

Ph.D. értekezés tézisei

Növényi hatóanyagok kinyerése szuperkritikus extrakcióval

Csordásné Rónyai Erika

Témavezető: Dr. Simándi Béla
egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Vegyésmérnöki Kar

Vegyipari Műveletek Tanszék

2002

ELŐZMÉNYEK ÉS CÉLKITŰZÉSEK

Az élelmiszer-, gyógyszer és kozmetikai ipar egyre több természetes eredetű hatóanyagot igényel. A hagyományos kinyerési módszerek (vízgőz-desztilláció, oldószeres (etilénlikol, alkohol, hexán) extrakció) mellett a szuperkritikus extrakció sajátos lehetőséget kínál értékes növényi anyagok kinyerésében. A szuperkritikus állapotú oldószeres oldóképessége és szelektivitása a nyomás és/vagy hőmérséklet megfelelő beállításával változtatható. A kiindulási anyagból alkalmasan megválasztott nyomás- és hőmérséklet-értékek mellett csak a kívánt komponensek oldódnak. Az oldóképesség segédoldószeres (pl. kis szénatomszámú alkohol, víz, aceton, n-hexán) hozzáadásával is javítható. Az extrakt mellől elválasztott oldószer újra felhasználható. A szuperkritikus kivonat nyomokban sem tartalmaz oldószert, ami a szerves oldószeres extrakció legnagyobb hátránya. Az extrakció kíméletes körülmények között folyik, így a hőérzékeny komponensek károsodás és bomlás nélkül kinyerhetők, a kivonatok természetes összetételüket megőrzik, ellentétben például egy forralásos művelettel. A szuperkritikus extrakció elsősorban értékes anyagok előállításánál (pl. telítetlen zsírsavak, koffein stb.), valamint több műveleti lépés egyesítésében (pl. növényolaj extrakció és tisztítás) gazdaságos. A kivonat kiváló minőségű és nem olcsó alapanyag. Előnyös tulajdonságai miatt a legáltalánosabban használt szuperkritikus oldószer a CO₂, amely környezetbarát, nem toxikus, színtelen, szagtalan, nem gyúlékony.

Ezen értekezés célja, hogy bemutassa a szuperkritikus extrakció alkalmazhatóságát különböző minőségű növényi kivonatok előállításában, leírja a műveleti paraméterek laboratóriumi szintű optimalizálásának módszerét, továbbá közelítő matematikai modellt illesszen a kísérleti eredményekre.

VIZSGÁLATI ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A kísérletekhez a növényeket kereskedelmi forgalomból, illetve termesztési helyükről szereztem be.

A szuperkritikus extrakcióhoz 95-96 m%-os tisztaságú palackos CO₂-ot használtam. Az extrakciót laboratóriumi és kisüzemi extrakciós berendezésben hajtottam végre. Munkám során meghatároztam az aktuális műveleti paraméterek lehetséges tartományát, amelyben megvizsgáltam a paraméterek extrakciós hozamra, illetve kiválasztott hatóanyag hozamra (célfüggvények) gyakorolt hatását. A növényi hatóanyagokat az extrakciós nyomás lépcsőzetes növelésével, vagy az extraktor után sorbakötött két szeparátor nyomásának csökkentésével frakcionáltam. A CO₂-hoz etil-alkoholt keverve

vizsgáltam a segédoldószer hatását az oldószer oldóképességének, illetve az extrakció sebességének megváltozásában.

Összehasonlítás céljából hagyományos elválasztási műveleteket is (vízgőz-desztilláció, oldószeres extrakció) végeztem. Az oldószeres extrakcióhoz analitikai tisztaságú etil-alkoholt és n-hexánt használtam fel.

Meghatároztam a növényi minták szárítási veszteségét és a mintákra jellemző szemcseméret-eloszlást.

Elvégeztem a kinyert komponensek lehetséges azonosítását és azok mennyiségi meghatározását. GC és GC-MS módszereket használtam a szuperkritikus kivonatok és az illóolaj illékony komponenseinek analizéséhez. VRK-denzitometria, MPLC, HPLC és GC-MS módszerekkel vizsgáltam a nem illékony komponenseket. Szuperkritikus fázisú kromatográfiát, HPLC és GC technikákat alkalmaztam a zsíros olajos minták elemzéséhez. Mértem a növényolaj extrakció után visszamaradó liszt és fehérje izolátumok funkcionális tulajdonságait.

