

UTJECAJ TEMPERATURE RADNOG MEDIJA U POSTUPKU
SUŠENJA LISTA PAPRENE METVICE (*Mentha piperita*) NA
KOLIČINU ETERIČNOG ULJA

**THE INFLUENCE OF MEDIUM TEMPERATURE IN THE
DRYING PROCESS OF PEPPERMINT (*Mentha Piperita*) LEAVES
ON THE ESSENTIAL OIL CONTENT**

S. Pliestić, Nadica Dobričević, D. Filipović

SAŽETAK

List paprene metvice (*Mentha piperita*) nakon vaganja bio je sušen u elementarnom (tankom) sloju u sušnici na temperaturama zraka 35⁰C, 45⁰C i 60⁰C. Eterično ulje izdvojeno je postupkom destilacije primjenom Clevengerovog uređaja i potom analizirano primjenom plinske kromatografije i masene spektrofotometrije (GC-MS). Količina eteričnog ulja značajno se smanjuje porastom temperature sušenja, od 1,23 % (v/v) kod temperature sušenja od 35⁰C, na 0,78% (45⁰C), odnosno 0,18% (60⁰C). Početna vlažnost lista metvice kretala se u rasponu od 83,17 do 84,93 % (vlažna baza), dok je izlazna (osušeni list) vlažnost bila u rasponu od 10,16 do 10,72 %.

Gustoća lista paprene metvice (*prema Mohseninu*) u svježem stanju bila je u prosjeku 786,28 kg/m³, dok je gustoća osušenog lista iznosila 984,32 kg/m³. Gustoća svježeg lista u rahlo rasutom stanju iznosila je u prosjeku 29,11 kg/m³, dok je gustoća osušenog lista u rahlo rasutom stanju iznosila u prosjeku 17,93 kg/m³.

Porast temperature radnog medija (zraka) značajno je smanjio vrijeme sušenja lista, ali je također utjecao na kompoziciju, jer je došlo do povećavanja udjela mentola i neomentola iznad 60⁰C.

Ključne riječi: list paprene metvice, sušenje, eterično ulje

ABSTRACT

The thin-layer drying of peppermint leaves was determined in a (cabinet) dryer. The leaves were dried at 35⁰C, 45⁰C and 60⁰C until establishment of the weights. The essential oil was extracted by distillation in a Clevenger apparatus

and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Higher drying temperature sharply decreased the essential oil content (% v/w) from 1.23% (35⁰C) to 0.78% (45⁰C) and 0.18% (60⁰C). Moisture content of fresh peppermint leaves was from 83.17 to 84.93 %_{w.b.}, and moisture content of dried mint leaves from 10.16 to 10.72 %_{w.b.}. The specific gravity of the fresh mint leaves (*Mohsenin*) was 786.28 kg/m³ and of the dry peppermint leaves: 984.32 kg/m³. The bulk density of the fresh leaves was 29.11 kg/m³ and of the dry ones 17.93 kg/m³.

The increase in air temperature significantly reduced the drying time of the peppermint leaves, but also affected the composition, increasing the menthol and neomenthol content to 60⁰C.

Keywords: peppermint leaves; drying; essential oil

UVOD

Paprena metvica (slika 1.) latinskog je naziva *Mentha piperita* L., a ubraja se u porodicu *Lamiaceae* (*Labiatae*), usnjače. Narodna imena za paprenu metvicu su: **menta**, **metva**, dok je u svijetu poznata kao: engl. *mint*, *peppermint*; rus. *holodk*; njem. *Pfefferminze*; franc. *menthe poivree*.



Slika 1. Biljka paprene metvice
Fig.1. Mint plant

Kultivirana paprena metvica upotrebljava se već 250 godina kao jedna od najvažnijih ljekovitih biljaka za proizvodnju eteričnog ulja, lijekova i čajeva.

