BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM

Élelmiszertudományi Kar

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Rádiófrekvenciás hőkezelési technológia kidolgozása csípősségmentes mustármagliszt (*Sinapis alba* L.) előállítására

Dr. Vetőné Kiszter Andrea Klára

Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet

Technológiai Osztály

Budapest

2011.

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Dr. Fodor Péter,
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem

Témavezető: Schusterné dr. Gajzágó Ildikó,
ny. tudományos főmunkatárs, PhD
Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet

A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

…….…….……. ……..……...

Az iskolavezető jóváhagyása A témavezető jóváhagyása

A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanácsának 2011. október 4-ki határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi Bíráló Bizottságot jelölte ki:

BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:

Elnöke

Farkas József, MHAS

Tagjai

Biacs Péter, DSc

Hoschke Ágoston, CSc

Füleky György, DSc

Opponensek

Halász Anna, DSc

Somogyi László, PhD

Titkár

Zalán Zsolt, PhD

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS **3**
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS **7**
2.1. A fehér mustár (Sinapis alba L.) rendszertani besorolása és agrobotanikai jellemzése .. **7**
2.2. A mustármag beltartalmi jellemzői és azok élettani hatása **8**
2.1.1. A mustármag fehérjetartalma és aminosav összetétele 9
2.2.2. A mustármag olajtartalma és az olaj zsírsavösszetétele 11
2.2.3. A glükozinolát-mirozináz rendszer 14
2.2.4. A mustármag fenol vegyületei 19
2.2.5. A mustármag szénhidrát vegyületei 22
2.3. A mustármag felhasználásának lehetőségei a takarmányozás és az élelmiszeripar területén **24**
2.3.1. A mustármag felhasználásának lehetőségei az élelmiszeriparban 24
2.3.2. A mustármag felhasználási lehetőségei a takarmányozásban 30
2.3.3. A mustárallergia 31
2.4. A rádiófrekvenciás hőkezelés elmélete, és élelmiszeripari alkalmazása **33**
3. CÉLKITŰZÉS **39**
4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK **40**
4.1. Anyagok **40**
4.2. Módszerek **41**
4.2.1. Alkalmazott mintakezelési eljárások 41
4.2.1.1. Rádiófrekvenciás hőkezelés 41
4.2.1.2. Mintaelőkészítés 41
4.2.2. A mustármag beltartalmi jellemzőinek vizsgálata 41
4.2.2.1. A mustármagliszt nedvességtartalmának meghatározása 41
4.2.2.2. A mustármag fehérjetartalmának meghatározása 41
4.2.2.3. A mustárfehérje aminosav összetételének meghatározása 42
4.2.2.4. A mustár olajtartalmának meghatározása 42
4.2.2.5. A mustárolaj zsírsavösszetételének meghatározása 42
4.2.2.6. A tokoferol tartalom meghatározása 42
4.2.2.7. A polifenol tartalom meghatározása 43
4.2.2.8. A mustármag gyökfogó aktivitásának meghatározása 43
4.2.2.9. A mustármag glükozinolát tartalmának meghatározása 43
4.2.2.10. A mirozináz aktivitás meghatározása 43
4.2.2.11. A mirozináz enzim hőtűrésének vizsgálata 43
4.2.2.12. A rádiófrekvenciás technológiával hőkezelt mustármagvak csípősségének ízküszöb vizsgálata 44
4.2.2.13. A mustármag izotiocianát tartalmának meghatározása 44
4.2.3. Kolloid-kémiai tulajdonságok vizsgálata 45
4.2.3.1. Az emulgeáló tulajdonságok meghatározása 45
4.2.3.2. A zsírkötő képesség meghatározása 45
4.2.3.3. A vízkötőképesség meghatározása 45
4.2.3.4. A fehérjeoldhatóság vizsgálata 46
4.2.3.5. A gélképző tulajdonságok meghatározása 46
4.2.4. A mustárliszttel készített termékek vizsgálata 46
4.3. Az eredmények értékeléséhez alkalmazott statisztikai módszerek **47**
4.3.1. Varianciaanalízis (ANOVA) 47
4.3.2. Diszkriminancia analízis 47

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK 48
5.1. A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták beltartalmi összetételére 48
5.1.1. A mustárfajták fehérjetartalma és aminosav összetétele 48
5.1.2. A mustárfajták olajtartalma és a mustárolaj zsírsavösszetétele 51
5.1.3. A mustárolaj tokoferol tartalma 55
5.1.4. A mustárfajták glükozinolát tartalma 56
5.1.5. A mustárfajták mirozináz enzimaktivitása 58
5.1.6. A mustárfajták összes polifenol tartalma 60
5.1.7. A mustárfajták gyökfogó aktivitása 62
5.1.8. A mustárfajták lisztjének kolloid-kémiai tulajdonságai 65
5.1.9. A termőhely, az évjárat és a fajta hatása a mustármag jellemzőire 69
5.2. A csípősségmentes mustármagliszt előállítási technológiájának pontos paraméterei 73
5.2.1. Hőkezelési előkísérletek 73
5.2.2. A mirozináz enzim hőérzékenysége 77
5.2.3. A mirozináz enzim inaktiválásához szükséges hőkezelés paraméterei 82
5.3. A rádiófrekvenciás hőkezelés hatása a mustármag beltartalmi összetevőire 85
5.4. A csípősségmentes mustármagliszt alkalmazásának lehetőségei 91
5.4.1. A csípősségmentes mustármagliszt és a szójaizolátum, valamint keverékeik techno-funkciós tulajdonságai és gélképzése 91
5.4.2. A mustárliszt felhasználási lehetőségeinek vizsgálata húsipari termékekben 93
5.5. Új és újszerű tudományos eredmények 96
6. ÖSSZEFOGLALÁS 97
7. SUMMARY 101
M1. Irodalomjegyzék 105
M2-M23. mellékletek 124
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 147

1. BEVEZETÉS

A fehér mustár (*Sinapis alba* L.) jellegzetes aromája és gyógyító hatása miatt már az ókorban ismert fűszer- és gyógynövény volt. Az egyiptomiak fűszerként használták, a ma ismert ételízesítő elődjét a római korban készítették őrölt mustármag és must keverékéből, latin neve „mustum ardens", amelyből az ételízesítő elnevezése is származik. Pitagorasz a skorpiócsípés ellenszereként, Hippokratész vérkeringést serkentő és gyulladáscsökkentő hatása miatt gyógyászati célra alkalmazta. A Sinapis nevet a nagy római polihisztor, Plinius adta. A római korban termesztett növény volt, a csíranövényeket salátaként, a kifejlett növények leveleit pedig főzelékként fogyasztották Diocletianus császár idejében.

Őshazája a Földközi-tenger medencéje, de a XII. században már Európa-szerte ismerték, hozzánk német közvetítéssel került. A mai francia és angol területekre a római korban került, ételízesítőként való feldolgozása a XIII. században kezdődött Dijonban. A mustármagból készíthető ételízesítő feldolgozási technológiája, amelyet a XIX. századtól ipari méretekben is alkalmaznak, Mrs. Clements nevéhez fűződik.

A népi gyógyászatban a mustármag őrleményét pépes borogatóként használják. A mustártapasz elsősorban heveny ízületi fájdalmaknál, porckorong problémáknál és ideggyulladások esetén nyújt gyors segítséget. Házi szerként epe- és májbántalmakra, székrekedés és bőrkiütések gyógyítására, valamint érelmeszesedés megelőzésére használják.

Az utóbbi években a természetes antioxidáns vegyületek iránti igény növekszik, mivel a fogyasztók a szintetikus antioxidánsokat nem tekintik biztonságosnak, jobban bíznak a természetes vegyületekben. Klinikai kísérletek igazolták, hogy a fito-kemikáliákban gazdag élelmi anyagoknak erős antioxidáns hatása van, fogyasztásuk krónikus betegségek kialakulását és az öregedést gátolja. A mustármag, mint természetes konzerválószer régóta használatos felöntőlevekben és savanyított termékek esetén, valamint húskészítményekben ízfokozó anyagként. Gyakorlati tapasztalatok alapján a mustárliszt emellett gátolja néhány élesztő, penész és baktériumtörzs szaporodását. A mustármag ismert antioxidáns hatása részben polifenol tartalmával, részben tokoferol tartalmával magyarázható, így természetes antioxidánsként felhasználható lehet élelmiszerkészítményekben, ezáltal a szintetikus antioxidáns vegyületek élelmiszeripari felhasználása csökkenthető.

A különböző növényi metabolitokat (glükozinolát és polifenol vegyületek) antinutritív anyagokként tartották számon. Azonban, mint az utóbbi 30-40 év vizsgálatai mutatják, a glükozinolát és a polifenol másodlagos anyagcsere termékek, és néhány bomlástermékük kedvező biológiai aktivitást mutat.

A napjainkban is megjelenő, glükozinolát vegyületekkel foglalkozó publikációk nagy száma arra enged következtetni, hogy még számos újdonságot rejtenek magukban, főleg ha figyelembe vesszük, hogy az oldalláncuk szerkezetében különböző 120 ismert glükozinolát vegyület bomlástermékei eltérő biológiai aktivitást mutatnak. Epidemológiai tanulmányok alapján alátámasztható az a hipotézis, miszerint a zöldség- és gyümölcsfogyasztás növelésével csökkenthető bizonyos rákos megbetegedések kockázata, különösen a Keresztesvirágúak családjába tartozó növények fejtenek ki védőhatást a rákos megbetegedésekkel szemben. A Keresztesvirágú növények fogyasztása és egyes rákos megbetegedések (tüdő, hasnyálmirigy, húgyhólyag, prosztata, pajzsmirigy, bőr és gyomor) között inverz összefüggést mutattak ki. Az említett antikarcinogén hatást elsősorban a glükozinolát vegyületekből keletkező bomlástermékek okozzák (FAHEY et al., 2001).

Az élelmiszerek előállítása során, a termékek fehérjetartalmának növelésére, textúrájának és élvezeti értékének javítására, a termék nedvességtartalmának megőrzésére, a zsírral készített emulziók stabilitásának biztosítására, valamint a termék előállítása során kialakított gélek stabilitásának biztosítására nagy fehérjetartalmú adalékanyagokat, hagyományosan állati eredetű fehérjéket alkalmaznak. Az állati eredetű fehérjéket magas áruk miatt célszerű növényi eredetű fehérjékkel helyettesíteni, e célból hüvelyes magvakból (szója, borsó, repce) nagy fehérjetartalmú izolátumokat és koncentrátumokat állítanak elő. A mustár magjának kedvező táplálkozási értéke és kolloid kémiai tulajdonságai indokolják ezen értékes mag nagy volumenű élelmiszeripari felhasználását.

Az élelmiszer összetevők kémiai módosításával kapcsolatos fogyasztói aggodalom miatt a keményítő öregedési és gélesedési tulajdonságainak javítása és a szinerézis megelőzése érdekében kíméletesebb élelmiszeripari eljárásokat kell kifejleszteni. Egyedülálló stabilizáló hatásuknak köszönhetően a hidrokolloidok a figyelem középpontjába kerültek. Az új, hozzáadott értéket képviselő élelmiszerek iránti érdeklődés az ipar részéről rengeteg olyan tanulmányt eredményezett, amelyek a mustármagnyálka összetételével és fizikai tulajdonságaival foglalkoznak.

A mustár a mérsékeltövi klímán jól termeszthető, hazai termesztése gazdaságos. A mustármag élelmiszeripari és takarmányozási célokra való felhasználása érdekében szükséges a köztermesztésben lévő mustárfajták összetételének megismerése. Az előnyös kémiai összetétel ellenére a mustármag széleskörű felhasználását csípős íze, és olajának nagy erukasav tartalma akadályozza. A mustármag nagy erukasav tartalma nemesítéssel csökkenthető, ilyen fajta hazánkban is van köztermesztésben. A mustár csípős ízét a mirozináz enzim hatására a glukozinolát vegyületek hidrolízise során keletkező bomlástermékek okozzák, így a mirozináz enzim inaktiválásával e kedvezőtlen tulajdonság megszüntethető. A mirozináz enzim hőkezeléssel

inaktiválható, a hőkezelési technikák közül a kíméletes, energiatakarékos és környezetkímélő rádiófrekvenciás hőkezelési eljárást alkalmaztam a csípősségmentes mustárliszt előállítására.

A világ éves mustármag termelése 527 000 tonna, a legnagyobb termelő Kanada, ahol a termelt mennyiség évi 160 000 tonna. Jelentős mennyiségű mustármagot termel még Nepál, Ukrajna, Csehország, az Egyesült Államok és Németország. A termelt mustármag mennyiségét tekintve világviszonylatban Magyarország a 9., európai viszonylatban pedig a 3. hely körül állt 2002 és 2008 között.

A 2008-as hivatalos és becsült FAO adatok alapján Ázsia termelése 222 622 tonna, Amerikáé 179 728 tonna, Európáé 121 677 tonna, Afrikáé pedig 2 880 tonna volt.

A nemzetközi mustármagpiac- és termelés döntő mértékben a legfontosabb termelő ország, Kanada termelésétől függ. A mustármag piaci ára is ciklusosan változik, az ingadozás a kalászos gabona nemzetközi áringadozásához kapcsolható (MARKÓ et al., 2003).

1. táblázat: A magyar mustármag külkereskedelmi mutatói (2002-2008)

Év	**Export mennyiség (t)**	**Export érték (millió USD)**	**Import mennyiség (t)**	**Import érték (millió USD)**
2002	11 685	8 264	1 264	840
2003	8 551	6 542	1 679	928
2004	5 317	4 180	n.a.	n.a.
2005	6 931	4 557	n.a.	n.a.
2006	2 781	1 677	n.a.	n.a.
2007	3 172	2 829	n.a.	n.a.
2008	3 333	5 499	1 032	1 533

Forrás: FAOSTAT, © FAO Statistics Division, 2011. július 12.

n.a.: nincs adat (alacsony érték, ezért nem szerepel az adatbázisban)

Magyarország legfontosabb import cikke a szója pogácsa, melyből a 2002 és 2008 között eltelt időszakban évente átlagosan 723 445 tonnát importáltunk 217 millió USD értékben, így a mustármag felhasználása a szója részleges kiváltására a táplálkozástudományi és a technológiai szempontok mellett gazdaságossági oldalról is kedvező.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A fehér mustár (*Sinapis alba* L.) rendszertani besorolása és agrobotanikai jellemzése

A Magyarországon termesztett mustárfajok a Capparales (Kápvirágúak) rendjének Brassicaceae (Káposztafélék) családjába tartoznak. A fehér vagy angol mustár (*Sinapis alba* L.), a Sinapis, a fekete vagy francia mustár (*Brassica nigra* L.) és a szareptai orosz mustár (*Brassica juncea* L.) pedig a Brassica nemzetség fajai. A fehér mustárt használják szélesebb körben, a fekete mustárt csak magtermesztési célra vetik. Mindhárom mustárfajt kiváló méhlegelőnek tartják (MASIEROWSKA, 2003).

Őshazája a Földközi-tenger medencéje, de a XII. században már Európa-szerte ismerték, hozzánk pedig német közvetítéssel került.

1. ábra: A fehér mustár (*Sinapis alba* L.)

Szára hengeres, dudvás szár. Levelei szórt állásúak, szárnyasan szeldeltek, szélük fogazott (1. ábra). Gyökere vékony, karószerű, fehéres, alig elágazó. Négy darab virágszirma aranysárga színű. A fehér mustár hosszan virágzik, egy fürtön belül éppen nyíló virág és kifejlett becő is előfordul. Az április elején elvetett magból június elején virágzó állomány várható. Termése 3–4 milliméter vastag becő. A termés éréskor szalmasárga, szőrözött, a magvak körül kidudorodó. A becőben 3-6 fehéressárga mag található (EÖRY és NAGY, 1996).

A fehér mustár egyéves növény, viszonylag jól tűri a szárazságot, emellett melegtűrő is (BROWN et al., 1997). A fehér mustár a talaj iránt nem igényes, egyike azon fajoknak, amelyek homokon vagy sekély termőrétegű köves talajon is termeszthetőek. Kórokozója alig van, esetleg liszttharmat fertőzheti. Ellenálló a keresztesvirágúak alternáriás levélfoltosságával (*Alternaria brassicae* Berk.) szemben (HANSEN és EARLE, 1997), valamint a plazmodiofórás gyökérgolyvával (*Plasmodiophora brassicae* Wor.,) szemben is (LELIVELT et al., 1993). Kártevői a repcedarázs és a repcefénybogár, de a répa fonálféreg (*Heterodera schantii* Schm.) és a káposztabolha fajok (*Phyllotreta* sp.) nem támadják meg (BODNYRAK és LAMB, 1991).

2.2. A mustármag beltartalmi jellemzői és azok élettani hatása

A mustármag, hasonlóan az élemiszeriparban felhasznált olajos magvakhoz, nagy fehérje- és olajtartalmánál fogva táplálkozás-tudományi szempontból kiváló élelmiszer, és élelmiszer adalékanyag, valamint takarmány lehet. A mustármag 28-36% kiegyensúlyozott aminosav összetételű fehérjét tartalmaz, nagy energia tartalma pedig a fajtától függő 25-32% olaj tartalommal hozható összefüggésbe. A mustár az olajnövények erukasav csoportjába tartozik, melyek nem száradó vagy gyengén száradó nagy erukasav tartalmú olajokat tartalmazó növények. A mustárolajat alkotó zsírsavak csaknem teljes egészében telítetlen zsírsavak, amelyeknek nagy jelentőséget tulajdonítanak a zsírok leépítésében, a szénhidrát-anyagcserében, és a vércukorszint mérséklésében. A mustármag az olajos magvú növényekhez hasonlóan fenol vegyületekben gazdag. Az olajos magvakra jellemző fő fenol vegyületek közül a fenolsav és a fahéjsav, valamint azok származékai fordulnak elő jellemzően a mustárban. A mustár antioxidáns hatása részben polifenol tartalmával, valamint magas tokoferol tartalmával magyarázható.

A mustármag több olyan vegyületet tartalmaz, amely az egészségmegőrzés, és néhány betegség gyógyításában is szerepet játszhat. A mustár csípős ízét okozó, a glukozinolát vegyületekből az endogén mirozináz enzim hatására keletkező vegyületek nemcsak a mustár aromáját alakítják, hanem antikarcinogén hatásuk in vitro és in vivo kísérletek alapján is igazolt.

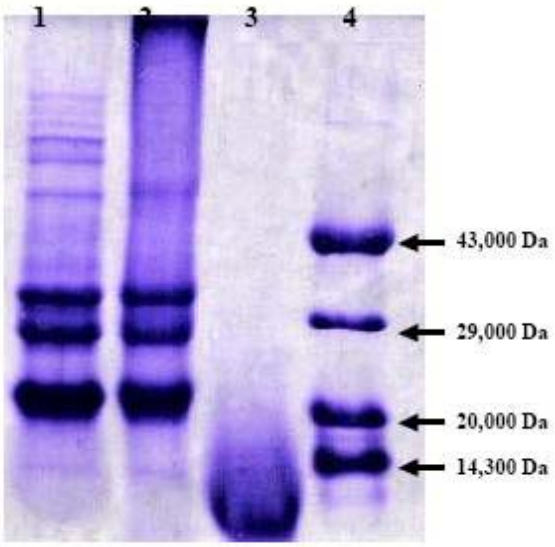
A mustárliszt kedvező táplálkozási értéke és aromája mellett kiváló kolloidkémiai tulajdonságokkal is rendelkezik. Jó emulgeáló tulajdonságánál fogva stabilizálja az olaj-víz emulziót, víz- és zsírkötő képessége jó. A mustárliszt, mint természetes konzerválószer gátolja néhány élesztő-, penész- és baktérium törzs szaporodását is.

2.1.1. A mustármag fehérjetartalma és aminosav összetétele

A mustármag értékes fehérjeforrás, mely jól kiegyensúlyozott aminosav összetétellel jellemezhető (OHLSON és ANJOU, 1979). A fehér mustár szárazanyag tartalomra vonatkoztatott fehérjetartalma KATEPA-MUPONDVA és munkatársai (2005) szerint 37,2%. A mustármag fehérjetartalma a repce 22,8%-os fehérjetartalmához képest szignifikánsan magasabb (DECLERCQ, 2003).

A termesztés során a fehér mustár fehérjetartalmát AHMAD és ABDIN (2000) szerint a talaj kéntartalma befolyásolja, mivel a nitrát reduktáz enzim részt vesz azokban a folyamatokban, melyek során a növény által felvett nitrogén aminosavakká, következésképpen fehérjékké alakul. A kén másrészt a metionin alkotóeleme is, amely az eukariótáknál a fehérjeszintézis kezdő aminosava.

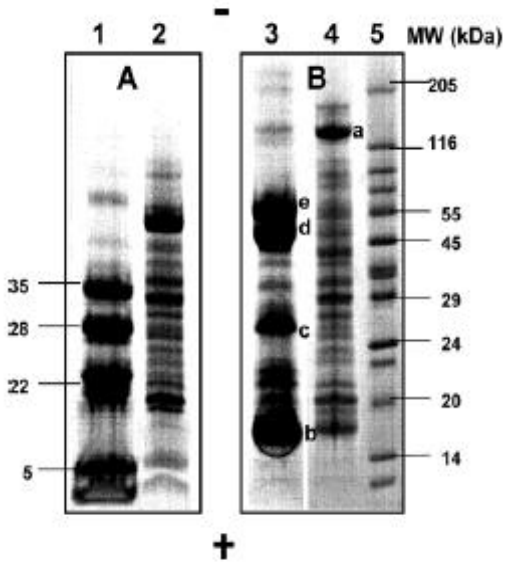
A mustárfehérje albumin és globulin frakcióit MARCONE és munkatársai (1997) vizsgálták. Eredményeik szerint a mustár globulin két különböző molekulatömegű frakcióból áll, melyek molekulatömege 490 kDa illetve 304 kDa. A két globulin frakció aránya kb. 1:1, ez lényegesen meghatározza a fehérje oldhatóságát és a mustárfehérje kolloidkémiai tulajdonságait (turbiditás, viszkozitás).



2. ábra: Tisztított és zsírtalanított mustármag őrlemény (1), fehérje izolátum (2), fehérje hidrolizátum (3), standard molekulasúlyú fehérjék (4) SDS-PAGE-val történő elválasztása

A héjától megtisztított és zsírtalanított mustármag őrleményt, a fehérje izolátumot és a fehérje hidrolizátumot SADEGHI és BHAGGYA (2009) szeparálta nátrium-lauril szulfát jelenlétében végzett poliakrilamid gélelektroforézissel (2 ábra). A tisztított, zsírtalanított őrlemény (1) fehérje-mintázatában 3 fő intenzív sáv látható, melyek a 34 kDa, 28 kDa és 20 kDa molekulatömegnél mutatkoznak, ezenkívül látható még 8 kevésbé intenzív sáv is a 33 kDa és 66 kDa közötti tartományban. Az említett intenzív sávok a fehérje izolátum mintázatában szintén megtalálhatóak. A fehérje hidrolízis során a fehérjekomponensek molekulatömege csökkent, ezért a fehérje hidrolizátum (3) komponensei nem szeparálódtak. GUGURAJ RAO és NARASINGA RAO (1981) mustár és repce fehérjetartalmának

SDS–PAGE–val történő szeparálása során hasonló eredményt kaptak, a fő intenzív sávok a 34 kDa, 27 kDa és 20 kDa molekulatömegnél mutatkoztak.



3. ábra: A mustárfehérje sóoldható frakciójának SDS-PAGE-val történő elválasztása A) merkaptoetanollal kezelt kálcium oldható fehérje izolátum (1) a kálciummal kicsapott fehérje izolátum (2), B) merkaptoetanol nélkül kezelt kálcium oldható fehérje izolátum (3), és a kálciummal kicsapott fehérje izolátum (4), standard molekulasúlyú fehérjék (5)

ALUKO és munkatársai (2004) kísérleti munkájuk során a mustármagban található sóoldható fehérjefrakciót SDS ploiakrilamid gélen szeparálták, a mintaelőkészítés redukálószerrel, valamint redukálószer (merkaptoetanol) alkalmazása nélkül történt. A szeparált fehérjék SDS-PAGE képe a 3. ábrán látható. A kálcium sóoldható fehérje izolátumban merkaptoetanol alkalmazása nélkül (3) négy fehérje frakció választható el, melyek molekulatömege 15 kDa (b), 28 kDa (c), 50 kDa (d), és 55 kDa (e), a kálciummal kicsapott fehérje izolátumban merkaptoetanol alkalmazásával (2) viszont egy 130 kDa (a) molekulatömegű frakció fordult elő nagyobb mennyiségben. Merkaptoetanol alkalamzása után a kálcium oldható fehérje izolátumban (1) csökkent a 15 kDa, 50 kDa és az 55 kDa molekulatömegű fehérjefrakciók mennyisége.

Az említett három fehérje frakció a kálciummal kicsapott fehérje izolátumban kisebb mennyiségben van jelen. Az eredmények alapján feltételezhető, hogy ezek a frakciók kisebb, diszulfid hidakkal kapcsolódó polipeptid alegységekből épülnek fel.

Az elmúlt évtizedekben számos tanulmány jelent meg, melyben arról számolnak be a szerzők, hogy az állati eredetű fehérje (például a kazein) koleszterinszint növelő és aterogén hatása nagyobb a növényi eredetű fehérjékhez viszonyítva (BALMIR et al., 1996; LICHTENSTEIN, 1998; TOVAR-PALATIO et al., 1998). KRITCHEVSKY (1979) kutatásai alapján feltételezte, hogy a fehérjében a lizin és arginin magas aránya vezethet érelmeszesedéshez. RAJAMOHAN és KURUP (1997) patkánykísérleteik során megállapították, hogy az alacsony lizin/arginin arány csökkenti a koleszterinszintet.

A kazein és a mustármagból celluláz enzimes kezeléssel kinyerhető fehérjében gazdag frakció aminosav összetételét SEN és BHATTACHARYYA (2003) hasonlította össze. A lizin mennyisége a mustármag fehérjében gazdag frakciójában alacsony a kazeinéhoz képest, de ez a mennyiség megfelel a FAO ajánlásainak (FAO/WHO/UNI, 1985). A mustármag fehérje gazdag

frakciója több arginint tartalmaz, mint a kazein. A többi aminosav, mint például az izoleucin, leucin, fenialalnin és tirozin, metionin, treonin valin és triptofán is megfelel a FAO által ajánlott értékeknek.

A fehér mustár fehérje tartalma magas esszenciális aminosav tartalmának köszönhetően táplálkozás élettani szempontból kedvező, hasonlóan a repcéhez (BELL et al., 2000) és a szójához (SARWAR et al., 1981).

CZUKOR és munkatársai (2001) a mustárfehérje biológiai értékének meghatározásakor azt találták, hogy a mustárfehérje limitáló aminosava a valin. Állatetetési kísérleteik szerint a mustárfehérje biológiai értéke a szójakoncentrátum biológiai értékéhez hasonló (2. táblázat).

2. táblázat: A tejfehérje, a szójakoncentrátum és az RF kezelt mustárliszt biológiai értéke (Czukor és munkatársai, 2001)

	NPU	TD	NPR	BV
UF-80 savófehérje				
1.	70,64	89,91	25,14	78,57
2.	83,93	94,64	26,47	88,68
Szója koncentrátum				
1.	62,16	85,59	22,25	72,63
2.	66,14	91,34	25,04	72,41
RF kezelt mustárliszt				
1.	52,99	71,79	24,19	73,81
2.	62,50	71,67	24,00	87,21

Az őrölt mustármagliszt zsírtalanítása után visszamaradó mustárliszt fehérjetartalma 45−50%. E nagy fehérjetartamú, kedvező összetételű anyag előnyösen alkalmazható adalékanyagként élelmiszeripari termékekben (SCHUSTERNÉ et al., 2004).

2.2.2. A mustármag olajtartalma és az olaj zsírsavösszetétele

A mustárolaj magas erukasav tartalma (C22:1) negatívan befolyásolja a mustárliszt humáncélú és állati takarmányként való hasznosíthatóságát. Az erukasav egyszeresen telített, hosszú szénláncú zsírsav, mely az emberi szervezet számára nem emészthető. ALI és munkatársai (2009) szerint nagy mennyiségben történő fogyasztása esetén az erukasav káros hatással lehet a szív szöveteire. Kínában a mustárolaj fogyasztók körében a szívizom elfajulása abban az esetben volt megfigyelhető, ha a mustárolaj fogyasztása meghaladta a heti 150 ml mennyiséget (WATKINS és munkatársai, 1995).

Hazánkban eredményes kísérleti munka folyik alacsony erukasav tartalmú (4-5%) mustárfajták nemesítésére, a fajtajelöltek állami elismertetése után kedvező zsírsav összetételű mustárfajták termesztése lehetséges.

HOLMES és BENETT (1979) szerint a mustárolaj zsírsavösszetétele genetikailag szabályozott jellemező, de a talaj nitrogéntrágyázásával kis mértékben befolyásolható. AHMAD és ALI (2000) a zsírsavösszetétel kívánt változását nitrogén és kén megfelelő arányú alkalmazásával érte el, melynek következményeként a táplálkozásélettani szempontból kedvezőtlen erukasav mennyisége csökkent a mustárolajban, az egészségmegőrző hatású olajsav és linolénsav tartalom pedig növekedett. DHANKAR és munkatársai (1995) a nitrogéntrágyázás hatására bekövetkező olajtartalom növekedésről számoltak be.

YANIV és munkatársai (1995) szerint a mag érése során a hőmérséklet befolyásolja a mustárolaj mennyiségét és zsírsav összetételét. Általánosságban elmondható, hogy a száraz, meleg körülmények növelik a képződő telített zsírsavak mennyiségét, míg hidegebb, nedves körülmények között a többszörösen telített zsírsavak keletkeznek nagyobb mennyiségben. A hőmérséklet emelkedésével a mustárolaj mennyiségének növekedése figyelhető meg. MARQUARD és munkatársai (1985) a hőmérséklet növekedésével a mustárolaj erukasav tartalmának csökkenését tapasztalták, miközben az olajsav tartalom és a linolsav (C18:2) tartalom növekedett, a linolénsav tartalom mennyisége pedig változatlan maradt.

PRAKASH és munkatársai (2003) különböző növényi olajok zsírsavösszetételét hasonlították össze (2. táblázat). A 3. táblázat adatai alapján a mustárolaj főként egyszeresen telítetlen zsírsavakat tartalmaz (70g/100g), többszörösen telítetlen zsírsav tartalma 22g/100g (linolsav és linolénsav), telített zsírsav tartalma pedig 8g/100g.

3. táblázat: Különböző növényi olajok zsírsavösszetétele (g/100g) (PRAKASH et al., 2003)

Növényi olaj	Telített zsírsavak	Egyszeresen telítetlen zsírsavak	Linolsav	Linolénsav
Mustárolaj	8	70	12	10
Szójaolaj	15	27	53	5
Olíva olaj	13	76	10	<0,5
Napraforgó olaj	13	27	60	<0,5
Kukoricaolaj	12	32	55	1

A különböző növényi olajok zsírsavösszetételét összehasonlítva megállapították, hogy a mustárolaj tartalmazza a legkevesebb telített zsírsavat, a legmagasabb telített zsírsav tartalma pedig a szójaolajnak volt. A szójaolaj palmitinsav (C16:0) tartalma 12%, ez az arány meghaladja a Food Chemical Codex által javasolt 6%-os értéket.

RATNESAR és munkatársai (2000) szerint napjainkban a nyugati kultúra étkezési szokásai miatt az ω-3 zsírsav bevitel alacsony, és ez a jelenség az ω-3 és ω-6 zsírsavak egyensúlyának felborulásához vezetett. A mustárolaj a többszörösen telítetlen zsírsavak szempontjából is előnyösebb a 2. táblázatban bemutatott növényi olajokhoz viszonyítva. Magas linolénsav (C18:3) tartalmának köszönhetően a mustárolaj táplálkozástudományi szempontból kedvező arányban tartalmazza az ω-3 és ω-6 zsírsavakat. Az ω-3 és ω-6 többszörösen telítetlen zsírsavak rákmegelőző hatásuk mellett csökkentik néhány autoimmun betegség tüneteinek súlyosságát, emellett a vér koleszterinszintje csökkenthető, ha a telített zsírsavakat többszörösen telítetlen zsírsavakkal helyettesítjük az étrendben (FREESE és MUTANEN, 1997). Az ω-6 zsírsavak érelmeszesedés gátló hatással rendelkeznek, az ω-3 zsírsavak pedig gátolják a trombózis kialakulását. Az ω-3 és ω-6 zsírsavak megfelelő arányú bevitele elengedhetetlen fontosságú a szív egészségének megőrzésében. A szívbetegségek kockázatának csökkentése érdekében ENAS (1997) szerint az ω-3 és ω-6 zsírsavak fogyasztása 4:5 arányban javasolt, MAKRIDES és munkatársai (2000) pedig az 1:1 arányt tartják optimálisnak az ω-3 és ω-6 zsírsavak fogyasztása esetén.

CHANG és HUANG (1998) szerint azok a növényi olajok, amelyek nagy mennyiségben tartalmaznak az egyszeresen telített zsírsavak közül olajsavat (C18:1), csökkentik a vér LDL koleszterin szintjét, emellett az olaj stabilitását is növeli a magas olajsav tartalom.

A növényi olajok oxidatív stabilitásának megőrzésében fontos szerepet játszanak az antioxidáns vegyületek, ennek is köszönhető, hogy az olajos magvak a növényi antioxidánsok fő forrását képezik. SHAHIDI (2000) szerint az antioxidánsok, különösen a tokoferol mennyisége a növényi olajok esetében nagy mértékben összefügg az olajban található telítetlen zsírsavak arányával, mely a jódszámmal fejezhető ki.

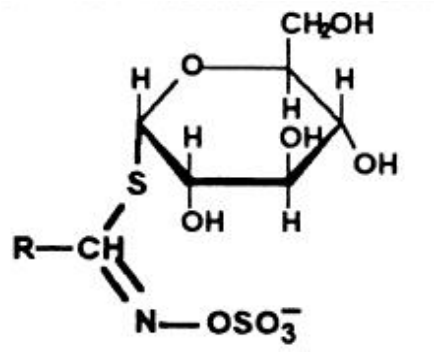
Magas telítetlen zsírsav tartalma ellenére az érett mustármag olajtartalma és zsírsavösszetétele 6 hónapig változatlan marad 0 és 50 °C között tárolva (YANIV et al 1995). PEGG és AMAROWICZ (2009) szerint a mustárolaj oxidatív stabilitása tokoferol tartalmával magyarázható. A mustárolajban található tokoferolok antioxidáns tulajdonságát MATTHÄUS és munkatársai (2006) olajban, valamint emulzió rendszerekben is kimutatták. Az emulziók autooxidációjának megelőzésében a γ-tokoferol hatékonyabb az α-tokoferolhoz viszonyítva (WAGNER, et al., 2004).

A mustárolaj polifenol vegyületeket is tartalmaz, melyek szintén rendelkeznek antioxidáns aktivitással. A szinapinsav származékok THIYAM és munkatársai (2006) szerint olaj rendszerekben a γ-tokoferollal együtt szinergikus antioxidáns hatást fejtenek ki.

2.2.3. A glükozinolát-mirozináz rendszer

Epidemológiai tanulmányok alapján alátámasztható az a hipotézis, miszerint a zöldség- és gyümölcsfogyasztás növelésével csökkenthető bizonyos rákos megbetegedések kockázata (FAHEY et al, 2001; GÓRALSKA et al., 2009). FINLEY (2003) szerint különösen a Keresztesvirágúak családjába tartozó növények fejtenek ki védőhatást a rákos megbetegedésekkel szemben. A Keresztesvirágú növények fogyasztása és egyes rákos megbetegedések (tüdő, hasnyálmirigy, húgyhólyag, prosztata, pajzsmirigy, bőr és gyomor) között VERHOVEN (1996) és munkatársai inverz összefüggés mutattak ki. Az említett antikarcinogén hatást elsősorban a glükozinolát vegyületekből keletkező bomlástermékek okozzák (FAHEY et al., 2001; SONG és THORNALLEY, 2007).

A glükozinolát vegyületek, melyek a legnagyobb mennyiségben a keresztesvirágú növényekben fordulnak elő, β-tioglikozid N-hidroxiszulfátok, vagy másként elnevezve S–glükopiranozil tiohidroximátok (FAHEY et al, 2001). A glükozinolátok másodlagos anyagcseretermékek az aminosavakból keletkező másodlagos anyagcseretermékek, prekurzoruk 8 aminosav lehet (WINDE és WITTSTOCK, 2011).



4. ábra: A glükozinolát molekula

A glükozinolát molekulában (4. ábra) a cukorrész β–D–glükóz, az aglikon rész szerkezete pedig a prekurzor aminosav alapszerkezetétől függően alifás, aromás, vagy indol lehet. Alifás aglikon rész a metionin származékoknál fordul elő, a fenilalanin és a tirozin származékok aglikon része aromás, a triptofán származékokban pedig indol aglikon rész található (CHEN és ANDREASSON, 2001; CISKA és KOSLOWSKA, 1998).

MORRA és BOREK (2010) szerint 120 szerkezetileg különböző glükozinolát vegyületet ismerünk. A glükozinolátok szerkezetének változatosságát az oldallánc (R) okozza, mely lehet egyenes vagy elágazó alkil, valamint ω-metiltiooalkil, aril vagy heterociklikus szerkezetű (CHEN és ANDREASSON, 2001)

Az összes glükozinolát tartalom és a glükozinolát összetétel genetikailag meghatározott tulajdonság, specifikusan jellemző az egyes növényfajokra, de az éghajlat, a talajadottságok és a

termesztési körülmények is befolyásolhatják a glükozinolát összetételt (CISKA és KOSLOWSKA, 1998; WINDE és WITTSTOCK, 2011). FAHEY és munkatársai (2001) szerint az egyes fajták általában kevés, 12-nél kevesebb glükozinolát vegyületet tartalmaznak. A fehér mustárban különböző módszerekkel elválasztott glükozinolát vegyületeket a 4. táblázatban foglaltam össze.

Az intakt glükozinolát vegyületek nem mutatnak biológiai aktivitást. Nem illékony, hidrofil vegyületek, kálium só formájában halmozódnak fel a növények vakuólumaiban. (FINLEY, 2003; GRUBB és ABEL, 2006).

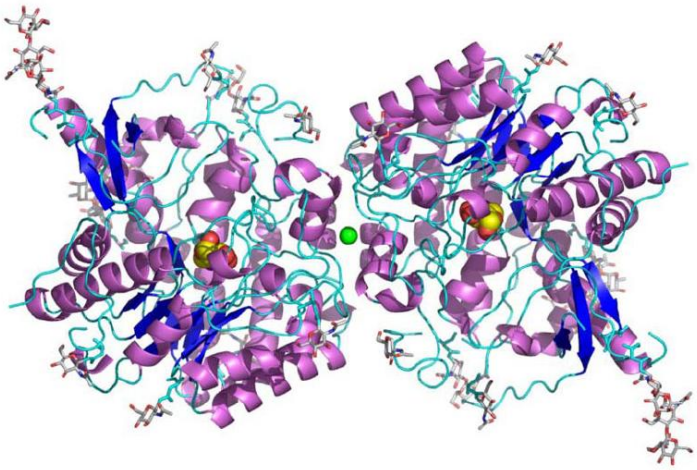
4. táblázat: A fehér mustár glükozinolát vegyületei

Triviális név	Kémiai név	Forrás
Alifás		
Glükokelarin	1-metilpropil glükozinolát	FAHEY et al., 2001
Glükonapin	3-butenil glükozinolát	FAHEY et al., 2001
Progoitrin	2-hidroxi-3-butenil glükozinolát	FAHEY et al., 2001 VELÍSEK et al, 1995
Glükobrasszikanapin	4-pentenil glükozinolát	FAHEY et al., 2001
Szinigrin	2-propenil glükozinolát	CISKA et al, 2008 GÓRALSKA et al, 2009
Aromás		
Glükotropaelin	benzil glükozinolát	FAHEY et al., 2001
[Glüko]szinalbin	4-hidroxibenzil glükozinolát	CISKA et al, 2008 FAHEY et al., 2001 GÓRALSKA et al, 2009 VELÍSEK et al, 1995
Glükonaszturtiin	2-feniletil glükozinolát	FAHEY et al., 2001
Indol		
Glükobrasszicin	indol-3-ilmetil glükozinolát	CISKA et al, 2008 FAHEY et al., 2001 GÓRALSKA et al, 2009 VELÍSEK et al, 1995
Neoglükobrasszicin	1-metoxiindol-3-ilmetil glükozinolát	CISKA et al, 2008 FAHEY et al., 2001
4-hidroxiglükobrasszicin	4-hidroxiindol-3-ilmetil glükozinolát	CISKA et al, 2008 VELÍSEK et al, 1995
4-metoxiglükobrasszcin	4-metoxiindol-3-ilmetil glükozinolát	CISKA et al, 2008 GÓRALSKA et al, 2009
Kéntartalmú		
Glükoerucin	4-(metiltio)butil glükozinolát	FAHEY et al., 2001
Glükoiberverin	3-(metiltio)propil glükozinolát	FAHEY et al., 2001 GÓRALSKA et al, 2009 VELÍSEK et al, 1995

VAN EYLEN és munkatársai (2006) szerint minden glükozinolát tartalmú növény egyúttal mirozináz enzimet is tartalmaz. A mirozináz enzim az adott növényre jellemző specifikus

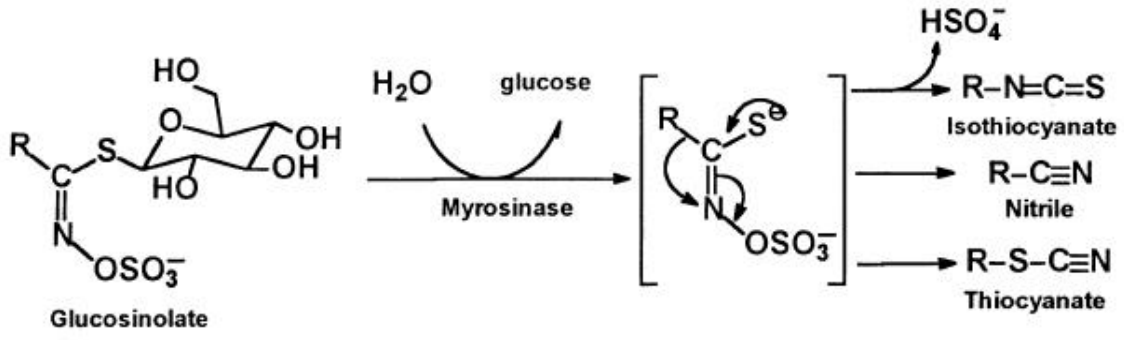
β–tioglükozidáz (GRUBB és ABEL, 2006; KEUM et al, 2004), tioglikozid glükohidroláz (EC 3.2.1.147). (FENWICK és HEANEY, 1983; OERLEMANS et al., 2006).

A mirozináz enzim szerkezeti képe az 5. ábrán látható. A dimer, melynek alegységei egy cink atomon keresztül kapcsolódnak, a glükozidáz enzim családra jellemező $(\beta/\alpha)_8$ harmadlagos szerkezetet veszi fel (BONES és ROSSITER, 2006).



5. ábra: A mirozináz enzim szerkezete (BONES és ROSSITER, 2006)

A mirozináz enzim a szubsztrátjától elkülönített helyen, a növény mirozin sejtjeiben található (FAHEY et al., 2001; WINDE és WITTSTOCK, 2011). A növényi sejtek sérülése esetén, mint például vágás vagy darálás következtében, illetve a növényi részek elrágása során a mirozináz enzim kapcsolatba lép a glükozinolát vegyületekkel és a hidrolízis gyorsan lejátszódik (CHEN és ANDREASSON, 2001; HWANG et al., 2006). A glükozinolát vegyületek mirozináz enzim hatására bekövetkező hidrolízise a 6. ábrán látható. A gyors hidrolízis során nagy mennyiségben szabadulnak fel a különböző bomlástermékek, ezért a növény sérülése során aktiválódó glükozinolát-mirozináz rendszert, amely a növény védekező rendszere, sok esetben mustárolaj bombaként említi a szakirodalom (GRUBB és ABEL, 2006; MATILE, 1980; WINDE és WITTSTOCK, 2011).



6. ábra: A glükozinolát vegyületek hidrolízise (FAHEY et al., 2001)

A hidrolízis során a glükozinolát vegyületekből a β-D-glükóz rész felszabadul, és az instabil aglikon rész azonnal tovább bomlik. A különböző bomlástermékeket először mustárolajként nevezték el (BUSY, 1840; GRUBB és ABEL, 2006). A szulfátion kilépése után a különböző bomlástermékek szubsztituált izotiocianátok, nitrilek, tiocianátok, epitionitrilek és oxazolidin tionok lehetnek (CISKA és KOSLOWSKA, 1998; MORRA és BOREK, 2010; VAUGHN és BERHOW, 2005). A hidrolízis termékek kialakulása függ a szubsztrát oldalláncának szerkezetétől és a reakció körülményeitől. A közeg pH-ja, hőmérséklete, valamint aszkorbinsav, Fe^{2+} ionok és egyes fehérjék, mint például az epitiospecifier protein jelenléte szintén befolyásolja, hogy mely bomlástermékek keletkeznek a reakció során. A glükozinolát vegyületek hidrolízise végbemehet nem enzimes úton is, bomlásuk kémiai úton és hő hatására is lejátszódhat (BONES és ROSSITER, 2006; FAHEY et al., 2001; OERLEMANS et al., 2006; VAN EYLEN, 2006).

A fehér mustár fő glükozinolát vegyülete a szinalbin. VAUGHN és BERHOW (2005) különböző növények esetén vizsgálták a glükoiznolátok kémiai bomlása során keletkező vegyületeket. Eredményeik szerint a Tris pufferrel (pH=10), foszfát pufferrel (pH=7) és 0,1M HCl (pH≅2) oldattal történő kezelés hatására a szinalbinból főként 4-hidroxibenzil izotiocianát bomlástermék keletkezik. Extrém savas közegben, 2 M HCl oldatban több bomlástermék keletkezett, melyek közül a 4-hidroxibenzil nitril fordult elő a legnagyobb mennyiségben.

A glükozinolátok a keresztesvirágú növények aroma-prekurzorai, bomlástermékeik alakítják ki a keresztesvirágú növények jellegzetes ízét és aromáját (DAS et al., 2000; FENWICK et al., 1983). A barna mustár és a fehér mustár eltérő íze annak köszönhető, hogy a barna mustárban található szinigrin bomlásterméke, az allil-izotiocianát illékony vegyület, a szinalbinból keletkező 4-hidroxibenzil-izotiocianát pedig nem illékony (VELÍŠEK, et al, 1995).

A glükozinolátok bomlástermékei a kiindulási vegyülettől függően eltérő biológiai aktivitást mutatnak. A humán táplálkozás területén egészségvédő tulajdonságokkal rendelkezhetnek, antikarcinogén és tumorellenes hatásúak (GRUBB és ABEL, 2006; VAN EYLEN et al., 2006; VAUGHN et al., 2005) és fontos szerepet játszanak a szívbetegségek megelőzésében (WU et al, 2004), ugyanakkor a progoitrin egyik bomlásterméke golyvaképző hatású (FAHEY et al., 2001).

A növényi szervezetekben a glükozinolátok biológiailag aktív bomlástermékei általában a növényi védekező rendszer komponensei a különböző rovarokkal és növénykártevőkkel szemben, de viselkedhetnek attraktánsként is (CHEN és ANDREASSON, 2001; RASK et al., 2000), emellett részt vesznek az auxin homeosztázis szabályozásában. A glükozinolát vegyületek eloszlása a növényen belül nem egyenletes, a növényi védekezésben betöltött szerepükből adódóan a reproduktív szervekben nagyobb koncentrációban halmozódnak fel, míg a vegetatív szervekben csak kisebb mennyiségben vannak jelen (GRUBB és ABEL, 2006). MORRA és BOREK (2010)

szerint a növények magjában koncentrálódnak legnagyobb mennyiségben a glükozinolátok. A keresztesvirágú növények humán fogyasztásra alkalmas részeiben felhalmozódó glükozinolát vegyületek mennyiségét FENWICK és munkatársai (1983) nyomán az 5. táblázat mutatja be.

5. táblázat: Keresztesvirágú növények humán fogyasztásra alkalmas részeinek glükozinolát tartalma, mg/100g (FENWICK et al., 1983).

Keresztesvirágú növény	**Glükozinolát tartalom, mg/100g**
Fehér mustár	4510 – 8230
Barna mustár	3370 – 6030
Fekete mustár	3281 – 5980
Brokkoli	45,0 – 148,0
Karfiol	27,0 – 83,0
Karalábé	13,0 – 20,0
Fehér retek	7,0 – 21,0
Vörös retek	9,0 – 13,0

SINGH és munkatársai (2004) szerint a keresztesvirágú növények egészségre gyakorolt hatása nagyon eltérő. A repce fő glükozinolát vegyülete, a progoitrin hidrolízise során keletkező bomlástermékek közül az instabil tiocianát spontán 5-viniloxazolidin-2-tion gyűrűvé záródik, mely gátolja a pajzsmirigyben a jód hasznosítását, ezáltal golyvaképző hatású (BONES és ROSSITER, 2006; CISKA és KOSLOWSKA, 1998; FAHEY et al., 2001). A fehér mustárban a szinalbin az összes glükozinolát tartalom 99%-át teszi ki, ezzel szemben a repce összes glükozinolát tartalmának 55%-a progoitrin (CISKA et al., 2008).

A glükozinolát bomlástermékek gátolják bizonyos gombák és egyes mikroorganizmusok szaporodását is (CISKA és KOSLOWSKA, 1998). GÓRALSKA és munkatársai (2009) fehér mustár, fehér káposzta, vörös retek és brokkoli kivonatának fungicid aktivitását vizsgálták. Eredményeik szerint a mustárból készített kivonat a flukonazollal azonos méretű gátlási zónát hoz létre.

A glükozinolát vegyületek bomlástermékei közül elsősorban az izotiocianátok jellemezhetők antikarcinogén hatással (FAHEY et al., 2001; HWANG et al., 2006; KEUM et al., 2004; OERLEMANS et al., 2006). Antikarcinogén hatásukat kifejthetik gátló anyagként, mert a mutagén anyag felvétele után gátolják a karcinogének létrejöttét. Blokkoló szerekként csökkentik a karcinogén vegyületek metabolikus aktivitását, modulálják az I. (citokróm P450) és II. (kinon-reduktáz, glutation-transzferáz,) típusú metabolizáló enzimek expresszióját. Szupresszáló szerekként az iniciált sejtek malignus transzformációját akadályozzák meg, és a neoplasztikus sejtek esetén apoptózist indukálhatnak (CISKA és KOSLOWSKA, 1998; GÓRALSKA et al, 2009; HWANG et al., 2006; KEUM et al., 2004; OERLEMANS et al., 2006). TAWFIQ és munkatársai

(1995) szerint a szinalbin 4-hidroxibenzil izotiocianát bomlásterméke a II. típusú metabolizáló enzimeket indukálja.

VAN EYLEN és munkatársai (2006) szerint a növényi részek hőkezelése során az endogén mirozináz enzim inaktiválódik, így nem képes a glükozinolát vegyületek bontására. Bizonyos baktériumok rendelkeznek mirozináz aktivitással, mint például a humán és az állati emésztő rendszer mikroflórájának egyes baktériumai, melyek a hőkezelés után a maradék glükozinolát vegyületek hidrolízisében szerepet játszanak (SMITH et al., 2003; ELFOUL et al., 2001). ELFOUL és munkatársai (2001) patkánykísérletekkel, SHAPIRO és munkatársai (1998) pedig humán kísérletekkel igazolták, hogy a bél alsó traktusában található baktériumok hatására izotiocianát bomlástermékek keletkeznek a glükozinolátokból.

2.2.4. A mustármag fenol vegyületei

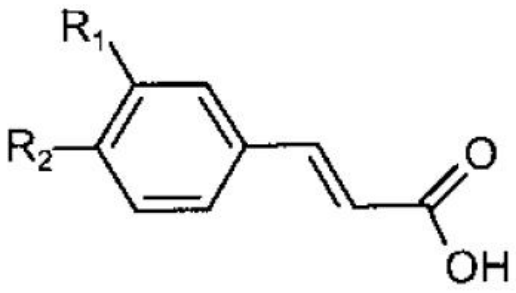
A növényi fenolvegyületek aromás másodlagos metabolitok, melyek a fenilalaninból, ritkább esetben a triptofánból keletkeznek. A polifenolok közé sorolhatók az egyszerű fenolok, fenolsavak, flavonoidok, antocianinok, stilbének, tanninok, lignánok és ligninek, valamint ezek származékai és polimerizált vegyületei (SHAHIDI, 2000). 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 növénycsaládra vagy fajra jellemző tulajdonságokat alakítanak ki (SCHUSTERNÉ et al., 2004; SINGH et al., 2004).

A polifenol szerkezettel rendelkező vegyületek megkülönböztethetők a fenolgyűrűk és a hidroxilcsoportok száma és elhelyezkedése, valamint a kapcsolódó komponensek szerint (MANACH et al., 2004). A szerkezetükből adódó sokféleségnek köszönhetően ez idáig több, mint 8000 természetes polifenol vegyületet azonosítottak (HAVSTEEN, 2002).

Az olajos magvú növényekben, melyek SHAHIDI (2000) 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 (DABROWSKI és SOSULSKI, 1984). MANACH és munkatársai (2004) szerint a fenolsavak csoportja két alcsoportra osztható: a benzoesav és a fahéjsav származékaira (7. ábra).

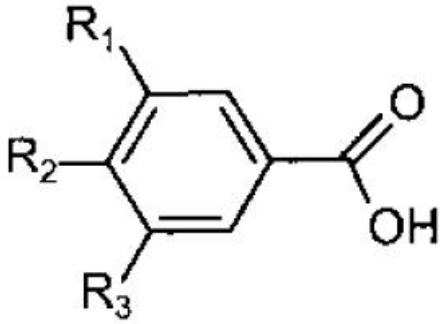
7. ábra: A fenolsavak szerkezete (MANACH et al., 2004)

Hidroxifahéjsav származékok



R_1=R_2= OH, R_3=H: Protokatechinsav
R_1=R_2=R_3=OH: Galluszsav

Hidroxibenzoesav származékok



R_1=OH: Kumársav
R_1=R_2=OH: Kávésav
R_1=OCH_3, R_2=OH: Ferulasav

A mustármagliszt fenolvegyületeinek mennyiségi összetétele DABROWSKI és SOSULSKI (1984) munkája alapján a 6. táblázatban olvasható. 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.

6. táblázat: A mustármag fenolvegyületei, DABROWSKI és SOSULSKI (1984)

Fenolsav	**mg/100g mustármagliszt**
p-hidroxibenzoesav	270,6
vanillinsav	nyomokban
protokatechinsav	nyomokban
sziringasav	3,0
transz-p-kumársav	2,2
transz-ferulasav	10,0
transz-kávésav	3,6
cisz-szinapinsav	29,7
transz-szinapinsav	702,6
Összesen	**1021,7**

SINGH és munkatársai (2004) különböző fűszernövények fenolsavtartalmát HPLC módszerrel vizsgálva megállapították, hogy a fehér mustárban 7 különböző fenolsav azonosítható, melyek a tannin sav, galluszsav, kávésav, fahéjsav, klorogénsav, ferulasav és vanillinsav.

VELIGLOU és munkatársai (1998) 28 féle zöldség, gyümölcs és gabona növény polifenol vegyületeit és antioxidáns tulajdonságait vizsgálták. Megállapították, hogy a vizsgált növényi

anyagok esetében az összes polifenol tartalom és az antioxidáns aktivitás között szignifikáns, pozitív korreláció mutatható ki. LI és munkatársai (2009) a DPPH szabadgyökfogó aktivitás és az összes polifenol tartalom között állapított meg szignifikáns, pozitív korrelációt barna mustár (*Brassica juncea*) esetében.

Az egyes fenolvegyületek antioxidáns hatása eltérő. LARSON (1988) szerint a fenolsavak, mint például a kávésav, klorogénsav, ferulasav, szinapinsav, p-kumársav nagyobb antioxidáns aktivitással rendelkeznek a benzoesav hidroxi származékaihoz (sziringasav, p-hidroxibenzoesav, vanillinsav) viszonyítva. A 4. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a fehér mustár magja a nagyobb antioxidáns aktivitással jellemezhető fenolsavakat tartalmazza nagyobb mennyiségben.

THYIAM és munkatársai (2004) repceolajjal végeztek oxidációs kísérleteket, 40 °C hőmérsékletű tárolás során vizsgálták a keletkező peroxidok mennyiségét. Eredményeik szerint a szinapinsav a peroxidok képződését nagyobb mértékben gátolta az α-tokoferolhoz viszonyítva.

AMAROWICZ és munkatársai (1996) a mustár fenolvegyületeinek antioxidáns hatását vizsgálták. Megállapították, hogy az etilalkohollal készített mustármagkivonat fenol vegyületei Sephadex LH-20 oszlopon kromatografálva 4 fő vegyületcsoportra választhatók el. A nyert 4 fenolvegyület csoportot rétegkromatográfiás módszerrel, valamint UV abszorbancia (276-330 nm) alapján vizsgálva azt találták, hogy mind a 4 frakció 320-330 nm-en mutatott abszorbanciája alapján fenolsavakat tartalmaz, a kisebb hullámhosszon mért második csúcsot flavon-flavonol vegyületekként azonosították. Az etilalkoholos kivonat 4 frakcióját n-butanol-ecetsav-víz (3:1:1) eluenssel vékonyrétegen elválasztva, megállapították, hogy β-karotin-linolénsav rendszerben antioxidáns aktivitással összesen 9, különböző Rf-értékű vegyület rendelkezik. Az eredményeik alapján megállapították, hogy a mustármag a fenolsavakon kívül egyéb fenolvegyületeket is tartalmaz, amelyek azonosításáról még a fellelhető irodalomban nem találtunk adatokat.

NOWAK és munkatársai (1992) a szintén a keresztesvirágú növények családjába tartozó repce fenolvegyületeinek antioxidáns és antibakteriális hatását vizsgálták és megállapították, hogy a repce szabad fenolvegyületei erős antioxidáns aktivitást és antibakteriális hatást mutatnak, a szinapinsav antioxidáns és antibakteriális hatáság közepesnek, a szinapin e két tulajdonságát pedig kicsinek találták.

A termesztési körülmények hatását a fenolos vegyületek mennyiségére LI és munkatársai (2008) vizsgálták. Eredményeik szerint a barna mustár összes polifenol tartalma a nitrogénműtrágyázás hatására csökken, az összes polifenol tartalom növekedése a kén utánpótlás növelésével érhető el. A kén pótlás növelésének hatására a vizsgált mustárfajták antioxidáns aktivitása is növekedett.

A fehér mustár magjában található fenolvegyületek antioxidáns hatása húskészítmények esetében is mérhető (LUCIANO et al., 2011; SALEEMI et al., 1993). A mustármag fenolvegyületei

erős antioxidáns- és szabadgyökfogó aktivitásuk miatt védőfaktornak tekinthetők a szív- és érrendszeri, valamint egyes daganatos betegségek megelőzésében (AMAROWICZ et al., 1996, NASTRUZZI et al., 2000), így a mustármag fogyasztása egészségmegőrző hatású lehet.

2.2.5. A mustármag szénhidrát vegyületei

A mustármag a keresztesvirágúak családjára jellemző termésben, a becőben fejlődik, amely a mag érése után nyílik fel. A magvak kocsonyaszerű anyagba ágyazódva helyezkednek el a termésben. A mag száradása során ez a kocsonyaszerű anyag a mag külső felületére szárad. A mag külső felületére száradt nyálkaanyag, a mucilágó biológiai szerepe WESTERN és munkatársai (2000) szerint még nem tisztázott, a mag szétszóródását segítheti, esetleg védő szerepet tölthet be a csírázás során. BALKE és DIOSADY (2000) szerint a mucilágó védi a magot a kiszáradástól. A mustármagnyálka 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 (CUI et al., 2006).

A növényi nyálkaanyagok gyógyhatását már az ókorban is felismerték, és a modern korban is széles körben használatosak sűrítő anyagként, emulzió stabilizátorként, valamint a gyógyszeriparban kötőanyagként és filmképzőként (KAPOOR, 1992).

Az új, hozzáadott értéket képviselő élelmiszerek iránti érdeklődés az ipar részéről rengeteg olyan tanulmányt eredményezett, amelyek a mucilágó összetételével és fizikai tulajdonságaival foglalkoznak. A magvakra száradt nyálkaanyag 4,5% fehérjét, 15% hamut és 80% poliszacharidot tartalmaz. A nyálkaanyagot alkotó eltérő molekulatömegű és oldhatóságú poliszacharidok főként glükózból, arabinózból, xilózból, ramnózból, galaktózból és mannózból épülnek fel (VOSE, 1974). A mustármagnyálka összetételével foglalkozó irodalomban a kinyerés körülményeitől függően eltérő adatok találhatóak. 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, 1998; CUI et al., 2006).

A mucilágó reológiai tulajdonságai hasonlóak az élelmiszeriparban használt egyéb hidrokolloidokhoz, mint például a guar és a karragén tulajdonságaihoz (WEBER et al., 1974). CUI és munkatársai (2006) szerint a mustármagnyálka a xantán gumihoz hasonló tixotróp

tulajdonságát az 1,4 ß-D-glükán okozza, BALKE és DIOSADY (2000) szerint a pektin tartalommal is összefüggésbe hozhatóak a nyálkaanyag kedvező reológiai tulajdonságai.

Az élelmiszer összetevők kémiai módosításával kapcsolatos fogyasztói aggodalom miatt a keményítő öregedési és gélesedési tulajdonságainak javítása és a szinerézis megelőzése érdekében kíméletesebb élelmiszeripari eljárásokat kell kifejleszteni. Egyedülálló stabilizáló hatásuknak köszönhetően a hidrokolloidok a figyelem középpontjába kerültek (SUDHKAR et al., 1992).

A mucilágó alacsony koncentrációban (0,5-1 tömegszázalék) alkalmazva is hatékonyan növeli az oldatok viszkozitását (CUI et al., 1993b).

LIU és munkatársai (1998) a fehér mustár mucilágó hatását vizsgálták a natív, valamint a módosított borsó keményítő reológiai tulajdonságaira. Mucilágó alkalmazásával a keményítőpaszták viszkozitása nagyobb volt és a pszeudoplaszticitás növekedett. Búzakeményítő és rizskeményítő vizsgálatakor a mustármag nyálkaanyaga a gélszerkezet nagymértékű változását okozta, mindkét esetben növekedett a keményítő rugalmassága és keménysége (LIU et al., 2003).

WU és munkatársai (2009) a mucilágóból pektináz enzimes hirolízist követő ammónium-szulfátos kicsapással olyan hőstabil poliszacharidot izoláltak, amely 5 °C és 90 °C között képes stabil gélt képezni, így felhasználása széleskörű lehet.

A galaktomannánok és a mucilágó együttes alkalmazása során fellépő szinergens kölcsönhatásról elsőként WEBER és munkatársai (1974) számoltak be. A fehér mustár mucilágóját 20%-os arányban szentjánoskenyérmag nyálkával helyettesítették, és az így készített keverékkel a vizsgált oldatok viszkozitása 900-1700%-os növekedését érték el. CUI és munkatársai (1995) a nyálkaanyagok optimális arányát vizsgálva megállapították, hogy a mucilágót szentjánoskenyérmag nyálkaanyagával 9:1 arányban alkalmazva, 0,1%-os oldat esetén is erős, stabil gél képezhető. A kölcsönhatás a két nyálkaanyag között olyan erős, hogy a jelenség megfigyelhető mustármag őrlemény alkalmazása esetén is. IZIDORCZYK és munkatársai (2005) szentjánoskenyérmag nyálkaanyagával dúsított mustármag őrlemény hatását vizsgálták hús rendszerekben. Eredményeik szerint a szinergens hatás következményeként a végtermék reológiai tulajdonságai nagymértékben javíthatóak, például csirkehús emulzió gélerőssége szignifikánsan növekedett a szentjánoskenyérmag nyálkát tartalmazó mustármag őrlemény alkalmazása során.

CUI és munkatársai (1993a) vizsgálatai szerint a fehér mustár nyálkaanyaga stabilizáló és szerkezet javító hatása az olaj – víz rendszert tartalmazó élelmiszerek, például saláta dresszingek és 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 táplálkozás-tudományi szempontból is értékes, mivel olyan komplex cukrok egyedülálló forrása, amelyek elősegítik a tápcsatornában élő probiotikus

baktériumok növekedését, ezáltal bizonyítottan csökkentik a vastagbél rákos megbetegedéseinek kialakulását (GIBSON, 1998).

ESKIN és munkatársai (2007) elsőként vizsgálták a mustármagból kinyerhető mucilágó vízoldható frakciójának a vastagbél preneoplasztikus elváltozásaira gyakorolt gátló hatását. Kutatásaik során a mustármag mucilágó vízoldható frakciójának vastagbélrák megelőző hatását patkánykísérletekkel igazolták.

WOODS és DOWNEY (1980) különböző termőhelyen termesztett mustárfajták nyálkaanyag tartalmát vizsgálták több évjáratban. Eredményeik szerint a mustármagból kinyerhető mucilágó mennyiségét nemesítéssel növelni lehet, mivel a mustármag nyálkaanyag tartalmára a fajta, a termőhely az évjárat egyaránt hatással van, a vizsgált tényezők közül a termőhely befolyásolta legnagyobb mértékben a mustármagból kinyerhető mucilágó mennyiségét.

2.3. A mustármag felhasználásának lehetőségei a takarmányozás és az élelmiszeripar területén

A mustármag, hasonlóan az élelmiszeriparban felhasznált olajos magvakhoz, nagy fehérje- és olajtartalmánál fogva táplálkozás-tudományi szempontból kiváló élelmiszer és élelmiszeripari adalékanyag, valamint takarmány lehet.

2.3.1. A mustármag felhasználásának lehetőségei az élelmiszeriparban

A mustármagliszt élelmiszeripari felhasználásakor kiváló techno-funkciós tulajdonságai mellett antioxidáns, valamint antibakteriális hatása is érvényesülhet a termékben.

A majonéz az egyik legismertebb és legelterjedtebb szósz a világon, mely 70-80%-os zsírtartalma ellenére olaj a vízben emulzió, ezért a termék eltarthatósági idejét főként az emulzió stabilitása, és a nagy zsírtartalom következtében fellépő avasodás, és az íz stabilitása határozza meg. Az alacsony zsírtartalmú majonézek esetében adalékanyagok alkalmazása is szükséges az emulzió stabilizálása érdekében. A majonéz jellegzetes íze elsősorban a mustárnak köszönhető, az íz kialakításában szerepet játszó izotiocianát vegyületek olajos közegben hosszú ideig stabilak maradnak, e vegyületek bomlása még a majonéz savas közegű vizes fázisában is nagyon lassan lejátszódó folyamat, így a mustár alkalmazása a termék ízének stabilitását is előnyösen befolyásolja (DEPREE és SAVAGE, 2001). HARRISON és CUNNINGHAM (1985) szerint a majonéz készítése során a mustár az emulzió stabilizálását is elősegíti. A mustár emulgeáló és emulzióstabilizáló hatását majonézek esetén CSERHALMI és munkatársai (2000) vizsgálták. A majonéz készítése során a tojássárgája por 25%-át csípősségmentes mustármagliszttel

helyettesítették, így olyan terméket állítottak elő, amelynek érzékszervi tulajdonságai, valamint stabilitása is jobb volt, mint a kontrollé. Eredményeik szerint a tojássárgája por helyettesítésének további előnye a majonézek esetén, hogy a koleszterintartalom is szignifikánsan csökkenthető majonézeknél, ezáltal az érzékszervi tulajdonságok és a termék stabilitásának javítása mellett a csípősségmentes mustármagliszttel készített termék egészségmegőrző tulajdonságokkal is rendelkezik.

Húskészítmények előállítása során az őrölt mustármag, mint adalékanyag növeli a víz abszorpcióját a termékben. HEMINGWAY szerint az őrölt mustármag a termékben jelen lévő zsírokat emulgeálja, így tárolás során a zsír nem válik ki a termékből. A húskészítmények szeletelhetőségét javítja, töltelékes áruk esetében a bél vagy műbél eltávolítása könnyebbé válik, emellett a termék főzése során csökken a tömegveszteség. E tulajdonságainál fogva a mustárliszt hamburgerek, húskenyerek, löncshúsok, különböző dobozos húskészítmények, kolbászok és virsli esetén alkalmazható előnyösen.

A csípősségmentes mustárliszt alkalmazhatóságát májkrémek esetén CSERHALMI és munkatársai (2000) vizsgálták. Megállapították, hogy a termékben 0,5% fehérje 1,5% mustárliszttel helyettesíthető, és az így készített májkrém érzékszervi tulajdonságai hasonlóak a kontrol termékhez képest.

A tokoferolok jelenléte miatt a mustár antioxidáns aktivitással is rendelkezik, emiatt gátolja a termék avasodását és hosszabb eltarthatósági időt biztosít. A mustármag olajában található tokoferolok, ezen kívül gátolják bizonyos élesztők és penészek növekedését is, ezért természetes tartósítószernek tekinthetők. Spanyolországban és Franciaországban a borászatban alkalmazzák, a bor, valamint a boros dugók dohosságának illetve penészesedésének kiküszöbölésére (SHARANKARANAYANA et al., 1971).

MC CARTHY és munkatársai (2001) kísérleteket végeztek fagyasztott és friss sertéshúsból készített húspogácsák avasodásának és a termékek színének vizsgálatára. Megállapították, hogy a felhasznált egyéb fűszerek antioxidáns hatását ismerve, 0-2,5% mustár hozzáadása hatására a tárolás kezdetén mért nagyon alacsony lipidoxidációs érték a tárolás során csak kis mértékben változott. A húspogácsák avasodása és romlása lényegesen lassúbb, mint egyéb fűszerek (rozmaring, zsálya, szójafehérje, savófehérje, ginzeng) hozzáadása esetén. A mustár antioxidáns hatása az oxidatív stabilitásra a minták tárolási idejétől függ (0-9 nap), azonban a mustár a termék színét kissé hátrányosan befolyásolta. Lényeges különbséget találtak atekintetben, hogy friss vagy fagyasztott húsból készült a húspogácsa, a fagyasztott hús esetében a mustár antioxidáns hatása nagyobb volt, a termék színét lényegesen nem befolyásolta a mustár hozzáadása.

A hőkezelt mustárliszt élelmiszeripari felhasználhatóságát SALEEMI és munkatársai (1993) is vizsgálták. A hústermékekben 0,5 - 2,0%-ban alkalmazták és megállapították, hogy a vizsgált

20 napos tárolás során a mustárliszt a hústermék avasodását gátolta, az antioxidáns hatás a termékhez hozzáadott mustárliszt koncentrációjától függött. A hústermékek főzési tulajdonságát a mustárliszt mintegy 10 %-al javította, a termék színét nem befolyásolta kedvezőtlenül.

BICE (1965) szerint antioxidáns hatásán túl antibakteriális hatása is van a mustárnak, ezért Amerikában gyümölcslevek, valamint almabor gyártása során a nátrium benzoát felhasználását is csökkentették a mustár felhasználásával.

NADARAJAH és munkatársai (2005) darált marhahús esetén vizsgálták a mustármagliszt antimikróbás hatását. Darált marhahúshoz mustármaglisztet kevertek, majd a keveréket öt különböző *Escherichia coli* O157:H7 törzzsel oltották be, és védőgázas csomagolásban (100% N_2) 4 °C hőmérsékleten tárolták a mintákat. Az izotiocianát vegyületek antibakteriális hatásának eredményeként az *Escherichia coli* O157:H7 baktérium törzsek kiindulási élősejtszáma (3 nagyságrend) a hozzáadott mustármagliszt mennyiségétől (5%, 10% és 20%) függően 18, 12 illetve 3 nap alatt a kimutatási határ alá csökkent. A főzés után végzett érzékszervi vizsgálatok eredményei alapján az 5% és 10% mennyiségben alkalmazott mustárliszt nem okozott szignifikáns eltérést. A mustárlisztet 20%-ban tartalmazó darált marhahúst a bírálók már meg tudták különböztetni a kontrolltól, de ez a termék elfogadhatóságát nem befolyásolta számottevő mértékben.

Az *Escherichia coli* O157:H7 baktérium képes túlélni az érlelt száraz kolbászok gyártása során fellépő körülményeket is, mely termékek esetében GRAUMANN és HOLLEY (2008) a csípős mustárliszt mellett a csípősségmentes mustárliszt mikróba ellenes hatását is vizsgálták. Munkájuk során a kolbászpéphez 2%, 4% illetve 6% mennyiségben adagoltak csípős és csípősségmentes mustármaglisztet, majd a pépet *Escherichia coli* O157:H7 baktériummal oltották be (7 nagyságrend). Eredményeik alapján a 30 napos szárítási periódus alatt a mustármagliszt minden vizsgált esetben a baktérium szignifikáns csökkenését okozta. A legnagyobb mértékű csökkenés (6,9 nagyságrend) a csípősségmentes mustárliszt alkalmazásával volt elérhető, ezenkívül a 6% csípősségmentes mustárliszt okozta a leggyorsabb csökkenését az *Escherichia coli* O157:H7 baktérium számának (24 nap elteltével csak 0,2 nagyságrend volt kimutatható). A mustárliszt hozzáadása egyik esetben sem volt hatással az érlelt száraz kolbászoknál alkalmazott starter kultúrára (*Pediococcus pentosaceus* és *Staphylococcus carnosus*). Az érlelt száraz kolbászok állományának vizsgálatakor azt tapasztalták, hogy a csípősségmentes mustármagliszt alkalmazása kisebb mértékű eltérést okozott a csípős mustárliszt alkalmazása során tapasztalt állományváltozáshoz képest, és ez az eltérés nem volt szignifikáns. A csípősségmentes mustármagliszt a mirozináz enzimet inaktív formában tartalmazza, így az eredmények alapján felvetődött az a kérdés, hogy milyen folyamat eredményeként szabadulhatnak fel az izotiocianát vegyületek a hőkezelt mustármaglisztben.

A hőkezeléssel csípmentesített mustárliszt érlelt száraz kolbászok gyártása során kifejtett *Escherichia coli* O157:H7 baktérium gátló hatásának mechanizmusát LUCIANO és munkatársai (2011) tanulmányozták. Kísérleti munkájuk során csípős, valamint csípősségmentes mustárliszt felhasználásával készített, és mustárlisztet nem tartalmazó kolbászpépeket állítottak elő különböző starter kultúrákkal, melyeket *Escherichia coli* O157:H7 baktériummal oltottak be (6,5 nagyságrend). Az *E. coli* O157:H7 esetén előírt csökkenés (5 nagyságrend) a kontroll minták esetében 38 nap alatt sem következett be. A starter kultúrák alapján összevetve az eredményeket nem találtak különbséget. A hőkezeléssel enziminaktivált mustármaglisztet tartalmazó kolbászok vizsgálatakor GRAUMANN és HOLLEY (2008) eredményeihez hasonlóan gyors bakteriocid hatást észleltek. A mikróba gátló hatás a csípősségmentes mustármagliszt esetén is a p-hidroxibenzil izotiocianátnak köszönhető, de ez esetben a szinalbin bomlása nem a mirozináz enzim hatására következik be, hanem a mirozináz aktivitással rendelkező baktériumok hatására, melyek lehetnek egyrészt a starter kultúra baktériumai, másrészt maga az *E. coli* O157:H7 baktérium is képes a szinalbin bontására. Ezenkívül a mustármagliszt csípősségmentesítése érdekében alkalmazott hőkezelés során a polifenol vegyületek mennyisége növekszik, melyek antimikróbás hatása hozzájárulhat az *E. coli* O157:H7 baktérium eliminálásához.

EKANAYAKE és munkatársai (2006) szerint a fehér mustár fő glükózinolát vegyületéből, a szinalbinból keletkező p-hidroxibenzil-izotiocianát 0,35-2,15 mM mennyiségben is szignifikáns bakteriocid hatású számos patogén baktériummal szemben, mint például az *Escherichia coli* baktériumon kívül még a *Staphylococcus areus*, *Camphylobacter jejunii*, *Pseudumonas aeruginosa*, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella boydii* és a *Clostridium perfringens* baktériumokkal szemben is.

Az izotiocianát vegyületek antimikróbás hatása sajtok módosított atmoszférás csomagolása során is kiválóan hasznosítható, mivel alkalmas a sajtok romlását jellemzően okozó mikróbák gátlására is (METTE és PER, 2006). Kísérleteik alapján a csomagolás légterébe juttatott allil mustárolaj a vizsgált sajt 4 és fél hetes eltarthatósági idejét 13 hétre növelte, kétszeres mennyiségben alkalmazva pedig 28 hetes eltarthatósági idő volt elérhető. Eredményeik szerint módosított atmoszférájú csomagolás esetén kisebb mennyiségű izotiocianát vegyület is elegendő volt a 28 hetes eltarthatósági idő biztosítására. Bár a 12. tárolási hét végére a sajtokban abszorbeálódott allil mustárolaj elfogadhatatlan mustárízt okozott, ez a mellékíz a 12. és a 28. tárolási hét között megfelelő mértékben csökkent és a termék ízében nem okozott észlelhető változást. Ugyanakkor a módosított atmoszférás csomagolású sajtok esetén a tárolási idő végén is szén-dioxidos mellékíz volt érzékelhető, ezért az allil mustárolaj alkalmazása kiváló alternatívát jelent a sajtok módosított légterű csomagolása mellett. A módosított atmoszférás csomagolással

szemben további előnyt jelent, hogy a sajt csomagolásának kisebb mértékű sérülése esetén is biztosítható a termék eltarthatósági ideje.

A mustármagliszt felhasználási területe lehet a fent említett megoldásokon túl még a mustárfehérje izolátum alkalmazása is különböző élelmiszeripari termékekben.

Száraztészta gyártása során a fehérjetartalom növelése céljából SADEGHI és BHAGYA (2008) az összetevőket mustárfehérje izolátummal egészítették ki. A spagetti minták készítésekor a búzadarát 2,5%-os, 5%-os, valamint 10%-os arányban helyettesítették mustárfehérje izolátummal, és az így kialakított termékeknél vizsgálták a tészta reológiai tulajdonságait, a szárítás után nyert spagettik esetében pedig a kémiai összetételt, a főzési tulajdonságokat és a termékek érzékszervi jellemzőit értékelték. A reológiai tulajdonságok vizsgálati eredményei alapján megállapították, hogy 2,5%-os és 5%-os arányú helyettesítés esetén a fehérjetartalom növelése erősebb gluténháló kialakulását eredményezi, így a tészta maximális konzisztenciája nagyobb volt a kontrolléhoz képest, azonban a mustárfehérje izolátum arányának növelésével a tészta gluténtartalma csökken, ezáltal a maximális konzintencia és a keverés tolerancia index értékek is csökkentek a felhasznált mustárfehérje izolátum mennyiségétől függően. A kémiai összetételt tekintve a legszembetűnőbb változás a fehérjetartalom növekedése volt, mivel a búzadara minden 5%-os helyettesítése 4,5%-kal növelte a termék fehérjetartalmát. A száraztészta mustárfehérje izolátummal történő kiegészítése következtében bizonyos aminosavak mennyisége növekedett a termékben, különösen a lizin, metionin, cisztein, és arginin növekedése volt számottevő, melyek a mustárfehérjében nagyobb mennyiségben vannak jelen, mint a búzadarában. A főzési tulajdonságok vizsgálata során a mustárfehérjével dúsított minták nagyobb keménységét, valamint kisebb ragacsosságát figyelték meg. A mustárfehérje izolátum alacsony oldhatóságának következtében a főzési veszteség és a fehérje veszteség is csökkent a termékeknél, a helyettesítés arányától függően. A spagettik érzékszervi tulajdonságait vizsgálva megállapították, hogy a 2,5%–os arányban kiegészített spagettik színe, íze, valamint állománya nem tért el szignifikánsan a kontroll termékhez képest, ugyanakkor a nagyobb mennyiségű mustárfehérje izolátumot tartalmazó spagettik ízét a bírálók kedvezőtlenebbnek ítélték meg, mivel ilyen arányú helyettesítés esetén a tésztára jellemző lisztes íz már kevésbé volt érzékelhető.

A mustárfehérje izolátum a kálciummal dúsított italok területén is sikeresen alkalmazható. A kálciummal dúsított italok gyártása során nehézséget jelent, hogy a legtöbb élelmiszerben található fehérje kálcium jelenlétében hajlamos a kicsapódásra, így csak kisebb mennyiségben lehet a terméket kálciummal kiegészíteni. A kálcium-indukált fehérjekicsapódás megelőzése érdekében különböző adalékanyagok használatosak az élelmiszeriparban. A stabilizátorként alkalmazott hidrokolloidok hátrányosan befolyásolják a termék állományát és folyási tulajdonságait, ezért csak kis mennyiségben alkalmazhatóak, a foszfátok és glükonátok felhasználását (mint például a kálcium

laktoglükonát és a kálium citrát) pedig az egészségügyi és biztonsági előírások miatt kell korlátozni. Kazeinofoszfopeptideket is használnak vivőanyagként az élelmiszerek kálcium tartalmának növelése érdekében, de ezen foszforilált polipeptidek előállítása nagyon magas költségekkel jár, ezért ALUKO és munkatársai (2004) olyan új biomolekulát kerestek, amely alkalmas az élelmiszerek kálcium tartalmának növelésére magas fehérje tartalom esetén is, ugyanakkor az előállított termék érzékszervi tulajdonságait nem befolyásolja hátrányosan. Munkájuk során kálcium-oldható fehérjefrakciót izoláltak fehér mustár, barna mustár, valamint a szójabab esetében. Eredményeik alapján megállapították, hogy a fehér mustárból izolált kálcium-oldható fehérje frakció használható fel a legelőnyösebben magas kálcium tartalmú funkcionális italok gyártására, mert jobb oldhatósággal jellemezhető és a termék színe a fehérjetartalom növelésével sem változik a tárolás során. Az előállított mustárfehérje izolátum magas kálcium tartalom esetén is alkalmas folyékony emulzió képzésére, mely hosszú ideig stabil marad, és nem válnak ki látható cseppek a termékben.

A mustár jó hidrokolloid tulajdonságokkal rendelkező, vízoldható nyálkaanyaga a **mucilágó,** amely az őrölt mustármag jó emulzió- és szuszpenzióképző tulajdonságát okozza. A mucilágó mennyisége a mustármagvakon rendkívül magas a repcéhez képest. A vizes extrakcióval nyerhető mucilágó 0,5-1% mennyiségben is növeli az oldatok viszkozitását (BALKE és DIOSADY, 2000). HEMINGWAY szerint saláta dresszingeknél a mustárfehérje emulgeáló tulajdonságánál fogva a víz-olaj emulziót stabilizálja, a mucilágó pedig növeli a viszkozitást.

ESKIN és munkatársai (1997) fagylaltgyártás során végeztek vizsgálatokat. Céljuk volt, hogy a fagylaltgyártás során általánosan alkalmazott, drágább stabilizátort, a szentjánoskenyérmag mucilágóját az olcsóbb mustár mucilágóval helyettesítsék. A mucilágóval készített jégkrém viszkozitása alacsonyabb volt a kontrolléhoz képest, de a kereskedelmi stabilizátor és a mucilágó együttes alkalmazásakor szinergens hatást tapasztaltak, tehát a szentjánoskenyérmag mucilágója részben helyettesíthető mustár mucilágóval a fagylaltgyártás során.

Sült burgonya ropogósságának és omlósságának biztosítása érdekében ESKIN és munkatársai (1997) mucilágó bevonatot alkalmaztak. Az így készített termék ropogós, nem veszít nedvességéből a sütés után, és szobahőmérsékleten adott idő alatt kevésbé zsugorodott, fonnyadt, mint a bevonat nélkül sült burgonya.

2.3.2. A mustármag felhasználási lehetőségei a takarmányozásban

CZUKOR és munkatársai (2001) állatetetési kísérletek alapján megállapították, hogy a mustárfehérje biológiai értéke a szójakoncentrátum biológiai értékéhez hasonló. NEHRING (1965) szerint az extrahált mustármag tápanyagainak emészthetősége kedvező, a fehérje 86%-ban, a nyersrost 40%-ban, a szerves vegyületek pedig 88%-ban emésztődnek.

A mustárolaj gyártása során keletkező olcsó melléktermék, az olajpogácsa tartalmazza a kiegyensúlyozott aminosav összetételű fehérjét, mely viszonylag magas metionin tartalma miatt előnyösen alkalmazható a takarmányozás során. Szarvasmarha takarmányában a drágább szójaliszt és a mogyoró-pogácsa helyettesítésére is elterjedten használják. ANIL KUMAR és munkatársai (2002) birkák esetében vizsgálták a mustár pogácsa alkalmazhatóságát takarmányként, melyet a kontroll mogyoró táphoz fehérjetartalom alapján számítva 50% illetve 100% arányban adagoltak. Etetési kísérleteik eredményei szerint a mogyoró pogácsa teljes egészében helyettesíthető a mustár pogácsával.

A takarmány összetételének hatását a tej összetételére KATHIRVELAN és TYAGI (2009) vizsgálták. Megállapították, hogy a mogyoró alapú tápot mustár pogácsával kiegészítve a tej konjugált linolénsav tartalma nagymértékben növekedett, 2% mustárolaj hozzáadása pedig a tejzsír konjugált linolénsav tartalmának 185%-os növekedését okozta.

A mustár pogácsa a mogyoró, valamint szója alapú tápok helyettesítésére halak takarmányozása esetén is alkalmazható (MOHANTA et al., 2008).

A mustármag jellegzetes csípős íze a takarmányozás során is limitálja a széleskörű felhasználást. A barna mustár csípősségének megszüntetésére TRIPATHI és munkatársai (2001) 100 g mustárliszthez 1,6 ml sósavat adagoltak, így a mirozináz enzim inaktiválódását a pH csökkentésével érték el. A nedvességtartalmat 40%-ra állították be, ezáltal a hidrolízis lejátszódott, és a szinigrinből keletkező csípősséget okozó illékony allil izotiocianát vegyületek felszabadultak. Az eljárás befejező lépéseként 180 °C-on 2 órán keresztül hőkezelték a mustárlisztet, melynek következtében az intakt glükozinolát tartalom 95%-a elbomlott. Eredményeik szerint borjú takarmányozása során a kezelt mustárliszt alkalmas a szója pogácsa 13%-ának helyettesítésére (szárazanyag tartalom alapján számolva). DAS és SINGHAL (2005) a barna mustár glükozinolát tartalmának megfelelő csökkenését 1%-os $CuSO_4$ oldattal történő kezeléssel érték el. Az Indiában hagyományosan alkalmazott áztatásos eljárás azonban nagyüzemi méretben nem valósítható meg.

A fehér mustár csípősségét okozó p-hidroxibenzil izotiocianát vegyület nem illékony, ezért csípmentesítésére az áztatásos eljárás nem alkalmazható. A rádiófrekvenciás hőkezeléssel csípmentesített mustárliszttel GUNDEL és munkatársai (2004) végeztek takarmányozási

kísérleteket. Sertésekkel végzett kísérleteik során megállapították, hogy az RF kezelt mustármag őrleményének takarmányozási értéke jobb, mint a kezeletlen változatoké. A nagy tejtermelésű tehenek takarmányozási kísérleti eredményei szerint az RF kezelt mustármag fehérjetartalma a bendőbeli lebonthatóság tekintetében az extrahált szójadarával azonos értékűnek tekinthető, ez a fehérje degradabilitás a nagy tejtermelésű tehenek takarmányozásához kedvező. A csökkentett erukasav tartalmú, RF kezelt mag őrleménye napi 2 kg-os adagban etetve megfelelő takarmány a tejelő tehenek számára, a tej zsírtartalmát nem befolyásolja kedvezőtlenül. Az őrleményt tojótyúkok takarmányába 10%-os mennyiségben keverve nem rontja a napi tojástermelést, és etetésének következtében javul a tojás táplálkozás-élettani értéke, mivel a telített zsírsavak aránya szignifikánsan csökken a tojássárgájában.

2.3.3. A mustárallergia

Az ipari országokban az élelmiszerallergia növekvő tendenciát mutat, mely az étkezési szokások megváltozásának, valamint az új egzotikus élelmiszereknek köszönhető. Az élelmiszer allergia gyermekkorban gyakoribb: 8 éves kor alatti gyermekek körében az élelmiszer allergia aránya 5-10%, míg ez az arány felnőttek esetén 3%. A gyermekeknél előforduló allergiás esetek 82%-át 5 fő élelmiszer allergén okozza, nevezetesen a tyúktojás, a mogyoró, a tehéntej, a mustár és a hal (MOLKHOU, 2004). RANCÉ és munkatársai (2000) szintén kiemelték, hogy a mustár allergia a 4. helyen szerepel a gyermekeknél előforduló élelmiszerallergiák sorában.

A mustár IgE mediált allergiás reakciót vált ki az arra érzékeny egyéneknél, mely olyan súlyos tüneteket is okozhat, mint például az anafilaxiás sokk (LEE et al., 2008). Az összes élelmiszer okozta anafilaxiás sokk 3%-áért felelős a mustárallergia (ANDRE et al., 1994). Az első mustár által kiváltott anafilaxiás esetről PANCONESI és munkatársai (1980) számoltak be, és e témában számos további tanulmány jelent meg (MONREAL et al., 1992; KANNY et al., 1995).

A sárga mustárban található fő allergén, a *Sin a 1* elsődleges szerkezetét MENÉNDEZ-ARIAS és munkatársai (1988) írták le. A *Sin a 1* elnevezésű fehérje a 2S albuminok közé sorolható. Szerkezetét tekintve két láncból áll, melyek 39 illetve 88 aminosavból épülnek fel, és két diszulfidkötéssel kapcsolódnak egymáshoz. E bázikus fehérje tömege 14,1 kDa (MENÉNDEZ-ARIAS et al., 1987). GONZALEZ DE LA PENA és munkatársai szerint (1991) a barna mustár fő allergénje, a *Bra j 1* szintén a tartalékfehérjék 2S albumin családjába tartozik, tömege 16 kDa, és szerkezete hasonló a sárga mustár fő allergénjének szerkezetéhez.

PASTORELLO és munkatársai (2001) az allergén aktivitással rendelkező fehérjéket vizsgálva megállapították, hogy a mustár által okozott allergiás tünetek a 2S albumin családba tartozó fehérjékre jellemzőek. A növényi magvakban található allergén aktivitással rendelkező fehérjék általában a 2S albumin családba tartozó tartalékfehérjék, mint például a szezámmagban, a

hüvelyesekben (borsóban és a szójában), brazil dióban, valamint a repcében található allergének esetében (MORISSET et al., 2003).

TERRAS és munkatársai (1992) a 2S albumin családba tartozó fehérjék esetén antifungális és antimikróbás hatást mutattak ki retekkel és repcével végzett kísérleteik során. ONADERRA et al. (1994) szerint hasonló hatás feltételezhető a *Sin a 1* fehérjénél is, mivel a Keresztesvirágúak családjába tartozó növényekben található 2S albuminok aminosav sorrendje 90%-nál nagyobb mértékben egyezik.

A *Sin a 1* allergén ellenáll a hőkezelésnek, valamint a tripszin és egyéb proteolitikus enzimek bontásának (RANCÉ, 2003), így szerkezete az élelmiszer-feldolgozás során feltehetően nem változik. POMS és munkatársai (2004) szerint az allergiában szenvedő egyéneknél 1 mg mustár (0,3 mg mustárfehérje) elfogyasztása szükséges ahhoz, hogy allergiás reakciót váltson ki. A leggyakoribb fűszerallergiát kiváltó allergén veszélyességét fokozza, hogy rejtett módon, az élelmiszer összetevők alkotórészeként is jelen lehet a termékekben (MORISSET et al., 2003). PASTORELLO et al. (2001) szerint az azonos csoportba tartozó fehérjék között kereszt reakció alakulhat ki, például MONSALVE és munkatársai (1997) a sárga mustár *Sin a 1* allergénje és a repce *Bn III* allergénje között mutattak ki keresztreakciót.

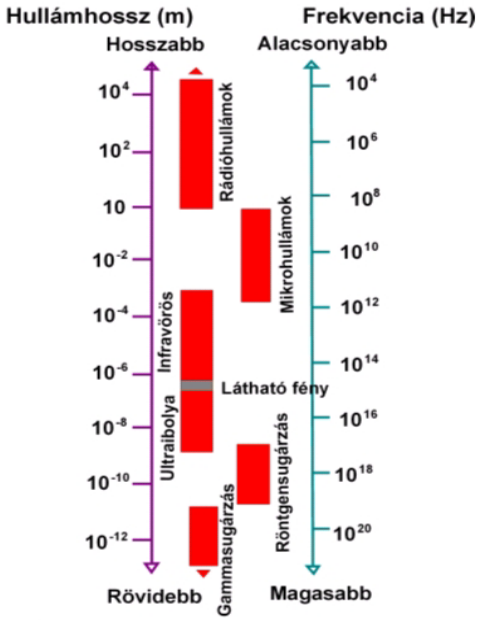
A mustár allergén profiljának kutatása során PALOMARES és munkatársai (2005) egy 51 kDa tömegű 11S globulin tartalékfehérjét izoláltak, melyet a mustár újabb fő allergénjeként azonosítottak és *Sin a 2*-nek neveztek el. Az IgE keresztreakciókban részt vevő fehérjék vizsgálata alapján további két allergén fehérjét izoláltak. A 92 aminosavból álló *Sin a 3* aspecifikus lipid transzferáz keresztreakciót mutatott barackkal, míg a *Sin a 4* profilin fehérje 131 aminosavból épül fel, és a dinnyével mutatott keresztreakciót (SIRVENT et al., 2009).

Mivel a mustárallergia kezelésére nem létezik immunoterápia, így az egyetlen gyógymód az érzékeny egyéneknek számára, hogy szigorúan kerülniük kell minden mustár tartalmú élelmiszer fogyasztását, ezért szükséges, hogy a fogyasztók tájékoztatására fel legyenek tüntetve a termék címkéjén a felhasznált élelmiszer allergének is. (RANCÉ, 2000; LEE, 2008). Az allergiás esetek 90%-át okozó leggyakoribb élelmiszer allergének jelöléskötelezettek. A jelenleg érvényes 2003/89/EC direktíva értelmében az Európai Unió területén belül előállított élelmiszerek címkéjén a gyártónak kötelező feltüntetni, ha a direktívában felsorolt allergén élelmiszerek közül bármelyiket tartalmazza a termék. E lista tartalmazza a mustárt is. A direktíva az összetett alkotórészekre is érvényes, így elkerülhetőek azok az esetek is, amikor a mustárt rejtett módon, élelmiszer összetevők alkotórészeként tartalmazza a termék. A 2003/89/EC direktíva a magyar törvénykezésben is megjelent, mint 19/2004. (II. 26.) FVM-ESzCsM-GKM együttes rendelet az élelmiszerek jelöléséről.

A fogyasztók védelme, valamint a fent említett jogszabályokban megfogalmazott követelmények teljesítése érdekében mind az élelmiszergyártók, mind pedig a hatósági ellenőrző szervek részéről felmerült az igény olyan specifikus módszerek kidolgozására, amelyek lehetővé teszik az adott allergén kimutatását és mennyiségi meghatározását az adott komplex élelmiszer mátrixban. KOPPELMANN és munkatársai (2007) a mustárolajban található maradék fehérje kimutatására enzimhez kapcsolt immunszorbens (ELISA) módszert fejlesztettek ki, melynek kimutatási határa 1,5 ppm (mg/kg). A LEE és munkatársai (2008) által kidolgozott ELISA módszerek alkalmazásával pedig 1 ppm, illetve 3 ppm meghatározási határral lehet a mustár tartalmat vizsgálni minden élelmiszerben. MUSTORP és munkatársai (2008) olyan érzékeny, robosztus real-time PCR módszert dolgoztak ki, amely a *Sin a 1* allergént kódoló génre specifikus, és alkalmas lehet a hagyományos fehérje alapú módszerek kiegészítésére.

SINGH és munkatársai (2006) a mustár allergén hatásának megszüntetése érdekében az allergiát okozó gén eltávolítása céljából ígéretes kutatómunkát folytatnak.

2.4. A rádiófrekvenciás hőkezelés elmélete, és élelmiszeripari alkalmazása



8. ábra: Az elektromágneses spektrum

A rádiófrekvenciás hőkezelés az élelmiszeriparban használatos hőkezelési módszerek közül az indirekt elektromos hőkezelési technikák közé sorolható, mivel az elektromos energiát elektromágneses sugárzássá alakítják, így az elektromágneses sugárzás növeli a kezelendő termék hőmérsékletét (MARRA et al., 2009). Az élelmiszeriparban az elektromágneses sugárzás két hullámhossz tartományát, a mikrohullámú, valamint a rádiófrekvenciás sugarak tartományát alkalmazzák a dielektromos hőkezelések során. A rádiófrekvenciás tartomány az elektromágneses spektrum 1 és 300 MHz frekvencia közötti szakasza, a 300 és 30 000 MHz frekvencia közötti szakasz pedig a mikrohullámok tartománya (8. ábra).

A rádiófrekvenciás és a mikrohullámú tartományba eső hullámsávok a távközlési és kommunikációs célú alkalmazások miatt zsúfoltak, ezért az amerikai Szövetségi Távközlési Hivatal tudományos, ipari, valamint gyógyászati célú alkalmazás esetén csak a kijelölt frekvenciák használatát engedélyezi. Mikrohullámú kezelés esetén a 915 és a 2450 MHz frekvencia

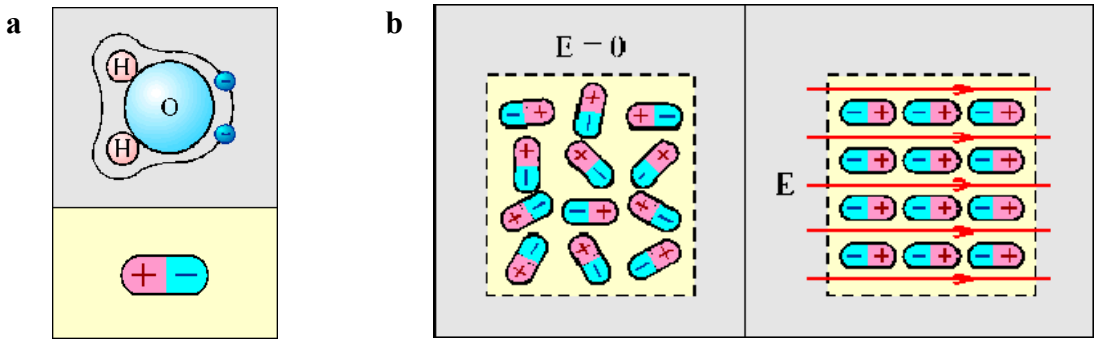
alkalmazható, rádiófrekvenciás kezelések esetén pedig a 13,56, 27,12 valamint a 40,68 MHz frekvencia engedélyezett (WANG és TANG, 2004).

DATTA és munkatársai (2001) szerint dielektromos hőkezelés során a kezelt élelmiszer egységnyi térfogatában generálódó hő (Q) függ az alkalmazott elektromágneses sugárzás frekvenciájától (f), a dielektromos veszteségtől (ε_r), és az elektromos mező energiájától (E) (1. egyenlet).

$$Q=2\pi f\varepsilon_o\varepsilon_r^n E^2 \qquad (1)$$

Az elektromágneses térben a dipólusos molekulák a váltakozó áramú mezőhöz igazodnak, miközben egymással is ütköznek, súrlódnak, így az energia hővé alakul. Hasonló jelenség tapasztalható a különböző töltésű ionok elektromos pólusok felé történő áramlása során is. Makroszkopikus értelmezés szerint az elektromágneses sugárzás a térerősség változás frekvenciájának megfelelően polarizálja a homogén anyagi rendszert. Amennyiben az elektromágneses tér változásának frekvenciájához képest a polarizálódott anyag csak késlekedve követi az elektromágneses tér változásait, akkor az elektromos energia egy része disszipálódik, hővé alakul. Mikroszkopikus értelmezés szerint a rendszert alkotó dipólusok forgását gerjeszti az elektromágneses energiaközlés (ORSZÁGH et al., 2005).

AHMED (2011) szerint a rádiófrekvenciás és mikrohullámú hőkezelések során két egyidejű folyamat játszódik le, a dipólus molekulák rezgése, valamint az ionok vándorlása (9. ábra).

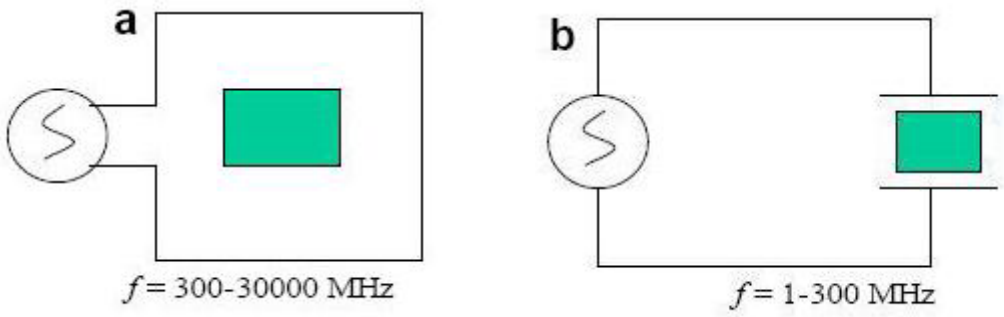


9. ábra: A víz, mint dipólusos molekula (a), és a dipólusos molekulák polarizációja (b)

Alacsonyabb frekvencia tartományban, rádiófrekvenciás hőkezelés esetén a belső hőkeltés főként az ionos depolarizáció következtében alakul ki, ezzel szemben a mikrohullámú tartományban a dipólus molekulák rezgése és az ionok vándorlása együttesen határozzák meg azt a dielektromos energia veszteséget, amely a kezelendő termékben hővé generálódik (TANG et al., 2005).

A kezelt anyag hőmérsékletemelkedése függ az anyag összetételétől, dielektromos tulajdonságaitól, valamint geometriájától, méretétől és térbeli elhelyezkedésétől (BIRLA et al., 2004). A hőmérséklet eloszlás egyöntetűségének biztosítása szempontjából MITCHAM és munkatársai (2004) szerint kulcsfontosságú a minta nedvességtartalmának szabályozása, mivel az ionok a vizes közegben disszociálnak és így könnyebben mehet végbe az ionok vándorlása. LAYCOCK és munkatársai (2003) pedig az egyenletes sóeloszlás fontosságára hívják fel a figyelmet. MÁRKUS-BEDNARIK és TÓTH (1993), valamint CZUKOR és munkatársai (1993) szerint az élelmiszerek dielektromos melegítése azok elektromos vezetőképességével is összefüggésbe hozható.

A mikrohullámú hőkezelő berendezésekben a speciális rezgőcsövek, ún. magnetronok által kibocsátott mikrohullámokat a hőkezelendő terméket tartalmazó fémkamrába vagy üregbe vezetik, így az üregben rezonáns elektromágneses állóhullámok alakulnak ki. Ezzel szemben a rádiófrekvenciás energia elektroncsőben generálódik, a termék hőkezelése pedig egy elektródpáron keresztül történik (10. ábra). A párhuzamos elrendezésű elektródok egyike földelt, ezáltal a hőkezelendő termék egy kondenzátor fegyverzetei között helyezkedik el olyan módon, hogy nem érintkezik az elektródokkal. (MARRA et al., 2009).



10. ábra: A mikrohullámú (a) és a rádiófrekvenciás (b) hőkezelés sematikus ábrája (MARRA et al., 2009)

A dielektromos energiaközlés természete miatt lényeges különbség van a dielektromos és a hagyományos hőkezelés során kialakuló hőmérsékleteloszlási profilok között is. A hagyományos hőkezelés során a hő konvekcióval vagy kondukcióval terjed, ami viszonylag lassú hőkiegyenlítődést eredményez, és előfordulhat az élelmiszer felületének túlmelegedése. Ezzel szemben a dielektromos hőkezelés során az energia elnyelődése egyenletesebb az anyagban, így a hőkiegyenlítődés is gyorsabban játszódik le. A dielektromos hőkezelés számos előnye a belső hőkeltéssel kapcsolatos, ennek köszönhető, hogy a hőkezelés során jelentéktelen a hőveszteség, mivel nem a környezet, hanem az anyag melegszik teljes térfogatában. Kíméletes hőkezelési eljárás, mivel egyszerre melegszik fel a teljes hőkezelendő tömeg, így a kívánt hőmérséklet rövidebb idő

alatt érhető el, a hőkezelés gyorsaságából eredően pedig kisebb károsodás következik be a termék tápértékében. A dielektromos hőkezelés további előnye, hogy alkalmazása során nem keletkezik ipari szennyvíz.

A rádiófrekvenciás és a mikrohullámú hőkezelés között megfigyelhető különbség az eltérő hullámhossz tartománnyal magyarázható. Mivel a frekvencia fordítottan arányos a hullámhosszal, az alacsonyabb frekvenciájú rádióhullámok hosszabbak (27,12 MHz frekvencia esetén légüres térben 11 m) a mikrohullámoknál (2450 MHz frekvencia esetén légüres térben 0,12 m). A hosszabb rádióhullámok behatolási mélysége nagyobb, így nem alakulnak ki a hideg- illetve meleg pontok, amelyek kialakulása mikrohullámú hőkezelés során nagyobb valószínűséggel fordul elő, ezen kívül a felület túlmelegedésével sem kell számolni (TIWARI et al., 2011). A hagyományos és a mikrohullámú hőkezelési módszerekhez viszonyítva a rádiófrekvenciás hőkezelés hátránya, hogy drága eljárás, továbbá a nagyobb hullámhossz miatt a hőkezelő berendezés nagyobb méretű (SMITH et al., 2010).

Az élelmiszeripari gyakorlatban a rádiófrekvenciás hőkezelés alkalmazása kevésbé terjedt el a mikrohullámú hőkezeléshez képest. A nemzetközi és hazai irodalom szerint a kutatások főként húsok, hústermékek és hüvelyes magvak előfőzésére, egyes élelmiszeripari termékek (húskészítmények, tej, gyümölcslevek) eltarthatóságának növelésére, a termékek élő csíraszámának csökkentésére, a gyümölcsök és egyéb termének kártevőinek eliminálására irányulnak.

LAYCOCK és munkatársai (2003) darált, darabolt, valamint egész húskészítmények hőmérsékletprofilját hasonlították össze rádiófrekvenciás hőkezelés (1,5 kW; 27,12 MHz), valamint főzés során. Vizsgálataik alapján a főzési idő rádiófrekvenciás hőkezeléssel 25-öd részére csökkenthető. Műszeres élelmiszeranalízist is végeztek a két eljárás összehasonlítására, melynek során kisebb léveszteséget tapasztaltak az RF hőkezelt termékeknél, ugyanakkor színük és vízkötő képességük hasonló volt a vízben főzött húskészítményekéhez, és a műszeres állománymérés során sem találtak lényeges eltérést a két különböző eljárással készített húskészítmények keménysége között.

Hús emulzió pasztőrözésére ZHANG és munkatársai (2004) optimalizált rádiófrekvenciás főzési módszert (600 W; 27,12 kW) fejlesztettek ki, melynek során a főzési idő 79%-os csökkenését érték el a húskészítmények esetén alkalmazandó egyenértékű gőzben főzéshez viszonyítva. Feltételezéseik szerint nagyobb teljesítményű berendezéssel a hőkezelési idő további csökkenése érhető el.

LYNG és munkatársai (2007) egész húsok rádiófrekvenciás hőkezelésével nagyobb tömegkihozatalt figyeltek meg a gőzös főzés után mért értékhez képest. Eredményeik alapján a tömegkihozatalban mutatkozó különbség sonka esetén 1,5% volt, marhahús esetén pedig 4 – 6%-ot

ért el. Műszeres állományméréssel egész húsok esetén sem volt kimutatható különbség a gőzben főzött és rádiófrekvenciás hőkezeléssel tartósított termékek között.

Az étkezésre és takarmányozásra egyaránt világszerte legelterjedtebb fehérjehordozók a különböző hüvelyes magvak, amelyek biológiai hasznosulásának mértéke még optimális körülmények között is 50%-nál kisebb. A denaturáció növeli a rosszul emészthető fehérje szervezeten belüli lebontását, ezért a biológiai hasznosulás növelésére a különböző hőkezelési eljárások terjedtek el. Az emészthetőség, illetve a biológiai hasznosulás növelését célzó termikus eljárások egyben az antinutritív anyagok szintjének csökkentésére is irányulnak.

Szójabab tripszininhibitor és ureáz enzim inaktiválása céljából RAJKÓ és SZABÓ (1995) mikrohullámú kezelést alkalmaztak. A rádiófrekvenciás hőkezelési eljárást HORVÁTH és CZUKOR (1990) alkalmazta szójabab esetében. Kísérleti munkájuk során a különböző körülmények között (eltérő hőmérséklet és nedvességtartalom) nagyfrekvenciásan kezelt, különböző szemcseméretűre őrölt szójabab kémiai összetételét és techno-funkciós tulajdonságait vizsgálták. Eredményeik alapján a kisebb szemcseméretűre őrölt szójalisztek zsírkötő képessége, emulgeáló készsége, nitrogén oldódási indexe (NSI), in-vitro fehérje-emészthetősége növekedett, a kezelt lisztek vízkötő képessége pedig csökkent a szemcseméret csökkenésével. Eredményeik szerint a rádiófrekvenciás hőkezelés jól illeszkedik a hazai szója-feldolgozási technológiák (extrudálás, főzés-pörkölés) sorába, és különösen alkalmas a szója tápértékének növelésére. A rádiófrekvenciás kezelés továbbá alkalmas az antinutritív anyagok eliminására, a tripszin inhibitor és az ureáz inaktiválására is (CZUKOR et al., 1993).

A rádiófrekvenciás hőkezelés az *Escherichia coli* K12 baktérium inaktiválása szempontjából is hatékonynak tekinthető. GUO és munkatársai (2006) 1,5 kW teljesítményű, 27,12 MHz frekvenciájú RF hőkezelést alkalmaztak darált marhahús *Escherichia coli* K12 csíraszámának csökkentésére. Megállapították, hogy az *Escherichia coli* K12 baktérium pusztulásához szükséges idő RF hőkezelés esetén 1/30 a vizes főzés esetén szükség időhöz képest.

ORSAT és munkatársai (2004) vákuum csomagolt sonkaszeletek eltarthatóságát vizsgálva megállapították, hogy a rádiófrekvenciás hőkezelés csökkenti az összes baktériumszámot a sonka felületén, ezáltal biztosítja a termék mikrobiológiai stabilitását. Az RF kezelést követően a vízvesztés csökkent a szeletelt sonka esetén, a termék érzékszervi tulajdonságait pedig összességében jobbnak ítélték meg. Vizsgálataik szerint a rádiófrekvenciás hőkezelés a megfelelő csomagolással kombinálva alkalmas a szeletelt sonka eltarthatóságának növelésére.

A rádiófrekvenciás hőkezelés folyadékok esetén is eredményesen alkalmazható a termékek eltarthatóságának növelésére, valamint mikrobiológiai stabilitásának biztosítására. AWUNAH és munkatársai (2005) tej pasztőrözésére lamináris áramlási körülmények között

folyamatos RF kezelést alkalmaztak (2 kW, 27,12 MHz), amelynek eredményeként a tej *Listeria*, valamint az *Escherichia coli* baktérium mentessé vált.

Rádiófrekvenciás hőkezeléssel narancslé, almalé és almabor esetén az *Escherichia coli* K12 baktérium csíraszáma megfelelő mértékben csökkenthető úgy, hogy nem lép fel enzimatikus barnulás és a C-vitamin tartalom csökkenése is elkerülhető. A terméktől függően kialakított paraméterek mellett végzett RF hőkezelés az almalé minták vizsgálata során 3, a narancslé mintáknál 3,3; az almabor minták esetében pedig 4,8 nagyságrenddel csökkentette az *Escherichia coli* K12 baktérium csíraszámát (GEVEKE és BRUNKHORST, 2004, 2008; GEVEKE és munkatársai, 2007).

Az élelmiszer feldolgozás és tartósítás területén kívül a rádiófrekvenciás hőkezelés ígéretes alkalmazási területe lehet a betakarítás utáni árukezelés. A rovarkártevőkkel szemben hagyományosan alkalmazott szerek, mint például a metil bromid az egészségre és a környezetre egyaránt károsak, ezért alternatív megoldásokra van szükség. A rovarkártevőkkel szembeni küzdelem főként a gyümölcsök, valamint a dió és a mogyoró tárolása során fontos feladat. WANG és munkatársai (2003) vizsgálataik szerint a rovarkártevőkkel szennyezett mogyoró rádiófrekvenciás kezelése során olyan gyors és szelektív melegítés valósulhat meg, mely letális a kártevők számára, azonban a termék minőségében nem okoz észrevehető változást. További kutatásaik eredményeként folyamatos üzemű, nagy teljesítményű, ipari méretű RF kezelő berendezést alakítottak ki mogyoró rovar mentesítésére (WANG et al., 2007).

BIRLA és munkatársai (2005) narancs tárolása során a citrusfélék légy kártevői ellen rádiófrekvenciás kezelési módszert dolgoztak ki, amely alkalmasnak bizonyult a lárvák elpusztítására, a hőkezelés a termék minőségét nem rontotta.

3. CÉLKITŰZÉS

Kísérleti munkám célja olyan csípősségmentes mustármagliszt előállítása volt, amely kedvező forrása az irodalmi áttekintésben ismertetett táplálkozás tudományi szempontból értékes összetevőknek, ezen kívül a széleskörű felhasználhatóság érdekében a techno-funkciós tulajdonságai is megfelelőek. A kiváló minőségű élelmiszeripari késztermék előállításának két egyenrangú feltétele a megfelelő tulajdonságokkal rendelkező nyersanyag és a kíméletes előállítási technológia, ezért vizsgálataim során a következő célokat tűztem ki:

- A rádiófrekvenciás hőkezelés előtt a hőkezelendő mustármag táplálkozási szempontból fontos összetevőinek meghatározása (fehérjetartalom és aminosav összetétel, olajtartalom és zsírsav összetétel, az antioxidáns tulajdonságokat hordozó fenolvegyületek mennyisége és szabadgyökfogó aktivitása, valamint a mustár csípősségét okozó mirozináz enzim aktivitása és endogén szubsztrátumának, a glükozinolát vegyületeknek mennyisége) és kolloid-kémiai tulajdonságainak vizsgálata (vízkötő képesség, zsírkötő képesség, emulgeáló tulajdonságok).

- A mirozináz enzim inaktiválásához szükséges rádiófrekvenciás hőkezelés pontos paramétereinek (hőmérséklet és nedvességtartalom) meghatározása, amelyek mellett a mirozináz enzim inaktiválódik, ugyanakkor a fehérjetartalom, valamint a biológiailag aktív anyagok nem sérülnek olyan mértékben, amely táplálkozás-élettani szempontból kedvezőtlen lehet.

- A hőkezelés a mirozináz enzim inaktiválásán túl a beltartalmi jellemzőkben is okozhat változásokat, ezért további célom volt a beltartalmi jellemzők és a kolloid-kémiai tulajdonságok vizsgálata a hőkezelés után, valamint az eredmények alapján a hőkezelés hatására bekövetkező változások jellemzése.

- A kísérleti munka során megfelelőnek talált paraméterekkel végzett hőkezelés után nyerhető csípősségmentes mustármag felhasználási lehetőségeinek elemzése, különös tekintettel az élelmiszeripari húskészítményekben megvalósítható alkalmazásra.

4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

4.1. Anyagok

2002-2005 évben végzett kísérleteim során vizsgáltam a különböző termőhelyről származó mustárfajták kémiai összetételét, mirozináz aktivitását és biológiailag aktív vegyületeit és techno–funkciós tulajdonságait, valamint azok változását rádió frekvenciás hőkezelés hatására.

A vizsgálatba bevont mustárfajták (*Sinapis alba* L.) a következők voltak:

Budakalászi sárga (Állami elismerés éve: 1972)
Tilney (Állami elismerés éve: 1999)
Veronika (Állami elismerés éve: 2004)
Zlata (cseh fajta)
Viscount (angol fajta)
Csökkentett erukasav tartalmú fajták: LM-1 (Marci, állami elismerés éve: 2005)
LM-2

A vizsgált mustárfajtákat a Károly Róbert Főiskola és a Monortrade Kft. biztosította a kísérletekhez.

Kísérleteim során a következő termőhelyekről származó mustárfajtákat vizsgáltam:

A Monortrade Kft. vetésterülete,
Budakalász,
Kiskunlacháza,
Kaposvár,
Szombathely,
Eszterág,
Putnok,
Gyöngyös.

A különböző termőterületről származó, 2002-2005 között vizsgált mustárfajtákat az M2. mellékeltben foglaltam össze.

Kísérleti munkámat a 4/0005/2002 nyilvántartási számú „A mustár új, ökologikus és gazdaságos termesztésére és a továbbhasznosítás bővítésére szolgáló új eljárások, módszerek és termékek kifejlesztése és modell szintű megvalósítása” című NKFP projekt támogatásával végeztem.

4.2. Módszerek

4.2.1. Alkalmazott mintakezelési eljárások

4.2.1.1. Rádiófrekvenciás hőkezelés

A mustármag hőkezelését Brown-Boveri 13,5 MHz-en működő nagyfrekvenciás generátor kezelőterében végeztem, horizontális elrendezésű munkatérben. A rádiófrekvenciás hőkezelés előtt meghatároztam a mustármag nedvességtartalmát, és ennek ismeretében állítottam be a hőkezeléshez szükséges nedvességtartalmat úgy, hogy a szükséges mennyiségű vizet kevertetés közben a mustármagra permeteztem, 15 percig kevertettem, ezt követően 1 óra hosszat polietilén zsákban pihentettem. A pihentetés ideje alatt a víz a magokba beszívódott és egyenletesen eloszlott a mag teljes keresztmetszetében. A mustármagot faládában, 5 kg-os mennyiségben hőkezeltem a megfelelő véghőmérsékletig, a hőkezelés után a mustármagot szétterítve kihűtöttem, és a vizsgálatokig papírzacskóban tároltam.

4.2.1.2. Mintaelőkészítés

A vizsgálatok megkezdése előtt a mustármagot kávédarálóban megőröltem, és nedvességtartalom, a fehérjetartalom, valamint az aminosav összetétel meghatározásához az őrleményt használtam. A további vizsgálatokhoz az őrleményt Soxhlet készülékben 40-70 °C forráspontú petroléterrel zsírtalanítottam, zsírtalanítás után szárítottam. A zsírtalanított mustárlisztet az egyöntetű szemcseméret biztosítása céljából tovább őröltem és szitáltam. A vizsgálatokat 200µ alatti mustárlisztel végeztem.

4.2.2. A mustármag beltartalmi jellemzőinek vizsgálata

4.2.2.1. A mustármagliszt nedvességtartalmának meghatározása

Az őrölt mustármagliszt nedvességtartalmát 105 °C-on súlyállandóságig történő szárítással határoztam meg, mintánként 3-3 párhuzamos méréssel. A mustár fehérje- és olajtartalmát szárazanyag tartalomra vonatkoztatva adom meg.

4.2.2.2. A mustármag fehérjetartalmának meghatározása

A mustárfajták nyers fehérjetartalmát (N x 6,25) Kjell-Foss automata fehérje-meghatározó készülékkel, Kjeldahl módszer alapján határoztam meg. Az ismertetett eredmények 3-3 párhuzamos mérés átlagértékei.

4.2.2.3. A mustárfehérje aminosav összetételének meghatározása

A mustárfehérje aminosav összetételét 0,2% triptamint tartalmazó, 3 M p-toluol-szulfonsavval nitrogén atmoszférában végzett hidrolízis (110 °C, 24 óra) után határoztam meg. Az aminosavakat Biotronic LC 3000 aminosav analizátorral (Biotronic, Frankfurt, Németország), BTC 2410 kationcserélő gyantán választottam el. A mennyiségi értékelést 2,5 μM/cm^3 standard aminosav oldat kromatografálása után, összehasonlítás alapján végeztem.

4.2.2.4. A mustár olajtartalmának meghatározása

Az őrölt mustármag olajtartalmát Soxhlet készülékben petroléterrel (40-70 °C) vontam ki (MSZ EN ISO 734-1:2000), majd az oldószer elpárologtatása után a kivont olaj mennyiségét gravimetriás módszerrel határoztam meg. A mustárfajták olajtartalmát 3-3 párhuzamos mérés alapján határoztam meg.

4.2.2.5. A mustárolaj zsírsavösszetételének meghatározása

A mustárolaj zsírsavösszetételét a petroléterrel kivont mustárolaj elszappanosítása után gázkromatográfiás módszerrel határoztam meg. Az olajat KOH-os metanollal hidrolizáltam, metanolos bór-trifluoriddal átészteresztem, majd telített nátrium-klorid oldat hozzáadása után heptánban oldottam, és az oldatot nátrium-szulfáton szárítottam (MSZ 19928-79). A zsírsav metilésztereket Carlo-Erba Fractovap gázkromatográffal választottam el izoterm körülmények között, 10,15 m hosszú, 0,25 mm belső átmérőjű, 25 μm filmvastagságú Supelcowax kapillárisban. Az oszlop hőmérséklete 198 °C, az injektor és a lángionizációs detektor hőmérséklete 225 °C volt. A zsírsavakat Sigma gyártmányú standard zsírsavak retenciós ideje alapján azonosítottam. Egy-egy mustárminta zsírsavösszetételét 3 párhuzamos elválasztás alapján értékeltem.

4.2.2.6. A tokoferol tartalom meghatározása

A tokoferol tartalom meghatározását nagynyomású folyadékkromatográfiás módszerrel végeztem SPEEK és munkatársai (1985) módszere szerint. A tokoferol tartalom meghatározásához a vizsgálandó mintát metanolos 30%-os KOH oldattal, aszkorbinsav hozzáadásával elszappanosítottam, majd 20%-os NaCl-oldatban oldottam. Az elszappanosított tokoferolt hexánnal kiráztam, és Na_2SO_4-en keresztül szűrtem, a szűrletet bepároltam és hexánban oldottam. A tokoferolokat Jasco 880-típusú pumpával működő HPLC készülékben, Shimadzu RF−535 fluorescence és Shimadzu Chromapac integrátorral, Alltech, Alltima Silica 5μ oszlopon, etanolos hexán (500 cm^3 hexán + 4 cm^3 absz.etanol) eluens alkalmazásával választottam el.

4.2.2.7. A polifenol tartalom meghatározása

A mustármag polifenol vegyületeit a zsírtalanított mustárlisztből 80%-os metanollal vontam ki szobahőmérsékleten, egy éjszakán keresztül. A metanolos kivonatból megfelelő higítás után Folin-Ciocalteu reagenssel határoztam meg az összes fenol tartalmat, amelyet galluszsavval felvett kalibrációs görbe alapján számítottam ki.

4.2.2.8. A mustármag gyökfogó aktivitásának meghatározása

A 80%-os metanollal készített mustárkivonatok gyökfogó aktivitását 2,2 difenil-1-pikrilhidrazil szabadgyök jelenlétében mértem YAMAGUCHUI és munkatársai (1998) módszere szerint. A gyökfogó aktvitást az előzőleg Trolox-al felvett kalibrációs görbe alapján Trolox equivalensben adom meg.

4.2.2.9. A mustármag glükozinolát tartalmának meghatározása

A glükozinolát tartalmat a glükozinolát vegyületek hidrolízise során felszabaduló glükóz mennyisége alapján, VANETTEN (1974) módszere szerint határoztam meg. A mustárlisztet 0,032 M-os foszfát-citrát pufferrel (pH=5,7) szuszpendáltam, és a szuszpenzióhoz mirozináz enzim preparátumot adtam. A szuszpenziót 60 percig 25 °C-on rázattam, majd szűrés után a szűrletet Carrez I, illetve Carrez II oldattal fehérjementesítettem. Az enzimes hidrolízis során felszabadult glükóz mennyiségét GOD-PERID (Megazyme, Ireland) enzimes glükóz teszttel, spektrofotometriás módszerrel mértem a gyártó előírása szerint. A glükozinolát tartalmat a felszabadult glükóz mennyiségéből számítottam, mintánként 3-3 párhuzamos meghatározást végeztem.

4.2.2.10. A mirozináz aktivitás meghatározása

A mustármag mirozináz aktivitását az intakt glükozinolát vegyületekből az endogén mirozináz enzim hatására felszabaduló glükóz mennyisége alapján mértem a 4.2.2.9. pontban ismertetett reakciókörülmények között. A mustárliszt mirozináz enzimaktivitását az adott reakciókörülmények között, 60 perc alatt, 1 g zsírtalanított mustármaglisztből felszabadított glükóz mennyiségével jellemzem, az aktivitás egysége μM glükóz/g mustárliszt.

4.2.2.11. A mirozináz enzim hőtűrésének vizsgálata

A mirozináz enzim hőtűrésének vizsgálatához nyers enzimet preparáltam a petroléterrel zsírtalanított mustármaglisztből OWUSU-ANSAH és MARIANCHUK (1991) módszere szerint. A mustárlisztet desztillált vízben szuszpendáltam, majd a szuszpendátumot 4 órán keresztül rázattam és az inkubációs idő letelte után 20 percig centrifugáltam 10 000 fordulat/perc sebességgel. A tiszta

felülúszóból 3:1 arányban alkalmazott -18 °C-os acetonnal csaptam ki az enzimet és egy éjszakán át inkubáltam -18 °C-on. A kicsapott nyers enzimet dekantálás után abszolút etanollal öblítve szárítottam.

A mirozináz enzimpreparátumból 0,0032 M, pH 5,7 foszfát-citrát pufferrel 2 mg/ml koncentrációjú oldatot készítettem. Szűrés után 10 ml megfelelő hőmérsékletre (60 °C, 70 °C, 80 °C) előmelegített puffer oldathoz 1 ml enzimoldatot adtam és megfelelő ideig (0-30 perc) hőkezeltem. A hőkezelt enzim oldatot 10 ml jéggel hűtött 0,0032 M pH 5,7 foszfát-citrát pufferhez adtam, majd a maradék enzimaktivitás meghatározásáig mélyhűtőben tároltam. A maradék enzimaktivitást a hőkezelés előtt meghatározott kezdeti enzimaktivitás százalékában adom meg.

A maradék enzimaktivitás meghatározásakor természetes glukozinolát szubsztrátként 100–os mértékben inaktivált mustármaglisztet alkalmaztam. A mustármaglisztet 0,0032 M, pH 5,7 foszfát-citrát pufferben szuszpendáltattam, és hozzáadtam a mustármagból készített enzimkivonatot. A reakcióelegyet 30 percig rázattam 25 °C-on és a mirozináz enzim által felszabadított glükóz mennyiségét a reakcióelegy fehérjementesítése és szűrése után GOD-PERID (Megazyme Ltd.) glükóz oxidáz-peroxidáz reagenssel spektrofotometriásan határoztam meg (VANETTEN, et al. 1974). Az enzimaktivitást adott reakciókörülmények között 1 g nyers enzim által 30 perc alatt felszabadított, µM-ban számolt glükóz mennyiségével jellemzem. A maradék enzimaktivitást a hőkezelést előtt meghatározott kezdeti enzimaktivitás százalékában adom meg.

4.2.2.12. A rádiófrekvenciás technológiával hőkezelt mustármagvak csípősségének ízküszöb vizsgálata

A hőkezelt mustármagvak csípősségére vonatkozó érzékszervi vizsgálatot ismert mirozináz enzimaktivitású mustármagvakkal végeztem. Az érzékszervi vizsgálathoz azokat a mustármagvak választottam ki, melyek mirozináz enzimaktivitása 5 és 50 E/g között volt. A vizsgálati minták a mustármagőrlemények kiforralt csapvízzel készített 1,5%-os szuszpenziói voltak. Az ízküszöb vizsgálaton részt vevő 3 bíráló külön tálcákon, kóddal ellátott poharakban kapta a mintákat, és a tálcákon kiforralt csapvízzel töltött öblítőpohár és gyűjtőpohár is a rendelkezésükre állt. A vizsgálatot a szuszpenziók készítése után 5 perccel végezték, és 5 óra elteltével megismételték.

4.2.2.13. A mustármag izotiocianát tartalmának meghatározása

A mustárlisztből felszabaduló izotiocianát vegyületek mennyiségét a reakcióelegyhez hozzáadott mirozináz enzim hatására felszabaduló izotiocianát vegyületek mennyiségének spektrofotometriás meghatározásával mértem. Az eredményeket K-tiocianáttal felvett kalibrációs görbe alapján számítottam ki és 1 g zsírtalanított mustárlisztre vonatkoztattam (JOSEFFSON, 1968).

4.2.3. Kolloid-kémiai tulajdonságok vizsgálata

4.2.3.1. Az emulgeáló tulajdonságok meghatározása

A hőkezelt és kezeletlen mustárliszt emulgeáló aktivitását és az emulzió stabilitását YASUMATSU és munkatársai (1972) módszere szerint határoztam meg. 100 ml desztillált vízzel 7 g mustárlisztet szuszpendáltam. A szuszpenziót Ultra-Turrax keverővel 20 000 fordulat/perc sebességgel homogenizáltam és az emulzió képzéséhez fokozatosan 100 ml napraforgó olajat adtam a szuszpenzióhoz. A nyert emulziót négy részre osztottam centrifuga csövekbe, amelyből kettőt 3000 fordulat/perc sebességgel 15 percig centrifugáltam az emulgeáló aktivitás meghatározására, kettőt pedig vízfürdőben 80 °C-on 30 percig hőkezeltem, majd kihűtés után szintén centrifugáltam, így a mustárliszttel képezhető emulzió stabilitását határoztam meg. A centrifugálás hatására szétvált emulzió magasságát és a vizes fázis magasságát mértem. Az emulgeáló aktivitás és a képzett emulzió stabilitását a következő módon számítottam:

$$\text{Emulgeáló aktivitás, ill. stabilitás, \%} \quad \frac{\text{a centrifugálás után mért emulzió magassága, cm x 100}}{\text{a teljes magasság (emulzió és vizes fázis), cm}}$$

A mustárlisztek emulgeáló aktivitását és az emulzió stabilitását 4-4 párhuzamos mérés alapján határoztam meg.

4.2.3.2. A zsírkötő képesség meghatározása

Előre lemért centrifuga csőbe, pontosan ismert tömegű mustárliszthez (kb. 0,5 g 3 ml napraforgó olajat adtam, intenzíven kevertettem 1 percig, majd 30 percig inkubáltam. Ezután 10 percig 3000/perc fordulattal centrifugáltam, a nem abszorbeált olajat elöntöttem, majd a centrifugacsövek súlyát lemértem. A zsírkötő képességet a következő képlet alapján számítottam:

$$\text{Zsírkötő képesség, \%} \quad \frac{\text{a minta tömege zsírfelvétel után, g x 100}}{\text{a bemért minta tömege, g}}$$

A táblázatokban szereplő átlagértékek 3-3 párhuzamos mérés eredményei.

4.2.3.3. A vízkötőképesség meghatározása

Előre lemért centrifuga csőbe, pontosan ismert tömegű (kb. 1 g) mustárlisztet mértem, amelyhez 6 ml desztillált vizet adtam, intenzíven kevertettem 1 percig, majd 30 percig inkubáltam. Ezután 10 percig 3000/perc fordulattal centrifugáltam, a nem abszorbeált vizet elöntöttem és a centrifugacsövek súlyát lemértem. A vízkötő képességet a következő képlet alapján számítottam:

$$\text{Vízkötő képesség, \%} \quad \frac{\text{a minta tömege vízfelvétel után, g x 100}}{\text{a bemért minta tömege, g}}$$

A mustárfajták vízkötő képességét 3-3 párhuzamos mérés alapján adom meg.

4.2.3.4. A fehérjeoldhatóság vizsgálata

A mustárfehérje oldhatóságát a zsírtalanított mustárlisztből desztillált vízzel készített 1%-os szuszpenziójából határoztam meg pH 2-7 között. A megfelelő pH értékre beállított 50 ml szuszpenziót 2 órán keresztül 30 °C-on rázattam a pH érték 15 percenkénti ellenőrzésével és korrigálásával. Az inkubációs idő elteltével centrifugáltam és Whatman 1 szűrőpapíron szűrtem. A szűrlet fehérjetartalmát megfelelő hígítás után Folin-Ciocalteu reagenssel határoztam meg Lowry módszere szerint. Az oldható fehérje mennyiségét bovine szérum albuminnal készített kalibrációs görbe alapján számítottam és az összes fehérjetartalom %-ában adom meg. Az oldható fehérjetartalom értékét 3 párhuzamos mérés alapján határoztam meg.

4.2.3.5. A gélképző tulajdonságok meghatározása

A zsíros mustárlisztből 20g/100 ml koncentrációjú szuszpenziót készítettem, amelyet Ultra–Turraxal 2 percig homogenizáltam. A homogenizált szuszpenzióból 10-10 ml 12, 14, 16, 18%-os szuszpenziókat hígítottam desztillált vízzel. A kémcsöveket lefedve 80 °C-on 60 percig hőkezeltem, majd csapvízben lehűtöttem. A lehűtött szuszpenziókat 2 óra hosszat 4 °C-on tartottam. Ezután a keletkezett gél szilárdságát vizsgáltam, a kémcső megfordításával regisztráltam azt a szuszpenzió koncentrációt, amelynél a gél nem folyik ki a kémcsőből, valamint vizuálisan értékeltem a keletkezett gél erősségét.

4.2.4. A mustárlisztel készített termékek vizsgálata

4.2.4.1. A mustárlisztel készített termékek állományvizsgálata

A húskészítmények állományát LLOYLD gyártmányú LR5K plus típusú állománymérőn mértem. A benyomó fej vezérlését és az eredmények értékelését NEXYGEN 4.1.-es szoftverrel végeztük. A mérőfej átmérője 7,95 mm, a behatolási sebessége 100 mm/perc, a behatolás mélysége 30 mm volt.

4.2.4.2. A mustárlisztel készített termékek érzékszervi minősítése

Az érzékszervi bírálatok során 10 bíráló mondott véleményt a mustárlisztel készített termékekről. Teljes körű érzékszervi profilanalízist végeztem, hogy megvizsgáljam, mely érzékszervi tulajdonságokban következett be változás a mustárliszt alkalmazásának hatására. Az eredményeket a Corvinus Egyetemen Érzékszervi Minősítő Laboratóriumában kifejlesztett ProfiSens szoftver segítségével értékeltem.

4.3. Az eredmények értékeléséhez alkalmazott statisztikai módszerek

Az eredmények értékeléséhez korreláció számítást, nem egyenlő szórásnégyzetek esetén alkalmazható párosított t-próbát, variancia-analízist és Tukey féle páronkénti összehasonlítást, valamint a többváltozós módszerek közül diszkriminancia analízist használtam, Excel és SPSS programcsomag felhasználásával. A statisztikai elemzések eredményei a mellékletben találhatók.

4.3.1. Varianciaanalízis (ANOVA)

A varianciaanalízis célja annak megállapítása volt, hogy az egyes egyedek átlagai milyen mértékben különböznek egymástól. A nullhipotézis szerint a minták átlagai között nincs szignifikáns különbség. A fajta, a termőhely és az évjárat hatásának vizsgálata során háromszempontos varianciaanalízist (α=0,05) alkalmaztam a 2003. és 2004. évben, Gyöngyösön és Szombathelyen termesztett Budakalászi sárga, Tilney, Viscount, Zlata és LM-1 fajták eredményei alapján. A vizsgált termőhelyek talajadottságait és éghajlati adatait az M3. és M4. mellékletben tüntettem fel. Többszörös középérték összehasonlítást végeztem a mirozináz enzim hőtűrésének vizsgálatakor a különböző mustárfajtákból készített enzimkivonatok hőtűrésének összehasonlítására, valamint a mirozináz enzim inaktiválásához szükséges rádiófrekvenciás hőkezelési paraméterek megválasztásakor, melynek során Tukey-féle eljárással kerestem meg azokat a párokat, amelyek között van szignifikáns különbség.

4.3.2. Diszkriminancia analízis

A lineáris kanonikus diszkriminancia-analízis (CDA) a megfigyeléseket a mintatérből egy olyan diszkrimináló térbe viszi át, ahol a csoportok a lehető legjobban elkülönülnek, és kiválasztja azokat a változókat, amelyek a csoportok különbözőségét határozottan magyarázzák.

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

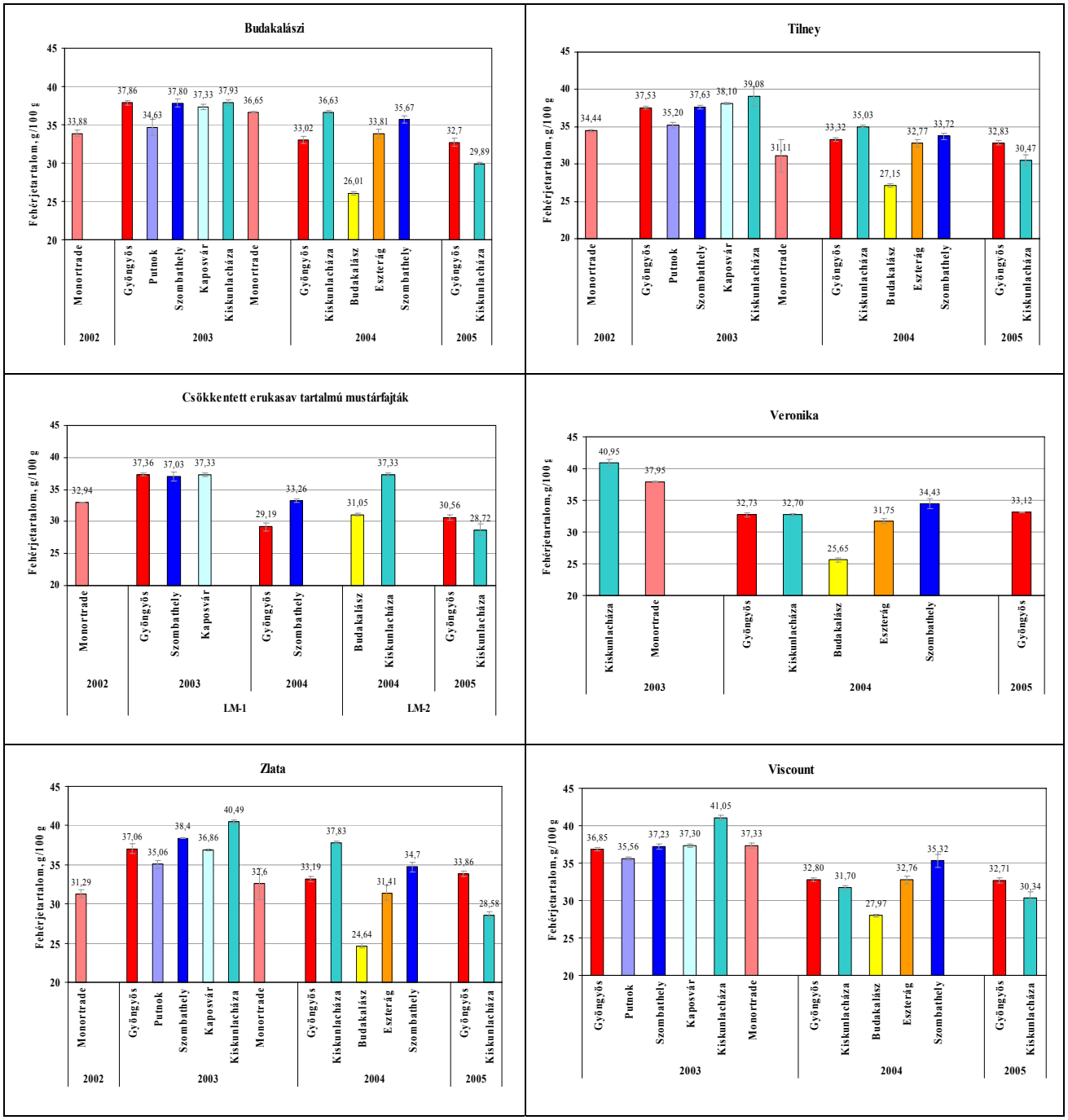
5.1. A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták beltartalmi összetételére

5.1.1. A mustárfajták fehérjetartalma és aminosav összetétele

A 2002 és 2005 között termett mustárfajták fehérjetartalmának vizsgálati eredményeit a 11. ábrán mutatom be. A Monortrade Kft. termőhelyén 2002-ben termesztett mustárfajták szárazanyag tartalomra vonatkoztatott fehérjetartalma 31,29 – 33,88 g/100g között változott. A legalacsonyabb fehérjetartalma a Zlata fajtának volt, a legmagasabb értéket pedig a Tilney fajtánál mértem.

A 2003-as évjáratban a mustárfajták fehérjetartalma magasabb volt, mint az előző évben (32,60 - 41,05 g/100g), a fehérjetartalom növekedése az összes vizsgált fajta esetén kimutatható volt. A Tilney fajta fehérjetartalma ebben az évben öt termőhelyen is meghaladta az átlagos fehérjetartalmat. A Putnokról származó mustárfajták fehérjetartalma minden esetben alacsonyabb volt a fehérjetartalom átlagánál, míg a Kiskunlacházán termesztett mustárfajtáknál a Veronika fajta kivételével az átlagosnál magasabb fehérjetartalmat mértem. Az átlagos fehérjetartalom értékeket az M5. mellékletben összesítettem.

A 2004-ben termett mustárfajták 25,65 – 35,67 g/100g fehérjét tartalmaztak, ez az eredmény a 2003-as évben mért értékekhez viszonyítva alacsonyabb. A két év eredményeit vizsgálva a Gyöngyösön, Kiskunlacházán, valamint Szombathelyen termesztett mustárfajták fehérjetartalma is minden esetben csökkent 2004-ben. A Budakalászról származó mustárfajták fehérjetartalma átlag alattinak bizonyult. A Viscount fajta kivételével minden mustárfajta fehérjetartalma meghaladta az átlagot a Kiskunlacházán termesztett fajták esetében. A Gyöngyösről származó fajták hasonlóan magas fehérjetartalommal rendelkeztek, az LM-1 fajta kivételével mind az öt vizsgált mustárfajta esetében magasabb fehérjetartalmat mértem az átlaghoz viszonyítva. A vizsgált fajták közül a Viscount és a Budakalászi sárga fajta négy termőhelyen is átlag feletti mennyiségű fehérjét tartalmazott, a Veronika fajta fehérjetartalma pedig a Budakalászi termőhelyet kivéve nem érte el az átlagot.



11. ábra: Az évjárat és a termőhely hatása a vizsgált mustárfajták fehérjetartalmára

A vizsgált fajták fehérjetartalma 2005-ben 28,58 – 33,86 g/100g között változott. Az előző évjárat eredményeihez viszonyítva Kiskunlacházán 2005-ben minden fajta fehérjetartalma alacsonyabb volt. A Gyöngyösről származó mustármagvak fehérjetartalma ebben az évben magasabb volt a Kiskunlacházán termesztett magvakéhoz képest.

A termőhely és az évjárat hatásának statisztikai elemzését az M12 mellékletben foglaltam össze. Az eredmények alapján elmondható, hogy a termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták fehérjetartalma szempontjából 95%-os konfidencia szinten igazolt.

7. táblázat: A mustárfajták aminosav összetétele

Aminosav	Mustárfajta			
	Budakalászi	LM-1	Tilney	Zlata
ASP	8,40	8,56	8,35	8,47
THR*	4,51	4,57	4,55	4,57
SER	4,32	4,32	4,39	4,32
GLU	17,88	17,48	16,48	16,97
GLY	5,27	5,29	5,06	5,16
ALA	4,73	4,82	4,91	4,77
CYS*	0,44	0,43	0,52	0,45
VAL*	4,76	4,85	4,80	4,71
MET*	0,51	0,50	0,41	0,52
ILEU*	3,84	3,98	3,95	3,81
LEU	7,59	7,64	7,64	7,37
TYR*	4,05	4,20	4,11	4,00
PHE*	4,21	4,26	4,27	4,10
HIS	3,67	3,94	3,98	3,84
LYS*	6,33	6,44	6,52	6,30
NH_3	2,44	2,34	2,03	2,33
ARG	6,42	6,45	6,80	631
PRO	7,00	6,35	7,94	8,41
METSO*	2,69	2,65	2,48	2,62
$METSO_3$	0,00	0,00	0,00	0,00
TRP	0,95	0,93	0,84	0,98
Összesen	100,00	100,00	100,00	100,00
EAA	31,34	31,88	31,61	31,08
TAA/EAA	3,19	3,14	3,16	3,22

A mustárfehérje aminosav összetételét a 2002-ben termesztett mustárfajták eredményei alapján a 7. táblázatban mutatom be. Az eredmények azt mutatják, hogy a növényi eredetű fehérjék aminosav összetételére jellemzően a mustárfehérje is glutaminsavban gazdag. A mustárfehérje kedvező aminosav összetételét igazolja, hogy kéntartalmú aminosav és lizin tartalma magas. A négy mustárfajta esszenciális aminosav tartalma az összes aminosav tartalomnak 31%-a. A vizsgált mustárfehérjék aminosav összetétele lényegesen nem különbözött egymástól, különbséget csak a

glutaminsav tartalom alapján találtam. Az eredmények szerint a Budakalászi sárga és az LM-1 fajta fehérje tartalmában nagyobb arányban volt jelen a glutaminsav, mint a Tilney és a Zlata fajták esetén.

5.1.2. A mustárfajták olajtartalma és a mustárolaj zsírsavösszetétele

A 2002 és 2005 között termett mustárfajták olajtartalmát az 12. ábrán szemléltetem. A Monortrade Kft. termőhelyéről származó mustárfajták olajtartalma 2002-ben 27,30 – 29,78% között változott. A legalacsonyabb olajtartalma a Tilney fajtának volt, a legmagasabb értéket pedig a Zlata fajtánál mértem.

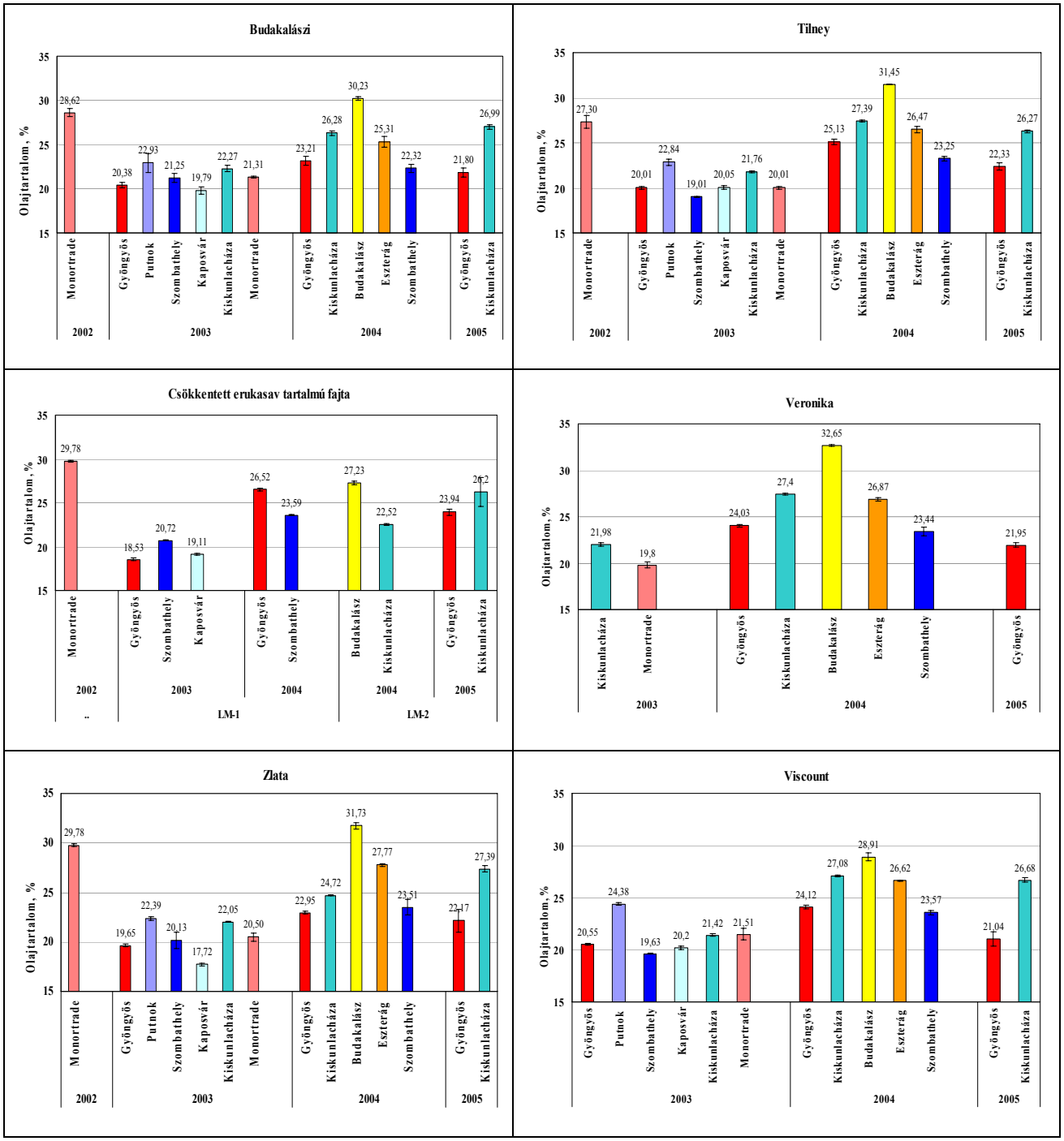
A 2003-ban termett mustárfajták 18,53 – 24,38% olajat tartalmaztak, ez az eredmény az előző évben mért értékekhez viszonyítva alacsonyabb, a legmagasabb olajtartalmú fajta sem érte el a 2002-es évjáratban mért legalacsonyabb értéket. A Putnokon, valamint a Kiskunlacházán termesztett mustárfajták olajtartalma minden esetben meghaladta az átlagos olajtartalmat. Ebben az évben a Zlata fajta olajtartalma Kiskunlacháza kivételével minden termőhelyen alacsonyabb volt az átlagos olajtartalomnál. A Budakalászi sárga fajta esetében öt termőhelyen is az átlag feletti olajtartalmat mértem. Az átlagos olajtartalom értékeket az M6. mellékletben tüntettem fel.

A 2004-es évjáratban a mustárfajták olajtartalma magasabb volt, mint az előző évben (22,32 – 32,65%). A két év eredményeit vizsgálva a Gyöngyösön, Kiskunlacházán, valamint Szombathelyen termesztett mustárfajták olajtartalma is minden esetben növekedett 2004-ben. A Budakalászról származó mustárfajták esetében átlag feletti olajtartalmat mértem. A Szombathelyen termesztett fajták alacsony olajtartalommal rendelkeztek, az LM-1 fajta kivételével mind az öt vizsgált mustárfajta esetében alacsonyabb olajtartalmat mértem az átlaghoz viszonyítva. A Gyöngyösön termesztett mustárfajták olajtartalma minden vizsgált fajta estében alacsonyabb volt a Kiskunlacházáról származó mustárfajták olajtartalmánál. A vizsgált fajták közül a Veronika fajta olajtartalma a gyöngyösi termőhelyet kivéve mindenhol meghaladta az átlagot, az LM-1 fajta pedig az egyes termőhelyeket tekintve átlag feletti mennyiségű mustárolajat tartalmazott.

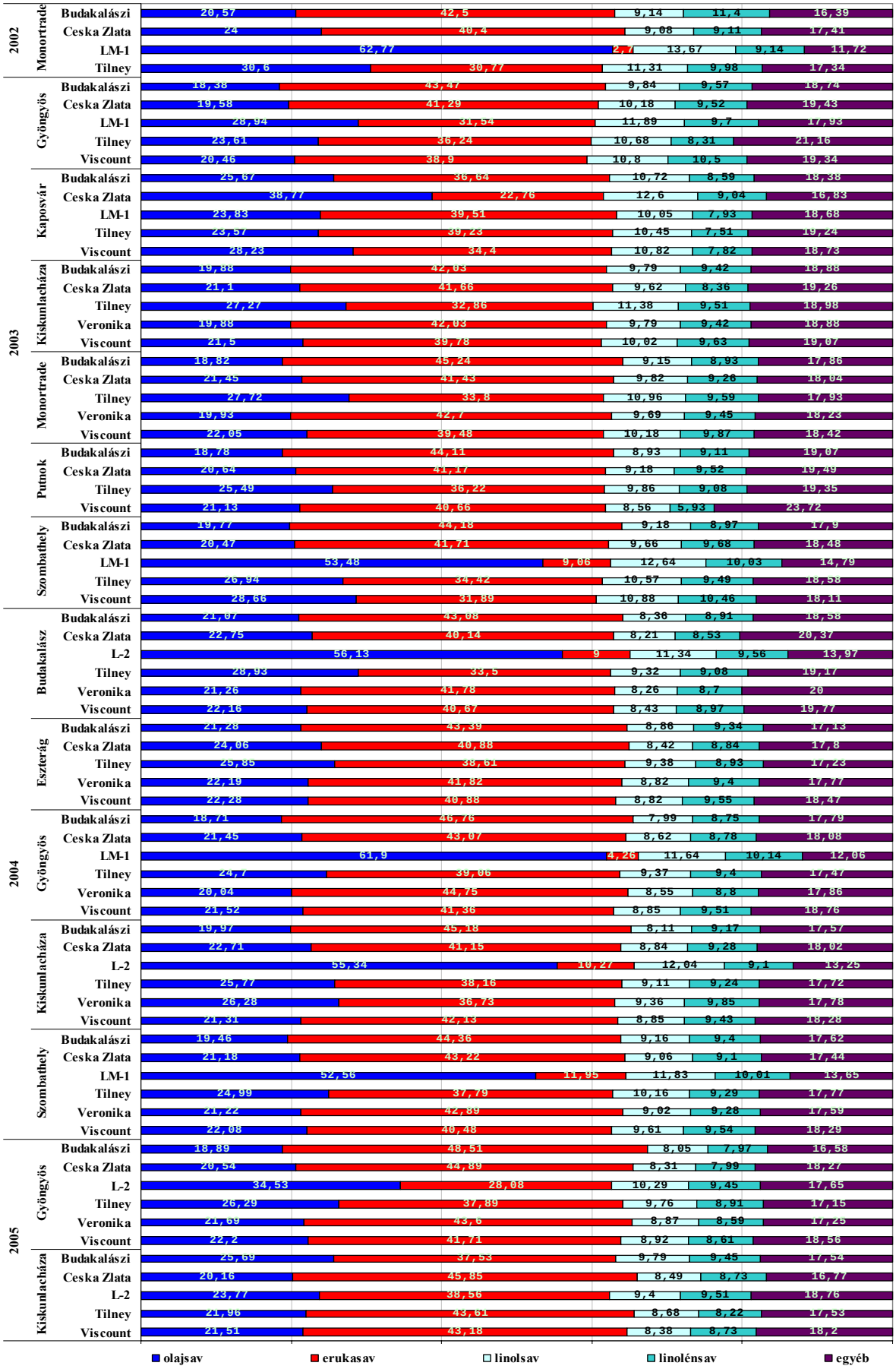
A vizsgált fajták olajtartalma 2005-ben 21,04 – 27,39% között változott. A Zlata, valamint az LM-2 fajta olajtartalma mindkét termőhelyen magasabb volt az átlagos olajtartalomhoz viszonyítva, a Viscount fajta olajtartalma pedig alacsonyabb volt. Ebben az évben a Kiskunlacházáról származó mustármagvak nagyobb mennyiségű mustárolajat tartalmaztak a Gyöngyösön termesztett magvakhoz képest.

Az eredmények összhangban állnak a szakirodalomban található adatokkal, a mustármag KATEPA-MUPONDVA és munkatársai (2005) szerint 28,7% olajat tartalmaz.

A vizsgálati eredmények szerint a mustármag olajtartalma évjárattól függő tulajdonság. A háromtényezős varianciaanalízis eredményei alapján megállapítható, hogy az évjárat hatása igazolható 95%-os megbízhatósági szinten. A termőhely és az évjárat hatásának matematikai-statisztikai elemzését az M12. mellékletben foglaltam össze.



12. ábra: Az évjárat és a termőhely hatása a vizsgált mustárfajták olajtartalmára



13. ábra: A mustárfajták zsírsav összetétele

A különböző mustárfajtákból kivont olajban legnagyobb mennyiségben kimutatható és táplálkozási szempontból legfontosabb négy zsírsav (olajsav, linolsav, linolénsav és erukasav) százalékos megoszlását a 13. ábrán szemléltetem.

A bemutatott eredmények alapján a mustárolaj zsírsavösszetétele fajtára jellemző tulajdonság, de az évjárat hatása is érvényesül. Az államilag elismert mustárfajták (Budakalászi sárga, Tilney és Veronika) olajtartalmának 18,38 - 38,77 százaléka olajsav, az erukasav aránya pedig 22,76 - 48,51% között változik, termőhelytől és évjárattól függően.

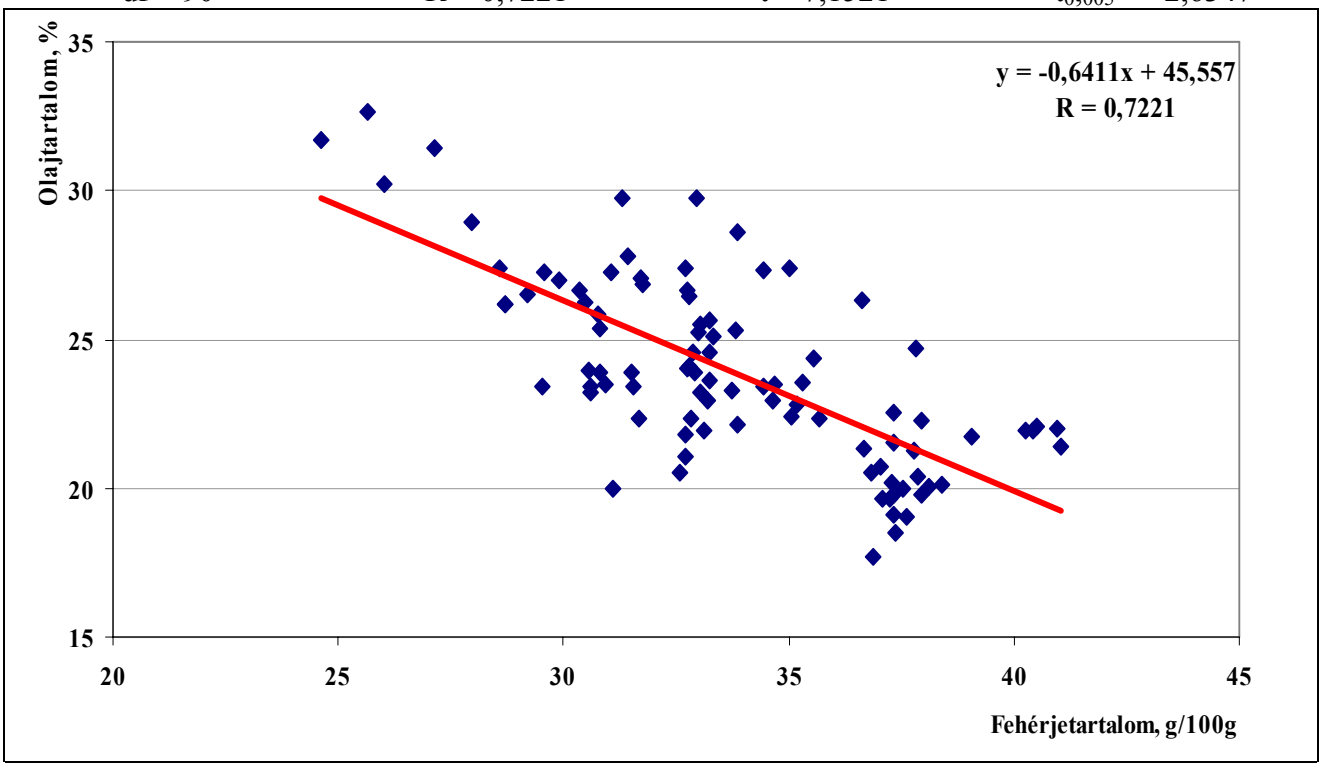
A kísérleti termesztésből származó alacsony erukasav tartalmú LM-1 és LM-2 mustárfajta olajának olajsavtartalma 23,83 – 61,90% illetve 23,77 – 56,13%, erukasav tartalma pedig 4,26 – 39,51% illetve 9,00 – 38,56% volt. Az eredmények azt mutatják, hogy az erukasav csökkenésével az olajsav mennyisége növekedett. Az államilag elismert mustárfajták közül a Tilney olajában található legkisebb mennyiségben erukasav, és e fajta tartalmazta a legtöbb olajsavat. A Budakalászi sárga fajta esetében fordított tendencia figyelhető meg, olajának erukasav tartalma a legmagasabb volt a vizsgált fajták között, az olajsav tartalom tekintetében pedig alacsonyabb értékeket mértem.

A mustárfajták linolsav, valamint linolénsav tartalma az összes olajtartalom 7,99 – 12,64%–a, illetve 7,93 – 10,14%-a. A csökkentett erukasav tartalmú mustárfajta esetén a linolsav mennyisége 3-4%-kal magasabb volt, mint a többi vizsgált fajtában mért érték.

Matematikai-statisztikai módszerrel vizsgáltam a termőhely és az évjárat hatását a mustárfajták olajának zsírsavösszetételére, a varianciaanalízis táblázatokat az M13. mellékletben mutatom be. Az eredmények alapján a mustárolajban található olajsav, erukasav, linolsav és linolénsav aránya 95%-os megbízhatósági szinten függ a fajtától, és a linolénsav esetében az évjárat hatása is igazolható.

A nagyobb fehérje tartalmú mustárfajták olajtartalma minden esetben kisebb volt. A fehérje- és olajtartalom között matematikailag leírható, 99,9%-os megbízhatósági szinten szignifikáns, negatív korreláció állapítható meg, amelyet a 14. ábrán szemléltetek. Irodalmi adatok szerint számos növény esetén mutatható ki negatív korreláció a fehérjetartalom és az olajtartalom között, többek között a repce (GRAMI et al., 1977) és szója (HELMS ÉS ORF, 1998; WILCOX, 1998) esetében is. A negatív korrelációt a kukorica fehérje tartalma és olajtartalma között DUDLEY és munkatársai (1977) írták le.

df = 90 R = 0,7221 t = 7,1521 $t_{0,005}$* = 2,6347



14. ábra: Összefüggés a mustárfajták fehérje- és olaj tartalma között

5.1.3. A mustárolaj tokoferol tartalma

A Gyöngyösön és Kiskunlacházán 2005-ben termesztett mustármagvak olajának tokoferol tartalom vizsgálati eredményeit az 8. táblázatban foglaltam össze.

8. táblázat: A mustárfajták tokoferol tartalma (µg/g)

Termőhely	Fajta	α-tokoferol		β-tokoferol		γ-tokoferol		δ-tokoferol	
		átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
Gyöngyös	Budakalászi	37,95	0,78	1,85	0,07	249,85	5,30	10,75	0,07
	LM-2	39,00	1,13	6,40	0,28	315,35	15,20	15,65	0,78
	Tilney	27,40	1,13	5,35	0,21	260,70	14,14	11,15	0,64
Kiskunlacháza	Budakalászi	22,05	0,92	1,35	0,07	258,45	12,37	9,10	0,42
	LM-2	18,70	0,57	3,75	0,21	208,30	5,80	6,20	0,28
	Tilney	27,55	0,92	1,65	0,07	300,95	12,37	10,80	0,57

A Budakalászi sárga, LM-2 és Tilney fajták mustárolajában az összes tokoferol tartalom termőhelytől függően 290,95 -376,40 µg/g között alakult. A két termőhely vizsgálati eredményeit összehasonlítva elmondható, hogy a Budakalászi sárga és az LM-2 fajta esetében a Gyöngyösről származó mustármagvak összes tokoferol tartalma volt magasabb. A mustárolajok összes tokoferol

tartalmának 83,17 - 88,83%-a γ-tokoferol. Az α-tokoferol aránya az összes tokoferol tartalomhoz viszonyítva Gyöngyösön termesztett mustárfajták esetében 9,00 – 12,63% volt, a Kiskunlacházáról származóak esetében pedig 7,58 – 8,08%. A β-tokoferol és a δ-tokoferol aránya mindkét termőhelyen 0,46-1,76%, illetve 2,62 – 4,16% között változott fajtától függően. Gyöngyösön az LM-2 fajta, míg Kiskunlacházán a Tilney fajta mustárolaja tartalmazta a legnagyobb mennyiségű tokoferolt. SEKER és munkatársai (2008) szerint repce tokoferol vegyületeinek elválasztása során szintén a γ-tokoferol bizonyult a fő frakciónak, a repce γ-tokoferol tartalma vizsgálataik szerint 44,20-118,90 mg/kg között változott, és összes tokoferol tartalma is alacsonyabb a mustármagéhoz képest (83,90-173,80 mg/kg). Olívabogyó tokoferol tartalmát is vizsgálták, és megállapították, hogy az olívabogyó összes tokoferol tartalma 52,10-213,08 mg/kg, fő tokoferol vegyülete az α–tokoferol, γ-tokoferolt pedig 0,00-39,75 mg/kg mennyiségben tartalmaz.

5.1.4. A mustárfajták glükozinolát tartalma

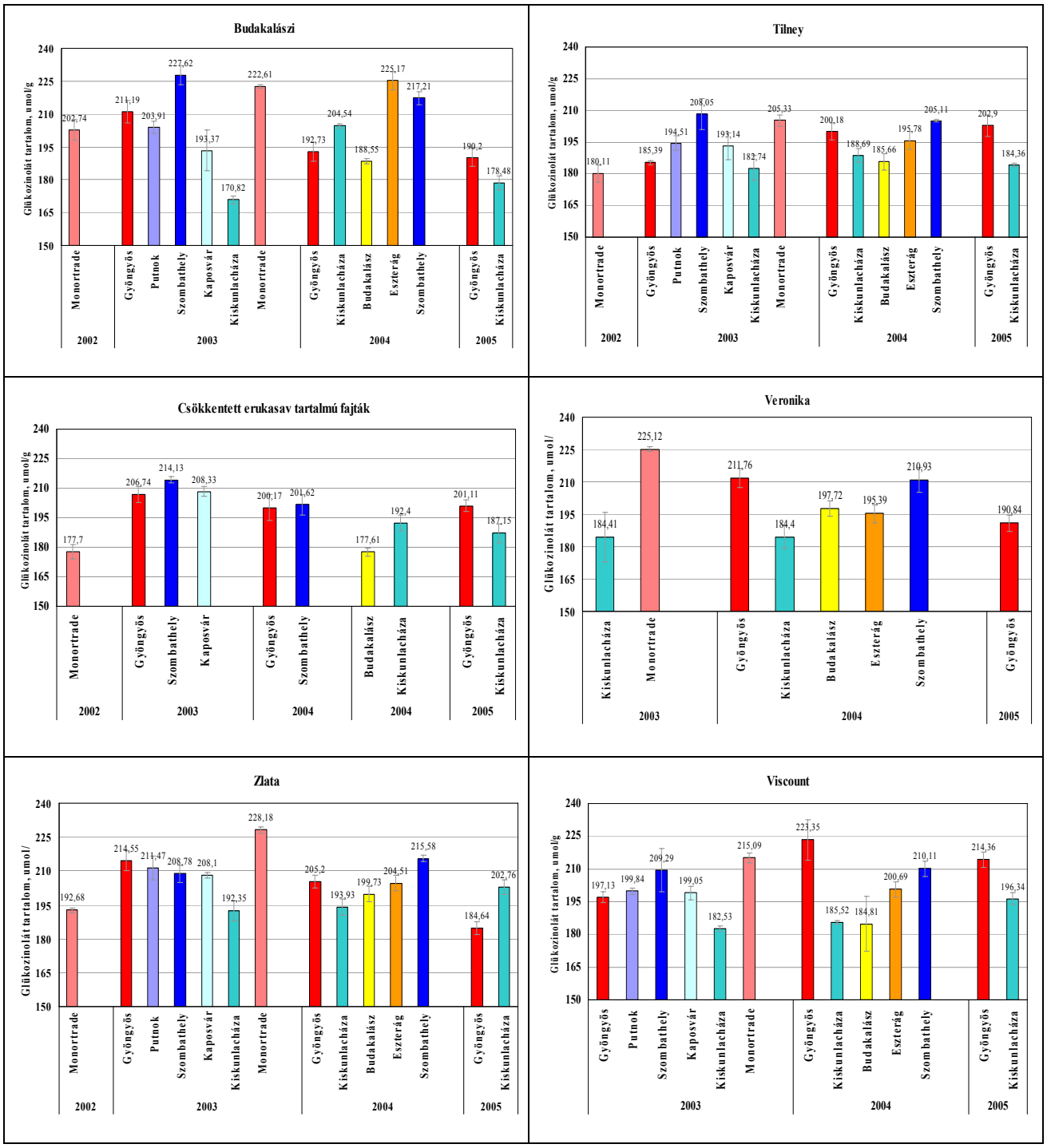
A mustárfajták glükozinolát tartalmának vizsgálati eredményeit a 15. ábrán szemléltetem. A 2002-es évben a glükozinolát tartalom 177,70 – 202,74 µmol/g volt, a a Monortrade Kft. termőterületéről származó fajták vizsgálata során a legkisebb értéket az LM-1 fajta esetében mértem, a legmagasabb glükozinolát tartalma pedig a Budakalászi sárga fajtának volt.

A 2003-ban termett mustárfajták glükozinolát tartalma 170,82 – 228,18 µmol/g között változott. A Monortrade Kft. termőterületén a mustármagvak glükozinolát tartalma magas volt, a Budakalászi sárga, a Veronika, valamint a Zlata fajta esetén is ezen a termőterületen mértem a legmagasabb glükozinolát tartalmat. Az utóbb említett Zlata fajta volt a legmagasabb glükozinolát tartalmú fajta a Monortrade Kft. termőterületén kívül még Putnokon és Kiskunlacházán is, Kaposvárott pedig a második volt a glükozinolát tartalom tekintetében. Kiskunlacháza és Kaposvár kivételével négy termőhelyen a Budakalászi sárga fajta szintén a magasabb glükozinolát tartalmú fajták közé tartozott. A Tilney fajta alacsony glükozinolát tartalommal rendelkezett a 2003-as évjáratban, Gyöngyösön, Putnokon, Kaposvárott és a Monortrade Kft. termőhelyén is a legalacsonyabb glükozinolát tartalmú fajta volt.

2004-ben a glükozinolát tartalom 177,61 - 225,17 µmol/g között változott. A Kiskunlacházán termesztett fajták glükozinolát tartalma az előző év eredményeihez viszonyítva minden fajta esetén magasabb volt. A Budakalászi sárga fajta ebben az évjáratban szintén a magas glükozinolát tartalmú fajták közé volt sorolható, a kiskunlacházi, a szombathelyi valamint az eszterági termőhelyről származó magvak esetén is e fajtánál mértem a legmagasabb glükozinolát tartalmat. A Tilney fajta esetében is érvényesült az előző évben megfigyelt tendencia, mivel az alacsonyabb glükozinolát tartalmú fajták közé tartozott. A termőhelyeket vizsgálva Gyöngyös és

Szombathely volt a legkedvezőbb a glükozinolát tartalom szempontjából. Gyöngyösön a Veronika és Viscount fajták esetében a legmagasabb glükozinolát tartalmat mértem, míg a Tilney, az LM-1 valamint a Zlata fajta is Szombathelyen érte el a legmagasabb glükozinolát tartalmat.

A 2005-ös évjáratban a vizsgált mustárfajták glükozinolát tartalma 178,48 – 214,36 µmol/g között változott. A Zlata fajta kivételével öt mustárfajta esetén a Gyöngyösről származó mustármagvakat vizsgálva mértem a magasabb glükozinolát tartalmat. Kiskunlacházán a Tilney fajtánál az előző év eredményeihez hasonlóan alacsony glükozinolát tartalmat mértem.



15. ábra: Az évjárat és a termőhely hatása a vizsgált mustárfajták glükozinolát tartalmára

A 15. ábrán bemutatott eredmények alapján elmondható, hogy a mustármag glükozinolát tartalma függ a termőhelytől. A termőhely és az évjárat hatásának matematikai-statisztikai elemzése szerint a termőhely hatása 95%-os konfidencia szinten szignifikáns. A háromtényezős varianciaanalízis eredményeit az M14 mellékletben mutatom be.

5.1.5. A mustárfajták mirozináz enzimaktivitása

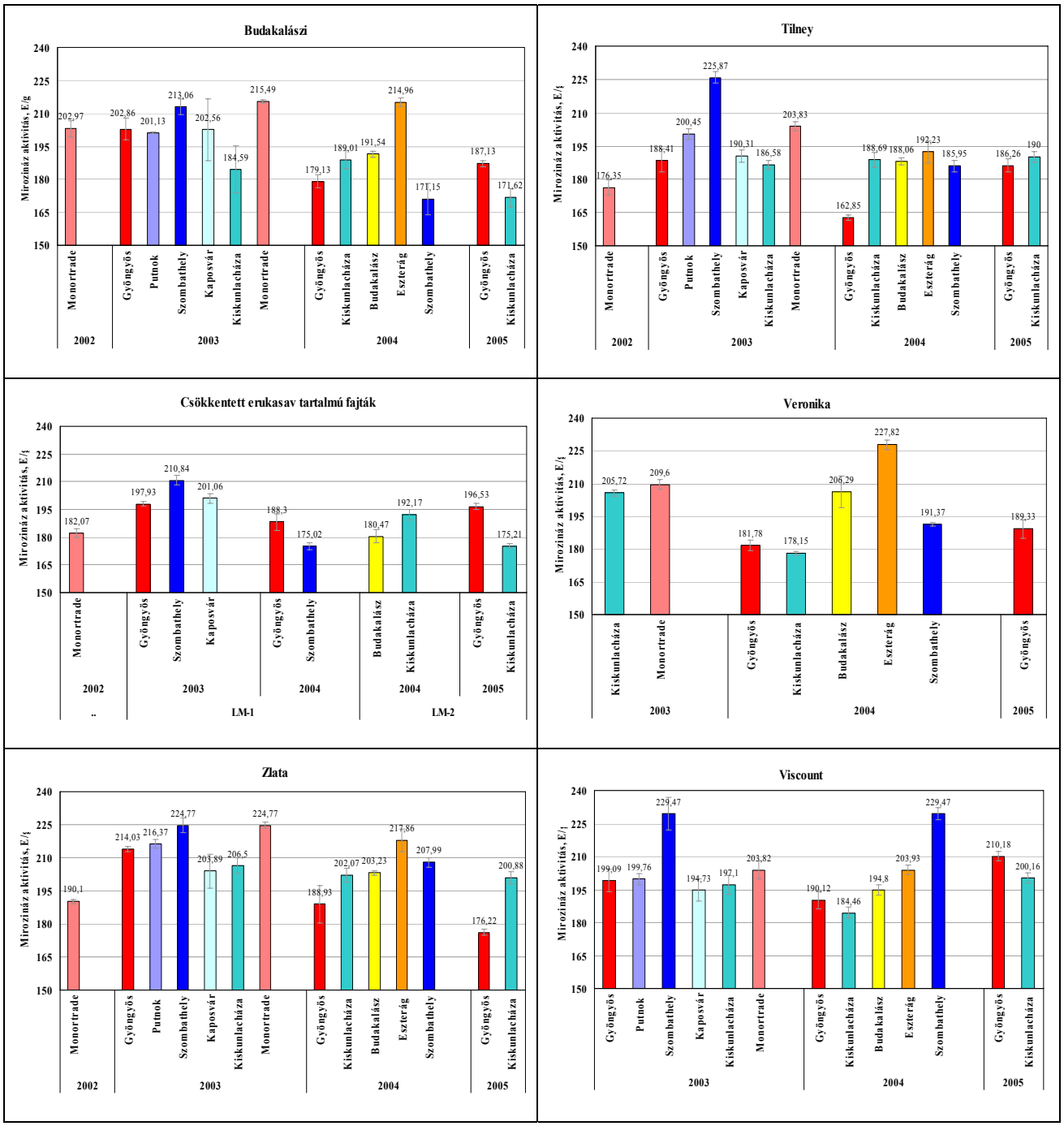
A 2002 és 2005 között termett mustárfajták mirozináz enzimaktivitásának kísérleti eredményeit a 16. ábrán foglaltam össze. A Monortrade Kft. termőhelyéről származó mustárfajták mirozináz enzimaktivitása 2002-ben 176,35 – 202,97 E/g között változott. A legnagyobb mirozináz enzimaktivitása a Budakalászi sárga fajtának volt, a legalacsonyabb értéket pedig a Tilney fajta vizsgálata során mértem.

A következő évben a Szombathelyen termesztett Viscount fajta mirozináz enzimaktivitása kiemelkedően magas volt (229,47 E/g), a legkisebb aktivitás értéket pedig a Kiskunlacházáról származó Budakalászi sárga fajtánál mértem (184,59 E/g). Szombathelyen termettek a legmagasabb mirozináz enzimaktivitású mustármagvak, a Viscount mellett a Tilney, a Zlata, valamint az LM-1 fajták mirozináz enzimei is ezen a termőhelyen érték el a legnagyobb aktivitást. A Monortrade Kft. termőterületéről származó magvakra a magas glükozinolát tartalom mellett a nagy mirozináz enzimaktivitás is jellemző volt, a Budakalászi sárga és a Veronika fajta esetén is ezen a termőterületen mértem a legnagyobb mirozináz enzimaktivitást, a Zlata és a Viscount fajta mirozináz enzimaktivitása pedig a második volt ezen a termőhelyen. A többi vizsgált termőhelyen minden esetben a Zlata fajta volt a legnagyobb mirozináz enzimaktivitású fajta. Alacsony mirozináz enzimaktivitás értékeket mértem a Tilney fajta vizsgálata során, a Gyöngyösről, Kaposvárról és a Monortrade Kft. termőterületéről származó mustármagvak esetében is e fajta mirozináz enzimaktivitása volt a legalacsonyabb a többi fajtához viszonyítva, emellett Putnokon és Kiskunlacházán is az alacsony mirozináz enzimaktivitású fajták közé volt sorolható.

2004-ben a mustárfajták mirozináz enzimaktivitása 162,85 – 229,47 E/g között változott. Az előző évhez hasonlóan a Szombathelyen termesztett Viscount fajtánál mértem a legnagyobb mirozináz enzimaktivitást. A Zlata fajta mirozináz enzimaktivitása ebben az évben is magas volt: Kiskunlacházán a legnagyobb mirozináz enzimaktivitású fajta volt, a többi négy termőhely esetén pedig a második legmagasabb mirozináz enzimaktivitás értéket mértem, a Veronika illetve a Viscount fajta után, termőhelytől függően. A Tilney fajta mirozináz enzimaktivitása a többi fajtához képest minden termőhelyen alacsony volt, Gyöngyösön és Eszterágon pedig a Tilney volt a legalacsonyabb mirozináz enzimaktivitású fajta. Az Eszterágról származó mustármagvak mirozináz

enzimaktivitása a Budakalászi sárga, a Tilney, a Veronika és a Zlata fajta esetén is a legmagasabb volt a másik négy termőhelyhez viszonyítva.

A 2005-ös évjáratban a vizsgált mustárfajták mirozináz enzimaktivitása 171,62 – 210,18 E/g között változott. Kiskunlacházán a Zlata fajta mirozináz enzimaktivitása volt a legmagasabb, és a Tilney fajta ebben az évben is az alacsony mirozináz aktivitású fajták közé tartozott.



16. ábra: Az évjárat és a termőhely hatása a vizsgált mustárfajták mirozináz enzimaktivitására

A 16. ábrán összefoglalt eredmények szerint a mustármag mirozináz enzimaktivitása termőhelytől függő tulajdonság. A termőhely és az évjárat hatását statisztikai úton vizsgálva megállapítható, hogy a termőhely hatása a mustármagvak mirozináz enzimaktivitása szempontjából 95%-os megbízhatósági szinten igazolt. A háromtényezős varianciaanalízis eredményeit az M14. mellékletben mutatom be.

5.1.6. A mustárfajták összes polifenol tartalma

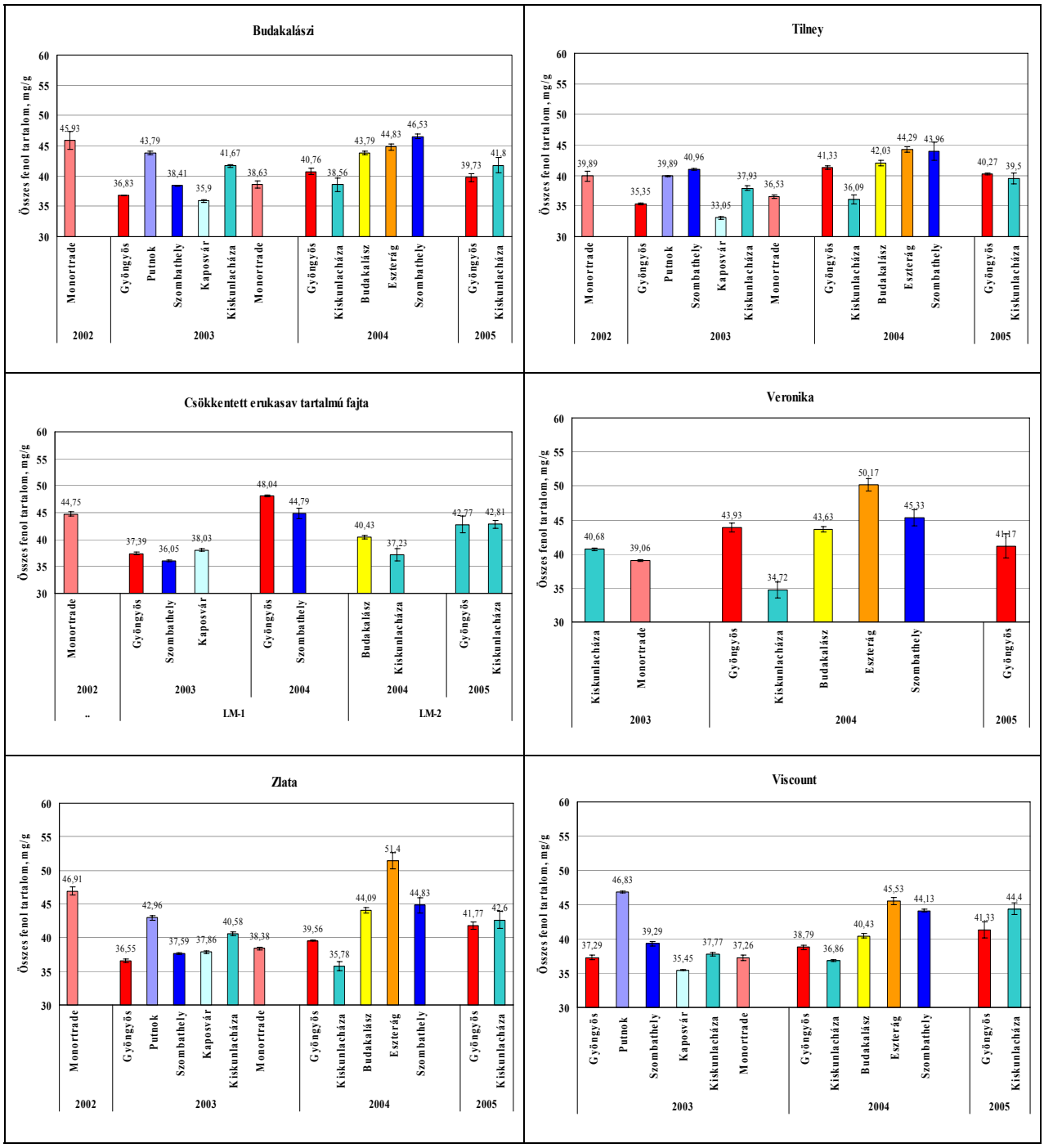
A 2002-ben termett mustármagvak összes polifenol tartalmának vizsgálata során 39,89 – 46,91 mg/g közötti értékeket mértem. A legmagasabb polifenol tartalma a Zlata fajtának volt, a legalacsonyabb eredményt pedig a Tilney fajta esetében kaptam. A mustárfajták összes polifenol tartalmát a 2002 és 2005 között nyert vizsgálati eredmények alapján a 17. ábrán mutatom be.

A 2003-as évjáratban a mustárfajták összes polifenol tartalma 33,05 – 46,83 mg/g között változott. A Tilney fajta esetében ebben az évben is alacsonyabb eredményeket kaptam, összes polifenol tartalma öt termőhelyen is az átlag alatt volt. A Veronika fajta mindkét termőhelyen meghaladta az átlagot az összes polifenol tartalom tekintetében. A Putnokról származó mustárfajták eredménye minden esetben magasabb volt az összes polifenol tartalom átlagánál, valamint a Viscount fajta kivételével a Kiskunlacházán termesztett mustárfajtáknál is az átlagosnál magasabb értéket mértem. A Putnokon termesztett fajták összes polifenol tartalma a Kiskunlacházán termesztettekéhez képest minden esetben magasabb volt. Gyöngyösön és Kaposvárott az LM-1 fajta kivételével az átlagosnál kevesebb polifenol vegyületet tartalmazó magvak termettek. Az összes polifenol tartalom vizsgálati eredményeit az M10. mellékletben összesítettem.

2004-ben a vizsgált mustárfajták összes polifenol tartalma szélesebb intervallumban, 34,72 – 51,40 mg/g között változott. A Tilney fajta összes polifenol tartalma az előző évekhez hasonlóan átlag alatt volt minden termőhely esetén. Kiskunlacháza kivételével minden termőhelyen meghaladta az átlagos polifenol tartalmat a Veronika fajta, kiemelkedően nagy polifenol tartalma volt az Eszterágon termesztett Veronika és Zlata fajtáknak (50,2, illetve 50,4 mg/g). A Kiskunlacházáról származó mustárfajták összes polifenol tartalma alacsony volt, minden vizsgált fajta esetében alacsonyabb értéket mértem az átlaghoz viszonyítva, az Eszterágon termesztett mustárfajták vizsgálatakor pedig magasabb értékeket kaptam. Magas polifenol tartalmú mustármagvak termettek Budakalászon és Szombathelyen is, ahol öt fajta összes polifenol tartalma magasabb volt az átlagosnál.

A 2005-ben termett mustárfajták 39,73 – 44,40 mg/g polifenol vegyületet tartalmaztak. A Kiskunlacházáról származó mustármagvak összes polifenol tartalma ebben az évben magasabb volt

a Gyöngyösön termesztett magvakéhoz képest. A Tilney fajta összes polifenol tartalma az előző évekhez hasonlóan az átlagosnál kevesebb polifenol vegyületet tartalmazott, átlag alatti értékeket mértem a Budakalászi sárga fajta esetében is. Az LM-2, a Veronika, Zlata és Viscount fajták mindkét termőhelyen vizsgálva átlag feletti összes polifenol tartalommal rendelkeztek.



17. ábra: Az évjárat és a termőhely hatása a vizsgált mustárfajták összes polifenol tartalmára

A 17. ábrán bemutatott eredmények alapján megállapítható, hogy a mustármag összes polifenol tartalma függ a termőhelytől és az évjárattól. A termőhely és az évjárat hatásának matematikai-statisztikai elemzését az M14. mellékletben foglaltam össze. A háromtényezős varianciaanalízis eredményei alapján megállapítható, hogy a termőhely és az évjárat hatása igazolható 95%-os megbízhatósági szinten, az összes polifenol tartalom eredményeket a fajta nem befolyásolja szignifikánsan.

5.1.7. A mustárfajták gyökfogó aktivitása

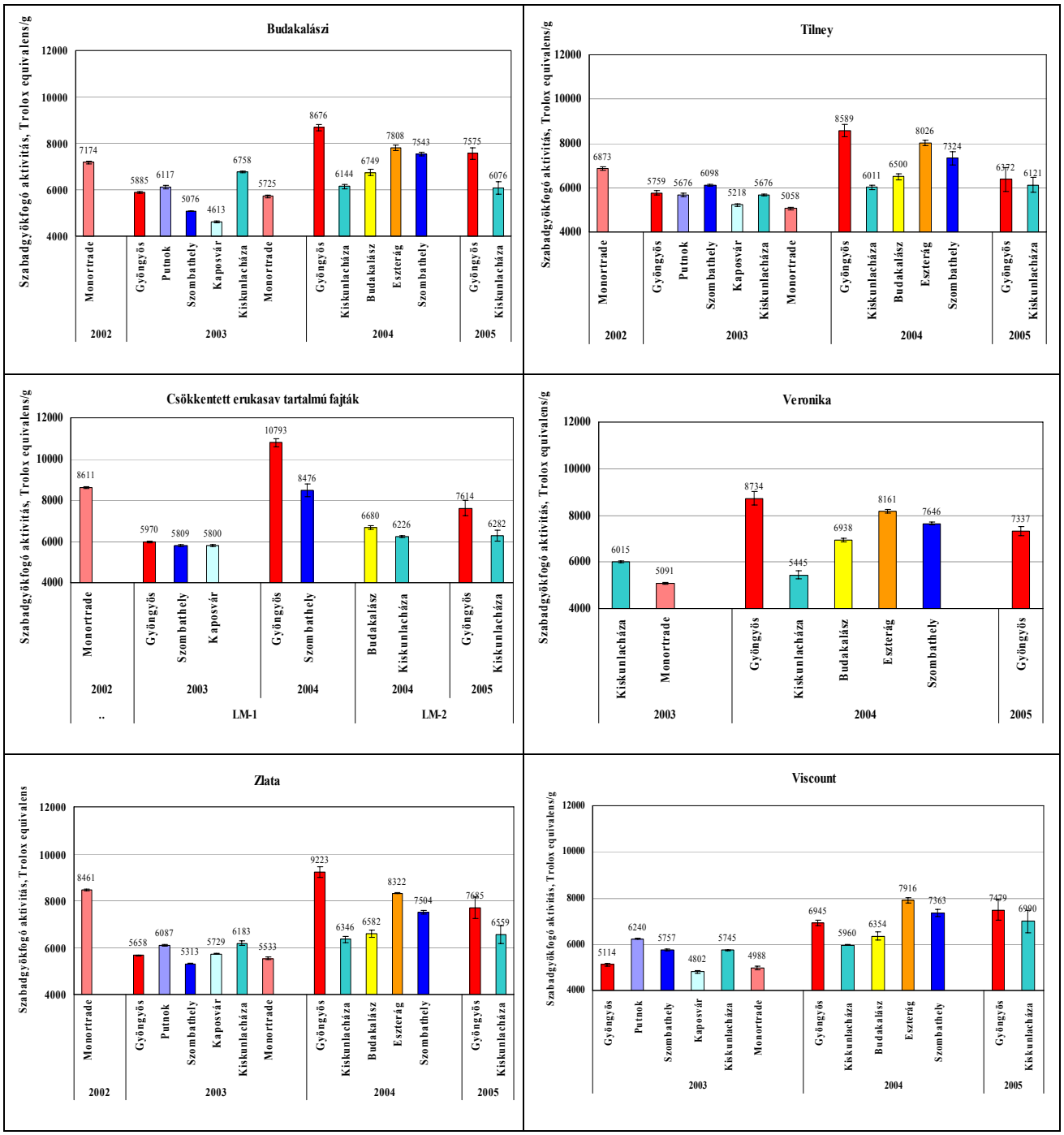
A mustárfajták fenolvegyületeinek szabadgyökfogó aktivitását az 18. ábrán szemléltetem. 2002-ben a vizsgált mustárfajták szabadgyökfogó aktivitása 6873 – 8611 µM Trolox/g között változott, a legkisebb értéket a Tilney fajta esetében mértem, a legnagyobb gyökfogó aktivitása pedig az LM-1 fajtának volt.

A 2003-ban termett mustárfajták szabadgyökfogó aktivitása az előző évben mért értékekhez viszonyítva alacsonyabb volt (4613 – 6758 µM Trolox/g), a legnagyobb gyökfogó aktivitással rendelkező fajta eredménye sem érte el a 2002-es évjáratban mért legalacsonyabb értéket. A Tilney és a Viscount fajta szabadgyökfogó aktivitása négy termőhelyen kisebb volt az átlagos értékhez viszonyítva, és az előző év eredményeihez hasonlóan az LM-1 fajta minden termőhelyen átlag feletti szabadgyökfogó aktivitással rendelkezett. A Budakalászi sárga és a Zlata fajta szabadgyökfogó aktivitása is magas volt, négy termőhelyen mértem átlag feletti értéket. A Putnokról, valamint a Kaposvárról származó mustárfajták gyökfogó aktivitása minden esetben magasabb volt az átlaghoz képest, míg a Kiskunlacházán termesztett mustárfajták esetében az átlagosnál kisebb értékeket mértem. Az átlagos szabadgyökfogó aktivitás értékeket az M11. mellékletben tüntettem fel.

A 2004-ben a fenolvegyületek szabadgyökfogó aktivitása szélesebb intervallumban, 5445 – 10 793 µM Trolox/g között változott. Az LM-1 fajta esetében minden termőhelyen átlag feletti szabadgyökfogó aktivitást mértem, a Gyöngyösön termesztett LM-1 fajta eredménye pedig kiemelkedően magas volt. Gyöngyösön és Eszterágon minden mustárfajta szabadgyökfogó aktivitás értéke meghaladta az átlagot. A Kiskunlacházáról származó mustárfajták gyökfogó aktivitása átlag alattinak bizonyult, és a Budakalászon termett magvak vizsgálata során öt fajta esetében is alacsonyabb értékeket mértem az átlagnál.

A 2005-ös évjáratban a vizsgált mustárfajták szabadgyökfogó aktivitása 6076 – 7685 µM Trolox/g között változott. Az előző év eredményeivel egyezően a Gyöngyösön termesztett mustárfajták szabadgyökfogó aktivitása a Kiskunlacházáról származóakéhoz viszonyítva magasabb volt. A Tilney fajtánál ebben az évben is átlag alatti eredményeket kaptam,

míg a Viscount és a Zlata fajták szabadgyökfogó aktivitása mindkét termőhelyen meghaladta az átlagot.

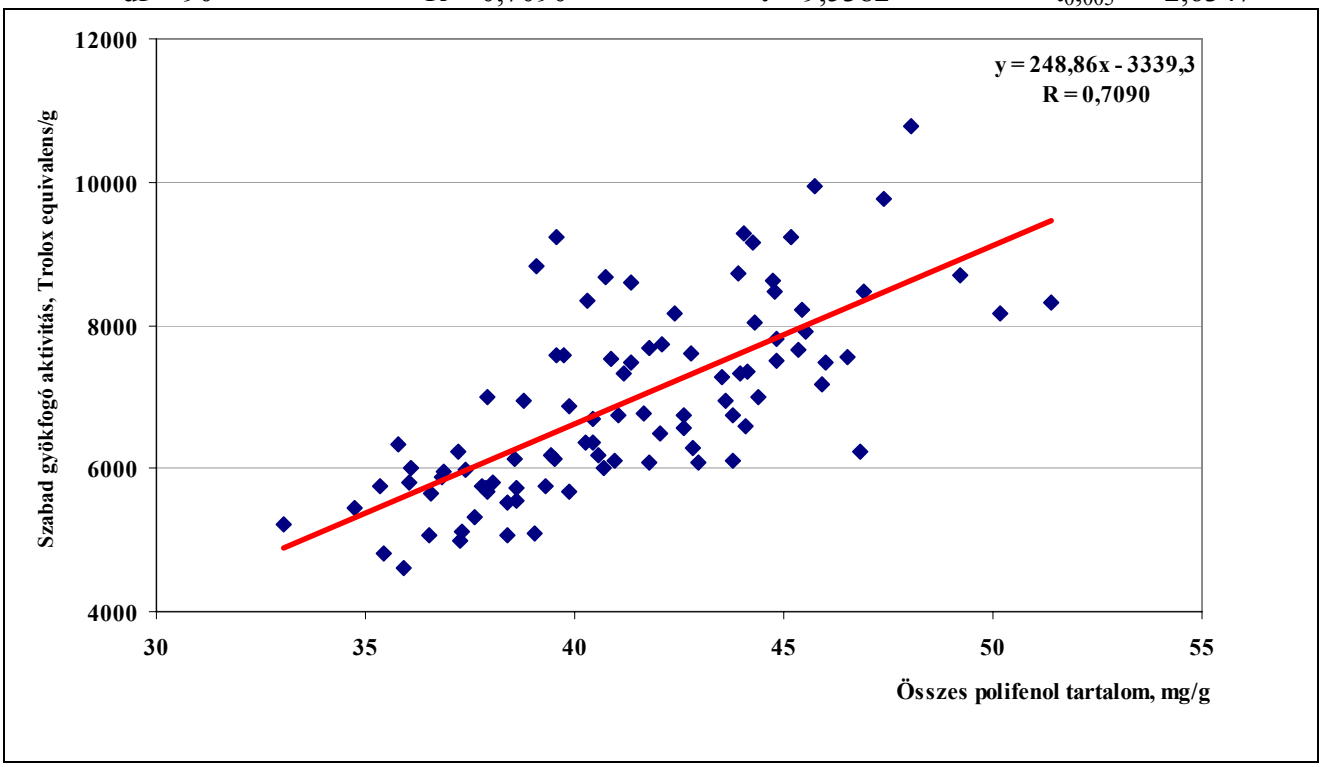


18. ábra: Az évjárat és a termőhely hatása a vizsgált mustárfajták gyökfogó aktivitására

A 18. ábrán bemutatott eredmények alapján elmondható, hogy a mustármag gyökfogó aktivitása évjárattól függő tulajdonság. A termőhely és az évjárat matematikai-statisztikai elemzése szerint a gyökfogó aktivitás 95%-os megbízhatósági szinten függ az évjárattól. A háromtényezős varianciaanalízis eredményeit az M14. mellékletben mutatom be.

A mustárfajták szabadgyökfogó aktivitása és az összes polifenol tartalma között lineáris összefüggést találtam, melyet a 19. ábrán mutatok be. Az ábrán szemléltetett pozitív, lineáris korreláció 99,9%-os konfidencia szinten szignifikáns. A szabadgyökfogó aktivitás és az összes polifenol tartalom között barna mustár esetén LI és munkatársai (2008) a számoltak be szintén pozitív, szignifikáns korrelációról.

df = 90 R = 0,7090 t = 9,5382 $t_{0,005}$* = 2,6347



19. ábra: Összefüggés a mustárfajták összes polifenol tartalma és szabadgyökfogó aktivitása között

5.1.8. A mustárfajták lisztjének kolloid-kémiai tulajdonságai

A 2003 és 2005 között termesztett 8 tájegységről származó, 7 mustárfajta lisztjének emulgeáló aktivitását, az emulzió stabilitását, valamint vízkötő képességét és zsírkötő képességét az 9-12. táblázatokban foglaltam össze.

9. táblázat: A mustárlisztek emulgeáló aktivitásának változása a termőhely és az évjárat hatására

Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
Termőhely	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Monortrade	59,31	0,44	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gyöngyös	59,95	2,59	59,30	1,13	58,78	1,47
Putnok	58,17	1,05	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Szombathely	56,28	3,18	61,53	1,95	n.a.	n.a.
Kaposvár	59,23	1,27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kiskunlacháza	n.a.	n.a.	61,08	0,66	59,47	0,75
Budakalász	n.a.	n.a.	60,72	0,69	n.a.	n.a.
Eszterág	n.a.	n.a.	60,38	1,67	n.a.	n.a.
Fajta	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Budakalászi	57,51	2,56	60,41	1,57	59,88	0,24
Tilney	57,53	2,96	61,05	0,86	58,97	0,54
LM-1	61,46	2,13	61,13	3,66	n.a.	n.a.
LM-2	n.a.	n.a.	60,59	0,88	58,11	3,03
Veronika	58,54	0,00	59,83	1,53	59,60	0,00
Zlata	58,35	0,97	60,30	1,45	58,99	0,30
Viscount	59,32	1,23	60,56	0,98	59,29	1,06
Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
átlag	58,60		60,49		59,10	
szórás	2,28		1,38		1,20	

A 9. táblázatban feltüntetett adatok alapján megállapítható, hogy a vizsgált mustárfajták lisztjeinek emulgeáló aktivitása lényeges eltérést nem mutat. A mustárlisztek emulgeáló aktivitása 52,68% és 63,71% között változott, az eredményeket az egyes évjáratokban a termőhely és fajta nem befolyásolta döntően, e tényezők hatása 95%-os konfidencia szinten nem szignifikáns. A varianciaanalízis táblázatokat az M15. melléklet tartalmazza.

A különböző mustárfajták lisztjével készített emulziók stabilitása a 2003-ban termesztett mustármagvak esetén 18,85% (Budakalászi sárga, Szombathely) és 57,38% (Tilney, Szombathely) között változott (10. táblázat). A 2004-es évjáratban a vizsgálati eredmények szélesebb intervallumban helyezkedtek el, a legkisebb stabilitása a Budakalászon termesztett Zlata fajta lisztjével készített emulziónak volt (21,48%), míg a legnagyobb stabilitású emulziót az Eszterágról származó Tilney fajta lisztjével készítettem (88,80%). A következő évben 22,61% (Veronika,

Gyöngyös) és 62,96% (Budakalászi sárga, Kiskunlacháza) között változott a mustárlisztel készített emulzió stabilitása.

10. táblázat: A különböző mustárfajták lisztjével készített emulziók stabilitása a termőhelytől és az évjárattól függően

Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
Termőhely	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Monortrade	30,21	3,57	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gyöngyös	38,04	5,01	38,53	15,86	31,21	6,41
Putnok	26,08	4,98	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Szombathely	30,88	15,26	56,11	15,84	n.a.	n.a.
Kaposvár	37,63	6,90	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kiskunlacháza	n.a.	n.a.	51,62	17,43	44,10	13,48
Budakalász	n.a.	n.a.	42,53	14,93	n.a.	n.a.
Eszterág	n.a.	n.a.	65,99	17,17	n.a.	n.a.
Fajta	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Budakalászi	26,28	6,33	40,24	15,01	49,98	18,36
Tilney	40,31	10,11	71,65	11,76	37,08	1,91
LM-1	31,79	8,17	50,00	23,32	n.a.	n.a.
LM-2	n.a.	n.a.	55,19	13,99	38,79	20,34
Veronika	26,58	0,00	42,20	11,60	22,61	0,00
Zlata	32,89	9,55	35,45	12,82	35,91	1,25
Viscount	33,75	7,50	56,79	15,26	30,82	0,13
Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
átlag	32,84		49,73		37,07	
szórás	8,93		17,71		11,77	

A Veronika fajta lisztjével mindhárom évben kisebb stabilitású emulziót lehetett készíteni a többi fajtához viszonyítva, a Tilney és az LM-2 fajta lisztjei pedig nagyobb stabilitású emulziót képeztek. A fajta és az évjárat hatása 95%-os konfidencia szinten igazolható az emulzió stabilitás tekintetében, a statisztikai értékelést az M15. mellékletben tüntettem fel.

A mustárfajták lisztjének vízkötő képességére vonatkozó vizsgálatok során a 2003-ban termett mustármagvak esetén 157,20% (Viscount, Gyöngyös), és 215,77% (Viscount, Szombathely) közötti értékeket kaptam (11. táblázat). 2004-ben a legnagyobb vízkötő képességgel rendelkező lisztje a Gyöngyösön termesztett Viscount fajtának volt, a legalacsonyabb eredményt ebben az évben a Budakalászról származó Veronika fajta esetében mértem. A 2005-ös évjárat mustárlisztjeinek vízkötő képessége 121,38% (Zlata, Gyöngyös) és 179,88% (Zlata, Kiskunlacháza) között változott.

11. táblázat: A mustárfajták lisztjének vízkötő képessége a termőhely és az évjárat függvényében

Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
Termőhely	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Monortrade	174,29	8,83	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gyöngyös	172,87	10,39	182,70	22,81	153,86	16,32
Putnok	196,20	4,52	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Szombathely	203,49	11,07	185,42	8,56	n.a.	n.a.
Kaposvár	194,33	11,93	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kiskunlacháza	n.a.	n.a.	85,10	7,87	167,77	11,39
Budakalász	n.a.	n.a.	84,11	6,21	n.a.	n.a.
Eszterág	n.a.	n.a.	181,27	10,60	n.a.	n.a.
Fajta	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Budakalászi	186,80	10,06	148,28	57,30	156,39	0,64
Tilney	187,09	12,50	151,39	53,36	156,48	1,47
LM-1	194,93	17,46	180,21	16,09	n.a.	n.a.
LM-2	n.a.	n.a.	89,59	4,35	168,16	10,71
Veronika	163,77	0,00	135,73	54,42	167,09	0,00
Zlata	191,81	17,17	136,82	51,25	150,63	41,37
Viscount	186,53	22,21	147,97	64,43	165,81	8,59
Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
átlag	187,90		142,78		160,18	
szórás	15,63		51,16		15,42	

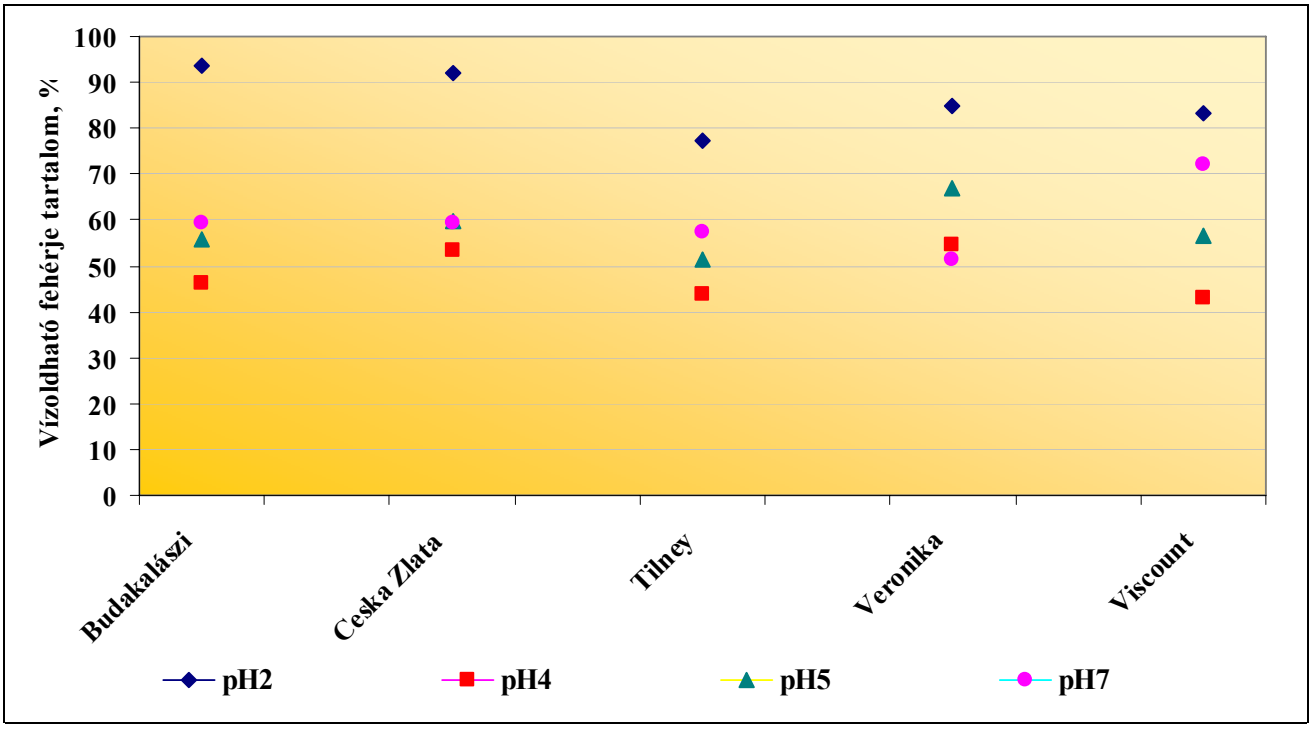
Az eredmények szerint a mustárfajták lisztjének vízkötő képessége függ a termőhelytől, mivel egy évjáraton belül egy mustárfajta esetén mértem a legalacsonyabb és a legmagasabb vízkötő képességet is, és ezen eredményeket a termőhely befolyásolta. Az M15. mellékletben összesített háromtényezős varianciaanalízis eredménye alapján a termőhely hatása a mustárlisztek vízkötő képességére 95%-os konfidencia szinten igazolt.

A mustárlisztek zsírkötő képességét vizsgálva a 2003-as évjáratban a legkisebb értéket a Monortrade termőterületéről származó Zlata fajta (67,22%), a legnagyobbat pedig a Putnokon termesztett Viscount fajta (149,9%) esetében mértem. 2004-ben a Gyöngyösön termesztett Veronika fajta lisztjének zsírkötő képessége volt a legkisebb (85,24%), a legnagyobb zsírkötő képességű liszt a Kiskunlácházáról származó LM-2 fajtáé volt (200,19%). A következő évben a mustárlisztek zsírkötő képessége 71,14% és 105,4% között változott, mely eredményeket a Gyöngyösről származó Budakalászi sárga, illetve a Kiskunlacházán termesztett Zlata fajták esetében mértem (12. táblázat). Az M15. mellékletben található háromtényezős varianciaanalízis alapján a mustárfajták lisztjének zsírkötő képessége termőhelytől függő tulajdonság (α=0,05).

12. táblázat: A mustárfajták lisztjének zsírkötő képessége a termőhely és az évjárat függvényében

Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
Termőhely	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Monortrade	77,13	5,92	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gyöngyös	91,34	4,98	93,25	12,97	89,01	9,74
Putnok	94,83	3,10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Szombathely	118,21	20,58	121,44	8,43	n.a.	n.a.
Kaposvár	97,08	7,27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kiskunlacháza	n.a.	n.a.	169,37	16,05	99,26	4,67
Budakalász	n.a.	n.a.	177,20	9,41	n.a.	n.a.
Eszterág	n.a.	n.a.	110,47	7,39	n.a.	n.a.
Fajta	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Budakalászi	103,41	27,31	129,10	38,27	86,78	22,11
Tilney	92,41	9,40	133,58	40,04	93,55	0,42
LM-1	103,99	18,68	127,00	10,80	n.a.	n.a.
LM-2	n.a.	n.a.	192,53	10,83	93,29	7,39
Veronika	79,94	0,00	128,79	37,82	99,04	0,00
Zlata	92,52	17,21	129,52	31,06	96,55	12,52
Viscount	92,90	10,29	133,91	39,69	95,49	0,91
Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
átlag	95,76		134,95		93,67	
szórás	16,86		35,69		9,21	

A mustárfehérje oldhatóságát a Kiskunlacházán, 2003-ban termesztett fajták esetén vizsgáltam, az eredményeket a 20. ábrán szemléltetem.



20. ábra: A mustárfajták vízoldható fehérje tartalma a fehérjetartalom %-os arányában

Az izoelektromos pontban a vizsgált mustárfajták összes fehérje tartalmának 43-53%-a volt oldható. A mustárfehérje oldhatósága A pH2-es kémhatás esetén volt a legmagasabb, a Zlata és a Budakalászi sárga fajták fehérje tartalmának 92% illetve 93% volt oldható, míg a Tilney fajta esetében alacsonyabb (77%) fehérjeoldhatóságot mértem.

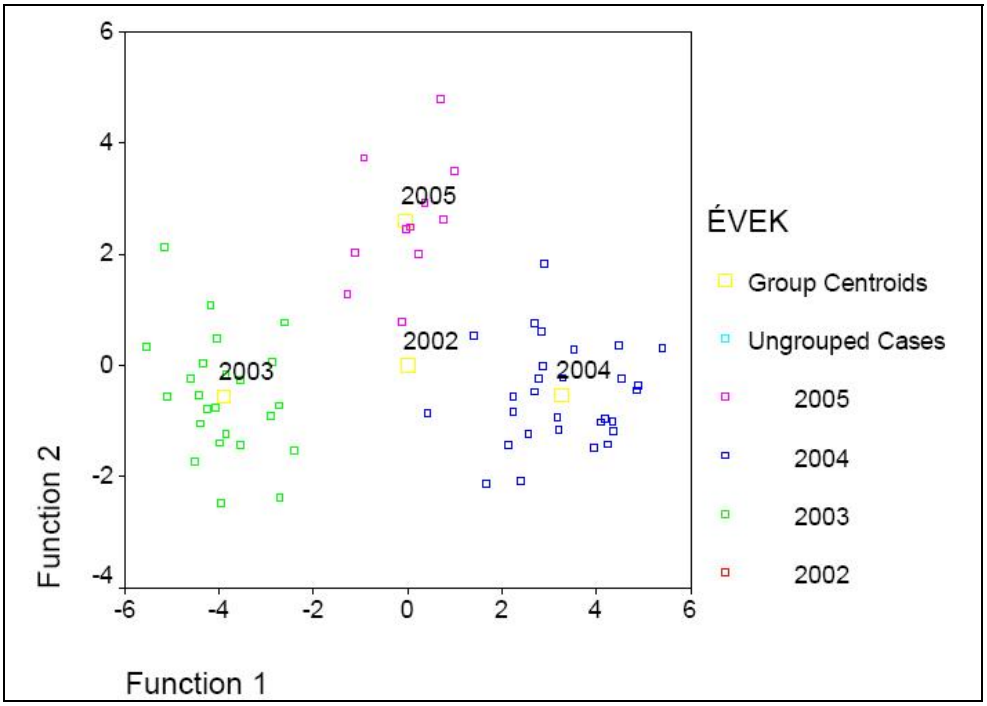
5.1.9. A termőhely, az évjárat és a fajta hatása a mustármag jellemzőire

A mustárfajták beltartalmi összetevőit és techno-funkciós tulajdonságait diszkriminancia analízis módszerrel is értékeltem, annak eldöntésére, hogy a vizsgált jellemzők alapján elkülöníthetők-e a fajták, az évjáratok, valamint az egyes termőhelyek csoportjai. Vizsgáltam, hogy melyek azok a változók, amelyek meghatározzák, hogy egy adott minta mely csoportba tartozik a termőhely, az évjárat, valamint a fajta szerint értékelve. Arra is kerestem a választ, hogy a vizsgált minták mekkora hányada kerül a megfelelő csoportba a változók szerint. A diszkriminancia analízisek során tizennégy vizsgált változót elemeztem, melyek a következők voltak: fehérje tartalom, olajtartalom, olajsav-, erukasav-, linolsav- és linolénsav tatalom, glükozinolát tartalom, mirozináz enzimaktivitás, polifenol tartalom, gyökfogó aktivitás, emulgeáló aktivitás, emulzió stabilitás, vízkötő képesség és zsírkötő képesség.

Az évjáratok szerinti csoportosításban, 14 változóra lefuttatott diszkriminancia-analízis két diszkriminancia függvényének főbb jellemzőit az M16. mellékletben ismertetem. Az első függvény a két függvény által magyarázott variancia 88,2%-át írja le, míg a második a maradék 11,8%-ot. A legszorosabb korreláció az első függvény és az olajtartalom, majd pedig a gyökfogó aktivitás eredményei között tapasztalható. Szintén szoros korreláció van a második függvény és a fehérje tartalom között.

Az évjáratok csoportjai, illetve középpontjaik ábrázolhatók két dimenzióban, melyet a 21. ábrán mutatok be. A 21. ábrán látható, hogy az évjáratok csoportjai az első függvény szerint (vízszintes tengely) élesen elkülönülnek egymástól. A 2004-es évjárat csoport középpontja távolabb esik a 2003-as csoport középponttól, mint a 2002-esé. Keveredés a 2003-as és a 2004-es csoportba tartozó minták között láthatólag nincs.

A 13. táblázat adatai szerint is jól megkülönböztethetők voltak a csoportok, hiszen a felállított modell alapján a minták 100%-át sikerült a megfelelő évjárat csoportba sorolni.

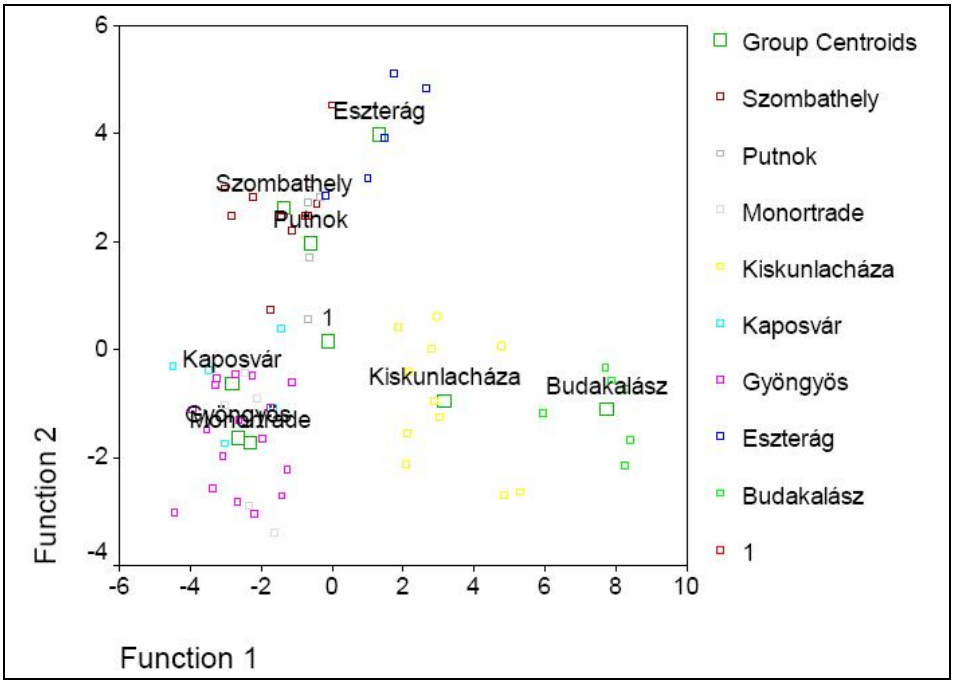


21. ábra: A különböző termőhelyekről származó mustárfajták (2002-2005) beltartalmi összetevőinek és techno-funkciós tulajdonságainak diszkriminancia-analízis értékelése évenkénti bontásban

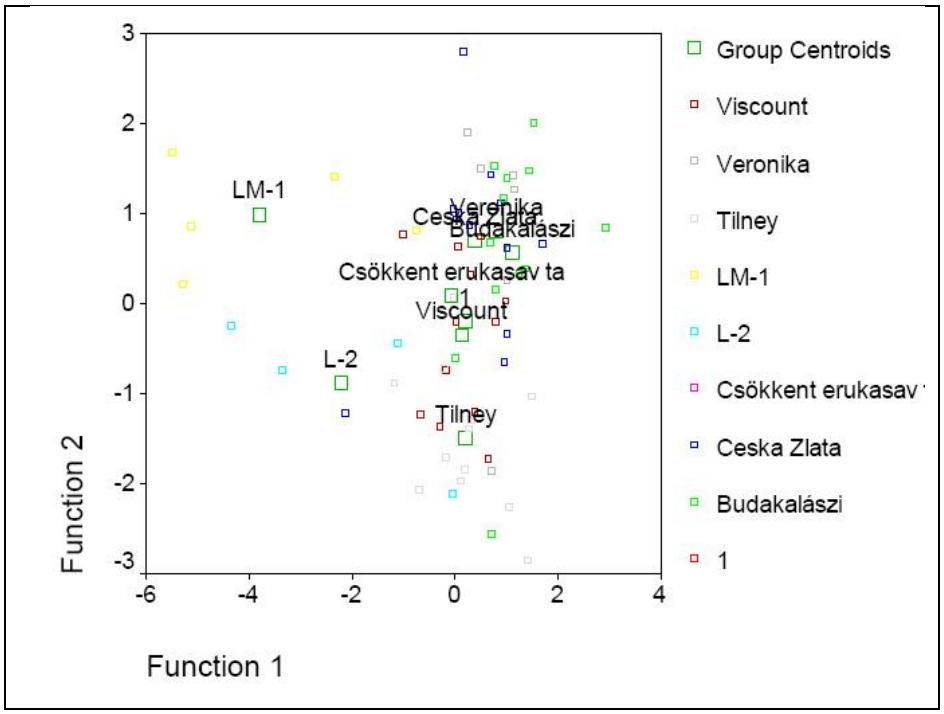
Az értékelést elvégeztem a termőhelyek szerinti csoportosításban is, a hét diszkrimináns függvény jellemzőit az M18. mellékletben mutatom be. Az első diszkrimináns függvény és a vízkötő képesség, valamint a zsírkötő képesség között szoros korreláció állapítható meg.

A termőhelyek csoportjait és középpontjaikat a 22. ábrán szemléltetem. A Kiskunlacházáról és a Budakalászról származó minták csoportjai élesen elkülönülnek egymástól az első diszkrimináns irány (Function 1) szerint. A második diszkrimináns irány (Function 2) alapján az Eszterágról származó fajták csoportját nagy biztonsággal lehet elkülöníteni a többi csoporttól.

A 13. táblázat adatai alapján az összes mintaelem 95,3%-át sikerült abba a csoportba sorolni, amelybe tartozik, és a besorolások aránya a keresztvalidáció során 79,7%-os volt. A legtöbb tévesztés a Gyöngyösön termesztett fajták esetén fordult elő, a modell az egyedek 23,5%-át tévesen a Monortrade termőterületéről származó mustármagvak csoportjába sorolta.



22. ábra: A különböző termőhelyekről származó mustárfajták (2002-2005) beltartalmi összetevőinek és techno-funkciós tulajdonságainak diszkriminancia-analízis értékelése termőhely szerinti bontásban



23. ábra: A különböző termőhelyekről származó mustárfajták (2002-2005) beltartalmi összetevőinek és techno-funkciós tulajdonságainak diszkriminancia-analízis értékelése fajták szerinti bontásban

A mustárfajták szerinti csoportosítás alapján végzett diszkriminancia-analízis hat diszkriminancia függvényének főbb jellemzői a M17. mellékletben találhatóak. Az első három diszkriminancia függvény a variancia 88,3%-át magyarázza. Az eredmények szerint a fajta szerinti csoportba sorolást a vizsgált változók közül a mustármag zsírsav összetétele határozza meg legnagyobb mértékben, mivel az első diszkrimináns függvény és az erukasav-, olajsav-, és linolsav tartalom között figyelhető meg a legszorosabb korreláció.

A mustárfajták csoportjait és középpontjaikat két dimenzióban ábrázolva látható, hogy a csoportok nem különböznek egymástól élesen (23. ábra). A 13. táblázatban összesített adatok alapján elmondható, hogy a felállított modell a mustárfajtáknak csupán 60,9%-át tudta a megfelelő csoportba sorolni, a keresztvalidáció során pedig csak a mustárfajták 17,2%-a került az eredeti helyére.

13. táblázat: A különböző termőhelyekről származó mustárfajták (2002-2005) beltartalmi összetevőinek és techno-funkciós tulajdonságainak diszkriminancia-analízis értékelése során kapott helyes csoportba sorolás százalékai

Évek szerinti csoportosítás			Fajták szerinti csoportosítás			Termőhely szerinti csoportosítás		
	Modell	Kereszt-validáció		Modell	Kereszt-validáció		Modell	Kereszt-validáció
2003	100,0	100,0	Budakalászi	41,7	8,3	Budakalász	100,0	83,3
2004	100,0	89,7	Zlata	41,7	0,0	Eszterág	100,0	100,0
2005	100,0	90,9	LM-2	75,0	25,0	Gyöngyös	88,2	58,8
Összes	100,0	93,8	LM-1	80,0	40,0	Kaposvár	100,0	100,0
			Tilney	83,3	50,0	Kiskunlacháza	100,0	90,9
			Veronika	71,4	0,0	Monortrade	100,0	80,0
			Viscount	58,3	8,3	Putnok	100,0	75,0
			Összes	60,9	17,2	Szombathely	90,9	81,8
						Összes	95,3	79,7

5.2. A csípősségmentes mustármagliszt előállítási technológiájának pontos paraméterei

5.2.1. Hőkezelési előkísérletek

A hőkezelési előkísérletek során vizsgáltam a hőmérséklet és a nedvességtartalom hatását a mustár mirozináz enzimaktivitására és a mustárfajták beltartalmi összetételére. Négy mustárfajta (Budakalászi sárga, Tilney, Zlata és LM-1 csökkentett erukasav tartalmú fajta, 2002) hőkezelését végeztem különböző paraméterek mellett. A rádiófrekvenciás hőkezeléseket 100 °C, 110 °C és 120 °C hőmérsékleten végeztem, a mustármagok nedvességtartalmát pedig 15%-ra állítottam be. Az LM-1 csökkentett erukasav tartalmú és a Tilney fajta esetében 90 °C-on is végeztem hőkezelést, 15%-os nedvességtartalom mellett.

A mustármagok nedvességtartalmának hatását is vizsgáltam a hőkezelés hatékonysága szempontjából, ezért két fajta (Budakalászi sárga és LM-1) hőkezelését végeztem azonos hőmérsékleten, különböző nedvességtartalmú mustármagvakkal, így a 115 °C hőmérsékletű hőkezelést az alkalmazott 15%-os nedvességtartalmon kívül 18% nedvességtartalom mellett is vizsgáltam.

A fehér mustár magjának csípős ízét a szinalbin glükozinolát vegyületből a mirozináz enzim hatására keletkező p–hidroxibenzil izotiocianát okozza. A glükozinolátok enzimes hidrolízisének bomlástermékei izotiocianátok, nitrilek, tiocianátok, epitionitrilek vagy oxazolidin tionok lehetnek a reakciókörülményektől függően, ezért a hőkezelés hatékonyságát a mirozináz enzim aktivitásának csökkenésével követtem nyomon, és vizsgáltam a hőkezelés hatását a mustármag táplálkozás élettani szempontból fontos összetevőire is. A 90-120 °C hőmérsékleten végzett hőkezelések után mért mirozináz enzimaktivitást az 14. táblázatban foglaltam össze.

A 14. táblázat eredményei alapján megállapítható, hogy a vizsgált mustárfajták mirozináz aktivitása 176,35 - 202,97 E/g között változott.

A mustárfajták közül a Tilney és az LM-1 fajta mirozináz enzim aktivitását 90 °C-on végzett hőkezelés után is meghatároztam. Eredményeim azt mutatják, hogy a 90 °C-on végzett hőkezelés nem csökkentette a mirozináz enzim aktivitását a kívánt mértékben e két mustárfajta esetén. A hőmérséklet növelésével, a 100 °C-on hőkezelt mustárfajták közül a Budakalászi sárga, az LM-1 és a Zlata fajta esetében a mirozináz enzim aktivitása mintegy 85-87%-al csökkent, ugyanakkor a Tilney fajta estében az enzim kisebb mértékben inaktiválódott. A 110 °C-on végzett hőkezelés után a mustármag mirozináz aktivitása 92-95%-al csökkent. A Budakalászi sárga és LM-1 fajta 115 °C-on, 15% és 18% nedvességtartalommal végzett hőkezelése után a mirozináz enzimaktívás 98-99%-os inaktiválódását tapasztaltuk, ezzel szemben a 120 °C-on végzett hőkezelés után a vizsgált mirozináz enzimaktivitás értékek növekedését tapasztaltam. Mivel a mirozináz enzim aktivitás mérése a mirozináz enzim által felszabadított glükóz mennyiségének mérésén alapul, az enzimaktivitás értékek növekedése valószínűleg azzal

magyarázható, hogy a mérés során glükózt tudtunk kimutatni, amely a glükozinolát vegyületek hő hatására bekövetkező bomlásából származik.

14. táblázat: A mustárfajták mirozináz aktivitásának, glükozinolát és izotiocianát tartalmának változása rádiófrekvenciás hőkezelés hatására

Mustárfajta	A hőkezelés hőmérséklete, és nedvesség tartalma (°C, %)	Mirozináz aktivitás, E/g		Glükozinolát tartalom, µM/g		Izotiocianát tartalom, mg/g	
		x	s	x	s	x	s
Budakalászi sárga	**kontroll**	**202,97**	**3,77**	**202,74**	**4,93**	**44,93**	**1,65**
	100 °C, 15%	27,91	1,11	157,44	1,56	15,81	0,21
	110 °C, 15%	11,37	0,42	146,41	1,72	16,14	0,14
	115 °C, 15%	5,39	2,42	155,99	5,47	11,90	3,09
	115 °C, 18%	2,42	1,35	156,24	2,40	11,33	0,15
	120 °C, 15%	28,61	0,75	128,92	2,83	18,88	0,90
LM-1	**kontroll**	**182,07**	**2,35**	**177,70**	**3,49**	**37,20**	**0,24**
	90 °C, 15%	172,40	2,24	179,51	6,28	42,54	0,14
	100 °C, 15%	18,29	1,04	146,85	4,10	18,06	0,32
	110 °C, 15%	10,73	1,02	144,24	0,18	16,19	0,29
	115 °C, 15%	4,24	0,62	138,91	5,88	12,65	0,27
	115 °C, 18%	2,30	0,69	137,36	3,45	18,02	0,47
	120 °C, 15%	14,77	0,38	99,91	1,25	17,50	0,35
Tilney	**Kontroll**	**176,35**	**3,39**	**180,11**	**4,24**	**40,71**	**0,28**
	90 °C, 15%	181,68	3,69	183,27	0,67	42,21	1,05
	100 °C, 15%	163,77	1,59	159,37	1,65	40,62	0,53
	110 °C, 15%	15,66	1,13	157,80	0,54	15,91	0,84
	120 °C, 15%	59,93	1,90	138,55	2,21	18,34	0,64
Zlata	**kontroll**	**190,10**	**1,01**	**192,68**	**0,96**	**42,07**	**0,32**
	100 °C, 15%	28,60	0,97	154,26	4,64	15,58	0,24
	110 °C, 15%	11,69	0,24	166,57	3,90	13,52	0,32
	120 °C, 15%	44,53	1,16	110,21	5,53	17,17	0,16

Kísérleteim során a mustárfajták glükozinolát, valamint izotiocianát tartalmának változását is vizsgáltam a 90 - 120 °C-on végzett hőkezelések hatására, az eredményeket a 14. táblázatban szemléltetem.

A vizsgált mustárfajták glükozinolát tartalma 180,11 - 202,74 µM/g, tiocianát tartalma pedig 37,20 – 44,93 mg/g között változott.

Eredményeim azt mutatják, hogy a 90 °C-on végzett hőkezelés hatására a glükozinolát vegyületek nem bomlanak. A 100 °C és 115 °C közötti hőmérséklet tartományban végzett rádiófrekvenciás hőkezelés fajtától függően 15-20%-os csökkenést okozott a glükozinolát vegyületek mennyiségében. A 120 °C

hőmérsékleten történő hőkezelés után a vizsgált mustárfajták glükozinolát tartalma átlagosan 40%-kal csökkent, kivéve a Tilney fajtát, ahol a kezdeti glükozinolát tartalom 76%-a mérhető volt.

A mustár csípős ízét okozó tiocianát vegyületek mennyisége 90 °C-on végzett hőkezelés hatására nem változott, ezáltal a mustár csípős íze megmaradt. 100 °C hőmérsékleten hőkezelt mustárlisztből hidrolízis hatására szabaddá váló tiocianát vegyületek mennyisége a Budakalászi sárga fajta esetében 63%-kal, a Zlata fajta esetében 40%-kal, az LM-1 csökkent erukasav tartalmú fajta esetében pedig csak 25%-al csökkent. A 110 °C-os hőkezelés után hasonlóan alakult a mustárfajták tiocianát tartalma: a Budakalászi sárga fajta esetében 73%-kal, a Zlata esetében 70%-kal, az LM-1 fajta esetében pedig 52%–kal csökkent. A hőkezelés során alkalmazott nedvességtartalom hatását vizsgálva elmondható, hogy a 115 °C 15%-os hőkezelés 55%-kal csökkentette az LM-1 fajta tiocianát tartalmát. A nedvességtartalom 3%-os emelésével a csípős ízt okozó tiocianát vegyületek mennyisége további 8%-kal volt csökkenthető.

Bár a hőkezelések hatására a glükozinolát vegyületek egy része elbomlott, és az inaktivált enzim a glükozinolát vegyületeket nem bontja, a tiocianát bomlástermékek kedvező élettani hatása mégis érvényesül a szervezetben az inaktivált mirozináz enzimet tartalmazó, hőkezelt mustárliszt fogyasztása esetén, mivel a glükozinolát vegyületek a tápcsatorna mikroorganizmusai által termelt mirozináz enzim hatására bomlanak.

A 100-120 °C hőmérsékleten, 15-18% nedvességtartalom mellett hőkezelt mustárfajták összes fenol tartalmát és gyökfogó aktivitását a 15. táblázatban foglaltam össze. A 15. táblázatban feltüntetett eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált fajták közül a Tilney fajta összes polifenol tartalma a legkisebb (39,9 mg/g), a legtöbb fenolvegyületet pedig a Budakalászi sárga és a Zlata fajta tartalmazta. A vizsgált mustárfajták közül a legkisebb gyökfogó aktivitást a Tilney fajta esetében mértem, az LM-1 és a Zlata mustárfajta gyökfogó aktivitása pedig kiemelkedően magas volt.

Az eredmények alapján látható, hogy a 100-120 °C hőmérsékleten végzett hőkezelések hatására a mustárfajták összes polifenol tartalma mintegy 10-16%-al csökkent.

A 100-115 °C hőmérséklet tartományban 15% nedvességtartalommal hőkezelt mustármagból kivont fenol vegyületek gyökfogó aktivitása a hőmérséklet emelésével kismértékben csökkent. A 115 °C-on 18% nedvességtartalommal hőkezelt két mustárfajta (Budakalászi sárga és Csökkent erukasav tartalmú fajta) gyökfogó aktivitása nagyobb volt, mint a 15% nedvességtartalommal hőkezelt minta estében mért érték. Az eredmény alapján arra következtethetünk, hogy a nagyobb nedvességtartalom gátolhatja a hőkezelés során az antioxidáns vegyületek hő okozta károsodását vagy bomlását.

15. táblázat: A hőkezelés hatása a mustárfajták fenol tartalmára és gyökfogó aktivitására

Mustárfajta	A hőkezelés hőmérséklete, és nedvesség tartalma (°C, %)	Összes fenol tartalom, mg/g		Gyökfogó aktivitás, µM Trolox/g	
		x	s	x	s
Budakalászi sárga	**kontroll**	45,93	1,48	7173,74	55,60
	100 °C, 15 %	41,75	0,69	7246,24	57,91
	110 °C, 15%	39,39	0,25	6856,44	36,92
	115 °C, 15%	38,95	0,30	6346,14	83,12
	115 °C, 18%	39,30	0,67	7882,26	91,23
	120 °C, 15%	39,21	0,15	6538,44	26,42
LM-1	**kontroll**	44,75	0,44	8610,89	47,38
	100 °C, 15%	41,33	0,37	7641,23	51,83
	110 °C, 15%	39,96	0,18	7774,49	59,68
	115 °C, 15%	38,19	0,20	6269,31	63,52
	115 °C, 18%	39,87	0,51	7982,14	183,32
	120 °C, 15%	42,65	0,10	7890,23	39,82
Tilney	**kontroll**	39,89	0,84	6873,44	73,80
	100 °C, 15 %	34,96	0,21	6148,47	95,34
	110 °C, 15%	37,16	0,46	6496,32	51,78
	120 °C, 15 %	35,77	0,50	6809,15	53,94
Zlata	**kontroll**	46,91	0,62	8460,74	27,80
	100 °C, 15%	41,87	0,37	8349,25	16,01
	110 °C, 15%	39,57	0,05	6972,45	32,09
	120 °C, 15 %	37,98	0,08	6448,19	12,12

A hőkezelési előkísérletek során a hőkezelés hatását az emulgeáló tulajdonságok (aktivitás, stabilitás), víz- és zsírkötő képesség szempontjából is vizsgáltam a Budakalászi sárga és az LM-1 mustárfajtából készült őrlemény esetén. Az eredményeket a 16. táblázatban foglaltam össze.

16. táblázat: A 115 °C hőmérsékleten, 15% és 18% nedvességtartalommal hőkezelt mustárfajták techno-funkciós tulajdonságai

Mustárfajta	A hőkezelés hőmérséklete, és nedvesség-tartalma (°C, %)	Emulgeáló aktivitás, %	Emulzió stabilitás, %	Vízkötő aktivitás, %	Zsírkötő aktivitás, %
Budakalászi sárga	**kontroll**	57,86	59,42	172,03	88,05
	115 °C, 15%	41,62	25,71	116,51	68,21
	115 °C, 18%	46,41	48,55	119,62	63,75
LM-1	**kontroll**	63,75	60,60	180,02	95,98
	115 °C, 15%	56,71	60,21	163,31	87,75
	115 °C, 18%	55,00	60,91	175,87	83,01

A hőkezeletlen mustárliszt emulgeáló aktivitása a két vizsgált fajta esetén 57,86% és 63,75% volt, a készített emulzió stabilitása pedig 59,42%, illetve 60,60%.

A 16. táblázatban összefoglalt eredményeket értékelve megállapítható, hogy a két hőkezelt mustárfajta emulgeáló tulajdonságai fajtától függően különböznek. A Budakalászi sárga fajta 115 °C-on 18% nedvességtartalommal végzett hőkezelése után a mustárliszt mind emulgeáló aktivitás, mind emulzió stabilitás szempontjából kedvezőbb értékeket mutatott, mint az azonos hőmérsékleten, 15% nedvességtartalommal hőkezelt mustár lisztje. Lényegesen kedvezőbb volt a hőkezelt LM-1 fajta emulgeáló tulajdonsága, különös tekintettel az emulzió stabilitására, mint a Budakalászi sárga fajta esetében mért érték.

A két mustárfajta lisztje víz- és zsírkötő képesség szempontjából is jelentős különbséget mutatott, e szempontból is az LM-1 csökkent erukasav tartalmú fajta tulajdonságai látszanak kedvezőbbnek.

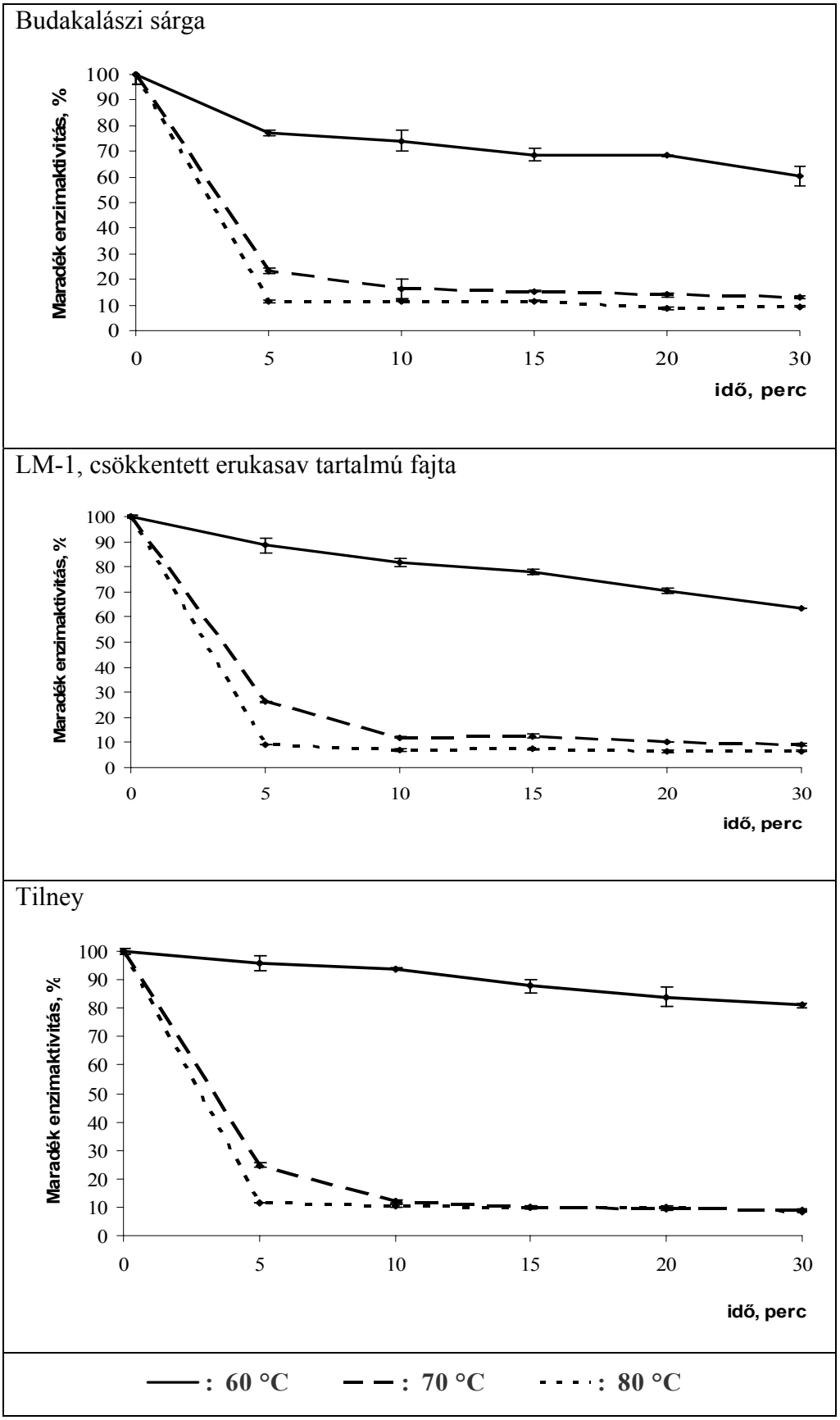
5.2.2. A mirozináz enzim hőérzékenysége

A hőkezelési előkísérletek eredményei alapján feltételezhető, hogy a négy vizsgált mustárfajta mirozináz enzimének hőérzékenysége eltérő. A csípősségmentes mustármagliszt előállítási technológiájához olyan hőkezelési paramétereket kell beállítani, amelyek minden fajta esetén hatékonyan inaktiválják a mirozináz enzimet, így kiválasztottam azt a mustárfajtát, amelyben a mirozináz enzim hőtűrése a legnagyobb. A leghőtűrőbb mirozináz enzimet tartalmazó mustárfajtával beállított paraméterekkel alkalmazott hőkezelés így minden mustárfajta esetén eredményes lesz, függetlenül a termőhelytől, évjárattól és a fajta kiindulási mirozináz enzim aktivitásától.

A mirozináz enzim hőérzékenységének megállapításához három mustárfajtából készített enzimpreparátumot vizsgáltam (Budakalászi sárga, Tilney és LM-1).

A nyers mirozináz készítmények 60 °C, 70 °C és 80 °C hőmérsékleten, 0-30 percig tartó hőkezelése után mért maradék aktivitását a 24. ábrán szemléltetem.

A Budakalászi sárga mustárfajtából készített nyers enzim aktivitása 5743,54 E/g (s = 225,83). A másik két mustárfajta kezdeti enzimaktivitása magasabb volt, a Tilney fajta mirozináz enzimpreparátumának aktivitása 6450,6 E/g (s = 64,6) volt, a csökkentett erukasav tartalmú fajtából pedig 6336,8 E/g (s=24,1) aktivitású nyers enzimet preparáltam.



24. ábra: A vizsgált mustárfajták maradék enzimaktivitása

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az előkísérletek alapján tett feltételezés helyes volt, tehát a három különböző mustárfajtából készített mirozináz enzim kivonatok hőtűrése eltérő. A Budakalászi sárga mustárfajta esetén a mirozináz enzim 5 perces, 60 °C-os hőkezelés hatására 30%–ban inaktiválódott. Azonos hőkezelés hatására a másik két vizsgált enzim preparátum aktivitása (Tilney és LM-1) csak 5-15%-kal csökkent. A 30 perces hőkezelés 38-46%-os csökkenést okozott a Tilney és az LM-1 mustárfajtából preparált mirozináz enzim esetében. A Tilney fajta mirozináz enzim preparátuma hőstabilnak bizonyult, a 30 perces hőkezelés 60 °C-on az enzimaktivitást csak 20%-kal csökkentette, a maradék enzimaktivitás 5409,60 E/g (s=29,16) volt.

A 70 °C-on 5 percig végzett hőkezelés 75-80%-os enzimaktivitás csökkenést okozott mustárfajtától függően. A hőkezelés 5. és 10. perce között további enzimaktivitás csökkenés volt megfigyelhető, 10 perc elteltével 85-90%-os inaktiválódást mértem. A mirozináz aktivitásban nem volt szignifikáns különbség a 10 perces hőkezelés után, a kezdeti enzinaktivitás 8-15%-a volt mérhető. A 80 °C-os hőkezelés hatására az enzimaktivitás csökkenése 10 perc után az összes vizsgált mustárfajta esetén elérte a 90%-ot, a mirozináz enzimaktivitás 580-740 E/g-ra csökkent. További 80 °C-os hőkezelés hatására kismértékű csökkenés volt tapasztalható a mirozináz enzim aktivitásában.

A különböző hőmérésklen mért maradék enzimaktivitás értékek logaritmikus ábrázolása a hőkezelési idő függvényében a 25. ábrán látható. Az ábra alapján megállapítható, hogy a különböző mustárfajtákból preparált mirozináz enzim inaktiválódása elsőrendű kinetikai egyenlettel írható le, mert a maradék enzimaktivitást (lnA) az idő függvényében ábrázolva egyenest kaptam. A sebességi együtthatót az elsőrendű kinetikai egyenlet alapján határoztam meg:

$$\ln A = -kt + \ln A_0 \qquad (2)$$

Ahol a változók: : A_0 = kezdeti mirozináz enzim aktivitás [E/g]
A = maradék enzimaktivitás [E/g]
k = kinetikai állandó [1/perc]
t = idő [perc]

A hőkezelés első 10 percében szignifikánsan csökkent a mirozináz enzim preparátumok aktivitása, de további hőkezelés hatására az enzimaktivitás nem változott szignifikánsan, ezért az egyenleteket az enzim inaktiválás első 10 perce alapján írtam fel. Az enzim inaktiválódását leíró egyenleteket a 17. táblázatban foglaltam össze.

17. táblázat: A mirozináz enzim aktivitás csökkenését különböző hőmérsékleteken leíró regressziós egyenletek

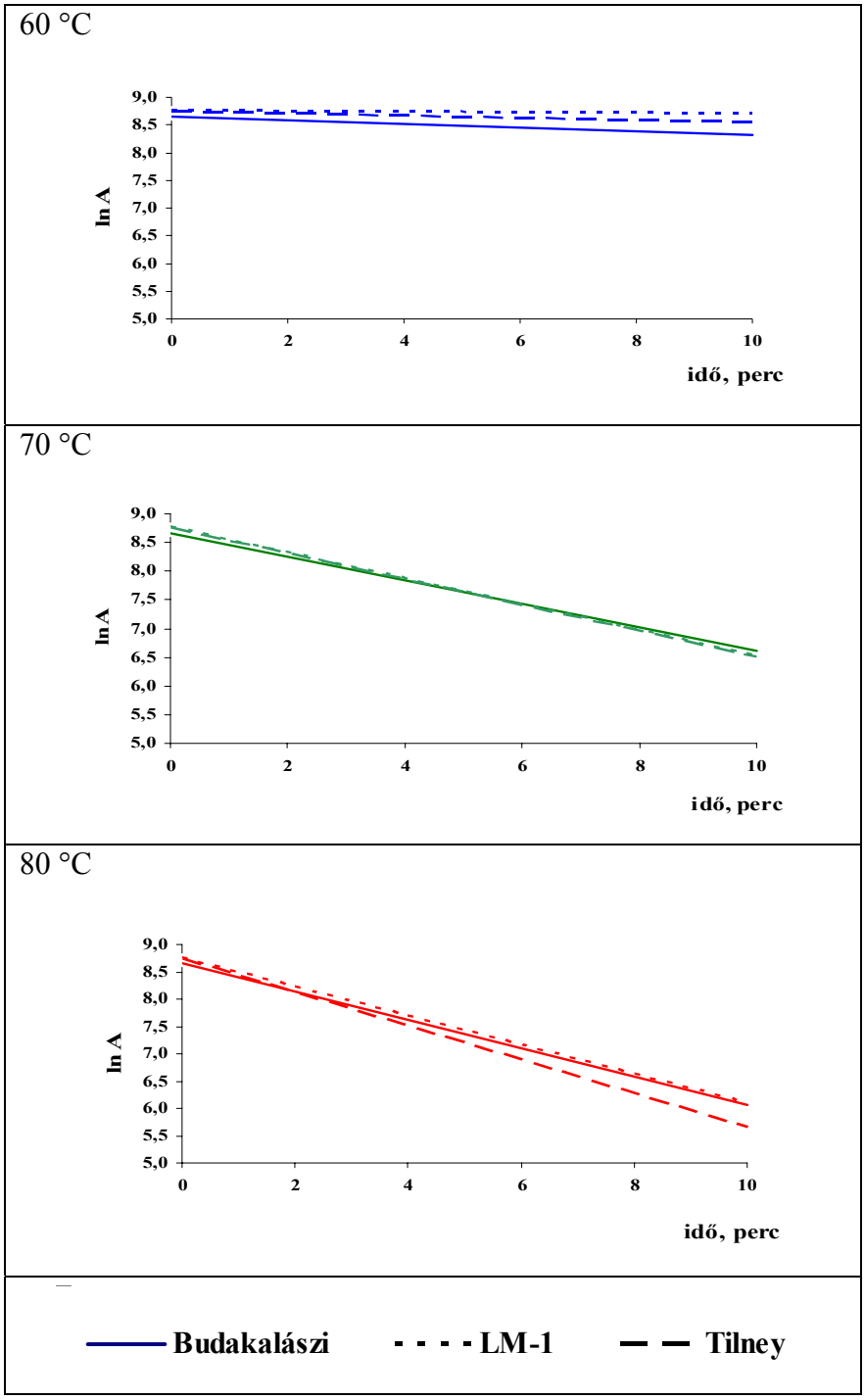
	Mustárfajta	Regressziós egyenlet	R
60 °C	Budakalászi sárga	y = -0,0343x + 8,6558	0,9050
	Csökkentett erukasav tartalmú fajta (LM-1)	y = -0,0071x + 8,7541	0,9915
	Tilney	y = -0,0211x + 8,7719	0,9755
70 °C	Budakalászi sárga	y = -0,2492x + 8,6558	0,9332
	Csökkentett erukasav tartalmú fajta (LM-1)	y = -0,2416x + 8,7541	0,9919
	Tilney	y = -0,2416x + 8,7719	0,9791
80 °C	Budakalászi sárga	y = -0,2415x + 8,6558	0,8367
	Csökkentett erukasav tartalmú fajta (LM-1)	y = -0,2624x + 8,7541	0,98636
	Tilney	y = -0,2613x + 8,7719	0,8625

A mirozináz enzim aktivitás csökkenésének sebessége a görbe meredekségével jellemezhető. A sebességi együtthatók összefüggéseit Tukey-féle páronkénti összehasonlítással elemeztem, az eredményeket az M19. mellékletben tüntettem fel. Az eredmények matematikai-statisztikai elemezése alapján elmondható, hogy a Tilney és a csökkentett erukasav tartalmú mustárfajtákból készített mirozináz enzim preparátum esetén a 60 °C, 70 °C és 80 °C-os hőkezelés hatására bekövetkező enzimaktivitás csökkenés sebessége között a különbség szignifikáns. A Budakalászi sárga fajta esetén 70 °C és 80 °C-os hőkezelés esetén a mirozináz enzim aktivitás csökkenés sebessége között nincs szignifikáns különbség.

A különböző mustárfajtákból preparált mirozináz enzim hőtűrése 60 °C-os hőkezelés hatására 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns különbséget mutatott, és ez a különbség fajtától függ. A sebességi állandókat vizsgálva elmondható, hogy az LM-1 csökkentett erukasav tartalmú fajta tartalmazta a leghőtűrőbb enzimet.

VAN EYLEN és munkatársai (2006) a mustármagban található mirozináz enzim hőtűrését 65-75 °C-os hőkezelés eredményeinek alapján vizsgálta, melyek összhangban állnak a fent leírt következtetésekkel. A mirozináz enzimet 60 °C-os hőkezelés után stabilnak találták, 75 °C-os hőkezelés hatására pedig az enzimaktivitás 10 perc alatt 90%-kal csökkent.

Magasabb hőmérsékleten nem volt szignifikáns különbség az inaktiválódás sebessége alapján a fajták között, így megfelelően beállított hőkezelési kísérletekkel megállapítható az optimális hőkezelési hőmérséklet, amelyet alkalmazva a mustármagban található mirozináz enzim minden fajta esetén inaktiválódik, függetlenül a kiindulási enzimaktivitás nagyságától.



25 ábra: A maradék enzimaktivitás logaritmikus ábrázolása

5.2.3. A mirozináz enzim inaktiválásához szükséges hőkezelés paraméterei

Az 5.2.1. pontban ismertetett hőkezelési előkísérletek eredményeit értékelve elmondható, hogy azonos hőmérsékleten végzett hőkezelésnél a nedvességtartalom emelésével a mirozináz enzim nagyobb mértékű inaktiválódása érhető el. A vizsgálati eredmények alapján alacsonyabb hőmérsékleten, magasabb nedvességtartalom mellett végzett hőkezelés a mirozináz enzimet azonos mértékben inaktiválja, ezen kívül kíméletesebb és energiatakarékosabb megoldást jelent.

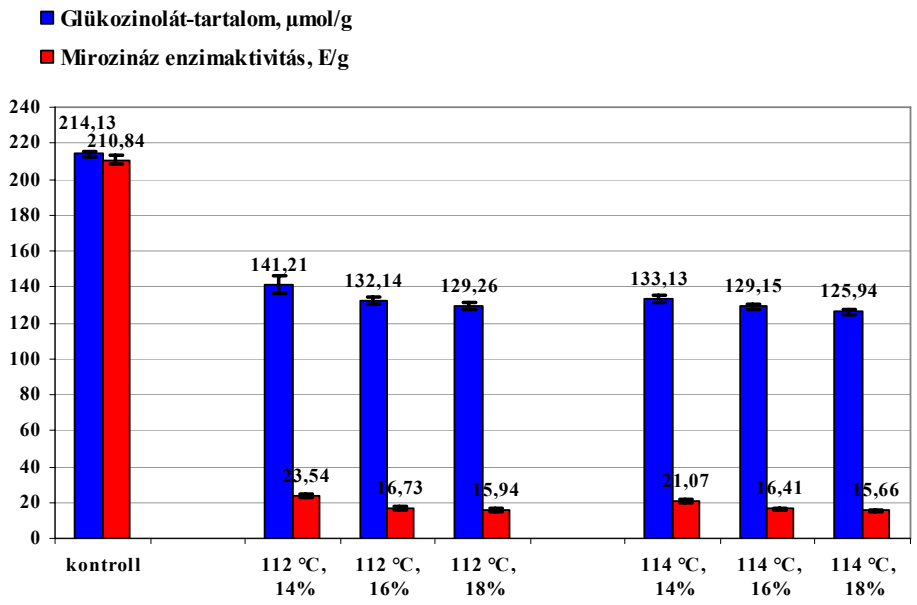
A különböző mustárfajtákban található mirozináz enzim hőérzékenységét vizsgálva az 5.2.2. pontban megállapítottam, hogy az LM-1 csökkentett erukasav tartalmú fajtából készített enzimpreparátum hőtűrése volt a legnagyobb, ezért a rádiófrekvenciás hőkezelés pontos paramétereinek megállapítására a különböző kezelések hatását ezen a fajtán értékeltem. A 2003-as évben rendelkezésre álló LM-1 mustárfajták közül azt választottam ki a vizsgálataimhoz, amelynek a legnagyobb volt a mirozináz enzimaktivitása, így a hőkezelési kísérleteket a 2003-ban Szombathelyen termesztett mustármagvakkal végeztem.

A hőkezelési előkísérletek során a 115 °C hőmérsékleten 15% nedvességtartalom mellett végzett hőkezelés hatékonynak bizonyult a mirozináz enzim inaktiválása szempontjából, ezért a kíméletesebb és energiatakarékosabb megoldást keresve alacsonyabb kezelési hőmérsékleteket választottam, így 112 °C és 114 °C hőmérsékleten végeztem a hőkezelést. Az előkísérletek eredményei szerint az alacsonyabb hőmérsékleten történő hőkezelés hatékonyságát a nedvességtartalom emelésével biztosítani lehet, így a vizsgálati anyag nedvességtartalmát három különböző értékre állítottam be a rádiófrekvenciás hőkezelés előtt, mely értékek a következők voltak: 14%, 16% és 18%.

A különböző paraméterek mellett végzett hőkezelések hatását a mustármag glükozinolát tartalmára és mirozináz enzimaktivitására a 26. ábrán foglaltam össze. A 2003-ban Szombathelyen termett csökkentett erukasav tartalmú mustárfajta kiindulási mirozináz enzimaktivitása 210,84 E/g volt. 112 °C-on, 14% nedvességtartalom mellett végzett hőkezelés hatására az enzimaktivitás 23,54 E/g értékre csökkent. A 14%-os nedvességtartalmú mustármagban a 114 °C hőmérsékletű hőkezelés hasonló mértékben csökkentette a mirozináz enzimaktivitást, a hőkezelés után 21,07 E/g enzimaktivitás értéket mértem. A 112 °C-os hőkezelés esetén a nedvességtartalmat 2%-kal növelve az enzimaktivitás nagyobb mértékű csökkenését lehetett elérni, 16,73 E/g volt a hőkezelt mustármag enzimaktivitása. A nedvességtartalom növelése a 114 °C-on végzett hőkezelés esetén is hasonló mértékű változást okozott. A 114 °C-on hőkezelt, 14% nedvességtartalmú mustármag enzimaktivitása 16,41 E/g értékre csökkent. A nedvességtartalmat 18%-ra beállítva 15,94 E/g,

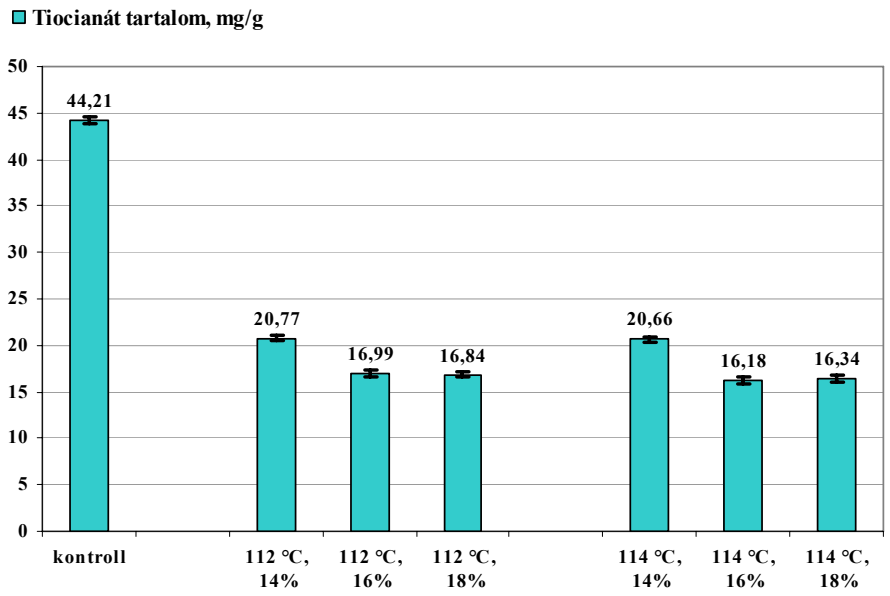
illetve 15,66 E/g mirozináz enzimaktivitás érték volt mérhető a 112 °C-os, valamint a 114 °C-os hőkezelés után.

A különböző hőmérsékleteken és különböző nedvességtartalom mellett hőkezelt mustármag mirozináz enzimaktivitás eredményeit egytényezős varianciaanalízissel, valamint Tukey-féle páronkénti összehasonlítással is értékeltem, az eredményeket az M20. mellékletben szemléltetem. A páronkénti összehasonlítás eredménye szerint 95%-os konfidencia szinten nincs különbség a következő hőkezelési beállítások között: 112 °C, 16%; 112 °C, 18%; 114 °C, 16%; 112 °C, 18%. Mivel a felsorolt négy beállítás között nincs szignifikáns különbség, gazdaságossági szempontok alapján a 112 °C-os hőmérsékletet, és a 16%-os nedvességtartalmat választottam a mirozináz enzim inaktiválásához szükséges rádiófrekvenciás hőkezelés paramétereinek.



26. ábra: A hőkezelés paramétereinek hatása a mustármag glükozinolát tartalmára és mirozináz enzimaktivitására

A mustármag csípős ízét okozó tiocianát vegyületek mennyiségének változását a különböző paraméterekkel végzett hőkezelés függvényében a 27. ábrán ismertetem. A 2003-ban Szombathelyen termett LM-1 csökkentett erukasav tartalmú mustárfajta kiindulási izotiocianát tartalma 44,21 mg/g volt. A hőkezelések hatására az izotiocianát tartalom a mirozináz enzim aktivitáshoz hasonlóan alakult. A 14%-os nedvességtartalmú mustármag hőkezelése után 20,77 mg/g, valamint 20,66 mg/g izotiocianát tartalom volt mérhető mindkét vizsgált hőmérsékleten. A következő hőmérséklet és nedvességtartalom értékek mellett végzett hőkezelések hatása között nem volt különbség az izotiocianát tartalom tekintetében sem: 112 °C, 16%; 112 °C, 18%; 114 °C, 16%; és 112 °C, 18%. A felsorolt hőkezelések hatására 16,18 mg/g és 16,99 mg/g közötti értékre csökkent az izotiocianát mennyisége a mustármagban.



27. ábra: A hőkezelés paramétereinek hatása a mustármag izotiocianát tartalmára

A mirozináz enzim inaktiválásához szükséges rádiófrekvenciás hőkezelés paramétereinek megválasztása céljából a műszeres vizsgálatok mellett érzékszervi vizsgálatot is végeztem. Az érzékszervi vizsgálathoz azokat a mustármagvak választottam ki, melyek enzimaktivitása 5 és 50 E/g között volt (18. táblázat).

18. táblázat: Az érzékszervi vizsgálathoz kiválasztott mustármagvak mirozináz enzimaktivitása

Csoport	Minta	Mirozináz enzimaktivitás, E/g	
		átlag	szórás
1.	1.	5,71	0,28
	2.	4,42	0,15
2.	3.	10,73	1,03
	4.	11,70	0,24
3.	5.	15,66	1,14
	6.	16,29	1,22
4.	7.	25,33	0,54
	8.	21,65	1,55
5.	9.	30,34	2,44
	10.	35,55	0,65
6.	11.	48,85	2,37
	12.	44,54	1,17

A vizsgálatok során egyik bíráló sem érzékelt csípős ízt az első három csoportba tartozó minták esetén (4,4 – 16,3 E/g). A 7. sorszámú szuszpenzió esetén két bíráló érzékelt csípős ízt, az 5. csoportba tartozó szuszpenziókat pedig már mindhárom bíráló csípősnek érezte. Mindkét

vizsgálati időpontban, mindhárom bíráló a legnagyobb mirozináz enzimaktivitású 11–es kódszámú mintát érezte a legcsípősebbnek. Az érzékszervi vizsgálat eredményei szerint a csípősségmentes mustármagliszt előállítása során a rádiófrekvenciás hőkezelést olyan paraméterek mellett kell alkalmazni, hogy a mirozináz enzim aktivitása 20 E/g alá csökkenjen. A 112 °C hőmérsékleten, 16%-os nedvességtartalom mellett végzett hőkezelés hatására a leghőtűrőbb enzimet tartalmazó, legmagasabb mirozináz enzimaktivitású mustármagvak (2003–ban Szombathelyen termesztett LM–1) esetén az enzimaktivitás megfelelő mértékben, 20 E/g alá csökkent.

5.3. A rádiófrekvenciás hőkezelés hatása a mustármag beltartalmi összetevőire

A hőkezelési kísérletek során optimálisnak értékelt paraméterek (112 °C hőmérséklet és 16% nedvességtartalom) beállítása mellett a rádiófrekvenciás hőkezelési technika hatását vizsgáltam a kísérletekben szereplő mustárfajták beltartalmi összetevőire, valamint techno-funkciós tulajdonságaira.

A rádiófrekvenciás hőkezelés hatását párosított t-próba segítségével elemeztem a négy évjáratban, nyolc különböző termőhelyen termesztett mustármagvak beltartalmi összetevői esetén, az eredményeket a 19. táblázatban szemléltetem.

A hőkezelt mustármagvak fehérjetartalma a párosított t-próba alapján nem tért el szignifikánsan a kezeletlen magvak esetén mért értékektől, egyetlen kivételt csak a Kiskunlacházán 2004-ben termesztett mustárfajták képeztek, amelyek esetében a fehérje tartalom 11%-os, szignifikáns ($\alpha = 0{,}01$) csökkenését tapasztaltam.

A mustárfajták olajtartalmát a hőkezelés után vizsgálva elmondható, hogy a rádiófrekvenciás hőkezelést követően évjárattól és termőhelytől függően az olajtartalom 1,3–13,75%-os növekedését figyelhetjük meg, a növekedés mértéke a Gyöngyösről és a Kiskunlacházáról származó fajták esetén nagyobb volt a többi vizsgált termőhelyhez viszonyítva. A Kiskunlacházán, Kaposvárott és Budakalászon termesztett mustárfajták vizsgálatakor kapott eredmények szerint az olajtartalom növekedése a hőkezelés hatására 99,9%-os megbízhatósági szinten szignifikáns volt, a Szombathelyen termesztett mustárfajták esetében pedig a kezelt és kezelt magvak olajtartalma közötti különbség 2003-ban és 2004-ben is 99%-os megbízhatósági szinten volt szignifikáns. A kezelt mustármagvak olajtartalmának növekedése alapján a rádiófrekvenciás hőkezelés a mustárolaj kinyerhetőségét növeli. Irodalmi adatok alátámasztják, hogy a dielektromos hőkezelési technikát olajkinyerés előtt előkezelésként alkalmazva préselés és oldószeres extrakció esetén is növeli a kinyerhető olaj mennyiségét (AZADMARD-DAMIRCHI et al., 2010; CHENG et al., 2011; UQUICHE et al., 2008).

19. táblázat: A különböző termőhelyen termesztett mustárfajták beltartalmi összetevőinek változása a rádiófrekvenciás hőkezelés hatására, százalékban kifejezve

Beltartalmi összetevők csökkenése rádiófrekvenciás hőkezelés hatására, %	Fehérje tartalom	Olajtartalom	Glükozinolát tartalom	Mirozináz enzimaktivitás	Összes fenol tartalom	Szabadgyökfogó aktivitás
2002						
Monortrade	0,73	-0,45	14,59	86,63	-3,44	-3,01
2003						
Gyöngyös	-0,66	-8,63	10,80	86,54	-5,46	3,08
Putnok	-1,10	-13,75	22,66	89,68	8,34	2,18
Szombathely	-0,41	-8,86	11,52	90,35	2,63	7,27
Kaposvár	-1,01	-8,94	14,50	85,05	-6,41	-5,34
Kiskunlacháza	0,33	-9,27	25,56	88,03	-9,83	-4,37
Monortrade	-8,40	-8,85	31,42	91,00	0,66	
2004						
Gyöngyös	1,31	-11,09	15,60	87,09	-0,36	10,10
Kiskunlacháza	11,76	-6,89	16,34	85,45	-8,25	-4,14
Budakalász	2,00	-7,03	13,69	90,22	4,33	-7,39
Eszterág	-2,92	-1,35	15,78	91,77	-1,87	-4,63
Szombathely	-4,55	-4,87	25,11	86,98	6,54	-12,26
2005						
Gyöngyös	-0,32	-11,13	29,74	89,89	5,58	13,75
Kiskunlacháza	-0,73	-4,78	30,99	87,18	3,18	-6,50

Megjegyzés:

A rádiófrekvenciás hőkezelés (112 °C, 16%) hatása 99,9%-os megbízhatósági szinten szignifikáns

A rádiófrekvenciás hőkezelés (112 °C, 16%) hatása 99,0%-os megbízhatósági szinten szignifikáns

A rádiófrekvenciás hőkezelés (112 °C, 16%) hatása 95,0%-os megbízhatósági szinten szignifikáns

A rádiófrekvenciás hőkezelés hatását a mustárolaj tokoferol tartalmára a 20. táblázatban összesítettem.

20. táblázat: A mustárolaj tokoferol tartalmának változása a rádiófrekvenciás hőkezelés hatására

Összes tokoferol tartalom változása, %	
Budakalászi sárga	-10,03
LM-2	13,33
Tilney	13,01

A 2005-ben Kiskunlacházán és Gyöngyösön termesztett mustárfajták összes tokoferol tartalma a rádiófrekvenciás hőkezelést követően 10-13%-kal változott.

Az 19. táblázatban bemutatott eredmények alapján megállapítható, hogy a hőkezelt mustármagvak glükozinolát tartalma termőhelytől és évjárattól függően 10-30%-kal alacsonyabb volt a kezeletlen mustármagvak esetén mért értékekhez viszonyítva. A különböző glükozinolát vegyületek hőbomlása eltérő hőmérsékleten következik be (ORLEMANS et al., 2006), ezért a különböző termőhelyről származó mustármagok hőkezelése után megfigyelhető eltérő mértékű glükozinolát tartalom csökkenés alapján feltételezhető, hogy a mustárfajták glükozinolát összetétetele termőhelytől függően eltérő.

A termőhely és az évjárat hatásából eredő különbségek ellenére a mirozináz enzim aktivitása minden esetben megfelelő mértékben csökkent, ezért megállapíthatjuk, hogy a kiválasztott paraméterekkel végzett hőkezelés a nagyobb glükozinolát tartalmú fajták esetén is eredményesen alkalmazható a mustármag csípősségének megszüntetésére.

A nyers és hőkezelt mustárfajták fenolvegyületeinek vizsgálata alapján elmondható, hogy a Kiskunlacházán termesztett mustárfajták összes polifenol tartalma a 2003-as és a 2004-es évjáratban 8,34%-kal, illetve 9,83%-kal növekedett a hőkezelés hatására, a polifenol tartalom növekedése a párosított t-próba szerint 99,9%-os megbízhatósági szinten szignifikáns. RHANDIR és munkatársai (2008) szintén arról számoltak be, hogy hőkezelést követően a késztermékben növekedett a fenolsavak mennyisége. A Putnokon termesztett mustárfajták esetében a polifenol tartalom 8,34%-os csökkenése volt tapasztalható a rádiófrekvenciás hőkezelési technika alkalmazását követően.

A hőkezelt mustármagvak gyökfogó aktivitását a kiválasztott paraméterek mellett végzett rádiófrekvenciás hőkezelés után vizsgálva megállapítható, hogy a Kiskunlacházán 2003-ban és 2004-ben termesztett fajták esetén is érvényesül a polifenol tartalom esetén megfigyelt tendencia, 4,14%-kal, illetve 4,37%-kal magasabb eredményt kaptam, mint a kezeletlen magvak esetében. A mustármag fenolvegyületeinek gyökfogó aktivitása legnagyobb mértékben (12,26%) a Szombathelyen 2004-ben termett magvak esetében növekedett a hőkezelést követően, míg a

Gyöngyösön 2005-ben termett magvak gyökfogó aktivitása 13,75%-kal szignifikánsan ($\alpha = 0,05$) csökkent.

A rádiófrekvenciás hőkezelési technika hatását a techno-funkciós tulajdonságok esetében is elemeztem párosított t-próba segítségével, melynek eredményeit a 21. táblázatban foglaltam össze.

A 112 °C hőmérsékleten, 16% nedvességtartalom mellett végzett rádiófrekvenciás hőkezelés hatására a mustármag őrlemények vízkötő képessége a t-próba eredményei szerint nem változott szignifikáns mértékben (99,9%-os megbízhatósági szinten). A hőkezelt mustármagvak őrleményének vizsgálata során 136,85 és 213,20% közötti vízkötő képességet mértem.

21. táblázat: A különböző termőhelyen termesztett mustárfajták techno-funkciós tulajdonságainak változása a rádiófrekvenciás hőkezelés hatására, százalékban kifejezve

Techno-funkciós tulajdonságok változása rádiófrekvenciás hőkezelés hatására, %	**Vízkötő képesség**	**Zsírkötő képesség**	**Emulgeáló aktivitás**	**Emulzió stabilitás**
2003				
Gyöngyös	2,22	4,95	5,32	-69,15
Putnok	13,71	-13,17	3,27	-115,25
Szombathely	3,78	14,30	-4,64	-132,52
Kaposvár	2,00	5,45	2,96	-71,04
Monortrade	-2,46	-35,28	3,07	-77,93
2004				
Gyöngyös	10,91	12,52	3,45	-100,03
Kiskunlacháza	-21,72	27,37	6,14	-31,84
Eszterág	4,09	19,30	5,21	-8,48
Szombathely	8,17	32,87	5,34	-41,07
2005				
Gyöngyös	-13,20	-1,51	6,70	-106,13
Kiskunlacháza	7,86	17,64	4,57	-51,60

Megjegyzés:

A rádiófrekvenciás hőkezelés (112 °C, 16%) hatása 99,9%-os megbízhatósági szinten szignifikáns

A rádiófrekvenciás hőkezelés (112 °C, 16%) hatása 99,0%-os megbízhatósági szinten szignifikáns

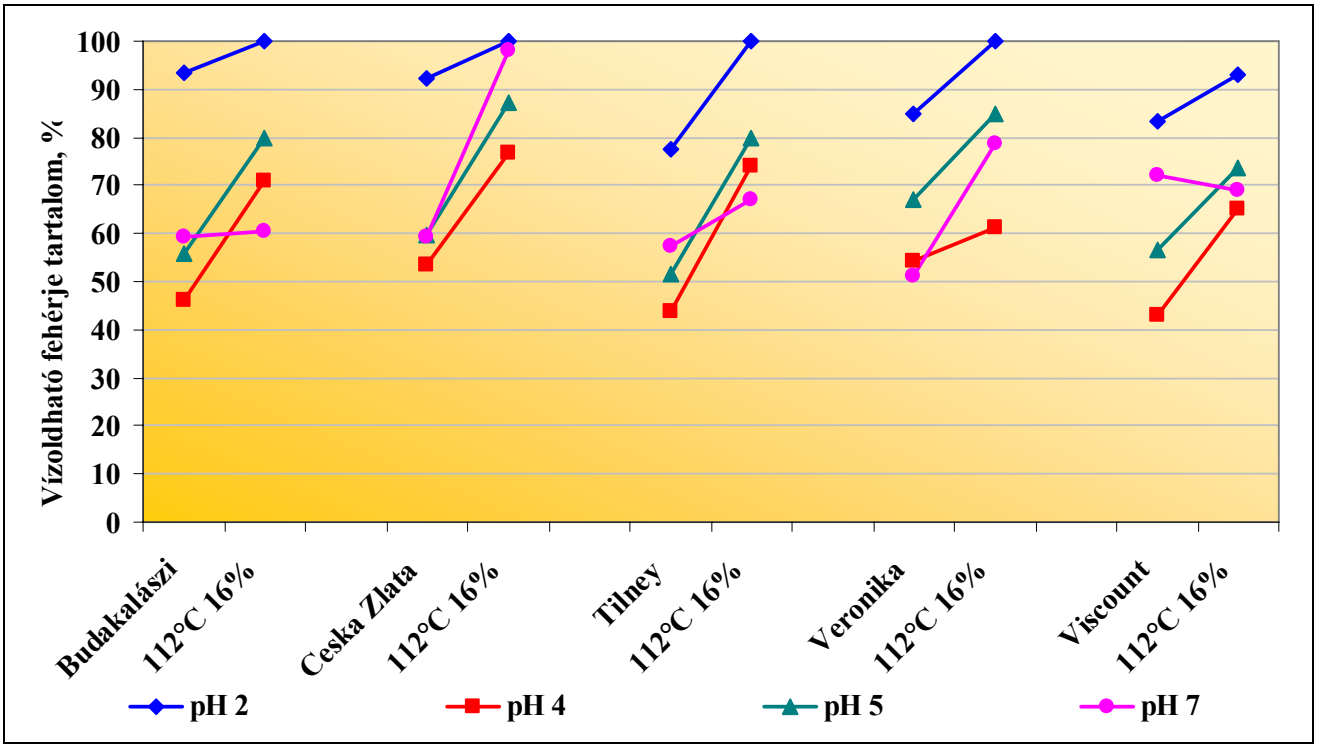
A rádiófrekvenciás hőkezelés (112 °C, 16%) hatása 95,0%-os megbízhatósági szinten szignifikáns

A statisztikai értékelés szerint a 2004-ben Kiskunlacházán, Eszterágon és Szombathelyen termesztett mustárfajtákat kivéve a rádiófrekvenciás hőkezelés nem okozott szignifikáns eltérést a mustárfajták zsírkötő képességét tekintve.

A mustárfajták emulgeáló aktivitása a rádiófrekvenciás hőkezelést követően 41,35 -63,77% között változott, ez az eredmény a kezeletlen mustármagvak esetén mért emulgeáló aktivitás eredmények körül 6%-kal ingadozik. A hőkezelés hatását vizsgálva a t-próba eredményei több esetben is mutattak szignifikáns eltérést, e különbségek azonban csak statisztikailag értelmezhetők szignifikáns eltérésként.

A hőkezeletlen mustárliszttel készített emulziók stabilitása viszonylag kicsi, de a hőkezelési technika hatására az emulzió stabilitás minden esetben növekedett, a növekedés mértéke 8,48 és 132,52% között változott..

A hőkezelés hatását a mustárfehérje oldhatóságára a Kiskunlacházán, 2003-ban termesztett fajták esetén vizsgáltam. A nyers és hőkezelt mustármagvak vízoldható fehérje tartalmát az összes fehérje tartalom százalékos arányában tüntettem fel az 28. ábrán.



28. ábra: A rádiófrekvenciás hőkezelés hatása a mustárfajták vízoldható fehérje tartalmára

A rádiófrekvenciás hőkezelés hatására az izoelektromos pontban a mustárfehérje oldhatósága átlagosan 46%-kal növekedett, a Zlata fajta esetében az összes fehérje tartalom 76,61%-a volt vízoldható a hőkezelt követően. A Viscount fajta vízoldható fehérje tartalma 2-es pH-érték esetén 93,15% volt a hőkezelés után, míg a többi vizsgált fajtánál az összes fehérje tartalom 100%-a vízoldhatóvá vált a rádiófrekvenciás hőkezelési technika alkalmazásának köszönhetően.

A mustármag hőkezelése után nyert termék tehát előnyösen használható élelmiszerekben. A termék jó olaj emulgeátor, a vizet és az olajat megköti, valamint gátolja a termékekben a víz kiválását. A hőkezelt, őrölt mustár természetes forrása a víz-oldható nyálkaanyagoknak, fehérjének, és az antioxidáns vegyületeknek.

5.4. A csípősségmentes mustármagliszt alkalmazásának lehetőségei

5.4.1. A csípősségmentes mustármagliszt és a szójaizolátum, valamint keverékeik techno-funkciós tulajdonságai és gélképzése

A csípősségmentes mustármag lisztjének alkalmazhatóságát vizsgálva összehasonlítottam a szójaizolátum és a mustárliszt techno-funkciós tulajdonságait, valamint különböző arányú (1:1, 1:2, és 2:1) keverékeik esetén is mértem a vízkötő képességet, a zsírkötő képességet, és az emulgeáló tulajdonságokat. Eredményeimet a 22. táblázatban foglaltam össze.

22. táblázat: A csípősségmentes mustármagliszt és a szójaizolátum, valamint keverékeik techno-funkciós tulajdonságai

Összetétel	Vízkötő képesség, %		Zsírkötő képesség, %		Emulgeáló aktivitás, %		Emulzió stabilitás, %	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
Mustárliszt	170,09	4,77	125,52	10,24	57,66	0,46	71,94	3,52
Szójaizolátum	543,87	70,75	121,44	4,85	81,78	2,62	75,59	3,12
Mustárliszt-Szójaizolátum 1:1	352,38	34,05	99,86	7,86	69,79	1,95	85,22	1,85
Mustárliszt-Szójaizolátum 1:2	481,60	5,06	97,96	1,51	72,40	1,39	81,53	2,96
Mustárliszt-Szójaizolátum 2:1	272,00	25,45	111,85	4,21	68,14	1,50	82,28	3,33

A 22. táblázatban bemutatott eredmények alapján megállapítható, hogy a mustárliszt emulzió stabilitása és zsírkötő képessége hasonló a szójaizolátum tulajdonságaihoz, vízkötő képessége pedig a szójaizolátum esetében mért érték felénél kevesebb. A mustárlisztet és a szójaizolátumot 1:2 arányú keverékként alkalmazva a vízkötő képesség 2,8-szorosára növekedett. A zsírkötő képesség esetén a különböző arányú keverékeket alkalmazva antagonista hatás figyelhető meg. A mustárliszt és szójaizolátum keverékeinek emulgeáló aktivitása szempontjából a keverési arányok alapján nem volt lényeges különbség. A mustárliszt és a szójaizolátum különböző arányú keverékeinek emulzió stabilitását vizsgálva elmondható, hogy a szójaizolátum és mustárliszt együttes alkalmazása additív hatású, alkalmazásuk 1:1 arányban a legelőnyösebb.

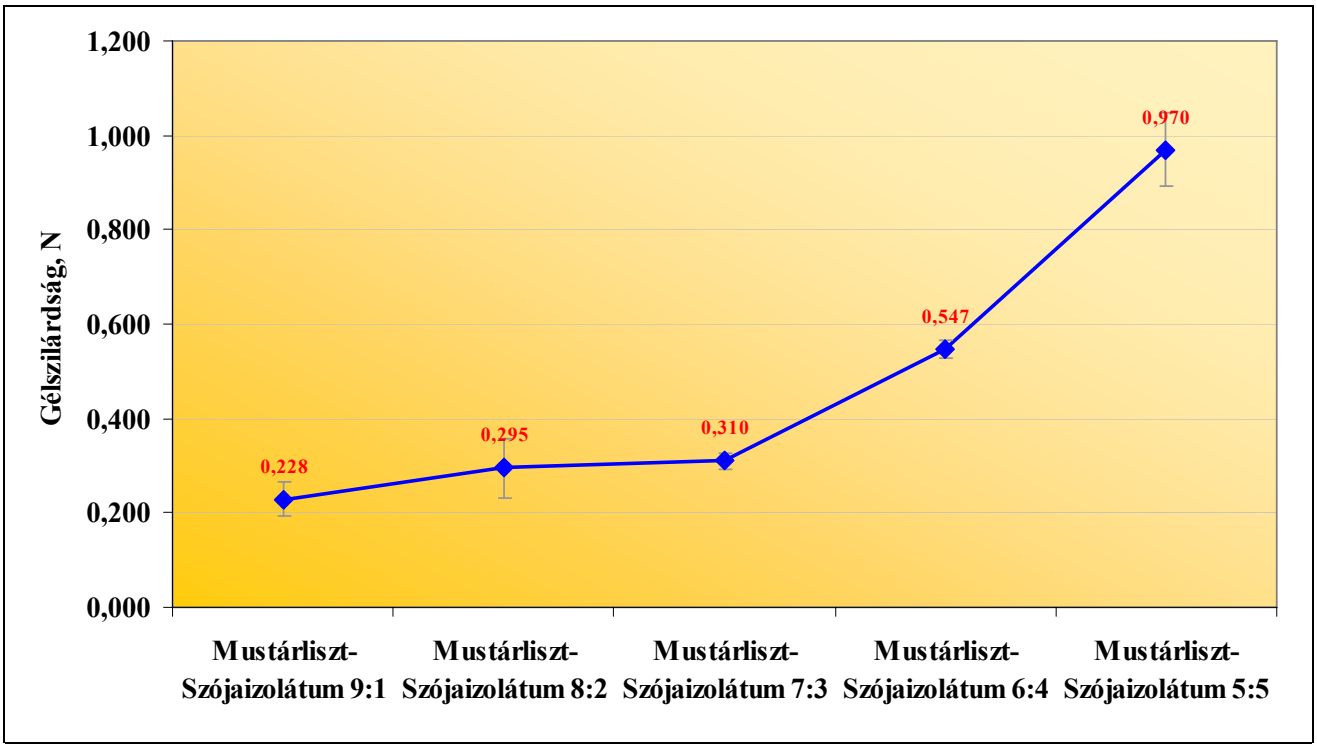
A csípősségmentes mustármagliszt és a szójaizolátum, valamint különböző arányú keverékeik felhasználásával készített szuszpenziók gélképző tulajdonságait a 23. táblázatban illetve a 29. ábrán ismertetem.

23. táblázat: A csípősségmentes mustármagliszt és a szójaizolátum gélképző tulajdonsága

Adalékanyag és keveréke	Gélszilárdság, N	
	átlag	szórás
Szójaizolátum, 10%	0,150	0,024
Szójaizolátum, 18%	2,308	0,406
Mustárliszt, 18%	0,273	0,049

A szójaizolátum 10%-os szuszpenziójával 0,150N szilárdságú gélt tudtam készíteni. A mustárliszt esetében az a legkisebb szuszpenzió koncentráció, amely esetében erős gél képezhető, 18% volt.

A 18% koncentrációjú mustárliszt szuszpenzió alkalmazásával 80%-kal erősebb gél készíthető a szójaizolátum 10%-os szuszpenziójához viszonyítva. Hasonló szilárdságú gélt eredményezett a mustárliszt és a szójaizolátum 8:2 arányú keverékének alkalmazása. (29. ábra). A mustárlisztet és szójaizolátumot azonos arányban tartalmazó keverék szuszpenziójával készített gél szilárdsága elérte a 0,970N értéket.



29. ábra: A csípősségmentes mustárliszt és szójaizolátum különböző arányú keverékeinek gélképző tulajdonsága

5.4.2. A mustárliszt felhasználási lehetőségeinek vizsgálata húsipari termékekben

A mustárliszt felhasználási lehetőségeit laboratóriumi körülmények között vizsgáltam. A kísérletek során három különböző terméket, Olasz felvágottat, Zala felvágottat, valamint májas készítményt gyártottam laboratóriumi körülmények között az eredeti receptúra alapján, és vizsgáltam a hozzáadott mustármagliszt hatását a termékek állományára és érzékszervi tulajdonságaira. A laboratóriumi kísérletek során gyártott húskészítmények összetételét az 24. táblázatban ismertetem.

24. táblázat: A laboratóriumi kísérletek során gyártott húskészítmények összetétele

Húskészítmény	**Olasz felvágott**		**Zala felvágott**		**Májas**	
Összetevők	kontroll	mustárliszttel készített	kontroll	mustárliszttel készített	kontroll	mustárliszttel készített
Marhahús (kg)	0,27	0,27	-	-	0,27	0,27
Sertéshús (kg)	1,53	1,42	1,85	1,82	0,22	0,22
Szalonna (kg)	0,76	0,76	0,43	0,43	0,77	0,77
Sertésmáj (kg)	-	-	-	-	1,38	1,30
Víz (ml)	350,00	410,00	665,00	660,00	220,00	300,00
Nitrites só (g)	54,50	54,50	53,25	53,25	55,53	55,53
Szoluprát (g)	6,82	6,82	8,00	8,00	5,55	5,55
Bors (g)	8,20	8,20	8,00	8,00	5,6	5,6
Szerecsendió (g)	6,80	6,80	0,53	0,53	0,28	0,28
Vöröshagyma(g)	-	-	-	-	5,55	5,55
Fokhagyma (g)	2,72	2,72	1,33	1,33	-	-
Csípős paprika (g)	2,72	2,72	-	-	-	-
Mustárliszt (g)	-	57,27	-	61,20	-	58,30

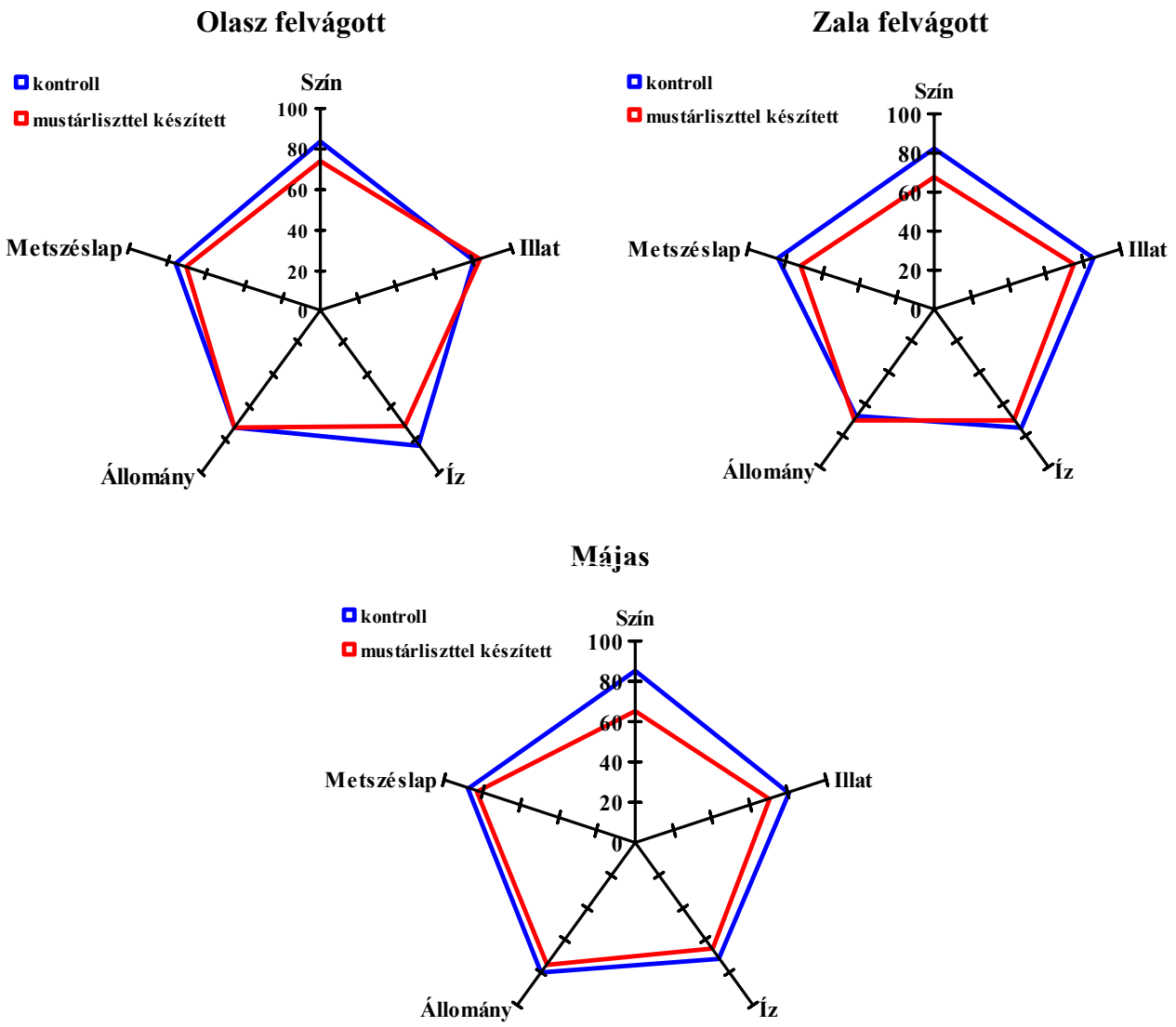
A vizsgált húskészítményeket a termékekre vonatkozó technológiai utasítások alapján készítettem el, majd 130 g-os konzervdobozokba töltve 115 °C-on, 50 percig sterileztem. A húskészítmények állományát, valamint a zselé- és zsírkiválás mértékét a 2. táblázatban foglaltam össze.

25. táblázat: A mustárliszttel készített húskészítmények állományának műszeres vizsgálata

Húskészítmény		**Szilárdság, N**		**Zselé- és zsírkiválás, %**	
		átlag	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Olasz felvágott	**Kontroll**	7,07	1,28	10,78	1,95
	Mustárliszttel készített	6,16	1,72	12,23	0,83
Zala felvágott	**Kontroll**	5,87	1,54	7,77	0,30
	Mustárliszttel készített	7,43	1,22	7,38	1,01
Májas	**Kontroll**	6,19	0,85	0,12	0,02
	Mustárliszttel készített	6,48	1,07	0,12	0,04

A 25. táblázatban feltüntetett eredmények alapján megállapítható, hogy a mustárliszt felhasználásával készített húskészítmények szilárdsága, valamint a zselé- és zsírkiválás mértéke nem tér el lényegesen a kontroll húskészítmények megfelelő értékeitől.

A laboratóriumban készített húskészítmények műszeres vizsgálata mellett teljes körű érzékszervi profilanalízist is végeztem, melynek során 10 bíráló által adott eredményeket értékeltem ProfiSens szoftver segítségével (KÓKAI et al., 2003). A laboratóriumi húskészítmények érzékszervi profil diagramjain feltüntettem a szín, illat, íz, metszéslap, valamint az állomány alapján elért pontszámok átlagértékeit (30. ábra).



30 ábra: A mustárliszt felhasználásával készített húskészítmények érzékszervi profil diagramjai

A profilanalízis eredményei alapján megállapítható, hogy a kontroll termékhez viszonyítva a bírálók mindhárom termék esetében a mustárliszttel készített termék színét kissé kedvezőtlenebbnek ítélték meg. A Zala felvágott színe a mustárliszttől kissé sárgás, a Májas színe pedig sötétebb volt. Az érzékszervi vizsgálatok eredményeinek statisztikai kiértékelést egytényezős varianciaanalízissel végeztem, melynek eredményeit az M21-M23. mellékletekben tüntettem fel. Az Olasz felvágott esetében egyik vizsgált tulajdonság alapján sem volt szignifikáns különbség a kontroll és a mustárliszttel készített termék között. A szín alapján a Zala felvágott 99%-os konfidencia szinten, a Májas pedig 95%-os konfidencia szinten különbözött a kontroll terméktől. A statisztikai értékelés alapján a vizsgált húskészítmények illatát, ízét, metszéslapját és állományát a mustármagliszt hozzáadása nem befolyásolta szignifikánsan.

5.5. Új és újszerű tudományos eredmények

1. Megállapítottam, hogy a különböző vizsgált termőhelyekről származó, négy évjáratban termett mustárfajták fehérjetartalma és olajtartalma között matematikailag leírható, 99,9%-os megbízhatósági szinten szignifikáns, negatív korreláció áll fenn.

2. Megállapítottam, hogy a mustárolaj zsírsavösszetétele fajtára jellemző tulajdonság. A csökkentett erukasav tartalmú mustárfajta esetén a linolsav mennyisége magasabb volt, mint a többi vizsgált fajtában mért érték.

3. A különböző mustárfajtákból készített enzimkivonatok hőérzékenységét vizsgálva megállapítottam, hogy a mustárfajták mirozináz enzimének hőtűrése eltérő, a leghőtűrőbb enzimet az LM-1 csökkentett erukasav tartalmú mustárfajta tartalmazta. Az enzim inaktiválódása elsőrendű kinetikai egyenlettel írható le.

4. Megállapítottam, hogy csípősségmentes mustárliszt előállítása céljából a rádiófrekvenciás hőkezelés megfelelő paraméterei a 112 °C hőmérséklet és a 16% nedvességtartalom. A paraméterek megfelelő beállításával a rádiófrekvenciás hőkezelés a mirozináz enzimet inaktiválja, ugyanakkor a mustármagliszt táplálkozás-élettani szempontból fontos összetevőit és vízkötő-, zsírkötő képességét, valamint emulgeáló aktivitását nem befolyásolja hátrányosan. A rádiófrekvenciás hőkezeléssel csípősségmentesített mustármagliszttel készített emulzió stabilitása magasabb a kontrolléhoz képest.

5. Megállapítottam, hogy a vizsgált mustárfajták szabadgyökfogó aktivitása és összes polifenol tartalma között 99,9%-os megbízhatósági szinten szignifikáns, pozitív, lineáris korreláció áll fenn.

6. A mustárliszt és a szójaizolátum különböző arányú keverékeinek emulzió stabilitását vizsgálva megállapítottam, hogy a szójaizolátummal képzett emulzió stabilitása a csípősségmentes mustármagliszt és a szójaizolátum együttes alkalmazásával javítható, alkalmazásuk 1:1 arányban a legelőnyösebb, így emulzió készítése során a csípősségmentes mustármagliszt alkalmas lehet az importból származó szójaizolátum részleges helyettesítésére.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A mustármagot hazánkban döntő részben ételízesítőként használják, azonban 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 25-32% 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 fenol vegyületekben 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.

Magyarországon főleg az importból származó szója élelmiszeripari és takarmányozási célú felhasználása dominál, de a mustár kedvező összetételénél fogva alkalmas lehet a szója kiváltására. A mustár a mérsékeltövi klímán jól termeszthető, hazai termesztése gazdaságos.

Az előnyös kémiai összetétel ellenére a mustármag széleskörű felhasználását csípős íze, és olajának nagy erukasav tartalma akadályozza. A mustármag nagy erukasav tartalma nemesítéssel csökkenthető, ilyen fajta hazánkban is van köztermesztésben. A mustár csípős ízét a mirozináz enzim hatására a glukozinolát vegyületek hidrolízise során keletkező bomlástermékek okozzák, így a mirozináz enzim inaktiválásával e kedvezőtlen tulajdonság megszüntethető. A mirozináz enzim inaktiválására a kíméletes, energiatakarékos és környezetkímélő rádiófrekvenciás hőkezelési eljárást alkalmaztam.

Kísérleti munkám célja olyan csípősségmentes mustármagliszt előállítása volt, amely kedvező forrása a táplálkozás-tudományi szempontból értékes összetevőknek, ezen kívül a széleskörű felhasználhatóság érdekében a techno-funkciós tulajdonságai is megfelelőek.

Vizsgálataimmal arra kerestem a választ, hogy az alapanyagul szolgáló mustármag beltartalmi jellemzőit hogyan befolyásolja a fajta, a termőhely és az évjárat. Célom volt a rádiófrekvenciás hőkezelés csípősségmentes mustárliszt előállításához optimális paramétereinek (hőmérséklet, nedvességtartalom) megállapítása, valamint a hőkezelés hatásának vizsgálata a mustármag beltartalmi jellemzőire és techno-funkciós tulajdonságaira. További célul tűztem ki az optimálisnak talált paraméterekkel végzett hőkezelés után nyerhető csípősségmentes mustármagliszt felhasználási lehetőségeinek elemzését.

Kísérleteim során különböző termőhelyekről származó (Budakalász, Kiskunlacháza, Kaposvár, Szombathely, Eszterág, Putnok, Gyöngyös, és a Monortrade Kft. vetésterülete), 2002 és 2005 között termett mustárfajták (Budakalászi sárga, Tilney, Veronika, Viscount, Zlata, LM-1 és LM-2) kémiai összetételét, mirozináz aktivitását és biológiailag aktív vegyületeit, valamint techno-funkciós tulajdonságait (emulgeáló aktivitás, emulzió stabilitás, vízkötő képesség, zsírkötő képesség) vizsgáltam. A rádiófrekvenciás hőkezelés optimális paramétereinek megválasztása során tanulmányoztam a különböző mustárfajtákból kivont mirozináz enzim hőtűrését, valamint a különböző paraméterekkel végzett rádiófrekvenciás hőkezelés hatását a mustármag beltartalmi összetevőire és techno-funkciós tulajdonságaira. Vizsgáltam a csípősségmentes mustárliszt alkalmazhatóságát olasz és zala felvágottak, valamint májas készítmény esetében.

A termőhely, és az évjárat, valamint a fajta hatását a mustármag beltartalmi jellemzőire és techno-funkciós tulajdonságaira varianciaanalzissel értékeltem 95%-os valószínűségi szinten. Az eredmények szerint a mustármag fehérjetartalma, olajtartalma és olajának linolsav tartalma, összes polifenol tartalma és gyökfogó aktivitása évjárattól függő tulajdonságok. A termőhely hatása a fehérjetartalom, a glükozinolát tartalom, a mirozináz enzimaktivitás, az összes polifenol tartalom, valamint a techno-funkciós tulajdonságok közül a vízkötő- és zsírkötő képesség eredményei alapján statisztikailag igazolt. A mustárlisztből készíthető emulzió stabilitása, valamint a mustármag olajának olajsavtartalma, erukasav tartalma, linolsav tartalma és linolénsav tartalma fajtától függő tulajdonságok.

Eredményeim alapján elmondható, hogy a nagyobb fehérjetartalmú mustárfajták olajtartalma minden esetben kisebb volt. A fehérje- és olajtartalom között matematikailag leírható, 99,9%-os megbízhatósági szinten szignifikáns, negatív korreláció állapítható meg.

A mustárolaj zsírsavösszetétele fajtára jellemző tulajdonság. Az erukasav tartalom csökkenésével az olajsav mennyisége minden esetben növekedett, a mustárfajták olajsavtartalma és erukasav tartalma között megállapítható negatív korreláció 99,9%–os megbízhatósági szinten szignifikáns. A csökkentett erukasav tartalmú mustárfajta esetén a linolsav mennyisége 3-4%-kal magasabb volt, mint a többi vizsgált fajtában mért érték.

A mustárfajták szabadgyökfogó aktivitása és összes polifenol tartalma között lineáris összefüggést találtam, a pozitív korreláció 99,9%-os megbízhatósági szinten szignifikáns.

A diszkriminancia analízis eredményei szerint a mustármag beltartalmi tényezőit az évjárat befolyásolja legnagyobb mértékben. Az évjárat hatása az olajtartalom és a gyökfogó aktivitás szempontjából érvényesül leginkább. A termőhely hatása a mustárliszt zsírkötő- és vízkötő képessége esetén a legnagyobb mértékű. A fajta szerinti csoportba sorolást a vizsgált változók közül a mustárolaj zsírsav összetétele határozza meg legnagyobb mértékben, mivel az első diszkrimináns

függvény és az erukasav-, olajsav-, és linolsav tartalom között figyelhető meg a legszorosabb korreláció.

A hőkezelési előkísérletek során négy különböző mustárfajta (Budakalászi sárga, Tilney, Zlata és LM-1 csökkentett erukasav tartalmú fajta, 2002) hőkezelését végeztem különböző paraméterek mellett. A rádiófrekvenciás hőkezeléseket 90 °C, 100 °C, 110 °C és 120 °C hőmérsékleten végeztem, a mustármagok nedvességtartalmát pedig 15%, illetve 18%-ra állítottam be. A hőkezelés hatékonyságát a mirozináz enzim aktivitásának csökkenésével követtem nyomon, és vizsgáltam a hőkezelés hatását a mustármag táplálkozás élettani szempontból fontos összetevőire is.

A hőkezelési előkísérletek eredményei alapján a négy vizsgált mustárfajta mirozináz enzimének hőérzékenysége eltérő, így a rádiófrekvenciás hőkezelés optimális paramétereinek vizsgálatához kiválasztottam azt a mustárfajtát, amelyben a mirozináz enzim hőtűrése a legnagyobb. A különböző mustárfajtákból készített enzimkivonatok hőérzékenységét vizsgálva megállapítottam, hogy az LM-1 csökkentett erukasav tartalmú mustárfajta tartalmazta a leghőtűrőbb enzimet. Az enzim hőinaktiválódása elsőrendű kinetikai egyenlettel írható le. A hőkezelési előkísérletek eredményei szerint azonos hőmérsékleten végzett hőkezelésnél a nedvességtartalom emelésével a mirozináz enzim nagyobb mértékű inaktiválódása érhető el. A vizsgálati eredmények alapján feltételeztem, hogy alacsonyabb hőmérsékleten, magasabb nedvességtartalom mellett végzett hőkezelés a mirozináz enzimet azonos mértékben inaktiválja, ezen kívül kíméletesebb és energiatakarékosabb megoldást jelent.

A rádiófrekvenciás hőkezelés pontos paramétereinek megállapítására kísérleteimet az LM-1 csökkentett erukasav tartalmú mustárfajtával végeztem 112 °C és 114 °C hőmérsékleten, a magvak nedvességtartalmát pedig 14%, 16% és 18%-ra állítottam be. A mirozináz enzim inaktiválásához szükséges rádiófrekvenciás hőkezelés paramétereinek megválasztása céljából a műszeres vizsgálatok mellett érzékszervi vizsgálatot is végeztem. A vizsgált beállítások közül a 112 °C hőmérsékletet és a 16% nedvességtartalmat választottam a rádiófrekvenciás hőkezelés optimális paramétereinek.

A 112 °C hőmérsékleten, 16% nedvességtartalom mellett végzett rádiófrekvenciás hőkezelés hatását vizsgálva elmondható, hogy a vizsgált mustárfajták mirozináz enzimaktivitása megfelelő mértékben, az érzékszervi vizsgálatok során megállapított 20 E/g alá csökkent, így bizonyítottnak tekinthető, hogy a kiválasztott paraméterekkel végzett hőkezelés a nagyobb glükozinolát tartalmú fajtáknál is eredményesen alkalmazható. A hőkezelt mustármagvak fehérjetartalma nem tért el a kezeletlen magvak esetén mért értékektől. A rádiófrekvenciás hőkezelést követően az olajtartalom növekedését figyeltem meg. A kezelt mustármagvak olajtartalmának növekedése alapján a rádiófrekvenciás hőkezelés növeli a mustárolaj kinyerhetőségét. A hőkezelt mustármagvak glükozinolát tartalma termőhelytől és évjárattól függően 10-30%-kal alacsonyabb volt a kezeletlen

mustármagvak esetén mért értékekhez viszonyítva. A nyers és hőkezelt mustárfajták fenolvegyületeinek vizsgálata alapján elmondható, hogy a mustárfajták összes polifenol tartalma több esetben is növekedett a hőkezelés hatására. A hőkezelt mustármagvak esetén mért gyökfogó aktivitás szempontjából is érvényesül a polifenol tartalom esetén megfigyelt tendencia, néhány esetben magasabb eredményt mértem, mint a kezeletlen magvak esetében.

A 112 °C hőmérsékleten, 16% nedvességtartalom mellett végzett rádiófrekvenciás hőkezelés a mustármag őrlemények vízkötő- és zsírkötő képessége szempontjából néhány esetben szignifikáns változást okozott, a mustárfajták emulgeáló aktivitása nem változott számottevő mértékben. A hőkezeletlen mustárliszttel készített emulziók stabilitása viszonylag kicsi, de a hőkezelési technika hatására az emulzió stabilitás minden esetben növekedett, a növekedés mértéke 8 és 132% között változott.

A mustárliszt és a szójaizolátum különböző arányú keverékeinek emulzió stabilitását vizsgálva megállapítottam, hogy a szójaizolátummal képzett emulzió stabilitása a csípősségmentes mustármagliszt és a szójaizolátum együttes alkalmazásával javítható, alkalmazásuk 1:1 arányban a legelőnyösebb, így emulzió készítése során a csípősségmentes mustármagliszt alkalmas lehet az importból származó szójaizolátum részleges helyettesítésére.

A mustárliszt felhasználási lehetőségeit vizsgálva három különböző terméket (Olasz felvágottat, Zala felvágottat, valamint májas készítményt) gyártottam laboratóriumi körülmények között az eredeti receptúra alapján, és értékeltem a hozzáadott csípősségmentes mustárliszt hatását a termékek állományára és érzékszervi tulajdonságaira. A mustárliszt felhasználásával előállított húskészítmények szilárdsága, valamint a zselé- és zsírkiválás mértéke nem tér el lényegesen a kontroll húskészítmények megfelelő értékeitől. A laboratóriumban készített húskészítmények műszeres vizsgálata mellett teljes körű érzékszervi profilanalízist is végeztem, melynek eredményei alapján megállapítható, hogy a kontroll termékhez viszonyítva a bírálók mindhárom termék esetében a mustárliszttel készített termék színét kissé kedvezőtlenebbnek ítélték meg. A statisztikai értékelés alapján a vizsgált húskészítmények illatát, ízét, metszéslapját és állományát a mustármagliszt hozzáadása nem befolyásolta szignifikánsan (α=0,05).

7. SUMMARY

Mustard seed (*Sinapis alba* L.) has been used as spice but its valuable chemical composition gives possibilities to widen its utilization in food industrial products and in animal feeding. Mustard seeds are natural source of biological active compounds (phenolics, isothiocyanates), their protein content is relatively high, the amino acid composition of mustard protein is well balanced. The high energy content of mustard seed is connected with its 25-32% oil content depending on variety. The mustard flour could be used as additive because of its advantageous colloid-chemical properties (emulsification characteristics, water and fat holding capacity).

Similarly to the oilseed crops, mustard seed is rich in phenolic compounds. These compounds have anti-cardiovascular disease and anticancer effect due to their antioxidant and free radical scavenging activity. Aditionally, mustard seed is cholesterol free and gluten free, therefore consumption of mustard seed has health promoting effect.

Hungarian ecological conditions are favourable for the production of mustard seeds, contrary to soybeans, therefore efforts have been made to increase its utilization in the food industry.

In spite of the advantageous chemical composition and technofunctional properties the use of mustard seed flour is limited in food industry because of its pungent flavour and the relatively high erucic acid content of mustard oil. Erucic acid content of mustard seed can be decreased by breeding, such variety can be found in the national list of varieties. The pungent flavour develops through the action of myrosinase enzyme. The enzyme releases isothiocyanates, thiocianates, nitriles and glucose from glucosinolate compounds. The pungent flavour caused by the isothiocyanates could be eliminated by inactivation of the enzyme. The enzyme was inactivated by a minimum processing, environmentally friendly, energy saving technology. Radio frequency heat treatment was utilized for inactivation of myrosinase enzyme.

The aim of the study was to produce enzyme inactivated mustard seed flour, which is a favourable source of the nutritional components and it has advantageous techno-functional properties. Further aim was to establish the optimum parameters of the radiofrequency heat treatment (temperature, moisture content) and examination of the effect of the heat treatment on the nutritional components and techno-functional properties of the mustard seed. Utilization possibilities of the enzyme inactivated mustard seed in the food industry, with special emphasis on meat industry were also analysed.

In the course of the study, chemical composition, myrosinase enzyme activity, biological active compounds and techno-functional properties (emulsifying activity, emulsion stability, water binding capacity, fat binding capacity) of mustard seed varieties (Budakalászi sárga, Tilney, Veronika, Viscount, Zlata, LM-1 and LM-2) originating from different growing places (Budakalász, Kiskunlacháza, Kaposvár, Szombathely, Eszterág, Putnok, Gyöngyös, and the growing place of Monortrade Ltd.) grown between 2002 and 2005 were examined. To establish the optimum parameters of the radio frequency heat treatment, heat sensitivity of myrosinase enzyme prepared from different mustard seed varieties, and effect of heat treatment carried out with different parameters on nutritional components and techno-functional properties was studied. Utilization possibilities were investigated in the case of „Olasz", „Zala" and liver meat products.

Effect of growing place, vintage, and variety on the chemical composition and techno–functional properties of mustard seed was evaluated by analysis of variance (α=0.05). According to the results protein content, oil content, linoleic acid content of mustard oil, total phenolic content and free radical scavenging activity of mustard seed are vintage dependent properties. Effect of growing place on protein content, glucosinolate content, myrosinase enzyme activity, total phenolic content, as well as water- and fat binding capacity is verified statistically. Stability of emulsion prepared of ground mustard seed as well as oleic acid, erucic acid, linoleic acid and linolenic acid content of mustard oil is effected significantly by variety.

On the basis of the results a negative, significant (α=0.001) correlation was established between the oil content and protein content of the examined mustard varieties.

Fatty acid composition is a variety dependent property. As a consequence of the erucic acid decrease, the oleic acid content was increased. According to the results, the negative correlation between the erucic acid and oleic acid content is significant (α=0.001). In the case of the low erucic acid variety, the linoleic acid content was 3-4% higher than the measured values of the other examined varieties.

There is a linear relationship between the free radical scavenging activity and total phenolic content, the positive correlation is significant (α=0.001).

According to the results of the canonical discriminant analysis, composition of the mustard seed is influenced in the highest degree by the variety. The effect of the year was the highest in the case of oil content and free radical scavenging activity. The group configuration was determinated by the fatty acid composition of the mustard oil.

In the course of the preliminary heat treatment experiments, four different variety (Budakalászi sárga, Tilney, Zlata and LM-1 low erucic acid content var., 2002) were heat treated under different parameters. Radio frequency heat treatments were carried out at 90 °C, 100 °C, 110 °C and 120 °C temperatures, the moisture content of the seeds was adjusted to 15% and 18%. The effect of the heat

treatment was measured by the decrease of myrosinase enzyme activity. Effects of the heat treatment on the nutritional compounds were also investigated.

On the basis of the preliminary heat treatment results, heat sensitivity of myrosinase enzymes originating from the four examined mustard variety is different, therefore the mustard variety was chosen, which contains the least heat sensitive myrosinase enzyme. According to the results, the LM-1 low erucic acid content variety contains the least heat sensitive enzyme. The inactivation of the enzyme can be described by a first order kinetic equation.

According to the preliminary experiments, the inactivation of the myrosinase enzyme is higher in the case of heat treatment carried out at the same temperature with higher moisture content.

In the course of establishing the optimum parameters of the radio frequency heat treatment the experiments were carried out with LM-1 low erucic acid content var. at 112 °C and 114 °C temperature, the moisture content of the seeds was adjusted to 14%, 16% and 18%. According to the results, 112 °C temperature and 16% moisture content were established as the optimum parameters of the radio frequency heat treatment for inactivation of the myrosinase enzyme in mustard seed.

On the basis of the results obtained after heat treatment carried out at 112 °C temperature and 16% moisture content less than 20 U/g myrosinase enzyme activity could be measured, therefore it can be considered as verified that the heat treatment performed with the chosen parameters is effective even in the case of mustard seeds with higher glucosinolate content.

There was no difference between the protein content of the radio frequency heat treated and the untreated mustard seed. After radio frequency heat treatment, increase of the mustard oil yield could be observed. Decrease of the glucosinolate content after radio frequency heat treatment varied between 10% and 30% depending on vintage and growing place. According to the measurement results of treated and untreated mustard seeds, total phenolic content and free radical scavenging activity increased by the effect of radio fraquency heat treatment.

Radiofrequency heat treatment carried out at 112 °C temperature and 16% moisture content effected significant changes in certain cases of water- and fat binding capacity of ground mustard seed, and there was no change in the emulsifying activity. Stability of emulsions prepared from ground mustard seed is relatively low, but due to the radio frequency heat treatment the emulsion stability increased by 8%-132%.

Examining the emulsion stability of mixtures prepared from mustard seed and soy isolate in different ratios it can be established that stability of emulsion made of soy isolate can be improved by addition of enzyme-inactivated ground mustard seed, their application is the most advantageous

in ratio of 1:1. According to the results, in the course of emulsion preparation, enzyme-inactivated mustard seed can be suitable for partial replace of import soy isolate.

In the course of the study of utilization possibilities, three different products were manufactured (Olasz, Zala and liver meat products) under laboratory conditions according to the original recipe and effect of the added myrosinase-inactivated mustard seed flour on rheological and sensory properties were evaluated. On the basis of firmness as well as ratio of gel and fat separation results there was no difference between the meat products containing myrosinase-inactivated mustard seed flour and the meat products manufactured according to the original recipe. According to the statistical evaluation of the sensory analysis results, addition of myrosinase–inactivated mustard flour to the meat products has no significant effect on taste, odour, consistency and cutting surface (α=0.05).

M1. Irodalomjegyzék

2003/89/EK (2003. november 10.) Az Európai Parlament és a Tanács irányelve a 2000/13/EK irányelv élelmiszer-összetevők feltüntetése tekintetében történő módosításáról

AHMAD, A., ABDIN, Z. (2000): Interactive effect of sulphur and nitrogen on the oil and protein contents on the fatty acid profiles of oil in the seeds of rapeseed (Brassica campestris L.) and Mustard (Brassica juncea L. Czern. and Coss.). *Journal of Agronomy & Crop Science,* 185 49-54. p.

AHMED, J. (2011): Emerging technologies for pulse processing. 223-249. p. In: TIWARI, B. K., GOWEN, A., MCKENNA, B. (Eds.): *Pulse foods: processing, quality and nutraceutical applications.* Academic Press, London, 475 p.

ALI, S., ANWAR, F., ASHRAF, S., TALPUR, F. N., ASHRAF, M. (2009): Evaluation of canola seeds of different cultivars with special emphasis on the quantification of erucuc acid and glucosinolates. *Grasas y Aceites,* 60 (1) 89-95. p.

ALUKO, R. E., REANEY, M., McINTOSH, T., OUELLET, F., KATEPA-MUPONDWA, F. (2004): Characterization of calcium-soluble protein fraction from yellow mustard (*Sinapis alba*) seed meal with potential application as an additive to calcium-rich drinks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 54 6030-6034. p.

AMAROWICZ, A., WANASUNDRA, U. N., KARAMAC, M. AND SHAHIDI, F.(1996): Antioxidant activity of ethanolic extract of mustard seed. *Nahrung,* 5 261-263. p.

ANDRE, F., ANDRE, C., COLIN, L., CACARACI, F., CAVAGNA, S. (1994): Role of new allergens and of allergen consumption in the increased incidence of food sensitizations in France. *Toxicology,* 93 77-83. p.

ANIL KUMAR, G. K., PANWAR, V. S., YADAW, K. R., SIHAG, S. (2002): Mustard cake as a source of dietary protein for growing lambs. *Small Ruminant Research,* 44 (1) 47-52. p.

AWUNAH, G. B., RAMASWAMY, H. S., ECONOMIDES, A., MALLIKARJUANAN, K. (2005): Inactivation of *Escherichia coli* K12 and *Listeria innocua* in milk using radio frequency (RF) heating. *Innovative Food Science and Emeerging Technologies,* 6 (4) 396-402. p.

AZADMARD-DAMIRCHI, S., HABIBI-NODEH, F., HESARI, J., NEMATI, M., ACHACHLOUEI, B. F. (2010): Effect of pretreatment with microwaves on oxidative stability and nutraceuticals content of oil from rapeseed. *Food Chemistry,* 12 1211-1215. p.

BALKE, D. T., DIOSADY, L. T. (2000): Rapid aqueous exctraction of mucilage from whole white mustard seed. *Food Research International,* 33 347-356. p.

BALMIR, F., STAACK, R., JEFFREY, E., JIMENEZ, M. D., WANG, L., POTTER, S. M. (1996): An exctract of soy fluor influences serum cholesterol and thyroid hormones in rats and hamsters. *Journal of Nutrition,* 126 3046-3053.

BELL, J. M., RAKOW, G., DOWNEY, R. K. (2000): Comparisons of amino acid and protein levels in oil-extracted seeds of Brassica and Sinapis species, with observations on environmental effects. *Canadian Journal of Animal Science,* 80 169-174. p.

BICE, C. (1965): Spises and mustard in today's dressings. http://www.mancan.ca/claudbic.html

BIRLA, S. L., WANG, S., TANG, J., FELLMAN, J. K., MATTINSON, D.S., LURIE, S. (2005): Quality of oranges as influenced by potential radio frequency heat treatments against Mediterranean fruit flies. *Postharvest Biology and Technology,* 38 (1) 66-79. p.

BODNARYK, R. P., LAMB, R. J. (1991): Mechanism of resistance to the flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze), in yellow mustard seedlings, *Sinapis alba* L. *Canadian Journal of Plant Science,* 71 13-20. p.

BONES, A. M., ROSSITER, J. T. (2006): The enzymic and chemically induced decomposition of glucosinolates. *Phytochemistry,* 11 1053-1067. p.

BUSSY, A. (1840): Sur la formation de l'huile essentielle de moutarde. *Journal of Pharmacology,* 27 464-471. p.

CHANG, N. W., HUANG, P. C. (1998): Effects of the ratio of polyunsaturated and monounsaturated fatty acids on rat plasma and liver lipid concentration. *Lipids,* 33 481-487. p.

CHEN, S., ANDREASSON, E. (2001): Update on glucosinolate metabolism and transport. *Plant Physiology and Biochemistry,* 39 743-758. p.

CHENG, S. F., MOHD, N. L., CHUAH, C. H. (2011): Microwave pretreatment: A clean and dry method for palm oil production. *Industrial Crops and Products,* 14 967-971. p.

CISKA, E., HONKE, J., KOZLOWSKA, H.(2008): Effects of light conditions on the content of glucosinolates in germinating seeds of white mustard, red radish, white radish, and rapeseed. *Journal of Agricultureal and Food Chemistry,* 56 9087-9093. p.

CISKA, E., KOZLOWSKA, H. (1998): Glucosinolates of cruciferous vegetables. *Polish Journal of Food and Nutrition,* 7/48 5-22. p.

CUI, S. W., ESKIN, N. A. M., WU, Y., DING, S. (2006): Synergism between yellow mustard mucilage and galactomannans and applications in food products - A mini review. *Andvances in Colloid and Interface Science,* 128-130 249-256. p.

CUI, W., ESKIN, N. A. M., BILIADERIS, C. G. (1993a): Chemical and physical properties of yellow mustard (*Sinapis alba* L.) mucilage. *Food Chemistry,* 46 169-176. p.

CUI, W., ESKIN, N. A. M., BILIADERIS, C. G. (1993b): Water-soluble yellow (*Sinapis alba* L.) polysaccharydes: partial characterization, molecular size distributin and rheological properties. *Carbohydrate Polymers,* 40, 215-225. p.

CUI, W., ESKIN, N. A. M., BILLADERIS, C. G., MAZZA, G. (1995): Synergistic interactions between yellow mustard polysaccharides and galactomannans. *Carbohydrate Polymers,* 27 123-127. p.

CZUKOR B., MÁRKUS-BEDNARIK ZS., PETRES J., TÓTH B. (1993): Szójabab nagyfrekvenciás hőkezelése. *Élelmezési ipar,* 97 40-44. p.

CZUKOR B., SCHUSTER-GAJZÁGÓ I., MÁRKUS ZS., CSRHALMI ZS., GELENCSÉR É., ADÁNYI N. (2001): 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.

CSERHALMI, ZS., MÁRKUS, ZS., CZUKOR, B., BARÁTH, Á., TÓTH, M. (2001): Physico-chemical properties and food utilization possibilities of RF-treated mustard seed. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 1 251-254. p.

DABROWSKI, K. J., SOSULSKI, F. W.(1984): Composition of free and hydrolyzable phenolic acids in defatted flours of ten oilseeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 32 128-130. p.

DAS, S., TYIAGI, A. K., KAUR, H. (2000): Cancer modulation by glucosinolates: a review. *Current Science,* 79 (12) 1665-1671. p.

DAS, M. M., SINGHAL, K. K. (2005): Effect of feeding chemically treated mustard cake on growth, thyroid and liver functions and carcass characteristics in kids. *Small Ruminant Research,* 56 31-38. p.

DATTA, A. K. (2001): Fundamentals of heat and moisture transport for microwaveable food product and process development. 115-166. p. In: DATTA, A. K., ANATHESWARAN, R. C. (Eds.): *Handbook of microwave technology for food applications.* Marcel Dekker Inc., New York, 511 p.

DECLERCQ, D.R. (2003): Report on the Quality of 2003 Westwern Canadian Canola. Grain Research laboratory, Canadian Grain Commission, Winnipeg, Canada.

DEPREE, J.A., SAVAGE, G.P. (2001): Physical and flavour stablity of mayonnaise. *Trends in Food Science & Technology,* 12 157-163. p.

EKANAYAKE, A., KESTER, J. J., LI, J. J., ZEHENTBAUER, G. N., BUNKE, P. R., ZENT, J. B. (2006): IsogardTM: a natural anti-microbial agent derived from white mustard seed. *Acta Horticulturae,* 708 101-108. p.

ELFOUL, L., RABOT, S., KHELIFA, N., QUINSAC, A., DUGUAY, A., RIMBAULT, A. (2001): Formation of allyl isothiocyanate from sinigrin in the digestive tract of rats monoassociated with a human colonic strain of Bacteroides thetaiotaomicron. *Fems Microbiology Letters,* 197 99-103. p.

ENAS, A. E. (1996): Cooking oils, cholesterols and CAD: facts and myths. *Indian Heart Journal,* 48 (4) 423-427. p.

EÖRY T., NAGY B. (1996): Így termesszünk repcét és mustárt. Regiocon Kft., Budapest, 121 p.

ESKIN, M. (1997): Study finds new possibilities for yellow mustard mucilage. http://www.westerngrains.com/endow/1995 02.html

ESKIN, N. A. M., RAJU, J., BIRD, R. P. (2007): Novel mucilage fraction of *Sinapis alba* L. (mustard) reduces azoxymethane-induced colonic aberrant crypt foci formation in F344 and Zucker obese rats. *Phytomedicine,* 14 479-485. p.

FAHEY, J. W., ZALCMANN, A. T., TALALAY, P. (2001): The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry,* 56 5-51. p.

FAO/WHO/UNI (1985): Energy and protein requirements. Technical session report. No 724, Genova.

FENWICK, G. R., GRIFFITHS, N. M., HEANEY, R. K. (1983): Bitternes in Brussel-sprouts (*Brassica oleracea* L. var Gemmifera) - the role glucosinolates and their breakdown products. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 34 (1) 73-80. p.

FENWICK, G. R., HEANEY, R. K. (1983): Glucosinolates and their breakdown products in cruciferous crops, foods and feeding staffs. *Food Chemistry,* 11 249-271. p.

FENWICK, G. R., HEANEY, R. K., MULLIN, W. J. (1983): Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* 18 123-194. p.

FINLEY, J. W. (2003): The antioxidant responsive element (ARE) may explain the protective effects of cruciferous vegetables on cancer. Nutrition Reviews, 61 (7) 250-254. p.

Food Chemicals Codex, 1996

FREESE, M., MUTANEN, M. (1997): Alpha-linolenic acid and murine chsin n-3 fatty acid differs only slightly in their diet homeostatic fctors in healthy subjects. *American Journal of Clinical Nutrition,* 66 591-598. p.

GEVEKE, D. J., BRUNKHORST, C. (2004): Inactivation of *Escherichia coli* in apple juice by radio frequency electric fields. *Journal of Food Science,* 69 (3) 134-138. p.

GEVEKE, D. J., BRUNKHORST, C. (2008): Radio frequency electric fields inactivation of *Escherichia coli* in apple cider. *Journal of Food Engineering,* 85 (2) 215-221. p.

GEVEKE, D. J., BRUNKHORST, C., FAN, X. (2007): Radio frequency electric field processing of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 8 (4) 549-554. p.

GIBSON, G. R. (1998): Dietary modulation of the human gut microflra using probiotics. *British Journal of Nutrition,* 80 (4) 209-212. p.

GONZALEZ DE LA PENA, M. A., MENÉNDEZ-ARIAS, L., MONSALVE, R. I. RODRIGUEZ, R. (1991): Isolation and characterization of a major allergen from oriental mustard seeds, Bra j I. *International Archives of Allergy and Applied Immunology,* 96 263-270 p.

GÓRALSKA, K., DYNOWSKA, M., CISKA, E. (2009): Fungistatic properties of glucosinolates - a reconnaissance study. *Polish Journal of Environmental Studies,* 18 (3) 377-382. p.

GRAMI, B.; BAKER, R. J.; STEFFANSON, B. R. (1977): Genetics of protein and oil content in summer rape. Heritability, number of effective factors and correlations. *Canadian Journal of Plant Science,* 57 937-943. p.

GRAUMANN, G. H., HOLLEY, R. A. (2008): Inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 in ripening dry fermeneted sausage by ground yellow mustard. *Journal of Food Protection,* 71 (3) 486-493. p.

GRUBB, C. D., ABEL, S. (2006): Glucosinolate metabolism and its control. *TRENDS in Plant Science,* 11 (2) 89-100. p.

GUGURAJ RAO, A., NARASINGA RAO, M. S. (1981): Comparative study of the high molecular weight protein fraction of mustard (*B. juncea*) and rapeseed (*B. campestris*). *International Journal of Peptide and Protein Research,* 18 154-161. p.

GUNDEL J., HUSVÉTH F., SCHMIDT J. (2004): A takarmányozási célra történő alkalmazás módszereihez szükséges kutatótevékenység. In: *4/0005/2002 nyilvántartási számú „A mustár új, ökologikus és gazdaságos termesztésére és a továbbhasznosítás bővítésére szolgáló új eljárások, módszerek és termékek kifejlesztése és modell szintű megvalósítása" című NKFP projekt III. részjelentése.* 24-98. p.

GUO, Q., PIYASENA, P., MITTAL, G. S., SI, W., GONG, J. (2006): Efficacy of radio frequency cooking in the reduction of *Escherichia coli* and shelf stability of ground beef. *Food Microbiology,* 23 (2) 112-118. p.

HANSEN, L. N., EARLE, E. D. (1997): Somatic hybrids between *Brassica oleracea* L. and *Sinapis alba* L. with resistance to *Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc. *Theoretical and Applied Genetics,* 94 1078-1085. p.

HARRISON, L. J., CUNNINGHAM, L. J. (1985): Factors influencing the quality of mayonnaise. *Journal of Food Quality,* 8 1-20. p.

HAVSTEEN, B. H. (2002): The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology & Therapeutics,* 96 67

HEMINGWAY, J. S. :The mustard species: condiment and food ingredient use and potential as oilseed crops. http://www.mancan.ca/jhemingway1.html

HOLMES, M. R. J., BENNETT, D. (1979): Effect of nitrogen fertilizer on the fatty acid composition of oil from low erucic acid rape varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 30 264-266. p.

HORVÁTH E., CZUKOR B. (1990): Functional properties and protein extractability of dielectric heated soybeans. *Nahrung,* 34 (4) 337-343. p.

HWANG, E. S., LEE, H. J. (2006): Induction of quinon reductase by allylisothiocyanate (AITC) and the N-acetylcysteine conjugate of AITC in Hepa1c1c7 mouse hepatoma cells. *BioFactors,* 26 7-15. p.

IZYDORCZYK, M., CUI, S. W., WANG, Q. (2005): Polysaccharide gums: structures, functional properties, and applications. 263-308. p. In: (CUI S. W. Ed.) *Food carbohydrates: chemical and physical properties and applications.* Boca Raton, CRC Press, 418 p.

JOSEFFSON, E. (1968): Method for quantitative determination of p-hydroxybenzyl isothiocyanate in digests of seed meal of *Sinapis alba* L. *Journal of Science of Food and Agriculture, 19* 192-194. p.

KANNY, G., FREMONT, S., TALHOUARNE, G., NICOLAS, J. P., MONERET-VAUTRIN, D.A. (1995): Anaphylaxis to mustard as a masked allergen in "chicken dips". *Ann Allergy Asthma Immunol,* 75 340-342. p.

KAPOOR, V. P., BANERJI, R., PRAKASH, D. (1992): Leguminous seeds: Potential industrial sources for gum, fat and protein. *Journal of Scientific & Industrial Research,* 51 1-22. p.

KATEPA-MUPONDVA, F.;RANEY, J.P.; RAKOV, G. (2005): Recurrent selection for increased protein content in yellow mustard (Sinapis alba L.). *Plant Breeding,* 124 382-387. p.

KEUM, Y. S., JEONG, W. S., KONG, A. N. T. (2004): Chemoprevention by isothiocyanates and their underlying molecular signaling mechanisms. *Mutation Research,* 555 191-202. p.

KOPPELMAN, S.J., VLOOSWIJK, R., BOTTGER, G., VAN DUIJN, G., VAN DER SCHAFT, P., DEKKER, J., VAN BERGEN, H. (2007): Development of an enzyme-linked immunosorbent assay method to detect mustard protein in mustard seed oil. *Journal of Food Protection,* 70 (1) 179-183. p.

KRITCHEVSKY, D. (1979): Vegetable protein and atheroschlerosis. Journal of the Americal Oil Chemists' Society, 56 (3) 135-140. p.

LARSON, R. A. (1988): The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry,* 27 (4) 969-978. p.

LAYCOCK, L., PIYASENA, P., MITTAL, G. S. (2003): Radio frequency cooking of ground, comminuted and muscle meat products. *Meat science,* 65 (3) 959-965. p.

LEE, P.-W., HEFLE, S. L., TAYLOR, S. L. (2008): Sandwich Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) for detection of mustard in foods. *Journal of Food Science,* 73 (4) 62-68 p.

LELIVELT, C. L. C., LENUISSEN, E. H. M., FREDERIKS, H. J., HELSPER, J. P. F. G., KRENS, F.A. (1993): Transfer of resistance to the beet cyst neatode (*Hetodera schachtii* Schm.) from *Sinapis alba* L. (white mustard) to the *Brassica napus* L. gene pool by sexual and somatic hybridization. *Theoretical and Applied Genetics,* 85 688-696. p.

LI, J., ZHU, Z., GERENDAS, J. (2008): 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.

LICHTENSTEIN, A. H. (1998): Soy protein, isoflavones and cardivascular diseases risk. The Journal of Nutrition, 128 1589-1592. p.

LING, J. G., CRONIN, D.A., BRUNTON, N. P., LI, W.,GU, X. (2007): An examination of factors affecting radio frequency heating of an enhanced meat emulsion. *Meat science,* 75 (3) 470-479. p.

LIU, H, ESKIN, N.A. M. (1998): Interactions of native and acetylated pea starch with yellowmustard mucilage, locust bean gum and gelatin. *Food Hydrocolloids,* 12 37-41. p.

LIU, H., ESKIN, N. A. M., CUI, S. W. (2003): Interaction of wheat and rice starches with yellow mustard mucilage. *Food Hydrocolloids,* 17 863-869. p.

LUCIANO, F. B., BELLAND, J., HOLLEY, R. A. (2011): Microbial and chemical origins of the bactericidal activity of thermally treated yellow mustard powder toward *Escherichia coli* O157:H7 during dry sausage ripening. *International Journal of Food Microbiology,* 145 69-76. p.

LUCIANO, F. B., BELLAND. J., HOLLEY, R. A. (2011): Microbial and chemical origins of the bactericidal activity of thermally treated yellow mustard powder toward *Escherichia coli* O157:H7 during dry sausage ripening. *International Journal of Food Microbiology,* 145 69-76. p.

MAKRIDES, M., NEUMANN, M. A., JEFFREY, B., LIEN, E. L., GIBSON, R. A. (2000): A randomized trial of different ratios of linoleic to α-linolenic acid in the diet of term infants: effects on visual function and growth. *American Journal of Clinical Nutrition,* 71 120-129. p.

MANACH, C., SCALBERT, A., MORAND, C., RÉMÉSY, C., JIMÉNEZ, I. (2004): Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition,* 79 727-747. p.

MARCONE, M. F., YADA, R.Y., AROONKAMONSRI, W. AND KAKUDA, Y.(1997): 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.

MARKÓ O., LEHOTA J., ILLÉS B. CS. (2003): A mustármag előállításának hazai helyzete és lehetőségei. *Agrárgazdaság, vidékfejlesztés és agrárinformatika az évezred küszöbén* (AVA nemzetközi konferencia), Debrecen, 2003. április 1-2.

MÁRKUS-BEDNARIK ZS., TÓTH B. (1993): Dielektromos melegítés az élelmiszeriparban. *Élelmezési ipar,* 95 452-457. p.

MARQUARD, R. (1985): The influence of temperature and photoperiod on fat content, fatty acid composition and tocopherols on rapeseed (*Brassica napus*) and mustard species (*Sinapis alba, Brassica juncea*, and *Brassica nigra*). *Agrochimica,* 24 145-153. p.

MARRA, F., ZHANG, L., LYNG, J. G. (2009): Radio frequency treatment of foods: Review of recent advantages. *Journal of food engineering,* 91 497-508. p.

MASIEROWSKA, M.L. (2003): Floral nectaries and nectar production in brown mustard (*Brassica juncea*) and white mustard (*Sinapis alba*) (Brassicaceae). *Plant Systematics and Evolution,* 238 97-107. p.

MATILE, P. (1980): The mustard oil bomb. Compartmentation of the myrosinase system. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen,* 175 722-731. p.

MATTHÄUS, B. (2006): Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology,* 108 200-211. p.

MC CARTHY, T. L., KERRY, J. P., KERRY, J. F., LYNCH, P. B., BUCKLEY, D. J. (2001): Assesment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. *Meat Science,* 57 177-184. p.

MENÉNDEZ-ARIAS, L., MONEO, I., DOMÍNGUEZ, J., RODRÍGUEZ, R. (1988): Primary structuree of the major allergen of yellow mustard (*Sinapis alba* L.) seed, *Sin a* I. *European Journal of Biochemistry,* 177 159-166. p.

MENÉNDEZ-ARIAS, L., MONSALVE, R. I., GAVILANES, J. G., RODRÍGUEZ, R. (1987): Molecular and spectroscopic characterisation of a low molecular weight seed storage protein from yellow mustard (*Sinapis alba* L.). *International Journal of Biochemistry* 19 (10) 899-907. p.

METTE, W., PER, V. N. (2006): Active packaging of cheese with allyl isothiociante, an alternative modified athmosphere packaging. *Journal of Food Protection,* 69 (10) 2430-2435. p.

MITCHAM, E. J., VELTMAN, R. H., FENG, X., DE CASTRO, E., JOHNSON, J. A., SIMPSON, T. L., BIASI, W. V., WANG, S., TANG, J. (2004): Application of radio frequency treatments to control insects in in-shell walnuts. *Postharvest Biology and Technology,* 33 (1) 93-100. p.

MOLKHOU, P. (2004): Épidémologie de l'allergie alimentaire. *Journal de pédiatrie et de puériculture,* 17 249-253. p.

MONREAL, P., BOTEY, J., PENA, M., MARIN, A., ESEVERRI, J. L. (1992): Mustard allergy. Two anaphylactic reactions to ingestion of mustard sauce. *Ann Allergy,* 69 317-320. p.

MONSALVE, R. I., GONZALEZ DE LA PENA, M. A., LOPEZ-OTIN, C., FIANDOR, A., FERNANDEZ, C., VILLABLA, M., RODRIGUEZ, R. (1997): Detection, isolation and complete amino acid sequence of an aeroallergenic protein from rapeseed flour. *Clinical & Experimental Allergy,* 27 833-841. p.

MORISSET, M., MONERET-VAUTRIN, D.-A., MAADI, F., FRÉMONT, S., GUÉNARD, L., CROIZIER, A., KANNY, G. (2003): Prospective study of mustard allergy: first study with double-blind placebo-controlled food challenge trials (24 cases). *Allergy,* 58 295-299. p.

MORRA, M. J., BOREK, V. (2010): Glucosinolate preservation in stored Brassicaceae seed meals. *Journal of Stored Products Research,* 46 98-102. p.

MSZ EN ISO 734-1:2000

MSZ 19928-79

MUSTORP, S., ENGDAHL-AXELSSON., SVENSSON, U., HOLCK, U. (2008): Detection of celery (Apium graveolens), mustard (Sinapis alba, Brassica juncea, brassica nigra) and sesame (Sesamum indicum) in food by real-time PCR. *European Food Research & Technology,* 226 (4) 771-778. p.

NADARAJAH, D., HAN, J. H., HOLLEY, R. A. (2005): Use of mustard flour to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 in ground beef under nitrogen flushed packaging. *International Journal of Food Microbiology,* 99 (3) 257-267. p.

NASTRUZZI, C., CORTESI, R., ESPOSITO, E., MANEGATTI, E., LEONI,O., IORI, R., PAMIRI, S. (2000): In vitro antiproliferative activity of isothiocyanates and nitriles generated by myrosinase-mediated hydrolysis of glucosinolates from seeds of cruciferous vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 48 3572-3575. p.

NEHRING, K. (1965): Lenrbuch der Tierernahrung und Futtermittelkunde. Neumann Verlag, Radebeul und Berlin

NOWAK, H., KUJAWA, K., ZADERNOWSKI, R., ROZNIAK, B., KOZLOWSKA, H. (1992): Antioxidative and bacteriocidal properties of phenolic compounds in rapeseeds. Fett-Wissesschaft-Technologie, 94 (4) 149-152. p.

OERLEMANS, K., BARRETT, D. M., SUADES, S. B., VERKERK, R., DEKKER, M. (2006): Thermal degradation of glucosinolates in red cabbage. *Food Chemistry,* 95 19-29. p.

OHLSON, R., ANJOU, K. (1979): Rapeseed protein products. Journal of Americal Oil Chemists' Society, 56 431-437. p.

ONADERRA, M., MONSALVE, R. I., MANCHENO, J. M., VILLABLA, M., MARTNIEZ DEL POZO, A., GAVILANES, J., G., RODRIGUEZ, R. (1994): Food mustard allergen interaction with phospholipid vesicles. *European Journal of Biochemistry,* 225 (2) 609-615. p.

ORSAT, V., BAI, L., RAGHAVAN, G. S. V., SMITH, J. P. (2004): Radio-frequency heation of ham to enhance shelf-life in vacuum packaging. *Journal of Food Process Engineering,* 27 267-283. p.

ORSZÁGH, I. (2005): A hőmérséklet értelme és mérése mikrohullámú térben. MŰKKI Műszaki Kémiai Napok '05 Veszprém, 2005. április 26-28. Konferenciakiadvány, 7-10. p.

OWUSU-ANSAH, Y. J., MARIANCHUK, M. (1991): Microwave Inactivation of Myrosinase in Canola Seeds: A Pilot Plant Study. Journal of Food Science, 56 (5) 1372–1374. p.

PANCONESI, E., SERTOLI, A., FABBRI, P., GIORGINI, S., SPALLANZANI, P. (1980): Anaphylactic shock from mustard after ingestion of pizza. *Contact Dermatitis,* 6 294-295. p.

PASTORELLO, E. A., POMPEI, C., PRAVETTONI, V., BRENNA, O., FARIOLI, L., TRAMBAIOLI, C., CONTI, A. (2001): Lipid transfer proteins and 2S albumins as allergens. *Allergy,* 5 (67) 45-47. p.

PEGG, R. B., AMAROWICZ, R. (2009): Content of tocopherol isomers in oilseed radish cultivars-a short report. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences,* 59 129-133. p.

POMS, R. E., KLEIN, C. L., ANKLAM, E. (2004): Methods for allergen analysis in food: a review. *Food Additives and Contaminants,* 21 (1) 1-31. p.

PRAKASH, S., KUMAR, P. R., SETHI, M., YADAV, R. K., SINGH, C., TANDON, R. K. (2003): Mustard oil-the gem among cooking oils. *www.purioilmills.com*

RAJAMOHAN, T., KURUP, P.A. (1997): Lysine:arginine ratio of a protein influences cholesterol metabolism Part I - Studies on protein having low lysine:arginine ratio. Indian Journal of Experimental Biology, 35 1281-1223. p.

RANCÉ, F. (2003): Mustard allergy as a new food allergy. *Allergy,* 58 287-288. p.

RANCÉ, F., DUTAU, G., ABBAL. M. (2000): Mustard allergy in children. *Allergy,* 55 496-500. p.

RASK, L., ANDREASSON, E., EKBOM, B., ERIKSSON, S., PONTOPPIDAN, B., MEIJER, J. (2000): Myrosinase: Gene family evolution and herbivore defense in *Brassicaceae*. *Plant Molecular Biology,* 42 93-113. p.

RATNESAR, S. C., TAPSELL, L. C., MEYER, B. J., CALVERT, G. D., STORLIEN, L. H. (2000): Increasing n-3 PUFA intakes by dietetic means: case study involving normal healtha adults in Illawarra region of NSW. *Australian Journal of Nutrition and Dietetics,* 57 98-103. p.

SADEGHI, M. A., BHAGYA, S (2009):Effect of recovery method on different property of mustard protein. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 4 (2) 100-106. p.

SADEGHI, M. A., BHAGYA, S. (2008): Quality characterisation of pasta enriched with mustard protein isolate. *Journal of Food Science,* 73 (5) 229-237. p.

SALEEMI, Z. O., JANITHA, P. K., WANASUNDARA P. D. AND SHAHIDI, F.(1993): Effect of low-pungency ground mustard seed on oxidative stability, cooking yield, and color characteristics of comminuted pork. *Journal of Agricultural Food Chemistry,* 41 641-643. p.

SALEEMI, Z. O., WANASUNDRA, P. K. P. D., SHAHIDI, F. (1993): Effect of low-pungency ground mustard seed on oxidative stability, cooking yield, and color characteristics of comminuted pork. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 41 641-643. p.

SARWAR, G.J.M.; BELL, T.F.; JONES, J.D. (1981): Nutritional evaluation of meal fractions derived from rape and mustard seed. *Candian Journal of Animal Science,* 61, 719-733. p.

SCHUSTERNÉ G. I., KISZTER A. K., CZUKOR B. (2004): A mustár nemcsak fűszer, hanem ígéretes, egészségjavító élelmiszeripari alap- és adalékanyag. *Élelmezési ipar,* 12 371-375. p.

SEN, M., BHATTACHARYYA, D. (2003): Nutritional effects of a mustard seed protein on growing rats. *International Journal of Food Science and Technology,* 38 225-232. p.

SHAHIDI, F. (2000): Antioxidant factors in plant foods and selected oilseeds. *BioFactors,* 13 179-185. p.

SHANKARANAYANA, M. L. et al. (1972): Mustard - Varieties, Chemistry and Analysis. Lebensm.-Wiss. U. Technol. 5

SHAPIRO, T. A., FAHEY, J. W., WADE, K. L., STEPHENSON, K. K., TALALAY, P. (1998): Human metabolism and excretion of cancer chemoprotective glucosinolates and isothiocyanates of cruciferous vegetables. *Cancer Epidemology Biomarkers and Prevention,* 7 1091-1100. p.

SHING, A. K., MEHTA, A. K., SRIDHARA, S., GAUR, S. N., SARMA, P. U., ARORA, N. (2006): Allergenecitiy assesment of trasgenic mustard expressing bacterial codA gene. *Allergy,* 61 (4) 491-497. p.

SINGH, J., UPADHYAY, A. K., BAHADUR, A., SIBGH, K. P. (2004): Dietary antioxidants and minerals in crucifers. *Journal of Vegetable Crop Production,* 10 (2) 33-41. p.

SINGH, U. P., SINGH, D. P., MAURYA, S., MAHESHWARI, R., SINGH, M., DUBEY, R. S., SINGH, R. B. (2004): Investigation on the phenolics of some spices having pharmacotherapeutic properties. *Journal of Herbal Pharmacotherapy,* 4 (4) 27-42. p.

SMITH, P.G. (2010): Introduction to food process engineering. Springer, New York, 510 p.

SMITH, T. K., MITHEN, R., JOHNSON, I. T. (2003): Effects of brassica vegetable juice on the induction of apoptosis and aberrant crypt foci in rat colonic mucosal crypts in vivo. *Carcinogenesis,* 24 (3) 491-495. p.

SONG, L., THORNALLEY, P. J. (2007): Effect of storage, processing and cooking on glucosinolate content of *Brassica* vegetables. *Food and Chemical Toxicology,* 45 216-224. p.

SPEEK, A. J., SCHRIJVER, F., SHREURS, H. P. (1985): Vitamin E composition of some oils as determined by HPLC with flourometric detection. *Journal of Food Science,* 20 121-124. p.

SUDHAKAR, V. , SINGHAL, R. S., KULKARNI, P. R. (1996): Starch-galactomannan interctions: formulations and functionality using amaranth6corn starch and CMC. *Starch,* 44 369-374. p.

TANG, J. (2005): Dielectric properties of foods. 22-40. p. In: SCHUBERT, H., REGIER, M. (Eds.): *The microwave processing of foods.* Woodhead Publishing, Cambridge, 360 p.

TAWFIQ, N., HEANEY, R. K., PLUMB, J.A., FENWICK, G. R., MUSK, S. R., WILLIAMSON, G. (1995): Dietary glucosinolates as blocking agents against carcinogenesis: glucosinolate breakdown products assessed by induction of quinon reductese activity in murine hepa1c1c7 cells. *Carcinogenesis,* 16 1191-1194. p.

TERRAS, F. R. G., SCHOOFS, H. M. E., DE BOLLE, M. F. C., VANLEUVEN, F., REES, S. B., VANDERLEYDEN, J., CAMMUE, B. P. A., BROEKAERT, W. F. (1992): Analysis of two novel classes of plant antifungal proteins from radish (*Raphanus sativus* L.) seeds. *The Journal of Biological Chemistry,* 267 15301-15309. p.

THIYAM, U., KUHLMANN, A., STÖCKMANN, H., SCHWARZ, K. (2004): Prospects of rapessed oil by-products with respect to antioxidative potential. *Comptes Rendus Chimie,* 7 611–616 p.

THYAM, U., STOECKMANN, H., FELDE, T. Z., SCHWAZ, K. (2006): Antioxidative effects of the main sinapic acid derivatives from rapeseed and mustard oil by-products. *European Journal of Lipid Science and Technology,* 108, 239-248. p.

TOVAR-PALACIO, C., POTTER, S.M., HAFERMANN, J.C., SHAY, N. F. (1998): Intake of soy protein excracts influences lipid metabolism and hepatic gene expression in gerbils. *The Journal of Nutrition,* 128 839-842. p.

TRIPATHI, M. K., AGRAWAL, I. S., SHARMA, S. D., MISHRA., D. P. (2001): Effect of untreated, HCl treated or copper and iodine supplemented high glucosinolate mustard (*Brassica juncea*) meal on nutrient utilization, liver enzymes, thyroid hormones and growth of calves. *Animal Feed Science and Technology*, 92 73-85. p.

UQUICHE, E., JERÉZ, M., ORTÍZ, J. (2008): Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts (G*evuina avellana* Mol). *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 9 495-500. p.

VAN EYLEN, D., OEY, I., HENDRICKX, M., VAN LOEY, A. (2006): Temperature and pressure stability of mustard seed (*Sinapis alba* L.) myrosinase. *Food Chemistry,* 97 263-271. p.

VANETTEN C. E., MC GREW, C.E. AND DAXENBICHLER, M.E. (1974): Glucosinolate determination in Cruciferous seeds and meals by measurement of enzymatically released glucose. *Journal of Agricultural and Food Chemistry ,* 22 (3) 483-487. p.

VAUGHN, S. F., BERHOW, M. A. (2005): Glucosinolate hydrolysis products from various plant sources: pH effects, isolation and purification. *Industrial Crops and Products,* 21 193-202. p.

VELIGLOU, Y. S., MAZZA, G., GAO, L., OOMAH, B. D. (1998): Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 46, 4113-4117. p.

VELÍŠEK, J., MIKULCOVÁ, K., WOLDIE, K. B., LINK, J., DAVÍDEK, J. (1995): Chemometric investigation of mustard seed. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie,* 28 620-624. p.

VERHOVEN, D. T., GOLDBOHM, R. A., VAN POPPEL, G., VERHAGEN, H., VAN DER BRANDT, P. A. (1996): Epidemological studies on brassica vegetables and cancer risk. *Cancer Epidemology, Biomarkers & Prevention,* 5 733-740. p.

VOSE, J. R. (1974): Chemical and physical studies of mustard and rapeseed coats. *Cereal Chemistry,* 51 658-665. p.

WAGNER, K. H., KAMAL-ELDIN, A., ELMADFA, I. (2004): g-tocopherol - an underestimated vitamin? *Annals of Nutrition and Metabolism,* 48 169-188. p.

WANG, S., MONZON, M., JOHNSON, J. A , MITCHAM, E. J., TANG, J. (2007): industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts II: insect mortality and product quality. *Postharvest Biology and Technology,* 45 247-253. p.

WANG, S., TANG, J. (2004): Radio frequency post-harvest quarantine and treatments to control phytosanitary treatments to control insect pest in fruits and nuts. 17-55. p. In: DRIS, R., JAIN, S. M. (Eds.): *Production practises and quality assesments of food crops: Postharvest treatment and technology.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 315 p.

WANG, S., TANG, J., JOHNSON, J. A., MITCHAM, E., HANSEN, J. D., HALLMAN, G., DRAKE, S. R., WANG, Y. (2003): Dielectric properties of fruit and insect pests as related to radio frequency and microwave treatments. *Biosystems Engineering,* 85 (2) 201-212. p.

WATKINS, T., LENZ, P., SIDERITS, R., STRUCK, M., BIERENBAUM, M. (1995): Nutritional benfit of edible oil processing to decrease cardiac risk factors: *In vivo* studies with Mustard, Rapeseed oils Low & High in Erucic acid & Corn oil. *Developments in Food Science,* 37 633–647. p.

WEBER, F.E., TAILLIE, S. A., STAUFFER, K. R. (1974): Functional characteritics of mustard mucilage. *Journal of Food Science,* 39, 461-466.

WESTERN, T. L., SKINNER ,D. J., HAUGHN, G. W. (2000): differentiation of mucilage secretory cells of the Arabidopsis seed coat. *Plant Physiology,* 122 345-355. p.

WINDE, I., WITTSTOCK, U. (2011): Insect herbivore counteradaptations to the plant glucosinolate-myrosinase system. *Phytochemistry,* 72 (3) 1566-1575. p.

WOODS, D. L., DOWNEY, R. K. (1980): Mucilage from yellow mustard. *Canadian Journal of Plant Science,* 60 1031-1033. p.

WU, L., ASHRAF, M. H., FACCI, M., WANG, R., PATERSON, P. G., FERRIE, A., JUURLINK, H. J. (2004): Dietary approach to attenuate oxidative stress, hypertension, and inflammation in the cardiovascular system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,* 101 (18) 7094-7077. p.

WU, Y., CUI, W., ESKIN, N. A.M., GOFF, H. D. (2009): Fractionation and partial characterization of non-pectic polysaccharides from yellow mustard mucilage. Food Hydrocolloids, 23 1535-1541. p.

YAMAGUCHI, T., TAKAMURA, H., MATOBA, T. TERAO, J. (1998): HPLC method for evaluation of free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry,* 62 (6) 1201-1204. p.

YANIV, Z., SCHAFFERMAN, D., ZUR, M. (1995): The effedt of temperature on oil quality and yield parameters of high- and low-erucic acid Cruciferae seeds (rape and mustard). *Industrial Crops and Products,* 3 247-251. p.

YASUMATSU, K., SAWADA, K., MORITAKA, S., MISAKI, M., TODA, J., WADA, T., ISHII, K. (1972): Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural and Biological Chemistry,* 36, 719-728. p.

ZHANG, L., LYNG, J. G., BRUNTON, N. P. (2004): Effect of radio frequency cooking on texture, colour and sensory properties of a lerge diameter comminuted meat product. *Meat science,* 68 (2), 257-268. p.

M2-M23. mellékletek

M2. melléklet: **A különböző termőterületről származó, 2002 és 2005 között termesztett mustárfajták**

	Budakalászi sárga				Tilney				Zlata				Viscount				Veronika				LM-1				LM-2			
évjárat	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**
Monortrade	■	■			■	■			■	■				■				■			■							
Putnok		■				■				■				■														
Kaposvár		■				■				■				■								■						
Budakalász			■				■				■				■				■								■	
Eszterág			■				■				■				■				■									
Szombathely		■	■			■	■			■	■			■	■				■			■	■					
Gyöngyös		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■			■	■		■	■					■
Kiskunlacháza		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■								■	■

M3. melléklet. **Havi csapadék és hőmérséklet adatok***

2003	**Havi csapadékmennyiség, mm**		**Havi átlagos középhőmérséklet, °C**	
	Gyöngyös	**Szombathely**	**Gyöngyös**	**Szombathely**
Január	60,4	15,6	-3,2	-3,3
Február	37,2	10,8	-5,8	-4,8
Március	6,2	3,7	4,6	5,6
Április	22,5	49,1	10,2	9,3
Május	27,0	28,1	19,4	17,6
Június	7,2	36,9	23,2	26,4
2004	**Havi csapadékmennyiség, mm**		**Havi átlagos középhőmérséklet, °C**	
	Gyöngyös	**Szombathely**	**Gyöngyös**	**Szombathely**
Január	50,4	27,5	-0,2	-2,2
Február	48,3	49,1	1,5	1,2
Március	55,8	55,0	5,9	3,8
Április	45,0	47,1	12,9	10,8
Május	105,1	63,0	15,9	13,0
Június	82,1	146,3	20,3	17,2

*: A 4/0005/2002 nyilvántartási számú „A mustár új, ökologikus és gazdaságos termesztésére és a továbbhasznosítás bővítésére szolgáló új eljárások, módszerek és termékek kifejlesztése és modell szintű megvalósítása” című NKFP projekt II. és III. részjelentése alapján.

M4. melléklet: **A gyöngyösi és a szombathelyi kísérleti terület 2003. évi talajvizsgálati eredményei***

	Gyöngyös			**Szombathely**		
	A minta	**B minta**	**átlag**	**A minta**	**B minta**	**átlag**
K_A	44	43	43	42	43	42
Összes só, %	0,08	0,09	0,08	0,04	0,04	0,04
pH_{KCl}	5,0	5,52	5,26	5,85	5,73	5,79
pH_{H2O}	6,0	6,18	6,09	6,58	6,72	6,65
$CaCO_3$, %	0	0	0	0	0	0
Humusz, %	2,96	3,89	3,42	2,34	2,21	2,28
(KCl) NH_4-N, mg/100g	1,39	0,79	1,09	0,99	0,99	0,99
(KCl) NO_3-N, mg/100g	1,19	3,18	2,18	1,49	1,69	1,59
(KCl)NH_4+ NO_3,, mg/100g	2,58	3,97	3,27	2,48	2,68	2,58
Al-P_2O_5, mg/kg **	2418	6516	4467	162	173	168
Al-K_2O, mg/kg **	468	753	611	184	159	171

*: A 4/0005/2002 nyilvántartási számú „A mustár új, ökologikus és gazdaságos termesztésére és a továbbhasznosítás bővítésére szolgáló új eljárások, módszerek és termékek kifejlesztése és modell szintű megvalósítása” című NKFP projekt II. és III. részjelentése alapján.

**:A gyöngyösi kísérleti területen mért óriási foszfor tartalom feltehetően a műtrágyák kiszórása utáni mintavételnek a következménye. Erre lehet következtetni a viszonylag nagy ásványi nitrogéntartalomból is.

M5. melléklet: **A mustárfajták fehérjetartalmának változása a termőhely és az évjárat hatására**

Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
Termőhely	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Monortrade	35,12	3,07	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gyöngyös	37,33	0,40	32,38	1,58	32,63	1,10
Putnok	35,11	0,38	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Szombathely	37,62	0,53	34,52	0,92	n.a.	n.a.
Kaposvár	37,38	0,45	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kiskunlacháza	38,25	3,33	35,20	2,53	29,60	0,89
Budakalász	n.a.	n.a.	27,08	2,27	n.a.	n.a.
Eszterág	n.a.	n.a.	32,50	0,95	n.a.	n.a.
Fajta	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Budakalászi	37,03	1,27	33,03	4,18	31,30	1,99
Tilney	36,44	2,91	32,40	3,05	31,65	1,67
LM-1	37,24	0,18	31,23	2,88	n.a.	n.a.
LM-2	n.a.	n.a.	34,19	4,44	29,64	1,30
Veronika	35,33	3,71	31,45	3,38	33,12	0,00
Zlata	36,75	2,72	32,35	4,91	31,22	3,73
Viscount	37,55	1,84	32,11	2,67	31,53	1,68
Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
átlag	37,16		32,33		31,25	
szórás	2,19		3,39		1,85	

M6. melléklet: **A mustárfajták olajtartalmának változása a termőhely és az évjárat hatására**

Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
Termőhely	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Monortrade	20,63	0,76	n.a.	n.a	n.a	n.a
Gyöngyös	19,82	0,80	24,33	1,32	22,29	0,90
Putnok	23,14	0,86	n.a	n.a	n.a	n.a
Szombathely	20,15	0,88	23,28	0,49	n.a	n.a
Kaposvár	19,37	1,01	n.a	n.a	n.a	n.a
Kiskunlacháza	21,90	0,32	25,90	1,94	26,94	0,48
Budakalász	n.a	n.a	30,37	2,01	n.a	n.a
Eszterág	n.a	n.a	26,61	0,88	n.a	n.a
Fajta	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Budakalászi	21,32	1,16	25,47	3,10	24,40	3,67
Tilney	20,61	1,41	26,74	3,06	24,30	2,79
LM-1	19,45	1,13	25,06	2,07	n.a	n.a
LM-2	n.a	n.a	24,88	3,33	25,42	2,79
Veronika	20,89	1,54	26,88	3,66	21,95	0,00
Zlata	20,41	1,70	26,14	3,64	25,28	2,98
Viscount	21,28	1,68	26,06	2,20	23,86	3,99
Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
átlag	20,75		26,08		24,40	
szórás	1,46		2,86		2,53	

M7. melléklet: **A mustárfajták zsírsavösszetételének változása a termőhely és az évjárat hatására**

Évjárat	**2003**				**2004**				**2005**			
Zsírsav	**C18:1**	**C22:1**	**C18:2**	**C18:3**	**C18:1**	**C22:1**	**C18:2**	**C18:3**	**C18:1**	**C22:1**	**C18:2**	**C18:3**
Termőhely												
Monortrade	21,99	40,53	9,96	9,42	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gyöngyös	22,19	38,29	10,68	9,52	28,05	36,54	9,17	9,23	24,02	40,78	9,03	8,59
Putnok	21,51	40,54	9,13	8,41	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Szombathely	29,86	32,25	10,59	9,73	26,92	36,78	9,81	9,44	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kaposvár	28,01	34,51	10,93	8,18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kiskunlacháza	21,93	39,67	10,12	9,27	28,56	35,60	9,39	9,35	22,62	41,75	8,95	8,93
Budakalász	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	28,72	34,70	8,99	8,96	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Eszterág	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	23,13	41,12	8,86	9,21	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Fajta												
Budakalászi	20,22	42,61	9,60	9,10	20,10	44,55	8,50	9,11	22,29	43,02	8,92	8,71
Tilney	25,77	35,46	10,65	8,92	26,05	37,42	9,47	9,19	22,43	40,58	9,30	9,09
LM-1	35,42	26,70	11,53	9,22	57,23	8,11	11,74	10,08	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
LM-2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	55,74	9,64	11,69	9,33	29,15	33,32	9,85	9,48
Veronika	19,91	42,37	9,74	9,44	22,20	41,59	8,80	9,21	21,69	43,60	8,87	8,59
Zlata	23,67	38,34	10,18	9,23	22,43	41,69	8,63	8,91	20,35	45,37	8,40	8,36
Viscount	23,67	37,52	10,21	9,04	21,87	41,10	8,91	9,40	21,88	41,31	9,01	9,33
Évjárat	**2003**				**2004**				**2005**			
átlag	24,34	37,53	10,27	9,11	27,21	36,80	9,25	9,24	23,38	41,22	8,99	8,74

M8. melléklet: **A mustárfajták glükozinolát tartalmára változása a termőhely és az évjárat hatására**

Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
Termőhely	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Monortrade	219,27	9,17	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gyöngyös	203,00	11,82	205,14	11,38	197,34	10,86
Putnok	202,43	7,15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Szombathely	213,57	8,21	210,09	5,97	n.a.	n.a.
Kaposvár	200,40	7,52	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kiskunlacháza	182,57	7,70	191,58	7,36	189,82	9,69
Budakalász	n.a.	n.a.	189,01	8,36	n.a.	n.a.
Eszterág	n.a.	n.a.	204,31	12,25	n.a.	n.a.
Fajta	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Budakalászi	204,92	20,81	205,13	16,17	184,34	8,29
Tilney	194,86	10,23	195,08	8,01	193,63	13,11
LM-1	209,73	3,89	200,90	1,03	n.a.	n.a.
LM-2	n.a.	n.a.	185,01	10,46	194,13	9,87
Veronika	204,77	28,79	200,04	11,48	190,84	0,00
Ceska	210,57	11,56	203,79	7,99	193,70	12,81
Viscount	200,49	11,28	200,90	16,46	205,35	12,74
Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
átlag	203,58		199,88		193,92	
szórás	14,36		12,04		10,58	

M9. melléklet: **A mustárfajták mirozináz enzimaktivitásának változása a termőhely és az évjárat hatására**

Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
Termőhely	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Monortrade	211,49	8,83	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gyöngyös	200,46	9,27	181,85	10,28	190,94	11,46
Putnok	204,43	7,98	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Szombathely	220,80	8,30	193,49	21,94	n.a.	n.a.
Kaposvár	198,51	5,77	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kiskunlacháza	196,10	10,31	189,09	7,99	187,57	13,68
Budakalász	n.a.	n.a.	194,07	9,60	n.a.	n.a.
Eszterág	n.a.	n.a.	211,36	13,67	n.a.	n.a.
Fajta	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Budakalászi	203,28	10,95	189,16	16,56	179,38	10,97
Tilney	199,24	14,76	183,56	11,79	188,13	2,64
LM-1	203,28	6,73	181,66	9,39	n.a.	n.a.
LM-2	n.a.	n.a.	186,32	8,27	185,87	15,08
Veronika	207,66	2,74	197,08	20,34	189,33	0,00
Ceska	215,04	8,81	204,02	10,48	188,55	17,44
Viscount	204,00	12,84	200,56	17,67	205,17	7,09
Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
átlag	205,33		193,37		189,41	
szórás	11,72		15,80		11,99	

M10. melléklet: **A mustárfajták összes polifenol tartalmának változása a termőhely és az évjárat hatására**

Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
Termőhely	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Monortrade	37,97	1,05	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gyöngyös	36,68	0,82	42,07	3,42	41,17	1,08
Putnok	43,37	2,85	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Szombathely	38,46	1,84	44,93	0,93	n.a.	n.a.
Kaposvár	36,06	2,04	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kiskunlacháza	39,73	1,77	36,54	1,32	42,22	1,79
Budakalász	n.a.	n.a.	42,40	1,69	n.a.	n.a.
Eszterág	n.a.	n.a.	47,24	3,29	n.a.	n.a.
Fajta	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Budakalászi	39,21	2,99	42,89	3,21	40,77	1,46
Tilney	37,29	2,93	41,54	3,29	39,89	0,54
LM-1	37,16	1,01	46,42	2,30	n.a.	n.a.
LM-2	n.a.	n.a.	38,83	2,26	42,79	0,03
Veronika	39,87	1,15	43,56	5,59	41,17	0,00
Zlata	38,99	2,36	43,13	5,89	42,19	0,59
Viscount	38,98	4,04	41,15	3,62	42,87	2,17
Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
átlag	38,55		42,48		41,65	
szórás	2,83		4,19		1,47	

M11. melléklet: **A mustárfajták szabadgyökfogó aktivitásának változása a termőhely és az évjárat hatására**

Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
Termőhely	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Monortrade	5279,00	328,75	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gyöngyös	5677,20	336,59	8826,67	1237,09	7343,67	491,04
Putnok	6030,00	245,11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Szombathely	5610,60	410,10	7642,67	425,06	n.a.	n.a.
Kaposvár	5232,40	533,36	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kiskunlacháza	6075,40	432,97	6031,33	323,68	6405,60	377,48
Budakalász	n.a.	n.a.	6633,83	203,38	n.a.	n.a.
Eszterág	n.a.	n.a.	8046,60	202,08	n.a.	n.a.
Fajta	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**	**átlag**	**szórás**
Budakalászi	5695,67	761,44	7384,00	976,62	6825,50	1059,95
Tilney	5580,83	380,08	7290,00	1059,50	6246,50	177,48
LM-1	5859,67	95,66	9634,50	1638,37	n.a.	n.a.
LM-2	n.a.	n.a.	6481,00	281,43	6948,00	941,87
Veronika	5553,00	653,37	7384,80	1270,19	7337,00	0,00
Zlata	5750,50	331,06	7595,40	1201,39	7122,00	796,20
Viscount	5441,00	556,98	6907,60	779,44	7234,50	345,78
Évjárat	**2003**		**2004**		**2005**	
átlag	5637,69		7415,17		6917,27	
szórás	488,28		1178,08		646,18	

M12. melléklet: **A termőhely és az évjárat, valamint a fajta hatásának statisztikai értékelése**

A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták fehérjetartalmára

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: Fehérje tartalom, %					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	98,62497	6	16,437495	14,70861093	4,04228E-05
Intercept	25129,79618	1	25129,79618	22486,66203	1,94188E-22
FAJTA	8,45647	4	2,1141175	1,89175612	0,171951799
TERMŐHEL	7,91282	1	7,91282	7,080555202	0,019599799
ÉV	82,25568	1	82,25568	73,60408589	1,03178E-06
Error	14,52805	13	1,117542308		
Total	25242,9492	20			
Corrected Total	113,15302	19			
a	R Squared = .872 (Adjusted R Squared = .812)				

A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták olajtartalmára

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: Olaj tartalom, %					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	75,52443	6	12,587405	9,732708124	0,000351798
Intercept	9593,514045	1	9593,514045	7417,801531	2,60528E-19
FAJTA	1,31338	4	0,328345	0,253879656	0,902143467
TERMŐHEL	0,828245	1	0,828245	0,640407363	0,437943564
ÉV	73,382805	1	73,382805	56,74032276	4,29516E-06
Error	16,813025	13	1,293309615		
Total	9685,8515	20			
Corrected Total	92,337455	19			
a	R Squared = .818 (Adjusted R Squared = .734)				

M13. melléklet: **A termőhely és az évjárat, valamint a fajta hatásának statisztikai értékelése**

A termőhely és az évjárat hatása a mustárolajok olajsavtartalmára

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: OLAJSAV					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2541,56868	6	423,59478	9,730641849	0,000352173
Intercept	15061,26728	1	15061,26728	345,981123	9,46714E-11
FAJTA	2455,61152	4	613,90288	14,1023198	0,00011737
TERMŐHEL	46,02578	1	46,02578	1,057284939	0,3225878
ÉV	39,93138	1	39,93138	0,917286935	0,355662128
Error	565,91664	13	43,53204923		
Total	18168,7526	20			
Corrected Total	3107,48532	19			
a	R Squared = .818 (Adjusted R Squared = .734)				

A termőhely és az évjárat hatása a mustárolajok erukasavtarrtalmára

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: ERUKASAV					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2409,28373	6	401,5472883	11,07664089	0,000182189
Intercept	24851,95501	1	24851,95501	685,5386377	1,24037E-12
FAJTA	2373,12252	4	593,28063	16,36558551	5,40848E-05
TERMŐHEL	36,153605	1	36,153605	0,997293497	0,336192628
ÉV	0,007605	1	0,007605	0,000209783	0,988663856
Error	471,272365	13	36,25172038		
Total	27732,5111	20			
Corrected Total	2880,556095	19			
a	R Squared = .836 (Adjusted R Squared = .761)				

A termőhely és az évjárat hatása a mustárolajok linolsavtartalmára

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: LINOLSAV					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	26,46887	6	4,411478333	25,49732389	1,78912E-06
Intercept	2052,540605	1	2052,540605	11863,20971	1,23611E-20
FAJTA	21,02122	4	5,255305	30,37444675	1,74201E-06
TERMŐHEL	0,417605	1	0,417605	2,413660261	0,144279647
ÉV	5,030045	1	5,030045	29,07249608	0,000122836
Error	2,249225	13	0,173017308		
Total	2081,2587	20			
Corrected Total	28,718095	19			
a	R Squared = .922 (Adjusted R Squared = .886)				

A termőhely és az évjárat hatása a mustárolajok linolénsavtartralmára

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: linolénsav					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3,53016	6	0,58836	3,157460633	0,038907485
Intercept	1807,851125	1	1807,851125	9701,915083	4,562E-20
FAJTA	3,10315	4	0,7757875	4,163298815	0,021860323
TERMŐHEL	0,160205	1	0,160205	0,859747401	0,370704644
ÉV	0,266805	1	0,266805	1,431821137	0,252834696
Error	2,422415	13	0,186339615		
Total	1813,8037	20			
Corrected Total	5,952575	19			
a	R Squared = .593 (Adjusted R Squared = .405)				

M14. melléklet: **A termőhely és az évjárat, valamint a fajta hatásának statisztikai értékelése**

A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták glükozinolát tartalmára

Tests of Between-Subjects Effects
ɔendent Variable: Glükozinolát tartalom, umol/g

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1279,386333	6	319,8465833	7,346783484	0,011949463
Intercept	490840,5252	4	490840,5252	11274,46486	1,73221E-12
FAJTA	215,3777167	4	107,6888583	2,47358192	0,153962967
TERMŐHEL	967,5052083	1	967,5052083	22,22331473	0,002172294
ÉV	96,50340833	1	96,50340833	2,21665537	0,18013622
Error	304,7491583	13	43,53559405		
Total	492424,6607	20			
Corrected Total	1584,135492	19			
a	R Squared = .808 (Adjusted R Squared = .698)				

A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták mirozináz enzimaktivitására

Tests of Between-Subjects Effects
Dependent Variable: Mirozináz enzimaktivitás, E/g

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1347,355333	6	336,8388333	3,063516938	0,093516072
Intercept	522063,2252	4	522063,2252	4748,115048	3,56419E-11
FAJTA	65,39311667	4	32,69655833	0,297372067	0,751704456
TERMŐHEL	1254,812008	1	1254,812008	11,41239507	0,011787232
ÉV	27,15020833	1	27,15020833	0,246928545	0,63447049
Error	769,6617583	13	109,9516798		
Total	524180,2423	20			
Corrected Total	2117,017092	19			
a	R Squared = .636 (Adjusted R Squared = .429)				

A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták polifenoltartalmára

Tests of Between-Subjects Effects
pendent Variable: Össes polifenol tartalom, mg/g

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	202,00606	6	33,66767667	6,452276149	0,002470696
Intercept	32677,95325	1	32677,95325	6262,599597	7,81426E-19
FAJTA	9,11793	4	2,2794825	0,436853743	0,779823677
TERMŐHEL	30,381125	1	30,381125	5,822421611	0,031315078
ÉV	162,507005	1	162,507005	31,14382031	8,91088E-05
Error	67,833395	13	5,217953462		
Total	32947,7927	20			
Corrected Total	269,839455	19			
a	R Squared = .749 (Adjusted R Squared = .633)				

A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták szabadgyökfogó aktivitására

Tests of Between-Subjects Effects
lent Variable: Gyökfogó aktivitás, Trolox ekvivalens/g

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	40261046,42	6	6710174,403	12,7694695	8,64994E-05
Intercept	964296199,7	1	964296199,7	1835,056761	2,21276E-15
FAJTA	4454010,246	4	1113502,561	2,118996637	0,136471335
TERMŐHEL	2013769,838	1	2013769,838	3,832206285	0,072095624
ÉV	33793266,34	1	33793266,34	64,30862414	2,17802E-06
Error	6831314,901	13	525485,7616		
Total	1011388561	20			
Corrected Total	47092361,32	19			
a	R Squared = .855 (Adjusted R Squared = .788)				

M15. melléklet: **A termőhely és az évjárat, valamint a fajta hatásának statisztikai értékelése**

A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták lisztjének emulgeáló aktivitására

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: Emulgeáló aktivitás, %					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	66,47745	6	11,079575	1,731049396	0,19126206
Intercept	69962,6205	1	69962,6205	10930,81205	2,10322E-20
FAJTA	38,09005	4	9,5225125	1,48777724	0,262449465
TERMŐHEL	7,12818	1	7,12818	1,113691787	0,310499505
ÉV	21,25922	1	21,25922	3,321495629	0,091454358
Error	83,20645	13	6,400496154		
Total	70112,3044	20			
Corrected Total	149,6839	19			
a	R Squared = .444 (Adjusted R Squared = .188)				

A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták lisztjének emulzió stabilitására

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: Emulzió stabilitás, %					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3115,29713	6	519,2161883	4,210770679	0,014266986
Intercept	33794,06472	1	33794,06472	274,0651391	4,06521E-10
FAJTA	2183,89513	4	545,9737825	4,427771026	0,017773558
TERMŐHEL	48,54728	1	48,54728	0,393711652	0,541219746
ÉV	882,85472	1	882,85472	7,159828319	0,019053226
Error	1602,98695	13	123,3066885		
Total	38512,3488	20			
Corrected Total	4718,28408	19			
a	R Squared = .660 (Adjusted R Squared = .503)				

A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták lisztjének vízkötő képességére

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: Vízkötő képesség, %					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1513,05618	6	252,17603	0,946006112	0,49605481
Intercept	712591,6513	1	712591,6513	2673,196409	1,94435E-16
FAJTA	185,08682	4	46,271705	0,173582381	0,948037731
TERMŐHEL	1321,28768	1	1321,28768	4,956641682	0,044297718
ÉV	6,68168	1	6,68168	0,025065468	0,876636948
Error	3465,39874	13	266,5691338		
Total	717570,1062	20			
Corrected Total	4978,45492	19			
a	R Squared = .304 (Adjusted R Squared = -.017)				

A termőhely és az évjárat hatása a mustárfajták lisztjének zsírkötő képességére

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: Zsírkötő képesség, %					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4564,52686	6	760,7544767	5,823756678	0,003867722
Intercept	224745,4407	1	224745,4407	1720,479867	3,35506E-15
FAJTA	1202,45588	4	300,61397	2,301271526	0,113829326
TERMŐHEL	3331,81298	1	3331,81298	25,50582177	0,00022232
ÉV	30,258	1	30,258	0,231632195	0,638316075
Error	1698,18362	13	130,6295092		
Total	231008,1512	20			
Corrected Total	6262,71048	19			
a	R Squared = .729 (Adjusted R Squared = .604)				

M16. melléklet: **A különböző termőhelyekről származó mustárfajták (2002-2005) beltartalmi összetevőinek és techno-funkciós tulajdonságainak diszkriminancia-analízis értékelése évjárat szerinti bontásban**

Eigenvalues

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	11.036[a]	88.2	88.2	.958
2	1.475[a]	11.8	100.0	.772

a. First 2 canonical discriminant functions were used in the analysis.

Wilks' Lambda

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1 through 2	.034	184.992	28	.000
2	.404	49.400	13	.000

Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	Function	
	1	2
Fehérje tartalom, %	-.026	-.873
Olaj tartalom, %	.420	-.821
Glükozinolát tartalom, umol/g	.337	-.673
Mirozináz enzimaktivitás, E/g	-.357	-.176
Össes polifenol tartalom, mg/g	-.163	.382
Gyökfogó aktivitás, Trolox ekvivalens/g	1.397	-.731
Emulgeáló aktivitás, %	.236	-.247
Emulzió stabilitás, %	.565	.122
Vízkötő képesség, %	-.236	-.271
Zsírkötő képesség, %	1.028	-.852
OLAJSAV	2.276	6.107
ERUKASAV	2.969	5.650
LINOLSAV	.024	-.612
linolénsav	.316	.290

Structure Matrix

	Function	
	1	2
Olaj tartalom, %	.328*	.099
Gyökfogó aktivitás, Trolox ekvivalens/g	.294*	.130
Vízkötő képesség, %	-.173*	-.029
Össes polifenol tartalom, mg/g	.170*	.102
Emulzió stabilitás, %	.168*	-.111
Emulgeáló aktivitás, %	.151*	-.095
Fehérje tartalom, %	-.223	-.364*
Zsírkötő képesség, %	.207	-.278*
Glükozinolát tartalom, umol/g	-.097	-.270*
Mirozináz enzimaktivitás, E/g	-.142	-.242*
LINOLSAV	-.141	-.229*
linolénsav	.032	-.189*
ERUKASAV	-.004	.142*
OLAJSAV	.034	-.090*

Pooled within-groups correlations between discriminating variables and standardized canonical discriminant functions

Variables ordered by absolute size of correlation within function.

*. Largest absolute correlation between each variable and any discriminant function

Classification Results[b,c]

		ÉVEK	Predicted Group Membership			Total
			2003	2004	2005	
Original	Count	2003	24	0	0	24
		2004	0	29	0	29
		2005	0	0	11	11
	%	2003	100.0	.0	.0	100.0
		2004	.0	100.0	.0	100.0
		2005	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated[a]	Count	2003	24	0	0	24
		2004	1	26	2	29
		2005	1	0	10	11
	%	2003	100.0	.0	.0	100.0
		2004	3.4	89.7	6.9	100.0
		2005	9.1	.0	90.9	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 93.8% of cross-validated grouped cases correctly classified.

M17. melléklet: **A különböző termőhelyekről származó mustárfajták (2002-2005) beltartalmi összetevőinek és techno-funkciós tulajdonságainak diszkriminancia-analízis értékelése fajták szerinti bontásban**

Eigenvalues

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	2.001[a]	51.8	51.8	.817
2	.884[a]	22.9	74.6	.685
3	.530[a]	13.7	88.3	.588
4	.270[a]	7.0	95.3	.461
5	.129[a]	3.3	98.6	.338
6	.053[a]	1.4	100.0	.225

a. First 6 canonical discriminant functions were used in the analysis.

Wilks' Lambda

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1 through 6	.077	134.901	84	.000
2 through 6	.230	77.201	65	.143
3 through 6	.433	43.955	48	.639
4 through 6	.662	21.641	33	.935
5 through 6	.841	9.112	20	.982
6	.949	2.724	9	.974

Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	Function					
	1	2	3	4	5	6
Fehérje tartalom, %	.288	.350	.223	.367	.059	-1.018
Olaj tartalom, %	.495	.123	.274	1.659	1.264	-1.318
Glükozinolát tartalom, umol/g	-.076	.193	-.106	.140	-.094	-.011
Mirozináz enzimaktivitás, E/g	-.005	.267	-.801	-.200	.551	.539
Összes polifenol tartalom, mg/g	.073	.515	.759	-.765	-.265	-.673
Gyökfogó aktivitás, Trolox ekvivalens/g	-.139	.380	-.629	.826	1.393	-.060
Emulgeáló aktivitás, %	-.623	.577	-.702	.092	-.376	-.253
Emulzió stabilitás, %	.176	-1.136	-.170	-.228	-.137	.230
Vízkötő képesség, %	-.225	-.142	-.418	1.022	-1.116	.339
Zsírkötő képesség, %	.065	.411	.128	.386	-.557	.464
OLAJSAV	1.005	2.443	4.527	2.069	.559	2.015
ERUKASAV	2.349	3.133	5.222	3.645	2.034	1.665
LINOLSAV	.494	.926	1.343	2.337	2.574	-.490
linolénsav	.144	.311	.407	-.314	-.378	-.241

Structure Matrix

	Function					
	1	2	3	4	5	6
ERUKASAV	.844*	.162	-.258	.124	-.096	-.095
OLAJSAV	-.823*	-.100	.360	-.119	.111	.138
LINOLSAV	-.579*	-.179	.057	.232	.039	.186
Emulzió stabilitás, %	-.059	-.470*	.012	.113	.093	-.302
Glükozinolát tartalom, umol/g	.054	.380*	-.257	.194	-.156	.217
Mirozináz enzimaktivitás, E/g	.096	.220	-.464*	-.194	.105	.436
Vízkötő képesség, %	-.054	.031	-.234	.497*	-.267	.195
Zsírkötő képesség, %	-.078	-.034	.219	-.309*	-.001	-.147
Fehérje tartalom, %	-.007	.046	-.113	.301*	-.299	.182
Gyökfogó aktivitás, Trolox ekvivalens/g	-.104	.176	.065	.044	.324*	-.241
Emulgeáló aktivitás, %	-.177	.092	-.155	.107	-.066	-.488*
Olaj tartalom, %	.077	-.056	.124	-.301	.188	-.423*
Összes polifenol tartalom, mg/g	.014	.189	.030	-.177	.145	-.358*
linolénsav	-.157	.097	.051	-.092	-.045	-.252*

Pooled within-groups correlations between discriminating variables and standardized canonical discriminant functions

Variables ordered by absolute size of correlation within function.

*. Largest absolute correlation between each variable and any discriminant function

Classification Results[b,c]

		FAJTÁK	Predicted Group Membership				
			Budakalászi	Ceska Zlata	L-2	LM-1	Tilney
Original	Count	Budakalászi	5	2	0	0	2
		Ceska Zlata	1	5	0	0	1
		L-2	0	0	3	0	1
		LM-1	0	1	0	4	0
		Tilney	1	0	0	0	10
		Veronika	1	0	0	0	1
		Viscount	0	3	0	0	1
	%	Budakalászi	41.7	16.7	.0	.0	16.7
		Ceska Zlata	8.3	41.7	.0	.0	8.3
		L-2	.0	.0	75.0	.0	25.0
		LM-1	.0	20.0	.0	80.0	.0
		Tilney	8.3	.0	.0	.0	83.3
		Veronika	14.3	.0	.0	.0	14.3
		Viscount	.0	25.0	.0	.0	8.3
Cross-validated[a]	Count	Budakalászi	1	3	0	0	2
		Ceska Zlata	2	0	0	1	0
		L-2	0	0	1	1	1
		LM-1	0	2	1	2	0
		Tilney	2	0	0	0	6
		Veronika	4	2	0	0	1
		Viscount	1	4	0	0	4
	%	Budakalászi	8.3	25.0	.0	.0	16.7
		Ceska Zlata	16.7	.0	.0	8.3	.0
		L-2	.0	.0	25.0	25.0	25.0
		LM-1	.0	40.0	20.0	40.0	.0
		Tilney	16.7	.0	.0	.0	50.0
		Veronika	57.1	28.6	.0	.0	14.3
		Viscount	8.3	33.3	.0	.0	33.3

Classification Results[b,c]

		FAJTÁK	Predicted Group		
			Veronika	Viscount	Total
Original	Count	Budakalászi	3	0	12
		Ceska Zlata	3	2	12
		L-2	0	0	4
		LM-1	0	0	5
		Tilney	0	1	12
		Veronika	5	0	7
		Viscount	1	7	12
	%	Budakalászi	25.0	.0	100.0
		Ceska Zlata	25.0	16.7	100.0
		L-2	.0	.0	100.0
		LM-1	.0	.0	100.0
		Tilney	.0	8.3	100.0
		Veronika	71.4	.0	100.0
		Viscount	8.3	58.3	100.0
Cross-validated[a]	Count	Budakalászi	5	1	12
		Ceska Zlata	6	3	12
		L-2	1	0	4
		LM-1	0	0	5
		Tilney	0	4	12
		Veronika	0	0	7
		Viscount	2	1	12
	%	Budakalászi	41.7	8.3	100.0
		Ceska Zlata	50.0	25.0	100.0
		L-2	25.0	.0	100.0
		LM-1	.0	.0	100.0
		Tilney	.0	33.3	100.0
		Veronika	.0	.0	100.0
		Viscount	16.7	8.3	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 60.9% of original grouped cases correctly classified.

c. 17.2% of cross-validated grouped cases correctly classified.

M18. melléklet: **A különböző termőhelyekről származó mustárfajták (2002-2005) beltartalmi összetevőinek és techno-funkciós tulajdonságainak diszkriminancia-analízis értékelése termőhely szerinti bontásban**

Eigenvalues

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	12.267[a]	56.0	56.0	.962
2	4.477[a]	20.4	76.4	.904
3	1.648[a]	7.5	83.9	.789
4	1.403[a]	6.4	90.3	.764
5	.969[a]	4.4	94.7	.701
6	.691[a]	3.2	97.9	.639
7	.462[a]	2.1	100.0	.562

a. First 7 canonical discriminant functions were used in the analysis.

Wilks' Lambda

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1 through 7	.000	401.382	98	.000
2 through 7	.006	266.949	78	.000
3 through 7	.032	178.515	60	.000
4 through 7	.086	127.877	44	.000
5 through 7	.205	82.296	30	.000
6 through 7	.404	47.073	18	.000
7	.684	19.753	8	.011

Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	Function						
	1	2	3	4	5	6	7
Fehérje tartalom, %	-.461	.635	.623	.194	.021	-.932	.412
Olaj tartalom, %	.724	-.057	.710	.448	.468	-.653	-.229
Glükozinolát tartalom, umol/g	-.319	-.242	.232	.157	-.303	.695	-.218
Mirozináz enzimaktivitás, E/g	.372	.517	.408	.046	.252	.015	-.645
Össes polifenol tartalom, mg/g	.351	1.168	.047	.184	-.661	.045	.125
Gyökfogó aktivitás, Trolox ekvivalens/g	-1.096	-.414	-.709	-1.342	1.041	-.081	-.649
Emulgeáló aktivitás, %	.138	.110	.114	.202	-.189	.023	-.250
Emulzió stabilitás, %	.141	.450	.708	.017	.127	.072	-.137
Vízkötő képesség, %	-.130	1.003	-.637	.198	.231	-.144	.268
Zsírkötő képesség, %	.641	.856	-1.346	-.099	.520	.503	.258
OLAJSAV	1.020	.267	6.393	4.889	6.463	.958	2.205
ERUKASAV	.703	.064	5.906	5.193	9.799	1.576	1.271
LINOLSAV	-.360	-.691	-.200	1.065	3.622	.567	-1.490
linolénsav	.087	.172	.578	-.489	-.163	.356	.877

Structure Matrix

	Function						
	1	2	3	4	5	6	7
Olaj tartalom, %	.532*	.021	.145	-.433	-.021	-.252	-.175
Zsírkötő képesség, %	.422*	.059	-.290	-.025	.312	.238	.341
Vízkötő képesség, %	-.404*	.366	-.053	.155	-.098	-.055	-.134
ERUKASAV	-.012	-.009	.148*	-.040	-.114	-.127	-.039
Gyökfogó aktivitás, Trolox ekvivalens/g	-.005	.107	.055	-.695*	.170	-.144	-.203
Össes polifenol tartalom, mg/g	.080	.329	.067	-.418*	-.204	-.093	-.322
LINOLSAV	-.104	.000	-.155	.241*	.180	.236	.008
Emulzió stabilitás, %	.097	.175	.251	-.102	.430*	-.083	-.084
Emulgeáló aktivitás, %	.092	-.045	.119	-.034	.157*	-.013	-.106
OLAJSAV	.021	.006	-.119	.014	.150*	.107	.059
Glükozinolát tartalom, umol/g	-.205	.170	.138	.069	-.268	.643*	-.111
linolénsav	.001	.069	.190	-.228	.030	.502*	.377
Mirozináz enzimaktivitás, E/g	-.042	.226	.110	.166	-.208	.317*	-.313
Fehérje tartalom, %	-.284	.127	-.018	.358	.091	-.043	.375*

Pooled within-groups correlations between discriminating variables and standardized canonical discriminant functions
Variables ordered by absolute size of correlation within function.
*. Largest absolute correlation between each variable and any discriminant function

Functions at Group Centroids

Termőhely	Function						
	1	2	3	4	5	6	7
Budakalász	7.751	-1.109	-1.449	-.362	-.330	.673	-.729
Eszterág	1.333	3.981	2.172	-.754	.567	-.562	-1.093
Gyöngyös	-2.647	-1.632	-.193	-1.262	8.573E-02	-.219	-8.914E-02
Kaposvár	-2.825	-.625	-1.330	2.572	1.403	-.535	-.790
Kiskunlacháza	3.165	-.957	.998	.514	.489	-.531	.898
Monortrade	-2.313	-1.735	2.128	1.393	-1.368	1.415	-.344
Putnok	-.592	1.959	-1.134	.718	-2.704	-1.555	.149
Szombathely	-1.357	2.636	-.846	-8.641E-02	.268	.923	.595

Unstandardized canonical discriminant functions evaluated at group means

Classification Results[b,c]

		Termőhely	Predicted Group Membership				
			Budakalász	Eszterág	Gyöngyös	Kaposvár	Kiskunlac háza
Original	Count	Budakalász	6	0	0	0	0
		Eszterág	0	5	0	0	0
		Gyöngyös	0	0	15	1	0
		Kaposvár	0	0	0	5	0
		Kiskunlacháza	0	0	0	0	11
		Monortrade	0	0	0	0	0
		Putnok	0	0	0	0	0
		Szombathely	0	1	0	0	0
	%	Budakalász	100.0	.0	.0	.0	.0
		Eszterág	.0	100.0	.0	.0	.0
		Gyöngyös	.0	.0	88.2	5.9	.0
		Kaposvár	.0	.0	.0	100.0	.0
		Kiskunlacháza	.0	.0	.0	.0	100.0
		Monortrade	.0	.0	.0	.0	.0
		Putnok	.0	.0	.0	.0	.0
		Szombathely	.0	9.1	.0	.0	.0
Cross-validated[a]	Count	Budakalász	5	0	0	0	1
		Eszterág	0	5	0	0	0
		Gyöngyös	0	0	10	2	0
		Kaposvár	0	0	0	5	0
		Kiskunlacháza	0	0	0	0	10
		Monortrade	0	0	1	0	0
		Putnok	0	0	0	0	0
		Szombathely	0	1	0	1	0
	%	Budakalász	83.3	.0	.0	.0	16.7
		Eszterág	.0	100.0	.0	.0	.0
		Gyöngyös	.0	.0	58.8	11.8	.0
		Kaposvár	.0	.0	.0	100.0	.0
		Kiskunlacháza	.0	.0	.0	.0	90.9
		Monortrade	.0	.0	20.0	.0	.0
		Putnok	.0	.0	.0	.0	.0
		Szombathely	.0	9.1	.0	9.1	.0

Classification Results[b,c]

		Termőhely	Predicted Group Membership			Total
			Monortrade	Putnok	Szombathely	
Original	Count	Budakalász	0	0	0	6
		Eszterág	0	0	0	5
		Gyöngyös	1	0	0	17
		Kaposvár	0	0	0	5
		Kiskunlacháza	0	0	0	11
		Monortrade	5	0	0	5
		Putnok	0	4	0	4
		Szombathely	0	0	10	11
	%	Budakalász	.0	.0	.0	100.0
		Eszterág	.0	.0	.0	100.0
		Gyöngyös	5.9	.0	.0	100.0
		Kaposvár	.0	.0	.0	100.0
		Kiskunlacháza	.0	.0	.0	100.0
		Monortrade	100.0	.0	.0	100.0
		Putnok	.0	100.0	.0	100.0
		Szombathely	.0	.0	90.9	100.0
Cross-validated[a]	Count	Budakalász	0	0	0	6
		Eszterág	0	0	0	5
		Gyöngyös	4	0	1	17
		Kaposvár	0	0	0	5
		Kiskunlacháza	0	0	1	11
		Monortrade	4	0	0	5
		Putnok	0	3	1	4
		Szombathely	0	0	9	11
	%	Budakalász	.0	.0	.0	100.0
		Eszterág	.0	.0	.0	100.0
		Gyöngyös	23.5	.0	5.9	100.0
		Kaposvár	.0	.0	.0	100.0
		Kiskunlacháza	.0	.0	9.1	100.0
		Monortrade	80.0	.0	.0	100.0
		Putnok	.0	75.0	25.0	100.0
		Szombathely	.0	.0	81.8	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.
b. 95.3% of original grouped cases correctly classified.
c. 79.7% of cross-validated grouped cases correctly classified.

M19 melléklet: **Az elsőrendű kinetikai állandók statisztikai elemzése varianciaanalízissel**

Hatás	*SS*	*DF*	*MS*	*F*
Faktor	**0,324746 ***	**8**	**0,040593 ***	**1204,37 ***
Hiba	**0,000607**	**18**	**0,000034**	

* A különbség 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns

Az elsőrendű kinetikai állandók középértékeinek összehasonlítása Tukey-féle eljárással

Error: Between MS = 0,00003, df = 18

		60 °C			*70 °C*			**80 °C**		
		B	*LM-1*	*T*	*B*	*LM-1*	*T*	*B.*	*LM-1*	*T*
60 °C	*B.*									
	LM-1	**								
	T.	**	**							
70 °C	*B.*	**	**	**						
	LM-1	**	**	**						
	T.	**	**	**						
80 °C	*B.*	**	**	**		**	**			
	LM-1	**	**	**		**	**			
	T.	**	**	**		**	**			

** A különbség 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns

B.: Budakalászi sárga

L.: Csökkentett erukasav tartalmú fajta (LM-1)

T.: Tilney

M20. melléklet: **A rádiófrekvenciás hőkezelés paramétereinek (hőmérséklet és nedvességtartalom) hatása a mustármag mirozináz enzimaktivitására és glükozinolát tartalmára**

A hőkezelés paramétereinek hatása a mustármag mirozináz enzimaktivitására

Tests of Between-Subjects Effects
Dependent Variable: MIROZINÁ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	161,1428667	5	32,22857333	42,96506592	2,99875E-07
Intercept	5979,8048	1	5979,8048	7971,892046	2,6025E-18
HŐMÉRSÉK	4,7432	1	4,7432	6,323329877	0,027176188
NEDVESSÉ	151,7110333	2	75,85551667	101,1257073	3,08706E-08
HŐMÉRSÉK * NEDVESSÉ	4,688633333	2	2,344316667	3,125292549	0,080802858
Error	9,001333333	12	0,750111111		
Total	6149,949	18			
Corrected Total	170,1442	17			

a R Squared = .947 (Adjusted R Squared = .925)

Multiple Comparisons
Dependent Variable: MIROZINÁ
Tukey HSD

(I) NEDVESSÉ	(J) NEDVESSÉ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	Upper Bound
14	16	5,738333333	0,500037036	2,29746E-07	4,404302698	7,072363969
	18	6,506666667	0,500037036	6,23214E-08	5,172636031	7,840697302
16	14	-5,738333333	0,500037036	2,29746E-07	-7,072363969	-4,404302698
	18	0,768333333	0,500037036	0,309401285	-0,565697302	2,102363969
18	14	-6,506666667	0,500037036	6,23214E-08	-7,840697302	-5,172636031
	16	-0,768333333	0,500037036	0,309401285	-2,102363969	0,565697302

Based on observed means.
* The mean difference is significant at the .05 level.

A hőkezelés paramétereinek hatása a mustármag glükozinolát tartalmára

Tests of Between-Subjects Effects
Dependent Variable: GLÜKOZIN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	415,2121611	5	83,04243222	12,44270896	0,000209561
Intercept	312695,5001	1	312695,5001	46852,90396	6,35859E-23
HŐMÉRSÉK	103,4401389	1	103,4401389	15,49901067	0,001973999
NEDVESSÉ	287,4018778	2	143,7009389	21,53151	0,000107134
HŐMÉRSÉK * NEDVESSÉ	24,37014444	2	12,18507222	1,825757065	0,20311843
Error	80,0878	12	6,673983333		
Total	313190,8001	18			
Corrected Total	495,2999611	17			

a R Squared = .838 (Adjusted R Squared = .771)

Multiple Comparisons
Dependent Variable: GLÜKOZIN
Tukey HSD

(I) NEDVESSÉ	(J) NEDVESSÉ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	Upper Bound
14	16	6,533333333	1,491529789	0,002383393	2,554135213	10,51253145
	18	9,578333333	1,491529789	9,0495E-05	5,599135213	13,55753145
16	14	-6,533333333	1,491529789	0,002383393	-10,51253145	-2,554135213
	18	3,045	1,491529789	0,144617673	-0,93419812	7,02419812
18	14	-9,578333333	1,491529789	9,0495E-05	-13,55753145	-5,599135213
	16	-3,045	1,491529789	0,144617673	-7,02419812	0,93419812

Based on observed means.
* The mean difference is significant at the .05 level.

M21 melléklet: **Az Olasz felvágott érzékszervi profil analízisének statisztikai értékelése**

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	43,5	4,35	0,225
mustárliszt	10	39,5	3,95	0,802778

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	0,8	1	0,8	1,556757
Csoporton	9,25	18	0,513889	
Összesen	10,05	19		

Szín	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,228129**	4,413873

t(5%)= 2,101 t(1%)= 2,878

sd(5%)= 0,67 sd(1%)= 0,92

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	40	4	0,666667
mustárliszt	10	38	3,8	0,622222

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	0,2	1	0,2	0,310345
Csoporton	11,6	18	0,644444	
Összesen	11,8	19		

Metszéslap	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,58433**	4,413873

sd(5%)= 0,75 sd(1%)= 1,03

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	42	4,2	0,4
mustárliszt	10	43	4,3	0,677778

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	0,05	1	0,05	0,092784
Csoporton	9,7	18	0,538889	
Összesen	9,75	19		

Illat	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,764162**	4,413873

sd(5%)= 0,69 sd(1%)= 0,94

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	39	3,9	0,322222
mustárliszt	10	39	3,9	0,322222

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	-8,88E-16	1	-8,88E-16	-2,76E-15
Csoporton	5,8	18	0,322222	
Összesen	5,8	19		

Állomány	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,102674**	4,413873

sd(5%)= 0,53 sd(1%)= 0,73

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	43	4,3	0,455556
mustárliszt	10	38,5	3,85	0,225

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	1,0125	1	1,0125	2,97551
Csoporton	6,125	18	0,340278	
Összesen	7,1375	19		

Íz	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,101662**	4,413873

sd(5%)= 0,55 sd(1%)= 0,75

M22. melléklet: **A Zala felvágott érzékszervi profil analízisének statisztikai értékelése**

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	43	4,3	0,233333
mustárliszt	10	37	3,7	0,455556

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	1,8	1	1,8	5,225806
Csoporton	6,2	18	0,344444	
Összesen	8	19		

Szín	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	0,034593	4,413873

t(5%)= 2,101 t(1%)= 2,878
sd(5%)= 0,55 sd(1%)= 0,76

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	43,5	4,35	0,669444
mustárliszt	10	39	3,9	0,766667

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	1,0125	1	1,0125	1,410058
Csoporton	12,925	18	0,718056	
Összesen	13,9375	19		

Metszéslap	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,250481**	4,413873

sd(5%)= 0,80 sd(1%)= 1,09

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	44	4,4	0,266667
mustárliszt	10	40	4	1,111111

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	0,8	1	0,8	1,16129
Csoporton	12,4	18	0,688889	
Összesen	13,2	19		

Illat	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,295429**	4,413873

sd(5%)= 0,78 sd(1%)= 1,07

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	37	3,7	0,233333
mustárliszt	10	38	3,8	0,844444

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	0,05	1	0,05	0,092784
Csoporton	9,7	18	0,538889	
Összesen	9,75	19		

Állomány	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,764162**	4,413873

sd(5%)= 0,69 sd(1%)= 0,94

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	40	4	0,444444
mustárliszt	10	38	3,8	1,066667

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	0,2	1	0,2	0,264706
Csoporton	13,6	18	0,755556	
Összesen	13,8	19		

Íz	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,613165**	4,413873

sd(5%)= 0,82 sd(1%)= 1,12

M23. melléklet: **A májas készítmény érzékszervi profil analízisének statisztikai értékelése**

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	44	4,4	0,266667
mustárliszt	10	36	3,6	0,266667

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	3,2	1	3,2	12
Csoporton	4,8	18	0,266667	
Összesen	8	19		

Szín	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	0,002769	4,413873

t(5%)= 2,101 t(1%)= 2,878
sd(5%)= 0,49 sd(1%)= 0,66

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	45	4,5	0,277778
mustárliszt	10	43	4,3	0,677778

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	0,2	1	0,2	0,418605
Csoporton	8,6	18	0,477778	
Összesen	8,8	19		

Metszéslap	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,5258**	4,413873

sd(5%)= 0,65 sd(1%)= 0,89

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	42	4,2	0,622222
mustárliszt	10	38	3,8	1,066667

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	0,8	1	0,8	0,947368
Csoporton	15,2	18	0,844444	
Összesen	16	19		

Illat	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,34329**	4,413873

sd(5%)= 0,86 sd(1%)= 1,18

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	42	4,2	0,622222
mustárliszt	10	40	4	0,444444

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	0,2	1	0,2	0,375
Csoporton	9,6	18	0,533333	
Összesen	9,8	19		

Állomány	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,54795**	4,413873

sd(5%)= 0,69 sd(1%)= 0,94

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	*Darabszám*	*Összeg*	*Átlag*	*Variancia*
kontroll	10	38,5	3,85	1,113889
mustárliszt	10	36	3,6	1,155556

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	*SS*	*df*	*MS*	*F*
Csoportok	0,3125	1	0,3125	0,275398
Csoporton	20,425	18	1,134722	
Összesen	20,7375	19		

Íz	*p-érték*	*F krit.*
Csoportok között	**0,606137**	4,413873

sd(5%)= 1,00 sd(1%)= 1,37

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom:

Schusterné dr. Gajzágó Ildikó témavezetőmnek a disszertáció elkészítéséhez nyújtott szakmai segítségéért, hasznos útmutatásaiért és bíztatásáért.

Dr. Bánáti Diánának és **Dr. Cserhalmi Zsuzsannának**, hogy a Központi Élelmiszer–tudományi Kutatóintézetben lehetőséget biztosítottak a doktori értekezés elkészítéséhez szükséges kutatómunkához.

A Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet munkatársainak, **Godek Ferencnének** a fehérjetartalom meghatározása, **Dr. Baráth Ágnesnek** az aminosavösszetétel meghatározása, **Dr. Tóth Tibornénak** a zsírsavösszetétel meghatározása, **Dr. Daood Husseinnek** a tokoferoltartalom meghatározása, **Fehér Józsefnek** az állománymérés és **Márkus Pálnénak** a hőkezelési kísérletek kivitelezésében nyújtott segítségükért.

Török Andreának, **Incze Zsoltnak** és **Remeczky Istvánnak** a laboratóiumi munka során nyújtott segítségükért.

Dr. Kókai Zoltánnak az érzékszervi vizsgálatok során nyújtott segítségéért.

Dr. Dalmadi Istvánnak a kísérleti eredmények matematikakai-statisztikai kiértékeléséhez nyújtott segítségéért.

Dr. Győri Zoltánnak, **Dr. Czukor Bálintnak** és **Dr. Somogyi Lászlónak**, amiért a műhelyvita során észrevételeikkel és javaslataikkal segítették értekezesem elkészítését.

A **Nemzeti Innovációs Hivatalnak** a 4/0005/2002 nyilvántartási számú „A mustár új, ökologikus és gazdaságos termesztésére és a továbbhasznosítás bővítésére szolgáló új eljárások, módszerek és termékek kifejlesztése és modell szintű megvalósítása” című NKFP projekt támogatásáért.

A **Monortrade Kft**-nek, és ügyvezetőjének, **Dr. Kreschka Jánosnak** a támogatásért.

A Richter Gedeon Nyrt-ben dolgozó kollégáimnak, a főosztály vezetőinek, **Csernák Lászlónak** és **Kissné dr. Csikós Emőkének**, hogy lehetővé tették számomra a PhD munka befejezését.

Férjemnek, **Dr. Vető Gábornak**, **családomnak**, és **barátaimnak**, amiért éveken keresztül bátorítottak és bíztattak.

Köszönöm!