A laboratóriumi szuperkritikus extrakció eredményeit felhasználtam kisüzemi méretű extrakció tervezéséhez. Termelési kísérletekben a laboratóriumi extraktor üzemszerű működtetésével, illetve a kisüzemi extraktorról továbbfelhasználásra alkalmas mennyiségeket állítottam elő.

AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

1. A friss muskotályzsálya (*Salvia sclarea* L.) herbából kis nyomáson (100 bar) világossárga színű, illóolajban dús, kissé zsíros anyagot állítottam elő, amelynek megjelenése eltér a higan folyó desztillációs olajétól. A termékek összetételében lényeges különbségeket találtam: i) A CO₂-os kivonatra jóval nagyobb linalil-acetát : linalool arány jellemző (kb. 13-szorosa az illóolajos aránynak), ezért a kivonat igen jó minőségű. ii) A CO₂-os termék jelentős mennyiségű szkláreolt tartalmazott, míg desztillációval az nem nyerhető ki. iii) Az illóolajra magas α -terpineol tartalom jellemző. A szuperkritikus extrakció hozama (0,19 g extrakt/100 g friss herba) összemérhető a vízgőz-desztillációval elért hozammal (0,11 ml olaj/100 g friss herba) [2].
2. A görög zsálya (*Salvia triloba* L.) oldható komponenseit az extrakciós nyomás lépcsőzetes növelésével, illetve a teljes extrakt lépcsőzetes szeparálásával frakcionáltam. Az extraktor nyomása nagymértékben meghatározta a kivonat minőségét és mennyiségét. Kis nyomáson a legillékonyabb komponensek oldódtak, ugyanakkor a nyomás növelésével az illékony komponensek mellett a kevésbé illékony összetevők egy része is oldhatóvá vált, és mennyiségük az extrakciós nyomással

jelentősen nőtt. A lépcsős CO₂-os extrakcióval kapott hozamot (6,74 g extrakt/100 g száraz drog) összehasonlítottam egyéb kivonási módszerek hozamaival (vízgőz-desztilláció: 1,98 ml olaj/100 g száraz drog, hexános Soxhlet-extrakció: 6,87 g extrakt/100 g száraz drog). A lépcsős extrakció első fázisában előállított illóolajban dús kivonat (I) összetétele nagyon hasonló volt a desztillált olaj (II) összetételéhez. Mindkét olajos termék fő komponensei az 1,8-cineol (I: 33,1%, II: 38,9%), kámfor (I: 8,1%, II: 8,4%), α -terpineol (I: 3,7%, II: 4,9%), α -pinén (I: 4,3%, II: 5,9%), β -pinén (I: 3,2%, II: 4,4%) voltak. Frakcionált szeparálásnál az első szeparátor nyomása határozta meg második szeparátorban kiváló anyag mennyiségét és összetételét [3].

3. A körömvirág (*Calendula officinalis* L.) szuperkritikus extrakciós kísérleteiben a fajlagos oldószer-felhasználás, az elérhető hozam és az extrakció sebessége nagymértékben függött a kiindulási anyagok minőségétől. Meghatároztam a műveleti paraméterek lehetséges tartományát, amelyben 3² kísérletterv segítségével megvizsgáltam a műveleti paraméterek extrakciós hozamra, illetve kiválasztott hatóanyag hozamra (faradiol) gyakorolt hatását. Megállapítottam, hogy mindkét célfüggvény esetében a hőmérséklet lineáris hatása szignifikáns, a nyomás lineáris hatása közel esik az általában alkalmazott szignifikancia szinthez, a hőmérséklet és nyomás négyzetes hatása, valamint a hőmérséklet és nyomás között fellépő kölcsönhatás nem szignifikáns. A legnagyobb hozam, illetve faradiol hozam ugyanazon paraméterek mellett érhető el ($P_E = 450$ bar, $T_E = 60$ °C). Állandó extrakciós nyomáson frakcionált szeparálást végeztem. A szuperkritikus extrakcióval kapott kihozatal (5,27 g extrakt/100 g száraz drog) összemérhető a hexános Soxhlet-extrakció kihozatalával (6,37 g extrakt/100 g száraz drog), míg az alkoholos Soxhlet-extrakcióval jóval nagyobb hozamot (42,39 g extrakt/100 g száraz anyag) kaptam a poláros komponensek jelenlétéből adódóan. A desztillált olaj és az illóolajos CO₂-os kivonatok összetételében lényeges eltéréseket nem találtam. A különböző extrakciós körülmények között kapott kivonatokban a nagyértékű faradiol mennyisége (5,30 - 5,50 g/100 g kivonat) csak kismértékben különbözött. Az alkoholos kivonat faradiol-észter tartalma (0,10 g/100 g kivonat) mintegy két nagyságrenddel kisebb, mint a CO₂-os frakcióé (12,00 g/100 g kivonat) [11].

4. Az őszi margitvirággal (*Tanacetum parthenium* L.) elvégzett szuperkritikus extrakciós kísérletekben meghatároztam a vizsgált műveleti paraméterek lehetséges tartományát, amelyben 3² kísérletterv segítségével megvizsgáltam a műveleti paraméterek extrakciós hozamra, illetve hatóanyag (parthenolid) hozamra gyakorolt hatását. Megállapítottam, hogy a nyomás lineáris és négyzetes hatása, valamint a hőmérséklet és nyomás lineáris hatásai közötti kölcsönhatás nagymértékben szignifikáns. A

hőmérséklet lineáris hatása, illetve a nyomás és a hőmérséklet négyzetes hatásai közötti kölcsönhatás közel van a szokásos szignifikanciaszinthez. Legnagyobb hozamot (5,22 g extrakt/100 g száraz drog), illetve parthenolid hozamot $P_E = 400$ bar és $T_E = 60$ °C beállítás mellett kaptam (0,50 g/100 g kivonat). Állandó extrakciós nyomás mellett frakcionált szeparálással különböző minőségű termékeket állítottam elő. A szuperkritikus extrakcióval kapott kihozatal összemérhető a hexános Soxhlet-extrakció kihozatalával (4,29 g kivonat/100 g száraz drog), míg az alkoholos Soxhlet-extrakcióval a CO₂-os hozam többszöröse érhető el (24,02 g kivonat/100 g száraz drog). A CO₂-os termékek és az illóolaj összetétele különbözött, de fő összetevők mindkét termékben a kámfor és a krizantenil-acetát voltak. A CO₂-os kivonatokban mért parthenolid mennyiségét célfüggvénynek választva a vizsgált műveleti tartományban kísérlettervezés módszerével meghatároztam a legnagyobb hatóanyag hozamot eredményező extrakciós nyomást és hőmérsékletet [4,12].

5. A kukoricacsírából (*Zea Mays* L.) szuperkritikus CO₂ és CO₂ + alkohol keverék oldószerekkel állítottam elő olajat. Az oldószerelegy alkohol tartalmának növelése nagymértékben befolyásolta az extrakció sebességét, csökkentette az extrakciós időt és a fajlagos oldószer felhasználást (10 % alkohol tartalom esetén a fajlagos oldószer felhasználás a tizedrészére csökkent). Az alkohol adagolásának hatására az apoláros CO₂-ban oldhatatlan vagy csak kismértékben oldható foszfolipidek oldékonysága (0,026 g/100 g olaj) jelentősen megnőtt (0,756 g/100 g olaj). A művelet gazdaságosságának becsléséhez olyan szeparációs paramétereket vizsgáltam, melyek beállításával az olaj az alkoholtól elválasztható, az alkohol a rendszerbe visszavezethető. A CO₂-os extrakció hozama (50,10 g olaj/100 g száraz csíra) összevethető a hexános extrakcióéval (50,13 g olaj/100 g száraz csíra). A CO₂-dal előállított olajok különleges kellemes aromájúak és jó minőségűek voltak. Megvizsgáltam az extrakció után visszamaradt liszt és fehérje izolátumok funkcionális tulajdonságait. A fehérje izolátumok emulgeáló tulajdonságaihoz tartozó értékek között nagy eltéréseket nem tapasztaltam. Úgy találtam, hogy az emulzióképzéshez szükséges

lipideknek van egy optimális mennyisége, míg az emulzió stabilitása az olajtartalommal csökken. A csírafehérjék habképző képessége nagyon jó, de a CO₂-hoz alkoholt keverve az extrakció után visszamaradó őrlemény habképző tulajdonsága is javult. A liszt jelentős mennyiségű vizet képes megkötni. Az oldószer alkohol tartalmának növekedése kismértékű hatást gyakorolt a víz- és olajmegkötő képességekre. Ugyanez az irányvonal figyelhető meg a fenti izolátumok vízmegkötésénél [1, 9].

