

A kinyerési módszer befolyása a vadkömény-illóolaj kihozatalára és főkomponenseire

The Effect of Extraction Methods on Caraway Essential Oil Yield and Composition

Influența metodelor de extracție asupra gradului de extracție și a componentilor majori din uleiul volatil de chimen sălbatic

ANDRÁS Csaba Dezső¹, SALAMON Rozália Veronika¹, VOLF Irina²,
BARABÁS Imola¹, DOBRI Emőke¹, SZÉP AI. Sándor¹

¹ Sapientia EMTE-Kolozsvár, Műszaki és Társadalomtudományi Kar, Élelmiszer-tudományi Tanszék, Csíkszereda, Szabadság tér 1.

² Iași-i „Gh. Asachi” Műszaki Egyetem, Vegyész- és Környezetmérnöki Kar, Iași, Bdul. Mangeron 71.

ABSTRACT

The wild cumin (Carum carvi L.) samples were collected from a little meadow situated in Harghita Mountain (Csíkmadaras, Hargitafürdő), and the harvested was obtained from the market. The essential oil was obtained with Clevenger-type laboratory steam distillation equipment (both, electrically and microwave heated) and with CO₂ in supercritical state, using laboratory scale SFT 100 apparatus. The variation in time of the essential oil yield directly, and the main component contents was determined by GC-FID. The highest yield was obtained by hydro-distillation, but the fastest was microwave technique. The microwave pre-treatment and supercritical extraction involves some loss of the essential oils, which influence the ratio of carvone/limonene of the extract. In case of supercritical extraction the tapping moments and parameters affect both the yield of essential oil and the carvone/limonene ratio, which grow in time.

ÖSSZEFOGLALÓ

A vadkömény (Carum carvi L.) mintákat a Hargita hegység hegyi kaszálóiról (Csíkmadaras, Hargitafürdő) gyűjtöttük, míg a termesztett mintákat a kereskedelemből szereztük be. Az illóolaj kivonást elektromos, valamint mikrohullámú fűtésű Clevenger-típusú laboratóriumi vízgőz-desztillációs berendezéssel, valamint a szuperkritikus állapotú szén-dioxiddal végeztük az SFT 100 készülékben. Az illóolaj hozamot közvetlenül, a fő összetevő tartalmat gáz-kromatográffal határoztuk meg. Legnagyobb hozamot a hidrodesztilláció, a leggyorsabbat a mikrohullámú technika biztosítja. A mikrohullámú előkezelés és szuperkritikus extrakció némi veszteséggel jár az illóolaj kihozatal és a kivonat karvon/limonén arányát illetően. Szuperkritikus extrakció esetében a lecsapolási paraméter és az idő befolyásolja a hozamot, valamint az illóolaj karvon/limonén arányát, amely növekszik az idő múlásával.

1. BEVEZETÉS

A vadon termő és a termesztett kömény (*Carum carvi* L.) közismert fűszernövény és élelmiszeripari aroma- és gyógyszeripari alapanyag¹. A magyar konyha főleg a húskészítmények, péksütemények és szeszes italok aromaanyagaként alkalmazza¹⁻⁴. A gyógyászatba is elterjedt illóolaj hatóanyagainak következtében. Kivonata emésztés-serkentő és görcsoldó⁵, antiszeptikus hatású (pl. az *Escherichia coli* és *Staphylococcus aureus* ellen⁶), szabadgyök-fogó képességé négyesere a C-vitaminénak⁷, vércukorszint-csökkentő⁸ és asztmaellenes⁹, tejtermelést serkentő hatású¹⁰, valamint egyes megfigyelések szerint a spontán abortuszt is gátolja¹¹. A kömény-extraktumok (különösen a főkomponensek) alkalmasak a növényvédelemben és terméktárolásban. Az illóolaj gyökérgolyva növekedés¹², a d-karvon pedig burgonya-csírázás¹³, gátlására alkalmas. Rovarölő hatása is bizonyított, az illóolaj a talajban lévő és a raktári rovarok ellen is alkalmazható⁴.

A magok illóolaj tartalma változó értéket mutat a vad, illetve a termesztett éves vagy kétéves konyhakömény esetében, az egyéves 2,5% körüli⁴, a kétéves eléri, sőt meghaladhatja a 7%-ot¹⁻³, a vadkömény esetén

az illóolaj-tartalom 6,5-7,5 ml/(100 g szárazanyag) körüli értékű³. Az illóolajtartalmat és az összetevők arányát befolyásoló tényezők: a talaj jellege és megmunkálása, az éves csapadék és tápanyagpótlás mennyisége, a nemesítés, az érési, betakarítási, szárítási és kinyerési technológiák⁴. Az illóolaj összetétel jelentősen befolyásolja az antimikrobiális hatást, magas karvon-tartalom fokozott aktivitást eredményez¹⁴. A vadkömény illóolajhozamát befolyásoló legfontosabb tényezők az élőhely, a betakarítás időszaka, a szárítási technológia és természetesen a kinyerési módszer³.

Jelen kutatás célja, a különböző terméshelyű vadkömény illóolaj-kihozatalának vizsgálata a kinyerési módszerek függvényében, illetve az extrakciós módszer két fő komponensre gyakorolt hatásának a felderítése.

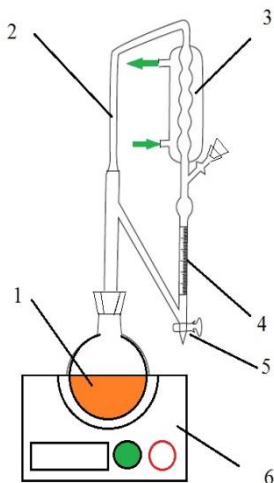
2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vadköménymintákat Csíkszereda vidékéről gyűjtöttük 2012 és 2013 nyarán. A begyűjtési helyek Csíkmadaras, a Madaras patak melletti rét, ahol aránylag kis területen vadkömény populációk gazdagon borítják a tisztást, Hargitafürdő, ahol a begyűjtést 2013. július hónap közepén (2013.07.16) és végén (2013.07.28) végeztük. A szárastól begyűjtött növényt először osztályoztuk, különválasztva a zöld és az érett hajtásokat, majd szárítottuk, leszemeltük, szitálással és szélfúvással tisztítottuk. Az így nyert szemeket száraz helyen tároltuk a minták elemzéséig. A vadköménymintákkal kivonásával párhuzamosan, összehasonlítás céljából, elvégeztük a kereskedelemben forgalmazott örölt és öröletlen természetű kömény (kódolt jel: T1 és T2) illóolaj extrakcióját.

Az egyensúlyi nedvességig szárított köménymag illóolaj kivonását több módszerrel végeztük, és pedig:

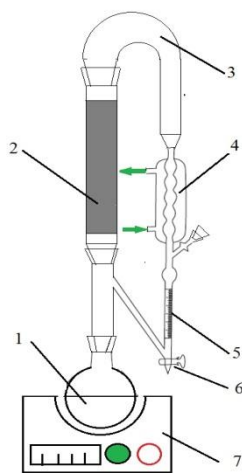
a) *Hidrodesztillációs módszer*: a laboratóriumi 1,5 ml gyűjtőtérfogatú, 0,01 ml beosztású Clevenger-gyűjtővel ellátott, elektromosan fűtött, 125 W teljesítményű vízgőz desztillációs készülékkel dolgoztunk (1. ábra), ahol minden próba 10 g szárított, örölt vagy öröletlen 200 ml desztillált vízben szuszpendált mintát tartalmazott. A készülék megfelel a Gyógyszerkönyvi leírásnak¹⁵.

b) *Vízgőz-desztillációs módszer*: elektromosan fűtött fészekben helyezett üveglombikban előállított nedves gőzt vezettünk át, 10 g örleményt tartalmazó üvegoszlopban elhelyezett tölteten. Az oszlopot elhagyó gőzök a kilépő ágra csatlakoztatott hőcserélőben kondenzáltak és a kondenzátumot Clevenger-gyűjtőben fogtuk fel (2. ábra).



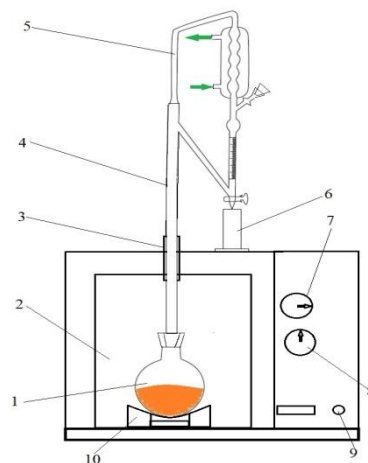
1. ábra

A Clevenger-hidrodesztillációs berendezés vázlatja: 1. Gömblombik, 2. Gőzcső, 3. Gőzkondenzátor, 4. Térfogatmérő kapillaris, 5. Leeresztő csap, 6. Elektromos fűtőfészek (125 W)



2. ábra

A vízgőzdesztillációs berendezés vázlatja: 1. Gőz-fejlesztő lombik, 2. Növényi mintával töltött oszlop, 3. Csatlakozó cső, 4. Gőzkondenzátor, 5. Térfogatmérő kapillaris, 6. Le-eresztő csap, 7. Elektromos fűtőfészek (125 W)



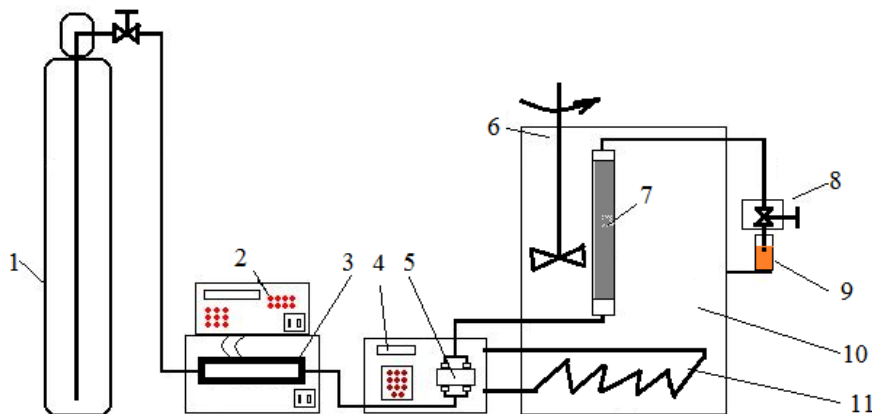
3. ábra

A mikrohullámú hidrodesztillációs berendezés vázlatja: 1. Gömblombik, 2. Mikrohullámú készülék fűtőtere, 3. Árnyékoló cső, 4. Gőzkiveztő cső, 5. Clevenger-feltét, 6. Mintavevő, 7. Időzítő szabályzó, 8. Teljesítmény szabályzó, 9. Indító /leállító kapcsoló, 10. Teflon gömblombik tartó.

c) *Mikrohullámú hidrodesztilláció*¹⁶⁻¹⁸: a lombikban lévő 200 ml desztillált vízben szuszpendáltuk 10 g őrlött mintát, majd módosított Hinari S110 mikrohullámú készülékben (3. ábra) desztilláltuk az állandó illóolajsztint beállítáig.

d) *Mikrohullámú előkezelést követő hidrodesztilláció*: a lombikban lévő 200 ml desztillált vízben szuszpendáltuk a 10 g őrlött mintát mikrohullámú készülékben (módosított Hinari S 110) reflux alatt 5, 15 és 30 percig kezeltük majd a Clevenger-gyűjtőhöz csatlakoztattuk és bemértük az illóolaj-kihozatalt.

e) *Szuperkritikus állapotú széndioxidos extrakció (SFE)*¹⁹⁻²³: Supercritical Fluid Technology SFT 100 System típusú készülékkel (4. ábra) dolgoztunk, ahol a 10 ml hasznos térfogatú cső-extraktorban, 40 °C hőmérsékleten és 100 atm feletti nyomásértéken, szuperkritikus szén-dioxiddal, szakaszos üzemben vontuk ki a szobahőmérsékleten, laboratóriumi Retsch Grindomix GM 200 malomban őrlött minta illóolaját. A mintavételt a 42 °C hőmérsékletre felfűtött izotermikus szelep nyitásával végeztük, a kondenzált illóolajat mintagyűjtőbe fogtuk fel.



4. ábra

A szuperkritikus extraktor berendezés vázlatja

1. Merülő csőves szén-dioxid palack 2. Vezérlőegység 3. Peltier-hűtő 4. Szivattyú- és fűtésvezérlő egység 5. Nagynyomású szivattyú 6. Hűtőventillátor 7. Cső-extraktor, 8. Izoterm lefűvató szelep, 9. Mintagyűjtő 10. Hőszabályzott fűtőtér 11. Fűtőellenállás.

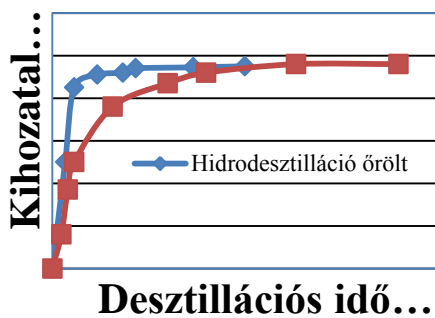
Az illóolaj komponensek minőségi és relatív százalékos meghatározására gázkromatográfias módszert²⁴⁻²⁵ alkalmaztunk. Az elemzésig minden mintát csavarmentes alumínium-fóliával borított szilikonkaucsuktömítésű zárt fiolában tároltuk +4 °C-on. A gázkromatográfias (GC-FID) körülmények minden minta esetében ugyanazok voltak, éspedig Varian CP-3380 típusú készülék, 100×0,25 mm kvarc-kapilláris CP-Sil88 (FAME) állófázissal feltöltött kolonna, lángionizációs detektor (FID), 270 °C-os detektor és injektor, 235 kPa nyomású hidrogén vivőgáz. A hőmérséklet-program: felfűtés 50 °C-ra 1 percig, majd 5 °C/perc gradienssel történő fűtés a meghatározott hőmérsékletig (210...270 °C). A gyűjtött minták vízmaradványának eltávolítására vízmentes nátrium-szulfát kristályokat alkalmaztunk. Az injektált mintában (V=1 µl) az illóolaj és a kromatográfias tisztaságú n-hexán térfogataránya 1:15.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

3.1. Az extrakciós módszer befolyása az illóolaj-kihozatal időbeli változására

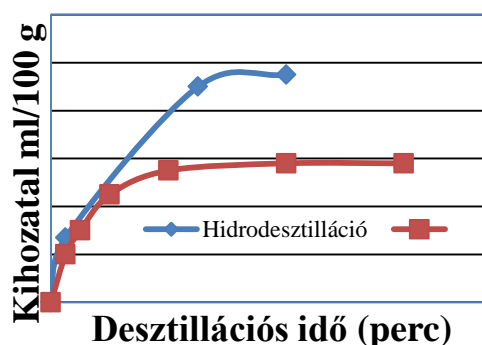
A Clevenger-gyűjtővel felszerelt laboratóriumi berendezések alkalmasak a kivonat mennyiség időbeli változásának mérésére is. Mivel az emulzióbontás hőmérsékletfüggő, nagyteljesítményű fűtés esetén lehetséges, hogy a mért mennyiség emulzió, ami egy bizonyos idő elteltével szétválk, így a kinetikai görbén megjelenhet a maximumpont. A mérési adatokat ml illóolaj/100 g mintára vonatkoztatva fejeztük ki.

Összehasonlítva a különböző módszerekkel végzett kvantitatív extrakciós méréseket az állapítható meg, hogy míg a klasszikus és mikrohullámú előkezelésű és fűtésű desztillációnál meghatározható az illóolaj mennyiség időbeli változása, a vízgőz-desztillációs és szuperkritikus technikáknál már ez nem vezet egy elfogadható eredményhez. Ennek fő oka a kivont illóolaj leválasztásakor fellépő veszteség.



5. ábra

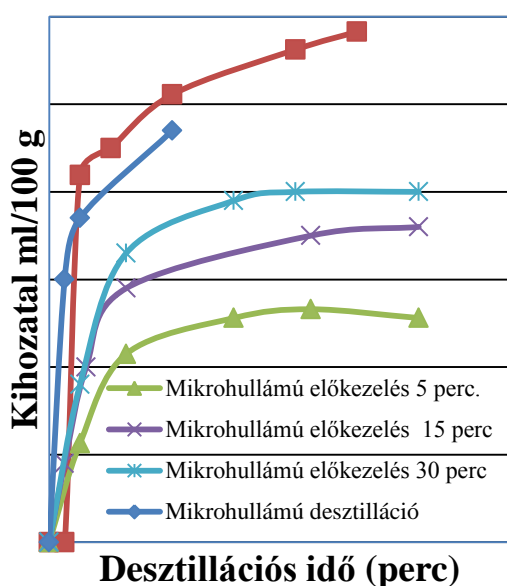
Örlt illetve öroletlen hargitafürdői zöldkömény illóolaj kihozatalának időbeli változása.



6. ábra

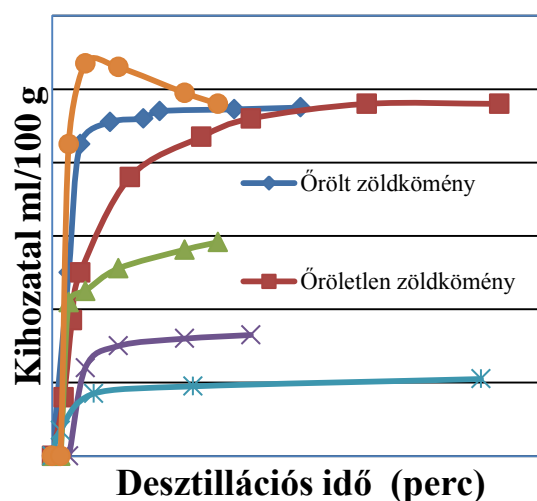
A csikmadarasi laboratóriumi körülményeken szárított kömény hidrodesztillációs kihozatalának időbeli változása mikrohullámú előkezeléssel, valamint előkezelés nélkül.

Ahogy a 6. ábra is tükrözi, az örlés csak a kivonás sebességét változtatja, az illóolaj-kihozatal hosszas hidrodesztillációs kezelés után majdnem megegyezik. A mikrohullámú előkezelés nem járt nagyobb sikerrel a csikmadarasi szárított kömény esetében sem. A 6. ábrán is látható, hogy a mikrohullámú előkezelés alacsonyabb kihozatalt eredményezett, mint a klasszikus hidrodesztillációs, amit a veszteség számlájára írhatunk.



7. ábra

Az érett, nyílt helyen szárított, hargitafürdői kömény mikrohullámú előkezelésének hatása a kihozatalra.



8. ábra

A hargitafürdői érett és zöld kömény és két kereskedelmi kömény hidrodesztillációs kihozatalának időbeli változása.

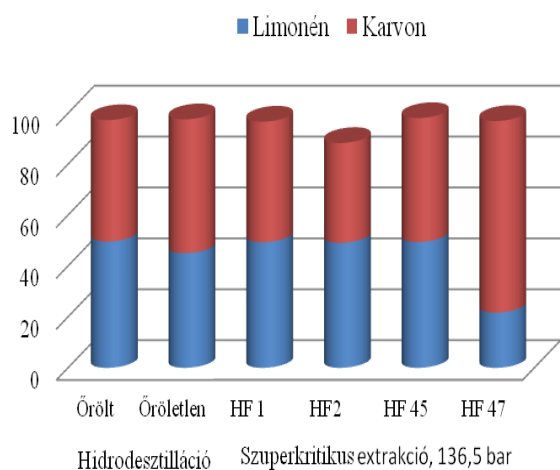
Mikrohullámú előkezelési időtartamot változtatva tapasztalható, hogy a reflux alatti kezelési időtartam emelése növeli a kihozatali sebességét és mennyiségét. A 7. ábráról az is kitűnik, hogy az előkezelés, bár kiszabadítja az illóolajat a növényi mátrixból, az egyenlőtlen fűtésnek következtében a teljes folyamat – előkezelés és hidrodesztilláció – elég nagy veszteséggel jár. Megállapítható az is, hogy a szárítási körülmények is jelentős, kihozatalcsökkentő hatásúak lehetnek, emiatt a mikrohullámú fűtés hatása a zöld szárítatlan kömény esetében járhat nagyobb előnnyel, mint ahogy Navarette és mtsai. is javasolják²².

A 8. ábrán a hargitafürdői kömény hidrodesszillációs kihozatala látható két kereskedelemben kapható természetű köménymintával összehasonlítva. A felső görbe jól szemlélteti azt, hogy a nagy illóolaj-tartalom kissé megnehezíti az emulzió szétválását, s így a térfogatbecslést is (a kihozatali görbének maximumpontja van a desztillálás kezdetén). Az is megfigyelhető, hogy a gyors szárítással csökken az illóolaj-kihozatal, de még mindig nagyobb marad, mint a kereskedelmi kömény esetében.

3.2. A kezelési körülmények hatása az illóolaj két fő komponensének a változására

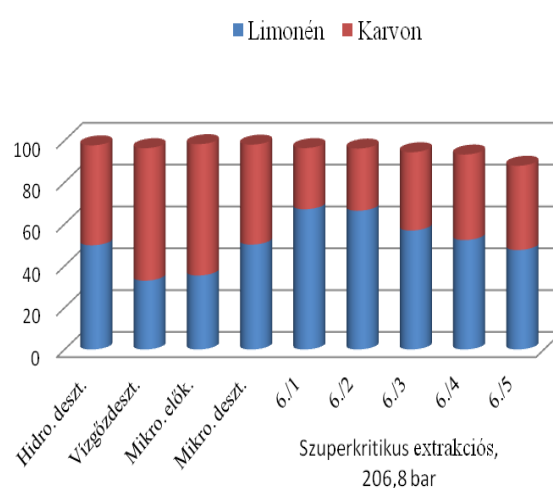
Az illóolaj-komponensek minőségi meghatározására Kubeczka és Formacek standard kromatogramjait²⁴ használtuk. Megállapítottuk, hogy az illóolaj-mennyiség több mint 87%-át a két főkomponens, a limonén és a karvon össz mennyisége adja. Igaz, hogy az irodalomban ez az arány 95% körüli érték, de figyelembe kell venni a vadkömény betakarítási időpontját, ekkor még éretlen, zöld szemek is jelen vannak még a termésben, melyeknek összetétele eltérést mutat az érett magvakhoz képest²¹. A 9. ábrán látható, hogy a különböző technikával kivont zöld vadkömény illóolaj-összetétel (hidrodesszilláció és szuperkritikus extrakció) csak a végső csapolásnál mutat különbséget a két főkomponens arányában. A csikmadarasi érett kömény esetében (10. ábra) a két fő komponens aránya megegyező értéket mutat a hidrodesszilláció és a mikrohullámú desztilláció esetében, a szuperkritikus extrakció esetében az első csapolásnál a legnagyobb az illékony komponens aránya, míg a karvon részaránya az utolsó csapolásnál a legnagyobb. A mikrohullámú előkezelés és a vízgőz desztilláció módszernél az említett veszteség az illékonyabb komponens arányának csökkenésében nyilvánul meg. A hargitafürdői érett kömény kinyerésénél (hidro és mikrohullámú desztilláció, valamint a magas nyomáson végzett szuperkritikus extrakció) a karvon/limonén arányban hasonló értékeket mutat (11. ábra). A mikrohullámú előkezelésnél (bár veszteséggel számolhatunk), a kezelési idő növelése nem hoz érdembeli változást a két fő komponens arányában. A szuperkritikus extraktumok illóolaj- változó tendenciát mutat a csapolás függvényében.

Amint az a 11. ábrán is látható, az alkalmazott nyomástól függetlenül, a csapolási idő növekedésével az illóbb komponens aránya csökken. Ami a kivonási módszernél a két fő komponens mennyiségére gyakorolt hatását illeti a természetű kömény esetén, megállapítható, hogy a különbségek most még kisebbek, ez érvényes mindegyik desztillációs kivonási módszerre. A szuperkritikus extraktum első csapolására az tapasztalható, hogy a nyomás növelése a karvon arányát emeli, mivel nagyobb nyomáson a karvon oldékonysága növekszik (12. ábra).



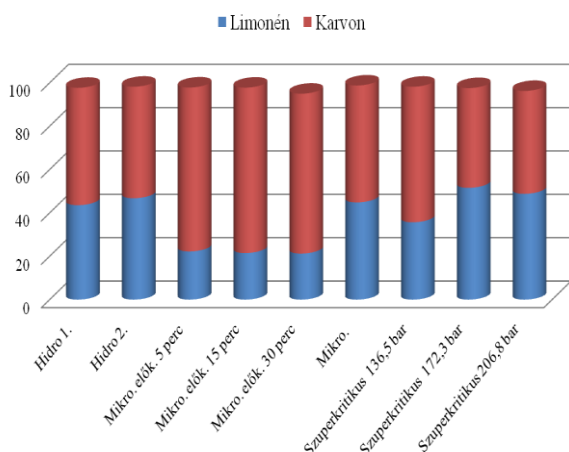
9. ábra

A különböző módszerekkel kivont illóolaj két fő komponensének relatív tömegszázalékos aránya (%) a hargitafürdői zöldkömény esetében: HF1-20 perc, HF2-25 perc, HF45-35 perc, HF47-60 perc.



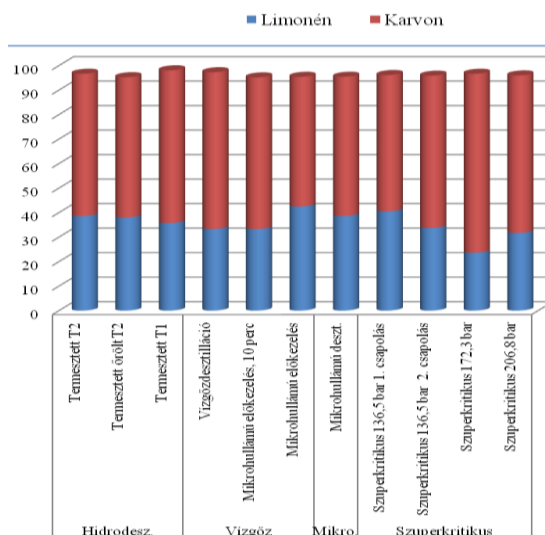
10. ábra

A két főkomponens relatív tömegszázalékos aránya (%) a csikmadarasi kömény esetében a kinyerési módszer függvényében: 6./1-60 perc, 6./2-64 perc, 6./3-66 perc, 6./4-68 perc, 6./5-70 perc.



11. ábra

A két főkomponens relatív tömegszázalékos aránya (%) a hargitafürdői kömény illóolajban a kinyerési módszer függvényében.



12. ábra

A két főkomponens relatív tömegszázalékos aránya (%) a természetű kömény esetén a kinyerési módszer függvényében.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

- Ahogy a kísérletek is bizonyítják, a kihozatal befolyásoló tényezők közé sorolhatjuk a desztillációs módszert is. A vad- és természetű kömény esetén a klasszikus hidrodesztilláció esetén figyelhető meg a legnagyobb kihozatal. A kísérletek azt bizonyítják, hogy a köményminőség (érettség, élőhely, szárítási mód) is befolyásoló tényező lehet.
- Míg az alacsony illóolaj-tartalmú természetű kömény esetében az egyenlőtlen mikrohullámú fűtés nem okozott számottevő veszteséget, addig a magas illóolaj-tartalmú zöld és érett kömény kihozatalát a mikrohullámú előkezelés mennyiségileg negatívan befolyásolta. Valószínűleg az illóolajvesztés a nyitott, visszafolyó hűtési módszer következménye.
- A mikrohullámú kezelés időtartalma a kihozatal pozitívan befolyásolta, ellenben alig volt befolyással a szárított köményből kinyert illóolaj összetételére. Az előkezelés hatását részletesen korábbi cikkünkben elemeztük²⁵.
- Megállapítható, hogy a különböző technikával kivont zöldköményillóolaj-összetétel (hidrodesztilláció és szuperkritikus extrakció) csak a végső csapolásnál mutat különbséget a karvon/limonén arányban.
- Az érett hargitafürdői kömény esetében a mikrohullámú előkezelési idő növelése nem hoz érdembeli változást a két főkomponens arányában, míg a szuperkritikus extraktumok karvon/limonén aránya változó tendenciát mutat a csapolások függvényében. Ezt egyrészt valószínűleg az okozza, hogy a legelső csapolásoknál a limonén nagy része távozik a rendszerből, másrészt hosszabb extrakciós időnél a kioldott karvon mennyisége növekszik.
- Szuperkritikus extrakció esetén, függetlenül az alkalmazott nyomástól, a csapolási idő növekedésével az illékonyabb komponens aránya csökken.
- Vadkömény szuperkritikus extrakciójánál a legnagyobb limonén/karvon arányt 207 bar nyomáson (csíkmadarasi), illetve 172 bar nyomáson (hargitafürdői) érték el, az első csapolásnál.
- Bár a természetű kömény illóolaj-kihozatala a legkisebb (2 mL/100 g a 7...10 mL/100 g-hoz viszonyítva) a karvon/limonén aránya (ami az illóolaj minőségének legfontosabb mutatója^{23,25}) nagyobb, mint a vadkömény illóolajjáé.
- A természetű kömény esetén a kivonási módszer karvon/limonén arányra gyakorolt hatása még kisebbnek bizonyult, mint a zöld vagy érett vadkömény esetében. A szuperkritikus extraktum első csapolásának összetételében a karvon aránya megnő a nyomás emelkedésével, ami az illékonyabb komponens csapolási veszteségével magyarázható.

5. IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Bernáth J.: *Gyógy- és aromanövények*, 3. kiadás, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2000, 230-235.
- [2.] Szabó L.Gy.: *Gyógynövény-ismereti tájékoztató*, Schmidt und Co.-Méliusz Alapítvány, Pécs, 2005, 109.
- [3.] Csedő K. (szerk.): *Plantele medicinale și condimentare din județul Harghita - Harghita megye gyógy- és fűszernövényei*, UJCOOP, Tipografia Tg. Mureș-Marosvásárhely, 1980.
- [4.] Valkovszki N.J.: *Az egyéves konyhakömény (Carum carvi L. var. annuum) termesztéstechnológiai feltételeinek optimalizálása csernozjom réti talajon*, Doktori disszertáció, Corvinus Egyetem, Budapest, 2011.
- [5.] Madisch A., Holtmann G., Mayr G., Vinson B., Hotz J.: Treatment of functional dyspepsia with a herbal preparation, *Digestion*. 2004, **69**(1), 45-52.
- [6.] Bonyadian M., Karim G.: Study of the effects of some volatile oils of herbs (pennyroyal, peppermint, tarragon, caraway seed and thyme) against *E. coli* and *S. aureus* in broth media, *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Teheran*. 2002, **57**(4), 81-83.
- [7.] Satyanarayana S.: Antioxidant activity of the aqueous extracts of spicy food additives - evaluation and comparison with ascorbic acid in in-vitro systems. *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 2004, **4**(2), 1-10.
- [8.] Eddouks M., Lemhardi A., Michel J.B.: Caraway and caper: potential anti-hyperglycaemic plants in diabetic rats, *Journal of Ethnopharmacology*, 2004, **94**(1), 143-148.
- [9.] Haggat E.G., Abou-Moustafa M.A., Boucher W., Theoharides T.C.: The effect of a herbal water extract on histamine release from mast cells and on allergic asthma, *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 2003, **3**(4), 41-54.
- [10.] Kholif A. M., El-Shewy A.A.: Response of lactating goats to rations supplemented with the medicinal seeds, *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 2004, **12**(2), 559-567.
- [11.] Sadraei H., Ghannadi A., Takei-Bavani M.: Effects of *Zataria multiflora* and *Carum carvi* essential oils and hydroalcoholic extracts of *Passiflora incarnata*, *Berberis integerrima* and *Crocus sativus* on rat isolated uterus contractions, *International Journal of Aromatherapy*, 2003, **13**(2/3), 121-127.
- [12.] El-Zemity K.: Antibacterial screening of some essential oils, monoterpenoids and novel N-methyl carbamates based on monoterpenoids against *Agrobacterium tumefaciens* and *Erwinia carotovora*, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 2008, **41**(6) 451-461.
- [13.] Toxopeus H. Bouwmeester H.J.: Improvement of caraway essential oil and carvone production in The Netherlands, *Industrial Crops and Products*, 1993, **1**(2-3), 295-301.
- [14.] Seidler-Łożykowska K., Kędzia B., Karpińska E., Bocianowski J.: Microbiological activity of caraway (*Carum carvi* L.) essential oil obtained from different origin, *Acta Scientiarum. Agronomy, Agronomy*, 2013, **35**(4), 495-500.
- [15.] Essential oils in herbal drugs (Monograph 2.8.12.) In European Pharmacopoeia (Ph. Eur.), 8th ed., European Directorate for the Quality of Medicine & HealthCare (EDQM), Strasbourg, 2014, 273-274.
- [16.] Navarrete A., Wallraf S., Mato R.B., Cocero M.J., Improvement of essential oil steam distillation by microwave pretreatment, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 2011, **50**(8), 4667-4671.
- [17.] Chemat F, Abert-Vian M., Fernandez X.: Microwave-assisted extraction of essential oils and aromas In: Chemat F, Cravotto G. (Eds.): *Microwave Extraction for Bioactive Compounds. Theory and Practice*, Springer Science+Business Media, New York-Heidelberg, 2013.
- [18.] Kapás A., András C.D., Dobre T.G., Vass E., Székely G., Stroescu M., Lányi S., Ábrahám B.: The kinetic of essential oil separation from fennel by microwave assisted hydrodistillation (MWHd), *UPB Scientific Bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science*, 2011, **73**(4), 113-120.
- [19.] Hornok L.: *Gyógynövények termesztése és feldolgozása*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1990.
- [20.] Marcus Y.: Are solubility parameters relevant to supercritical fluids?, *Journal of Supercritical Fluids*, 2006, **38**(1), 7-12.
- [21.] András C.D., Simándi B., Farsang R., Hamucska K., Héthelyi B.É., Domokos J., Deák A.: Fűszerkömény (*Carum carvi* L.) extrakciója szuperkritikus szén-dioxiddal, *Olaj Szappan Kozmetika*, 2002, 51, 64-68.
- [22.] Baysal T., Starmans D.A.J.: Supercritical carbon dioxide extraction of carvone and limonene from caraway seed, *Journal of Supercritical Fluids*, 1999, **14**(3), 225-234.
- [23.] Sedláková J., Kocourková B., Lojtková L., Kubáň V.: Determination of essential oil content in caraway (*Carum carvi* L.) species by means of supercritical fluid extraction, *Plant, Soil and Environment*, 2003, **49**(6), 277-282.
- [24.] Kubeczka K.H., Formacek V.: *Essential Oil Analysis by Capillary Gas Chromatography and Carbon-13 NMR Spectroscopy*, John Wiley & Sons, Chichester, 2002, 37-40.
- [25.] András C.D., Salamon R.V., Barabás I., Szép A.S.: Az előkezelési mód hatása a vadkömény illóolaj kihozatalára és minőségére, *Műszaki Szemle*, 2014, **63**, 3-10.