Paprena metvica se upotrebljava u farmaceutskoj, kozmetičkoj i prehrambenoj industriji. Zbog velike potražnje za suhim listom paprene metvice i eteričnim uljem, površine zasadene metvicom sve se više šire. Najveći su svjetski proizvođači paprene metvice SAD (osobito Indiana, Kalifornija, Oregon), Brazil, Japan i Bugarska (British Pharmacopoeia, 1980).

U RH se intenzivno proizvodila pedesetih, šezdesetih i osamdesetih godina, ali je zbog ratnih djelovanja proizvodnja gotovo prestala.

Metvica kao višegodišnja biljka u početku raste sporo, ali 15 do 20 dana po nicanju počinje intenzivnije rasti, pa procvate za 80 do 100 dana (ovisno o vrsti i ekološkim uvjetima). Jednakom brzinom rastu podzemne i nadzemne vriježe (stolone). U našim krajevima metvica prvi put procvate sredinom lipnja i cvate do početka srpnja, a drugi put procvate tijekom rujna.

Kao **droga** upotrebljavaju se - list (*Menthae piperitae folium*) i stabljika s listovima i cvatovima (*Menthae piperitae herba*).

Za dobivanje **droge** ubire se stabljika kad biljka počne cvjetati i krupno zdravo lišće. Dužine je do 9 cm, s kratkom peteljkom (0,5 –1,0 cm). Droga ne smije sadržavati više od 7%, vrhova stabljike a mora se čuvati dobro zatvorena i zaštićena od svjetlosti, ali ne dulje od godine dana.

Drogu je potrebno sušiti u tankom sloju, prisilnim prostrujanjem radnog medija (zraka) u sušnicama (30–60°C). Sve ostalo (stabljika, sitno lišće i crveni pupoljci) koristi se za destilaciju eteričnog ulja. Druga berba koncem ljeta ili početkom jeseni daje slabiju kakvoću lišća.

Lišće paprene metvice (mente) vrlo se često upotrebljava u raznim mješavinama čajeva kao jedan od važnih sastojaka, koji mu uz ljekovita svojstva, daje i ugodan miris i ukus.

Herba (*Menthae piperitae herba*) se rjeđe traži, poradi slabije kakvoće u usporedbi s lišćem. Koristi se uglavnom za destilaciju eteričnog ulja (*Aetherolum Menthae piperitae*).

Eterično ulje metvice sadrži više od 20 sastojaka. Karakterističan miris i okus eteričnog ulja potječe od mentola, kojega ima od 40 do 60 %. Mentol je

ujedno i najvrjedniji sastojak po čemue se određuje kakvoća eteričnog ulja metvice. Važno je stoga znati da je udio mentola najveći u mladim listovima, a u cvjetovima se povećava udio manje cijenjenoga mentofurana, pa košnju paprene metvice valja obaviti prije cvjetanja. Eterično ulje sadrži još menton (15-25 %), 1,8-cineol (0,1-1,5 %), α -pinen, β -pinen i mentofuran. Dobiva se iz listova ili herbe različitih vrsta i varijeteta metvice. Iskorištenje je 0,5 do 1,7 %. Najvažnija su ulja s visokim udjelom mentola (što su sirovine za njegovo dobivanje). Ulje paprene metvice dobiva se iz biljke *Mentha piperita*. Međutim, istraživanjima je također utvrđeno da na kakvoću i kompoziciju eteričnog ulja paprene metvice značajan utjecaj ima udjel i temperatura sušenja. Tako se količina eteričnog ulja s 1% (v/v) kod temperature sušenja od 40°C, značajno smanjuje na 0,14% (60°C), odnosno 0,12% (80°C). Više temperature sušenja utječu i na kompoziciju ulja, pa količina 1,8 cineola i citronelal opada nakon 80°C, a u porastu je količina mentola i neomentola kod 60°C (Blanco i sur., 2004.)

Da bi se ova sezonska biljka očuvala i učinila dostupnom potrošačima tijekom cijele godine, često je podvrgavana različitim tehnološkim tretmanima, primjerice sušenju (Park i sur., 2002.). Sušenje je jedan od najstarijih postupaka čuvanja ljekovitog i aromatičnog bilja, ali i drugih poljoprivrednih proizvoda. Glavni zadatak sušenja proizvoda je produljiti vrijeme čuvanja (skladištenja), minimizirati potreba za ambalažom i pakiranjem i eliminirati prijevoz nepotrebne vode (Okos i sur., 1992.).

