

Ph.D. értekezés tézisei

**TERMÉSZETES ANYAGOK KINYERÉSE
SZUPERKRITIKUS EXTRAKCIÓVAL ÉS A KIVONATOK
BIOLÓGIAI TULAJDONSÁGAI**

KÉSZÍTETTE:
Vági Erika Mária
okleveles biomérnök

TÉMAVEZETŐ:
Dr. Simándi Béla
egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Vegyipari Műveletek Tanszék

Budapest, 2005.

Bevezetés

A mai világunk emberének egyik fő célja lehet egy egészséges, kevésbé szennyezett Földön élni, és kiváló minőségű, idegen anyagoktól mentes, egészségvédő élelmiszereket fogyasztani, amelyeket lehetőleg tiszta, környezetbarát technológiákkal állítunk elő. Az így előállított termékek tartalmazzák az alapanyagra jellemző főbb biológiai aktív anyagokat, azok károsodása, átalakulása nélkül, ezen kívül tartalmaznak természetes színezékeket, vitaminokat, antioxidáns anyagokat és antimikrobiális anyagokat, amelyek védik a fogyasztó egészségét.

A szuperkritikus extrakció során gyógy- és fűszernövényekből állítunk elő illóolajat, növényi olajokat, zsírokat és viaszokat, növényi pigmenteket és egyéb biológiailag aktív komponenseket. Az extrakcióhoz szén-dioxidot használva, a hatóanyagok kivonása közel szobahőmérsékleten (főként 31 - 60°C tartományban), azok károsodása, bomlása, átalakulása nélkül valósítható meg. Az így kapott kivonatokból a gáz állapotú CO₂ teljesen eltávozik, így oldószermentes tiszta terméket kapunk. Az extrakció műveleti paramétereinek (pl. nyomás, hőmérséklet, áramlási sebesség) tág határok közötti változtatásával lehetőség van a kivonatok frakcionálására, így különböző karakterű és összetételű kivonatok nyerhetők. A szuperkritikus extrakció végrehajtásához viszonylag nagy nyomás szükséges (74-500 bar), így a készülék beruházási költsége magasabb a hagyományos extrakciós üzemekénél, viszont az üzemeltetési költsége alacsony és a műveleti paraméterek jól szabályozhatók.

Doktori munkám célja az volt, hogy három különböző, növényi anyagból (majoránna, kakukkfű és paradicsom törköly) hagyományos oldószerekkel és szuperkritikus CO₂-dal kivonatokat állítsak elő és vizsgáljam ezen kivonatokban az értékes komponensek előfordulását, és a lehetséges felhasználhatóságuk felé irányuló vizsgálatokkal feltérképezzem a kivonatok biológiai hatásait (antimikrobiális és antioxidáns tulajdonságukat).

Vizsgálati anyagok és módszerek

A kísérletekhez használt növényi alapanyagokat kereskedelmi forgalomból illetve termesztési helyükről szereztem be. Az extrakcióhoz száraz, aprított drogot használtam. Ahol szükséges volt, az aprítást kalapácsos daralón végeztem el.

Meghatároztam a minták nedvességtartalmát és a mintákra jellemző szemcseméret-eloszlást. Az extrakció egyik fontos előkészítési művelete az aprítás. A szemcseméret eloszlás leírásához a Rosin-Rammler-Sperling-Bennet (RRSB) eloszlás modellt használtam. A modellel meghatározható a jellemző szemcseméret (x_0) és az egyenetlenségi tényező (n), amely jól jellemzi a vizsgált mintát.

A szuperkritikus extrakciót a BME Vegyipari Műveletek tanszéken kifejlesztett 5 l névleges térfogatú félüzemi extraktorban vizsgáltam, az extrakcióhoz 99,5 m/m%-os tisztaságú palackos CO₂-ot használtam. Munkám során meghatároztam az aktuális műveleti paraméterek lehetséges tartományát, amelyen belül vizsgáltam az extrakciós hozamra, illetve az egyes kiválasztott hatóanyag hozamra

gyakorolt hatásukat. Az extraktor után két sorbakötött szeparátor segítségével, a kivonatokat frakcionált szeparációval egy főleg illó komponenseket tartalmazó könnyű, és egy nem illó komponensekben dúsult nehéz frakcióra választottam szét.

Összehasonlítás céljából hagyományos elválasztási műveleteket (vízgőz-desztilláció és oldószeres Soxhlet extrakció) is végeztem. Az oldószeres extrakcióhoz analitikai tisztaságú *n*-hexánt és 96%-os etil-alkoholt használtam. A Soxhlet extrakciót etanol oldószerrel félüzemi készülékben (5 l névleges térfogatú extraktorban) is megvizsgáltam.

Az illóolaj és az oldószeres kivonatok illékony komponenseinek meghatározását GC és GC-MS módszerekkel végeztem el. A kivonatok zsírsav összetételét GC módszerrel vizsgáltam. A klorofill és karotenoid pigmentek illetve az antioxidáns tulajdonsággal rendelkező triterpenoid, diterpén és tokoferol komponensek kimutatásához HPLC módszer állt rendelkezésemre.

In vitro gyors tesztekkel megvizsgáltam a kivonatok antioxidáns tulajdonságait poláris és apoláris rendszerekben. Poláris rendszerben feltérképeztem a minták hidrogén-donor aktivitását 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) illetve instabil szabad \bullet OH gyök jelenlétében a $\text{H}_2\text{O}_2/\bullet\text{OH}$ -luminol kemilumineszcenciás rendszerben. Apoláris közegben vizsgálva a kivonatok antioxidáns stabilitását gyorsavasítási tesztet végeztem Rancimat készülékben.

A kivonatok antimikrobiális tulajdonságait penészgombák (*Trichoderma viride*, *Aspergillus niger*

és *Penicillium cyclopium*) és baktériumok (*Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens* és *Bacillus cereus*) jelenlétében vizsgáltam általam továbbfejlesztett módszerekkel, amely agar-diffúziós és hígítási módszerek lehetővé tették a nagy viszkozitású, apoláris jellegű szuperkritikus kivonatok vizsgálatát is.

Az új tudományos eredmények összefoglalása

1. A növényi anyagok extrakciója

Összehasonlítottam a három növény különböző oldószerrel, módszerrel, és laboratóriumi és félüzemi méretekben végzett extrakcióját, azok hozamait és összetételét.

- 1.1. Megállapítottam, hogy RRSB eloszlás modell jól leírja az őrölt növényi anyagok szemcseméret eloszlását. A magyar **majoránna** finomra őrölt formában állt rendelkezésemre ($x_0 = 0,36$ mm), míg az egyiptomi majoránna jellemző szemcsemérete 0,52 mm volt. A morzsolt **kakukkfű** teljes extrakciójához, nagyobb jellemző szemcsemérete miatt (1,15 mm) kétszer annyi CO₂ oldószere volt szükség, mint a majoránna extrakciójához. A **paradicsom törköly** esetén a finom por állagú P4 minta rendelkezett a legkisebb jellemző szemcsemérettel (0,31 mm), míg a többi minta szemcsemérete $\geq 0,44$ mm. Általános összefüggés nem vonható le a minták szemcsemérete és az extrakciós hozamok között, vélhetően a törköly különböző mag/héj arányai miatt. Rövidebb extrakciós időt tapasztaltam azoknál a mintáknál, ahol az apoláris oldható hányad nagyobb volt (több magot tartalmazott a törköly), míg a P4 minta a nagy likopin tartalmánál fogva nagyobb arányban tartalmazhatta a héj frakciót, amit az extrakciós hozamok is bizonyítanak.
- 1.2. Az extrakciós hozamok függenek a növény fajtájától, minőségétől, az oldószertől és a választott módszertől. A **majoránna** (*Origanum majorana* L.) fűszer és gyógynövény vizsgálatát két különböző eredetű

(magyar és egyiptomi) droggal végeztem el. Kis mennyiségű illóolajat (0,78 és 0,97 ml/ 100 g száraz anyag)* és oldószeres kivonatokat állítottam elő laboratóriumi készülékben *n*-hexán (5,0 és 7,3 g/100 g sz.a.)* és etanol (13,4 és 29,0 g/100 g sz.a.)* oldószerekkel. Félüzemi kísérleteket végeztem 96%-os etanollal és szuperkritikus szén-dioxiddal 5 l névleges térfogatú extraktorokban. Etanollal az extrakciós hozam megközelítette a laboratóriumi Soxhlet extrakcióval kapott eredményt (9,1 és 26.0 g/100 g sz.a.)*. A szuperkritikus extrakció műveleti paramétereinek hatását igazoltam a magyar majoránna extrakciós hozamára. Egy 3² kísérlettervvel feltérképeztem az extrakció hőmérsékletének és nyomásának hatását a hozamra. Megállapítottam, hogy a nyomás lineáris és négyzetes hatása erősen szignifikáns ($P = 0,05$), a nyomás és a hőmérséklet között fellépő kölcsönhatások is szignifikánsak, a hőmérséklet hatása nem számottevő a másik változóhoz képest. A kísérleti terven belül legnagyobb hozamot 400 bar és 60°C extrakciós beállítások mellett kaptam (3,8 g/100 g sz.a.). A kísérleti terv alapján 450 bar és 50°C paraméterekkel végeztem az összehasonlító kísérleteket. A szuperkritikus CO₂ a szerves oldószereknél kisebb oldóképességének eredményeként 3,8 és 5,4 g/100 g sz.a.* intenzív illatú és sötét zöld színű oldószer nyomoktól mentes kivonatokat kaptam. Lépcsőzetes nyomáseséssel a magyar majoránna terméke két frakcióra vált szét a két

* Az adatok a közül az első szám a magyar, a második az egyiptomi mintára vonatkozik.

sorba kötött szeparátorban, egy zsíros olajokban gazdagabb frakcióra (2,9 g/100 g sz.a.) és egy illóolajokban és viaszokban gazdag frakcióra (0,76 g/100 g sz.a.).

