult, mely érték nagy valószínűséggel alacsonyabb a valódinál, mivel nagyon kicsi volt a vizsgálatba bevont vegyületek száma. Leth és Justesen a dán lakosság flavonoidfogyasztását 28 mg/nap értéknek találta (19), egy másik, Finnországban végzett felmérés során több mint 370 növényi élelmiszerben határozták meg 24 féle flavonoid mennyiségét (20). A finnek 1997-es élelmiszerfogyasztási adatai alapján a lakosság flavonoidbevitelére 55.2 mg/nap volt. A hazai vizsgálatok eredményei alapján elmondhatjuk, hogy a magyar lakosság flavonoidfogyasztása az eddig említett mennyiségeknél alacsonyabb. A mintegy kétszáz felnőtt fogyasztási adatai alapján a vizsgálati csoport flavonoidbevitelére 18.8 ± 28.9 mg/nap/fő volt, a közel ötszáz gyermek adatai alapján kalkulált érték pedig 19.5 ± 26.6 mg/nap/főnek bizonyult. Elkészült egy hazai flavonoidösszetételi

adatbázis, amely valamennyi jelentősebb növényi élelmiszer kvercetin, kempferol, miricetin, luteolin és apigenin koncentrációját tartalmazza (21, 22).

2.2.2 A tápanyagkomponensek és a flavonoidok közötti kölcsönhatások

A fehérjeprecipitáló tulajdonság jellemző a legtöbb polifenolos vegyületre, a hatás elsősorban a nagy molekulású polifenolok nagyfokú hidroxilációjának köszönhető. A polifenolos vegyületek a bélben elsősorban nem a táplálékfehérjékhez kapcsolódnak, hanem egyéb, endogén molekulákhoz (23, 24) – például jól kötődnek a nyál prolinban gazdag fehérjéihez, és az intesztinum egyes fehérjéihez és így gátolják azok működését (25, 26). Így nemcsak a fehérjék hasznosulása, hanem más makrotápanyagok, pl. keményítő és lipidek felszívódása is csökkenhet. A fehérjékhez való kötődés a különböző receptorokhoz, transzporter és enzim fehérjékhez való kapcsolódást is jelenti, ezáltal csökkentve a polifenolos vegyület biológiai hasznosságát is (27). A polifenolok komplexeket alkothatnak a nem-sejtfalalkotó poliszachridokkal (keményítő) is, és befolyásolhatják a glikémiás és inzulin választ (28).

A polifenolok lipidmetabolizmusra gyakorolt hatását kevésbé ismerjük. Mind a vízoldható, mind az oldhatatlan polifenolok növelik a széklettel történő zsírártást (29), mindemellett egyes kutatások koleszterinszint-csökkentő hatást írtak le állatkísérletekben szőlő tanninok, csersavak és tea katechinek fogyasztása során (30, 31).

Az étrendi polifenolok koleszterin-szintcsökkentő hatása a megnövekedett fordított koleszterin transzporttal, valamint a csökkent koleszterin abszorpcióval és fokozott epesav kiválasztással magyarázható (32). A polifenolok karboxil és hidroxil csoportjaiknak köszönhetően komplexeket hoznak létre fémionokkal, és így befolyásolják azok intesztinális abszorpcióját. Humán vizsgálatokban és állatkísérletekben is igazolták a vas csökkent abszorpcióját magas csersavtartalmú étrend fogyasztása mellett, mely a polifenolok galloil és katechol csoportjainak köszönhető (33). Ugyanezt a csökkent felszívódást eredményezik a monomer flavonoidok gyógy- és fűszernövényekben, a fenolsavak kávéban, a polimer komponensek a fekete teában és a kakaóban, valamint bor eredetű fenolok egyaránt csökkentik a vas felszívódását (34, 35).

2.3 A FLAVONOIDOK BIOKÉMIAI TULAJDONSÁGAI

2.3.1 A flavonoidok metabolizmusa

Az élelmi eredetű flavonoidok abszorpcióját és metabolizmusát alapvetően kémiai szerkezetük határozza meg, mely függ többek között a glikoziláció/aciláció mértékétől, az egyéb fenolos vegyületekkel kialakított konjugációtól, a molekula méretétől, a polimerizáció fokától, és az oldhatóságtól. A polifenolos vegyületek nagy száma, valamint az a tény, hogy az élelmiszerekben komplex formában vannak jelen, meglehetősen nehézkessé teszi a felszívódási, fiziológiai és táplálkozásélettani hatások tanulmányozását.

A flavonoidok általában gyengén szívódnak fel, kivéve néhány izoflavonoidot és katechint. Az eredeti szerkezetű flavonoidoknak kevesebb, mint 1%-a éri el a szisztémás keringést. A nem-abszorbeált flavonoidok a gasztrointesztinális traktusban extenzív anyagcserén mennek át a mikrobiális enzimek hatására, a folyamat végső eredményeként egyszerű fenolsavak keletkeznek (36, 37). A fenolsavak, élelmiszeralkotókként és flavonoid degradációs termékeként is könnyen abszorbeálódnak. A fenolsavak a felszívódásuk után további degradáción mennek keresztül, pl. a kettős kötések telítése, dekarboxiláció és demetiláció is történhet. A flavonoidok degradációs termékei az eredeti komponenshez képest eltérő tulajdonságokkal is rendelkezhetnek, ezért a polifenolos vegyületek élettani hatása az eredeti vegyület, és a szervezetben keletkező származékainak együttes hatásaként fogható fel (38).

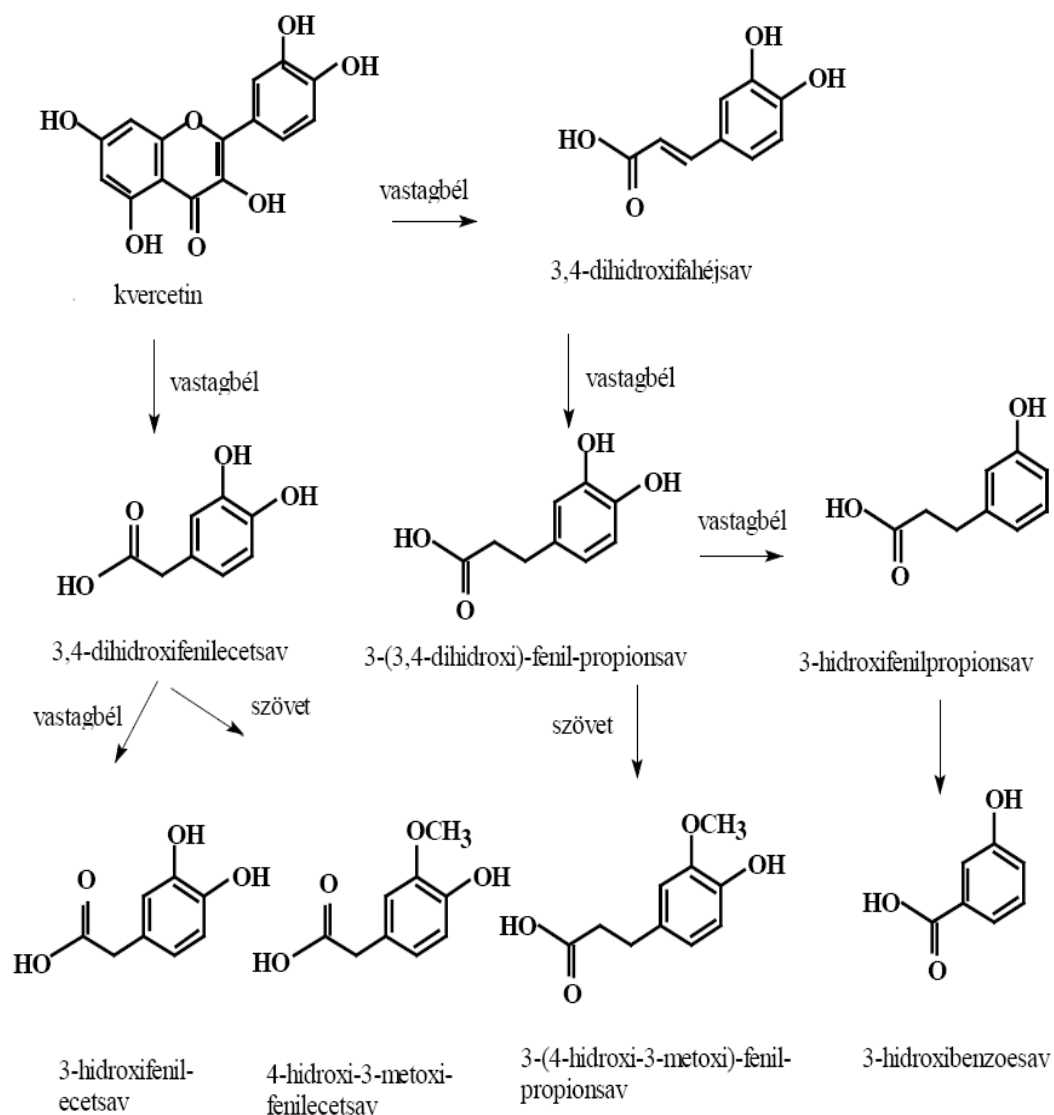
A flavonoid aglikonok és az egyszerű fenolsavak könnyen közvetlenül felszívódhatnak a vékonybél nyálkahártyáján keresztül (39, 40, 41). A glikozidokat előbb hidrolizálni kell, de mivel az emlősökben hiányzik a β -glükozidáz, ezek felszívódása nem valószínű a vékonybélben. Ennek ellenére például a kvercetin glükozidok részleges abszorpciója megvalósulhat a terminális ileumban kolonizálódott baktériumok hatására (34). A legtöbb glikozid azonban átjut a vastagbélbe, ahol a szabad aglikonok a vastagbél baktériumok hatására felszabadulnak. A szénhidrátok bakteriális lebontása elősegíti a rostokhoz kötött flavonoidok felszabadulását. A vastagbélben a szabad aglikonok felszívódnak az epitéliumon keresztül, majd metilálódnak és/vagy glükuronidálódnak a májban. A polifenolok metabolizálódásának legfőbb helye a máj, de más szervek sem zárhatók ki, például a vese vagy a bélnyálkahártya, mivel ezek is rendelkeznek a metabolizálódáshoz szükséges enzimekkel (33). Az abszorpció után a flavonoidok

konjugálódnak, azaz olyan oldalláncok épülnek be a molekulába, melyek növelik a polaritást és ezáltal elősegítik a kiürülést.

A szisztémás abszorpció után az egyszerű fenolos vegyületek további módosulásokon mennek keresztül. A citokróm P450 hatására például hidroxil csoportok felvétele, vagy metoxi csoportok leadása történhet.

Ez a hepatikus/mikroszomális átalakítás nagymértékben megváltoztathatja a molekula szerkezetét, ezért a biológiai hatás is jelentősen eltérhet az eredeti vegyületétől.

2. ábra A kvercetin átalakulása a szövetekben



Például a hormonhatást mutató naringeninből eriodiktiol keletkezik, ekkor a hormonhatás eltűnik. A krizin indukálni képes a citokróm P450-et, de apigeninné történő átalakulása után ez a hatás megszűnik. A krizin sokkal kevésbé citotoxikus, mint dihidroxilált származéka, a luteolin, amely ugyanakkor erőteljesebb antioxidáns (42). Az így keletkezett metabolitok mennyisége azonban elenyésző az elfogyasztott flavonoidok mennyiségéhez képest. Konjugált és 3'-O-metilált származékok patkány plazmában kimutathatók voltak flavanolo (katechin) és flavonolo (kvercetin, rutin, izoramnetin) fogyasztása után (6, 36). Ezek a származékok a vizelettel vagy az epével ürülnek. Ez utóbbi esetben belépnek az enterohepatikus körforgásba, ahol dekonjugálódnak, majd újra abszorbeálódnak. Teljes metabolizálódás esetén egyszerű fenolsavakká bomlanak, felszívódnak, majd a vizelettel ürülnek (33, 34, 36, 43).

Humán tanulmányokban is a flavonoidok részleges abszorpcióját tapasztalták. Az orálisan bejuttatott kvercetin felszívódása ileosztomizált páciensek esetében nagy egyének közötti változatosságot mutatott. Átlagosan a kvercetin aglikon 24%-a, és a glükozid 52%-a szívódott fel (44). A flavonoidok szervezetben kialakuló stabil plazma szintje rendkívül lényeges a megfelelő biológiai hatás kifejtése érdekében. Patkányokban az orálisan bevitt 50 $\mu\text{mol}/\text{tt kg}$ luteolin elfogyasztása után 3 órával 5.1 nmol/ml volt a luteolin plazma koncentrációja, míg a 24 órás ürítés a vizelettel a bevitt mennyiség 4%-a volt. 24 órával a flavonoid elfogyasztása után a plazma HPLC profilja szerint a keringésben szabad luteolin, luteolinglükozid, luteolin-szulfát konjugátum, és O-metil-luteolin (diosmetin) volt jelen (45). A luteolin metabolizmusának feltételezett mechanizmusa a 4. ábrán látható (Shimoi nyomán). A legtöbb tanulmányban nem sikerült pontosan meghatározni, hogy a glükuronid melyik helyzetben épült be molekulába. Mivel az antioxidáns aktivitás szorosan kapcsolódik az adott helyzetben lévő hidroxil csoportokhoz, a létrejött glükuronid antioxidáns aktivitása és kelátképző tulajdonságai gyengébbek lehetnek, mint az aglikoné. A diosmetin, a 4'-O-metil luteolin, hidroxil gyök scavenger kapacitással rendelkezik, ezért ha a luteolin 3'- vagy 4'- pozícióban glükuronidálódik, antioxidáns aktivitása nemvész el teljesen (46).

2.3.2 A flavonoidok mint antioxidánsok

A flavonoidok biológiai hatásait számos vizsgálati rendszerben tanulmányozták, a részben vagy teljesen bizonyított hatások meglehetősen szerteágazóak. A flavonoidokkal kapcsolatos kutatások kezdetén a vizsgálatok nagy része in vitro körülmények között történt, de a 90-es évektől megsokszorozódott az in vivo tanulmányok száma is. Az in vitro vizsgálatok alapján a következő biokémiai folyamatok köré csoportosíthatók a flavonoidok kedvező hatásai: antioxidáns hatás és/vagy szabadgyök-befogás, immunmoduláns és gyulladáscsökkentő hatás nagy valószínűséggel az arachidonsav metabolizmus módosításán keresztül (foszfolipáz A2 gátlás, ciklooxygenáz gátlás vagy aktiválás, 5-, 12-, 15-lipoxigenáz gátlás), asztmaellenes és antiallergén hatás, más enzimek aktivitásának módosítása, általában gátlása (xantinoxidáz, angiotenzin konvertáz, cAMP foszfodiészteráz), antivirális, antibakteriális hatás, ösztrogén aktivitás (izoflavonoidok), mutagenezist és karcinogenezist befolyásoló hatás, hepatoprotektív hatás, véredényrendszer működését, állapotát befolyásoló hatás, vaszkuláris permeabilitás módosítása (7, 47). A fenti tulajdonságok egymással összefüggnek: a hepatoprotektív hatás a szabadgyök scavenger tulajdonsággal, az antioxidáns hatás sok esetben a xantinoxidáz gátlással, az asztmaellenes hatás pedig az 5-lipoxigenáz gátlással, vagy más immunológiai folyamattal.

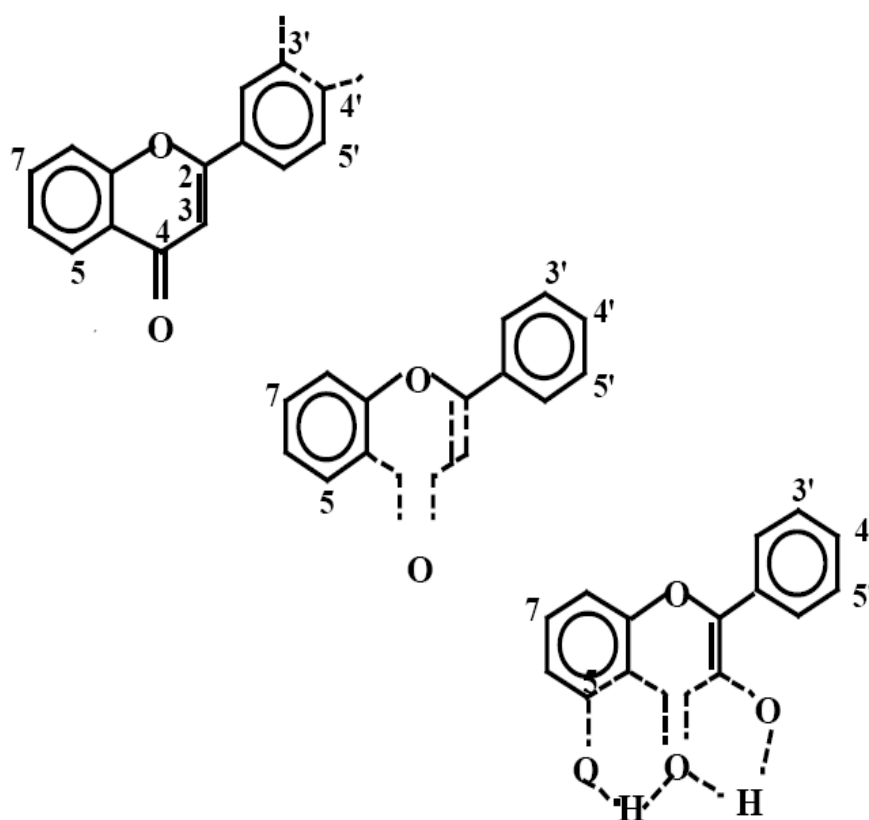
A fenolos antioxidánsok szabadgyök-terminátorként és fémion kelátorként funkcionálhatnak, emellett hidrogénatomot átadva a szabadgyököknek bekapcsolódnak a lipidek és egyéb molekulák oxidációs folyamataiba. A folyamat során a flavonoidból keletkezett átmeneti termék, a fenoxigyök relatíve stabil molekula, ezért az újabb láncreakció iniciációja nehezen következik be. Ugyanakkor a fenoxigyök más szabad gyökökkel reagálva részt vesz a láncreakció terminációjában (48).

A flavonoidok antioxidáns tulajdonságainak mértéke alapvetően az adott molekula szerkezetétől függ. A fenol önmagában nem antioxidáns, de az orto és para difenolok már antioxidánsként viselkednek. A hatás erőssége fokozódik, ha a molekulák etil vagy n-butil csoportokat is tartalmaznak. Egy adott flavonoid molekula antioxidáns, amennyiben az alábbi feltételek közül egy vagy több teljesül: 1) o-difenol csoport jelenléte többnyire a B gyűrűn, 2) kettős kötés a 2-3 szénatom között és a 4-oxo csoport jelenléte, 3) hidroxil csoportok 3 és 5 szénatomon (14). A flavonoidok antioxidáns tulajdonságaihoz elengedhetetlenül szükséges kémiai szerkezet a 3.

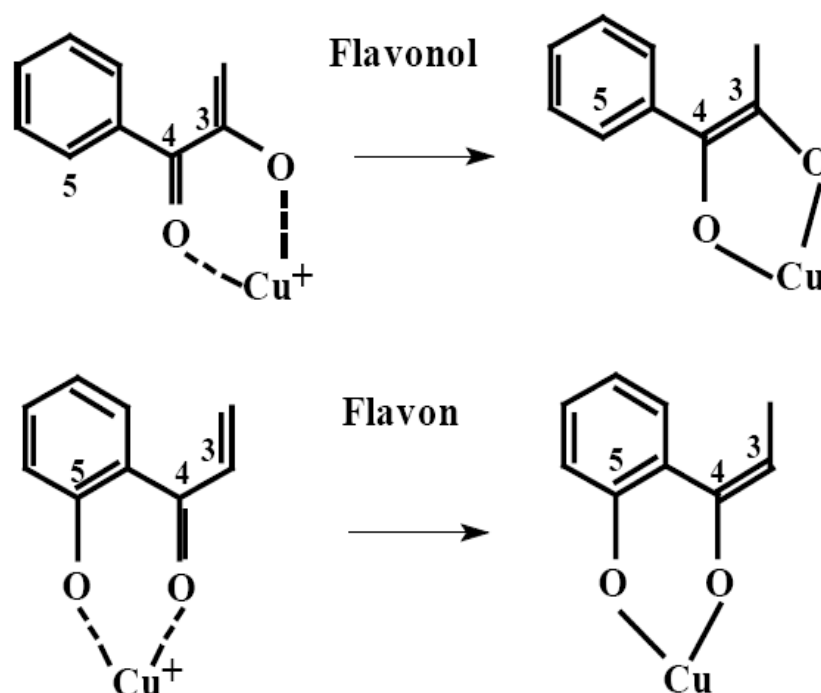
ábrán látható (36). Az antioxidáns hatás erőssége szoros pozitív összefüggést mutat a hidroxiláció mértékével, és negatív korrelációt a cukor oldalláncok számával. A flavonoidok a nagyon reaktív hidroxilgyökök hatásos scavengerei (40). A flavonoidok fémkelátorok is, ezért gátolják a Fenton és Haber-Weiss reakciókat, melyek során rendkívül reaktív szabad gyökök keletkeznek, ráadásul antioxidáns tulajdonságaikat a flavonoid-fémion komplex kialakulás után is megtartják (49, 50). A különböző szerkezetű flavonoidok fémionokkal alkotott komplex vegyületeinek szerkezete a 4. ábrán látható.

Számos flavonoid hatását tanulmányozták lipidperoxidációs rendszerekben. Ezekben a tesztekben a kvercetin és a rutinon kívül az apigenin, az eriodiktiol, a kempferol és a luteolin is antioxidáns tulajdonságokat mutatott (51). A kvercetin, a rutin, az apigenin és a naringin esetében a szuperoxid gyök scavenger hatása is bizonyított (52, 53).

3.ábra A flavonoidok antioxidáns tulajdonságait biztosító szerkezeti elemek



4.ábra Egyes flavonoid vegyületek komplex képzésének mechanizmusa



A hesperidin, a naringenin és a naringin, a citrusfélék 3 fő flavonoidja viszonylag gyenge antioxidánsnak bizonyult lipidperoxidációs rendszerekben (52). Az antioxidáns hatáshoz szükséges optimális kémiai szerkezettel rendelkező flavonoidok, mint pl. a kvercetin, szuperoxid-, hidroxil-, alkoxil- és peroxilgyök scavengerekként viselkednek. Ugyanakkor néhány erőtejen antioxidáns hatású flavonoid nem rendelkezik a fenti szerkezettel (54). Jól ismert tény, hogy a flavonoidok C-vitaminvédő hatással rendelkeznek, mely tulajdonság szintén az antioxidáns jelleggel függ össze (55). Bizonyos körülmények között a flavonoidok prooxidáns hatásúak is lehetnek. Fe^{3+} -EDTA jelenlétében pH 7.4-en 100 μM kvercetin fokozta a hidroxilgyökök képződését H_2O_2 -ből deoxiribóz rendszerben. A DNS bleomycinnel előidézett károsodását is fokozta a kvercetin Fe^{3+} jelenlétében (56). Aerob körülmények között a kempferol DNS károsodást és következményes lipidperoxidációt okozott patkányok májsejtjének magjában. Jelenlegi ismereteink szerint úgy tűnik, hogy a prooxidáns hatáshoz a Fe^{3+} jelenléte, a flavonoidok nagy koncentrációja és lúgos pH szükséges, amely feltételek fiziológiai körülmények között nem biztosítottak (57). Továbbá az eddigi vizsgálatok szerint a keringésben

kisebb flavonoid koncentráció mutatható ki, mint a fenti vizsgálatban alkalmazott mennyiségek.

2.3.3 A flavonoidok toxicitása, mutagenitása

A jelenleg fellelhető irodalmi adatok szerint a flavonoidok relatíve nem toxikusak a magasabb rendű állatok és az ember számára, teratogén hatást sem sikerült kimutatni (58). Mindaddig, amíg az élelmiszer a flavonoidok egyetlen forrása, az intoxikáció kockázata elhanyagolható. Az állatkísérletekben tanulmányozott flavonoidok esetében az akut LD50 1 g/nap dózis alatti értékek voltak (59). Amióta 1975-ben Ames közölte az in vitro *Salmonella typhimurium* short-term mutagenesis tesztjét, több kutatócsoport is felhasználta ezt a flavonoidok mutagén hatásának tanulmányozására (60). Számos flavonoid mutagének bizonyult ebben a rendszerben, mikroszomális (S-9) metabolikus aktiváció mellett és annak hiányában is (61, 62, 63). A kvercetin több in vitro short-term kísérletben genotoxikus hatású volt emlős sejtvonalakon. Többek között mutációt eredményezett a fibroblaszt HG PRT lokuszon V79 tengerimalacban, kínai hörcsög és humán sejtekben is fokozta a kromoszóma aberrációk és a SCE (sister chromatid exchange) gyakoriságát, megnövelte a DNS törések számát a timidinkináz lokuszon L5178Y macska limfóma sejtekben, valamint kromoszóma aberrációt indukált hörcsög petesejtekben (64, 65, 66). Jóllehet a fenti korlátozott számú vizsgálat in vitro körülmények között történt, a nem éppen kedvező eredmények nagy publicitást kaptak tudományos körökben. Ezért széles körben folytak tovább a kutatások, melyek során többek között megállapították, hogy a béltraktus baktériumai rendelkeznek glükózidáz aktivitással, így a cukormolekulák hidrolízisét katalizálják az általában nem mutagén flavonoid glükozidokról, és gyakran mutagén aglikonokat eredményeznek (67, 68). A flavonoidok szerkezete és az Ames tesztben tapasztalt hatások közötti összefüggések szerint a flavonoidok mutagenitását befolyásolja a B gyűrűn 3' és 4' helyzetben lévő hidroxi csoport, az A gyűrűn a 7. szénatomon jelenlévő szabad hidroxi vagy metoxi csoport jelenléte vagy hiánya. Úgy tűnik, hogy a metoxi csoport jelenléte, különösen a B gyűrűn, jelentősen növelheti a molekula mutagenitását (69).

Több kutatócsoport tett kísérletet a flavonoidok in vivo genotoxikus hatásának bizonyítására, de legtöbbjük nem kapott egyértelmű eredményt. Az egyik munkacsoport csontvelő sejtekben fokozott mikronukleusz képződést tapasztalt

egerekben intraperitoneálisan adagolt kvercetin, kempferol, neoheszperidin és 5,3',4'-trihidroxi-3,6,7,8-tetrametoxiflavon hatására (70, 71). In vitro körülmények között a kvercetin DNS törést okozott (72). Ezek az eredmények a flavonoidok mutagén hatásának lehetséges mechanizmusát mutatják. Aerob körülmények között, fémionok jelenlétében, a kvercetin szuperoxid gyököt és egyéb reaktív oxigén intermediereket termelhet, melyek a DNS károsodását eredményezhetik (73). Ilyen körülmények között azonban a C-vitamin is in vitro mutációt okozhat (74). A reakciókhoz szükséges mennyiségű H_2O_2 keletkezéséhez meghosszabbított inkubációs idő szükséges. Ugyanakkor a jól működő emlős sejtekben elegendő mennyiségű és aktivitású szuperoxid-dizmutáz és glutation-peroxidáz van, melyek a keletkező hidrogén-peroxidot és szuperoxid gyököt eliminálni képesek.

Jelenlegi ismereteink szerint úgy tűnik, hogy a flavonoidok in vitro mutagének, in vivo viszont nem genotoxikusak. A legtöbb in vivo vizsgálatban nem volt különbség a kontroll és a flavonoiddal kezelt csoportok között az egy állatra jutó tumorok számát és a tumor incidenciáját illetően sem, 0.1-1.0% kvercetint vagy rutint tartalmazó étrendet fogyasztó egerekben, patkányokban és hörcsögökben (75).

Pamukcu és munkatársai közölték, hogy 0.1% étrendi kvercetin intesztinális és húgyhólyag karcinómát eredményezett norvég patkányokban, valamint egy másik kísérletben megnövekedett májtumor incidencia volt tapasztalható patkányokban (75, 76). Dunnick vizsgálataiban magas dózisú (5% flavonoid az étrendben) kvercetin fogyasztása 2 éven keresztül hím patkányokban a vesedaganat kialakulásának megnövekedett gyakoriságát eredményezte (77). Alacsonyabb dózis és rövidebb ideig tartó fogyasztás nem okozott kimutatható káros hatásokat. Az ezen a területen munkálkodó kutatók összegzése szerint a flavonoidok antikarcinogén hatása sokkal jelentősebb, mint azok prokarcinogén tulajdonságai.

2.4 FLAVONOIDOK A GYÓGYÍTÁSBAN

2.4.1 Antimutagén és antikarcinogén hatás

Számos közlemény számolt be a flavonoidok antimutagén és antikarcinogén hatásával kapcsolatosan végzett vizsgálatokról. A leggyakrabban tanulmányozott vegyület a kvercetin. Az eredmények azt jelzik, hogy a flavonoidok gátolják a fázis I. enzimeket, melyek a karcinogéneket aktiválják, visszaszorítják a rákos sejtek proliferációját, kivédik a γ -sugárzás genotoxikus hatását és gátolják a DNS-adduktok

képződését a benzo(a)pirén expozíció esetén (78). Továbbá antipromoter és antiinvazív hatást tapasztaltak, valamint olyan enzimek gátlását figyelték meg, mint a protein tirozinkináz, a TPA-dependens ornitin-dekarboxiláz, és a DNS topoizoméráz (79). Számos flavonoid mutat antimutagén hatást in vitro körülmények között (80). Kuntz és munkatársai 30 különböző flavonoid kedvező hatását tapasztalták humán ráksejt vonalakon, mivel azok dózis-dependens módon gátolták a sejtek proliferációját, ugyanakkor citotoxikus hatásuk nem volt tapasztalható (81). Étrendi flavonoidok, mint a kvercetin és a rutin megakadályozta a H₂O₂-indukálta DNS károsodást humán vastagbél sejtekben (82).

2.4.2 Szív- és érrendszeri betegségek

Az étrend összetétele bizonyítottan hatással van a szív- és érrendszeri betegségek kialakulására, és ez a hatás nemcsak a telített zsírsav- és a koleszterin bevitellel magyarázható (83). Jóllehet az atherosclerosis kialakulásának pontos mechanizmusa nem ismert, általánosan elfogadott, hogy a folyamat korai szakaszában, az érfalban a makrofágok képesek felvenni a módosult szerkezetű LDL-t az LDL receptoroktól független módon az ún. scavenger receptorokon keresztül, melyek csak a módosított, oxidált LDL-t ismerik fel. Az oxidált LDL erősen atherogén, ugyanakkor visszajutása a keringésbe korlátozott. Ez a folyamat a koleszterinészterrel telített makrofágok intimához történő akkumulációját eredményezi. A makrofágok fokozatosan habos plazmájú sejtekké transzformálódnak, majd ún. „fatty streak”-ek keletkeznek. Ez utóbbiak fibrotikus plakkokat képeznek, melyek kalcifikálódnak és a lumen beszűküléséhez vezetnek (84, 85). Az oxidált LDL, akár a lipid, akár a koleszterin oxidatív modifikációja történt, citotoxikus és károsítja az endotél sejteket. Ez a károsodás a trombocita aggregációt stimuláló faktorok kiáramlását eredményezi, mely trombózis kialakulásához vezet. A trombogenezis és a csökkent intralumináris tér növeli az infarktus kockázatát.

A flavonoidok kedvező hatása az ischaemiás szívbetegségek (ISZB) prevenciójában többféle mechanizmus szerint is megvalósulhat, például az LDL oxidáció, vagy a trombocitaaggregáció gátlásán keresztül. Így mindazok a tényezők, melyek meggátolják az LDL oxidációját, a koronáriás szívbetegségek prevenciójában és kezelésében hasznosak lehetnek. A legtöbb flavonoid antioxidáns, ugyanakkor számos in vitro tanulmány számolt be arról, hogy meghatározott vizsgálati

rendszerekben a flavonoidok antioxidáns aktivitása erősebb volt, mint az α -tokoferolé. In vitro vizsgálatokban a flavonoidok gátolták mind a celluláris, mind a sejten kívüli tényezőkkel előidézett LDL oxidációt. A flavonoidok szabadgyök scavenger tulajdonságain túl az α -tokoferol védelme, az oxidált LDL citotoxikus hatásának gátlása, valamint a 15-lipoxigenáz gátlása is feltételezhetően szerepet játszik a kedvező folyamatban (86). A kvercetin és a rutin nagy koncentrációban megakadályozta az oxidált LDL jelenléte miatt bekövetkező sejtkárosodást, mivel mindkét flavonoid gátolta a lipoproteinek oxidációját és az abból következő citotoxicitást. Kisebb koncentrációban közvetlenül védték a sejteket az oxidált LDL citotoxikus hatásaitól (87, 88).

Már az 50-es évek óta ismert a flavonoidok antitrombotikus és trombocitaaggregációt gátló hatása (89). Az in vitro és in vivo állatkísérletekben és humán vizsgálatokban egyaránt bizonyított pozitív hatásért a legtöbb esetben a cAMP foszfodiészteráz gátlása miatt megnövekvő cAMP szint tehető felelőssé (90). Ezen kívül egyéb mechanizmusok is feltételezhetők: az arachidonsav metabolizmus módosítása a tromboxán szint csökkentésével, a tromboxán receptorokkal szembeni antagonizmus, valamint a prosztaciklinszint emelése (91, 92). A legtöbb flavonoid gátolta a lipoxigenázt, de hatásuk eltérő volt a cikloxigenázra. A kvercetin gátolta a ciklooxygenáz, a lipoxigenáz és a xantinoxidáz működését (93). Az apigenin, a kaempferol, a naringenin és a rutin szintén gátolta a lipoxigenáz működését. A kalciumszint csökkentése, a trombocita aktiváló faktor (PAF) gátlása, szabad gyök scavengelés, a proaggregációs enzimek aktivitásának csökkentése is ismert folyamatok az irodalomból (94). Az adatok alapján úgy tűnik, hogy a flavonoidok antiaggregációs hatása többféle, többé-kevésbé egymástól független folyamaton keresztül jut érvényre. Az eddig említett hatásokon kívül nem zárható ki a xantinoxidáz, a mieloperoxidáz és az angiotenzin konvertáz gátlása sem.

2.4.3 Egyéb hatások

A vizsgált flavonoidok közül elsősorban a kvercetin gátolta a citokrom P450-dependens ösztrogénszintetázt, a dihidropiridin metabolizmust és egyéb más enzimek működését (95). Az apigenin megakadályozta a különböző ágensek hatására bekövetkező hisztamin kiáramlást, míg a hesperetin, a naringin és a rutin hatástalan volt. Az apigenin, a hesperetin, a kvercetin és a rutin gátolta a neutrofil sejteknek az

opszonizált zimoján részecskék hatására adott kemilumineszcenciás válaszát. Több flavonoid is gátolta az etoxikumarin-deetilázt patkányok májának és belének mikroszómáiban (96). Az apigenin és a luteolin gátolta a hialuronidáz (glükózidáz) aktivitását, amely a gyulladásos válasz egyik lehetséges formája. A kempferol és a kvercetin megakadályozta a stressz fehérjék indukcióját eritrofagocitózis során, valamint hősokk esetén (97). A rutin részlegesen megvédte az oxihemoglobint a H_2O_2 -indukálta oxidációtól és hem-vesztéstől. Ischémia/reperfúzió során a kvercetin megóvta a szöveteket az oxidatív károsodástól. Vastároló patkány májsejtekben a kvercetin visszaszorította a lipidperoxidációt, valamint a laktát-dehidrogenáz kiáramlását a sejtekből (98).

2.4.4 Epidemiológiai tanulmányok

A szív- és érrendszeri megbetegedésekből származó halálozások epidemiológiai összefüggéseinek feltárása során a flavonoid vegyületeket 1960-ban, az ún. Seven Country Study-ban vették figyelembe először (99). A tanulmányban 7 ország – Horvátország, Finnország, Olaszország, Japán, Szerbia, Görögország, Hollandia és Amerika – lakosságának fogyasztási és halálozási adatait elemezték vasúti munkások megfigyelésén keresztül. A tanulmány szerzői a 25 éves követéses vizsgálat eredményei alapján arra a végső megállapításra jutottak, hogy a flavonoidbevitel inverz módon összefügg a szív- és érrendszeri megbetegedésekből eredő mortalitással. Az 1985-ben indult Zutphen (Hollandia) tanulmány 65-84 év közötti 805 férfi adatait elemezte (100). A flavonoidbevitel összefüggésben volt az öt éves követéses időszakban megjelenő daganatos és koronáriás megbetegedések számával. A keringési rendszer zavaraihoz összefüggő mortalitás 50%-kal alacsonyabb volt a legmagasabb flavonoidbevitelű csoportban a legkevesebbet fogyasztókhoz viszonyítva. Hasonló összefüggéseket tapasztaltak a welsi Caerphilly-ben végzett felmérések során is (99).

Egy finn tanulmányban a korábban említett holland flavonoid összetételi adatokat, valamint a tanulmány kezdetekor rögzített finn fogyasztási adatokat figyelembe véve 5133 férfi és nő (életkor: 30-69 év) adatait elemezték egy 26 éves követéses vizsgálatban (101). A nők esetében szignifikáns inverz összefüggés volt kimutatható a flavonoidbevitel és az összes-, valamint a koronáriás szívbetegségekből eredő halálozások tekintetében is, amikor az adatokat korrigálták az ischémiás

szívbetegségek legfőbb rizikótényezőivel. A férfiak esetében ugyanezt a trendet sikerült kimutatni, de csak az összes halálozásra vonatkozóan volt szignifikáns az összefüggés.

2.4.5 A vörösbor egészségvédő hatása

A nyolcvanas évek második felében epidemiológiai vizsgálatok egybehangzó adatai mutattak rá a később "francia paradoxon" elnevezést nyert jelenségre. Franciaország egyes területein a szív- és érrendszerrel kapcsolatos megbetegedések és halálozások aránya mérsékelt és relatíve alacsonyabb, mint Európa más fejlett országaiban és Amerikában. Az alacsony ISZB mortalitás mellett azonban a zsír- és ezen belül a telített zsírsavak fogyasztása és a szérum koleszterin szint közel azonos az említett országok mindegyikében (102). Számos országban, így a Dániában, Amerikában, Franciaországban, és az Egyesült Királyságban elvégzett epidemiológiai vizsgálatokból világosan kitűnik, hogy azoknál az egyéneknél, akik 150-300 ml vörösbort fogyasztanak el naponta, kortól és iskolázottságtól függetlenül mintegy 50 %-al kisebb az esély arra, hogy kardiovaszkuláris megbetegedésben haljanak meg és átlagosan 10-12 évvel hosszabb ideig élnek, mint akik egyáltalán nem isznak vörösbort (103, 104, 105).