Postupak sušenja, poradi potencijalnog onečišćenja materijala prašinom, česticama zemlje, insektima, ovisnosti o vremenu, kao i zbog trajanja treba provoditi u zatvorenim sušnicama kako bi se doprinijelo povećanju kakvoće konačnog proizvoda (Ertekin i Yaldiz, 2004.). U zadnje vrijeme načinjeno je mnogo istraživanja i radova u području sušenja povrtnih kultura kao i ljekovitog bilja (Doymaz i Pala, 2002., Kaymak-Ertekin, 2002., Akpinar i sur. 2003., Pliestic i Mitrevski, 2003., Senadeera i sur. 2003., Doymaz, 2004., Ertekin i Yaldiz, 2004., Rohloff i sur. 2005. i drugi).

Istraživan je i odnos ravnotežne vlažnosti materijala (ljekovitih i aromatičnih biljaka) s ravnotežnom vlažnošću zraka (Soysal i Özetekin, 1999.). Međutim, radovi vezani uz karakteristike sušenja (temperatura i brzina zraka i dr.) lista paprene metvice rijetkost su u literaturi. Müller i sur. (1989.) rabili su solarnu sušnicu stakleničkog tipa za sušenje lista metvice. Prema njihovom

istraživanju za sušenje metvice od 80% na 11% udjela vode trebalo je 3 do 4 dana. Park i sur. (2002.) istraživali su utjecaj brzine radnog medija (0,5-1,0 m/s) i različitih temperatura (30, 40 i 50°C) na kinetiku sušenja lista metvice.

Cilj ovog istraživanja je bio promatrati utjecaj različitih temperatura radnog medija (zraka) na brzinu sušenja odnosno gubitka vode iz lista metvice, i na količinu eteričnog ulja.

METODE I MATERIJAL

Sušenje lista paprene metvice provodilo se u sušnici kabinetnog tipa (slike 2-3) vlastite konstrukcije postavljene na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu (OPG) u Bjelovarsko - bilogorskoj županiji. Potrebne količine lista paprene metvice osigurane su uzgojem na površinama OPG –a tijekom 2005. godine.

Određivanje gustoće materijala piknometrom i gustoće u rahlo rasutom stanju provedeno je prema Mohsenin-u (1986).



a)

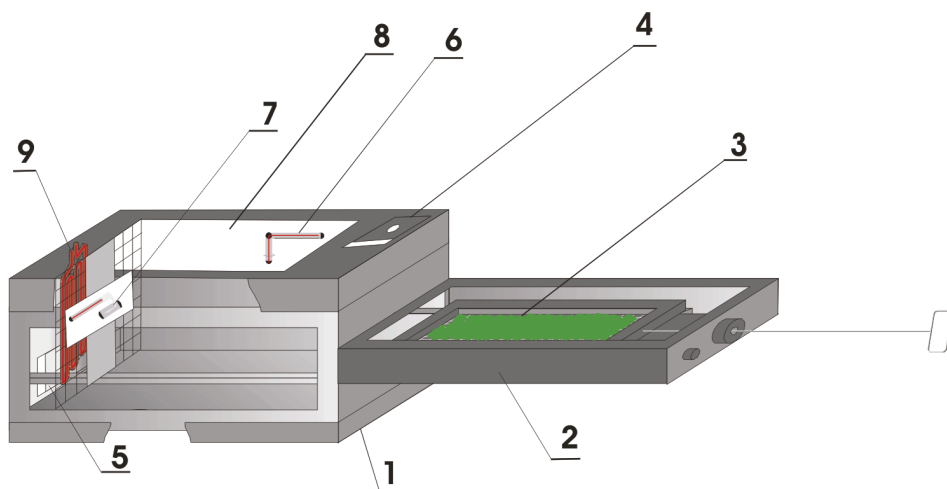


b)

Slika 2. Eksperimentalna sušnica za biljni materijal – a) bočni pogled;
b) pogled sprijeda

Fig 2. Experimental cabinet dryer for plant material – a) side view
b) front view

S. Pliestic i sur: Utjecaj temperature radnog medija u postupku sušenja lista paprene metvice (*Mentha piperita*) na količinu eteričnog ulja



Slika 3. Shematski prikaz eksperimentalne sušnice
Fig 3. Schematic outline of the experimental cabinet dryer

1 – sušnica

2 – okvir za materijal

3 – materijal – list paprene metvice

4 – izlazni otvor zraka

5 – ulazni otvor za zrak

6 – termometar (suhi)

7 – termometar (vlažni)

8 – kontrolno staklo

9 – električni grijač s ventilatorom

1 – dryer

2 – frame for material

3 – material – mint leaves

4 – air outlet

5 – air inlet

6 – thermometer (dry)

7 – thermometer (wet)

8 – inspection window

9 – electric heater with fan

Utjecaj temperature radnog medija (zraka) na brzinu sušenja lista metvice ispitivan je pri temperaturama radnog medija 35, 45 i 60 °C uz relativnu vlagu zraka (φ) 40-50 %. Relativna je vlažnost zraka mjerena suhim i vlažnim termometrom, a na isti su način mjerene temperatura i relativna vlažnost zraka unutar same sušnice. Tijekom ispitivanja u svim ponavljanjima brzina radnog medija bila je u prosjeku 1,0 m/s i mjerena je Lambrechtovim anemometrom Meteo Digit III. Početna, kao i konačna vlaga metvičinog lista određivana je prema standardnoj metodi (AOAC, 1990.) u laboratorijskoj sušnici na temperaturi od 70°C tijekom 24 sata.

Uzorci lista metvice za pokuse čuvani su u hladioniku na temperaturi 4 - 5°C. U postupku sušenja list je razastrt u tankom sloju na rešetkastom okviru dimenzija 420 x 300 mm. Masa lista u ispitivanjima kretala se 40 - 50 grama, a gubitak vode iz lista utvrđivan je svakih 10 minuta vaganjem.

Početna vlažnost lista metvice kretala se u rasponu od 83,17 do 84,93 % (vlažna baza), u prosjeku je iznosila 84,05 %. Paprena je metvica sušena na izlaznu prosječnu vlažnost od 10,47 % , u rasponu od 10,16 do 10,72 %. Osušeni list metvice po sušenju čuvan je 10 minuta na sobnoj temperaturi u staklenim posudama.

Postupak sušenja lista paprene metvice ponavljan je tri puta za svaku temperaturnu razinu.

U obradi rezultata primijenjene su osnovne statističke analize (prosjek, standardno odstupanje, min – maks, CV, R^2) uporabom statističkog paketa MS Excel.

Uz navedene, za modeliranje krivulja sušenja provedeni su: chi – kvadrat test (χ^2) i koeficijent determinacije (R^2).

Modeliranje krivulja sušenja

Odnos vlaga (MR) je funkcija temperature zraka (T), relativne vlažnosti (φ) i vremena sušenja (τ).

Odnos vlage i stupnja sušenja lista paprene metvice tijekom pokusa određivan je primjenom sljedećih izraza:

Određivanje (apsolutne) vlage na suhu tvar:

$$w_a = \frac{100 \cdot w}{100 - w}$$

pri čemu su:

w_a - udjel vode u materijalu vezan na suhu tvar (apsolutna vlaga) (%)

w - udjel vode u materijalu (ukupna vlaga) (%)

Ravnotežna vlažnost materijala (w_r) određena je odnosom udjela vode u ukupnoj masi materijala (mokra baza) kada je on podvrgnut specifičnom stanju temperature i relativne vlage radnog medija. Na temelju navedenog odnos vlaga (MR) dobiven je prema izrazu:

$$MR = \frac{w_i - w_r}{w_0 - w_r}$$

gdje su:

MR- odnos vlaga (bezdimezionalni broj)

w_i - mjerena vlažnost materijala (%)

w_0 - početna vlažnost materijala (%)

w_r - ravnotežna vlažnost materijala (%)

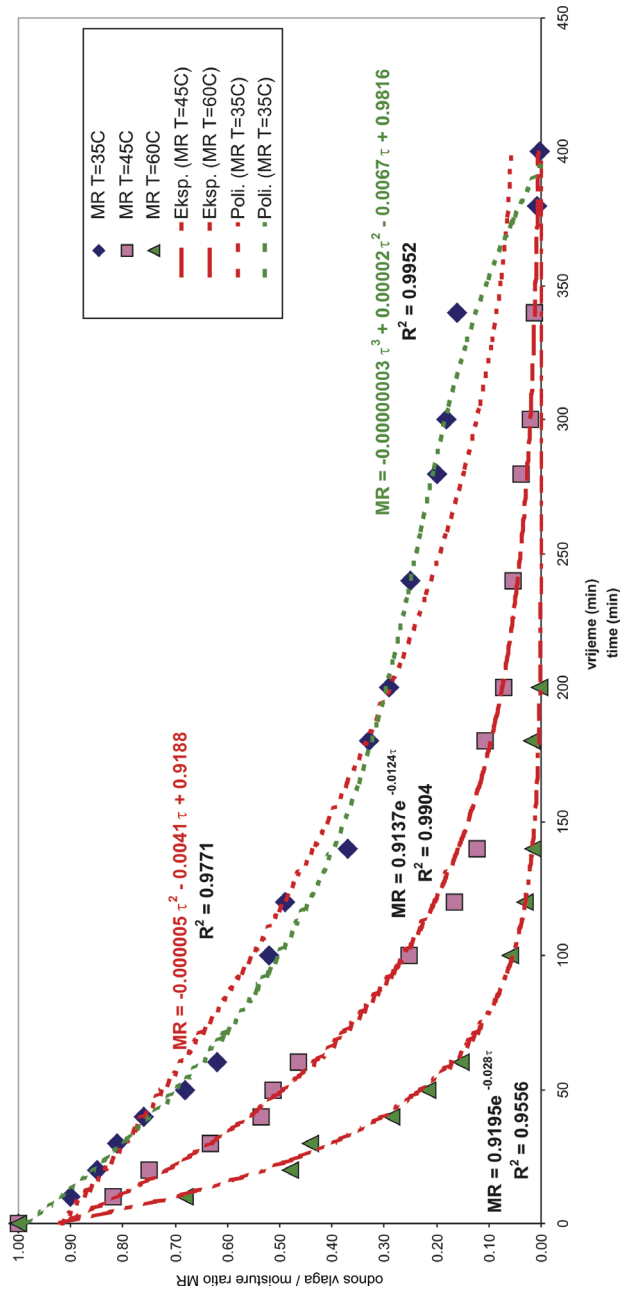
List paprene metvice osušen je na različitim temperaturama (35, 45 i 60 °C), a potom je destiliran. Za hidrodestilaciju eteričnih ulja upotrijebljena je laboratorijska oprema "Clevenger". U sastavu se nalazi i posuda za materijal volumena 1000 ml, odnosno odnos materijala i vode je 1:2. Destilacija se odvijala pri atmosferskom tlaku. Destilacijska posuda zagrijavana je električnim grijačem. Suhi list paprene metvice destiliran je postupkom hidrodestilacije kroz period od 3 sata. Sastav eteričnog ulja određivan je na plinskom kromatografu Hewlett-Packard 6890 i masenom spektrofotometru HP 6973.

REZULTATI I RASPRAVA

Gustoća lista paprene metvice (prema Mohseninu) u svježem stanju bila je u prosjeku 786,28 kg/m³, dok je gustoća osušenog lista pri vlažnosti od 10,47 % iznosila 984,32 kg/m³. Gustoća svježeg lista u rahlo rasutom stanju iznosila je u

S. Pliستیć i sur: Utjecaj temperature radnog medija u postupku sušenja lista paprene metvice (*Mentha piperita*) na količinu eteričnog ulja

prosjeku 29,11 kg/m³, dok je gustoća osušenog lista u rahlo rasutom stanju iznosila u prosjeku 17,93 kg/m³.



Slika 4. Sušenje lista paprene metvice pri različitim temperaturama zraka za sušenje
Fig. 4. Drying *Mentha piperita* leaves different air temperatures

Tablica 1. Utjecaj temperature sušenja na udjel eteričnog ulja u listu paprene metvice
Table 1. The influence of drying temperature on the essential oil content in peppermint leaves

Temperatura sušenja Drying temperature (°C)	Količina eteričnog ulja Essential oil content (% v/w) (prosjek - average) (n=3)
35	1,23
45	0,78
60	0,18

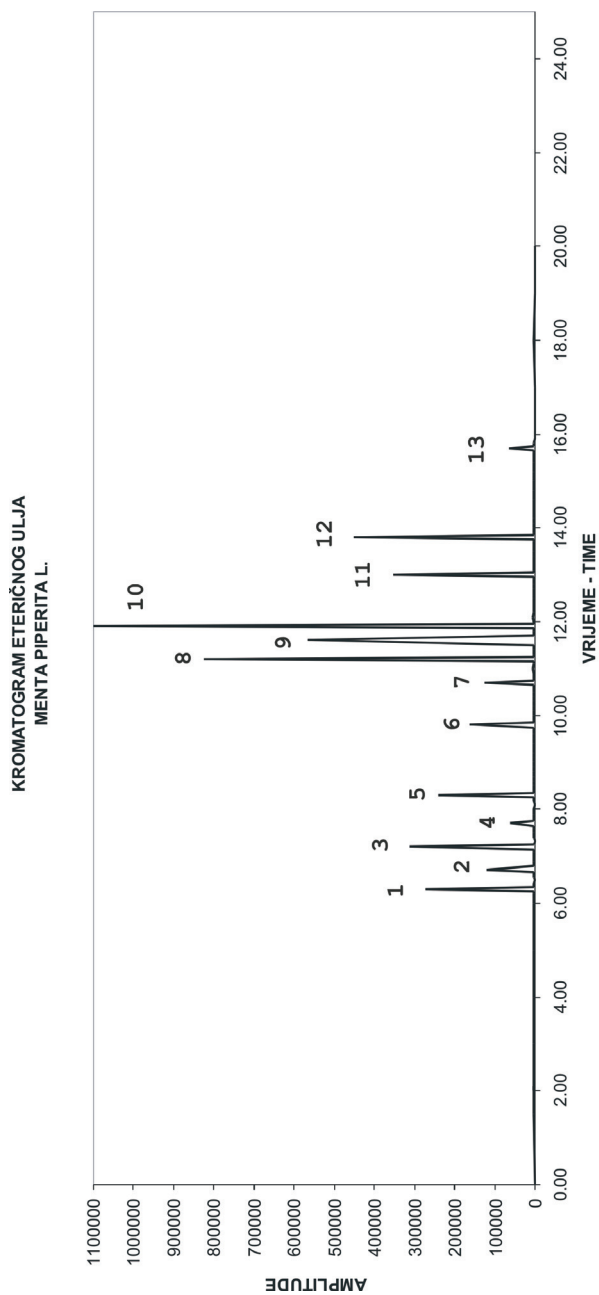
Pri temperaturi od 35⁰C sušenje lista paprene metvice odvijalo se prema izrazu $MR = -0,00000003\tau^3 + 0,00002\tau^2 - 0,0067\tau + 0,9816$, uz koeficijent determinacije $R^2 = 0,9952$, odnosno $-0,000005\tau^2 - 0,0041\tau + 0,9188$, uz koeficijent determinacije $R^2 = 0,9771$. Sušenje lista paprene metvice na višim temperaturama odvijalo se brže prema slijedećim jednadžbama:

- temperatura 45⁰C; $MR = 0,9137e^{-0,0124\tau}$, uz koeficijent determinacije $R^2 = 0,9904$,
- temperatura 60⁰C; $MR = 0,9195e^{-0,028\tau}$, uz koeficijent determinacije $R^2 = 0,9556$.

Gustoća osušenog lista (piknometarska metoda) povećala se za 25,2 %, dok se gustoća osušenog lista u rahlo rasutom stanju smanjila za 38,41%.

Povećanje temperature radnog medija zraka značajno je utjecalo na brzinu sušenja lista paprene metvice. Povećanjem temperature sušenja s 35 na 45⁰C došlo je do ubrzanja postupka sušenja, vrijeme sušenja je s 400 minuta smanjeno na 340 minuta, odnosno trajanje postupka sušenja smanjeno je za 15 %. Daljnjim porastom temperature sušenja na 60⁰C došlo je do značajnog ubrzanja postupka sušenja, vrijeme sušenja je s početnih 400 minuta pri temperaturi od 35⁰C smanjeno na 200 minuta, dakle za 50 %.

Dobiveni rezultati provedenih istraživanja u skladu su s rezultatima istraživanja Parka i sur. (2002.) koji su utvrdili da brzina sušenja raste ovisno o porastu temperature zraka za sušenje.



1- α -pinen; 2- kamfen; 3 β -pinen; 4- 3-oktanol; 5- limonen; 6- linalol; 7- izopulegol; 8- menton; 9- izomenton; 10- mentol; 11- piperiton; 12- metil acetat; 13- trans-kariofilen

Slika 5. Kromatogram eteričnog ulja paprene metvice
Fig. 5. Peppermint ethereal oil chromatogram

Kada bi se u obzir uzela samo brzina sušenja lista paprene metvice, rezultat bi bio značajno povećanje kapaciteta postrojenja za sušenje, odnosno skraćenje vremena sušenja lista paprene metvice.

No u postupku sušenja ljekovitog bilja vrlo važan parametar je udjel i kakvoća eteričnog ulja. Rezultati istraživanja su pokazali da u takvom postupku porasta temperature zraka za sušenje, sa 35 na 60 °C, dolazi do drastičnog smanjenja udjela eteričnog ulja u listu paprene metvice. Količina eteričnog ulja kod sušenja na temperaturi od 45⁰C smanjila se za 36,6%, a na temperaturi od 60⁰C smanjila se za 85,37 %, u odnosu sušenje pri temperaturi od 35⁰C (1,23 % v/w).

Dobiveni rezultati istraživanja koje je proveo Blanco i sur., 2004. prikazuju istu tendenciju pada udjela eteričnog ulja pri različitim temperaturama zraka za sušenje.

Osim navedenih istraživanja načinjen je i kromatogram eteričnog ulja paprene metvice koje sadrži više od 20 sastojaka (slika 5.). Analiza kromatograma, poradi svoje opsežnosti, nije obuhvaćena ovim radom.

ZAKLJUČAK

Povećanje temperature radnog medija - zraka značajno utječe na brzinu sušenja, odnosno smanjuje vrijeme sušenja lista paprene metvice.

Povećanjem temperature sušenja s 35 na 60⁰C došlo je do značajnog ubrzanja postupka sušenja, vrijeme sušenja je s početnih 400 minuta pri temperaturi od 35⁰C smanjeno na 200 minuta, dakle za 50 %.

Krivulje sušenja lista paprene metvice ne pokazuju konstantan već opadajući stupanj sušenja.

Povećanjem brzine sušenja lista paprene metvice i temperature radnog medija značajno opada količina eteričnog ulja. Količina eteričnog ulja kod sušenja na temperaturi od 45⁰C smanjila se za 36,6%, a na temperaturi od 60⁰C smanjila se za 85,37 %, u odnosu na sušenje pri temperaturi od 35⁰C (1,23 % v/w).

Na temelju provedenih istraživanja može se utvrditi da je za veći udjel eteričnog ulja u listu paprene metvice potrebno primjenjivati postupak sušenja lista paprene metvice na nižem temperaturnom nivou (35⁰C).

LITERATURA

- Akpinar, E.; Midilli, A.; Bicer, Y.** (2003.): Single layer drying behaviour of potato slices in a convective cyclone dryer and mathematical modelling, *Energy Conversion and Management* **44** (2003), pp. 1689–1705.
- AOAC**, (1990). Official method of analysis. No. 934.06. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, USA.
- Blanco, M.C.S.G.; Ming, L.C.; Marques, M.O.M.; Bovi, O.A.** (2004.): Drying temperature effects in peppermint essential oil content and composition, *Drying Technology* **22** (2004), pp. 2183 – 2200
- British Pharmacopoeia** (1980). London, HMS Office
- Doymaz, I.**(2004.): Convective air drying characteristics of thin layer carrots, *Journal of Food Engineering* **61** (2004), pp. 359–364.
- Doymaz, I.; Pala, M.** (2002.): Hot-air drying characteristics of red pepper, *Journal of Food Engineering* **55** (2002), pp. 331–335.
- Ertekin, C.; Yaldiz, O.**(2004.): Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model, *Journal of Food Engineering* **63** (2004), pp. 349–359.
- Kaymak-Ertekin, F.** (2002.): Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers, *Journal of Food Science* **67** (2002), pp. 168–175.
- Mohsenin, N.N.** (1986.): Physical properties of plants and animals materials (2nd ed.), Gordon and Breach, Amsterdam.
- Muller, J.; Reisinger, G.; Kisgeci, J.; Kotta, E.; Tesic M.; Muhlbauer, W.** (1989.): Development of a greenhouse-type solar

- dryer for medicinal plants and herbs, *Solar and Wind Technology* **6** (1989), pp. 523–530.
- Okos, M.R.; Narsimhan, G.; Singh R.K.; Weitnauer, A.C.** (1992.): Food dehydration. Handbook of food engineering, Marcel Dekker, New York (1992).
- Park, K.J.; Vohnikova, Z.; Brod, F.P.R.**(2002.): Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispata* L), *Journal of Food Engineering* **51** (2002), pp. 193–199.
- Pliestić, S.; Mitrevski, V.** (2003.): Praćenje sušenja crvene paprike u vakuumu mjerenjem temperature, *Strojarstvo* **45** (2003), 1-2; pp. 47-54.
- Rohloff, J. i sur.** (2005.): Effect of Harvest Time and Drying Method on Biomass Production, Essential Oil Yield, and Quality of Peppermint (*Mentha x piperita* L.), *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **53** (10); pp. 4143 – 4148.
- Senadeera, W.; Bhandari, B.R.; Young, G.; Wijesinghe, B.** (2003.): Influence of shapes of selected vegetable materials on drying kinetics during fluidized bed drying, *Journal of Food Engineering* **58** (2003), pp. 277–283.
- Soysal, Y.; Özetekin, S.** (1999.): Equilibrium Moisture Content Equations for some Medicinal and Aromatic Plants, *Journal of Agricultural Engineering Research* **74** (1999), pp. 317–324.
- Yaldiz, O.; C. Ertekin, C.** (2001.): Thin layer solar drying of some different vegetables, *Drying Technology* **19** (2001), pp. 586–596

Adrese autora – Author’s address:

Doc. dr. sc. Stjepan Pliestić,
Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport,
Agronomski fakultet u Zagrebu
Svetošimunska 25, Zagreb
e-mail: spliestic@agr.hr

Primljeno – Received:

28.02.2007.

S. Plietić i sur: Utjecaj temperature radnog medija u postupku sušenja lista paprene metvice (*Mentha piperita*) na količinu eteričnog ulja

Doc. dr. sc. Nadica Dobričević,
Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport,
Agronomski fakultet u Zagrebu
Svetošimunska 25, Zagreb

Prof. dr. sc. Dubravko Filipović
Zavod za mehanizaciju,
Agronomski fakultet u Zagrebu
Svetošimunska 25, