



Doktori értekezés tézisei

**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

1. BEVEZETÉS

A fehér mustár (*Sinapis alba* L.) jellegzetes aromája és gyógyító hatása miatt már az ókorban ismert fűszer- és gyógynövény volt. Őshazája a Földközi-tenger medencéje, de a XII. században már Európa-szerte ismerték, hozzánk német közvetítéssel került. 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.

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

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, az ω -3 és ω -6 zsírsavaknak és a biológiailag aktív vegyületeknek. 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 szabadgyök-fogó aktivitásuk miatt védőfaktornak tekinthetők a szív- és érrendszeri, valamint egyes daganatos betegségek megelőzésében; emellett koleszterinmentes és gluténmentes, így a mustármag fogyasztása egészségmegőrző lehet.

A mustár a mérsékeltövi klímán jól termesztető, hazai termesztése gazdaságos. A mustármag élelmiszeripari és takarmányozási célokra való felhasználása érdekében szükséges a köztermesztésben lévő mustárfajták kémiai összetételének megismerése és összehasonlítása. 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 glükozinolát 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.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Kísérleti munkám célja olyan csípősségmentes mustármagliszt előállítása volt, amely kedvező forrása a táplálkozástudományi szempontból értékes összetevőknek, ezen kívül a széleskörű felhasználhatóság érdekében a kolloid-kémiai tulajdonságai is megfelelőek. A kiváló minőségű élelmiszeripari termék előállításának két egyenrangú feltétele a megfelelő tulajdonságokkal rendelkező nyersanyag kiválasztása és a kíméletes előállítási technológia alkalmazása, amely a nyersanyag kedvező tulajdonságait károsan nem befolyásolja, 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 céloom 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.

3. KÍSÉRLETI ANYAGOK ÉS VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

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.

3.1. Anyagok

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 mustárliszt felhasználási lehetőségeit laboratóriumi körülmények között gyártott Olasz felvágott, Zala felvágott, valamint májas készítmény esetén vizsgáltam.

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

3.2. Módszerek

Alkalmazott mintakezelési eljárások

Rádiófrekvenciás hőkezelés:

A mustármag hőkezelését Brown-Boveri 13,5 MHz-en működő nagyfrekvenciás generátor kezelőterében végeztem, horizontális elrendezésű munkatérben.

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 és őrltem, a vizsgálatokhoz 200 μ szemcseméretű lisztet használtam.

A mustármag beltartalmi jellemzőinek vizsgálata

A mustármag fehérjetartalmának meghatározása:

A mustárfajták nyers fehérjetartalmát (N x 6,25) Kjell-Foss automata fehérje-meghatározó készülékkel, Kjeldahl módszer alapján határoztam meg.

A mustárfehérje aminosav összetételének meghatározása:

A mustármag savas hidrolízise után az aminosavakat Biotronik LC 3000 aminosav analízátorral BTC 2410 kationcserélő gyantán választottam el.

A mustármag olajtartalmának meghatározása:

Az őrlött 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 mustárolaj zsírsavösszetételének meghatározása:

A petroléterrel kivont mustárolaj elszappanosítása után gázkromatográfiás módszerrel választottam el a zsírsavakat (MSZ 19928-79).

A tokoferol tartalom meghatározása:

A vizsgálandó minta elszappanosítása után a tokoferolokat HPLC módszerrel választottam el (SPEEK et al., 1985).

A polifenol tartalom meghatározása:

A zsírtalanított mustármag lisztből metanolos kivonat készítése után Folin-Ciocalteu reagenssel határoztam meg az összes polifenol tartalmat, amelyet galluszsavval felvett kalibrációs görbe alapján számítottam ki.

A mustármag gyökfogó aktivitásának meghatározása:

A metanollal készített mustárkivonatok gyökfogó aktivitását 2,2 difenil-1-pikrilhidrazil szabadgyök jelenlétében mértem (YAMAGUCHI et al., 1998). A gyökfogó aktivitást az előzőleg Trolox-al felvett kalibrációs görbe alapján Trolox equivalensben adom meg.