Az első elemzések feltételezték, hogy az etilalkohol a kedvező hatású komponens, amely alacsony dózisban akár meg is akadályozhatja a trombózis kialakulását, csökkenti a fibrinogén- és emeli a plazminogén koncentrációt, növeli a védő hatású HDL-koleszterin szintjét és kismértékben csökkenti az LDL-koleszterin koncentrációját (106). Nagyobb mennyiség fogyasztása esetén azonban nem hagyható figyelmen kívül, hogy az alkoholbevitel felesleges kalóriákhoz juttatja a szervezetet, és a VLDL (nagyon alacsony fajsúlyú lipoprotein) képzés fokozásán keresztül a triglicerid szint emelkedéséhez és így a lipid paraméterek módosulásához vezet. A tartós alkoholfogyasztás alkoholos zsírmájhoz, majd cirrrosisához, végső soron pedig májdaganat kialakulásához vezet. Az elváltozások létrejöttében a fokozott szabadgyök-reakciók bizonyítottan szerepet játszanak. Az alkohol első metabolitját, az acetaldehidet nemcsak az acetaldehid-dehidrogenáz, hanem kedvezőtlen metabolikus körülmények között a xantinoxidáz is képes metabolizálni. Az enzim xantin helyett szubsztrátként acetaldehidet használ, és miközben ezt acetáttá oxidálja, a molekuláris oxigénből szuperoxid gyök (O_2^-) képződik. Ezen

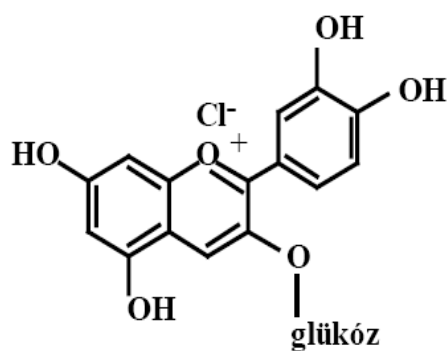
kívül az etanol fogyasztás fokozza a máj mikroszomális enzimeinek (CYP2E1) működését és így a káros szabadgyökök képződését is. A felszabaduló reaktív oxigén intermedierek, akármelyik úton keletkeznek is, szerepet játszanak az alkohol májkárosító hatásában (107).

A bor egyéb összetevőit megvizsgálva kitűnik, hogy a polifenolos komponensek a felelősek a kardioprotektív hatásért. A borok fenolos komponensei a borszőlőből (*Vitis vinifera*) származó monomer, oligomer és polimer fenolos vegyületek (108). A vörösbort a magon, a kocsányon és a héjon érlelik, ezért a bennük található proantocianidinek és antociánok az alkoholos erjedés alatt átoldódnak a vörösborba (109). A fehérbor összes fenoltartalma 170-300 mg/l, a vörösbore 1800-3000 mg/l, ez a nagyságrendbeli különbség egyrészt a két szőlőfajta eltérő összetételéből, másrészt a különböző borkészítési technológiákból adódik (110). A 2. táblázatban vörös- és fehérbor polifenolos vegyületeinek mennyisége, a 5. és 6. ábrán a monomer és oligomer komponensek kémiai szerkezete látható Singleton nyomán (111).

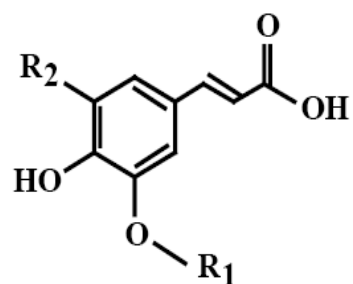
A vörösborkok erőteljesebb antioxidáns és gyökfogó tulajdonságai egyrészt a magasabb polifenol tartalomnak tulajdoníthatók. Feltételezhető azonban az is, hogy azok a polifenolos vegyületek, amelyek csak a vörösborkban találhatók meg, olyan kedvező szerkezeti és kémiai tulajdonságokkal rendelkeznek, melyek lehetővé teszik, hogy antioxidánsként viselkedjenek (112). A vörösborkok alkoholtartalma 10-15 % között mozog, eddigi ismereteink szerint nem tartalmaznak karcinogén vegyületeket. Étvágygerjesztő és emésztést elősegítő hatásuk régóta közismert.

Számos munkacsoport számolt be a bor eredetű fenolos komponensek LDL oxidációt gátló hatásáról (113, 114). Frankel és munkatársai szerint a relatív antioxidáns aktivitás szoros korrelációban van a bor összes fenoltartalmával és néhány monomer komponens (például galluszsav, katechin, miricetin, kávéssav, rutin) koncentrációjával (115).

5. ábra Vörösborkok monomer fenolos komponensei

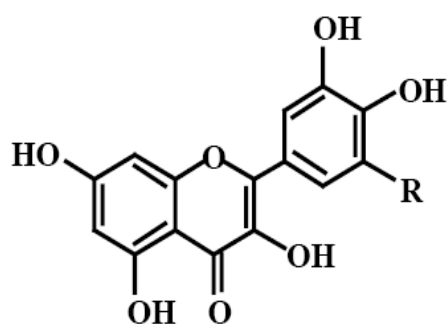


Cianidin



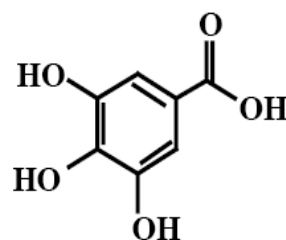
Kávésav, $R_1, R_2 = H$

Szinapinsav, $R_1 = CH_3, R_2 = O$

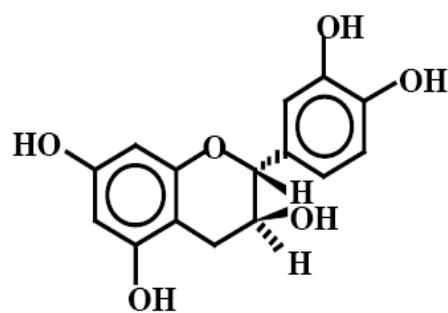


Kvercetin, $R = H$

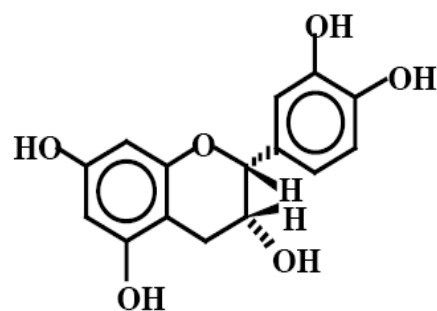
Miricetin, $R = OH$



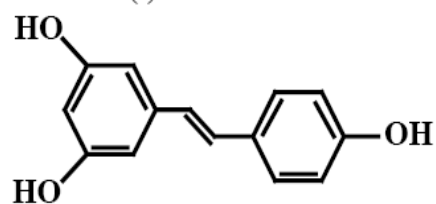
Galluszsav



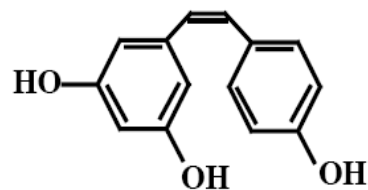
(-)-Katechin



(-)-Epikatechin

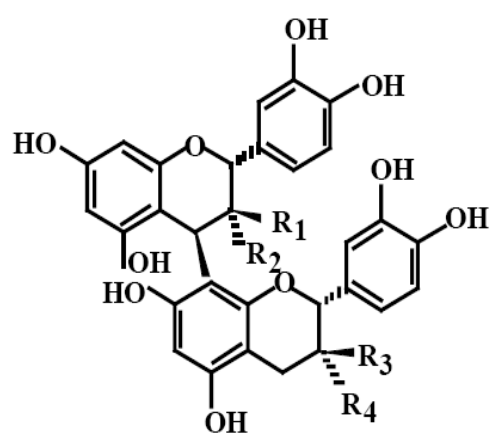


Transz-rezveratrol

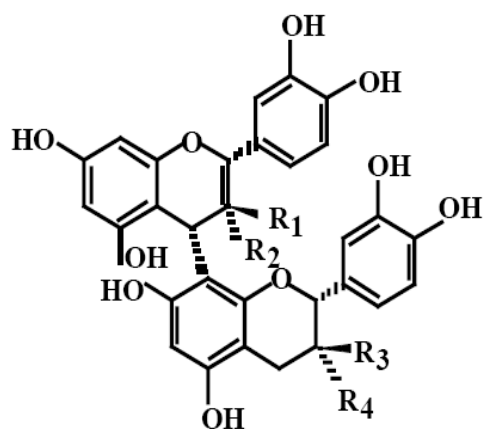


Cisz-rezveratrol

6.ábra Vörösbork oligomer fenolos komponensei

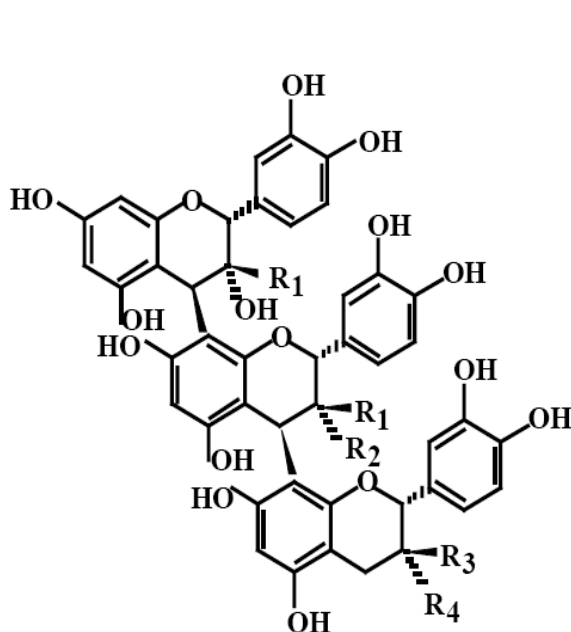


Procianidin dimer B-2: $R_2, R_4 = OH$



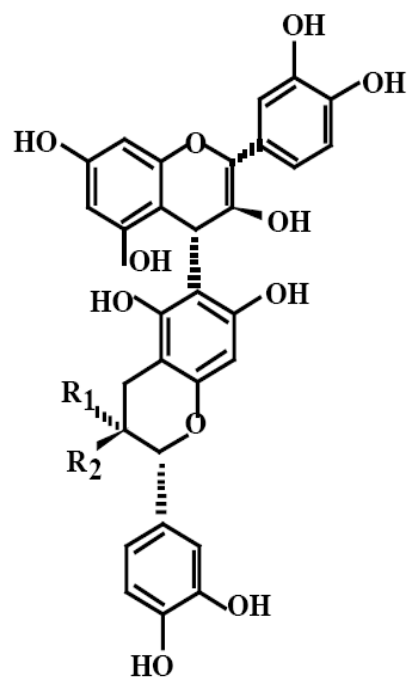
Procianidin dimer B-3: $R_1, R_3 = OH$

Procianidin dimer B-4: $R_1, R_4 = OH$



Procianidin trimer C-1: $R_2, R_4 = OH$

Procianidin trimer C-2: $R_2, R_3 = OH$



Procianidin dimer B-6: $R_2 = OH$

Procianidin dimer B-8: $R_1 = OH$

(a külön nem jelzett R csoport = H)

Azonos fenolkoncentrációra hígított vörös- és fehérborokat összehasonlítva, magasabb antioxidáns aktivitást tapasztaltak a vörösborknál, ami jelzi ez utóbbiak

polifenolos vegyületeinek erőteljesebb antioxidáns hatását. A vörösbor polifenolos vegyületei között nagy mennyiségben megtalálható procianidinek fehérjékhez való kötődésének erőssége jelentősen befolyásolhatja a vegyületek antioxidáns viselkedését. A polifenolok általában jól kötődnek az LDL-hez és endogén antioxidáns (C és E vitamin) analógokként viselkednek (116). A vörösbor polifenoljai feltehetően szinergistái a tokoferolnak és az aszkorbinsavnak, ezáltal fokozottabb mértékben gátolják a lipid peroxidációt.

2. táblázat Kereskedelmi borok átlagos polifenoltartalma

Komponens (mg/l)	Asztali bor		Desszert bor	
	Fehér	Vörös	Fehér	Vörös
Összes nem-flavonoid, ebből	<i>165</i>	<i>200</i>	<i>145</i>	<i>190</i>
Illó fenolok	1	5	1	5
Tirozol	14	15	9	10
Hidroxibenzoesav származékok	10	40	5	35
Hidroxifahéjsav származékok	140	140	130	130
Összes flavonoid, ebből	<i>35</i>	<i>1000</i>	<i>60</i>	<i>700</i>
Katechinek	25	75	50	80
Antociánok és származékok	0	400	0	300
Egyéb monomer flavonoidok	0	25	5	20
Dimer és polimer tanninok	5	500	5	300
Összes polifenol	200	1200	205	890

A francia paradoxon egyik lehetséges magyarázata a resveratrol jelenléte. A fitoalexin resveratrol (3,4',5-trihidroxisztatilben) fungicid hatású komponens, amely sztatilben-szintetáz enzim jelenlétében keletkezik patogén mikroorganizmusok hatására. Feltételezett szerteágazó terápiás hatása miatt a keleti gyógyászatban gyakran alkalmazzák anyagcsere-, gyulladásos- és szívbetegségek esetén egyaránt (117). A resveratrol a vörösbor összes fenolos komponenseinek mintegy 0.1 %-t teszi ki, fehérborokban alig mutatható ki.

A bor fenolos vegyületei gátolták a trombociták és makrofágok ciklooxygenáz és lipoxigenáz aktivitását és így lassították a trombotikus folyamatokat (118). A kvercetin nagy valószínűséggel csökkenti a szabad intracelluláris Ca²⁺ hasznosulását a Ca²⁺-dependens ÁTP-áz gátlásával. Egyes borkomponensek antioxidáns

tulajdonságaik révén gátolják az endoteliális prosztaciklin és az endotélfüggő relaxációs faktor (EDRF) lipid peroxidáció okozta károsodását. A prosztaciklinek és az EDRF-ek gátolják a trombocita aggregációt. Fitzpatrick és munkatársai feltételezik, hogy a szőlő származékok értágító hatása a nitrogénoxid/guanozin 3',5'-ciklikus monofoszfát (cGMP) rendszer befolyásolásán keresztül valósul meg (119).

A vörösbor fenolos vegyületeinek felszívódására csak közvetett bizonyítékok állnak rendelkezésünkre. Többek között feltételezhető, hogy a vizes alkoholban oldott vegyületek felszívódása hatékonyabb, mint szilárd élelmiszereké. Humán vizsgálatokban napi 5.7 ml/ttkg dóziséú vörösbor fogyasztása szignifikánsan növelte a szérum (kemilumineszcenciás módszerrel mért) antioxidáns kapacitását a kontrollhoz és a fehérbort fogyasztó csoportokhoz viszonyítva (120). Két hétig fogyasztott napi 400 ml vörösbor 20%-kal csökkentette a vérplazma lipidperoxidációval szembeni érzékenységet in vitro szabadgyököt generáló rendszerben, ugyanakkor gátolta az LDL rézionok jelenlétében lejátszódó oxidációját is.

Számos kedvező, elsősorban in vitro eredmény ellenére azonban a vörösbor in vivo kardioprotektív hatása az eddigi ismereteink szerint nem egyértelmű, ezért további vizsgálatok elvégzése szükséges a határozott következtetések levonására.

Brasnyó és munkatársai vizsgálták a resveratrol hatását II-es típusú cukorbetegség körében kettős vak próbával. Az eset csoportban napi 2x5mg resveratrolt kaptak a cukorbetegség. A vizsgálat során eredményeikből megállapították, hogy a resveratrol csökkenti az inzulin-rezisztenciát az oxidatív stressz csökkentésén keresztül, mivel javítja az inzulin jelátviteli mechanizmust (121).

2.5 OLAJOS MAGVAK

Az olajos magvak kedvelt táplálékaink. Termesztésük rendkívül nagy méreteket ölt, a KSH adataiból kiderül, hogy hazánkban az e növényeket termesztő fölterületek nagysága egyre nő, 2006-ban a Magyarországon termesztett olajos magvak mennyisége 1618 ezer tonna volt. Gyakran alkalmazzák különböző pékáruk esetében a rosttartalom növelésére, néhány képviselőjüket tartósításra, ízesítésre használják. Ezen kívül gyakori nassolnivalók is. Kellemes ízű termékekről van szó, és nagy élvezeti értékkel rendelkeznek, de felmerül a kérdés milyen tápanyagok kerülnek fogyasztással a szervezetünkbe. A stilbének fenolos vegyületek, melyek az utóbbi 20 évben egyre nagyobb érdeklődésre tartanak számot a polifenol kutatás körében.

Európában a rezveratrolt először 1976-ban, borszőlőből határozták meg, majd 1992-ben borból is. Koreában pedig az olajos magvak egyik tagjánál, a földimogyorónál mutatták ki ezt a polifenol származékot (122).

Az olajos magvak elnevezés gyűjtőfogalom, e csoport alatt olyan növényi magokat értünk, melyből iparilag olaj nyerhető, ezen olajat étkezési célból fel is használjuk.

2.5.1.1 Napraforgó (*Helianthus Annuus L*)

A növény magyar megnevezése a köznyelvi napraforgó (termesztett, közönséges vagy egynyári napraforgó). Elterjedt további népi/tájnevei még: tányérrózsa, tányérvirág, szotyola.

A Linné-féle *Helianthus* nemzetségnév a görög héliosz (nap) és az anthosz (virág) összetétele. Ez a naphoz színben és formában hasonlító fészkesvirágzatot találóan jellemzi. Az annius faji jelző egyévest, egynyárit jelent, az indicus társnév pedig tengerentúli származást rögzíti (Új India=Pem). A napraforgó a fészkesvirágzatúak (*Asteraceae*) családjának a tagja. A világ étolajgyártásának fő olajnövénye. Őshazája az amerikai kontinens, Észak-Amerikától az Andok északi részéig őshonos. Az észak-amerikai indiánok több ezer év óta gyűjtik a magjait, termesztik, nyersen vagy pörköelve fogyasztják. Észak-Amerika középső és keleti részén ma is megtalálhatóak a kultúrnápraforgó kisebb fészke, vad alakjai, melyek az ősi napraforgók és a termesztett növények hibridjei. A napraforgó magja nem mag, hanem termés, amelyben 26-40% között váltakozó mennyiségű, gyorsan száradó és könnyen avasodó olaja van, amelyet finomítva igen nagy mennyiségben emberi ételmezésre használnak. Gyors száradása folytán olaja festékkészítésre is alkalmas. Magja madarak kedvelt csemegéje. Számos változata ismert. Szántóföldi termesztésre az egytányérú napraforgó változatok alkalmasak. Csak egy, többnyire nagy 30-40 cm átmérőjű virágzatuk nő. Fekete, szürkén csíkozott és fehér magvú változataik vannak. Kedveli a melegebb éghajlatot. Vetési ideje március. A korán learatott mag olajtartalma lényegesen kisebb, mint az érett magé. Amíg a mag nem pereg, nem kell sietni az aratással, ami száraz időhöz kötött. Az olajsütésre használt napraforgó héját koptatómalomban célszerű eltávolítani, mert annak mennyisége 42-47% és a maghéj sok olajat vesz fel. A hántolt mag 45-55% olajat ad, amely gyorsan száradó, jóízű étolaj, de könnyen avasodik. Szára zölden takarmány, megszáradva tüzelésre

alkalmas. Káliumban gazdag hamujából hamuzsír gyártanak. A napraforgómag energiatartalma a többi olajos maghoz hasonlóan jelentős. Zsírtartalma értékes, mert gazdag forrása a telítetlen zsírsavaknak, főleg linolsav és olajsav található benne. Mértékkel fogyasztva (a nem sózott változatot) fontos szerepe lehet a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében, mert e zsírsavak hozzájárulnak a vér koleszterinszintjének csökkentéséhez, és a vérnyomást is kedvezően befolyásolják. Ezt a hatást támogatja fitoszterol tartalma is. Élelmi rost tartalma miatt a fent említett megbetegedésekben szenvedőkön kívül a cukorbeteg, székrekedéssel küzdők, kismamák és idősek számára is javasolható. A napraforgómag kiemelkedő B₁, B₂-vitamin-forrás, melynek fontos szerepe van a szénhidrát-, aminosav- és az alkohol-anyagcserében. A vitaminok közül említést érdemel még nikotinsavamid és az E-vitamin-tartalma. Az utóbbi jelentősen hozzájárul a káros szabad gyökök sejtthártya- és DNS-károsító hatásának csökkentéséhez, ezért hasznos összetevője lehet a daganatmegelőző étrendnek (123). Az ásványi anyagok közül magnéziumot, kalciumot, foszfort és káliumot tartalmaz nagyobb mennyiségben. A magnézium és kalcium hozzájárul a csonttrikulás megelőzéséhez, és a már kialakult betegség kezelésében is szerepe van, a kálium pedig támogatja a szív és az idegrendszer működését. A napraforgóolaj gazdag továbbá D-vitaminban és foszfatidokban, például lecitinben. Nagy olajtartalma mellett a napraforgómag gazdag fehérjékben is.

A napraforgót a népgyógyászatban is használták a "tányér" főzetét köhögés ellen itták, az összezúzott vagy összerágott gyökeret pedig kígyó marta testrészekre tették. Az ősi indián felhasználási területek racionális elemeit lényegében minden nép átvette, ahogy megismerte a napraforgót. Népgyógyászatban levelét lázcsillapítóként alkalmazzák. Régebben a nép epilepsiánál és görcsöknél a növény magját etették a beteggel. Varró Aladár ugyancsak kiemeli maláriaellenes hatását. A napraforgóolaját hasmenés ellen használták, emellett jól alkalmazható gyomorfekély esetén is. Tudományos vizsgálatok bizonyítják, hogy a napraforgónak koleszterincsökkentő hatása is van, mivel a napraforgómagban megtalálható a fitoszterol, ami köztudottan csökkenti a koleszterint (124). Ezen kívül még jótékony hatással van prosztataproblémákra, magas magnézium tartalma miatt pedig gyenge idegnyugtatóként is számon tartják.

2.5.1.2 Földimogyoró (*Arachis hypogaea* L)

Magyar neve: földimogyoró, amerikai mogyoró, búrmogyoró. A földimogyoró a

pillangósok családjába tartozik. Amerikából származik, Brazília és Paraguay területén vadon fordul elő. A földimogyoró a világ második legnagyobb arányban termesztett olajnövénye. A legnagyobb területen Kínában, Indiában és az USA-ban termelik. A magja 40-50% olajat tartalmaz, de 25-30% a fehérjetartalma is (125). A mag gazdaságilag legértékesebb része a 35,8-60,7%-nyi olaj. Ez nem szárad be, nem avasodik, jellege más hazai olajainktól eltér: jódszáma jóval alacsonyabb, mint a napraforgóolajé, szabad zsírsava alig van. A földimogyoró olaj zsírsavtartalmának 82-85%-a telítetlen. Ez a körülmény nagyon kedvező táplálkozásbiológiai szempontból, miután a telítetlen zsírsavak enzimes bomlása gyorsabb a lipoxidáz működése révén. Az egyéb telített és telítetlen zsírsavak elsősorban a foszfolipoidok frakciójában fordulnak elő: telítettek közül a laurinsav, mirisztinsav, telítetlenek közül pedig linolénsav és eikozénsav található nagyobb mennyiségben. A legutóbbi évek táplálkozásbiológiai kutatásai szerint a magasabb rendű szervezetek ugyanúgy igénylik a nyomokban előforduló létfontosságú zsírsavakat, mint a vitaminokat, mert szintézisükre a szervezet nem képes, viszont jelenlétük nélkülözhetetlen bizonyos biokémiai folyamatok normál működéséhez, illetőleg struktúrák kialakításához. A telítetlen zsírsavak táplálkozásbiológiai jelentőségét még az a körülmény is fokozza, hogy az érlelmeszedés egyik típusát kiváltó szterán lerakódást annak mobilizálásával megszünteti. A földimogyoró kiváló vitaminforrás, gazdag például A-, B-, B₂-, B₃-, D, és E-vitaminban. A növény pörkölt magja közvetlenül vagy sózva, cukrozva élelmiszeripari feldolgozás után emberi táplálékként hasznosul. A magból sajtolt étolaj minőségében megközelíti az olívaolajat. Az olajból hidrogénezéssel és más egyéb olajok hozzákeverésével margarin készíthető. Az olajkinyerés után visszamaradó pogácsa felhasználható liszt előállítására, mely tízszer annyi ásványi sót és ötször annyi proteint tartalmaz, mint a búzaliszt. Készíthető még belőle szesz, növényi sajt és fagylalt is, emellett történelmi jelentőségű, hogy az első űrhajósok földimogyoró-pasztát fogyasztotta (1964). A kozmetikai iparban szappan és borotvakrém a cserzőiparban pedig bőrkészítéshez használják. A magfehérjéből olyan műszál nyerhető, mely a gyapjút helyettesítheti. Mindezek mellett a földimogyoró értékes takarmánynövény is.

A mogyoróban nagy mennyiségben találhatóak élelmi rostok, melyek rendkívül fontos szerepet töltenek be a táplálkozásban, többféle jótékony hatást gyakorolva a szervezetre: védenek az elhízás ellen, mivel a jóllakottság érzését keltik azáltal, hogy

a gyomor-bélrendszerben megduzzadnak, emellett serkentik a bélműködést és csökkentik a vastagbélrák kialakulásának kockázatát is (126). A mogyoró a szokottnál több ásványt tartalmaz, valamint káliumot, ezért nagyon jó vértisztítóként tartják számon. Ugyanennek a tulajdonságának köszönhető, hogy hatékonyan alkalmazhatják a cukorbeteg is. Szintén a jó minőségű és nagy mennyiségű proteinnek köszönhető, hogy a mogyoró nagyon jótékonyan szolgálja azokat, akik fogyni szeretnének, hiszen laktató, azonban jól meg kell rágni, valamint sok vízzel vagy gyümölcscsel kell fogyasztani. A mogyoró kálium- és a magas ásványi só tartalma következtében rendkívül jól hozzájárul a szervezet ásványianyag-ellátásához. Hatással van továbbá a vérnyomásra is, valamint a koleszterin csökkenését segíti elő azzal, hogy esszenciális zsírokkal látja el a testet.

2.5.1.3 Mandula (*Prunus amigdalus*)

A rózsafélék Rosaceae családjának Prunoidae alcsaládjába tartozik. Szívós, alkalmazkodó képességű faj, minden kontinensen megtalálható. Fa és cserje formájában fordul elő. A közfogyasztásban a mandula népszerűsége verseng a dióval is, és egyre fontosabb szerepet tölt be, hiszen magas tápértékű, gyógyító hatású növény. A korszerű táplálkozásban a mandula fontos szerepet tölt be. Savkötő hatása, magas tápértéke, vitamin és ásványi sótartalma következtében a legértékesebb gyümölcsünk egyike. A mandula fehérjét, többszörösen telítetlen zsírsavakat (olajsav), olajat, szénhidrátokat és ásványi sókat (K, Ca, Mg, Fe, P-vitamin) tartalmaz. A feltörésnél visszamaradt csonthéj jótékony hatású háziszser, forrázata érelmeszesedés-gátló (127). A mandula gyakorlati felhasználhatósága közismerten sokoldalú: zöldmandulából befőttet, cukrozott és kandírozott gyümölcsöt készítenek, a száraz- és sósmandula pedig egyaránt kedvelt csemege, emellett az iparban csokoládé, különféle drázsé, valamint likőrök és borok ízesítésére használják, de készíthető belőle mandulatej és szörp is. A mandulabélből ezen kívül olaj is nyerhető, amely fogyasztásra és feldolgozásra szolgál, a gyógyszeripar pedig különböző emulziókat, kenőcsöket és finom szappanokat gyárt belőle. A keserűmandula olajpogácsája mérgező, nagyobb mennyiségű, 30 darabot meghaladó fogyasztása akut mérgezést, illetve halált idézhet elő. Általában 1-1,8% ciánsavat tartalmaz. A keserűmandula-olajból enzimatiszus kezelés után desztilláció útján esszenciát (benzaldehydet) és kéksavat (ciánhidrogént) nyernek, amelyeket a gyógyszer és illatszeriparban hasznosítanak. Az édes mandulaolaj az egyik

legdrágább, de legfinomabb olajféleség, közismert a bőrtápláló hatása is.

A mandulát a népgyógyászat szerint legjobb, ha megelőzésként fogyasztjuk. Jótékony hatása van a májra és a hasnyálmirigyre is, mivel a benne található fehérje és tápanyag a legjobban megegyezik az anyatej összetételével, emellett a benne lévő ásványi anyagok hatására szabályozza a szív működését. Kiemelendő csonterősítő hatása, de jól alkalmazható meghűléses betegségekre, emellett a gyenge tüdőt serkenti jobb működésre, valamint erősíti az teljes légzőszervet (128).

2.5.1.4 Házi len (*Linum usitatissimum*)

A lenfélék (Linaceae) családjába tartozó egynyári növény, csak kultúrnövényként fordul elő. Hazája Közép- és Dél-Európa, Elő-Ázsia. A rostlenfajták nemesítésének kialakulási helye Délkelet-Ázsia, a nagy magvú olajleneké a Földközi-tenger vidéke. Az olajlen mai fő termőterülete a Dél-Amerikai La Plata vidéke és India. Az olajlen termesztésére a szárazabb, melegebb éghajlat a megfelelőbb. Aratásával a teljes érést be kell várni, amikor a levelek leszáradnak, a száraz és a magtokok sárgásbarnák, a bennük termett mag gyenge rázásra zörög és fényes, sárgásbarna színű. A korán aratott olajlen olajtartalma kisebb, mint az éretten aratottaké. Az olajgyártásra használt lenmag értéke olajtartalmától függ, de nem a százalékos olajtartalom alapján vásárolják. A magban 32-40% zsíros, gyorsan száradó olaj van, amelyet mázolófestésre és más ipari célokra (pl: szappangyártás) nagy mennyiségben használnak. Az olajgyártásból nyert pogácsa vagy magliszt takarmányozási célra hasznosítható, az ilyen takarmányok közül a legértékesebb. A sajtolás útján nyert pogácsában átlagosan 32% nyersfehérje, 9% nyerszsír, és 31% nitrogénmentes kivonható anyag van. Az olajos magvak közül a legtisztább és legnagyobb mennyiségű, a szervezet számára nélkülözhetetlen zsírsavakat tartalmazza. A magok 30-45%-a zsírsav, ennek 72%-a esszenciális. Összehasonlításképpen: más magvakban ehhez képest jóval alacsonyabb az esszenciális zsírsavak aránya, pl. a tökmagban 15%, a dióban 5%. A lenmag tartalmaz még fehérjéket, enzimeket, nyálkát, fitoszterolokat, vitaminokat (A-, B₁-, B₂-, B₆-, C-, D-, és E-vitamint), folsavat, pantoténsavat, ásványi anyagokat és nyomelemeket (K, Mg, Ca, P, S, Fe, Zn, Na, Cl, Mn, Cu, F, Al, Ni, Co, Cr, I, stb.) (129).

A lenmag különösen enyhe, nem ingerlő hashajtóként közkedvelt, mivel elősegíti a rendszeres székletürítést, emellett említésre méltó a gyomornyálkahártya gyulladását

enyhítő hatása. A lenmagfőzet gyakran a száj- és toroktájék gargalizáló szereként ajánlott, továbbá langyos hőmérsékleten való fogyasztása esetén hatásos köhögés és rekedtség ellen. A lenmagkásával készített borogatás fájdalomcsillapító hatású, forrón alkalmazva tapasztalatok szerint fogfájás, reuma, hólyag- és vesebetegség esetén alkalmazható. A lenmag széleskörű pozitív élettani hatásai közé tartozik, hogy serkenti az agyműködést, csökkenti a koleszterinszintet, de sikerrel alkalmazható szív- és érrendszeri betegségek, érelmeszesedés, ízületi és egyéb gyulladások kezelésére, megelőzésére is. A lenolaj zsírsavai megkötik a nehézfém sókat, ezzel csökkentik a trombózisveszélyt és gátolják a daganatos sejtek növekedése mellett a mellrák kialakulását, ill. már meglévő kórkép esetén az áttétek képződését (130).

2.5.1.5 Keleti szezám (Sesamum indicum)

A szezámfélék (Pedaliaceae) családjába tartozó legősibb olajnövény, fehér szezámnak, illetve a „magok királyának” is nevezik. Melegigényes, tenyészideje rövid: 2,5-3 hónap. A magok toktermésben fejlődnek, lapos, tojásdad alakúak. 2-4 mm hosszúak, színük világossárga vagy vörösesbarna. A szezámmag 45-50%-nyi zsíros olajat tartalmaz. A kisajtott olaj „sesami oleum” néven a legtöbb gyógyszerkönyvben hivatalos. A legfinomabb gyógyszerértéki olaj, emellett rendkívül magas, akár 60%-ot is elérhet benne a telítetlen zsírsav szezamin, és szezamolin (antioxidánsok, elnyelik az ultraviola sugarakat), a furán, valamint az E-, A-, B-vitaminok és a kalcium aránya. Felhasználása sokoldalú: a levelekből elsősorban orvosi célra készült főzeteket állítanak elő, míg az érett magvakat lisztté őrlik, megpirítják vagy nagy értékű olajat készítenek belőle. A kereskedelemben a magvak és a szezámból készült olaj különböző fajtái egyaránt kaphatók. A szezám magvakat elsősorban Közép- és Távol-Keleten használják. A szezámot pörkölve és nyersen is alkalmazzák fűszerként (131), gyógyító hatásáról pedig már Hippokratész is említést tett írásaiban. A szezám leveleiből, magvából vagy olajából készült főzet segít égési sérülések és gyulladt sebek kezelésében. A kámforolajjal összekevert szezámolaj enyhén bemasszírozva enyhíti a fejfájást, migrént vagy szédülést. A mag gazdag kalciumtartalma okán erősíti a csontokat és fogakat, megelőzi a fogszuvasodást és csontritkulást. Csökkenti a koleszterinszintet, az érrendszerek elmeszesedési folyamatait és ezáltal a vérnyomást, ezenkívül gátolja a bőrön jelentkező rosszindulatú sejtburjánzást, azaz a melanoma sejtek növekedését (128).

2.5.1.6 Tökmag (Cucurbita)

Tök a tökfélék (Cucurbitaceae) családjához tartozó nemzetség. A tök őshazája Amerika, ahol az indiánok kedvelt eledele volt. Ma már az egész világon elterjedt kultúrnövény: minden kertben megterem. A tök egyéves növény, földön kúszó indái akár a tíz méteres hosszúságot is elérhetik. A hatalmas, kerek vagy hosszúkás, sárga vagy zöldessárga termés valójában bogyótermés. A termés húsa fajoktól és fajtáktól függően 5-25% szárazanyagot tartalmaz. A mag a tök termésének 0,6-5%-a. A hús- és magarányt, valamint a mag olajtartalmát az öröklöttségen kívül külső körülmények is befolyásolják. Ezermagsúlya 150-350g, a mag színe fehér, sárgásfehér vagy barna, olajtartalma 28-50%. A tökolaj ízletes, mentes minden egészségre káros anyagtól. A gyengén száradó olajok közé tartozik, színe sajtolva sötétvöröses barna, extrahálva valamivel világosabb színű. Súlya +15 C foknál 0,9232-0,9251, olvadáspontja -16 C fok; jódszáma 120-130; szappanosodási száma 190-195; savszáma 0,6-1,3. A tudományos vizsgálatok szerint az olajos tökmag szteroidot tartalmaz. A szteroidok az emberi szervezetben, például az epesavakban, az ivari hormonokban és a mellékvesekéreg-hormonban is megtalálhatók. A tökmag ezen kívül E-vitamint és nyomelemeket (szelént, mangánt, rezet és cinket) is tartalmaz. A tökmag olaja Kaufmann és Fiedler szerint 17%-ban telített és 83% telítetlen zsírsavból áll. A telített zsírsavak 2/3-ad része palmitin-, 1/3-a sztearinsav. A telítetlen savak 55%-a linolsav, a maradékot pedig egyéb olajsavak képezik. Linolénsavat nem találtak benne. Ezen kívül a tökmagban proteáz-inhibitorok is találhatóak. A növényolajok között egyedülálló a magas szkvaléntartalom, amely szintén a magas vérzsírszintre gyakorol jótékony hatást, a magas E-vitamin-tartalom pedig gátolja az oxidációs folyamatokat. Ezzel védi a telítetlen zsírsavakat és megakadályozza az avasodást. A tökmagra jellemző még a nagy karotinoidtartalom, amely a termék színét adja (132). Tökmag felhasználása: rágcsálnivaló, pékáru, magolaj (saláta vagy sütőolaj), olajpogácsa, gyógyszeripari termékek. A tökmagot szinte kizárólag hólyag-, illetve prosztatabántalmak esetén alkalmazzák, a vizeletelfolyási akadályt képző prosztataturéngés, prostata megnagyobbodás kezelésére. A prosztaták kezdeti stádiumában szintén jó hatású, illetve megjelenik számos prosztatára ható és urológiai gyógyszer hatóanyagaként. Húgyhólyagsorvadás vagy húgyhólyaggyulladás okozta állandó vizelési inger esetén enyhíti a panaszokat. A népi gyógyászatban előszeretettel alkalmazták galand- és

orsóféreg-hajtóként, mindazonáltal féregűző hatása tudományosan nem bizonyított (128).

2.5.1.7 Mustármag (*Sinapis alba*, *Brassica nigra*)

A mustárt már az ókorban ismerték és fogyasztották. Latin nevét a mustum szóból kapta, ami kipréselt nedvet jelent. A rómaiak a mustot őrölt mustármaggal keverték, így készült a tüzes must (*mustum ardens*). A mustárfajok elsődleges származási területe a Földközi-tenger keleti partvidéke, illetve Nyugat-Ázsia. Az arabok Spanyolországig terjesztették ki termesztését, XII. századba vitték el Anglia és Németország területére. A mustár a rómaiak közvetítésével jutott el hazánk földjére. Nálunk egyéves termesztet növény, de a termesztésből kiindulva meghonosodott szántóföldi gyom. Hazánkban vetésterülete folyamatosan növekszik, meghaladja a 12000 ha-t.

A termesztett mustárfajok a keresztesvirágúak (*Cruciferae*) családjába, a mustárfélék (*Sinapis*) rajába, a káposztafélék (*Brassicaceae*) alrajába és különböző nemzetségekhez tartozó, rövid tenyészidejű növények. Három fajtájukat termesztik: fehér mustár (*Sinapis alba*), fekete vagy barna mustár (*Brassica nigra*), és szareptai orosz mustár (*Brassica juncea*) (133).

A gyógyászatban a fekete mustár magvait használják fel. Hatását az teszi lehetővé, hogy az ásványok és vitaminok a szokottnál nagyobb mennyiségben fordulnak elő benne. Fő hatóanyaguk a kén- és nitrogéntartalmú glukozinolátok. A mustárolaj erős, csípősanyag felhasználása nagy körültekintést igényel, a bőrrel érintkezve izgatja azt, helyi szövetelhalást okozhat. A felületi szövetekben hisztamin képződik, a bőr kivörösödik, erei kitágulnak, fokozódik a vérrellátás. E hatás jótékony lehet ízületi- és reumás fájdalmak kezelésére. A helyi hatás mellett reflexes úton távolabbi hatást is kifejthet, izgatja a légzés és a keringés központjait, ennek következtében nő a vérnyomás, ennek okán korábban az ájulás kezelésére alkalmazták. Szintén régies a mustármagos borogatás alkalmazása tüdő- és mellhártyagyulladásban (128).

Általános hatása a mustárnak, hogy serkenti az emésztést, nagyon jól alkalmazható a megfázás tüneteinek enyhítésére. A fehérmustárt hashajtóként adják leggyakrabban, fontos, hogy sok folyadékkal együtt kell bevenni.

Erősíti a szív- idegrendszert és a véredényeket, szabályozza a vérellátást, valamint a vérnyomást. A mustár jó vasforrás, magas az A- vitamin tartalma mely a benne lévő olajok miatt fel is szívódik, tehát a szemet erősíti, látásjavító hatással bír. Kén illetve A-vitamin tartalmánál fogva jó hatással van a körmök és a haj épségére. Hatóanyagai közül az allil-izotiocianát hisztamin felszabadulást vált ki, emiatt antibakteriális és antifungális hatást is kifejt.

Egyéb felhasználása: érett magjait a konzervipar fűszerként használja. Olaját kiperéselve halkonzervek készítésénél hasznosítják. A mustár illóolaját részben kozmetikai, részben gyógyászati célra ajánlják. Jó mézelő, méztermése a 40 kg/ ha-t is elérheti. Kellemes fűszer, melyet világszerte alkalmaznak.

Jelentősek a mustármag tápanyagai: fehérjetartalma 28-36%, a mustárfehérje glutaminsavban és aszparaginsavban gazdag, aminosav összetétele kedvező, kéntartalmú aminosav- és lizin tartalma magas, esszenciális aminosav tartalma az összes aminosav tartalomnak mintegy 37 %-a (134, 135).

3.táblázat A mustár fehérje aminosav összetétele

Aminosav	g/100 g mustárfehérje
ASP	7.76
THR*	4.66
SER	5,12
GLU	19.08
GLY	5.49
ALA	4.18
MET + CYS*	3.73
VAL*	3.06
ILEU*	4.04
LEU	7.37
TYR*	2.86
PHE*	4.52

HIS	3.74
LYS*	6,12
ARG	6,17
PRO	11.09
Total	98.99
Esszenciális aminosav	36.30

A mustármag olajtartalma 30-40%, az olaj összetétele hasonló az egyéb növényi olajok összetételéhez, az olajtartalom mintegy 5%-a telített zsírsav, 68-69% az egyszeresen, 18-19%-a többszörösen telített zsírsav (linolsav és linolénsav) (136).

4. táblázat A mustármag zsírsav összetétele

	Zsírsav	g/100g olaj
Telített zsírsav	Stearinsav	0,7-0,9
	Palmitinsav	2,7-2,8
Egyszeresen telítetlen zsírsav	Oleinsav	22,1-25,9
	Eicosensav	2,68
	Erukasav	35,13-42,5
Többszörösen telítetlen zsírsav	Linolsav	9,7-10,5
	Linolénsav	9,1-9,8

A mustármag szénhidrátja az úgynevezett mucilago, amely speciális nyálkaanyag, íze és kémiai tulajdonságai hasonlóak az élelmiszeriparban használt egyéb hidrokolloidokhoz (137).

A mustár aromáját, csípős ízét a keresztesvirágú növényekre jellemző glukozinolát vegyületekből az endogén mirozináz enzim hatására keletkező reakciótermékek okozzák (138).

A mustármag az olajos magvú növényekhez hasonlóan fenol vegyületekben is gazdag, e vegyületek részben szabad állapotban, részben kötött formában mutathatók ki. Az olajos magvakra jellemző fő fenol vegyületek közül a fenolsav és a fahéjsav, valamint azok származékai fordulnak elő jellemzően a mustárban. A mustárból a transz-sinapinsavat és p-hidroxibenzoésavat oldható észter alakjában tudjuk kimutatni (139).

5. táblázat A mustármag fenol vegyületei

Fenolsav	mg/100g liszt
p-hidroxibenzoésav	270,6
vanilinsav	nyomokban
protokatehinsav	nyomokban
sziringasav	3,0
trans-p-kumársav	2,2
trans-ferulasav	10,0
trans-kávésav	3,6
cis-sinapinsav	29,7
trans-sinapinsav	702,6
Összesen	1021,7

A mustár antioxidáns hatása részben polifenol tartalmával, részben nagy tokoferol tartalmával magyarázható. A mustárban található természetes antioxidáns vegyületek

kedvező élettani hatása miatt a feldolgozott mustármag felhasználási lehetősége az újabb kutatási eredmények alapján igen széleskörű lehet. A mustár kedvező táplálkozási értéke és kolloidkémiai tulajdonságai indokolják ezen értékes mag nagy volumenű élelmiszeripari és takarmányozási felhasználását. Ez akkor válik lehetővé, ha a csípős íz kialakulását okozó mirozináz enzimet inaktíválják.

2.6 AZ OLAJOS MAGVAK EGYES KOMPONENSEINEK ANALIZISÉRE HASZNÁLT MÓDSZEREK

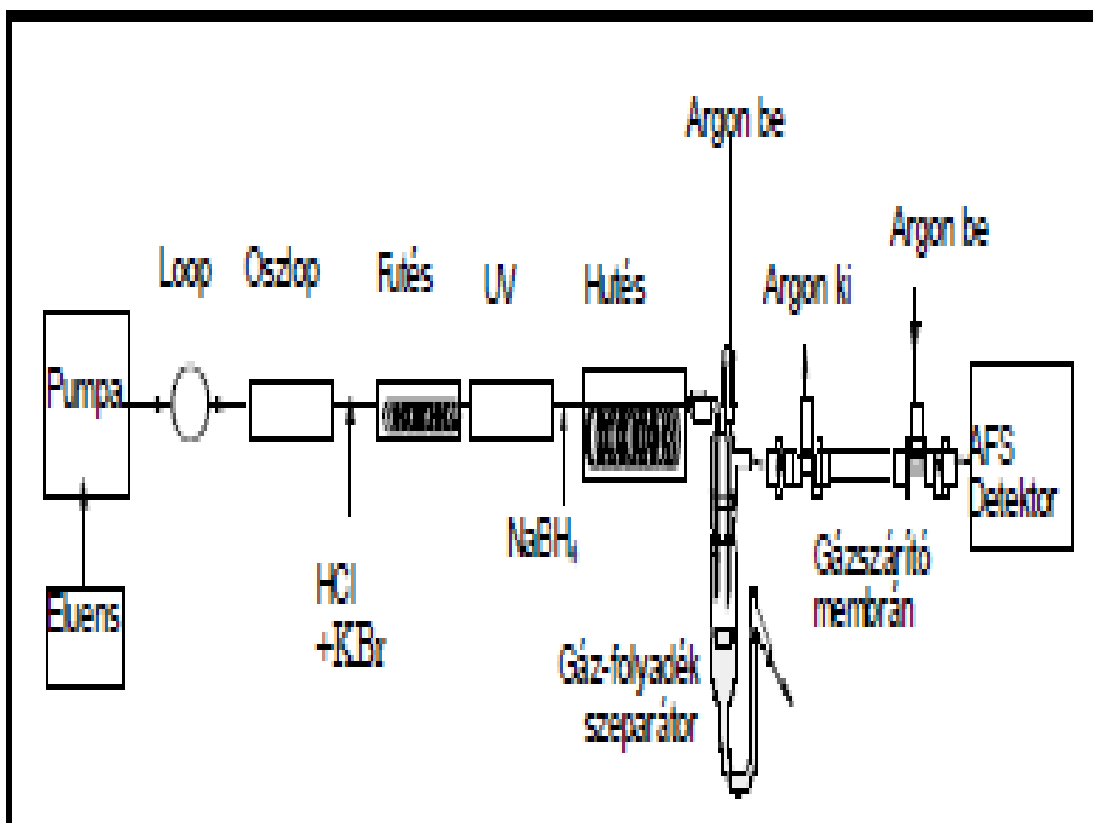
2.6.1 KROMATOGRÁFIA

Az analitika egyik visszatérő problémája az összetett minták komponenseinek elválasztása, mely tényező áthidalására gyakran használatos a kromatográfia, azaz a többfokozatú, nagy hatékonyságú, dinamikus elválasztási módszer. A módszer alapja, hogy az elválasztandó komponensek egy álló fázis, és egy azon meghatározott irányban átáramló mozgó fázis (eluens) között megoszlanak. A komponensek megkötődése az álló fázison és visszajutása a mozgó fázisba dinamikusan ismétlődik. A mozgó fázisban a komponensek eltérő sebességgel haladnak, migrációjuk különböző, így egymástól elválnak. Az álló fázis egy meghatározott pontján (általában a végén) egy érzékelő, vagyis detektor jelzi a komponenseket, valamilyen fizikai-kémiai tulajdonságuk (esetünkben UV elnyelésük) mérésével. A detektor által előállított jel kiértékelése teszi lehetővé az elválasztott komponensek azonosítását (minőségi analízisét) és mennyiségük meghatározását (kvantitatív analízis). A kromatográfias módszerek többféleképpen csoportosíthatók. A mozgó fázis halmazállapota alapján beszélhetünk gázkromatográfiáról, vagy folyadékkromatográfiáról, a megkötődés alapjául szolgáló fizikai-kémiai folyamat szerint adszorpció (az állófázis szilárd anyag), abszorpció vagy megoszlásos (az álló fázis folyadék), illetve ioncsere kromatográfiáról, utóbbinál az elválasztási művelet alapja a kemisorpció. Esetenként az elválasztás történhet adott pórusméretű gélen való átbocsátással (permeációval), ahol a molekulaméret szerinti a szeparáció, (gél- vagy méretkizárásos kromatográfia) vagy speciális kémiai anyagokat pl. enzimeket tartalmazó állófázison, ahol az elválasztandó komponenssel való gyors és reverzibilis kémiai reakció biztosítja az elválasztást (affinitás kromatográfia). Technikai kivitelezésük szerint beszélhetünk oszlop- vagy sík- (vékonyréteg-, papír-) kromatográfiáról. A kromatográfias oszlopot kolonnának nevezzük, benne az

elválasztás az eluens (mozgó fázis) tölteten való átáramlása során valósul meg. Az elválasztás hajtóereje az egyes komponensek kémiai potenciáljának különbözősége az álló- és mozgó fázisokban. A komponensenként eltérő hajtóerő azt eredményezi, hogy a minta különböző komponensei eltérő ideig tartózkodnak az álló fázison. Az elválasztott komponensek koncentrációjával arányos detektorjel-idő függvényt kromatogramnak nevezünk. A kromatogramon megjelenő csúcsok (peaks) az egymástól elválasztott összetevőknek felelnek meg (140, 141).

2.6.1.1 Nagy hatékonyságú folyadék-kromatográfia (HPLC)

A nagy hatékonyságú folyadék-kromatográfia az 1960-as évek elején kialakult elválasztási eljárás. A nagy hatékonyságú kromatográfiás eljárások olyan műszeres analitikai módszerek, amelyek alkalmazásakor segédberendezések használatával az elválasztás körülményei széles határok között változtathatók, és a beállított paraméterek állandó értéken tarthatók. Így az elválasztásokat optimalizálhatjuk, lényegesen jobb, sokszor gyorsabb mérések végezhetők, mint a klasszikus módszerekkel. A leggyakrabban használt módszer az elúciós oszlopkromatográfia, melynek során a vizsgálandó anyag kis mennyiségét a kolonna elejére juttatjuk, majd a mozgófázis áramoltatásával kifejlesztjük a kromatogramot. A kifejlesztőszer (eluens) átáramlásának hatására az oszlop végén egymás után megjelennek a komponensek. A betáplálástól (injektálástól) a kolonna végén való megjelenésig átáramlott eluens mennyiségét az egyes komponensek retenciós térfogatának, a hozzátartozó időt retenciós időnek nevezzük. Retenció az egyes komponensek minőségi jellemzője. Adott rendszerben egy komponens mindig azonos retenciós idővel eluálódik. A HPLC az orvosi kutatásban és a laboratóriumi diagnosztikában igen elterjedt, alkalmas a biológiailag fontos, sok esetben makromolekuláris, hőérzékeny anyagok elválasztására.



7.ábra A HPLC sematikus ábrázolása

A mérés során gondoskodni kell róla, hogy az eluens ne tartalmazzon oldott gázokat (levegőt), mert azok akadályozzák a szivattyú működését, az eluens egyenletes szállítását, a detektorba jutva kiválnak az eluensből, buborékokat képeznek, megghiúsítják az érzékeny detektálást. Az eluensben oldott gázok mennyiségét csökkenteni lehet hélium átbuborékolatásával, esetleg ultrahang alkalmazásával, vagy vákuumos gázmentesítővel. Nagy nyomás előállítására speciális, az eluensek széles körének kémiai ellenálló, dugattyús pumpákat alkalmazunk. A folyadék áramlás folyamatosságának biztosítására a pumpákat általában két hengerrel szerelik fel, melyek szívó és nyomóüteme váltakozik. Ezek nagy nyomás mellett is időben egyenletesen, „pulzálásmentesen” szállítanak. A folyadék-kromatográfiás elválasztás során a komponensek elúcióját megvalósíthatjuk állandó (izokratikus elúció), vagy meghatározott program szerint változó (gradiens elúció) mozgófázis összetétellel. Az alkalmazott műszertől függően keverhetjük az eluenseket a szivattyú előtt (kis nyomáson) megfelelő keverőszelepekkel. A modern szivattyúk 3-4 különféle oldószer keverését tudják ily módon elvégezni. Az ún. nagynyomású gradiens képzésnél alkalmazhatunk két szivattyút, ez esetben a szivattyúk szállítási sebességének szabályozásával változtatjuk az eluens összetételét. Ebben az esetben a

kolonna által megkívánt nyomáson áramlanak az eluens komponensei és közvetlenül az injektor előtt keverednek egy speciális, kistérfogató keverőben. A minták bejuttatása az eluensáramba adagolószelepek „bemérőcsapok” alkalmazásával történik. A kolonna anyaga többnyire speciális, polírozott belső felületű acélső (általában 50-300 mm hosszú, belső átmérője 2-10 mm) (141).

2.6.1.2 Tömegspektrometria

A módszer igen fiatal, rutinszerű alkalmazásának elterjedése csupán a '90-es évekre tehető. A tömegspektrometria egyaránt szolgál szerves és szervetlen anyagok minőségi és mennyiségi elemzésére. Egyike a legáltalánosabban használható és legjobb kimutatási képességekkel bíró analitikai eljárásoknak, ugyanakkor specifikus is. Alkalmazásának korlátja, hogy csak a gázhalmazállapotú, vagy a mérőberendezésben azzá alakítható vegyületek mérésére alkalmas. A tömegspektrométerek olyan berendezések, amelyek a vizsgálandó anyagmintából ionizált részecskéket állítanak elő, s ezeket tömeg/töltés szerint analizálják.

A mérés az alábbi részfolyamatokból áll:

a./ a minta gázállapotba hozása,

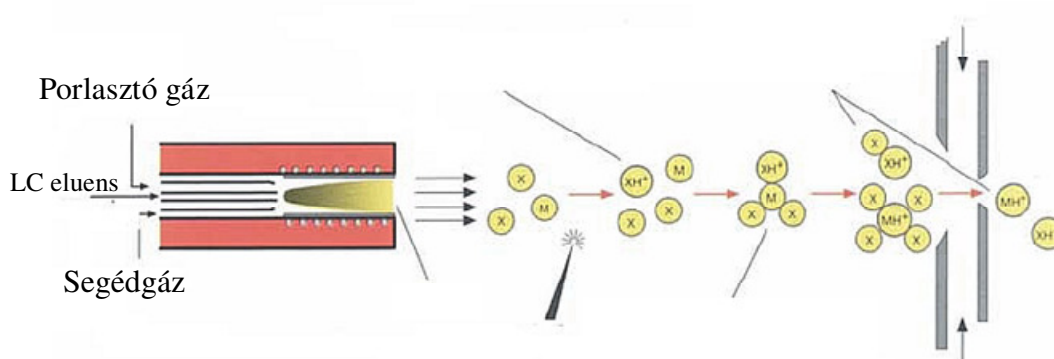
b./ a vegyület ionizációja esetleg fragmentációja,

c./ a keletkezett ionok felgyorsítása elektromos tér segítségével,

d./ az elektromos és mágneses térben a töltésegységre jutó tömegük szerint elválasztott ionnyalábok regisztrálása, azaz az így szétválasztott különböző tömegű ionok mennyiségének meghatározása.

Az eredetileg nem gázhalmazállapotú minták gázállapotba hozatala leggyakrabban hevítéssel történik. Esetenként a hő hatására az ionizáció is végbemehet. Általában a gázokat különböző részecskékkel (elektronok, ionok, atomok) való bombázással ionizálják, de lehet az ionizáció kémiai reakciók eredménye is. Az ionnyalábok szétválasztása, töltésegységre jutó tömegük szerint, különböző analizátorokkal történhet. Detektorként elektronsokszorozó, esetleg fényképezőlemez szolgálhat.

Egyes mérési technikáknál (MS/MS, MSⁿ) a vizsgált molekulákat ionizációjuk során fragmensekre szakítjuk. Az első ion akkor jelenik meg, amikor a molekula a bombázás hatására egy elektront emittál. Ez a folyamat még nem jár fragmentációval. A keletkező molekulaion tömege egyenlő a molekulatömeggel (annál csak az eltávolított elektron tömegével kisebb). Ha az ionizáló sugárzás energiáját növeljük a molekulaion egyes kötéseit felszakadnak és így az eredeti molekulánál kisebb tömegű ionok képződnek. A fragmentáció standardizált körülmények között a molekulára jellemző módon megy végbe, így a sok csúcs, bár az értékelés folyamatát nehezebbé teszi, megbízható szerkezeti információval szolgál. Ismeretlen anyagok tömegspektrumában megjelenő ezen jellemző csúcsok alapján a molekula azonosítható. A tömegspektrum az egyes fragmensek gyakoriságát is tükrözi, és ezzel kvantitatív analitikai információforrást is jelent.



8.ábra Az APCI ionforrás vázlatos felépítése

A minta ionizálására számos technikai megoldás létezik, jelen dolgozatban csupán az atmoszférikus nyomású kémiai ionizációról (APCI) teszünk említést, mivel vizsgálatainkat erre a módszerre optimalizáltuk. Az APCI-val a termikusan labilis, poláris csoportokat nem tartalmazó molekulák is ionizálhatóak. A minták ionizációjához nagy tisztaságú N₂ gázt alkalmazunk. Az ionizáció után differenciálisan szivattyúzott szakaszok következnek, ahol a vákuum lecsökken az MS-ben szokásosan alkalmazott értékre, és egyben az oldószer nagy része is eltávozik. A folyadékkromatográfiával kapcsolva ideális detektorként működtethető, mivel a nagyobb áramlási sebességek (0,5-1,2 ml/min) sem jelentenek gondot az elemzés során (140).

2.6.1.3 MALDI

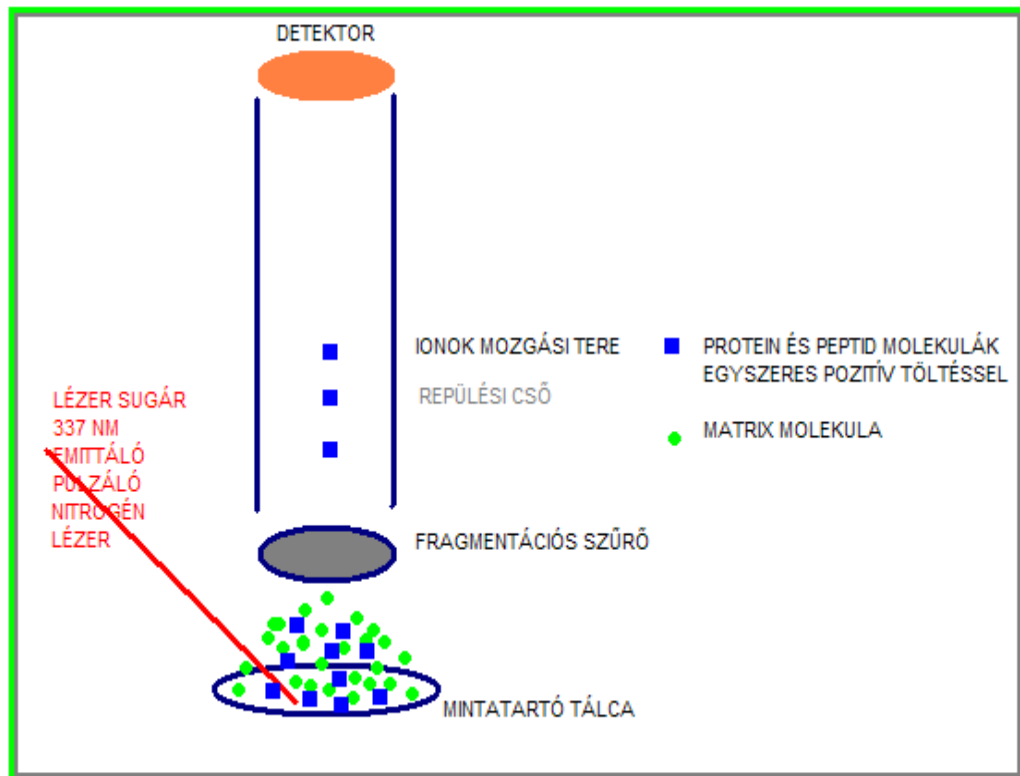
Újabb és újabb ionizációs technikák kifejlesztését követően (Fast Atom Bombardment/FAB/; Plazmadeszorpció/-PD/, lézerdeszorpció/LDI/-ionizáció) a biopolimerek szempontjából a legnagyobb áttörést két új ionizációs eljárás kifejlesztése jelentette az 1980-as évek végén. Az egyik, a mátrix által segített lézerdeszorpció ionizáció (MALDI) Hillenkamp és Karas nevéhez fűződik (1988), akik az újonnan kifejlesztett MALDI forrást repülési idő analízátorhoz (time-of-flight, TOF) kapcsolták (142). A nemzetközileg elfogadott és használt rövidítése a MALDI, illetve MALDI-TOF, ezért a későbbiekben ezeket fogjuk használni. Az új készülék már lehetővé tette 10 kDa molekulatömegű minták analízisét. A lézerdeszorpció ionizációhoz való alkalmazásáról először KOICHI TANAKA számolt be (1987), akit ezért az újításáért 2002-ben Nobel-díjjal jutalmaztak. A repülési idő analízátor reneszánszát éli, amióta pontosan tudjuk az órát indítani és a korszerű komputerek lehetővé teszik a gyors adatgyűjtést (a MALDI-TOF mintavételi gyakoriság a legnagyobb felbontásnál: 0.5 nsec). További kutatások során bebizonyosodott, hogy folytonos ionképződés mellett is alkalmazható, amennyiben az ionok elsődleges gyorsítási irányára merőlegesen helyezik el a TOF analízátort és megfelelő „kinyomó” elektród segítségével ionsomagokat gyártanak (143, 144). Az analízátorok a mai napig is az alkalmazott technikától függően jutnak szerephez. A tömegspektrométerek meghatározó paraméterei a detektálási érzékenység, tömeg-felbontóképesség ($R=m/\Delta m$), a tömegmérés pontossága és a prekursor ion választása egy keverékből is (tandem MS vagy MS/MS analízis) (145, 146, 147).

2.6.1.3.1 MALDI-TOF MS

A MALDI során a mintát egy UV-elnyelő anyaggal elegyítik (mátrix), a keverék a száradás során kristályelegyet képez. A mátrix elsődleges szerepe a beeső lézersugárzás abszorbeálása, amely a mátrix-minta kristály gyors (femtosekundumos) felmelegedését eredményezi. Ez a folyamat a mátrix és a mintában lévő komponensek gázfázisba történő deszorpciójához vezet. Az ionizáció nem egy időpillanatban történik és az ionizáció során keletkezett ionok energia eloszlása sem egyenletes az ionizált molekulák sorozatos ütközése révén. Ezért az azonos tömeggel rendelkező ionok nem azonos időben érik el a detektort, ami pedig a csúcs szélesedését eredményezi, azaz a tömeg-felbontás alacsony. Ennek a

jelenségnek a csökkentésére, illetve kiküszöbölésére, azaz a felbontás növelésére, a következő kettős fókuszálást fejlesztették ki: 1. késleltetett extrakció alkalmazása (delayed extraction) 2. elektronikus „tükör” alkalmazása (iontükör, reflectron mode). A késleltetett extrakció (12) során egyrészt elveszítjük a mátrix egy részét, másrészt az ionizált molekulák szinte felsorakoznak a gyorsításra. A MALDI-TOF tömegspektrométerrel történő mérések során alkalmazott késleltetett extrakció egyrészt kiküszöböli a különböző időpillanatban történő ionizációból adódó problémákat, másrészt az energia fókuszálása révén jobb tömegpontosságot és nagyobb felbontást eredményez. Az általunk alkalmazott Bruker készülék estében ezt szabadalmi okok miatt pulzáló ionextrakciónak nevezték el (Pulsed Ion Extraction, PIE). A feszültség az ionforrásban két részből tevődik össze: az egyik a target (T) és az első extrakciós rács (E1, G2 feszültség), a másik az első és második extrakciós rács (E2 feszültsége) közötti gyorsító feszültség révén. A működési potenciál értéke függ a működés módjától (pozitív, negatív) és a mérendő ionok tömegétől. Az ionok gyorsítása két lépésben történik: a target (T) és az 1. extrakciós rács, illetve az 1. és 2. extrakciós rács között. A késleltetett extrakció során a MALDI ionizáció során keletkező ionok extrakciója nem közvetlenül az ionizáció pillanatában történik, hanem bizonyos idő (pl.: 200 ns) elteltével, az ionizáció során keletkező (azonos m/z) ionok eltérő sebességének, időbeli és térbeli eloszlásának kompenzálására. A késleltetés ideje alatt a target és az 1. extrakciós rács között a tér erőtermentes ($G1=G2$), majd a késleltetést követően az extrakciós rács feszültségét ($G2$) csökkentve az ionok elsődleges gyorsítása történik. A lézerlövés hatására keletkezett ionok eltérő sebességgel szabadon terjeszkednek a vákuumba, aminek következtében az azonos tömeggel rendelkező ionok is eltérő pozícióban helyezkednek el T és E1 között. A kisebb kezdeti sebességű (ionizáció során kevesebb kinetikus energiára szert tett) ionok közelebb helyezkednek el a „taszító elektródhoz” azaz a targethez, míg a gyorsabb ionok távolabb vannak a feszültségkülönbség alkalmazásának pillanatában. A targethez közelebb lévő ionok nagyobb mozgási energiára, a távolabb elhelyezkedő ionok kisebb mozgási energiára tesznek szert az elsődleges gyorsítás során, aminek következtében az ionizáció során fellépő sebességkülönbség, és térbeli eloszlás különbségek kompenzálódnak. Az ionizáció nem egyetlen időpillanatban történik, azaz időbeli heterogenitást mutat. Miután az ionok gyorsítása a lézer-impulzus alkalmazását némi késéssel követi, így a némi időbeli eltéréssel képződött ionok már mind, egyszerre készen állnak a gyorsításra. Míg a kinetikus

energia különbség kompenzálására a reflektoron is képes, addig az ionok képződésének időbeli eloszlását csak a késleltetett extrakcióval tudjuk kiegyenlíteni. Az 1. és 2. extrakciós rács között fennálló potenciálkülönbség eredményezi az ionok további gyorsítását. A késleltetés során ugyanakkor a sűrű gázfelhő széteszlása következtében az ütközések száma csökken, ami az ütközések okozta energia-eloszlás szélesedés mértékének csökkentésével jár. Ez szintén a csúcsok keskenyedését, azaz nagyobb felbontást eredményez. A laboratóriumban rendelkezésre álló MALDI-TOF tömegspektrométer működtethető lineáris és reflektoron módban egyaránt. Lineáris módban az azonos tömegű, de eltérő kinetikus energiával rendelkező komponensek eltérő időben csapódnak a detektorba, ami csúcsszélesedéshez vezet. Reflektoron alkalmazása esetén a gyorsabb (nagyobb kinetikus energiával rendelkező) ionok jobban behatolnak az iontükörbe, míg a lassúbb ionok kevésbé, így az eredetileg eltérő kinetikus energiával rendelkező, de azonos tömegű komponensek közel azonos időben érik el a detektort, ami a csúcs keskenyedését eredményezi (148).



9.ábra A MALDI TOF sematikus ábrája

3 A VIZSGÁLAT CÉLKITŰZÉSE

A vizsgálat során célul tűztük ki az olajos magvak összetételének elemzését, különös tekintettel a resveratrol meghatározására. Az egyes olajos magvak bevitele nem azonos formában történik, egyeseket pörköletlenül, másokat pörköelve fogyasztunk. Vizsgálatainkban választ kerestünk arra, hogy milyen tényezők befolyásolják az olajos magvak összetételét. Hatással van-e a kimutatható resveratrol mennyiségére a feldolgozás során alkalmazott hőhatás, milyen formában fogyasztuk inkább az olajos magvakat. A földimogyoró minták esetében néztük a különbséget a pörkölt és pörköletlen változatokból kimutatható vegyületek mennyisége között.

Továbbá vizsgáltuk azt is, hogy a termesztés technológiája befolyásolja-e az olajos magvak összetételét, más összetétellel rendelkezik-e egy bio termesztésből származó és egy hagyományos technológiával termesztett mustármag.

A tápanyagok közül az olajos magok fehérjetartalmát, valamint fehérje-, aminosav összetételét, emellett a bennük található zsír mennyiségét és zsírsav összetételüket továbbá a víz- és szénhidráttartalmukat is kívántuk analizálni. A mikrobiológiai vizsgálatok során az összes élő csíraszám meghatározása valamint mikrobiológiai biokémiai próbák során, a mustármagon található mikroorganizmusok azonosítása történt meg. Mivel irodalmi adatok a mustár baktericid és fungicid tulajdonságairól számolnak be, így vizsgálataink kiterjedtek a mustármag által a legismertebb kórokozókra gyakorolt hatásokra is, mely hatás mögött a mustármag illóolajtartalma és összetétele áll. Ennek nyomán céljaink között szerepelt az illóolaj mennyiségének és összetételének meghatározása is.

4 ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1 A vizsgálat ideje, a mintavétel módja

Vizsgálatunkat 2006-2011 között végeztünk a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi és Egészségtudományi Karán. A minta kiválasztása nem véletlenszerű, kényelmi mintavételi módszer volt. Egy-egy mintából minden vizsgálatot ötször végeztünk el, az öt mérés átlagát tekintettük egy eredménynek. Mintavételre az adott időszak alatt kétszer került sor, így az eredményeink csak az adott évben termett és vizsgált magokra vonatkoznak és nem általános információt szolgáltatnak a vizsgált magfélésekre. A kapott eredmények statisztikai kiértékelését T-próbákkal, Varienciaanalízissel (ANOVA), Microsoft Excel 2010, és SPSS 20.00 programmal végeztük. Az eredményeket szignifikánsnak akkor tekintettük ha $p \leq 0,05$.

A vizsgálatban használt olajos magvak:

1. Napraforgó (*Helianthus Annuus* L. Forgalmazó: Spar magyarország kereskedelmi Kft)
2. Földimogyoró (*Arachis hypogaea* L. Forgalmazó: Biopont Kft)
3. Mandula (*Prunus amigdalus* Forgalmazó: Rapunzel Naturkost GmbH)
4. Házi len (*Linum usitatissimum* Forgalmazó: Biopont Kft)
5. Keleti szezám (*Sesamum indicum* Forgalmazó: Biopont Kft)
6. Tökmag (*Cucurbita* Forgalmazó: Rapunzel Naturkost GmbH)
7. Fehér mustármag (*Sinapis alba*) Külföldi fehér mustármag Forgalmazó: Biopont Kft, Bio fehér mustármag Mohács
8. Fekete mustármag (*Brassica nigra*) Bio fekete mustármag Mohács, Vad fekete mustármag Mosonmagyaróvár gyűjtésből származik

Az ipari feldolgozás során a földimogyoró magokat száraz eljárással pörkölték intenzív mozgítás mellett 140-160 °C-on 2-3 percig. A pörkölt és pörköletlen

földimogyoró ugyanazon mintából származott, tehát fajtaazonosság mellett történt a vizsgálat.

A mustármagok estében ismerjük a laborvizsgálatok során felhasznált növények részletes termesztési körülményeit és pontos idejét is. A mustármagokat 2006-ban termesztették. A külföldi fehér mustármag (forgalmazó: Biopont Kft.) Szlovákiából, Rača-ról származik hagyományos termesztési technológia mellett. A bio fehér és fekete mustármagot Mohácson egy biokertészetben termesztették az öko-gazdálkodás feltételei szerint. A fehér mustármag mind két esetben Albatrosz fajta volt, (a fajtaazonosítás a külföldi esetben is megtörtént mivel kísérleti termesztő területen termesztették mintáinkat) a fekete mustár Sámson. A vad mustármagot egy Mosonmagyaróvári gyógynövénygyűjtő vadon, azaz termesztés nélküli körülmények között szedte. Minden mintánk közel azonos feltételek mellett termett, hiszen az átlagos napsütötte órák száma és a csapadék mennyisége is azonos volt az adott területeken, a talaj minőségében pedig csak az alkalmazott trágyázás jelentett különbséget: a hagyományos termesztés estében műtrágyát használtak, a bio termesztésnél pedig szerves szarvasmarha trágyát alkalmaztak.

4.2 RESVERATROL MEGHATÁROZÁSA

4.2.1 Felhasznált anyagok és eszközök

Minták száma: 11 (napraforgó, pörkölt földimogyoró, pörköletlen földimogyoró, szezám, tökmag, mandula, lenmag, bio fehér mustármag, bio fekete mustármag, külföldi fehér mustármag, vad fekete mustármag)

- Metanol 90%-os 25cm³
- Desztillált víz 25cm³
- Főzőpohár
- Eppendorf csövek
- Vákuum-exsziikkátor
- Dörzsmozsár
- Szűrő
- Pipetta
- Ultrahangozó berendezés

4.2.2 Alkalmazott vizsgálati eljárás

Vizsgálataink során az olajos magvakat dörzsmozsárban összeaprítottuk és főzőpohárba tettük a mintákat, majd egy napig vákuum-exszikkátorba helyeztük. A következő nap mindegyik mintából kimértünk megközelítőleg 1 grammot, melyet eppendorf csövekbe raktunk. Ezután metanol-víz elegyet készítettünk. Az elegy 25-25 cm³ desztillált vizet és metanolt tartalmazott. Az oldatból (metanol-víz) kimértünk 5 cm³-t, melyet rápipettáztunk az olajos magvakra. Szobahőmérsékleten végeztünk, 10 percig tartó ultrahangozás után leszűrtük az oldatot. A kapott oldatot még kétszer 90 ml metanollal hígítottuk. Ezután következett a HPLC injektálás.

Két eluens keveréket használtunk:

A: metanol-víz-ecetsav (10:90:1 V/V %)

B: metanol-víz-ecetsav (90:10:1 V/V %)

Gradiens:

Kiindulás : 100 % A

0,0-tól 18,0 percig 0-ról 40,0 % B

18,0-tól 25,0 percig 40,0-ról 100 % B

25,0 és 27,0 percek között 100 % B

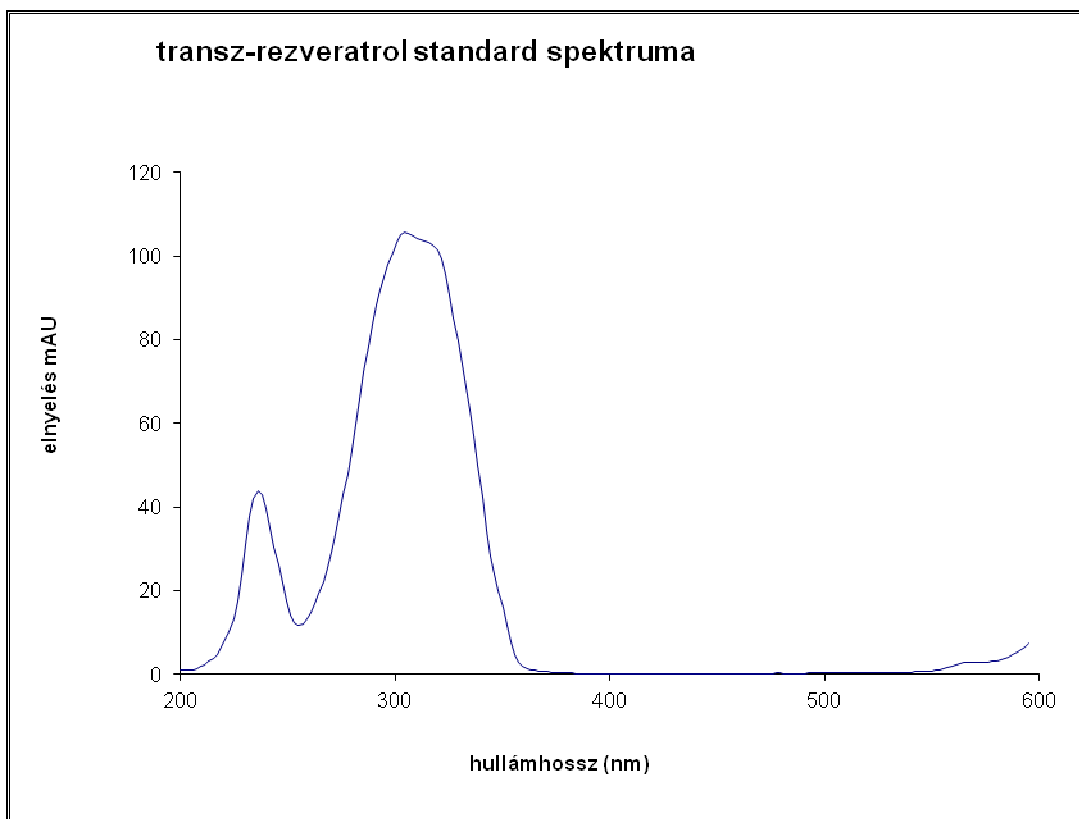
27,0-tól 27,1 percig 100-ról 0 % B

27,1-től 35,0 percig 100 % A

A HPLC rendszer Gynkotec M 480 GT szivattyúból, Rheodyne 8125 injektorból (20 µl-es mintahurokkal) és Gynkotec M 340S UV DAD (diódasor) detektorból állt. A diódasoros detektorral teljes háromdimenziós képet vettünk fel (kromatogram + UV spektrum az idő függvényében), amin a retenciós idő alapján megkerestük, a spektrum alapján pedig azonosítottuk a minket érdeklő komponensek csúcsait. Az áramlási sebesség 1,5 ml/perc volt.

Az elválasztás az intézetben kifejlesztett, nagy borítottságú, 5 µm átlagos szemcseátmérőjű C₁₈ (oktadecilszilanol csoportokkal borított), fordított fázisú, oszlopon történt (149). Az oszlop 250 mm hosszú, 4.6 mm belső átmérőjű volt (150). Az értékelés a csúcs alatti terület nagyságából történt. A kromatográfiás elválasztás többlépcsős gradiens technikával zajlott (151), a detektálás pedig 306 nm-en történt,

mivel ez a rezveratrol elnyelési maximuma ezt a 10. ábrán jól láthatjuk. A kromatográfiás csúcsok azonosítása a retenciós idők és a spektrumok sztenderddel való összehasonlítása alapján történt. A mennyiségi kiértékelésre kalibrációs görbe alapján került sor.



10.ábra Transz-rezveratrol spektruma ($\lambda_{\text{max}}=306$ nm)

4.3 A MUSTÁRMAG KÉMIAI VIZSGÁLATA

Minták száma: 4 (bio fehér mustármag, bio fekete mustármag, külföldi fehér mustármag, vad fekete mustármag)

4.3.1 Víztartalom meghatározása gravimetriás módszerrel

A módszer elve:

A vizsgált mintát 105 °C-on tömegállandóságig szárítjuk, majd visszamérjük. Az eredményeket a bemért anyagra vonatkoztatva %-ban adjuk meg.

A módszer leírása:

Fedeleles bemérőedényt szárítószekrényben 105 °C-on kiszárítottuk. Exszikkátorban való hűtés után tömegét analitikai mérlegen 4 tizedes pontossággal lemértünk. Belemértük az előkészített, homogenizált mintából 2-3 g-ot, szintén 4 tizedes pontossággal. A mintát szárítószekrényben 105 °C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd exszikkátorban történő lehűtés után tömegét visszamértük.

Az eredmény kiszámítása:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100$$

$m_1 - m$

ahol: X a szárazanyag tartalom, tömegszázalékban

m_1 a bemérőedény tömege a bemért anyaggal együtt g-ban

m_2 a bemérőedény tömege a kiszárított mintával együtt g-ban

m a bemérőedény tömege g-ban

A vizsgálatához használt készülékek:

Precisa 240 A analitikai mérleg

Heraeus szárítószekrény

4.3.2 Fehérjetartalom meghatározása Kjeldahl-módszerrel:

A módszer elve:

Szerves vegyületek kénsavval való főzése (roncsolása) során a bennük megkötött nitrogén ammónia formájában lehasad, ill. a kénsavból keletkező SO_2 hatására ammóniává redukálódik és a kénsav-fölösleggel nem illékony $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -tá alakul. A roncsolást katalizátor (CuSO_4) és forráspont-növelő anyag (K_2SO_4) hozzáadásával végezzük. A roncsolás befejezése után a keletkezett $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -ból az ammóniát erős lúggal felszabadítjuk, majd vízgőzzel átdestilláljuk és bórsavban nyeletjük el. Az elnyelt ammóniát 0,1 N sósavval megtitráljuk. Az eredményt fehérjében kifejezve, %-ban adjuk meg.

A vizsgálat leírása:

A roncsoló csőbe bemértünk kb. 5 g homogenizált mintát 4 tizedes pontossággal, hozzáadtunk kb. 7-8 g katalizátor-keveréket (K_2SO_4 : CuSO_4 10:1 arányú keveréke), kb. 15 cm³ tömény (96%-os) kénsavat és a csöveket az állvány segítségével a fűtőberendezésbe helyeztük. A vízszugárszivattyúval összekötött feltéteket a csövek szájára helyeztük, kinyitottuk a vízcsapot és megkezdtük a roncsolást. A víznyomást

úgy szabályoztuk, hogy a savgőzök egy része a cső falán kondenzálódjon és visszamossa a cső falára felhabzó, elszenesedett anyagrészecskéket. A roncsolást 420°C-on kb. 1 órán keresztül folytattuk. A roncsolási idő letelte után a csöveket az állvány segítségével a készüléken kiképzett tartóra helyeztük. Kihűlés után ellenőriztük a roncsolás hatékonyságát. Amennyiben a minta visszabarnult vagy a csövek falán elszenesedett részek maradtak vissza, újabb kis mennyiségű savval tovább folytattuk a roncsolást. A sav mennyiségét és a roncsolás idejét úgy választottuk meg, hogy a roncsolmány ne süljön bele a csőbe és kihűlés után se szilárduljon meg (azaz ne kristályosodjon ki). Kihűlés és a savgőzök eltávozása után kb. 50 cm³ desztillált vízzel óvatosan felhígítottuk a roncsolmányt. Kihűlés után a csövet a desztilláló készülékbe helyeztük, kb. 33 %-os NaOH-dal meglúgosítottuk a közeget és vízgőzzel átdestilláltuk az ammóniát. A desztillátumot 30 cm³ 1,5 %-os (brómkrezolzöld-metilvörös indikátor-keveréket tartalmazó) bórsavban fogtuk fel. A kinyert ammóniát 0,1 N HCl-val megcitráltuk. (A titrálás végpontját az indikátor-keverék kékes-zöldből lilás-bordóba átcsapó színváltozása jelzi.)

A vegyszerek tisztaságának ellenőrzésére vakpróbát végeztünk. (A fehérjetartalom meghatározást minta, vagyis fehérjetartalmú anyag nélkül ugyanolyan körülmények között elvégeztük.) A vakpróbára fogyott sósavmennyiséget levontuk a minták sósav-fogyasztásából.

A pontos mérés érdekében ellenőriztük a fehérje-visszanyerés hatásfokát is: vagyis ismert és pontos összetételű fehérjetartalmú anyaggal (jelen esetben karbamiddal) elvégeztük a fehérje-meghatározást. Ezzel az értékkel korrigáltuk az eredményt.

Az eredmény kiszámítása:

$$\text{Fehérje \%} = \text{Fogyás (- vak)} \cdot f \cdot 0,0014 \cdot 6,25 \cdot \frac{100}{\text{bemérés}} \cdot \frac{100}{hf}$$

ahol: f a 0,1 N HCl mérőoldat faktora

0,0014 a N (nitrogén) egyenérték-tömege 0,1 N mérőoldattal titrálva

6,25 a nitrogén átszámítása fehérjére

hf: a visszanyerés hatásfoka

A vizsgálathoz használt készülékek:

- Precisa 240 A analitikai mérleg
- Gerhardt Kjeldatherm KT 4 laboratóriumi roncsoló
- Gerhardt Vapodest 20 vízgőzdesztilláló

4.3.3 Aminosav összetétel meghatározása:

Az aminosav összetétel meghatározásához a mintaőrleményt 0,2% triptamin tartalmú, 3M p-toluol-szulfonsavval hidrolizáltuk nitrogén atmoszférában, 110 °C-on 24 órán keresztül. A hidrolízis után a mintákat semlegesítettük, centrifugáltuk és 0,2 µm pórusátmérőjű membránszűrőn szűrtük. Az aminosavakat BIOTRONIC LC 3000 aminosav analizátorral, BTC 2410 kationcserélő gyantán választottuk el, a mennyiségi értékelést 2,5 µM/cm³ standard aminosav oldat kromatografálása után, összehasonlítás alapján végeztük.

4.3.4 Fehérjék azonosítása tömegspektrometriával

Az alkalmazott módszer a szakirodalomban is gyakran megjelenő gélelektroforézis és gélben történő emésztés volt.

A fehérjék molekulatömeg szerinti elválasztását PAGE Bis-Tris 12% akrilamid tartalmú gélben végeztük. A fehérje-sávokat kivágtuk, mostuk, majd felaprítottuk kis darabokra. Ezután a gél darabokat 200 µl acetonitrillel; NH₄HCO₃ pufferrel 10 percig szobahőmérsékleten mostuk. A folyamatot 3x ismételtük, végül 200 µl acetonitrillel mostuk 5 percig szobahőmérsékleten, hogy a festéket eltávolítsuk a gélből, ezután a gél darabokat beszárítottuk. A fehérjéket 100 µL 10 mM DTT-vel redukáltuk 55 °C-on (60 percig), majd sötétben 100 µL 55 mM jódatamid hozzáadásával alkiláltuk (45 percig). A mintát 200 µL 50 mMol acetonitrillel; NH₄HCO₃ pufferrel történő 10 perces mosást végeztünk a folyamatot 3x ismételtük, majd ezt követően 200 µL acetonitrilt adtunk hozzá és 5 percig beszárítottuk. A gél darabokhoz 15 µL tripszint (5 ng/µL) és 50 µL 100 mM NH₄HCO₃ puffert adtunk. Ezt követően a minták emésztése egy éjszakán keresztül (16 óra) 37 °C-on történt. A mintákra 50 µL vizet fecskendeztünk, majd 10 percig állni hagytuk. A mintákra

ezután az 50 µL 2 puffert fecskendeztünk, ami acetonitril víz és hangyasav keverékéből állt. Az emésztés leállítását ezzel az oldattal végeztünk.

A peptidek gélből történő extrakciója a következő lépésekből állt:

1. 25 µL 0,1 % hangyasav + ACN (20 perc inkubálás)

Ezt a lépést háromszor ismételtük és a frakciókat egy Eppendorf csőben egyesítettük.

2. A mintasorba 15 µL 0,1 % TFA-t adagoltuk majd néhány másodpercig (1-2) ultrahangozás történt.

Az így kapott oldatot Zip-Tip módszerrel tisztítottuk. Ezt a tisztított oldatot cseppentettük fel a platre. A kísérlet során nyert spektrumok feldolgozását FlexAnalysis 2.4 szoftverrel végeztük. A feldolgozott spektrumokat a Mascot (Matrix Science, London) programmal értékeltük ki, az MS/MS alapú peptid és fehérje azonosítás eredményeit pedig BLAST adatbázissal vettettük össze. A peptidek és fehérjék közül a 95%-nál ($p < 0,05$) nagyobb valószínűséggel azonosítottakat fogadtunk el.

4.3.5 Zsír tartalom meghatározása Soxhlet extrakcióval

A termék zsírtartalmát Soxhlet készülékben szerves oldószerrel extraháltuk az oldószert elpárolagtattuk és az extrahált zsír tömegét mértük. Ezután a zsírtartalmat kiszámítottuk.

$$X = \frac{(m_2 - m_1)}{m} \cdot 100$$

A zsírsavösszetétel meghatározása

A zsírsavösszetétel meghatározását petroléterrel kivont olaj elszappanosítása után végeztük. Az olaj KOH-os metanol segítségével került hidrolizálásra, ezután metanolos bór-trifluoriddal átésztereztük, majd telített NaCl-oldat hozzáadása után heptánban oldottuk, az oldatot nátrium-szulfáton szárítottuk. A zsírsav metilészterek elválasztása Carbo-Erba Fractovap gázkromatográfiával történt.

4.3.6 Összes szénhidráttartalom meghatározása (sósavas hidrolízissel és Schoorl-módszerrel):

Sósavas hidrolízis:

A módszer elve:

A mintát sósavval hidrolizáljuk. A redukáló cukortartalmat Schoorl-Regenbogen-módszerrel határozzuk meg. Az összes szénhidráttartalmat glükózban fejezzük ki.

A vizsgálat leírása:

A homogenizált mintákból 10 g-ot mértünk be 0,01 g pontossággal 250 cm³-es mérőlombikba. A lombikok tartalmát 100 cm³ 1 N sósavval vízfürdőben 2 órán keresztül főztük, lehűtés után az oldatot 1 N NaOH-dal metilnarancs indikátor jelenlétében semlegesítettük. Az oldatban jelenlévő fehérjék és zsírok kicsapása céljából 5-5 cm³ Carrez I. és II. oldatot adtunk a mintákhoz. A lombikok térfogatát jelig töltöttük, jól összeráztuk, és ¼ órát állni hagytuk. Ezután a mintákat száraz Erlenmeyer-lombikokba szűrtük (törzsoldat).

Schoorl-módszer:

A módszer elve:

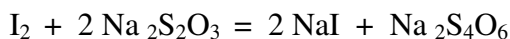
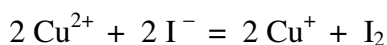
A Schoorl A-oldat réz(II)-szulfátot (CuSO₄), a Schoorl B-oldat NaOH-ot és K-Na-tartarátot tartalmaz. Ez utóbbi szolgál a Cu(OH)₂ oldatban tartására.

Az ismert mennyiségben alkalmazott Schoorl-oldat eredeti /összes/ Cu(II)-ion koncentrációját /Na-tioszulfát fogyasztását/ jodometriásan meghatározzuk (vakpróba).

Az oldatban lévő Cu(II)-ionok a redukáló cukrok hatására Cu(I)-ionokká redukálódnak és vörös színű Cu(I)-oxid formájában kicsapódnak. A redukció után maradt Schoorl-oldat /Cu(II)-ionok/ feleslegét jodometriásan megtitráljuk (mintaoldat tioszulfát fogyasztása).

A vakpróbára fogyott tioszulfát-mérőoldat mennyiségéből levonva a mintaoldatok tioszulfát fogyasztását, megkapjuk a cukrok által redukált réznek megfelelő tioszulfát térfogatát. Ebből a Schoorl-féle táblázat segítségével a keresett cukor mennyisége kiszámítható.

Jodometriás titrálás elve: A Cu(II)-ionok a jodid-ionokat jóddá oxidálják, a kivált jódot savas közegben, nátrium-tioszulfát-mérőoldattal, keményítő indikátor mellett megtitráljuk. A titrálás végpontját a keményítő kék színének eltűnése jelzi.



A vizsgálat leírása:

250 cm³-es Erlenmeyer-lombikba pipettával 10 cm³ Schoorl A- és 10 cm³ Schoorl B-oldatot mértünk, 2,5 - 20 cm³ törzsoldatot pipettáztunk hozzá. A térfogatot 50 cm³-re egészítettük ki. A lombik szájába a párolgási veszteség csökkentése érdekében kis tölcsért helyeztünk és elektromos főzőlapon felforraltuk. A fűtés erősségét úgy szabályoztuk, hogy a lombikokban lévő folyadék kb. 3 perc alatt forrjon fel, majd pontosan 2 percig forraltuk. A lombik tartalmát ezután vízcsap alatt gyorsan lehűtöttük. Hozzáadtunk kb. 3 g kristályos KI-ot (kálium-jodid), 10 cm³ 25 %-os H₂SO₄-at (kénsav) és a kivált jódot keményítő indikátor mellett 0,1 N Na₂S₂O₃ (nátrium-tioszulfát) mérőoldattal megtitráltuk.

A cukortartalom-meghatározás mellett vakpróbát is végeztünk (a cukor-meghatározással teljesen azonos körülmények között, de cukortartalmú minta hozzáadása nélkül. A törzsoldatot desztillált vízzel helyettesítettük.)

Az eredmény kiszámítása:

A vakpróba és a minta-törzsoldat nátrium-tioszulfát-mérőoldat fogyasztásának különbségét szorozzuk a mérőoldat faktorával. Így megkapjuk a redukált réznek megfelelő tioszulfát-mérőoldat térfogatát, cm³-ben (X).

$$X = (\text{vak} - V) \cdot f$$

A Schoorl-féle cukorredukciós táblázatból kikeressük az X -nek megfelelő glükóz mennyiségét, mg-ban (G). G alapján kiszámítjuk a minta összes szénhidrát-tartalmát %-ban (glükózban kifejezve).

$$C_R = \frac{G \cdot V_1 \cdot 100}{B \cdot V_2 \cdot 1000}$$

ahol	C_R	az összes redukáló cukor, glükóz %-ban kifejezve
	V_1	a minta-törzsoldat térfogata, cm^3 -ben
	V_2	a megtitrált minta-törzsoldat térfogata, cm^3 -ben
	B	a bemért minta tömege, g-ban
	100	átszámítás %-ra
	1000	átszámítás mg-ról g-ra

4.4 ILLÓOLAJ-TARTALOM MEGHATÁROZÁSA

Minták száma: 4 (bio fehér mustármag, bio fekete mustármag, külföldi fehér mustármag, vad fekete mustármag)

4.4.1 Közvetlen térfogatméréssel

A módszer elve:

A fűszerek illóolaját vízgőzzel átdestilláljuk. A kivont illóolaj térfogatából határozzuk meg a minta illóolaj-tartalmát. Az illóolaj-tartalmat 105°C -on szárított fűszer 100 g-jára vonatkoztatva (2 tizedes pontossággal) ml-ben fejezzük ki.

A vizsgálat leírása:

A megfelelő finomságúra őrölt magokból 2g-ot mértünk be 2 tizedes pontossággal a készülék lombikjába. Hozzáadtuk 500 ml desztillált vizet és néhány szem horzskövet az egyenletes forrás biztosítására. A lombikot összekapcsoltuk a feltéttel. A mérőcsövet feltöltöttük annyi desztillált vízzel, míg a desztilláló lombikba kezdett visszafolyni. Megindítottuk a vízűtést, majd a lombik tartalmát óvatosan melegíteni kezdtük (kráterrezsóval). A desztillátum első cseppjének megjelenésétől számítva 3 órán keresztül desztilláltunk, időnként megrázogatva a lombikot, hogy visszamossuk a falára tapadt fűszerrészecskéket. A desztillációs idő eltelte után leállítottuk a fűtést és szétszedtük a készüléket. Fél óra hűtés után annyi vizet engedtünk ki a mérőcsőből, hogy a kívánt illóolaj térfogata leolvasható legyen.

Az eredmények kiszámítása:

$$X = V \cdot 5 \cdot \frac{100}{B}$$

$$100 - v\%$$

Ahol:

X a minta illóolaj tartalma ml/10g-ban kifejezve

5 átszámítás 100 g-ra

V a leolvasott illóolaj mennyisége, ml-ben

v% a minta víztartalma

4.4.2 Vékonnyréteg kromatográfiás elválasztás

Etanollal hígított illóolaj kivonatunkból 10x10 cm-es szilikagél abszorbensű vékonnyréteg kromatográfáló lapra osztott jelű üveg kapillárisal cseppentettünk fel 2,3 és 10 μ l-t. Előzőleg a réteglapon tompa végű grafit ceruzával kijelöltük a felcseppentési helyeket, illetve a kifejllesztés tervezett távolságát. A felcseppentés során a megadott térfogatokat több apró részletben jutattuk az abszorbens felületére. A kapilláris abszorbens felületéhez történő óvatos hozzáérítésével biztosítottuk, hogy a réteglap anyaga ne sérüljön meg, illetve a felcseppentett minta kis átmérőjű koncentrikus körben helyezkedik el. A mintafelvétel befejezését követően a felcseppentési pontokat hideg levegővel, hajszárító segítségével 1-2 percig kb. 30 cm távolságban „beszárítottuk” (oldószert eltávolítjuk).

Még a felcseppentések megkezdése előtt a kromatográfáló kamrába toluol-etilacetát 93:7 arányú elegyből 20 ml-t töltöttünk. Eztán a kamrát 20 percig lefedve tartottuk abból a célból, hogy a kamra légterét az oldószerek gőzeivel terítsük.

A mintafelvitelt követően a réteglappot az így előkészített kromatográfáló kamrába függőlegesen behelyeztük, majd a kamrát lezártuk. Az oldószerelegy a réteglapon a kapillárisaktivitásnak köszönhetően felfele irányuló áramlásba, migrációba kezdett. Az oldószerelegy mozgása a réteglapon a kamra üvegfalán keresztül jól nyomon követhető. Amikor az oldószerelegy migrációja a réteglapon eléri az előzetesen kijelölt távolságot, akkor a réteglapot a kamrából kiemeljük, majd azt vízszintesen lefektetve szobahőmérsékleten hagyjuk, hogy az oldószerek elillanjanak belőle. A megszáradt réteglapot vanilines-kénsavas előhívóoldattal bepermetezzük, majd természetes fényben vizsgáltuk.

Az R_f érték meghatározása: A megfelelő foltok száma, az egyes fontok nagysága, színintezítése és a retenciós faktorok (R_f érték) alapján értékeljük. Az R_f értéket a $R_f = a/b$ összefüggés alapján számoljuk ki.

A folt középpontjának távolsága a startvonalától

B a kifejesztőszer frontvonalának távolsága a startvonalától

4.5 MIKROBIOLÓGIAI VIZSGÁLATOK

Cél: a mikrobiológiai szennyezők kimutatása, a szennyező mikroorganizmusok fajtáinak azonosítása és a szennyezettség mértékének megállapítása. A vizsgálat kiterjedt az összes csíraszámra, illetve arra, hogy azok tartalmazzanak-e patogén mikróbat. Céltűzés volt továbbá a mustár-extraktumok baktericid hatásának vizsgálata a véres agar táptalajon kialakult gátlási zónák nagysága alapján.

Minták száma: 4 (bio fehér mustármag, bio fekete mustármag, külföldi fehér mustármag, vad fekete mustármag)

4.5.1 Az összes élő csíraszám meghatározása

Az összes élő csíraszámot szilárd táptalajon, ismert mennyiségű élelmiszerhígításból kifejlődött telepek számából állapítottuk meg meghatározott inkubálási körülmények között. A 30-37 °C-a legkedvezőbb a patogén fajokat is magában foglaló mikroorganizmusok inkubálására, tehát az aerob mesofil csíraszám a legalkalmasabb az élelmiszer minőségének meghatározására. Nem tekinthető megfelelőnek a legtöbb olyan gyárilag előállított élelmiszer, amely nagy mennyiségű mikroorganizmust tartalmaz, még ha nem is patogén.

A vizsgálat menete:

a) Hígítási sorozat készítése: 1-1 g keverékből és 9 ml 0,9 %-os NaCl folyadékból készült 1:10 arányú hígítás. majd tízes arányú hígítási sorozatot készítettünk 1ml tovább adásával 10^5 -en hígítási fokig.

b) a hígításokból 0,2-0,2 ml-t kimértünk szilárd táptalajra (véres, eosin-metilénkék, agar és Müller-Hington táptalajra) és egyenletesen eloszlattuk, majd 24 órás inkubálás következett.

c) Az inkubálás után a telepeket megszámloltuk és az így kapott számot megszorozzuk a hígítás mértékével, majd összeadtuk azokat és 1 g-ra vonatkoztatva megadtuk az összes élő csíraszámot.

A számolás alatt érdekesnek talált telepeket megjelöltük, majd ezekről a telepekről szelektív táptalajokra mintákat oltottunk le és ezek után azokat is 24 órára termosztátba helyeztük tenyészteni.

Leoltás:

A mintát differenciál-diagnosztikai szempontból szelektív táptalajra leoltottuk (szeleni teszt, dúsítottuk, bouillon táptalajokra) és 16-24 órát inkubáltuk 37 C°-on. Minden izolált telepből szélesztéssel kioltottunk brillantzöld-, véres-, eozin-metilénkék agar, Saborant táptalajra, majd ismét inkubáltunk.

Szélesztés:

Leégetett kaccsal a telep közepéből vett mintát úgy vittük fel a táptalajra, hogy inkubálás után különálló telepek is keletkezzenek.

Festés

A következő lépésben a különböző telepeket Gram szerint megfestjük. Azonosítani tudjuk a + és – coccusokat és pálcákat mikroszkopikus vizsgálattal, majd ezek alapján tudjuk elvégezni a faj-specifikus biokémiai próbákat.

4.5.2 Mikrobiológiai biokémiai identifikáció

Alapja az egyes baktériumok anyagcseréjével összefüggő rendszertani egységekre jellemző olyan sajátosság, amely különböző tesztekkel egyszerűen, gyorsan megállapítható.

Metilvörös próba:

Alapja: glükóz peptonvíz Ph 7,2-7,4 0,5 % metilvörös alkános oldatával végeztük

Eredmény: pozitív: piros negatív: sárga

Indol:

0,2 ml reagens (para- dimetil amino-benzaldehid és sósav alkoholos oldata)

Eredmény: pozitív: piros felülúszó reagens negatív: sárga marad a reagens

Nitrát:

Nitrit A 0,2 ml és Nitrit B 0,6 ml reagens összekeverése

Eredmény: pozitív: piros negatív: színtelen

Kataláz:

A reagens 30%-os H_2O_2 oldat

Eredmény:

Pozitív: gáz fejlődött negatív: nem fejlődött gáz

Oxidáz:

A és B reagenst összekevertük, egy cseppet a tenyésztésre tettünk

Eredmény: Pozitív: kék negatív: színtelen

Voges-Proskauer reakció (VP)

A reagens kálium hidroxid

Eredmény: pozitív: rózsaszín negatív: színtelen

ONPG: orto-nitrofenil-puranozid a reagens

Eredmény: pozitív: sárga negatív: színtelen

PAD: phenil-alanin dezamináz a reagens

Eredmény: pozitív: zöld, majd állás után kék negatív: színtelen

Erzkulin- hidrolízis:

Erzkulin tartalmú táptalajra mákszemnyi tenyészetet oltottunk, majd hét napig inkubáltuk

Eredmény: pozitív: fekete negatív: színtelen

4.5.3 A mustár antibakteriális hatásának vizsgálata

5-5 g mustármagot porcelán dörzsmozsárba helyeztünk, majd megtörtük. Ezután hexános és alkoholos extrakciót készítettünk.

Hexán extrakció

Steril kémcsőbe 1g magőrleményt helyeztük és 5 ml hexánt mértünk rá. A szuszpenziót 2 órán keresztül szobahőmérsékleten állni hagytuk, közben többször jól felkevertük. Ezután lecentrifugáltuk 2500 fordulaton 5 percig. A felülúszót steril pipettával leszívtuk, s továbbiakban ezt az oldatot használtuk, mint vizes extraktumot.

Etilalkoholos extrakció

A hexános extrakciónál leírt módon készítettük, azonban hexán helyett 96%-os etilalkoholt használtunk.

Az elkészült extraktumokkal tesztkorongokat itattunk át a következő módon: Wattman 4'' szűrőpapírból 1 cm átmérőjű korongokat vágunk ki. Sterilizáltuk, majd ezekre vittük fel az extraktumokból 5 µl.

A vizsgálathoz használt baktériumok

1. *Salmonella typhimurium*
2. *Escherichia Coli*
3. *Pseudomonas aeruginosa*
4. *Bacillus cereus*

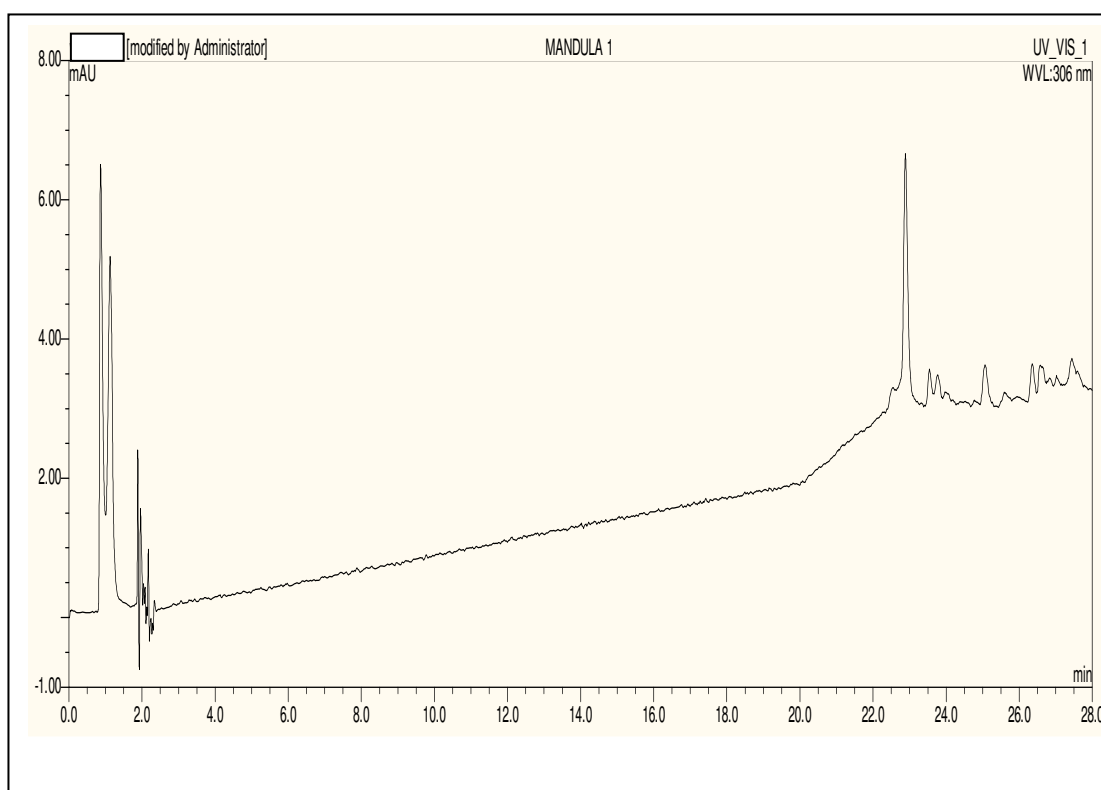
A vizsgálat menete:

A fenti baktériumokat véres agar tárgylemezen szétszélesztettük. A mustármag őrlemények hexános és etilalkoholos extraktumokat tartalmazó korongokat a véres agar lemezek felületére helyeztük. A lemezeket 37 C°-on 24 órán keresztül inkubáltuk, és ezek után vizsgáltuk a gátlási zónákat a szűrőpapír korong körül.

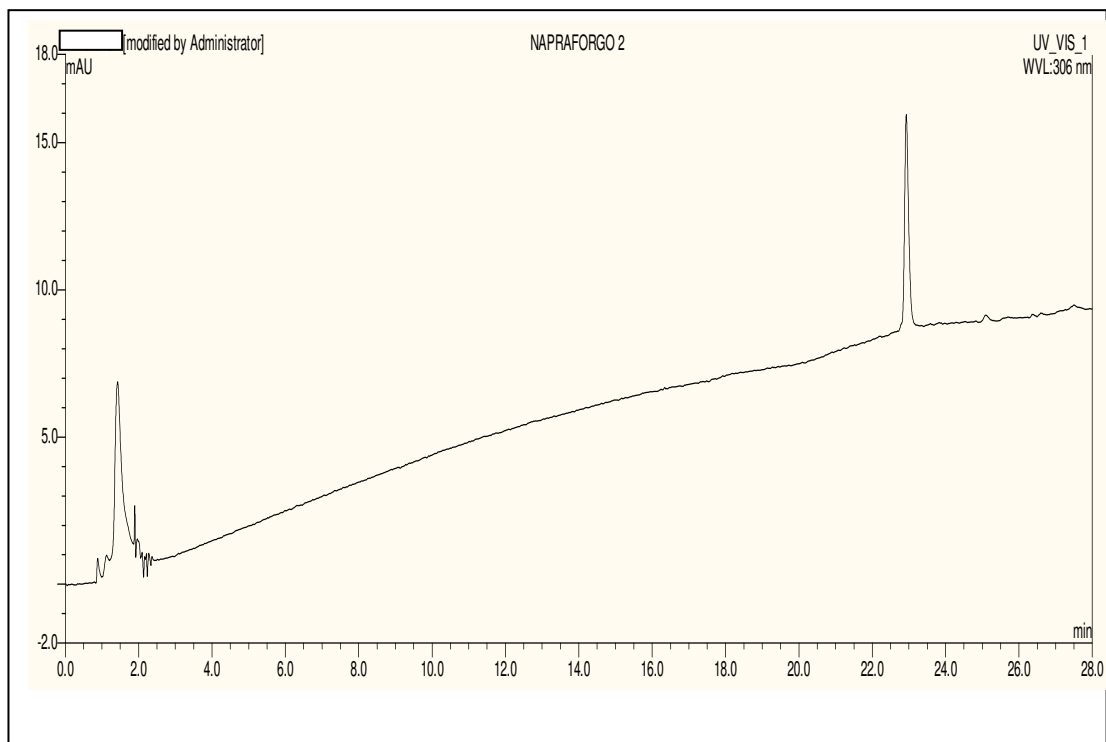
5 EREDMÉNYEK

5.1 A RESVERATROL-TARTALOM MEGHATÁROZÁSÁNAK EREDMÉNYEI

Az általunk vizsgált minták kromatogramjain jól megfigyelhető a transz-rezveratrol megjelenése. (11.-12. ábra) A legnagyobb mennyiségű resveratrolt a napraforgó esetében tudtuk kimutatni ($0,0398 \pm 0,01 \text{ mg/100g}$), emellett a mandulában ($0,0176 \pm 0,021 \text{ mg/100g}$) és a pörkölt földimogyoróban ($0,022 \pm 0,013 \text{ mg/100g}$) valamint a vad fekete mustármagban ($0,023 \pm 0,007 \text{ mg/100g}$) is találtunk resveratrolt. A többi vizsgált olajosmag-fajta resveratrol-tartalma elenyésző.

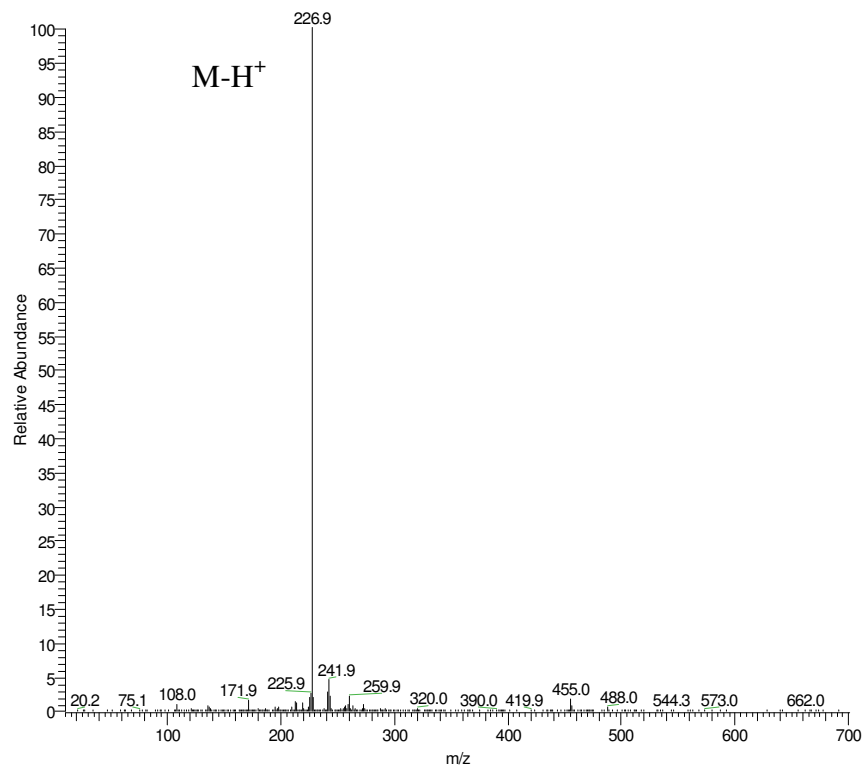


11. ábra A mandula transz-rezveratrol kromatogramja



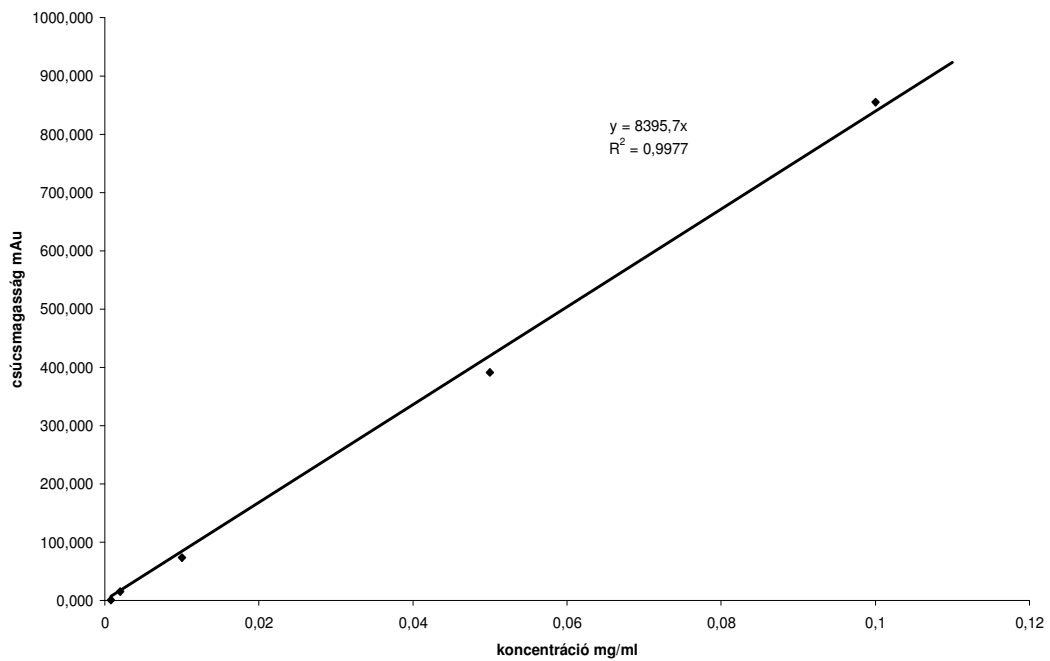
12.ábra A napraforgó transz-rezveratrol kromatogramja

MS analízist egy Finnigan AQA MS-sel (ThermoQuest, San Jose, CA) végeztük, ami felszerelt mind atmoszférikus nyomású kémiai ionizációs mind elektropray ionizáció interfészekkel. A kisegítő és a függöny gáz is nitrogén volt melynek áramlási sebessége 600 liter/óra. Az LC-MS elemzés során egy APCI ionizációs forrást és az ESI-t arra használtuk, hogy a 250°C hőmérsékleten és a szonda a koronakisülés feszültség 3.5kV-on nyerjünk spektrumokat a rezveratrolról. Spektrumokat 1,2 scan/s negatív ion módban m/z 10 és 700 között találjuk. A szűrőt a kvadrupól analízátorral 10 és 20 V közé állítottuk. Finnigas Xcalibur használtunk, hogy megkapjuk a tömegspektrumát az transz-resveratrolnak. Ez a 13. ábrán látható. A függőleges tengelyen az ionintenzitás, míg a vízszintes tengelyen a tömeg/töltés (m/z) látható.



13. ábra A transz-resveratrol APCI negatív-ion MS spektruma

Linearitás



14. ábra A koncentrációs-jel linearitása

A koncentráció-jel linearitást 5 különböző koncentrációértéknél vizsgáltuk. A korrelációs koefficiens (R^2) 0,9977-nak bizonyult, ami rendkívül pontos linearitást jelent a csúcs alatti terület (jel) és a transz-reszveratrol koncentráció között, amit az is bizonyít, hogy mindkét érték logaritmusai között is igen jó a korreláció ($R^2=0.9963$).

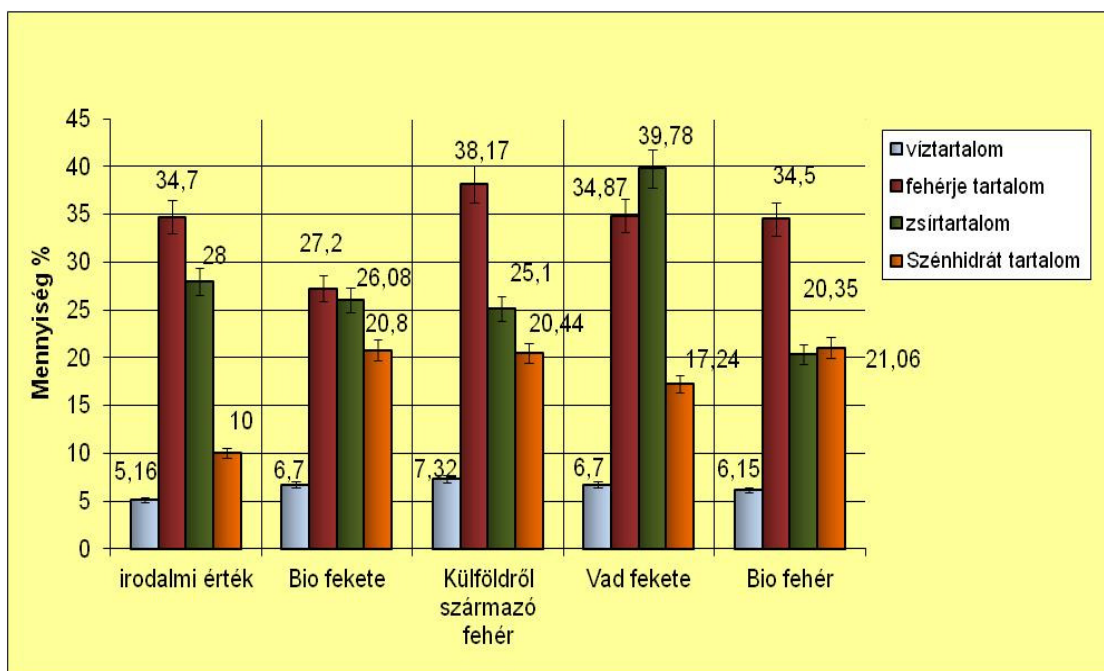
6. táblázat A vizsgált olajos magvak rezveratrol tartalma 100 grammban

Olajos magvak	koncentráció mg/100g (sz.a.) $\pm$ SD
Mandula	0,018 $\pm$ 0,021
Napraforgó	0,040 $\pm$ 0,01
Lenmag	0,06 $\pm$ 0,035
Pörkölt földimogyoró	0,021 $\pm$ 0,013
Pörköletlen földimogyoró	n.d.
Szezámmag	0,001 $\pm$ 0,005
Tökmag	0,001 $\pm$ 0,00012
Bio fehér mustármag	0,013 $\pm$ 0,008
Bio fekete mustármag	0,017 $\pm$ 0,0116
Külföldről származó fehér mustármag	0,015 $\pm$ 0,0021
Vad fekete mustármag	0,023 $\pm$ 0,007

Az 6. táblázatról leolvasható, hogy a napraforgó resveratrol-tartalma szignifikánsan nagyobb ($p<0,005$), mint a többi olajos magé. A mandula és a mustármagok resveratrol-értékei még figyelemre méltóak, de elmaradnak a napraforgó értékétől. A földimogyoró esetében két fogyasztási forma ismert, ezért mindkettőt megvizsgáltuk. A pörkölt és pörköletlen földimogyoróban található resveratrol mennyisége között az eltérés szignifikáns ($p<0,005$). Pörköletlen formában a mennyiség elenyésző, míg pörkölt formából már jelentős 0,022 $\pm$ 0,0116 mg mennyiséget tudtunk kimutatni. A különbség okaként a resveratrol hő hatására való nagyobb felszabadulását feltételezzük. A termesztési technológia hatása a bioaktív összetevőkre kisebb mértékű, a mustármag esetében a hagyományost illetve a bio termesztési technológiával előállított, valamint a bio termesztéstű és vadon termő növényeket

hasonlítottuk össze. Egyértelműen elmondható, hogy a vad fekete mustármag resveretrol-tartalma a legmagasabb, a bio termesztésű fekete mustármag estében már kisebb mértékű a resveratrol mennyisége, de nem szignifikáns az eltérés közöttük ($p > 0,005$). A fehér mustármag esetében a hagyományos és a bio termesztésnél még kisebb az eltérés. A növényeket ugyanabban az évben termesztettük, azonos tápanyag-körülmények között, a csapadék és a napsütötte órák száma közel azonos volt. Azt is elmondhatjuk eredményeink alapján, hogy nincs különbség a fekete és fehér mustármag között a resveratrol mennyiségének tekintetében.

5.2 A MUSTÁRMAG KÉMIAI VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI



15.ábra A mustármag kémiai vizsgálatának eredménye

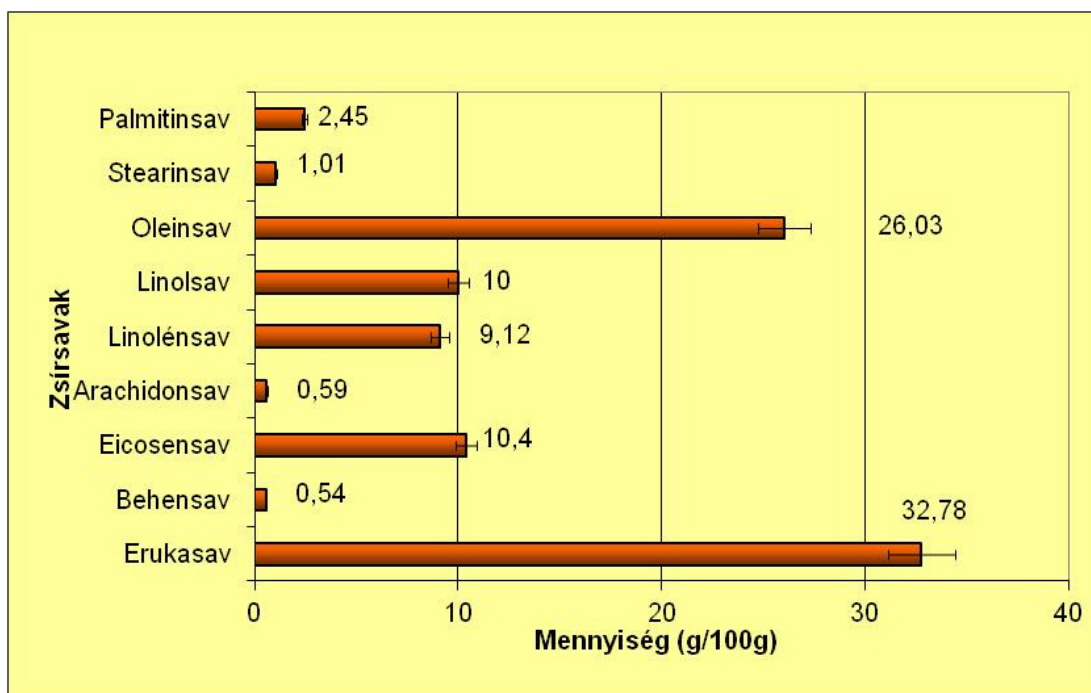
5.2.1 A víztartalom-mérés eredménye

A víztartalom tekintetében nagy eltéréseket nem tapasztaltunk az egyes minták között, mint azt a 15. ábrán is láthatjuk. A külföldről származó fehér mustármagnak volt a legmagasabb, $7,32 \pm 1,12\%$ a víztartalma. Az irodalmi adatok $5,16 \pm 1,22\%$ nedvességtartalomról számolnak be, melyekhez képest az általunk vizsgált mintákban szignifikánsan nagyobb volt a nedvességtartalom ($p \leq 0,05$). A többi minta értékei az irodalmi adatok értékei felett alakultak, szignifikáns eltérést közöttük nem tudtunk kimutatni ($p \geq 0,05$). A vad fekete, kereskedelmi forgalomban lévő terméké $6,7 \pm 1,16\%$, a legalacsonyabb értéket pedig a mohácsi bio fehér mustármag

produkálta, $6,15 \pm 1,31\%$ víztartalommal. Mivel minden minta azonos évben, hasonló időjárási körülmények között termett, ezért az időjárás és a csapadék-viszonyok nem befolyásoló tényezői a kapott eredményeknek.

5.2.2 A zsír- és zsírsav-összetétel mérésének eredménye

A zsírtartalom tekintetében a fentieknél nagyobb eltéréseket tapasztaltunk: a legmagasabb értékkel a vad fekete mustármag rendelkezik ($39,78 \pm 0,46\%$), a legalacsonyabbal pedig a bio termesztésű fehérmustármag bír ($20,5 \pm 0,79\%$). A másik két érték közti különbség elenyésző: a külföldről származó fehér mustármag zsírtartalma $25,10 \pm 0,63\%$, a bio fekete termőé $26,08 \pm 0,59\%$. A két középérték is valamivel alacsonyabbnak bizonyult az ismert irodalmi adatoknál, ami 28%-osnak adja meg a mustármag átlagos zsírtartalmát. A fekete és fehér mustármagokat összevetve elmondhatjuk, hogy a fekete mustármag magasabb zsírtartalommal rendelkezik, de a közöttük lévő különbség nem szignifikáns ($p \geq 0,05$). A bio és a hagyományos termesztéstechnológia nem ad számottevő különbséget a zsírtartalom tekintetében ($p \geq 0,05$), de az eredmények alapján azt megállapíthatjuk, hogy a hagyományos termesztési technológiával nevelt mustármag zsírtartalma magasabb a bio termelésű magnál.

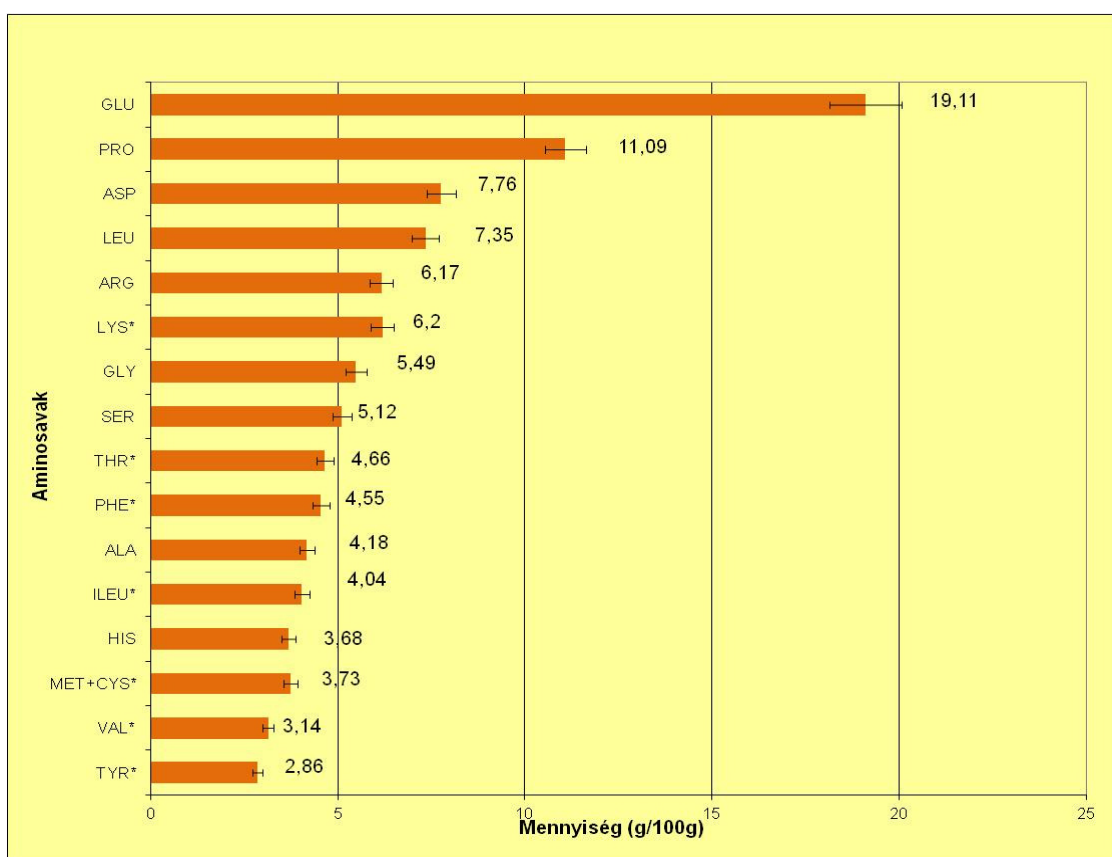


16.ábra A bio fehér mustármag zsírsavösszetétele

A zsírsavösszetél vizsgálatát áttekintve a 16. ábrán azt találtuk, hogy linol és nagyobb mennyiségű linolénsavat valamint arachidonsavat is tartalmaz a mustármag, melyek a szervezetünk számára esszenciálisak. Kis mennyiségben telített zsírsavakat is kimutattunk, úgy, mint a palmitinsav és sztearinsav. A mustármag erukasav-tartalma méréseink során $32,78\text{g} \pm 1,19/100\text{g}$, amely nem éri el a szakirodalmi értékeket ($35,13\text{g}/100\text{g}$). Az egyes mustárfajták, valamint a termesztés-technológiai eltérések alapján különbséget nem tudtunk kimutatni a zsírsavösszetételben.

5.2.3 A fehérje-tartalom mennyiségi meghatározása

Fehérjetartalomban számottevő különbségek mutatkoztak az egyes minták között, a legmagasabb fehérjetartalma a külföldről származó fehér mustármagnak volt ($38,17 \pm 2,34\%$), legalacsonyabb pedig a bio fehér mustármagnak ($27,20 \pm 2,16\%$); a köztük látható különbség szignifikáns ($p \leq 0,05$). A bio fekete mustármag $34,8 \pm 3,004\%$ -os értéke megfelel az irodalmi értékeknek, és alig van különbség a vadon termő növény fehérje tartalma ($34,49 \pm 2,57\%$) és az irodalmi érték között. (15. ábra)

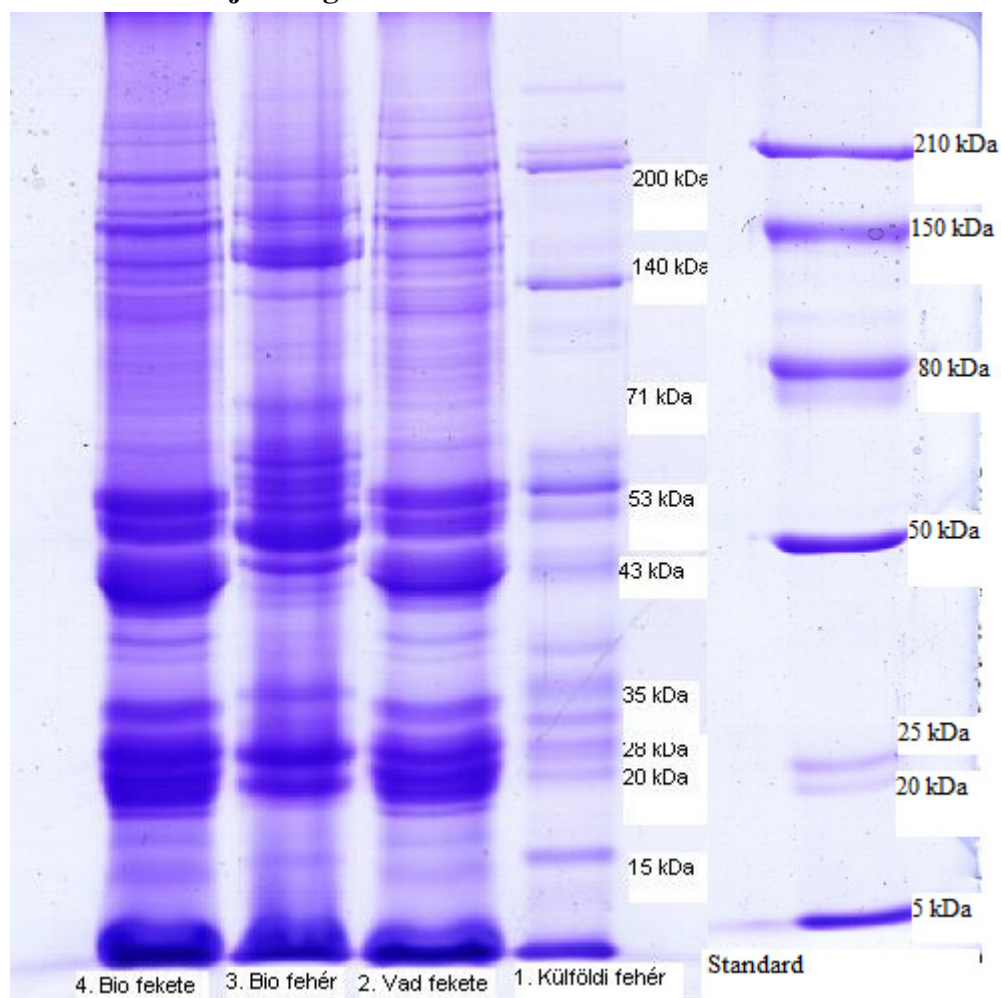


17.ábra A bio fehér mustármag aminosav-összetétele

5.2.4 Az aminosav-összetétel meghatározása

Az aminosav analízis során azt láttuk, hogy a mustármag esszenciális aminosavakat is tartalmaz, a triptofán és az izoleucin azonban hiányzik belőle. (17. ábra) A növényi eredetű fehérjékre jellemzően a mustárfehérje glutaminsavban és aszparaginsavban gazdag. A mustárfehérje kedvező aminosav összetételét igazolja, hogy kén-tartalmú aminosav- és lizin-tartalma magas. Az esszenciális aminosav mennyisége $36,30 \pm 1,97$ g 100 g mustárfehérjére vonatkoztatva. Limitáló aminosava a mustárfehérjének a valin (138). A mustármagok esetében az aminosav összetételben egyetlen különbséget találtunk, még hozzá a glutaminsav mennyiségben. A vad mustármag értékei némileg magasabbak voltak ($21,2 \pm 0,78$ g), mint a termesztett fajtáké, a köztük lévő különbség azonban nem szignifikáns. Vizsgálataink alapján elmondhatjuk az aminosavak tekintetében különbséget az egyes mustármag-fajták és a termesztési technológia alapján nem tudunk kimutatni. A mustárfehérje biológiai értéke a szójakoncentrátum biológiai értékéhez hasonló. Kevés irodalmi adatot találtunk a mustárfehérje összetételére vonatkozóan, mivel a mustármag ételízesítőként való feldolgozása során a mustárfehérje nem lényeges összetevő.

5.2.5 A mustárfehérjék meghatározása



18. ábra A mustár gélelektroforézises elválasztásának képe

A mustárfehérjék 4 és 225 kDa közötti molekulatömegű fehérjékből épülnek fel (18.ábra). A fehérjék 4 és 30 közötti peptidből állnak, mintázatukban 3 fő intenzív sáv látható, melyek a 35 kDa, 28 kDa és 20 kDa molekulatömegnél mutatkoznak, ezen kívül látható még 5 kevésbé intenzív sáv is, a 43 kDa, 53 kDa, 71 kDa és 140 kDa közötti tartományban.

A mustárban több fehérjét is sikerült azonosítanunk melyeknek a mustár kedvező, táplálkozásbiológiai megítélésében szerepük lehet ezt a 7. táblázatban láthatjuk.

7. táblázat A fehérjék előfordulása a mustármagokban

NÉV	Molekula tömege (kDa)	Szerepe
11S globulin precursor	56,47	allergén fehérje
beta-glucosidase	58,47	β -glukán szintetizáló
steroleosin	27,36	jelátviteli mechanizmusban
RanBP1 domain- containing protein	37,26	flavonoid bioszintézisében vesz részt
Mpt5	106,74	szupresszor POP2 gén mutációja
serpin-6 prekursor	43,78	proteináz-inhibitor
transzferin	173,6	vaskötő fehérje
glukán syntetáz	15,71	glukán szintetizáló
mirozináz	28,17	enzim

A fehérjék között találunk sejtalkotó struktúr fehérjéket, membránfehérjéket valamint az eukariota sejtre jellemző fehérjéket. Továbbá találunk az alkalmazkodóképességet befolyásoló fehérjeanyagokat, melyeknek nagy szerepe van a növény stresszhez való alkalmazkodásában. A mustár a mirozináz nevű enzimet is tartalmazza, mely a csípős íz kialakításáért felelős amint ez a 7. táblázatban is látható. A fehérjék között megtalálható a RanBP1 domain-containing protein is, aminek szerepe a flavonoidok

bioszintézisében van. A fehérje- és szénhidrátbontást befolyásoló/gátló enzimeket is találhatunk a mustárban, ez a serpin-6 prekursor, ami egy proteínáz-inhibitor fehérje, mely képes a proteinek bontását befolyásolni. A szénhidrátbontó enzimek közül a beta-glucosidase-t sikerült minden mustármintából kimutatni. Az ATP képzését szabályozó fehérjéket valamint a lipopoliszacharidok és a glukánok képződését befolyásoló fehérjéket tudtunk még azonosítani. A glukán syntetáz nevű fehérjét korábban a zabban mutatták ki. Az olajos sejtekben a jelátviteli mechanizmus nem teljesen tisztázott, azonban a mustár fehérjéi között megtalálható szterin-kötő dehidrogenáz/reduktáz fehérjének, azaz a steroleosinnak is szerepet tulajdonítanak ebben a folyamatban. A mustárban találhatók még mindemellett transzport- és kötő fehérjék, ezek közül a vaskötő fehérjéjét sikerült vizsgálatunk során kimutatni. A jó vastartalom összefüggésbe hozható a vaskötő fehérjék jelenlétével a mustármagban. A mustárfehérjék között találtunk egy Mpt5 fehérjét, ami egy szupresszor POP2 gén mutációja, melynek antikarcinogén hatást tulajdonítanak. A mustármagban található fehérjék között nincs különbség a fekete és fehér mustár között, nem találtunk különbséget továbbá a termesztési technológia alapján sem.

5.2.6 A mustár szénhidrát-tartalmának mérési eredményei

Szénhidráttartalom tekintetében azt tapasztaltuk, hogy közel azonos tartalommal rendelkeznek az egyes vizsgált minták és az irodalmi értékekhez nézve is kicsik az eltérések. A legnagyobb szénhidrát-tartalommal a bio fehér mustár rendelkezik ($21,06 \pm 0,73\%$), a legalacsonyabb szénhidrát-tartalmat pedig a bio fekete mustármag esetében mértük. A másik két minta értéke ($20,44$ - $21,06\%$) közötti, az irodalomban pedig $18 \pm 0,58\%$ -os szénhidrát értékeket találtunk. Az egyes minták között tehát a különbségek nem szignifikánsak ($p \geq 0,05$), valamint az irodalmi adatokhoz viszonyítva sem tekinthetők szignifikánsnak az eltérések.

5.3 A MUSTÁRMAG ILLÓOLAJ-VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYE

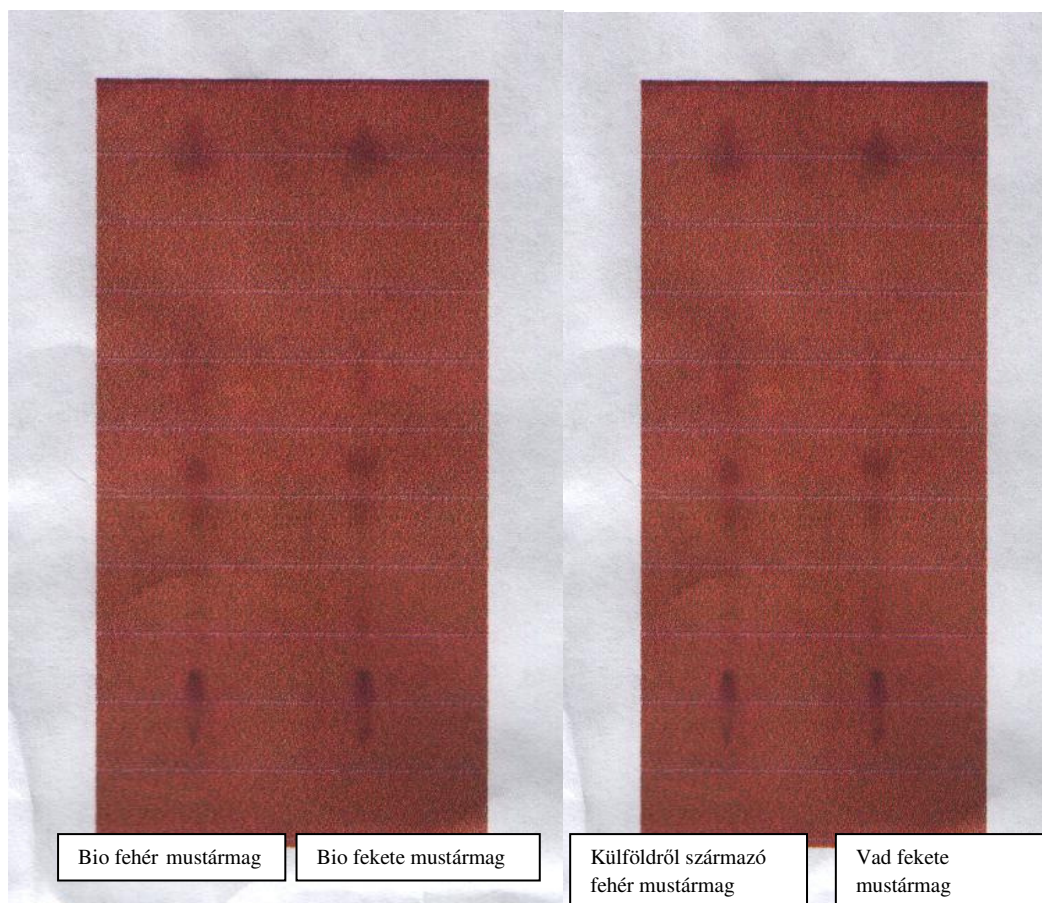
Az illóolaj meghatározás során azt tapasztaltuk, hogy az irodalmi (Szabó és munkatársai) illóolaj-adatnál mely $0,16 \text{ ml}/100 \text{ g}$ minden esetben magasabb értékeket kaptunk, amint az a 10. táblázatból is látszik. A legnagyobb értéket a vad fekete mustárnál találtuk ($0,62 \text{ ml}/100 \text{ g}$), a többi érték közel azonos tartományban található, azaz $0,22$ - $0,28 \text{ ml}/100 \text{ g}$ közötti.

11. táblázat Az illóolaj mennyisége az egyes mustármag-mintákban

Mustármag minták	Illóolaj (ml/100g)
Vad fekete mustármag	0,62±0,31
Külföldről származó fehér	0,22±0,16
Bio fekete	0,28±0,11
Bio fehér	0,25±0,09

A vad fekete mustármag szignifikánsan több illóolajat tartalmaz, mint a többi minta ($p \leq 0,05$). A fekete és fehér mustármag között a különbségek nem szignifikánsak, de láthatjuk, hogy a fekete mustármagfélések magasabb illóolaj-tartalommal rendelkeznek, mint a fehér mustármagok. A hagyományos és bio termesztéstechnológiát összehasonlítva elmondhatjuk, hogy a köztük lévő különbségek elenyészőek ($p \geq 0,05$).

Az illóolaj komponensek identifikálása nem minden esetben volt lehetséges, voltak olyan komponensek is melyek meghatározása a ma ismert módszerek segítségével nem lehetséges. A következőket azonosítottuk: piperilin, limonen, dipiperin, cineol, terpinen-4-ol.



19. ábra: A mustármagok illóolaj kromatogramjai

A mustármag fajták között, valamint a termesztéstechnológia alapján nem tudunk különbséget kimutatni az illóolaj-komponensek között, minden mintában ugyanazon illóolaj-komponensek kerültek azonosításra. A fehér mustármag minták esetében elmondható, hogy csak 6 foltot láttunk, azonban a foltok színe, nagysága valamint színintenzitása, R_f értéke alapján elmondhatjuk, hogy ugyanezeket a komponenseket lehet látni az illóolaj-alkotók között. Ezen illóolaj komponenseknek elsősorban gyulladásgátló hatásuk van szervezetünkben. A cineol nyákoldó és gyulladáscsökkentő anyag ezért a mustár sikerrel alkalmazható felsőlégti fertőzések kezelésében. A limonem a szervezetben elsősorban emésztést segítő, székletlazító hatással rendelkezik, ezért alkalmazzák már ősidők óta a mustárt, mint hashajtót. Egyes irodalmi adatok szerint immunrendszert segítő hatással is rendelkezik. A terpinen-4-ol gyulladáscsökkentő, antibakteriális anyag ennek a hatóanyagnak tulajdonítható, hogy a bőrbetegségek kezelésében, mint borogató szert lehet a mustárt alkalmazni.

5.4 A MIKROBIOLÓGIAI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

A mikrobiológiai vizsgálatok eredményei azt igazolták, hogy a vizsgált minták minden táptalajon a 4/ 1998 (XI. 11) EüM. rendeletben megadott határérték alatti csíraszámmal rendelkeznek (2. táblázat). Az egyes csírák azonosításának eredményei szerint azt tapasztaltuk, hogy enterális patogén mikroorganizmusokat nem tartalmaztak (8. táblázat).

8. táblázat Az összes élő csíraszám alakulása az egyes táptalajféléseken

Táptalajok	Minták			
	Vadon termő fekete	Külföldről származó fehér	Bio fekete	Bio fehér
Véres agar	$4,78 \times 10^6$	$3,27 \times 10^6$	$2,25 \times 10^7$	$2,46 \times 10^6$
Eozin- metilkék	8×10^5	$3,75 \times 10^5$	$5,7 \times 10^6$	$5,3 \times 10^5$
Müller- Hinton	$4,86 \times 10^6$	$3,38 \times 10^6$	$2,75 \times 10^7$	$3,16 \times 10^6$

A táblázat alapján látjuk, hogy a kísérletben szereplő minden táptalajfélésegen a vizsgálat minták összes élő csírszáma a megadott határérték alatt alakul. A megfelelőségi határérték alatti, hiszen a rendelet értelmében fűszerek és élelmiszeradalékanyagok estében 10^8 -nál kevesebb összes élő csíraszám alatt megfelelőnek kell tekinteni a vételezett mintát.

9. táblázat A mikrobiológiai identifikáció eredményei

Festődés, Alak	Baktérium neve
G+ pálca	Endobactérium
	Bifidobacterium Actinomices
	Megalobacter

G+ coccus	Micrococcus
	Staphylococcus epidermidis
G- pálca	Eaconodes Cromodes
	Gomobacterium Molaem
	Pseudomonas Siringas
G- coccus	Flavonobacterium
	Pantoca agglomerans

A rendelet értelmében a minták nem tartalmazhatnak Salmonellát, E. Coli-tartalom esetében 10^2 a megfelelőségi határérték, 10^4 felett a termék nem kerülhet élelmiszerbe és kereskedelmi forgalomba. Az Enterobacteriaceae család esetében 10^2 a megfelelőségi határérték, 10^3 felett szintén be kell vonni a terméket, penészgombáknál 10^2 a megfelelőségi határérték és 10^4 a forgalomból kikerülési határérték. Mintáinkban nem találtunk ilyen mikroorganizmusokat, tehát mind fűszerként, mind élelmiszer adalékanyagként felhasználhatók a különböző mustármagok.

5.4.1 A mustármag antibakteriális hatásának vizsgálati eredményei

10. táblázat A mustármag-extraktumok véres agar tárgylemezen vizsgálat baktericid hatásának eredményei

Mustármag fajta	Salmonella typhimurium		Escherichia Coli		Pseudomonas aeruginosa		Bacillus cereus	
	hexán	alkoholos	hexán	alkoholos	hexan	alkoholos	hexán	alkoholos
Bio fehér mustármag	++	++	++	++	-	-	+	+
Bio fekete	++	++	++	++	-	-	+	+

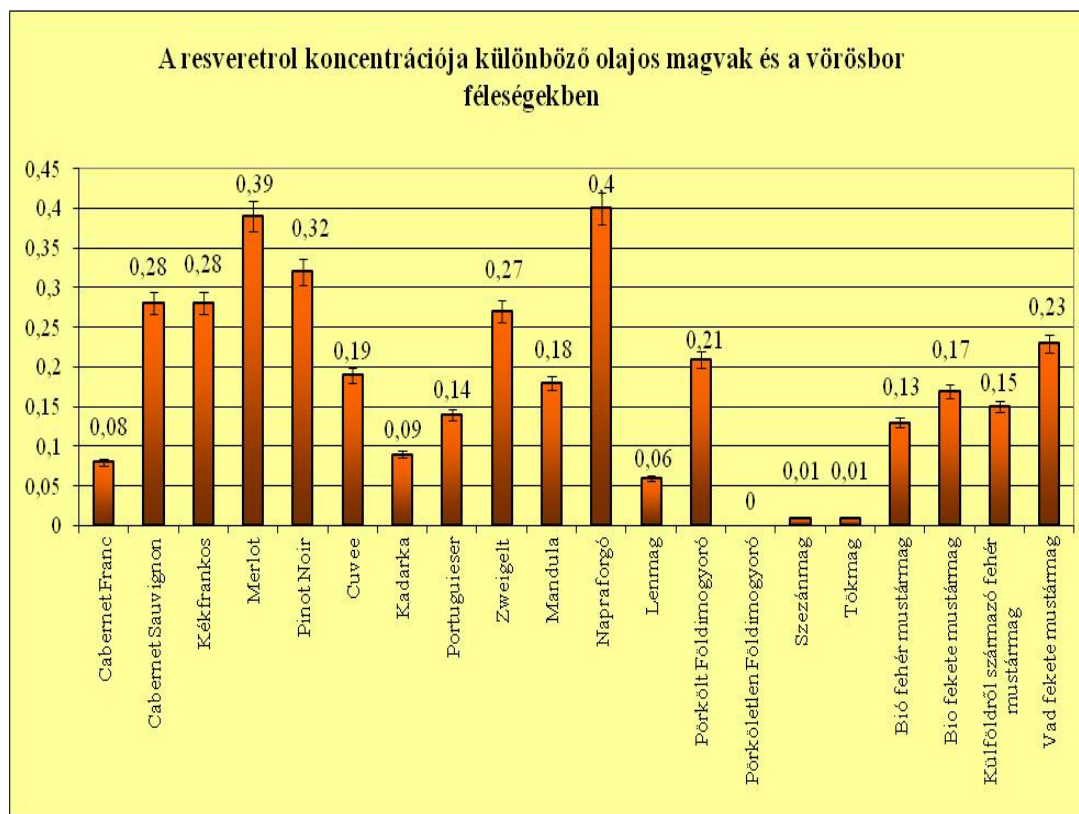
mustármag								
Vad fekete mustármag	+++	+++	+++	+++	-	-	+	+
Külföldről származó fehér mustármag	++	++	++	++	-	-	+	+

A kapott eredmények alapján elmondhatjuk, hogy a mustármagőrlemények egyes baktériumokkal szemben antimikrobiális hatással bírnak. A *Salmonella* és az *Escherichia coli* esetében igen erős bakteriosztatikus hatás tapasztalható. A *Pseudomonas aeruginosa*-ra a mustárőrlemény semmiféle hatással nem volt. A *Pseudomonas aeruginosa* antibiotikumokkal szemben is nagyfokú ellenálló képességgel rendelkezik, így ez az eredmény nem meglepő.

A 10. táblázatból látható továbbá, hogy a legnagyobb gátlási zóna a vad fekete mustármag esetében figyelhető meg, mind a *Salmonella* mind az *Escherichia coli* esetében. A gátlási zóna nagysága alapján nincs különbség a mintáink bakteriosztatikus hatása között, legyen szó akár fehér, akár fekete mustármagról. A fehér mustár estében a bio termesztés és a hagyományos termesztéstechnológia nem befolyásolja a bakteriosztatikus hatásért felelős anyagok mennyiségét a magvakban. A termesztett és vadon termő növény estében tudtunk kimutatni különbséget a gátlási zóna nagysága alapján ($p \leq 0,05$), a vadon termő növény ugyanis több bakteriosztatikus anyagot tartalmaz, mint a termesztett fajta, hiszen szignifikánsan nagyobb a gátlási zóna.

6 MEGBESZÉLÉS

Az olajos magvak jó resveratrol forrásoknak tekinthetők. E megállapításon túl azonban fontos kiemelni, hogy a kutatásunkban vizsgált olajos magvak közül a legmagasabb resveratrol-tartalmú napraforgó a vörösbórral, azon belül is a korábban kiemelkedő forrásnak számító merlot és pinot noir fajtákkal azonos mennyiségben tartalmazza e jótékony vegyületet, ezt bizonyítják a 20. ábrán bemutatott adatok is.



20. ábra A vizsgált olajos magvak és a vörösbórral resveratrol-tartalmának összehasonlítása

Nem szabad megfélemednünk azonban a mandulában, a pörkölt földimogyoróban és a mustármagokban megtalálható resveratrol-mennyiségéről sem. A mustármagok esetében láthatjuk, hogy a minőségi vörösbórok, például a cabernet sauvignon, a kékfrankos és a zweigelt értékeihez közelít a vad fekete mustármag resveratrol-tartalma. A pörkölt földimogyoró, a mandula valamint a bio fekete mustármag értékei pedig a cuvée és a portugieser értékeivel közel azonosak. A mustár estében a fehér és fekete mustármag között a különbség elenyésző, valamint a termesztési technológia sem befolyásolta szignifikánsan a kimutatható resveratrol mennyiségét.

Eredményeink alapján azt is megállapíthatjuk, e kémiai anyag kimutatható mennyisége egyes olajos magokban pörköléssel növelhető, hiszen a földimogyoró estében a pörkölt típus szignifikánsan nagyobb resveratrol mennyiséget mutatott. Bár ezek az eredmények korlátozottan kezelhetők, hiszen minden fajtára és minden olajosmagra nem terjedtek ki vizsgálataink. Így tehát azt mondhatjuk, hogy érdekesebb a pörkölt formáit megvásárolni és felhasználni a földimogyoró estében, mint a pörköletleneket.