A **kakukkfű** (*Thymus vulgaris* L.) gyógynövényből 1,94 ml/100 g sz.a illóolajat desztilláltam, míg oldószeres extrakcióval 3,9 g/100 g sz.a. hexános és 32,5 g/100 g sz.a. etanolos kivonatokat kaptam. Szuperkritikus CO₂-dal erősen illatos, sötét barnászöld színű krémes kivonatot (4,9 g/ 100 g sz.a.) kaptam az extrakciót 400 bar nyomáson és 60°C hőmérsékleten végezve. A szuperkritikus extrakció műveleti paramétereinek a hozamra gyakorolt hatását vizsgálva, megállapítottam, hogy a extrakciós nyomás lineáris és négyzetes tagjai, a hőmérséklet lineáris tagja, a hőmérséklet és a nyomás kölcsönhatásai szignifikánsnak mutatkoztak 95% szignifikancia szinten. A kivonat mennyisége növekszik az extrakciós nyomás és hőmérséklet növelésével. Megvizsgáltam egy élelmiszeripari hulladék, a **paradicsom törköly** extrakcióját. Négy mintát vizsgáltam, melyek közül kettő azonos eredetű volt. Ezeket légszáraz állapotban (P1), illetve mélyfagyasztva (P2) tároltam a kísérletekig, vizsgálva a tárolás hatását az extrakciós hozamra és a kivonatok minőségére. A másik két minta (P3, P4) pedig különböző feldolgozásokból került hozzám, különböző minőséget képviselve. Az extrakciós hozamok széles tartományban mozogtak. Megfigyeltem, hogy a jobb minőségű alapanyagokból kevesebb terméket lehet előállítani. Apoláris oldószerrel olajos kivonatot kaptam (*n*-hexánnal: 3,4 – 15,3 g/100 g sz.a.,

szuperkritikus CO₂-dal: 3,1 – 15,1 g/100 g sz.a.), míg etanollal nagy mennyiségű, erősen bordó színű, nagy viszkozitású kivonatokat állítottam elő (12,6 – 57,9 g/100 g sz.a.). Megvizsgálva a szuperkritikus extrakció nyomás és hőmérsékletének hatását a paradicsom törköly extrakciós hozamára csak a hőmérséklet hatása bizonyult szignifikánsnak 95% szignifikancia szinten. Legnagyobb mennyiségű kivonatot 460 bar nyomáson és 80°C-on nyertem ki a biológiailag aktív komponensek károsodása nélkül.

2. A jellemző, biológiailag aktív komponensek kimutatása

A vizsgált növényekben kimutattam a jellemző, illetve fő kémiai komponenseket, meghatároztam a majoránna illóolajának összetételét, a paradicsom törköly kivonatok zsírsolajának jellemző zsírsav összetételét, feltérképeztem a majoránna és a paradicsom törköly kivonataiban található klorofill és karotenoid komponenseket és a főbb antioxidáns tulajdonságokért felelős triterpenoid és diterpén molekulákat.

- 2.1. A magyar és az egyiptomi **majoránna** kivonatok jellemző **illó komponensei** egyezést mutattak. Fő komponensként terpinén-4-olt és γ -terpinént azonosítottam be, míg a minor komponensekben kis eltérések mutatkoztak (γ -terpinén, linalool, α -terpineol, α -terpinolén, α -terpinén, β -kariofillén és spathulenol). *cisz*-Szabinén-hidrátot csak kis mennyiségben, a szuperkritikus kivonatokban találtam (1.1%). Az illóolaj összetétele alapján a drogokat a Közép- és Kelet-Európai fajtákhoz soroltam. Az

oldószeres és szén-dioxidos kivonatokban nagy mennyiségben palmitinsavat mutattam ki GC és GC-MS módszerekkel.