A mustármag glükozinolát tartalmának meghatározása:

A glükozinolát tartalmat a glükozinolát vegyületek hidrolízise során felszabaduló glükóz mennyisége alapján, VANETTEN és munkatársai (1974) módszere szerint határoztam meg. A hozzáadott mirozináz enzim által felszabadított glükóz mennyiségét GOD-PERID enzimes glükóz teszttel, spektrofotometriás módszerrel mértem.

A mirozináz enzimaktivitás meghatározása:

A mustármag mirozináz aktivitását az intakt glükozinolát vegyületekből az endogén mirozináz enzim hatására felszabaduló glükóz mennyisége alapján határoztam meg (VANETTEN et al., 1974). Az endogén mirozináz enzim által felszabadított glükóz mennyiségét GOD-PERID enzimes glükóz teszttel, spektrofotometriás módszerrel mértem.

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 mirozináz enzimpreatumból készített oldatot megfelelő hőmérsékletre előmelegített puffer oldathoz adtam és megfelelő ideig hőkezelttem. A hőkezelt enzim oldatot jéggel hűtött pufferhez adtam, majd a maradék enzimaktivitás meghatározásáig mélyhűtőben tároltam.

A maradék enzimaktivitás meghatározásakor természetes glükozinolát szubsztrátként 100%-os mértékben inaktivált mustármaglisztet alkalmaztam. A mirozináz enzim által felszabadított glükóz mennyiségét a reakcióelegy fehérjementesítése és szűrése után GOD-PERID glükóz oxidáz-peroxidáz reagenssel spektrofotometriásan határoztam meg (VANETTEN, et al. 1974).

A rádiófrekvenciás technológiával hőkezelt mustármagvak csípősségének ízküszöb vizsgálata:

A hőkezelt mustármagvak csípősségére vonatkozó érzékszervi vizsgálatot ismert mirozináz enzimaktivitású mustármagvakkal végeztem. A vizsgálati minták a mustármagőrlemények kiforralt csapvízzel készített 1,5%-os szuszpenziói voltak. Az ízküszöb vizsgálaton 3 bíráló értékelt a szuszpenziók csípősségét.

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 (JOSEFFSON, 1968).

Kolloid-kémiai tulajdonságok vizsgálata

Az emulgeáló tulajdonságok (emulgeáló aktivitás és emulzió stabilitás) meghatározása:

A mustárliszt emulgeáló aktivitását és az emulzió stabilitását YASUMATSU és munkatársai (1972) módszere szerint határoztam meg.

Víz- és zsírkötőképesség meghatározása:

A mustárliszt vízkötőképességét és zsírkötő képességét LIN és munkatársai (1974) módszere szerint határoztam meg.

A fehérjeoldhatóság vizsgálata:

A mustárfehérje oldhatóságát a zsírtalanított mustárlisztből desztillált vízzel készített 1%-os szuszpenziójából határoztam meg pH 2-7 között. A szuszpenziót centrifugáltam és szűrés után a szűrlet fehérjetartalmát Folin-Ciocalteu reagenssel határoztam meg Lowry módszere szerint. Az oldható fehérje mennyiségét bovine szérum albuminnal készített kalibrációs görbe alapján számítottam.

A gélképző tulajdonságok meghatározása:

A mustárlisztből készített szuszpenziót homogenizáltam. A homogenizált szuszpenzióból megfelelő koncentrációjú szuszpenziókat hígítottam, majd hőkezelttem, és lehűtöttem. 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.

A mustárliszttel készített termékek vizsgálata

A mustárliszttel 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 végeztem.

A mustárliszttel készített termékek érzékszervi minősítése:

Az érzékszervi bírálatok során 10 bíráló mondott véleményt a mustárliszttel készített termékekről. A teljes körű érzékszervi profilanalízis eredményeit ProfiSens szoftver segítségével értékeltem.

3.3. Az eredmények értékeléséhez alkalmazott statisztikai módszerek

Az eredmények értékeléséhez korreláció számítást, t-próbát, varianciaanalízist és Tukey féle páronkénti összehasonlítást, valamint a többváltozós módszerek közül diszkriminancia analízist alkalmaztam.

4. EREDMÉNYEK

A termőhely, és az évjárat, valamint a fajta hatását a mustármag beltartalmi jellemzőire és techno-funkciós tulajdonságaira varianciaanalízissel értékeltem 95%-os valószínűségi szinten. Az eredmények szerint a mustármag fehérjetartalma, olajtartalma és olajának linolsav tartalma, összes polifenol tartalma és gyökfogó aktivitása évjárártól 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 enzimm kivonatok 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 évjáráttól 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, metszéspapját és állományát a mustármagliszt hozzáadása nem befolyásolta szignifikánsan ($\alpha=0,05$).

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 hőérzékenységet 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.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ TARTOZÓ PUBLIKÁCIÓK

Publikációk és visszhangjuk

Folyóiratcikkek

IF-os folyóiratcikk

SCHUSTER-GAJZÁGÓ I, KISZTER A. K., TÓTH-MARKUS M., BARÁTH Á., MÁRKUS-BEDNARIK ZS., CZUKOR B. (2006):

The effect of radio frequency heat treatment on nutritional and colloid-chemical properties of different mustard varieties.

Innovative Food Science & Emerging Technologies, 7 (1-2) 74-79. p.

VETŐ-KISZTER A., SCHUSTER-GAJZÁGÓ I., CZUKOR B. (2009)

Heat sensitivity of different mustard (*Sinapis alba* L.) genotype myrosinase enzyme.

Acta Alimentaria, 38 (1) 17-26. p.

Nem IF-os folyóiratcikk, magyarul

SCHUSTER NÉ GAJZÁGÓ I., KISZTER A. K., CZUKOR B. (2004): A mustár nemcsak fűszer, hanem ígéretes, egészségjavító élelmiszeripari alap- és adalékanyag.

Élelmészeti ipar, 58 (12) 371-375. p.

KISZTER A. K., SCHUSTER NÉ GAJZÁGÓ I., TÓTH NÉ MARKUS M., CZUKOR B. (2006): Különböző termőhelyről származó mustárfajták beltartalmi összetétele.

Élelmészeti ipar, 60 (8-9) 208-212. p.

Konferencia kiadványok

Magyar nyelvű (teljes)

KISZTER A. K., SCHUSTER NÉ GAJZÁGÓ I., CZUKOR B. (2005): Mustárfajták kémiai összetételének változása dielektromos hőkezelés hatására.

Műszaki Kémiai Napok'05, Veszprém, 2005. április 26-28., Konferencia kiadvány, 78-81. p. ISBN 963 9495 71 9

KISZTER A. K., GAJZÁGÓ I., CZUKOR B. (2005): A termőhely hatása a mustármag biológiailag aktív vegyületeire.

Tavaszi Szél 2005 Konferencia, Debrecen, 2005. május 5-8., Konferencia kiadvány, 432-435. p. ISBN 963 218 368 1

Magyar nyelvű (összefoglaló)

KISZTER A. K., GAJZÁGÓ I., BARÁTH Á., TÓTHNÉ MÁRKUS M., CZUKOR B. (2003): Mustárfajták kémiai összetételének változása radio frekvenciás hőkezelés hatására.

XVI. Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2003. november 6-7., Összefoglalók, 68-69. p.

KISZTER A. K., GAJZÁGÓ I., CZUKOR B. (2005): Különböző termőhelyről származó mustárfajták beltartalmi összetétele.

XVII. Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2005. október 19-20., Összefoglalók, 206-207. p.

Nemzetközi konferencia (összefoglaló)

SCHUSTER-GAJZÁGÓ I., KISZTER A., CZUKOR B. (2004): Nutritional and antioxidant properties of myrosinase inactivated mustard seeds.

Abstract book of the 2nd Central European Congress of Food, Budapest, 2004. április 26-28., 157. p.

KISZTER, A., SCHUSTER-GAJZÁGÓ, I. ÉS CZUKOR, B. (2005): The effect of temperature and time on mustard seed originated myrosinase activity.

10th International Workshop on Chemical Engineering Mathematics. Food Session. Budapest, 2005. augusztus 18-20., Abstract Booklet, 10. p.

KISZTER, A., SCHUSTER-GAJZÁGÓ, I., LÉDER, FNÉ, CZUKOR, B., CSERHALMI, ZS. (2006): Preliminary experiment for food industrial utilization of myrosinase inactivated mustard flour.

The SAFE Consortium International Congress on Food Safety, First International Congress Nutrition and Food Safety: Evaluation of Benefits and Risks. Budapest, 2006. június 11-14., 1 (addendum) 128. p. ISSN 1819-7779.

TURZA, S., KISZTER, A. K., TÓTH-MÁRKUS, M., SCHUSTER-GAJZÁGÓ, I. (2006): Determination of fatty acids and glucosinolate content in view of food and feed safety with near infrared spectroscopy.

The SAFE Consortium International Congress on Food Safety, First International Congress Nutrition and Food Safety: Evaluation of Benefits and Risks. Budapest, 2006. június 11-14., 1 105-106. p. ISSN 1819-7779.

Hivatkozások (önhivatkozás nélkül)

SCHUSTER-GAJZÁGÓ I, KISZTER A. K., TÓTH-MARKUS M., BARÁTH Á., MÁRKUS-BEDNARIK ZS., CZUKOR B. (2006):

The effect of radio frequency heat treatment on nutritional and colloid-chemical properties of different mustard varieties.

Innovative Food Science & Emerging Technologies, 7 (1-2) 74-79. p.

Idézik:

TRIVERS-MARTIN, N., MÜLLER, C. (2007): Specificity of induction responses in *Sinapis alba* L. and their effects on a specialist herbivore. *Journal of Chemical Ecology*, 33 1582-1597. p.

BAROZZO, M. A. S., SILVA, A. A. M., OLIVEIRA, D.T. (2008): The use of curvature and bias measures to discriminate among equilibrium moisture equations for mustard seed. *Journal of Stored Products Research*, 44 65-70. p.

BÁNÁTI, D. (2009): Food safety in focus: The last ten years – the first decade of the 21st century in the life of the Central Food Research Institute. *Acta Alimentaria*, 38 (Suppl.1.) 21-60. p.

CSERHALMI, ZS. (2009): Main trends and research results at the Unit of Technology. *Acta Alimentaria*, 38 (Suppl.1.) 117-125. p.

MARRA, F., ZHANG, L., LYNG, J. G. (2009): Radio frequency treatment of foods: Review of recent advances. *Journal of Food Engineering*, 91 497–508. p.

JEDYNAK. L., KOWALSKA, J., KOSSYKOWSKA, M., GOLIMOWSKI, J. (2010): Studies on the uptake of different arsenic forms and the influence of sample pretreatment on arsenic speciation in White mustard (*Sinapis alba*). *Microchemical Journal*, 94 125-129. p.

GALLA, N. R., DUBASI, G., R. (2010): Chemical and functional characterization of Gum karaya (*Sterculia urens* L.) meal. *Food Hydrocolloids*, 24 479-485. p.

SCHUSTER-GAJZÁGÓ I., KISZTER A., CZUKOR B. (2004): Nutritional and antioxidant properties of myrosinase inactivated mustard seeds. *Abstract book of the 2nd Central European Congress of Food, Budapest, 2004. április 26-28.*, 157. p.

Idézi:

BÁNÁTI, D. (2009): Food safety in focus: The last ten years – the first decade of the 21st century in the life of the Central Food Research Institute. *Acta Alimentaria*, 38 (Suppl.1.) 21-60. p.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom:

Schusterné dr. Gajzágó Ildikó témavezetőmnek a disszertáció elkészítéséhez nyújtott szakmai segítségéért, hasznos útmutatásaiért és biztatásáért.

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 Tibornének** a zsírsavösszetétel meghatározása, **Dr. Daood Husseinnek** a tokoferoltartalom meghatározása, **Fehér Józsefnek** az állománymérés és **Márkus Pálnének** 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 matematikai-statisztikai kiértékeléséhez nyújtott segítségéért.

Dr. Győri Zoltánnak, **Dr. Czukor Bálintnak** és **Dr. Somogyi Lászlónak**, amiért a műhelyvita során észrevételeikkel és javaslataikkal segítették értekezésem elkészítését.

A **Nemzeti Innovációs Hivatalnak** a 4/0005/2002 nyilvántartási számú „A mustár új, ökológikus 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 biztattak.

Köszönöm!