A resveratrol jelenléte a borban hosszú ideig - egyébként minden közvetlen bizonyíték nélkül - az egyik lehetséges magyarázata volt a francia paradoxonnak. A fitoalexin resveratrol (3,4',5-trihidroxisztilbén) fungicid hatású komponens, amely sztilbén-szintetáz enzim jelenlétében keletkezik patogén mikroorganizmusok hatására. Feltételezett szerteágazó terápiás hatása miatt a keleti gyógyászatban gyakran alkalmazzák anyagcsere-, valamint gyulladásos és szívbetegségek ellen egyaránt (91). A resveratrol in vitro gátolta a tromboxán B2 keletkezését patkányok leukocitáiban, valamint csökkentette a lipidek szintézisét, és a protein tirozinkináz aktivitását. In vitro körülmények között gátolta a Cu^{2+} -ionok által katalizált LDL oxidációt is (152). Humán vizsgálatokban igazolták, hogy a tiszta resveratrol önmagában és magas polifenoltartalmú borhoz adagolva csökkentette a trombocita aggregációt (153). Ugyanakkor úgy tűnik, ez az anyag kevésbé hatásos antioxidáns, mint a katechin és a kvercetin (17). A resveratrol a vörösbor összes fenolos komponenseinek mintegy 0,1%-át teszi ki, fehérborokban alig mutatható ki. Ugyanezen arányszám a mustármag esetében is hasonló mennyiséget mutat. Az ischémiás szívbetegségek kockázatának csökkentésében a bor-eredetű fenolos komponensek kedvező hatása antitrombotikus mechanizmusokon keresztül is érvényre juthat. Kettő és négy hónapig tartó étrendi vörösbor-kiegészítés gátolta a trombocitaaggregációt patkányokban, szemben a többi alkoholos itallal, melyek hatástalanok voltak. A bor megvonása után nem kezdődött meg a trombociták agregációja, amely jelenség embereknél összefüggésbe hozható a hirtelen halállal és a miokardiális infarkttal (154). Feltételezhető, hogy a reaggregációs effektus hiánya a vörösbor eredetű fenoloknak köszönhető, és az alkoholfogyasztás következtében fokozódó lipidperoxidáció is mérséklődik (90). A bor fenolos vegyületei gátolták a trombociták és makrofágok ciklooxygenáz és lipoxigenáz aktivitását és így lassították a trombotikus folyamatokat (155). Mivel tudjuk, hogy a

vörösborban az etilalkohol is jelen van, így kontraindikálttá teszi minden olyan megbetegedés estében a vörösbor fogyasztását, ahol az etilalkohol és az alkalmazott gyógyszer között gyógyszer-táplálék interakció alakulhat ki. Vannak továbbá olyan megbetegedések is, melyben a betegség lefolyásában, súlyosbodásában az etilalkoholnak szerepe lehet. Ezen megbetegedések estében nem alkalmazható a vörösbor, mint prevenciós eszköz, ehelyett azonban javasolható az olajos magvak fogyasztása, melyen keresztül megfelelő mennyiségű antioxidáns vegyület kerülhet a szervezetbe. A vörösborból naponta 2 dl fogyasztásával kerül megfelelő mennyiségű resveratrol a szervezetbe. Az olajos magvakból naponta 200-300 g mennyiséget kellene elfogyasztani, amelynek korlátot magas energia tartalma és telítő értéke szab gátat, illetve egyes estekben allergén fehérje tartalma.

Bao és munkatársai 2013 novemberében publikált vizsgálatából kiderül, hogy az olajos magvaknak a cardiovascularis megbetegedések, a 2. típusú cukorbetegségek, daganatos megbetegedések és légzőszervi megbetegedések szempontjából preventív szerepe van. Vizsgálataik során megállapították, hogy a napi 30g mennyiségben fogyasztott olajos magvak 20%-kal csökkentik a szív és érrendszeri, daganatos megbetegedésekből eredő halálozások kockázatát. Ezt elsősorban antioxidáns vegyületek jelenlétével, a kedvező zsírsav összetételükkel és magas rost, vitamin és ásványi anyag tartalmukkal magyarázzák. A vizsgálatban megállapítják továbbá, hogy félelmeink alaptalanok az elhízás kialakulásának tekintetében, hiszen a tanulmányban nem találtak összefüggést 30g/nap mennyiségben történő olajosmag fogyasztás és az elhízás kialakulása között.(172)

Singh és munkatársai (2004) különböző fűszernövények fenolsav-tartalmát HPLC módszerrel vizsgálva megállapították, hogy a fehér mustárban 7 különböző fenolsav azonosítható, melyek a tannin sav, galluszsav, kávéssav, fahéjsav, klorogénsav, ferulasav és vanillinsav (156). Veligluo és munkatársai (1998) 28féle zöldség, gyümölcs és gabonanövény polifenol vegyületeit és antioxidáns tulajdonságait vizsgálták (157), megállapítva, hogy a vizsgált növényi anyagok esetében az összes polifenol tartalom és az antioxidáns aktivitás között szignifikáns, pozitív korreláció mutatható ki. Li és munkatársai (2008) a DPPH szabadgyökfogó aktivitás és az összes polifenol tartalom között állapítottak meg szignifikáns, pozitív korrelációt barna mustár (*Brassica juncea*) esetében (158). A mustármag fenolvegyületei erős antioxidáns- és szabadgyökfogó aktivitásuk miatt védőfaktornak tekinthetők a szív-

és érrendszeri, valamint egyes daganatos betegségek megelőzésében (159, 166), így a mustármag fogyasztásbetegség megelőző, egészségmegőrző hatású lehet.

A mindennapi gyakorlatban tehát azt kell tudatosítanunk, hogy nemcsak a mustármagnak, hanem általában az olajos magvak mérsékelt fogyasztásának is szerepe lehet a betegségek megelőzésében.

A vizsgálataink megerősítették, hogy a mustármag beltartalmi értéke alapján igen értékes élelmiszer-alapanyag. Számottevő különbséget a termesztett és a vadon termő növény fajok, illetve az irodalmi adatok között nem tudtunk kimutatni. Az egyes mustármagok tápanyagtartalma között is csak kismértékű eltéréseket találtunk a fehérje, valamint a zsírtartalmak tekintetében, melyek háttérben feltételezéseink szerint a termesztési technológiák különbségei állhatnak (ezt azonban jelen kutatásunk során nem vizsgáltuk). A különböző mustárfajták víztartalma között elenyésző különbségeket találtunk, a legmagasabb víztartalommal a külföldről származó fehér mustármag rendelkezett, míg a legalacsonyabb értékeket a mohácsi bio fehér mustármag esetén mértünk. Minden minta azonos évben, közel azonos időjárási körülmények között termett, ezért az időjárási viszonyok és a csapadék mennyisége nem befolyásolta a kapott eredményeket. A mustárfajták szárazanyag tartalomra vonatkoztatott fehérjetartalma 27,2 – 38,17g/100g között változott. A fehérjetartalmak nagyobb különbségeket mutattak, a legmagasabb értékkel a külföldről származó fehér mustármag bírt, legalacsonyabbat pedig a vadon termő fekete mustármagnál igazoltunk. A vadon termő fekete mustár, valamint a termesztett fekete mustárok fehérje értékeit összevetve azt láttuk, hogy magasabb értéket mértünk a termesztett fajtáknál. Az eredményeket irodalmi adatokkal is összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a fehér mustármag illetőleg a fekete mustármag fehérje-tartalma közel azonos. A különböző mustármag-fajták aminosavban gazdagok, esszenciális aminosavakat is tartalmaznak, csak a triptofán és az izoleucin hiányzik belőlük. A négy mustárfajta esszenciális aminosav tartalma az összes aminosav-tartalom 31%-a. A vizsgált mustárfehérjék aminosav összetétele lényegesen nem különbözött egymástól, különbséget csak a glutaminsav-tartalom alapján találtunk. A vad fekete mustármagban nagyobb arányban volt jelen a glutaminsav, mint a többi mintában. Mindazonáltal csak kevés szakirodalmi adattal áll módunkban eredményeinket összevetni, hiszen a mustárfehérje nem lényeges táplálkozási tényező. A mustárfehérje albumin és globulin frakcióit Marcone és

munkatársai 1997-ben vizsgálták. Eredményeik szerint a mustár globulin két különböző molekulatömegű frakcióból áll, melyek aránya 1:1, és fontos meghatározója a fehérje oldhatóságának és a mustárfehérje kolloidkémiai tulajdonságának. E kutatás igazolta, hogy a globulin frakció 7-7 fehérje alegységből épül fel, az alegységek molekulatömege és aminosav összetétele azonban nem mutatott lényeges különbséget vizsgálataikban (160). Ezen eredményekkel párhuzamosan kutatócsoportunk vizsgálata sem talált lényeges különbséget a mustármag globulin-frakciójának aminosav- és fehérje összetételében, az egyes frakciók molekulatömege alapján.

A mustárra jellemző ízét és aromáját a glukozinolát vegyületek bomlástermékei okozzák, melyek a sejt feltárása után az endogén mirozináz enzim hatására keletkeznek. Ezek fajtára jellemzőek a prekursorok. A mirozináz enzim a keresztesvirágú növények családjára jellemző mirozin sejtekben, az endoplazmatikus retikulumban és a mitokondriumban mutatható ki, a glukozinolát vegyületeket a sejtek vacuolumaiban találjuk. A mirozináz enzim és a glukozinolát vegyületek fontos szerepet játszanak a növényi kártevőkkel és mechanikai sérülésekkel szemben. A fő glukozinolát vegyülete a fehér mustárnak a sinalbin, a fekete mustárnak pedig a glukonapin.

Fehérjevizsgálatunk eredményei alapján elmondhatjuk, hogy olyan fehérjéket sikerült kimutatnunk a mustárból, melyek alátámasztják ezen olajosmag-fajta eddig ismert és feltételezett kedvező hatásait. Vizsgálatunk során kimutattunk a magban bontó enzimeket, enzim inhibitorokat és struktúr fehérjéket. A proteáz inhibitor fehérjék az olajos magvak közül a tökmagban is megtalálhatók. A mustármag estében a kutatás során vizsgált összes mintából ki tudtuk mutatni ezt az inhibitor fehérjét, valamint a flavonoidok szintézisében részt vevő fehérjéket, melyekhez hozzávehetőek a szakirodalom által igazolt ismeretek a mustár fenolvegyület-tartalmát illetően. A munkánk során általunk is azonosított RanBP1-es fehérjét, mely a fenolvegyületek szintéziséért felelős a növény szervezetében a Földközi-tenger partvidékén élő, a lóheréhez hasonló hüvelyes növényből azonosították. A RanBP1 fehérjét Nevin és munkatársai mutatták ki ebből a növényből (161). A mustárban az olajosmagra jellemző fenol vegyületeket Dabrowski és Sosulski 1984-ben vizsgálták. Vizsgálataik során megállapították, hogy a mustár fenolsavban, fahéjsavban, p-hydroxibenzoelsavban, és trans-sinapinsavban gazdag, ami magyarázható ennek a fehérjének a jelenlétével. A növényi fenolvegyületek aromás másodlagos

metabolitok, melyek a fenilalaninból, ritkább esetben a triptofánból keletkeznek. A polifenolok közé sorolhatók az egyszerű fenolok, fenolsavak, flavonoidok, antocianinok, stilbének, tanninok, lignánok és ligninek, valamint ezek származékai és polimerizált vegyületei. (162) E vegyületek biológiai aktivitást mutatnak, antioxidáns tulajdonságúak, meghatározzák egyes gyógynövények gyógyhatását, emellett szerepet játszanak a növények ízének alakításában, de egyéb, eddig csak részben vagy egyáltalán nem ismert funkciójuk is van: az adott növény családra vagy fajra jellemző tulajdonságokat alakítanak ki (163, 170). Az olajos magvú növényekben, melyek Shahidi (162) szerint a növényi antioxidánsok fő forrását képezik, a fenolvegyületek részben szabad állapotban, részben kötött formában mutathatók ki. Az olajos magvakra jellemző fő fenol vegyületek közül a fenolsavak fordulnak elő jellemzően a fehér mustár magjában (139). Manach és munkatársai (2004) szerint a fenolsavak csoportja két alcsoportra osztható: a benzoesav és a fahéjsav származékaira (164). Dabrowski és Sosulski munkája alapján 100 g fehér mustármagliszt 1020 mg fenolvegyületet tartalmaz, amelynek 68%-a transz-szinapinsav, és mintegy 26,5%-a p-hidroxibenzoesav. Eredményeik szerint e két, nagy mennyiségben megtalálható fenolvegyület oldható észter alakjában mutatható ki.

A glukánok szintézisét szabályozó fehérjét, azaz a glukán szintetázt szintén sikerült mintáinkban kimutatni, a β -glukán emberi szervezetre gyakorolt jótékony hatása pedig régóta ismert. A β -glukán az egyik legjobban kutatott rostfajta, mely vízben oldódó rost, hatással van a szervezetben a koleszterin kiürítésére és a szérum koleszterinszint szabályozására (165).

A zab jelentős β -glukán tartalommal bír, emiatt a táplálkozásunkban is egyre nagyobb szerepet kap, főként a zabkorpa, mivel ezen vegyület elsősorban a héjban található. Munkánk során kutatócsoportunk a teljes magot elemezte, de vizsgálataink nem terjedtek ki az egyes fehérjék előfordulási helyeinek feltérképezésére, így csak feltételezni tudjuk, hogy a mustármagban is főleg a maghéj tartalmazza ezen vegyületeket. A glukánnak nagy szerepe van a mustár kedvező rheológiai tulajdonságainak kialakításában, hiszen a nyálkaanyag (mucilágó) 1,4 β -D-glukánból és pektinből épül fel. A mustár nyálkaanyaga lineális hidrokolloid, íze és kémiai tulajdonsága hasonló az élelmiszeriparban használt egyéb hidrokolloidokhoz (guar, carragén és traganth) tudjuk meg Balke és munkatársainak vizsgálatából.

Emellett transzport fehérjét és ásványi anyagokat kötő fehérjét is azonosítottunk mintáinkban, ami a mustár esetében a jelentős ásványianyag-tartalommal hozható összefüggésbe.

A serpin-6 prekursor fehérjét Anderson és munkatársai azonosították más növényi szervezetekben.(166). Ennek a fehérjének szerepe lehet tehát abban, hogy az emberi szervezetben magas fehérje-tartalmú táplálékkal együtt elfogyasztva annak emészthetőségét befolyásolja, puffadás alakulhat ki hatására a bélben, ami a fehérjerothadás következménye.

Mindezekén túl mintáinkban kimutattuk a glikozinolátok átalakításában részt vevő mirozináz enzimet is, irodalmi adatok pedig igazolják, hogy a glukozinolátok bomlástermékei jelentős antikarcinogén hatással bírnak, valamint fontos szerepük van a növény védekező funkcióiban, és baktericid hatásában.

A steroleosin fehérjét a repcében mutatták ki Li-Jen és munkatársai, és az olajos magvak mindegyikében feltételezik jelenlétét. Mi vizsgálataink során bizonyítani tudjuk jelenlétét az olajos magvak közül a mustármagban. Ugyanennek a fehérjének a szerepét azonosították a lipopolyszaharidok képződésében is (167).

Mpv5 fehérje szupresszor POP2 gén mutációja, amit szintén sikerült mintáinkból kimutatni. E fehérjét eddig egyéb keresztesvirágúak családjába tartozó növényekben azonosították Coglievina és munkatársai (168). Mivel a mustár is ennek a családnak a tagja, így egyértelmű, hogy a mustárban is megtalálható ez a fehérje. A mustár anticarcinogén hatása nem csupán ennek a fehérjének köszönhető, hanem a glukozinolát vegyületek bomlástermékeinek is. Antikarcinogén hatásukat kifejtetik gátló anyagként, mert a mutagén anyag felvétele után gátolják a karcinogének létrejöttét. Blokkoló szerekként csökkentik a karcinogén vegyületek metabolikus aktivitását, emellett modulálják az I. (citokróm P450) és II. (kinonreduktáz, glutation-transzferáz,) típusú metabolizáló enzimek expresszióját. Továbbá szupresszálo szerekként az iniciált sejtek malignus transzformációját akadályozzák meg, és a neoplasztikus sejtek esetén apoptózist indukálhatnak.

A mustár IgE mediált allergiás reakciót vált ki az arra érzékeny egyéneknél, mely olyan súlyos tüneteket is okozhat, mint például az anafilaxiás sokk. A mustár allergia az összes allergia 3-6%-ért felelős. Az allergén aktivitással rendelkező fehérjét vizsgálva megállapították, hogy a mustár által okozott allergiás tünetek a 2S albumin családba tartozó fehérjékre jellemzőek, *Sin a 1*-nek nevezik őket. A mustár allergén profiljának kutatása során Palomares és munkatársai (2005) egy 51 kDa tömegű 11S

globulin tartalékfehérjét izoláltak, melyet a mustár újabb fő allergénjeként azonosítottak és *Sin a 2*-nek nevezték el (169). A mustár allergén fehérjéinek vizsgálata során megállapították, hogy az anafilaxiás sokk kialakulásáért a *Sin a 1* fehérje felelős, a *Sin a 2* fehérje estében sokkal enyhébb, elsősorban bőr- és asthamikus tünetek kialakulásáról számolnak be az irodalmak.

Ezt a *Sin a 2* fehérjét kutatócsoportunknak is sikerült minden mustármintából kimutatnunk. A *Sin a 1* fehérjét azonban mintáinkban nem tudtuk beazonosítani, ez egyrészt utalhat a módszer hibájára is, de jelezheti azt is, hogy nem minden mustárfajta rendelkezik ezen fehérjével.

A lipid vizsgálat eredményei alapján elmondhatjuk, hogy a legmagasabb értékkel a vad fekete mustármag rendelkezik, a legalacsonyabbal pedig a biotermesztésű fehérmustármag bír, a másik két érték között különbség alig található. Irodalmi adatokkal összevetve a két középérték is kissé alacsonyabbnak bizonyult, mivel az ismert irodalmi adatok (pl. Katepa-Mupondva, 2005) a mustármag 28,7%-os olajtartalmát írják le (170). A fekete és fehér mustármagokat összevetve elmondhatjuk, hogy a fekete mustármag magasabb zsírtartalommal rendelkezik, a bio és a hagyományos termesztéstechnológia pedig nem ad számottevő különbséget a zsírtartalom tekintetében. Mindazonáltal az eredmények alapján azt megállapíthatjuk, hogy a hagyományos termesztéstechnológiával termesztett mustármagban kissé nagyobb a zsírtartalom, mint a bio mustármagban.

A különböző mustárfajtákból kivont olajban legnagyobb mennyiségben kimutatható és táplálkozási szempontból legfontosabb négy zsírsav az olajsav, linolsav, linolénsav és erukasav. A mustármag tehát az esszenciális zsírsavak forrásának is tekinthető. A telített zsírsavak mennyisége elenyésző, mintáink mindössze palmitinsavat és sztearinsavat tartalmaztak. A mustárfajták linolsav, valamint linolénsav tartalma az összes olajtartalom 9,16–10, 20%-a, illetve 8,93 – 9,14%-a. A mustárfajták olajtartalmának 25,97–26, 45%-a olajsav, az erukasav aránya pedig 31,16– 2,98% között változik. Az erukasavat növénynemesítéssel csökkenteni lehet, ilyen mustármag-fajták hazánk köztermelésében is megtalálhatók. A mustármag táplálkozásbiológiai jelentősége éppen zsírsav és aminosav összetétele miatt jelentős – jelen munkában bemutatott kutatás szerint a fekete fajta a fehér mustármagnál több zsírt tartalmazott. Ez utóbbi fajta különböző egyedeit összevetve azt tapasztaltuk, hogy a külföldről származó fehér mustármag valamivel több vizet tartalmaz, mint a

mohácsi bio termesztésű fehér mustármag. A külföldi növénynél mértük a legmagasabb fehérjetartalmat, átlagos zsírtartalom mellett. A két fehér mustármag-minta közül, a külföldről származó tartalmazta a kisebb mennyiségű szénhidrátot. A vadon termő fekete mustármag víztartalma átlagos, azaz az irodalmi értékekkel megegyező, fehérje- és zsírtartalma az irodalmi értékekhez viszonyítva alacsonyabb. Eredményeink alapján elmondható, hogy a nagyobb fehérjetartalmú mustárfajták olajtartalma egy eset kivételével alacsonyabb volt. A fehérje- és olajtartalom között matematikailag leírható, 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns, negatív korreláció állapítható meg. Mindezzel összecseng, hogy széleskörű irodalmi adatok szerint számos növény esetén mutatható ki negatív korreláció a fehérjetartalom és az olajtartalom között, többek között Wilcox (1998) a szója estében állapított meg hasonló összefüggést. A vadon termő minta szénhidrát tartalma a többi fekete mustármag-mintához hasonlóan átlagos, kissé magasabb, mint az irodalmi adatokban feltüntetett értékek. A mustármagnyalka a maghéj súlyának mintegy 25%-a, a maghéj az apró magvakra jellemzően a mag súlyának kb. 20%-a. A repce és a canola magjának felületén található mucilágó mennyiségéhez viszonyítva a mustármag nyálkaanyag-tartalma magas. A fehér mustár magvaira száradt nyálkaanyag vízzel eltávolítható, és a kinyerhető mennyiség a mag tömegének 5%-a. Ez a mennyiség kiemelkedően magas a barna mustár valamint a fekete mustár magvainak 1%-os nyálkaanyag tartalmához képest (137). A komplex poliszacharid 14% feletti mennyiségben tartalmazza a főbb alkotóelemeket, melyek glükóz, galaktóz és uronsavak. Az uronsavak közül a galakturonsav fordul elő a legnagyobb mennyiségben. A mannóz, a ramnóz, az arabinóz és a xilóz 6% alatti mennyiségben található meg a poliszacharid tartalomban (LIU és ESKIN, 1995, 137). CUI és munkatársai (1993a) vizsgálatai szerint a fehér mustár nyálkaanyaga stabilizáló és szerkezetjavító hatása az olaj-víz rendszert tartalmazó élelmiszerek, például saláta dresszingek vagy a majonéz viszkozitását nagymértékben növeli, felhasználásával egységes, stabil termék készíthető. A kiváló gélképző és vízkötő képességgel rendelkező mustármaghéj kedvezőbbé teszi a húskészítmények külső megjelenését és a termékek szeletelhetőségét is. A mustármag nyálkaanyaga táplálkozástudományi szempontból is értékes, mivel olyan komplex cukrok egyedülálló forrása (prebiotikum), amelyek elősegítik a tápcsatornában élő probiotikus baktériumok növekedését, ezáltal bizonyítottan csökkentik a vastagbél rákos megbetegedéseinek kialakulását (171).

Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy számottevő különbségek nincsenek az egyes termesztett minták között, ezen kívül csak elenyésző különbségeket találtunk a fehér illetőleg a fekete mustármag beltartalmi értékei között.

Mindazonáltal a mustármag a B-vitamin különböző típusait is jelentős mértékben tartalmazza: 100 g-ban magban megtalálható a B₁-vitamin 0,543 mg mennyiségben (mely a felnőtt szervezet számára szükséges napi irányadó beviteli dózis – INBÉ – 42%-a), a B₃-vitamin 7,89 mg mennyiségben (INBÉ: 53%)-a, a B₆ vitamin 0,43 mg mennyiségben (INBÉ: 33%), ezen kívül folsav 76µg mennyiségben (INBÉ: 19%). Továbbá a mustármag az ásványi anyagok közül jelentős mennyiségben tartalmaz kalciumot (521 mg), ezen kívül vasat (9,98 mg) – ez utóbbi volumen segítségével a szervezet vasszükségletének 80% fedezhető lenne, ugyanakkor szintén irodalmi adatok igazolják, hogy ennek csak a töredéke képes felszívódni. Magnéziumból 298 mg található 100 g mustármagban, foszforból 841 mg, így tehát megállapítható, hogy a kalcium-foszfor arány a mustárban nem jó, így a csontritkulás esetén nem alkalmas a kalcium pótlására. A kálium-tartalom 100 gr-ra vetítve 682 mg, emellett kiemelendő még az 5,7 mg-os cink-tartalom is.

A vitamin- és ásványianyag-tartalma folytán a mustármagnak számos betegség megelőzésében szerepe lehet, ezt számos korábbi vizsgálat alátámasztja (138). A mustármagfajták mikrobiológiai tisztasága még vadon termő formában is megfelelő, amely bizonyított bactericid és fungicid hatásaiknak köszönhető. A mustármag szervezetünkre nézve veszélyt nem jelent, hiszen enteropatogén mikroorganizmusokat nem tartalmaz. A vírusok, baktériumok és gombák ellen hatékony gyógyszer-alapanyagok, szinte kivétel nélkül, legalábbis többségükben, valamilyen növényi forrásból izolált, azonosított kémiai anyagok. A fertőző ágensekkel szembeni küzdelemben mindig újabb és újabb izolált, azonosított anyagra van szükség, mivel a mikroorganizmusok rendkívüli adaptálódó képességekkel rendelkeznek, így szinte valamennyi jelenleg ismert, bevitt hatóanyaggal szemben már megjelentek rezisztens élőlények. Az új hatóanyagok kutatása során az egyik lehetséges út a több évszázados népi megfigyeléséből kiindulva kísérletet tenni.

Kutatásunk eredményei alapján mindezeket túl megállapíthatjuk, hogy a mustár a vizsgált mikroorganizmusok nagy részére antibakteriális hatással volt, hiszen gátlási zónák alakultak ki véres agar táptalajon. Ezen antibakteriális hatást érdemes lenne tovább kutatni és más mikroorganizmusokra nézve is megvizsgálni. A vad mustármag hatását fontos kiemelni, hiszen két baktérium esetében is nagyobb gátlási

zónát figyelhettünk meg. Kérdésként fogalmazódhat meg bennünk, hogy vajon mivel magyarázható, hogy a vad növényenél nagyobb gátlási zóna alakult ki? Feltételezésünk szerint ebben a mirozináz enzim nagyobb mennyisége játszhat szerepet, alátámasztva a mustármag szélesebb körű felhasználásának lehetőségét.

A mustármag tulajdonságainak számbavétele során kiemelendő továbbá, hogy illóolaj-tartalma magas, kutatásunk során minden esetben az irodalmi adatoknál nagyobb mennyiséget mutattunk ki. A magok illóolaj-komponensei az emberi szervezetben olyan folyamatokat indukálnak, melyek már korábbi vizsgálatok által is bizonyított módon jótékony hatásúak egyes betegségek megelőzésében és kezelésében. Az illóolaj-komponensek alátámasztják a mustár komplementer medicinában való alkalmazását, hiszen a gyulladáscsökkentő és nyákoldó komponenseket mintáinkból kimutattuk. Emellett sikerült az emésztést segítő, hashajtóhatású illóolaj-komponenseket is identifikálnunk mintáinkból. Kiemelendő, hogy az emberi szervezet számára a mustármag bevitele veszélyt nem jelent, hiszen káros anyagokat nem tartalmaz, de meg kell jegyeznünk, hogy allergén anyag.

A mustármagot hazánkban döntő részben ételízesítőként használják, alkalmazása mind a humán táplálkozásban, mind az állati takarmányozásban indokolt, mivel természetes forrása a kedvező aminosav-összetételű fehérjének, és a biológiailag aktív vegyületeknek. Nagy energia-tartalma a fajtától függő 25-26% olaj-tartalommal hozható összefüggésbe. Adalékanyagként történő alkalmazásakor előnyös kolloid-kémiai tulajdonságai (emulgeáló tulajdonságok, víz- és zsírkötő képesség) is érvényesülhetnek a termékben.

A mustármag az olajos magvú növényekhez hasonlóan fenolvegyületekben gazdag, melyek erős antioxidáns- és szabadgyökfogó aktivitásuk miatt védőfaktornak tekinthetők a szív- és érrendszeri, valamint egyes daganatos betegségek megelőzésében; emellett koleszterinmentes és gluténmentes, így a mustármag fogyasztása egészségmegőrző lehet.

Az előnyös kémiai összetétel ellenére a mustármag széleskörű felhasználását csípős íze, és olajának nagy erukasav tartalma akadályozza. Az erukasav rossz megítélés alá esik: vizsgálatok során az erukasav, illetve trigliceridjei a kísérleti állatoknál egyaránt károsították a szívizmot, a májat és a mellékvesét. Ennek ellenére biztató eredményeket értek el adrenoleukodystrophia kezdeti szakaszában. A betegeknek olyan diétát írnak elő, melyben a napi kalória bevitel mindössze 20%-át képezik a

szokott zsiradékok, ehhez adják hozzá az erukasav trigliceridjeit úgy, hogy az a napi kalória bevitel további 20%-át képezze. A kezelt betegeknél az erukasav trigliceridjeinek kedvezőtlen hatását ez ideig nem észlelték (szövettani és biokémiai vizsgálatok szerint sem) (136).

A jó táplálkozás élettani megítélése alapján a mustármag kiterjedtebb élelmiszeripari és gyógyászati, valamint egyes irodalmi adatok szerint takarmányozási felhasználását is egyre szélesebb körben indokolja. További vizsgálatok elvégzését teszi szükségessé annak meghatározása, hogy milyen formában, milyen mennyiségben, és pontosan milyen esetekben lehet alkalmazni, ha gyógyászati célokra kívánjuk használni.

7 ÖSSZEFOGLALÁS

Az olajos magvak hazai felhasználása rendkívül széles körű: alkalmazzák pékáruk rosttartalmának növelésére, egyes fajtáit pedig nassolnivalóként fogyasztják natúr, sós és pörkölt formában. A mustármagot a háztartásokban ételízesítőként, a konzerviparban pedig fűszerként hasznosítják, speciális fajtáját, a fekete mustármagot a gyógyszeripar alapanyagként dolgozza fel. Ezen túlmenően alkalmazása mind az emberi táplálkozásban, mind az állati takarmányozásban indokolt lenne, mivel kedvező aminosav összetételű fehérjét tartalmaz, és forrása a biológiailag aktív vegyületeknek is. Ezen antioxidatív vegyületek védőfaktornak tekinthetők a szív- és érrendszeri, valamint egyes daganatos betegségek megelőzésében; így a mustármag és olajos magvak fogyasztása egészségmegőrző lehet. A mustármag egyetlen hátránya nagy erukasav-tartalma, amely nemesítéssel csökkenthető, ilyen fajta hazánkban is van a köztermesztésben.

Vizsgálatunk során célul tűztük ki az olajos magvak resveratrol-tartalmának meghatározását. A földimogyoró esetében pörkölt és a pörköltön fogyasztási forma egyaránt előfordul. Kíváncsiak voltunk arra, hogy hatással van-e a kimutatható resveratrol mennyiségére a feldolgozás során alkalmazott hőhatás. Céljaink között szerepelt annak megállapítása is, hogy más összetétellel rendelkezik-e egy bio termesztésből származó, mint a hagyományos technológiával termesztett mustármag, valamint a vadon termő mustármag tápanyagtartalma mennyiben tér el a termesztett társaitól. A mustármag tápanyagai közül vizsgáltuk a fehérje tartalmukat és fehérje-, valamint aminosav összetételüket, továbbá a zsír mennyiségét és zsírsav-összetételüket, a víz- és szénhidrát-tartalmukat. A mikrobiológiai vizsgálatok során az összes élő csíraszám meghatározása valamint mikrobiológiai biokémiai próbák során, a mustármagon található mikroorganizmusok azonosítása történt meg. Mivel irodalmi adatok a mustár baktericid és fungicid tulajdonságairól számolnak be, így vizsgálataink kiterjedtek a növény legismertebb kórokozókra gyakorolt hatásaira is. Szintén szakirodalom által leírt jellemző, hogy a mustármag gyógyhatása mögött annak illóolaj-tartalma és összetétele áll, ezért céljaink között szerepelt az illóolaj mennyiségének és összetételének meghatározása is. Mivel vizsgálataink egy-egy olajosmag termesztett fajtájának mintájából többszöri mintavételével történt, így nem reprezentatívak az olajos magokra nézve eredményeink. Általánosságban csak ajánlások megfogalmazására jogosítanak fel minket.

Kutatásaink alapján elmondhatjuk, hogy a vizsgált olajos magvak kiváló resveratrol-forrásoknak tekinthetők. Ha az eddig jó forrásnak tartott vörösborok resveretrol tartalmával hasonlítjuk össze, akkor elmondhatjuk, hogy a kutatásunkban vizsgált olajos magvak közül a legmagasabb resveratrol-tartalmú napraforgó a vörösborral, azon belül is a merlot és pinot noir fajtákkal azonos mennyiségben tartalmazza a jótékony vegyületet. Kissé alacsonyabb mennyiségekkel bír, de még mindig jó resveratrol-források a mandula, a pörkölt földimogyoró és a különböző mustármagfélések is. A mustár estében a fehér és fekete mustármag között a különbség nem szignifikáns, valamint a termesztési technológia sem befolyásolta a kimutatható resveretrol-mennyiséget. Azt is megállapíthatjuk, hogy pörkölési eljárással lehet a kimutatható resveratrol mennyiségét növelni, hiszen a földimogyoró estében a pörkölt típus szignifikánsan nagyobb resveratrol mennyiséget tartalmazott. Az eredményeink megerősítették, hogy a mustármag beltartalmi értéke alapján igen értékes élelmiszer-alapanyag. Több tekintetben is előfordult, hogy számottevő különbséget a termesztett és a vadon termő növényfajok között nem tudtunk kimutatni. A mustárfajták szárazanyag tartalomra vonatkoztatott fehérjetartalma 27,2-38,17g/100g között változott. A különböző mustármag-fajták aminosavakban gazdagok, esszenciális aminosavakat is tartalmaznak, csak a triptofán és az izoleucin hiányzik belőlük. A négy mustárfajta esszenciális aminosav tartalma az összes aminosav-tartalom 31%-a. A vizsgált mustárfehérjék aminosav-összetétele lényegesen nem különbözött egymástól, különbséget csak a glutaminsav-tartalom alapján találtunk: a vad fekete mustármagban a többi mintánál nagyobb arányban volt jelen a glutaminsav.

Fehérje-vizsgálatunkkal olyan fehérjéket sikerült kimutatnunk a mustármagból, melyek alátámasztják a növény eddig ismert és feltételezett kedvező hatásait. Találtunk benne bontó enzimeket, enzim inhibitorokat és struktúr fehérjéket, továbbá a flavonoidok szintézisében részt vevő fehérjéket is. A glukán szintetáz szintén sikerült mintáinkból kimutatni, a β -glukán jótékony hatása pedig az emberi szervezetben szintén ismert. A β -glukánnak nem csak szervezetünkben van szerepe, hanem az élelmiszeriparban is jelentős hidrokolloidként tartják számon. A transzport fehérjéket és ásványi anyagokat megkötő fehérjéket is találtunk mintáinkban, ami a mustár esetében a jelentős ásványianyag-tartalommal hozható összefüggésbe. Továbbá a mirozináz enzimet is ki tudtuk mutatni, melynek a glikozinolátok átalakításában van szerepe – szakirodalmi adatok igazolják ez utóbbi anyag

antikarcinogén, ezáltal jótékony élettani hatását, emellett baktericid hatásával összefüggő növényvédő szerepét. Sikerült ezen kívül minden mintából az allergén *Sin a 2* fehérjét kimutatnunk, azonban az allergiás reakciókért elsősorban felelős *Sin a 1* fehérje a vizsgálati mintából nem volt kimutatható. A lipid vizsgálat eredményei alapján elmondhatjuk, hogy a fekete és fehér mustármagok közül a fekete mustármag magasabb zsírtartalommal rendelkezik. A bio és a hagyományos termesztéstechnológia pedig nem ad számottevő különbséget a zsírtartalom tekintetében. Eredményeink alapján azt is kijelenthetjük, hogy a nagyobb fehérjetartalmú mustárfajták olajtartalma egy eset kivételével kisebb volt. A fehérje- és olajtartalom között matematikailag leírható, 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns, negatív korreláció állapítható meg.

A különböző mustárfajták olajában legnagyobb mennyiségben kimutatható az olajsav, linolsav, linolénsav és erukasav. A mustármag emellett az esszenciális zsírsavak forrása is: a telített zsírsavak mennyisége elenyésző, palmitinsavat valamint sztearinsavat azonban tartalmaztak a minták.

A mustármagfajták mikrobiológiai tisztasága még vadon termő formában is megfelelő, amelyet bizonyított baktericid és fungicid hatásaiknak köszönhetünk. A mustármag bevitele szervezetünkre nézve veszélyt nem jelent hiszen enteropatogén mikroorganizmusokat nem tartalmaz. Kutatásunk alapján szintén megállapíthatjuk, hogy a vizsgált mikroorganizmusok nagy részére antibakteriális hatással volt a mustár, hiszen hatásukra gátlási zónák alakultak ki véres agar táptalajon.

A mustármag illóolaj-tartalma magas. Az illóolaj komponensek alá támasztják a mustár népgyógyászati alkalmazását, hiszen a gyulladáscsökkentő, nyákoldó komponenseket kimutattuk mintáinkból, ami a növény felsőlégti gyulladásos betegségek kezelésében való felhasználását támasztja alá. Emellett mintáinkból sikerült meghatároznunk az emésztést segítő, hashajtó hatású illóolaj-komponenseket is.

Eredményeink alapján azt megállapíthatjuk, hogy számottevő különbségek nincsenek a különböző módon termesztett típusokból származó minták között. Elenyésző különbségeket találtunk a fehér illetőleg a fekete mustármag beltartalmi értékei között. A hagyományos és a bio neveléssel termesztett mustármagok között is kicsi a különbség, a bio termesztés esetében nem találtunk jobb beltartalmi értékeket. A vadon termő mustármag illóolaj mennyiségében, a gátlási zóna nagyságában és a

resveratrol mennyiségének tekintetében jobb eredményeket találtunk vizsgálataink során.

Összességében tehát megállapíthatjuk, hogy a vizsgált mustármagok igen értékes élelmiszer- és táplálék-alapanyagok, függetlenül a mustármag típusától, hiszen a fehér és fekete mustármag, valamint a termesztési technológia alapján sem tudunk jelentős különbségeket kimutatni. Egyes irodalmi adatok alapján inkább a termesztésbe bevont mustármagfajták és a termesztés éve az, ami számottevően befolyásolja a mustármag beltartalmi értékeit. Az olajos magvak mindegyike szintén felhasználható az egészséges, preventív táplálkozás során, hiszen értékes biológiailag aktív összetevőket tartalmaznak. Természetesen a mértéktartó fogyasztásról ez esetben sem szabad megfeledkezni, hiszen az olajos magvakkal jelentős mennyiségű energiát viszünk be szervezetünkbe.

Az egészséges táplálkozásban tehát szerepet kell kapniuk az olajos magvaknak. A vizsgálataink eredményei alapján nagyobb mennyiséget (200-300g) kellene fogyasztanunk ezen olajos magokból, hogy kellő resveratrol kerüljön szervezetünkbe. Ez azonban kivitelezhetetlen. Továbbá feltételeznünk kell, hogy nem csak ezen növényekből kerül szervezetünkbe resveratrol. A táplálkozástudományi vizsgálatok ajánlásai alapján kiegyensúlyozott vegyes táplálkozás mellett napi 30-40g-nyi mennyiségben elég olajos magvakat fogyasztanunk. Ezt támasztja alá 2013 novemberében megjelent tanulmány is melyben az olajos magvak azon belül a diófélék pozitív egészségügyi hatásait elemezték. A vizsgálat során 30 éves nyomon követéssel elemzik az olajos magvak fogyasztási gyakoriságának összefüggését és a krónikus szív és érrendszeri megbetegedésből, valamint daganatos és 2. típusú cukorbetegségből és a légzőszervi megbetegedésekből eredő halálozások között. A vizsgálatban a szerzők megállapították, hogy 20%-kal csökkent a napi 30g diófélét fogyasztók körében ezen megbetegedések halálozási aránya. A vizsgálat során kizárták azokat zavaró tényezőket melyek az értékelhetőséget nehezítették, így a mediterrán étrend mellett az olajos magvak és diófélék fogyasztásának jelentőségére világítanak rá a szerzők.

(172) A vizsgálataink mintaszámának emelésével pontosabb képet kaphatunk az olajos magvak összetételét illetően. Céljaink között szerepel a pörkölt formában fogyasztható összes olajos magvak resveratrol mennyiségének meghatározása. A kivitelezhetőséget nehezíti azonban, hogy nehezen beszerezhetők a minták pörköletlen és pörkölt formában egyaránt fajtaazonosítás mellett. Későbbi

vizsgálatainkba be kívánjuk vonni azokat az olajos magvakat is, amelyek jelen vizsgálatainkból kimaradtak pl. szója, repce, szőlőmag.

8 ÚJ EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

1. A vizsgált vad fekete mustármag resveratrol-mennyisége $0,023 \pm 0,007$ mg/100g. A bio fekete mustármag resveratrol-mennyisége alacsonyabb, mindössze $0,017 \pm 0,0116$ mg/100g. A köztük tapasztalható különbség nem szignifikáns. A fehér és fekete mustármag összehasonlítása esetében sem számottevőek a különbségek a vizsgált mintáinkban.
2. Az ipari pörkölés hatására az földimogyoró magvakból kimutatható resveratrol-mennyisége növelhető.
3. A fehérje-tartalma a külföldről származó hagyományos termesztési technológiával előállított fehér mustárnak a legmagasabb, $38,17 \pm 2,34\%$. A legalacsonyabb fehérje-tartalmat a bio fehér mustármag esetében mértünk $27,20 \pm 2,16\%$ mintáinkból.
4. Az általunk vizsgálat vad fekete mustármag glutaminsavban gazdagabb ($21,2 \pm 0,78$ g/100g), mint a többi vizsgált mustármagféleség.
5. A mustármagokban melyet analizáltunk Ran BP1 domain-containing proteint mutattunk ki melynek a flavonoidok bioszintézisében van szerepe.
6. A mustárfélék melyeket vizsgálatainkba bevontunk serpin-6 prekursor fehérjét tartalmaznak, ami proteináz inhibitor fehérje.
7. A vizsgálatba bevont mustármagokban glukán syntetáz enzim található.
8. Az általunk vizsgálat mustárféleségeink steroleosint tartalmaznak, melynek a jelátviteli mechanizmusban, valamint a lipopolyszacharidok képzésében van szerepe.
9. A vizsgált mustármagokban többek között megtalálható a Mpt5 fehérje, ami a POP2 gén mutációja, anticarcinogén hatással rendelkezik.
10. Legmagasabb zsírtartalommal a vad fekete mustármag rendelkezik ($39,78 \pm 0,46\%$), a legalacsonyabb zsírtartalmat pedig a bio fehér mustármag ($20,5 \pm 0,79\%$) esetében mértünk mintáinkban.
11. A vizsgálatainkban a fekete mustármagnak magasabb a zsírtartalma, mint a fehér mustármagnak, a hagyományos termesztéstechnológia magasabb zsírtartalmat eredményez, mint a bio termesztés.

12. A vad fekete mustármag szignifikánsan több illóolajat tartalmaz, mint a vizsgálatba bevont többi minta.
13. Az általunk vizsgált mustármagőrlemények antimikrobiális hatással bírnak. A *Salmonella* és az *Escherichia coli* esetében erős bakteriosztatikus hatás tapasztalható. A legnagyobb gátlási zóna a vad fekete mustármag estében figyelhető meg.

9 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm Figler Mária professzor asszonynak a kutatómunkám során biztosított támogatásáért, a doktori értekezés elkészítése során nyújtott témavezetői segítségért, valamint őszinte ösztönzéséért.

Köszönöm Dr. Márk László egyetemi docensnek (PTE ÁOK Orvoscémiai és Biokémiai Intézet) a támogatását és ösztönzését, mellyel az értekezésem elkészítését segítette. Továbbá megköszönöm Jámbor Éva és Bóna Ágnes segítségét (PTE ÁOK Orvoscémiai és Biokémiai Intézet), akik méréseim elvégzésében és az eredmények értékelésében voltak segítségemre.

Köszönöm Dr. Szigeti Jenő egyetemi tanár úrnak (Nyugat-Magyarországi Egyetem) a mikrobiológia vizsgálatok elvégzésében nyújtott segítségét.

Továbbá megköszönöm a PTE ETK Táplálkozástudományi és Dietetikai Tanszék minden munkatársának, hogy ösztönöztek, bíztattak, támogattak az értekezlet elkészítése során.

A Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar minden olyan munkatársának köszönettel tartozom, aki tanácsaival és támogatásával hozzájárult értekezésem elkészítéséhez.

A legnagyobb hálával azonban családomnak, édesanyámnak, férjemnek és gyermekeimnek, Patriknak és Tamásnak, tartozom megértő türelmükért, feltétel nélküli szeretetükért.

10 IRODALOMJEGYZÉK

1. 1995. évi XC. törvény végrehajtása tárgyában kiadott 16/2000. (IV.6.) FVM-EüM-GM együttes rendelete
2. HERRMAN, K.: Flavonols and flavones in food plants: a review. *J. Food Technol.* 11. 433-448. 1976.
3. KÜHNAU, J.: The flavonoids: a class of semi-essential food components: Their role in human nutrition. *World Rev. Nutr. Diet.* 24. 117-120. 1976
4. MAYER-DAVIS, E. J., BELL, R. A., REBOUSSIN, B. A és mtsai: Antioxidant nutrients intake and diabetic retinopathy: the San Luis Valley Diabetes Study. *Ophthalmology*, 105. 2264-2270. 1998.
5. RUSZNYÁK, S., SZENT-GYÖRGYI, A.: Vitamin nature of flavones. *Nature*, 138. 798. 1936.
6. SINGLETON, V. L.: Flavonoids. In: *Advances in food research.* (Eds. Childester, C. O., Mrak, E. M., Stewart, G. F.) Vol. 27. pp. 149-242. New York, Academic Press, 1981.
7. BRAVO, L.: Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr. Rev.* 56. 317-333. 1998.
8. MCCLURE, J.: Physiology and functions of flavonoids. In: *The flavonoids* (Eds.: Harborne, J. B., Mabry, H.) London, Chapman & Hall Publ., 970-1055. 1975.
9. SIPES, G., GANDOLFI, A. J.: Biotransformation of toxicants. In: *Cassarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons.* (Eds: Klaassen, C. D., Amdur, M. D., Doull, J.), MacMillan, New York, p. 64. 1984.
10. HERTOOG, M. G. L., HOLLMAN, P. C. H., KATAN, M. B.: Content of potentially anticarcinogenic flavonoids in 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *J. Agric. Food Chem.* 40. 2379-2383. 1992.
11. LUGASI, A., HÓVÁRI, J.: Flavonoid aglycons in foods of plant origin I. Vegetables. *Acta Alim.* 29. 345-352. 2000.
12. RANGANNA, S., GOVINDARAJAN, V. S., RAMAN, K. V. R.: Citrus fruits. Part II. Chemistry, technology, and quality evaluation. *B. Technol. CRC Crit. Rev.* 19. 1-98. 1983.

-
13. TIMBERLAKE, C. F., HENRY, B. S.: Anthocyanins as natural food colorants. *Prog. Clin. Biol. Res.* 280. 107-212. 1988.
14. SAHU, R. K., BASU, R., SHARMA, A.: Genetic toxicological effect of some plant flavonoids by the micronucleus test. *Mutat. Res.* 89. 69-74. 1981.
15. PIERPOINT, W. S.: Flavonoids in the human diet. *Prog. Clin. Biol. Res.* 213. 125-140. 1986.
16. FRANKE, A. A., CUSTER, L. J., CERNA, C. M. és mtsa: Quantitation of phytoestrogens in legumes by HPLC. *J. Agric. Food Chem.* 42. 1905-1913. 1994
17. KÜHNAU, J.: The flavonoids: a class of semi-essential food components: Their role in human nutrition. *World Rev. Nutr. Diet.* 24. 117-120. 1976
18. HERTOOG, M. G. L., Kromhout, D., Aravanis, C. és mtsai: Flavonoid intake and long term risk of coronary heart disease and cancer in the Seven Countries Study. *Arch. Intern. Med.* 155. 381-386. 1995.
19. LETH, T., JUSTESEN, U.: Analysis of flavonoids in fruits, vegetables and beverages by HPLC-UV method and LC-MS and estimation of the total daily flavonoid intake in Denmark. In: *Polyphenols in food.* (Eds.: Amado, R., Andersson, H., Bardócz, S., Serra, F.) EU, pp. 39-40. 1998.
20. KUMPULAINEN, J. T., LEHTONEN, M., MATTILA, P.: Trolox equivalent antioxidant capacity of average flavonoids intake in Finland. In: *Natural antioxidants and anticarcinogens in nutrition, health and disease.* (Eds.: Kumpulainen, J. T., Salonen, J. T.), The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 141-150. 1999.
21. LUGASI, A., HÓVÁRI, J.: Flavonoid aglycons in foods of plant origin I. Vegetables. *Acta Alim.* 29. 345-352. 2000.
22. LUGASI A., HÓVÁRI J., BÍRÓ L.: Felmérés a növényi élelmiszerek flavonoid-tartalmáról és a lakosság egyes csoportjainak flavonoid-beviteléről. *TAD*, 5. 39. 2000.
23. MOLE, S., ROGLER, J. C., BULER, L. G.: Use of ¹⁵N-labeled protein to determine the effect of dietary tannin on the relative abundance of endogenous and dietary protein in feces. *Proc. Group Polyphenols XVth Int. Conf.* 1990.
24. MORRIS, G. S., HASTEN, D. L., HEGSTED, M. és mtsa: Chromium picolinate supplementation improves cardiac metabolism, but not myosin isoenzyme distribution in the diabetic heart. *J. Nutr. Biochem.*, 7. 617-622. 1996.

-
- 25.JAKOBEY, H., HABEGGER, R., FRITZ, D.: Gemüse als Arzneipflanze. Sekundäre Pflanzenstoffe im Gemüse mit Bedeutung für die menschliche Gesundheit. 2. Mitteilung: Gemüse aus der Familie der Brassicaceae und der Familie der Apiaceae. Ernährungs-Umschau. 35. 275-279. 1988.
- 26.MIDDLETON, E. J., DRZEWIECZKI, G.: Flavonoid inhibition of human basophil histamine release stimulated by various agents. Biochem. Pharmacol. 33. 3333-3338. 1984.
- 27.THOMPSON, M., WILLIAMS, C. R.: Stability of flavonoid complexes of copper (II) and flavonoid antioxidant activity. Anal. Chim. Acta, 1976. 375-381. 1976.
- 28 .DESPHANDE, S. S., SHALUNKHE, D. K.: Interactions of tannic acid and catechin with legume starches. J. Food Sci. 47. 2080-2081. 1982.
- 29.TEBIB, K., BESANCON, P., ROUANET, J. M.: Dietary grape seed tannins affect lipoproteins, lipoprotein lipases, and tissue lipids in rats fed hypercholesterolemic diets. J. Nutr. 124. 2451-2457. 1994b.
- 30.MURAMATSU, K., FUKUYU, M., HARA, Y.: Effect of green tea catechins on plasma cholesterol level in cholesterol-fed rats. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 32. 613-622. 1986.
- 31.YUTING, C., RONGLIANG, Z., ZHONGHAN, J., YONG, J.: Flavonoids as superoxide scavengers and antioxidants. Free Rad. Biol. Med. 9. 19-21. 1990.
- 32.LEBOVICS, V. K., ANTAL, M., GAÁL, Ö.: Enzymatic determination of cholesterol oxides. J. Sci. Agric. 71. 22-26. 1996.
- 33.BUENING, M. K., CHANG, R. L., HUANG, M-T. és mtsai: Activation and inhibition of benzo(a)pirene and aflatoxin B1 metabolism in human liver microsomes by naturally occurring flavonoids. Cancer Res. 41. 67-72. 1981.
- 34.COOK, J. D., REDDY, M. B., HURRELL, R. F.: The effect of red and white wines on non-heme iron absorptin in humans. Am. J. Clin. Nutr. 61. 800-804. 1995.
- 35.STAUB, M.: A húgysav jelentősége az antioxidáns védelemben. Orv. Hetilap, 140. 275-279. 1990.
- 36.HOLLMAN, P. C. H., DE VRIES, J. H. H., VAN DE LEEUWEN, S. D. és mtsai: Absorption of dietary quercetin glycosides and quercetin in healthy ileostomy volunteers. Am. J. Clin. Nutr. 62. 1276- 1282. 1995.

-
- 37.HOLLMAN, P. C. H.: Bioavailability of flavonoids. *Eur. J. Clin. Nutr.* 51. S66-69. 1997
- 38.BREINHOLT, V.: Desirable vs. harmful levels of intake of flavonoids and phenolic acids. In: *Natural antioxidants and anticarcinogens in nutrition, health and disease.* (Eds.: Kumpulainen, J. T., Salonen, J. T.), The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 93-105. 1999.
- 39.MANACH, C., MORAND, C., DEMIGNÉ, C. és mtsai: Bioavailability of rutin and quercetin in rats. *FEBS Letter*, 409. 12-6. 1997.
- 40.MANACH, C., MORAND, C., TEXIER, O. és mtsai: Quercetin metabolites in plasma of rats fed diets containing rutin and quercetin. *J. Nutr.* 125. 1911-1922. 1995.
- 41.MANACH, C., REGERAT, F., TEXIER, O. és mtsai: Bioavailability, metabolism and physiological impact of 4-oxo-flavonoids. *Nutr. Res.* 16. 517-544. 1996.
- 42.NIELSEN, S. E., BREIHOLT, V., JUSTESEN, U. és mtsai: In vitro biotransformation of flavonoids by rat liver microsomes. *Xenobiotica*, 28. 389-401. 1998.
- 43.MANACH, C., TEXIER, O., RÉGÉRAT, F. és mtsai: Dietary quercetin is recovered in rat plasma as conjugated derivatives of isorhamnetin and quercetin. *J. Nutr. Biochem.* 7. 375-380. 1996.
- 44.MOLE, S., ROGLER, J. C., BULER, L. G.: Use of ¹⁵N-labeled protein to determine the effect of dietary tannin on the relative abundance of endogenous and dietary protein in feces. *Proc. Group Polyphenols XVth Int. Conf.* 1990.
- 45.LIU, C. S., SONG, Y. S., ZHANG, K. J. és mtsai: Gas chromatographic/mass spectrophotometric profiling of luteolin and its metabolites in rat urine and bile. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 13. 1409-1414. 1995
- 46.BOUTIN, J. A., MEUNIER, F., LAMBERT P-H. és mtsai: In vivo and in vitro glucuronidation of the flavonoid diosmetin in rats. *Drug. Metab. Disp.* 21. 1157-1166. 1993.
- 47.SHAHIDI, F., WANASUNDARA, P. K.: Phenolic antioxidants. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 32. 67-103. 1992.
- 48.BORS, W., HELLER, W., MICHEL, C. és mtsa: Flavonoids as antioxidants: Determination of radical scavenging efficiencies. *Meth. Enzymol.* 186. 343-355. 1990

-
- 49.KANDASWAMI, C., MIDDLETON, E.: Free radical scavenging and antioxidant activity of plant flavonoids. *Adv. Exp. Med. Biol.* 366. 351-376. 1994.
- 50.THOMPSON, M., WILLIAMS, C. R.: Stability of flavonoid complexes of copper (II) and flavonoid antioxidant activity. *Anal. Chim. Acta*, 1976. 375-381. 1976.
- 51.MORA, A., PAYÁ, M., RÍOS, J. L. és mtsa: Structure-activity relationship of polymethoxyflavones and other flavonoids as inhibitors of non-enzymatic lipid peroxidation. *Biochem. Pharmacol.* 40. 793-797. 1990.
- 52.RICHARD, J. L.: Coronary risk factors. The French paradox. *Arch. Mal. Coeur. Vaiss.* 80. 17-21. 1987.
- 53.YUTING, C., RONGLIANG, Z., ZHONGHAN, J., YONG, J.: Flavonoids as superoxide scavengers and antioxidants. *Free Rad. Biol. Med.* 9. 19-21. 1990.
- 54.MALTERUD, K. E., OANH, D. H., SUND, R. B.: C-Methylated dihydrochalcones from *Myrica gale* L.: Effects as antioxidants and scavengers of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Pharmacol. Toxicol.* 78. 111-116. 1996.
- 55.COTEREAU, H., GABE, M., GÉRO, E. és mtsa: Influence of vitamin P (vitamin C2) upon the amount of ascorbic acid in the organs of guinea pig. *Nature*, 161. 557-558. 1948.
- 56.LAUGHTON, M. J., HALLIWELL, B., EVANS, P. J. és mtsa: Antioxidant and pro-oxidant actions of the plant phenolics quercetin, gossypol, and myricetin. Effects on lipid peroxidation, hydroxyl radical generation and bleomycin-dependent damage to DNA. *Biochem. Pharmacol.* 38. 2859-2865. 1989.
- 57.SEVANIAN, A., MCLEOD, L. L.: Catalytic properties and inhibition of hepatic cholesterol epoxide hydrolase. *J. Biol. Chem.* 261. 54. 1986.
- 58.WILLHITE, C. C.: Teratogenic potential of quercetin in the rat. *Food Chem. Toxicol.* 20. 75-79. 1982.
- 59.LINA, B. A. R., DREEF-VAN DER MEULEN, H. C., LEEGWATER, D. C.: Subchronic (13-week) oral toxicity of neohesperidin dihydrochalcone in rats. *Food Chem. Tox.* 28. 507-513. 1990.
- 60.AMES, B. N., MCCANN, J., YAMASAKI, E.: Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella*/mammalian microsome mutagenicity test. *Mutat. Res.* 31. 347-364. 1975.
- 61.BROWN, J. P., DIETRICH, P. S.: Mutagenicity of plant flavonols in the *Salmonella*/mammalian microsome test: activation of flavonol glycosides by mixed

glycosidases from rat cecal bacteria and other sources. *Mutat. Res.* 66. 223-240. 1979.

62.HARDIGREE. A. A., EPLER, J. L: Comparative mutagenesis of plant flavonoids in microbial system. *Mutat. Res.* 58. 231-239. 1978.

63.MACGREGOR, J. T., JURD, L.: Mutagenicity of plant flavonoids: structural requirements for mutagenic activity in *Salmonella typhimurium*. *Mutat. Res.* 54. 297-309. 1978.

64.MACGREGOR, J. T., WEHR, C. M., MANNERS, G. D. és mtsai: In vivo exposure to plant flavonols. Influence on frequencies of micronuclei in mouse erythrocytes and sister-chromatid exchange in rabbit lymphocytes. *Mutat. Res.* 124. 255-270. 1983.

65.MELTZ, M. L., MACGREGOR, J.T.: Activity of the plant flavanol quercetin on the mouse lymphoma L5178Y TK+/- mutation, DNA single-strand break, and Balb/c 3T3 chemical transformation assays. *Mutat. Res.* 88. 317-324. 1981.

66.POPP, R., SCHIMMER, O.: Induction of sister-chromatid exchanges (SCE), polyploidy, and micronuclei by plant flavonoids in human lymphocyte cultures. A comparative study of 19 flavonoids. *Mut. Res.* 246. 205-213. 1991.

67.MACDONALD, I. A., BUSSARD, R. G., HUTCHINSON, D. M. és mtsa: Rutin-induced beta-glucosidase activity in *Streptococcus faecium* VGH-1 and *Streptococcus* sp. strain FRP-17 isolated from human feces: formation of the mutagen, quercetin, from rutin. *Appl. Environm. Microbiol.* 47. 350-355. 1984.

68.MACDONALD, I. A., MADER, J. A., BUSSARD, R. G.: The role of rutin and quercitrin in stimulating flavonol glycosidase activity by cultured cell-free microbial preparations of human feces and saliva. *Mutat. Res.* 122. 95-102. 1983

69.CZECZOT, H., TUDEK, B., KUSZTELAK, J. és mtsai: Isolation and studies of the mutagenic activity in the Ames test of flavonoids naturally occurring in medicinal herbs. *Mutat. Res.* 240. 209-216. 1990.

70.CERIELLO, A.: Hyperglycaemia: the bridge between non-enzymatic glycation and oxidative stress in the pathogenesis of diabetic complications. *Diab. Nutr. Metab.* 12. 42-46. 1999.

71.SHARPE, P. C., MCGRATH, L. T., MCCLEAN, E. és mtsai: Effect of red wine consumption on lipoprotein(a) and other risk factors for atherosclerosis. *QJM*, 88. 101-108. 1995.

-
72. RAHMAN, A., FAZAL, F., GREENSILL, J. és mtsai: Strand scission in DNA induced by dietary flavonoids: role of Cu(I) and oxygen free radicals and biological consequences of scission. *Mol. Cell Biochem.* 111. 3-9. 1992.
73. FAZAL, F., RAHMAN, A., GREENSILL, J. és mtsai: Strand scission in DNA by quercetin and Cu(II): identification of free radical intermediates and biological consequences of scission. *Carcinogenesis*, 11. 2005-2008. 1990.
74. STICH, H. F., KARIM, J., KOROPATNICK, J. és mtsa: Mutagenic action of ascorbic acid. *Nature*, 260. 722-724. 1976.
75. HUANG M-T., FERRARO, T.: Phenolic compounds in food and cancer prevention. In: *Phenolic compounds in food and their effects on health II*. ACS Symposium Series. 507. (Eds.: Huang, M-T., Ho, C., Lee, C. Y.), New York, pp. 8-34. 1992.
76. PAMUKCU, A. M., YALCINER, S., HATCHER, J. és mtsa: Quercetin, a rat intestinal and bladder carcinogen present in bracken fern (*Pteridium aquilinum*). *Cancer Res.* 40. 3468-3472. 1980.
77. DUNNICK, J., HAILEY, J. R.: Toxicity and carcinogenicity studies of quercetin, a natural component of foods. *Fundam. Appl. Toxicol.* 19. 423-431. 1992.
78. SHIMOI, K., MASUDA, S., FURUGORI, és mtsai: Radioprotective effect of antioxidative flavonoids in Δ - ray irradiated mice. *Carcinogen.* 15. 2669-72. 1994.
79. EDWARDS, J. M., RAFFAUT, R. F., LEQUESNE, P. W.: Antineoplastic activity and cytotoxicity of flavones, isoflavones and flavanones. *J. Nat. Prod.* 42. 85-91. 1979.
80. WALL, M. E.: Antimutagenic agents from natural products. *J. Nat. Prod.* 55. 1561-1568. 1992.
81. KUNTZ, S., WENZEL, U., DANIEL, H.: Comparative analysis of the effects of flavonoids on proliferation, cytotoxicity and apoptosis in human colon cancer cell lines. *Eur. J. Nutr.* 38. 133-143. 1999.
82. DUTHIE, S. J., DOBSON, V. L.: Dietary flavonoids protect human colonocyte DNA from oxidative attack in vitro. *Eur. J. Nutr.* 38. 28-34. 1999
83. RENAUD, S. C., BESWICK, A. D., Fehily, A. M. és mtsai: Alcohol and platelet aggregation: The Caerphilly prospective heart disease study. *Am. J. Clin. Nutr.* 55. 1012-1017. 1992a.

-
84. ESTERBAUER, H., GEBICKI, J., PUHL, H. és mtsa: The role of lipid peroxidation and antioxidants in oxidative modification of low density lipoproteins. *Free Rad. Biol. Med.* 13. 341-390. 1992.
85. ESTERBAUER, H., WAEG, G., PUHL, H.: Lipid peroxidation and its role in atherosclerosis. *Br. Med. Bull.* 49. 566-576. 1993.
86. DE WHALLEY, C. V., RANKIN, S. M., HOULT, J. R. S. és mtsai: Flavonoids inhibit the oxidative modification of low density lipoproteins. *Biochem. Pharmacol.* 39. 1743-1749. 1990.
87. NÉGRE-SALVAYRE, A., AFFANY, A., HARITON, C. és mtsa: Additional antilipoperoxidant activities of alpha-tocopherol and ascorbic acid on membrane-like systems are potentiated by rutin. *Pharmacology*, 42. 262-265. 1991.
88. NÉGRE-SALVAYRE, A., SALVAYRE, R.: Quercetin prevents cytotoxicity of oxidised low density lipoproteins by macrophages. *Free Rad. Biol. Med.* 12. 101-106. 1992
89. NAEGELI, T., MATIS, P.: Die Bedeutung einiger Vitamine für die Behandlung der thromboembolie. *Int. Z. Vitaminforsch.* 27. 324-333. 1957
90. BERETZ, A. A., CAZENAVE, J. P., ANTON, R.: Inhibition of aggregation and secretion of human platelets by quercetin and other flavonoids: structure-activity relationships. *Agents Actions*, 12. 382-387. 1982.
91. KIMURA, Y., OKUDA, T., OKUDA, H.: Effects of flavonoids from licorice roots (*Glycyrrhiza inflata* Bat.) on arachidonic acid metabolism and aggregation in human platelets. *Phytother. Res.* 7. 341-347. 1993.
92. MCNICOL, A.: The effects of genistein on platelet function are due to thromboxane receptor antagonism rather than inhibition of tyrosine kinase. *Prostagl. Leukotr. Essent. Fatty Acids*. 48. 379-384. 1993.
93. ROBAK, J., GRYGLEWSKI, R. J.: Flavonoids are scavengers of superoxide anions. *Biochem. Pharmacol.*, 37. 837-841. 1988.
94. THIYAGARAJAH, P., KUTTAN, S. C., LIM, S. C. és mtsai: Effect of myricetin and other flavonoids on the liver plasma membrane Ca^{2+} pump kinetics and structure-function relationships. *Biochem. Pharmacol.* 41. 669-675. 1991.
95. MINISCALO, A., LUNDAHL, J., REGARDH C. G. és mtsai: Inhibition of dihydropyridine metabolism in rat and human liver microsomes by flavonoids found in grapefruit juice. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 261. 1195-99. 1992.

-
96. VERNET, A., SIESS, M. H.: Comparison of the effects of various flavonoids on ethoxy coumarin deethylase activity of rat intestinal and hepatic microsomes. *Food Chem. Tox.* 24. 857-861. 1986.
97. KATENGWA, S., POLLA, B. S.: Flavonoids, but not protein kinase C inhibitors, prevent stress protein synthesis during erythrophagocytosis. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 180. 308-314. 1991.
98. MOREL, I., LESCOAT, G., COGREL, P. és mtsai: Antioxidant and iron-chelating activities of the flavonoids catechin, quercetin, and diosmetin on iron-loaded rat hepatocyte culture. *Biochem. Pharmacol.* 45. 13-19. 1993.
99. HERTOOG, M. G. L., SWEETNAM, P. M., FEHILY, A. M. és mtsai: Antioxidant flavonols and ischemic heart disease in a Welsh population of men: the Caerphilly Study. *Am. J. Clin. Nutr.* 65. 1489- 1494. 1997.
100. KELI, S. O., HERTOOG, M. G. L., FESKENS, E. J. M. és mtsai: Dietary flavonoids, antioxidant vitamins, and incidence of stroke: the Zutphen study. *Arch. Int. Med.* 156. 637-642. 1996.
101. KNEKT, P., JÄRVINEN, R., REUNANEN, A. és mtsai: Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: a cohort study. *Br. Med. J.* 312. 478-481. 1996.
102. RICHARD, J. L.: Coronary risk factors. The French paradox. *Arch. Mal. Coeur. Vaiss.* 80. 17-21. 1987.
103. CRIQUI, M. H., RINGEL, B. L.: Does diet or alcohol explain the French paradox? *Lancet*, 344. 1719- 1723. 1994.
104. GROENBAECK, M., DEIS, A., SORENSEN, T. I. A. és mtsai: Mortality associated with moderate intakes of wine, beer or spirits. *Br. Med. J.* 310. 1165-1169. 1995.
105. KLATSKY, A. L., ARMSTRONG, M. A.: Alcoholic beverage choice and risk of coronary artery disease mortality. Do the red wine drinkers fare best? *Am. J. Cardiol.* 71. 467-469. 1993.
106. RENAUD, S. C., BESWICK, A. D., FEHILY, A. M. és mtsai: Alcohol and platelet aggregation: The Caerphilly prospective heart disease study. *Am. J. Clin. Nutr.* 55. 1012-1017. 1992a.
107. FEHÉR, J., VERECZKEI, A.: A szabadgyök-reakciók jelentősége az orvostudományban. Biotéka, Debrecen, 1985.

-
- 108.WEIDNER s., RYBARCZKYK, A., KARAMAÉ, M.,KRÓL, A., MOSREK, A., GREBOSZ J.& AMAROWICZ R.: Differences in the Phenolic Composition and Antioxidant Properties between *Vitis Coignetiae* and *Vitis vinifera* Seeds Extracts, *Molecules*, 18, 3410-3426. 2013
- 109.MAINER T. & ANDREAS A.(2003): Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seedoil production as a valuable source of phenolic antioxidants, *Food Chem.*, 89, 489-495. 2003
- 110.EPERJESI I., KÁLLAY M., MAGYAR I.: Borászat, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1998
- 111.WATKINS, T. R. (Ed): Wine. Nutritional and therapeutic benefits. ACS Symposium Series 661. Washington, 1997.
- 112.MARGAILL, I.,PLOTKINE M.& LEROUET D.: Antioxidant strategies in the treatment of stroke, *Free Radic. Biol. Med.*, 39, 429-443. 2005
- 113.ESTERBAUER, H., GEBICKI, J., PUHL, H. és mtsa: The role of lipid peroxidation and antioxidants in oxidative modification of low density lipoproteins. *Free Rad. Biol. Med.* 13. 341-390. 1992.
- 114.LAVY, A., FUHRMAN, B., MARKEL, A. és mtsai: Effect of dietary supplementation of red or white wine on human blood chemistry, hematology and coagulation: favourable effect of red wine on plasma high-density lipoprotein. *Ann. Nutr. Metab.* 38. 287-294. 1994.
- 115.FRANKEL, E. N., WATERHOUSE, A. L., TEISSEDRE, P. L: Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins. *J. Agric. Food Chem.* 43. 890-894. 1995.
- 116.VINSON, J. A., HONTZ, B. A.: Phenol antioxidant index: Comparative antioxidant effectiveness of red and white wine. *J. Agric. Food Chem.* 43. 401-403. 1995a.
- 117.MAINER T. & ANDREAS A.: Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seedoil production as a valuable source of phenolic antioxidants, *Food Chem.*, 89, 489-495. 2003

-
118. BOUAYED J. & BOHN T.: Exogenous antioxidants – Double - edged swords in cellular redox state, *Oxid. Med. Cell. Long.*, 3, 228-237. 2010
119. FITZPATRICK, D. F., HIRSCHFIELD, S. L., COFFEY, R. G.: Endothelium-dependent vasorelaxing activity of wine and other grape products. *Am. J. Physiol.* 265. H774-778. 1993.
120. WHITEHEAD, T. P., ROBINSON, D., ALLAWAY, S. és mtsai: Effect of red wine ingestion on the antioxidant capacity of serum. *Clin. Chem.* 41. 32-35. 1995.
121. BRASNYÓ P, MOLNÁR GA, MOHÁS M, MARKÓ L, LACZY B, CSEH J, MIKOLÁS E, SZIJÁRTÓ IA, MÉREI A, HALMAI R, MÉSZÁROS LG, SÜMEGI B, WITTMANN I. Resveratrol improves insulin sensitivity, reduces oxidative stress and activates the Akt pathway in type 2 diabetic patients. *Br J Nutr.* (3):383-9. 2011
122. TOKUSOGLU, Ö., ÜNAL M.K & YEMIS F.: Determination of the Phytoalexin Resveratrol (3,5,4'-Trihydroxystilbene) in Peanuts and Pistachion by High-Performance Liquid Chromatographic Diode Array (HPLC-DAD) and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), *J. Agric. Food Chem.*, 53, 5003-5009. 2005
123. CHEUNG SC, SZETO YT, BENZIE IF.: Antioxidant protection of edible oils. *Plant Foods Hum Nutr.* Mar;62(1):39-42. 2007
124. SOBOLEV V.S., S. KHAN, I., TABANCA, N., WEDGE, D.E., MANLY, S.P., CUTLER, S.J., COY, M. R., BECNEL, J.J., NEFF S.A. & GLOER J.B.: Biological Activity of Peanut (*Arachis hypogaea*) Phytoalexins and Selected Natural and Synthetic Stilbenoids, *J. Agric. Food Chem.*, 59, 1673-1682. 2011
125. CHUKWUMAH, Y., WALKER, L., VOGLER B. & VERGHESE M.: In Vitro Absorption of Dietary trans-Resveratrol from Boiled and Roasted Peanuts in Caco-2 Cells, *J. Agric. Food Chem.*, 59, 12323-12329. 2011
126. FRANCISCO ML, RESURRECCION AV.: Functional components in peanuts. *Crit Rev Food Sci Nutr.*;48(8):715-46. 2008

-
- 127.LEE J, ZHANG G, WOOD E, ROGEL CASTILLO C, MITCHELL AE.: Quantification of Amygdalin in Non-Bitter, Semi-Bitter and Bitter Almonds (*Prunus dulcis*) by UHPLC-(ESI)QqQ MS/MS. *J Agric Food Chem.* 2013
- 128.VARRÓ A. B.: *Gyógynövények gyógyhatásai*. Black & White Kiadó, Budapest, 1991.
- 129.BABULKA PÉTER . A házi len, *Patika magazin*, VI, 8, 6 2001
- 130.CASTLEMAN, MICHAEL,:*Gyógynövény enciklopédia* Esély Kiadó, Budapest 1996
- 131.LIU CT, PERIASAMY S, CHANG CC, MO FE, LIU MY.: Sesame Oil Therapeutically Ameliorates Cardiac Hypertrophy by Regulating Hypokalemia in Hypertensive Rats. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2013
- 132.JAKAB A, HÉBERGER K, FORGÁCS E.: Comparative analysis of different plant oils by high-performance liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. *J Chromatogr A*.;976(1-2):255-63. 2002
- 133.MASIEROWSKA, M.L.: Floral nectaries and nectar production in brown mustard (*Brassica juncea*) and white mustard (*Sinapis alba*) (Brassicaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 238 97-107. p. 2003
- 134.KATEPA-MUPONDVA, F.;RANEY, J.P.; RAKOV, G.: Recurrent selection for increased protein content in yellow mustard (*Sinapis alba* L.). *Plant Breeding*, 124 382-387. p.2005
- 135.SADEGHI, M. A., BHAGYA, S :Effect of recovery method on different property of mustard protein. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 4 (2) 100-106. p. 2009
- 136.ALI, S., ANWAR, F., ASHRAF, S., TALPUR, F. N., ASHRAF, M.: Evaluation of canola seeds of different cultivars with special emphasis on the quantification of erucic acid and glucosinolates. *Grasas y Aceites*, 60 (1) 89-95. p. 2009
- 137.CUI, S. W., ESKIN, N. A. M., WU, Y., DING, S.: Synergism between yellow mustard mucilage and galactomannans and applications in food products - A mini review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 128-130 249-256. p. 2006
- 138.CZUKOR B., SCHUSTER-GAJZÁGÓ I., MÁRKUS ZS., CSRHALMI ZS., GELENCSEÉ É., ADÁNYI N.: Investigation of nutritional value of myrosinase inactivated mustard seed flour. *Annals of Nutrition and Metabolism, Proc. of the 17th International Congress of Nutrition*, Vienna. Austria. 2001. 369. p. 2001

-
- 139.DABROWSKI, K. J., SOSULSKI, F. W.: Composition of free and hydrolyzable phenolic acids in defatted flours of ten oilseeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32 128-130. p. 1984
- 140.BURGER KÁLMÁN : Az analitikai kémia alapjai- kémiai és műszeres elemzés, Semmelweis Kiadó, Budapest 1999
- 141.CSÁNYI ERZSÉBET : A nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia elmélete és gyakorlata, Supplementum, III, 2, 4-6 2003
- 142.KARAS, M. AND HILLENKAMP, F.,: Laser desorption ionization of proteins with molecular masses exceeding 10,000 daltons *Anal. Chem.* 60, 2299-2301. 1988
- 143.COLES, J. AND GUILHAUS, M., :Orthogonal Acceleration - A New Direction for Time-Of-Flight Mass-Spectrometry - Fast, Sensitive Mass Analysis for Continuous Ion Sources *Trac-Trends in Analytical Chemistry* 12, 203-213. 1993
- 144.GUILHAUS, M., SELBY, D., AND MLYNSKI, V.,:Orthogonal acceleration time-of-flight mass spectrometry *Mass Spectrometry Reviews* 19, 65-107. 2000
- 145.EDMOND DE HOFFMANN, V. S.,:Mass Spectrometry:Principles and Applications second edition, 2002
- 146.MICHAEL KINTER, NICHOLAS E.SHERMAN, :Protein Sequencing and Identification Using Tandem Mass Spectrometry 2000
- 147.GUERRERA, I . C. AND KLEINER, O., :Application of mass spectrometry in proteomics *Biosci. Rep.* 25, 71-93. 2005
- 148.AEBERSOLD, R. AND MANN, M.,: Mass spectrometry-based proteomics *Nature* 422, 198-207. 2003
- MSZ EN ISO 734-1:2000
- MSZ 19928-79
- 149.MONTSKO, G., NIKFARDJAM, M.S.P. ,SZABO, Z.,BODDI, K.,LORAND, T., OHMACHT R. & MARK L.: Determination of products derived from trans-resveratrol UV photoisomerisation by means of HPLC- APCI-MS, *J. Photochem. Photobiol. Chem.*, 196, 44-50. 2008

-
- 150.JAMBOR, E.,BONA, A., SCHMIDT,J., MARK L. & OHMACHT R.: Preparation and investigation of LC packing made by microwave-assisted solid-phase synthesis *J. Sep. Sci.*, 36, 827-831. 2013
- 151.MARK, L.,NIKFARDJAM, M.S.P., AVAR, P., & OHMACHT R.: A Validated HPLC Method for the Quantitative Analysis of Trans-Resveratrol and – Trans-Piceid in Hungarian Wines, *J. Chromatogr. Sci.*, 43, 445-449. 2005
- 152.FRANKEL, E. N., KANNER, J., GERMAN, J. B. és mtsai: Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *Lancet*, 341. 454-457. 1993a.
- 153.OYAIZU, M.: Studies on products of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn. J. Nutr.* 44. 307-315. 1986.
- 154.RUF, J. C., BERGER, J. L., RENAUD, S.: Platelet rebound effect of alcohol withdrawal and wine drinking in rats. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 15. 140-144. 1995.
- 155.MORONEY, M. A., ALCARAZ, M. J., FORDER, R. A.: Selectivity of neutrophil 5-lipoxygenase and cyclooxygenase inhibition by an anti-inflammatory flavonoid glucoside and related aglycone flavonoids. *J. Pharm. Pharmacol.* 40. 787-792. 1988.
- 156.SINGH, U. P., SINGH, D. P., MAURYA, S., MAHESHWARI, R., SINGH, M., DUBEY, R. S., SINGH, R. B.: Investigation on the phenolics of some spices having pharmacotherapeutic properties. *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 4 (4) 27-42. p. 2004
- 157.VELIGLOU, Y. S., MAZZA, G., GAO, L., OOMAH, B. D.: Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4113-4117. p. 1998
- 158.LI, J., ZHU, Z., GERENDAS, J.: Effects of nitrogen and sulfur on total phenolics and antioxidant activity in two genotypes of leaf mustard. *Journal of Plant Nutrition*, 31 1642-1655. p. 2008
- 159.AMAROWICZ, A., WANASUNDRA, U. N., KARAMAC, M. AND SHAHIDI, F.: Antioxidant activity of ethanolic extract of mustard seed. *Nahrung*, 5 261-263. p. 1996

-
- 160.MARCONE, M. F., YADA, R.Y., AROONKAMONSRI, W. AND KAKUDA, Y.: Physico–chemical properties of the purified isoforms of the 12S seed globulin from mustard seed (*Brassica alba*). *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*, 61 (1) 65-74. p. 1997
- 161.NEVIN D. YOUNG, FRÉDÉRIC DEBELLÉ, [...], AND BRUCE A. ROE : The *Medicago* Genome Provides Insight into the Evolution of Rhizobial Symbioses *Nature*, 480 (7378) 520-524p 2011
- 162.SHAHIDI, F. : Antioxidant factors in plant foods and selected oilseeds. *BioFactors*, 13 179-185. p. 2000
- 163.SCHUSTERNE G. I., KISZTER A. K., CZUKOR B.: A mustár nemcsak fűszer, hanem ígéretes, egészségjavító élelmiszeripari alap- és adalékanyag. *Élelmészeti ipar*, 12 371-375. p. 2004
- 164.MANACH, C., SCALBERT, A., MORAND, C., RÉMÉSY, C., JIMÉNEZ, I. : Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79 727-747. p. 2004
- 165.BALKE, D. T., DIOSADY, L. T. : Rapid aqueous extraction of mucilage from whole white mustard seed. *Food Research International*, 33 347-356. p. 2000
- 166.ANDERSON II, SIEPRAWKA-LUPA M, LAPIDUS A, NOLAN M, COPELAND A, GLAVINA DEL RIO T, TICE H, DALIN E, BARRY K, SAUNDERS E, HAN C, BRETTIN T, DETTER JC, BRUCE D, MIKHAILOVA N, PITLUCK S, HAUSER L, LAND M, LUCAS S, RICHARDSON P, WHITMAN WB, KYRPIDES NC.: Complete genome sequence of *Methanoculleus marisnigri* Romesser et al. 1981 type strain JR1., *Stand Genomic Sci.* 1(2):189-96 2009
- 167.LI-JEN LIN, SORGAN S.K. TAI, CHI-CHUNG PENG, AND JASON T.C. TZEN*: Steroleosin, a Sterol-Binding Dehydrogenase in Seed Oil Bodies1 *Plant Physiol.* 128(4): 1200–1211. 2002

-
168. COGLIEVINA M, BERTANI I, KLIMA R, ZACCARIA P, BRUSCHI CV: The DNA sequence of a 7941 bp fragment of the left arm of chromosome VII of *Saccharomyces cerevisiae* contains four open reading frames including the multicopy suppressor gene of the pop2 mutation and a putative serine/threonine protein kinase gene, *Yeast*. 11(8):767-74 1995
169. PALOMARES O, CUESTA-HERRANZ J, VEREDA A, SIRVENT S, VILLALBA M, RODRÍGUEZ R: Isolation and identification of an 11S globulin as a new major allergen in mustard seeds., *Ann Allergy Asthma Immunol.*; 94(5):586-92 2005
170. KATEPA-MUPONDVA, F.; RANEY, J.P.; RAKOV, G.: Recurrent selection for increased protein content in yellow mustard (*Sinapis alba* L.). *Plant Breeding*, 124 382-387. p. 2005
171. GIBSON, G. R.: Dietary modulation of the human gut microflora using probiotics. *British Journal of Nutrition*, 80 (4) 209-212. p. 1998
172. Bao Y., Han. J., Hu. B. F., Giovannucci E.L., Stamfer M.J., Willett W.C. és Fuchs C. S.: Association of Nut Consumption with Total and Cause-Specific Mortality. *The New England Journal of Medicine*, 369 (21) 2001-2011. p. 2013

11 PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

AZ ÉRTEKEZÉssel ÖSSZEFÜGGŐ PUBLIKÁCIÓK:

FOLYÓÍRAT KÖZLEMÉNYEK

1. Kisbenedek A, Makay S, Szabó L, Kandik J, Figler M: **A mustármag kémiai vizsgálata**, ÉLELMISZER, TÁPLÁLKOZÁS ÉS MARKETING V. évfolyam:(1) pp. 67-72. (2008)
2. Lelovics Zsuzsanna, Gubicskóné Kisbenedek Andrea: **A funkcionális élelmiszerek**. ÉLELMÉZÉS márc.:(3) pp. 46-47. (2008)
3. Szekeresné Szabó Szilvia, Kozma Edina, Polyák Éva, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Figler Mária: **Olajos magvak bioaktív összetevőinek kromatográfiás vizsgálata**, ÚJ DIÉTA 21:(5-6) pp. 4-5. (2012)
4. Gubicskóné Kisbenedek A, Szabo Sz, Polyák É, Breitenbach Z, Bóna Á, Márk L, Figler M: **Analysis of trans-resveratrol in Oilseeds by High-performance Liquid Chromatography**, ACTA ALIMENTARIA &:(&) p. &. 13 p. (2013) **IF: 0.475*** (megjelenés alatt)
5. G. Kisbenedek Andrea, Jámbor Éva, Dr. Polyák Éva, Dr. Márk László, Prof. Dr. Figler Mária: **A mustármag fehérjetartalmának és a fehérje aminosav összetételének vizsgálata**, Új Diéta XXII:(4) p 23-25 (2013)

ELŐADÁSOK:

1. Figler M, Gasztonyi B, Mikó É, Kisbenedek A, Horváth G, Cseh J, Hunyady B, Szekeres Barthó J: **Immunological changes after mustard treatment in patients with inflammatory bowel diseases**, Magyar Gasztroenterológiai Társaság 47. Nagygyűlése program és előadás-kivonatok.,Konferencia helye, ideje: Balatonaliga, Magyarország, (2005)
2. Szabó S, Márk L, Kiss S, Polyák É, Kisbenedek A, Müller K, Armbruszt S, Figler M: **HPLC_MS analysis of resveratrol in different nutritions** p. 130. Magyar Gasztroenterológiai Társaság 53.Nagygyűlés Tihany 2011. június 04-07. (2011)
3. Gubicskóné Kisbenedek A, Figler M.: **Olajos magvak resveratrol-tartalmának meghatározása**, PhD hallgatók Fóruma, Budapest, (2012)
4. Gubicskóné Kisbenedek A: **Olajos magvak resveratrol-tartalmának meghatározása** Fiatal Oktatók Kutatói Fóruma Pécs, 2013. március 9. (2013)
5. Kisbenedek A, Szabó S, Marton K, Müller K, Márk L, Figler M: **Identification of resveratrol from oil seeds** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlése Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2010.06.12-2010.06.15.

ABSTRACT

1. Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Figler Mária, Rab Regina, Bonyárné Müller Katalin, Szabolcs Mariann, Marton Krisztina, Fejős Szilvia: **The applicability of white mustard and some of its typical characteristics**, In: EFAD Budapest Abstract Book. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2003, Budapest: p. 55.
2. Figler M, Gasztonyi B, Mikó É, Kisbenedek A, Horváth G, Cseh J, Hunyady B, Szekeres Barthó J: **Immunological changes after mustard treatment in patients with inflammatory bowel diseases**, In: Szalay Ferenc (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 47. Nagygyűlése program és előadás-kivonatok., Konferencia helye, ideje: Balatonaliga, Magyarország, 2005.06.07-2005.06.11., Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 98.
3. Figler M, Gasztonyi B, Mikó É, Kisbenedek A, Horváth G, Cseh J, Hunyady B, Szekeres-Barthó J: **Immunological changes after mustard treatment in patients with inflammatory bowel diseases**, In: World Congress of Gastroenterology., Konferencia helye, ideje: Montreal, Kanada, 2005, Montreal: p. 200.
4. Figler M, Gasztonyi B, Mikó É, Kisbenedek A, Horváth G, Cseh J, Hunyady B, Szekeres Barthó J: **Immunological changes after mustard treatment in patients with inflammatory bowel diseases**, ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 2005;(5) p. 484. (2005)(**IF:1,131**)
5. Kisbenedek A, Szabó S, Marton K, Müller K, Márk L, Figler M: **Identification of resveratrol from oil seeds** ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 48:(513-652) p. 605. (2010) (**IF:1,131**)
6. Kisbenedek A, Szabó S, Marton K, Müller K, Márk L, Figler M: **Identification of resveratrol from oil seeds** In: Szalay F (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlése program és előadás-kivonatok. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2010.06.12-2010.06.15. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 116.
7. Szabó S, Márk L, Kiss S, Polyák É, Kisbenedek A, Müller K, Armbruszt S, Figler M: **HPLC-MS analysis of resveratrol in different nutritions** ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 5:(49) p. 658. (2011) (**IF:1,131**)
8. Szabó S, Márk L, Kiss S, Polyák É, Kisbenedek A, Müller K, Armbruszt S, Figler M: **HPLC-MS Analysis of resveratrol in different nutritions** In: Szalay Ferenc (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 53. Nagygyűlése program és előadáskivonatok = Program and Abstracts of 53rd Annual Meeting of the Hungarian Society of Gastroenterology. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2011.06.04-2011.06.06. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 130.

AZ ÉRTEKEZÉSTŐL FÜGGETLEN PUBLIKÁCIÓK:

ELŐADÁSOK:

1. Figler M, Rab R, Kisbenedek A, Mózsik Gy: **Effect of calcium rich milk consumption on bone loss in patients wit inflammatori bowel diseases** In: Magyar Gasztroenterológiai Társaság 45. Nagygyűlése. Konferencia helye, ideje: Balatonaliga, Magyarország, (2003).
2. Cseh J, B Müller K, G Kisbenedek A, Rab R, Horváth G, Figler M: **Effect of different diets (Herbalife and Body-control) on body composition and metabolic parameters in obese patients** In: World Congress of Gastroenterology. Konferencia helye, ideje: Montreal, Kanada, (2005)
3. Figler Mária, Cseh Judit, Lelovics Zsuzsanna, Rab Regina, Gubicskóné Kisbenedek Andrea: **A táplálkozás szerepe a daganatok megelőzésében.** Nemzetközi ILCO Konferencia 2008 Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, (2008.)
4. Lelovics Zsuzsanna, Bonyárné Müller Katalin, Fekete Krisztina, Tátrai Lászlóné, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Figler Mária: **Gyulladásoos bélbetegek dietetikai protokolljainak szerepe az individuális betegellátásban,** Nemzetközi ILCO Konferencia 2008 Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, (2008)
5. Marton Krisztina, Deli József, Armbruszt Simon, Bonyárné Müller Katalin, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Lelovics Zsuzsanna, Rab Regina, Szabó Szilvia, Figler Mária: **Karotinoid-összetétel változásának vizsgálata feldolgozott zöldségfélékben.** Magyar Táplálkozástudományi Társaság 33. vándorgyűlése. Pécs (2008)
6. Rab Regina, Séder Julianna, Szabó Szilvia, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Marton Krisztina, Armbruszt Simon, Bonyárné Müller Katalin, Lelovics Zsuzsanna, Figler Mária: **A serdülók táplálkozásának vizsgálata egy középiskolában.** Magyar Táplálkozástudományi Társaság 33. vándorgyűlése. Pécs (2008)
7. Marton K, Pótz V, Szabó Sz, Kisbenedek A, Müller K, Armbruszt S, Figler M, Varjas T: **Chemopreventive effects of tea extracts.** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlés (2010)
8. Müller K, Gubicskó A, Marton K, Szabó S, Armbruszt S, Németh E, Figler M: **Examination of the nutritional habits of patients suffering from haemocromatosis** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlése Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, (2010)
9. Müller K, Gubicskó A, Szabó S, Marton K, Armbruszt S, Figler M: **Practical difficulties of dietary compliance** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlése. Konferencia helye, ideje: Tihany (2010)
10. Szabó S, Kerényi M, Bátai I, Németh Z, Marton K, Kisbenedek A, Armbruszt S, Müller K, Figler M: **The response of pathogenteic bacteria to sprouted seeds** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlése Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, (2010)
11. Szabó Sz, Kerényi M, Bátai I, Németh Zs, Marton K, Kisbenedek A, Ambruszt S, Müller K, Figler M: **The response of pathogenic bacteria to sprouted seeds.** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlés (2010)
12. Kisbenedek A, Raposa B, Polyák É, Müller K, Szabó S, Armbruszt S, Varjas T, Figler M, Ember I: **Examination of effect of tartrazin and azurobin on gene**

expression in mice treated dmba Magyar Gasztroenterológiai Társaság 53. Nagygyűlése (2011)

13. Müller K, Szélig K, Kisbenedek A, Polyák É, Szabó S, Armbruszt S, Figler M: **The degree of fibre consumption among active workers** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 53. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, (2011)

14. Polyák É, Gombos K, Gubicskóné Kisbenedek A, Szekeresné Szabó S, Bonyárné Müller K, Figler M, Ember I: **The effect of aspartame consumption on body weight and ADH1, ADH4, ADH3 gene expression in mice** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 53. Nagygyűlése Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, (2011)

15. Polyák Éva, Gombos Katalin, Wolher Veronika, Bonyárné Müller Katlin, GubicskónéKisbenedek Andrea, Szabó Szilvia, Figler Mária, Ember István: **Energiát nem adó mesterséges édesítőszeres hatása a táplálék- és folyadék fogyasztására és a testtömeg változásra állatkísérletben** Magyar Táplálkozástudományi Társaság 36. Vándorgyűlése Konferencia helye, ideje: Balatonőszöd, Magyarország, (2011)

16. Breitenbach Zita, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Vörös János, Szekeresné Szabó Szilvia, Polyák Éva, Figler Mária: **Energiaitalok megítélése, használata, fogyasztási szokások és tapasztalatok az egészségügyi felsőoktatásban hallgatók körében** Magyar Táplálkozástudományi Társaság Vándorgyűlése. Konferencia helye, ideje: Balatonőszöd, Magyarország, (2012)

17. Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Szabó Szilvia, Polyák Éva, Bonyárné Müller Katalin, Kovács B, Bóna Á, Márk László, Figler Mária: **Bogyós gyümölcskészítmények polifenol tartalmának meghatározása.** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 54. Nagygyűlése Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, (2012)

18. Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Szabó Szilvia, Kovács Bernadett, Bonyárné Müller Katalin, Bóna Ágnes, Márk László, Figler Mária: **Bogyós gyümölcsökből készült termékek polifenol tartalmának meghatározása** Magyar Táplálkozástudományi Társaság Vándorgyűlése. Konferencia helye, ideje: Balatonőszöd, Magyarország, (2012)

19. Polyák Éva, Varjas Tímea, Berta Balázs, Szekeresné Szabó Szilvia, Szabó Zoltán, Breitenbach Zita, Bonyárné Müller Katalin, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Figler Mária, Ember István: **Egyes étrendkiegészítők kemopreventív hatásának vizsgálata in vivo biológiai rendszerekben:** Magyar Táplálkozástudományi Társaság Vándorgyűlése. Konferencia helye, ideje: Balatonőszöd, Magyarország, (2012)

20. Polyák Éva, Gombos K, Hajnal B, Bonyárné Müller Katalin, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Szabó Szilvia, Figler Mária, Ember István: **Molecular epidemiology study on effect of stevia and xylitol.** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 54. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, (2012)

21. Szabó Szilvia, Kerényi Mónika, Porkoláb A, Breitenbach Z, Polyák Éva, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Bonyárné Müller Katalin, Figler Mária: **A tej mikrobiológia tisztaságának vizsgálata.** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 54. Nagygyűlése Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, (2012)

22. Szekeresné Szabó Szilvia, Breitenbach Zita, Bátai István, Polyák Éva, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Figler Mária, Kerényi Mónia: **Antibiotikus terápia okozta bélflórákárosodás probiotikumokkal történő kezelése** Magyar

Táplálkozástudományi Társaság Vándorgyűlése. Konferencia helye, ideje: Balatonőszöd, Magyarország, (2012)

23. Breitenbach Z, Horváth K, Szekeresné Szabó Sz, Polyák É, Gubicskóné Kisbenedek A, Figler M: **Friss nyersanyagok kálium tartalmának csökkentése különböző ételkészítési eljárásokkal** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 55. Nagygyűlés. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, (2013)

24. Gubicskóné Kisbenedek A, Jekkel A, Szekeresné Szabó Sz, Breitenbach Z, Szabó Z, Ungár T, Figler M: **A zeller klinikai dietetikai vizsgálata** Magyar Gasztroenterológiai Társaság 55. Nagygyűlés. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, (2013.)

25. Polyák É, Molnár K, Kisbenedek A, Szabó Sz, Breitenbach Z, Szabó Z, Figler M: **Az ischaemias szívbetegségben szenvedő betegek tápláltsági állapotának felmérése** Magyar Gasztroenterológiai Társaság, 55. Nagygyűlés. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, (2013)

ABSTRACT

1. Figler M, Rab R, Kisbenedek A, Mózsik Gy: **Effect of calcium rich milk consumption on bone loss in patients with inflammatory bowel diseases** In: Magyar Gasztroenterológiai Társaság 45. Nagygyűlése. Konferencia helye, ideje: Balatonaliga, Magyarország, 2003.06.03-2003.06.07. p. 87.

2. Figler M, Rab R, Kisbenedek A, Mózsik Gy: **Effect of calcium rich milk consumption on bone loss in patients with inflammatory bowel diseases** ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 42: p. 411. (2004) **(IF:1,131)**

3. Cseh J, B Müller K, G Kisbenedek A, Rab R, Horváth G, Figler M: **Effect of different diets (Herbalife and Body-control) on body composition and metabolic parameters in obese patients** In: World Congress of Gastroenterology. Konferencia helye, ideje: Montreal, Kanada, 2005 Montreal: p. 187.

4. Figler M, Cseh J, G Kisbenedek A, Marton K, B Müller K, Schmidt E, Magdics M: **Az étrendi kalcium hatása a csontvesztésre osteoporózisban**, MAGYAR BELORVOSI ARCHIVUM 2006:(4) p. 59. (2006)

5. Figler Mária, Cseh Judit, Lelovics Zsuzsanna, Rab Regina, Gubicskóné Kisbenedek Andrea: **A táplálkozás szerepe a daganatok megelőzésében**. In: Schmidt László, Varga Anikó (szerk.) Bédaganatos betegek komplex rehabilitációja: A Nemzetközi ILCO Konferencia 2008-as válogatott, lektorált tanulmányai Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2008.02.08-2008.02.09. Kaposvár: Magyar ILCO Szövetség, 2008. pp. 76-80. (ISBN:[978-963-06-5525-5](#))

6. Lelovics Zsuzsanna, Bonyárné Müller Katalin, Fekete Krisztina, Tátrai Lászlóné, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Figler Mária: **Gyulladásos bélbetegek dietetikai protokolljainak szerepe az individuális betegellátásban**., In: Schmidt László, Varga Anikó (szerk.) Bédaganatos betegek komplex rehabilitációja: A Nemzetközi ILCO Konferencia 2008-as válogatott, lektorált tanulmányai Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2008.02.08-2008.02.09. Kaposvár: Magyar ILCO Szövetség, 2008. pp. 46-50.(ISBN:[978-963-06-5525-5](#))

7. Marton Krisztina, Deli József, Armbruszt Simon, Bonyárné Müller Katalin, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Lelovics Zsuzsanna, Rab Regina, Szabó Szilvia, Figler Mária: **Karotinoid-összetétel változásának vizsgálata feldolgozott zöldségfélékben**. In: Zajkás Gábor, Gilingerné Pankotai Mária, Gelencsér Éva,

-
- Lugasi Andrea (szerk.) Magyar Táplálkozástudományi Társaság 33. vándorgyűlése. Pécs 2008. október 2-4. Program, előadás összefoglalók Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2008.10.02-2008.10.04. Budapest: Magyar Táplálkozástudományi Társaság, 2008. p. 48. (ISBN:[978 963 88108 0 9](#))
8. Rab Regina, Séder Julianna, Szabó Szilvia, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Marton Krisztina, Armbruszt Simon, Bonyárné Müller Katalin, Lelovics Zsuzsanna, Figler Mária: **A serdülők táplálkozásának vizsgálata egy középiskolában.** In: Zajkás Gábor, Gilingerné Pankotai Mária, Gelencsér Éva, Lugasi Andrea (szerk.) Magyar Táplálkozástudományi Társaság 33. vándorgyűlése. Pécs 2008. október 2-4. Program, előadás összefoglalók Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2008.10.02-2008.10.04. Budapest: Magyar Táplálkozástudományi Társaság, 2008. p. 59. (ISBN:[978 963 88108 0 9](#))
9. Raposa Bence, Budán Ferenc, Lőrincz Tibor, Gyöngyi Zoltán, Kisbenedek Andrea, Varjas Tímea, Ember István: **A tartrazin génexpresszióra gyakorolt hatásának vizsgálata 7,12-dimetil-benz[α]antracén exponált egerekben** MAGYAR EPIDEMIOLOGIA 6:(1) pp. 83-84. (2009)
10. Raposa Bence, Budán Ferenc, Ghodrattollah Nowrasteh, Kisbenedek Andrea, Varjas Tímea, Ember István: **Az azorubin kezelt egerekben kialakult mRNS expressziós mintázat vizsgálata Q-RT-PCR-rel** MAGYAR EPIDEMIOLOGIA 6:(1) pp. 84-85. (2009)
11. Raposa Bence, Budán Ferenc, Ghodrattollah Nowrasteh, Kisbenedek Andrea, Varjas Tímea, Ember István: **Examination of gene expression pattern with Q-RT-PCR in mice, exposed to azorubin** MAGYAR EPIDEMIOLOGIA 6:(1) pp. 85-86. (2009)
12. Raposa Bence, Budán Ferenc, Lőrincz Tibor, Gyöngyi Zoltán, Kisbenedek Andrea, Varjas Tímea, Ember István: **Examination of the effect of tartrazine on gene expression in Dimethylbenz[α]anthracene treated mice** MAGYAR EPIDEMIOLOGIA 6:(1) p. 84. (2009)
13. Marton K, Pötz V, Szabó Sz, Kisbenedek A, Müller K, Armbruszt S, Figler M, Varjas T: **Chemopreventive effects of tea extracts.** p. 124. Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlés (2010)
14. Marton K, Pötz V, Szabó Sz, Kisbenedek A, Müller K, Armbruszt S, Figler M, Varjas T: **CHEMOPREVENTIVE EFFECTS OF TEA EXTRACTS,** ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 48:(5) Paper A48. (2010) (IF:1,131)
15. Marton K, Komár A, Szabó S, Kisbenedek A, Müller K, Armbruszt S, Kerényi M, Figler M: **Effects of gastric juices on antimicrobial food,** ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 48:(513-652) pp. 608-609. (2010) (IF:1,131)
16. Müller K, Gubicskó A, Marton K, Szabó S, Armbruszt S, Németh E, Figler M: **Examination of the nutritional habits of patients suffering from haemochromatosis** In: Szalay F (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlése program és előadás-kivonatok. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2010.06.12-2010.06.15. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 126.
17. Müller K, Gubicskó A, Szabó S, Marton K, Armbruszt S, Figler M: **Practical difficulties of dietary compliance** In: Szalay F (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlése program és előadás-kivonatok. Konferencia helye, ideje:

Tihany, Magyarország, 2010.06.12-2010.06.15. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 127.

18. Müller K, Kisbenedek A, Szabó Sz, Marton K, Armbruszt S, Figler M: **Practical difficulties of dietary compliance.** ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 48:(5) pp. 609-610. (2010))(IF:1,131)

19. Szabó S, Kerényi M, Bártai I, Németh Z, Marton K, Kisbenedek A, Armbruszt S, Müller K, Figler M: **The response of pathogenic bacteria to sprouted seeds** ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 5:(48) p. 615. (2010))(IF:1,131)

20. Szabó S, Kerényi M, Bártai I, Németh Z, Marton K, Kisbenedek A, Armbruszt S, Müller K, Figler M: **The response of pathogenic bacteria to sprouted seeds** In: Szalay F (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlése program és előadás-kivonatok. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2010.06.12-2010.06.15. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 140.

21. Szabó Sz, Kerényi M, Bártai I, Németh Zs, Marton K, Kisbenedek A, Armbruszt S, Müller K, Figler M: **The response of pathogenic bacteria to sprouted seeds** ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 48:(5) p. 615. (2010))(IF:1,131)

22. Szabó Sz, Kerényi M, Bártai I, Németh Zs, Marton K, Kisbenedek A, Armbruszt S, Müller K, Figler M: **The response of pathogenic bacteria to sprouted seeds** pp. 140-141. Magyar Gasztroenterológiai Társaság 52. Nagygyűlés (2010)

23. Kisbenedek A, Raposa B, Polyák É, Müller K, Szabó S, Armbruszt S, Varjas T, Figler M, Ember I : **Examination of effect of tartazin and azurobin on gene expression in mice treated DMBA,** ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 5:(49) p. 647. (2011))(IF:1,131)

24. Kisbenedek A, Raposa B, Polyák É, Müller K, Szabó S, Armbruszt S, Varjas T, Figler M, Ember I: **Examination of effect of tartrazin and azurobin on gene expression in mice treated dmbs** In: Szalay Ferenc (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 53. Nagygyűlése program és előadáskivonatok = Program and Abstracts of 53rd Annual Meeting of the Hungarian Society of Gastroenterology. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2011.06.04-2011.06.06. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 104.

25. Müller K, Szélig K, Kisbenedek A, Polyák É, Szabó S, Armbruszt S, Figler M: **The degree of fibre consumption among active workers,** ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 49:(5) p. 653. (2011))(IF:1,131)

26. Müller K, Szélig K, Kisbenedek A, Polyák É, Szabó S, Armbruszt S, Figler M: **The degree of fibre consumption among active workers** In: Szalay Ferenc (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 53. Nagygyűlése program és előadáskivonatok = Program and Abstracts of 53rd Annual Meeting of the Hungarian Society of Gastroenterology. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2011.06.04-2011.06.06. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 117.

27. Polyák É, Gombos K, Gubicskóné Kisbenedek A, Szekeresné Szabó S, Bonyárné Müller K, Figler M, Ember I: **The effect of aspartame consumption on body weight and ADH1, ADH4, ADH3 gene expression in mice** In: Szalay Ferenc (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 53. Nagygyűlése program és előadáskivonatok = Program and Abstracts of 53rd Annual Meeting of the Hungarian Society of Gastroenterology. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2011.06.04-2011.06.06. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 123.

28. Polyák É, Gombos K, Gubicskóné Kisbenedek A, Szekeresné Szabó S, Bonyárné Müller K, Figler M: **The effect of aspartame consumption on body**

weight and ADH1, ADH4m ADH3 gene expression in mice, ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE 5:(49) p. 655. (2011) **(IF:1,131)**

29. Polyák Éva, Gombos Katalin, Wolher Veronika, Bonyárné Müller Katlin, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Szabó Szilvia, Figler Mária, Ember István: **Energiát nem adó mesterséges édesítőszeres hatása a táplálék- és folyadék fogyasztására és a testtömeg változásra állatkísérletben** In: Gilingerné Pankotai Mária, Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Horváth Zoltánné (szerk.) Magyar Táplálkozástudományi Társaság 36. Vándorgyűlése: Program, előadás összefoglalók. Balatonőszöd, 2011. október 6–8 Konferencia helye, ideje: Balatonőszöd, Magyarország, 2011.10.06-2011.10.08. (Magyar Táplálkozástudományi Társaság) Budapest: Magyar Táplálkozástudományi Társaság, 2011. p. 47. (ISBN:[978-963-88108-4-7](#))

30. Breitenbach Zita, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Vörös János, Szekeresné Szabó Szilvia, Polyák Éva, Figler Mária: **Energiaitalok megítélése, használata, fogyasztási szokások és tapasztalatok az egészségügyi felsőoktatásban hallgatók körében** In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság Vándorgyűlése. Konferencia helye, ideje: Balatonőszöd, Magyarország, 2012.10.04-2012.10.06. (Magyar Táplálkozástudományi Társaság) Magyar: p. 6.

31. Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Szabó Szilvia, Polyák Éva, Bonyárné Müller Katalin, Kovács B, Bóna Á, Márk László, Figler Mária: **Bogyós gyümölcskészítmények polifenol tartalmának meghatározása**. In: Szalay Ferenc (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 54. Nagygyűlése program és előadáskivonatok [Program and Abstracts of 54th Annual Meeting of the Hungarian Society of Gastroenterology]. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2012.06.02-2012.06.05. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, pp. 97-98.

32. Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Szabó Szilvia, Kovács Bernadett, Bonyárné Müller Katalin, Bóna Ágnes, Márk László, Figler Mária: **Bogyós gyümölcsökből készült termékek polifenol tartalmának meghatározása** In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság Vándorgyűlése. Konferencia helye, ideje: Balatonőszöd, Magyarország, 2012.10.04-2012.10.06. (Magyar Táplálkozástudományi Társaság) Magyar: p. 4.

33. Polyák Éva, Varjas Tímea, Berta Balázs, Szekeresné Szabó Szilvia, Szabó Zoltán, Breitenbach Zita, Bonyárné Müller Katalin, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Figler Mária, Ember István: **Egyes étrendkiegészítők kemopreventív hatásának vizsgálata in vivo biológiai rendszerekben** In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság Vándorgyűlése. Konferencia helye, ideje: Balatonőszöd, Magyarország, 2012.10.04-2012.10.06. (Magyar Táplálkozástudományi Társaság) Magyar: p. 4.

34. Polyák Éva, Gombos K, Hajnal B, Bonyárné Müller Katalin, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Szabó Szilvia, Figler Mária, Ember István: **Molecular epidemiology study on effect of stevia and xylitol**. In: Szalay Ferenc (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 54. Nagygyűlése program és előadáskivonatok [Program and Abstracts of 54th Annual Meeting of the Hungarian Society of Gastroenterology]. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2012.06.02-2012.06.05. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 119.

35. Szabó Szilvia, Kerényi Mónika, Porkoláb A, Breitenbach Z, Polyák Éva, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Bonyárné Müller Katalin, Figler Mária: **A tej mikrobiológia tisztaságának vizsgálata**. In: Szalay Ferenc (szerk.) Magyar Gasztroenterológiai Társaság 54. Nagygyűlése program és előadáskivonatok [Program and Abstracts of 54th Annual Meeting of the Hungarian Society of

Gastroenterology]. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2012.06.02-2012.06.05. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, pp. 123-124.

36. Szekeresné Szabó Szilvia, Breitenbach Zita, Báta István, Polyák Éva, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Figler Mária, Kerényi Mónia: **Antibiotikus terápia okozta bélflórakárosodás probiotikumokkal történő kezelése** In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság Vándorgyűlése. Konferencia helye, ideje: Balatonőszöd, Magyarország, 2012.10.04-2012.10.06. (Magyar Táplálkozástudományi Társaság) Magyar: p. 3.

37. Breitenbach Z, Horváth K, Szekeresné Szabó Sz, Polyák É, Gubicskóné Kisbenedek A, Figler M: **Friss nyersanyagok kálium tartalmának csökkentése különböző ételkészítési eljárásokkal** In: Magyar Gasztroenterológiai Társaság 55. Nagygyűlés. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2013.05.31-2013.06.04. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, pp. 85-86.

38. Gubicskóné Kisbenedek A, Jekkel A, Szekeresné Szabó Sz, Breitenbach Z, Szabó Z, Ungár T, Figler M: **A zeller klinikai dietetikai vizsgálata** In: Magyar Gasztroenterológiai Társaság 55. Nagygyűlés. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2013.05.31-2013.06.04. Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 93.

39. Polyák É, Molnár K, Kisbenedek A, Szabó Sz, Breitenbach Z, Szabó Z, Figler M: **Az ischaemias szívbetegségben szenvedő betegek tápláltsági állapotának felmérése** In: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, 55. Nagygyűlés. Konferencia helye, ideje: Tihany, Magyarország, 2013.05.31-2013.06.04., Budapest: Magyar Gasztroenterológiai Társaság, p. 115.

FOLYÓÍRAT KÖZLEMÉNYEK

1. G Kisbenedek A, Kisbenedek R, Figler M: **Általános iskolabeli étkeztetési helyzet Baranya megyében**, ÚJ DIÉTA 6:(1) pp. 12-13. (2006)

2. Kisbenedek A, Aba V, Figler M: **Különböző természetes sűrítőanyagok vizsgálata**, ÚJ DIÉTA 6:(2) pp. 10-11. (2006)

3. Polyák Éva, Kerényi Mónika, Laufer Zsanett, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Figler Mária: **A vöröshagyma, fokhagyma és medvehagyma antibakteriális tulajdonságainak vizsgálata**, ÚJ DIÉTA 10:(3-4) pp. 18-19. (2010)

4. Polyák É, Csertő M, Gubicskóné Kisbenedek A, Bonyárné Müller K, Szekeresné Szabó Sz, Faludy A, Figler M: **Kereskedelmi forgalomban kapható citrusfélék és leveik c-vitamin-tartalmának változása különböző tárolási módok során**, ÚJ DIÉTA 11:(5) pp. 24-26. (2011)

1. Polyák Éva, Kántás Edina, Györke Zsuzsanna, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Szekeresné Szabó Szilvia, Bonyárné Müller Katalin, Figler Mária: **Lipidanyagcsere-zavarok elhízott gyermekekben** ÚJ DIÉTA 11:(1) pp. 29-31. (2011)

2. Szekeresné Szabó Sz, Mark L, Kiss Sz, Polyák É, Gubicskóné Kisbenedek A, Bonyárné Müller K, Armbruszt S, Figler M: **A borok oleonsav-tartalmának analitikai vizsgálata**, ÚJ DIÉTA 11:(3-4.) pp. 48-49. (2011)
3. Szekeresné Szabó Sz, Polyák É, Jeneiné Harsányi A, Gubicskóné Kisbenedek A, Figler M: **A görög és a magyar gyermekek táplálkozási szokásainak összehasonlító vizsgálata**, ÚJ DIÉTA 11:(3-4.) pp. 4-6. (2011)
4. Vanó D, Erhardt É, Gubicskóné Kisbenedek A, Bonyárné Müller K, Figler M: **1-es típusú cukorbetegség mesterséges-édesítőszer-fogyasztási szokásainak vizsgálata** ÚJ DIÉTA 11:(3-4) pp. 16-18. (2011)
5. Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Kovács Bernadett, Polyák Éva, Szekeresné Szabó Szilvia, Breitenbach Zita, Szabó Zoltán, Márk László, Bóna Ágnes, Figler Mária: **A bogyós gyümölcsökből készült készítmények rezveratrol-, rutin- és kvercetin-tartalmának meghatározása**, ÚJ DIÉTA 21:(5-6) pp. 34-35. (2012)
6. Polyák É, Gombos K, Wolher V, Kisbenedek A, Szabó Sz, Varjas T, Müller K, Breitenbach Z, Figler M, Ember I: **Stevia és xilit hatásának molekuláris epidemiológiai vizsgálata**, MAGYAR EPIDEMIOLOGIA 9:(1) pp. 15-23. (2012)
7. Raposa B, Szíjártó Gy, Kisbenedek A, Berényi K, Varjas T: **Mono-azo színezékek testtömeg-változásra és génexpresszióra gyakorolt hatásainak vizsgálata állatkísérletes tesztrendszerben**, EGÉSZSÉG-AKADÉMIA 3:(3) pp. 177-184. (2012)
8. Raposa Bence, Szíjártó György, Kisbenedek Andrea, Berényi Károly, Varjas Tímea: **Mono-azo színezékek testtömeg-változásra és génexpresszióra gyakorolt hatásainak vizsgálata állatkísérletes tesztrendszerben**, MAGYAR EPIDEMIOLOGIA 9:(2) pp. 129-138. (2012)
9. Szíjártó György Ágoston, Raposa L Bence, Berényi Károly, Gubicskóné Kisbenedek Andrea, Kiss Zsuzsanna: **A Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar általános orvos szakos hallgatók élvezeti szer-fogyasztási és életmód szokásainak felmérése**, MAGYAR EPIDEMIOLOGIA 9:(2) pp. 101-109. (2012)
10. Figler M, Gasztonyi B, Cseh J, Horvath G, Kisbenedek AG, Bokor S, Decsi T: **Association of n-3 and n-6 long-chain polyunsaturated fatty acids in plasma lipid classes with inflammatory bowel diseases**, BRITISH JOURNAL OF NUTRITION 97:(6) pp. 1154-1161. (2007) **IF: 2.339**
11. Polyák E, Gombos K, Hajnal B, Bonyar-Müller K, Szabo S, Gubicskóné Kisbenedek A, Marton K, Ember I: **Effects of artificial sweeteners on body weight, food and drink intake**, ACTA PHYSIOLOGICA HUNGARICA 97:(4) pp. 401-407. (2010) **IF: 1.226**

KÖNYV, KÖNYVFEJEZET

1. Kisbenedek A: **Táplálék kiegészítők**, In: Járomi M (szerk.) **Wellness alapismeretek II.**, Pécs: PTE EFK, 2007. pp. 184-195. (ISBN:[978-963-642-186-1](https://doi.org/10.1007/978-963-642-186-1))