6. Az olívbogyó (*Olea europea* L.) előkísérletei során megállapítottam, hogy a vizsgált körülmények között az extrakciós nyomás, a bogyóhús nedvességtartalma és a szemcseméret nagymértékben befolyásolta az extrakció sebességét, az extrakciós hozamot és a fajlagos oldószer-felhasználást. További bogyóhús és mag minták felhasználásával, állandó extrakciós nyomás mellett, a mag- és húsmintákkal kihozatali kísérleteket végeztem. A CO₂-os extrakció alkalmas volt a magminták oldható anyagainak eltávolítására, így a CO₂-os extrakciót követő hexános extrakció hozama (0,16 – 0,64 g olaj/100 g száraz anyag) meglehetősen kicsi volt. A húsminták esetében azonban a további hexános extrakcióval igen jelentős hozamot (13,46-18,69 g olaj/100 g száraz anyag) kaptam. Alkoholos extrakcióval valamennyi nyersanyagból jelentős mennyiségű kivonatot állítottam elő. Az olajokban főként gliceridek voltak jelen: monogliceridek (monoolein, monolinolein), trigliceridek (legjellemzőbb a trilinolein), diglicerid (valószínűleg dilinolein). Általánosan igaz, hogy a kivonatok az extrakció kezdetén jelentős monoolein tartalommal rendelkeztek, míg az extrakció előrehaladtával a kivonatokban megnőtt a trigliceridek mennyiségének aránya. A kihozatali kísérletekben kapott különböző olajbogyókból származó minták főkomponensei trigliceridek (triolein, glicerin-1,2-oleát-3-palmitát) voltak, de kis mennyiségű glicerin-1,3-palmitát-2-oleátot és olajsavat is tartalmaztak. A bogyóhúsból kapott kivonatok összetételében a szuperkritikus extrakció előrehaladtával jelentős különbség nem mutatkozott. A CO₂-os olajok többségénél az extrakció előrehaladtával a minták szkvalén és α-tokoferol %os tartalma kismértékben növekedő tendenciát mutatott [18, 20].

7. A kísérletekben kapott kihozatali eredményeket leírására matematikai modelleket használtam.

Kis mennyiségű egynemű hatóanyag kinyerése esetében az (1) modell alkalmazhatóságát vizsgáltam:

$$Y = Y_{\infty} (1 - \exp(-kt)) \quad (1)$$

ahol Y a t idő alatt a fluid fázissal kihozott anyag mennyisége (kg/kg), Y_{∞} az oldható anyag teljes mennyisége (végtelen idejű extrakcióval elérhető hozam) (kg/kg), k a sebességi vagy anyagátadási koefficiens (1/s), t az extrakció ideje (s). Megállapítottam, hogy a vizsgált modell a kísérleti eredményeket jól leírja, a görbe a kevés számú mérési pont ellenére is jól illeszkedik.

Nem egynemű hatóanyag kinyerésekor a (2) modell alkalmazhatóságát vizsgáltam:

$$Y = Y_{1\infty} (1 - \exp(-k_1t)) + Y_{2\infty} (1 - \exp(-k_2t)) \quad (2)$$

ahol $Y_{1\infty}$ és $Y_{2\infty}$ a viaszos és illó komponensek teljes mennyisége (kg/kg), k_1 és k_2 a sebesség vagy anyagátadási koefficiens (1/s) és Y az összhozam (kg/kg). Az egyenlet

jobb oldalán szereplő első tag a nem illékony komponensekben dús frakció, a második tag az illékony komponensekben dús frakció kinyerését írja le.

A modell jól használható fracionálásos kísérletek leírására. A görögzsálya eredményeiből megállapítható, hogy Y_{2Y} egyenes arányban, míg Y_{1Y} fordított arányban változik az első szeparátor nyomásával. Ez azt jelenti, hogy minél több illékony komponenst tartalmaz a második szeparátor terméke, Y_{2Y} értéke annál nagyobb. k_1 és k_2 fordított arányban függenek az első szeparátor nyomásától.

A körömvirággal és őszi margitvirággal végrehajtott kísérleti tervek eredményeinek leírására az (1) modellt használtam. Mindkét esetben megállapítottam, hogy az Y_Y értékekre ugyanazok a hatások szignifikánsak, amelyek az $Y_{mért}$ esetében.

A körömvirág kivonatokban meghatározott értékes főkomponens mennyiségének időbeni változása az (1) modell segítségével leírható. Az Y_Y értékek csak kismértékben tértek el a mért Y értékektől.

Nagy mennyiségű (> 45%) egynemű hatóanyag oldódásának kísérleti értékeire a (3) modell illeszthető:

$$Y = b \cdot X \quad \text{ha } X \leq Y'_1/b$$

$$Y = Y'_1 + Y'_2 \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{b}{2} \left(X - \frac{Y'_1}{b} \right) \right] \right\} \quad \text{ha } X > Y'_1/b \quad (3)$$

ahol Y a kivonat mennyisége (g olaj/100 g szárazanyag), Y'_1 az anyag felületén levő (szabad) olaj mennyisége (g olaj/100 g szárazanyag), Y'_2 az anyag részecskéinek belsejében lévő (kötött) olaj mennyisége (g olaj/100 g szárazanyag), b az olajoldékonyság (g olaj/kg oldószer) és X a fajlagos oldószeráram (kg CO_2 /kg szárazanyag).

Kisebb mennyiségű zsíros olaj (olívaolaj) extrakciójánál az (1) modellt alkalmaztam. Megállapítottam, hogy a vizsgált minta kisebb nedvességtartalma és részecskemérete nagyobb Y_Y és k értékeket eredményezett.

A CO_2 -OS KIVONATOK HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI

A muskotályzsályából nyert kivonat jó minőségű, illóolajban gazdag, ezért kozmetikai és élelmiszeripari célú felhasználásra javasolható. A görögzsályából előállított illóolajos termék elsősorban gyógyászati célokra hasznosítható. A körömvirág és az őszi margitvirág olajos kivonatai kiemelt terápiás értékűek, ezért gyógyászati készítményekhez használhatók. Kozmetikai célú felhasználásukat támogatja, hogy a kivonatban jelenlévő nem illékony zsíros, viaszos összetevők és illékony komponensek többszörös funkciót képesek betölteni a végtermékben. A körömvirág kivonatát a

Gradiens Kft. évek óta használja hatóságilag engedélyezett gyógy- és kozmetikai termékek gyártásához. A kukoricacsírából előállított olaj és liszt egyaránt értékes alapanyag az élelmiszeripar számára. Az olívbogyóból jó minőségű élelmiszeripari célokra használható olaj nyerhető.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁBAN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Külföldön megjelent idegen nyelvű folyóiratcikk

- [1] **Rónyai E.**, Simándi B., Tömösközi S., Deák A., Vígh L., Weinbrenner Zs.: Supercritical Fluid Extraction of Corn Germ with Carbon Dioxide - Ethyl Alcohol Mixture, *The Journal of Supercritical Fluids* **14**, 75-81 (1998).
- [2] **Rónyai E.**, Simándi B., Lemberkovics É., Veress T., Patiaka D.: Comparison of the Volatile Composition of Clary Sage Oil Obtained by Hydrodistillation and Supercritical Fluid Extraction, *The Journal of Essential Oil Research* **11**, 69-71 (1999).
- [3] **Rónyai E.**, Simándi B., Lemberkovics É., Veress T., Patiaka D.: Comparison Between the Essential Oil and Supercritical Carbon Dioxide Extract of *Salvia fruticosa*, *The Journal of Essential Oil Research* **11**, 499-502 (1999).
- [4] Kéry Á., **Rónyai E.**, Simándi B., Lemberkovics É., Keve T., Deák A., Kemény S.: Recovery of a Bioactive Sesquiterpene Lactone from *Tanacetum parthenium* by Extraction with Supercritical Carbon Dioxide, *Chromatographia*, **49**, 503-508 (1999).

Magyar nyelvű folyóiratcikk

- [5] Simándi B., Sawinsky J., **Rónyai E.**, Kemény S., Deák A.: Növényolajok kinyerése és feldolgozása szuperkritikus oldószerekkel, *Olaj, Szappan, Kozmetika*, **45** (1), 15-24 (1996).
- [6] **Rónyai E.**, Simándi B., Kéry Á., Lemberkovics É., Then M., Csordás A.: Növényi kivonatok előállítása szuperkritikus extrakcióval, *Olaj, Szappan, Kozmetika* (Különszám) **45**, 94-99 (1996).