- 2.2. A **paradicsom törköly** kivonatokban megállapítottam az apoláris és poláris oldószerekkel kapott kivonatok **zsírsav összetételét**. Fő komponensként linolsavat (45,1-51,6%), olaj- (19,1-21,5%) és palmitinsavat (16,6-23,5%) azonosítottam. Sztearinsavat (5,6-8,3%) és linolénsavat (3,2-4,1%) csak kis mennyiségben tartalmaztak a kivonatok. Az apoláris oldószerekkel kapott kivonatokban egyéb minor komponenseket is kimutattam, mint palmitinolajsavat (0,3%), arachinsavat (0,5-0,6%) és behénsavat (0,2%).
- 2.3. **Klorofill és karotenoid színezékeket** vizsgáltam a magyar **majoránna** kivonataiban. Klorofill-a és -b komponenseket és ezek bomlástermékeit a feofitín-a és -b zöld pigmenteket az etanolos kivonatok tartalmazták legnagyobb mennyiségben. Az etanolos extrakcióval kisebb mennyiségű klorofill-a (6 mg/ 100 g sz.a.) és klorofill-b (54 mg / 100 g sz.a.), míg relative nagy mennyiségű feofitín-a (360 mg/100 g sz.a.) és feofitín-b (201 mg/100 g sz.a.) pigment hozamokat mértem. Karotenoidok közül a majoránna β -karotint és luteint tartalmazott nagyobb mennyiségben. Ezen komponensek hasonló mennyiségben voltak jelen az apoláris oldószerekkel kapott kivonatokban is, így SFE-vel 5,7 mg lutein/100 g sz.a., 6,1 mg β -karotin/100 g sz.a., míg etanollal 9,5 mg lutein és β -karotin / 100 g sz.a. karotenoidot tartalmaztak a kivonatok. Megvizsgálva a szuperkritikus extrakció hőmérsékletének és nyomásának hatását a klorofill és karotenoid hozamra,

megállapítottam, hogy mindkét pigment csoport esetén a nyomás lineáris tagjának hatása a legerősebb. A klorofillok esetében a hőmérséklet hatása is szignifikáns a zöld pigment hozamára.

A **paradicsom törköly** kivonatokban karotenoidokat azonosítottam, legnagyobb mennyiségben az egészségvédő likopént tartalmazták a kivonatok. Megállapítottam, hogy a fagyasztva tárolt minta karotenoid tartalma tízszeres volt a kivonatokban, mint a levegőn tárolt minta kivonataiban. A likopén főként az apoláris oldószerek (*n*-hexán és scCO₂) kivonataiban dúsult fel. A karotenoidok és a likopén kinyerésére is kísérletterv segítségével vizsgáltam a műveleti paraméterek hatását. Megállapítottam, hogy a nagy nyomás és magas hőmérséklet kedvez a pigmentek minél hatékonyabb oldatba viteléhez (34,9 mg karotenoid/100 g sz.a.). A 460 bar és 80°C-on kapott kivonatban jó minőségű minta esetén az összkarotenoid tartalom 90,1%-a tiszta likopén volt.

2.4. A **majoránna** herbában és kivonataiban a urzolsavat, a karnozolt és kis mennyiségben (< 1 mg/100 g sz.a.) rozmaring savat mutattam ki. Az antioxidáns tulajdonságokkal jellemezhető ***triterpenoid és diterpén komponsek***ből a magyar majoránna drog tartalmazott többet. A drogok nagy mennyiségben urzolsavat (708 - 907 mg/100 g sz.a.), kisebbben karnozolt (56 – 73 mg/100 g sz.a.) tartalmaztak. Az etanolos kivonatok urzolsavban, míg a szuperkritikus és hexános kivonatok karnozolban dúsultak. A szuperkritikus extrakciónál a nyomás lineáris és négyzetes tagjainak hatása szignifikáns volt a karnozol hozamra. Legnagyobb mennyiségű karnozolt (18,5 mg/100 g

sz.a.) nagy nyomáson (450 bar) és 50°C hőmérsékleten értem el.

A **paradicsom törköly** extrakciós termékekben feltérképeztem az antioxidáns, sejtvédő hatással jellemezhető **tokoferolok** jelenlétét, összetételét és vizsgáltam a szuperkritikus extrakció nyomásának és hőmérsékletének hatását a tokoferol hozamra. Megállapítottam, hogy apoláris oldószerrel a tokoferolok jól oldhatók (3,7 – 22,2 mg/100 g sz.a.), etanollal a hozam (6,4 – 19,6 mg/100 g sz.a.) csak kis mértékben növekedett. Legmagasabb tokoferol hozamot szuperkritikus extrakcióval kaptam (22,2 mg/100 g sz.a.) 300 bar nyomáson és 80°C hőmérsékleten végezve az extrakciót. Megállapítottam, hogy a tokoferol hozamára szignifikáns hatással van a nyomás és a hőmérséklet lineáris tagja. A nyomás tagja negatív a vizsgált 95% szignifikancia szinten, így a vizsgált tartományban az alacsonyabb nyomás kedvezett a tokoferolok kinyerésének. A tokoferol frakciók összetétele változott az alapanyag minősége függvényében. A P1 és P2 kivonatok nagy mennyiségben γ -tokoferolt tartalmaztak (51 - 80%[♦]), habár a mélyfagyasztva tárolt minta (P2) α - és β -tokoferol tartalma kétszerese volt a P1 mintákban mért mennyiségeknek. E komponensek nagyobb mennyiségét a kivonatokban a kedvezőbb tárolási módszer eredményezte. A P3 minta kivonataiban főkomponensként γ -tokoferolt 83 – 90%[♦]-ban, míg kisebb mennyiségben (< 14%[♦]) α - és δ -tokoferolt azonosítottam. A P4 minta kivonatai nagy

[♦] % az össztokoferol tartalomra vonatkozik.

mennyiségben α -tokoferolt (68 – 73%[♦]), γ -tokoferolt (24 – 29%[♦]) és kisebb mennyiségben (< 2,7%[♦]) δ -tokoferolt és γ -tokotrienolt tartalmaztak. Legjobb minőségű kivonatokat (magas karotenoid és tokoferol tartalom) a P4 mintából állítottam elő szuperkritikus CO₂ extrakcióval.

3. Antioxidáns tulajdonságok vizsgálata

Összehasonlítottam a magyar és az egyiptomi **majoránna** drogok és kivonatok antioxidáns tulajdonságait poláris és apoláris in vitro rendszerekben.

- 3.1. A vizes kivonatok nagyobb koncentrációban (0,04%) jelentős hidrogén-donor aktivitással rendelkeztek az 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) szabad gyök jelenlétében. A vizes minták a koncentráció függvényében erős scavenger aktivitást mutattak H₂O₂/[•]OH-luminol rendszerben.
- 3.2. Gyorsavasítási tesztben (Rancimat módszer) napraforgó olajban vizsgálva a kivonatok antioxidáns kapacitását, az alkoholos kivonatok (1%) mutattak a mesterséges antioxidáns (0,1% BHT) azonos antioxidáns aktivitást. Megállapítottam, hogy mindhárom poláris és apoláris vizsgálati rendszerekben az egyiptomi majoránna herba és kivonatai mutattak szignifikánsan erősebb antioxidáns hatást.

4. Antimikrobiális tulajdonságok vizsgálata

A lipofil SFE kivonatok antimikrobiális hatásának vizsgálatára új módszereket dolgoztam ki. Összehasonlítottam a **majoránna** etanolos és

szuperkritikus kivonatainak és a **kakukkfű** illóolajának, etanolos és szuperkritikus kivonatainak penészgombák és baktériumok növekedésére kifejtett hatását.

- 4.1. Agar diffúziós módszerrel a kivonatokat *Trichoderma viride*, *Aspergillus niger* és *Penicillium cyclopium* fonalas gombákon teszteltem és megállapítottam a minimális inhibíciós koncentrációt (MIC), amelynél már nem tapasztaltam penésznövekedést. A majoránna szuperkritikus kivonatai ($MIC_{SFE} = 0,4-0,5$ g kivonat/100 ml táptalaj) sokkal erősebb gátló hatást mutattak a penészek növekedésére, mint az alkoholos kivonatai ($MIC_{etanolos} = 5$ g kivonat/100 ml táptalaj). A kakukkfű illóolaja fejtette ki a legerősebb penésznövekedés gátló hatást, már 0,025 g illóolaj/100 ml táptalaj koncentrációban teljesen gátolta a három penész növekedését. Teljes penésznövekedés gátlást mutattak a kakukkfű szupekritikus (0,04% koncentrációban) és etanolos (1%) kivonatok.
- 4.2. Hígításos módszerrel baktériumok (*Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens* és *Bacillus cereus*) jelenlétében megvizsgáltam a majoránna és kakukkfű kivonatok baktérium szaporodás gátló hatását, amelyet turbiditás méréssel követtem nyomon. A kivonatokat 0,2 és 0,4 %-os koncentrációban vizsgáltam. A majoránna etanolos kivonatainak baktericid hatása elenyésző, míg az SFE kivonatok szignifikáns baktériumszaporodás gátló hatást (> 85%) mutattak 0,4 % koncentrációban, mindhárom baktérium jelenlétében. A kakukkfű kivonatokkal végzett kísérletekben a minimális inhibíciós koncentrációk a következők voltak: illóolaj esetén 0,1 %,

szuperkritikus kivonat esetén 0,1% kivéve a *P. fluorescens* jelenlétében, ahol kétszeres mennyiségű kivonattal (0,2 %) értem el 100%-os inhibíciós hatást. Az etanolos kivonatot 0,4% koncentrációban alkalmazva 12-40%-os baktériumszaporodás gátló hatást tapasztaltam.

Gyakorlati alkalmazhatóság

A kivonatok gyakorlati jelentőségét a felhasználhatóságuk jelenti. A majoránna szuperkritikus kivonatokban nem károsultak és nagy mennyiségben megtalálhatók a zöld pigmentek, így élelmiszerek (tészták) természetes színezésére kiválóan alkalmazhatók. Ezen felül, mivel antioxidáns és antimikrobiális tulajdosságokkal is jellemezhető, élelmiszerek (sajtok, sajtkrémek, saláták) eltarthatósága illetve mikrobiológiai stabilitása is biztosítható velük.

A kakukkfű kivonatok kiváló antimikrobiális hatásának köszönhetően alkalmazhatók húsok, húskészítmények eltarthatóságának növelésére.

A paradicsomtörkölyből előállított kivonatok magas likopin tartalommal jellemezhetők. A likopin, mint fontos egészségjavító komponens funkcionális élelmiszerekhez adható, illetve intenzív vörös színe miatt természetes élelmiszer festékként is alkalmazható.

Az értekezés témakörében megjelent publikációk

Angol nyelvű cikkek:

- 1) **Vági E.**, Simándi B., Hussein D., Deák A., Sawinsky J.: Recovery of pigments from *Origanum majorana* L. by extraction with supercritical carbon dioxide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **2002**, 50, 2297-2301.
- 2) **Vági E.**, Simándi B., Suhajda Á., Héthelyi É.: Essential oil composition and antimicrobial activity of *Origanum majorana* L. extracts obtained with ethyl alcohol and supercritical carbon dioxide. *Food Research International*, **2005**, 38, 51-57.
- 3) **Vági E.**, Rapavi E., Hadolin M., Vásárhelyiné P. K., Balázs A., Simándi B., Blázovics A. Phenolic and triterpenoid antioxidants from *Origanum majorana* L. herb and extracts obtained with different solvents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **2005**, 53, 17-21.
- 4) Hadolin M., **Vági E.**, Knez Z., Bauman D., Simándi B. Isolation and antimicrobial properties of rosmarinic acid a natural antioxidant. (közlésre elküldve)

Magyar nyelvű cikkek:

- 5) **Vági E.**, Rapavi E., Héthelyi É., Blázovics A., Simándi B. Majoránna (*Origanum majorana* L.) antioxidáns tulajdonságai. *Fitoterápia*, (közlésre elfogadva).

- 6) Héthelyi É., Korány K., **Vági E.**, Simándi B., Pluhár Zs., Németh É. Majoránna illóolaj és szuperkritikus kivonat jellemző kémiai karakterének meghatározása GC, GC/MS módszerrel. *Olaj, Szappan, Kozmetika*, **2003**, 52 (6), 234-245.
- 7) **Vági E.**, Simándi B., Suhajda Á., Janzsó B.: Szuperkritikus szén-dioxiddal kivont fűszer- és gyógynövény extraktumok mikrobiológiai aktivitásának vizsgálata. *Olaj, Szappan, Kozmetika*, **2002** (különszám), 51, 48-51.
- 8) Vásárhelyiné P. K., Simándi B., Hussein D., Éliás I, **Vági E.**: Konzervipari paradicsomhulladék hasznosanyag-tartalmának kinyerése. *Olaj, Szappan, Kozmetika*, **2002** (különszám), 51, 61-63.

Előadások:

- 1) **Vági E.**, Simándi B., Knez Z., Suhajda Á.. Növényi kivonatok mikrobiológiai aktivitásának vizsgálata. *Szuperkritikus oldószerek analitikai és műveleti alkalmazása*, (Kiadvány p.16), (ISBN 963 420 841 X), Budapest, **2005**. máj. 19.
- 2) **Vági E.**, Simándi B., Rapavi E., Hadolin M., Vásárhelyiné P. K., Blázovics A. Antioxidant activity of *Origanum majorana* L. herb and extracts obtained by supercritical CO₂ extraction. *7th International Symposium on Supercritical Fluids*, (Kiadvány p. 91) (ISBN 2-905267-42-9), Trieszt, Olaszország, **2004**. jún. 13-16.

- 3) **Vági E.**, Simándi B. Phyto products obtained by supercritical CO₂ extraction, an environmentally accepted technology. *Total Food 2004*, (Kiadvány p. 69-73.) (ISBN 0-7084-0644-5), Norwich, **2004.** ápr. 25-28.
- 4) Cossuta D., Simándi B., **Vági E.**, Keve T. Shiitake gomba extrakciója különböző oldószerekkel. *Műszaki Kémiai Napok '04.* (Kiadvány p. 303) (ISBN 963 9495 37 9), Veszprém, **2004.** ápr. 20-22.
- 5) Nagy B., Simándi B., **Vági E.** A szuperkritikus extrakció modellezése. *Műszaki Kémiai Napok '04.* (Kiadvány p. 304-305) (ISBN 963 9495 37 9), Veszprém, **2004.** ápr. 20-22.
- 6) Simándi B., **Vági E.**, Kmecz I., Sawinsky J. Növényi hatóanyagok kinyerése oldószeres és szuperkritikus extrakcióval. *Szimposium az agrár- és élelmiszeripari hulladékok csökkentésének lehetőségeiről*, (Kiadvány, p. 28-31), (ISBN 963 420 772 3), Budapest, **2003.** okt. 29.
- 7) **Vági E.**, Las Fuentes L., Lorenzo A., Simándi B.: Prevention and minimisation of agro-food wastes generation in the European industries. *ECCE, 4th European Congress of Chemical Engineering*, Granada, Spanyolország, **2003.** szept. 24-26.
- 8) Pető E., Simándi B., **Vági E.**, Matus Z., Keve T. Fűszerpaprika-őrlemény extrakciója és a termékek minőségének analitikai vizsgálata. *Műszaki Kémiai Napok '03.* (Kiadvány p. 370) (ISBN 963 7172 99 8), Veszprém, **2003.** ápr. 8-10.

- 9) Cossuta D., Nagy B., Tánczos T., Simándi B., **Vági E.**, Doleschall F. Kukoricacsíra extrakciója különböző oldószerekkel és a termékek minőségi vizsgálata. *Műszaki Kémiai Napok '03.* (Kiadvány p. 371) (ISBN 963 7172 99 8), Veszprém, **2003.** ápr. 8-10.
- 10) **Vági E.**, Simándi B., Suhajda Á., Héthelyi É., Kéry Á.: Microbiological activity of herb extracts obtained by supercritical carbon dioxide extraction. *High Pressure in Venice, 4th International Symposium on High Pressure Technology and Chemical Engineering, (Chemical Engineering Transactions, 2002, 2, 897-902.)*, (ISBN 88-900775-1-4), Velence, Olaszország, **2002.** Szept. 22-25.
- 11) **Vági E.**, Simándi B., Vásárhelyiné P. K., Héthelyi É., Suhajda Á., Deák A., Sawinsky J.: Isolation of high value components from marjoram (*Origanum majorana* L.) by extraction with supercritical carbon dioxide. *CHISA 15th International Congress of Chemical and Process Engineering, (Summaries 2, Separation Processes, D3.5, p. 151.)*, (ISBN 80-86059-33-2), Prága, Csehország, **2002.** aug. 25-29.
- 12) **Vági E.**, Simándi B., Suhajda Á., Janzsó B. Szuperkritikus fluid extrakcióval kinyert gyógynövény kivonatok mikrobiológiai aktivitásának vizsgálata. *Szuperkritikus oldószerek analitikai és műveleti alkalmazása*, (Kiadvány p.19), (ISBN 963 420 711 1), Budapest, **2002.** máj. 23.

- 13) Vásárhelyiné P. K., Simándi B., Hussein D., Éliás I., **Vági E.** Paradicsom törköly hasznosanyag-tartalmának kinyerése szuperkritikus extrakcióval. *Szuperkritikus oldószerek analitikai és műveleti alkalmazása*, (Kiadvány p.23), (ISBN 963 420 711 1), Budapest, **2002.** máj. 23.
- 14) András Cs., Simándi B., Farsang R., Héthelyi É., Domokos J., **Vági E.**, Deák A. Fűszerkömény (*Carum carvi* L.) extrakciója szuperkritikus szén-dioxiddal. *Szuperkritikus oldószerek analitikai és műveleti alkalmazása*, (Kiadvány p.24), (ISBN 963 420 711 1), Budapest, **2002.** máj. 23.
- 15) **Vági E.**, Simándi B., Suhajda Á., Janzsó B.: Szuperkritikus fluid extrakcióval kinyert gyógynövény kivonatok mikrobiológiai aktivitásának vizsgálata. *Műszaki Kémiai Napok '02.* (Kiadvány p. 126-128) (ISBN 963 7172 95 5), Veszprém, **2002.** ápr. 16-18.
- 16) **Vági E.**, Simándi B., Suhajda Á., Daood H. G., Deák A., Héthelyi É. Fűszerek hatóanyagainak kinyerése tiszta technológiával, extrakció szuperkritikus szén-dioxiddal. *XXIV. Kémiai Előadói Napok*, (Kiadvány p.137-138), Szeged, **2001.** okt. 29-31.
- 17) **Vági E.**, Simándi B. Fűszerek hatóanyagainak kinyerése tiszta technológiával, extrakció szuperkritikus szén-dioxiddal. *VII. Nemzetközi Környezetvédelmi Szakmai Diákkonferencia*, (Kiadvány p.38), Mezőtúr, **2001.** júl. 4-6.

18) **Vági E.**, Simándi B., Héthelyi É., Suhajda Á., Fekete J., Sawinsky J. Fűszerek hatóanyagainak kinyerése különböző vegyipari műveletekkel és a termékek minőségének vizsgálata. *Műszaki Kémiai Napok '01.* (Kiadvány p. 236) (ISBN 963 00 6467 7), Veszprém, **2001.** ápr. 24-26.

Poszterek:

- 1) Vatai T., Simándi B., **Vági E.**, Báthori M., Keve T. A közönséges orbáncfű (*Hypericum perforatum*) szelektív extrakciójának vizsgálata. *Szuperkritikus oldószerek analitikai és műveleti alkalmazása,* (Kiadvány p.22), (ISBN 963 420 841 X), Budapest, **2005.** máj. 19.
- 2) Nagy B., Simándi B., **Vági E.** A szuperkritikus extrakció modellezése, a kukoricacsíra és paprikaőrlemény extrakciója. *Szuperkritikus oldószerek analitikai és műveleti alkalmazása,* (Kiadvány p.20), (ISBN 963 420 841 X), Budapest, **2005.** máj. 19.
- 3) Cossuta D., Simándi B., Keve T., **Vági E.**, Lelik L. Shiitake gomba extrakciója szuperkritikus extrakcióval. *Szuperkritikus oldószerek analitikai és műveleti alkalmazása,* (Kiadvány p.18), (ISBN 963 420 841 X), Budapest, **2005.** máj. 19.
- 4) **Vági E.**, Kmecz I., Simándi B., Las Fuentes L. Upgrading and valorisation of food wastes by supercritical carbon dioxide extraction. *7th International Symposium on Supercritical Fluids,* Trieszt, Olaszország, **2004.** jún. 13-16.

- 5) **Vági E.**, Simándi B., Vásárhelyiné P. K., Daood H. Valorisation of agro-food waste by supercritical fluid extraction. *CE-FOOD*, Budapest, **2004.** ápr. 26-28.
- 6) Tömösközi S., Baticz O., Sarkadi L., **Vági E.**, Simándi B. Characterisation and functional properties of corn germ proteins. *CE-FOOD*, Budapest, **2004.** ápr. 26-28.
- 7) **Vági E.**, Simándi B., Vásárhelyiné P. K., Daood H. Értékes komponensek extrakciója paradicsom hulladékból szuperkritikus szén-dioxiddal. *Szimpózium az agrár- és élelmiszeripari hulladékok csökkentésének lehetőségeiről*, (Kiadvány, p. 54-57), (ISBN 963 420 772 3), Budapest, **2003.** okt. 29.
- 8) Tánczos T., Cossuta D., Nagy B., **Vági E.**, Simándi B., Doleschall F. Kukoricacsíra extrakciója különböző oldószerekkel és a termékek minőségének vizsgálata. *Szimpózium az agrár- és élelmiszeripari hulladékok csökkentésének lehetőségeiről*, (Kiadvány, p. 51-53), (ISBN 963 420 772 3), Budapest, **2003.** okt. 29.
- 9) **Vági E.**, Simándi B., Vásárhelyiné P. K., Hussein D.: Supercritical carbon-dioxide extraction of high valued compounds from industrial tomato wastes. *ECCE, 4th European Congress of Chemical Engineering*, Granada, Spanyolország, **2003.** szept. 24-26.

- 10) Hadolin M., **Vági E.**, Knez Z., Bauman D., Simándi B.: Isolation of rosmarinic acid and antimicrobiological properties of the extracts. *ECCE, 4th European Congress of Chemical Engineering*, Granada, Spanyolország, **2003.** szept. 24-26.
- 11) Vásárhelyiné P. K., Simándi B., Hussein D., Éliás I., **Vági E.**: Extraction of the utilizable substance of tomato wastes coming from the canning industry. *7th Meeting on Supercritical Fluids*, Proceedings Tome 2: Natural Products and Others, p. 693 (ISBN 2-905-267-33-10), Antibes, Franciaország, **2000.** dec. 6-8.

Egyéb publikációk, előadások:

- 1) **Vági E.**, Simándi B., Fuentes L. Az Awarenet internetes weboldal bemutatása. *Olaj, Szappan, Kozmetika*, **2004**, 53 (1), 41-42.
- 2) **Vági E.**, Simándi B., Salgó A., Blohin S. Az “Agro-food wastes reduction network (Awarenet)” tematikus hálózat bemutatása. *Élelmezési Ipar*, **2003**, 57 (9), 274-276.
- 3) **Vági E.**, Simándi B., Salgó A. Az Európai Bizottság Growth c. programja által támogatott “Agro-food wastes reduction network (rövid neve: Awarenet)” tematikus hálózat bemutatása. *Olaj, Szappan, Kozmetika*, **2003**, 52 (4), 159-160.
- 4) **Vági E.**, Simándi B., Fuentes L. Awarenet internetes weboldal bemutatása. *Szimposium az agrár- és élelmiszeripari hulladékok csökkentésének lehetőségeiről*, (Kiadvány, p. 8-10), (ISBN 963 420 772 3), Budapest, **2003**. okt. 29.