Nemzetközi konferenciakiadványban megjelent idegen nyelvű cikk

- [7] Simándi B., Oszagyán M., **Rónyai E.**, Fekete J., Kéry Á., Lemberkovics É., Máthé I., Héthelyi É.: Supercritical Fluid Extraction of Medicinal Plants. In: *Proceedings of the 3rd International Symposium on High Pressure Chemical Engineering* (Eds: Ph. Rudolf von Rohr and Ch. Trepp), Elsevier, Zürich, pp. 357-362, 1996.
- [8] **Rónyai E.**, Simándi B., Then M., Pernecky S., Csató E., Szentmihályi K.: Supercritical Fluid Extraction of Clary Sage and Study of Sclareol and Elements Content in Parts of Plant. In: *Proceedings of the 27th International Symposium on Essential Oils* (Vienna, Austria, 1996) (Eds: Ch. Franz, Á. Máthé, G. Buchbauer),

Allure Publishing Corporation, Carol Stream, IL, pp.152-156, 1997.

- [9] **Ronyai E.**, Simándi B., Tomoskozi S., Deak A., Vigh L., Weinbrenner Zs.: Supercritical Fluid Extraction of Corn Germ with Carbon Dioxide - Ethyl Alcohol Mixture. In: *4th International Symposium on Supercritical Fluids*, (Eds.: Saito S., Arai K.) Sendai, Japan, pp. 227-230, 1997.
- [10] Simándi B., **Rónyai E.**, Hajdú V., Kemény S., Domokos J., Héthelyi É., Oszagyan M., Palinkás J., Kéry Á., Veress T.: Supercritical Fluid Extraction of Medicinal and Aromatic Plants for Use in Cosmetics. In: *Proceedings of 5th Meeting on Supercritical Fluids: Materials and Natural Products* (Eds: M. Perrut and P. Subra, I.N.P.L. Atelier de reprographie, Vandœuvre Cédex), Nizza, France, pp. 601-606, 1998.
- [11] **Rónyai E.**, Simándi B., Deák A., Kéry Á., Lemberkovics É., Keve T., Lack E.: Production of Marigold Extracts with Carbon Dioxide Supercritical Fluid Extraction. In: *Proceedings of 5th Meeting on Supercritical Fluids: Materials and Natural Products* (Eds: M. Perrut and P. Subra, I.N.P.L. Atelier de reprographie, Vandœuvre Cédex), Nizza, France, pp. 607-612, 1998.
- [12] Kéry A., Simándi B., **Rónyai E.**, Lemberkovics É.: Supercritical Fluid Extraction of Some Non-Volatile Bioactive Terpenoids. In: *Proceedings of 5th Meeting on Supercritical Fluids: Materials and Natural Products* (Eds: M. Perrut and P. Subra, I.N.P.L. Atelier de reprographie, Vandœuvre Cédex), Nizza, France, pp. 561 - 566, 1998.

Magyar folyóiratban megjelent előadás összefoglaló

- [13] **Rónyai E.**, Simándi B., Then M., Lemberkovics É., Pernecky S., Csató E.: Orvosi zsálya és muskotályzsálya hatóanyagainak kinyerése szuperkritikus extrakcióval, *Gyógyszerészet* **40**, 161 (1996).
- [14] **Rónyai E.**, Simándi B., Deák A., Tömösközi S., Weinbrenner Zsuzsa, Zámbo I., Fatér Zs., Then M., Gao Y.: Növényolajok kinyerése szuperkritikus extrakcióval, *Acta Alimentaria* **26** (1), 96 (1997).

Előadások nemzetközi konferenciákon

- [13] Kéry Á., Oszagyan M., Simándi B., Horváth K., Sawinsky J., **Rónyai E.**: Production and Characterisation of Thyme Extracts Prepared by Steam Distillation Solvent- and Supercritical Fluid Extractions, 9th Congress of Food Science and Technology, Budapest, 1995.
- [14] Kéry Á., Oszagyan M., Simándi B., Horváth K., Lemberkovics É., **Rónyai E.**: Effects of Steam Distillation, Solvent- and Supercritical Fluid Extractions on the Composition and Phytotherapeutical Value of Thyme Extracts, 26th International Symposium on

- Essential Oils, Hamburg/G., 1995.
- [15] **Rónyai E.**, Simándi B., Then M., Lemberkovics É., Pernecky S., Csató E.: Investigation of Carbon Dioxide Supercritical Fluid Extraction of Sage and Clary Sage, CHISA`96, Praha, Czech Republic, 1996.
- [16] **Rónyai E.**, Simándi B., Deák A., Kemény S., Panayiotou C., Lambrou Ch., Missopolinou D., Samu Zs.: Isolation of High-Value Vegetable Oils Using Supercritical Carbon Dioxide Extraction, International Symposium of Energy and Food, Budapest, September, 1998.
- [17] Simándi B., J. Sawinsky, **Rónyai E.**, Czukor B., Sass-Kiss Á., Perédi K., Daood H., Kéry Á., Lemberkovics É., Héthelyi É., Oszagyán M.: Supercritical Fluid Extraction of Spices, International Symposium of Energy and Food, Budapest, September, 1998.
- [20] Lambrou, Ch., Missopolinou-Tatala, D., Panayiotou, C., Simandi B., **Ronyai E.**, Prechl A., Dimou, E., Petropoulou, A.: Chromatographic Study of α -Tocopherol and Squalene in Olive Fruit Extracted with Supercritical Carbon Dioxide, 2nd International Conference of the Chemical Societies of the South-Eastern European Countries on Chemical Sciences for Sustainable Development, Halkidiki, Greece, 2000.
- [21] Simandi B., András Cs., Domokos J., **Ronyai E.**, Prechl A., Deák A.: Supercritical fluid extraction of *Rosa canina* L., 14th International Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA 2000, (Separation Processes and Equipment, Praha, Czech Republic, 2000.

Előadások magyar konferenciákon

- [22] Oszagyán M., Simándi B., Kéry Á., Horváth K., **Rónyai E.**: Szuperkritikus extrakció alkalmazása a Lamiaceae családba tartozó gyógynövények illóolajának kinyerésére, Műszaki Kémiai Napok '94, Veszprém, 1994.
- [23] **Rónyai E.**, Simándi B., Then M., Lemberkovics É., Pernecky S., Csató E.: Orvosi zsálya és muskotályzsálya hatóanyagainak kinyerése szuperkritikus extrakcióval, 9. Magyar Gyógynövény Konferencia és 4. Magyar Fitoterápiás Konferencia, Szeged, 1995.
- [24] **Rónyai E.**, Simándi B., Kéry Á., Lemberkovics É., Then M.: Szuperkritikus extrakció alkalmazása növényi kivonatok előállítására, Műszaki Kémiai Napok '96, Veszprém, 1996.
- [25] **Rónyai E.**, Simándi B., Kéry Á., Lemberkovics É., Then M., Csordás A.: Növényi kivonatok előállítása szuperkritikus extrakcióval, Szuperkritikus oldószerek analitikai és műveleti alkalmazása, Budapest, 1996.

- [26] **Rónyai E.**, Simándi B., Deák A., Tömösközi S., Weinbrenner Zs., Zámbo I., Fatér Zs., Then M., Gao Y.: Növényolajok kinyerése szuperkritikus extrakcióval, Élelmiszertudományi Konferencia, Budapest, 1996.
- [27] **Rónyai E.**, Simándi B., Kéry Ágnes, Lemberkovics Éva, Sawinsky J., Deák A., Kemény S., Keve T., E. Lack: Gyógyhatású növényi kivonatok előállítása szuperkritikus CO₂ extrakcióval, Műszaki Kémiai Napok `98, Veszprém, 1998.
- [28] Rónyai E., Simándi B., Deák A.: Növényi anyagok extrakciójának leírása matematikai modellek alkalmazásával, Szuperkritikus oldószerek műveleti és analitikai alkalmazása, Budapest, 2002.

Az értekezés témájához részlegesen kapcsolódó publikáció

- [29] Then M., Simándi B., **Rónyai E.**, Pernecki S., Szentmihályi K.: Különféle kivonási eljárással készült mákolajok összehasonlító vizsgálata, *Olaj, Szappan, Kozmetika* **45** (6), 228-232 (1996).
- [30] Simándi B., Deák A., **Rónyai E.**, Gao Y., Veress T., Lemberkovics É., Then M., Sass-Kiss Á., Vámos-Falusi Zs.: Supercritical Carbon Dioxide Extraction and Fractionation of Fennel Oil, *J. Agric. Food Chem.* **47**, 1635-1640 (1999).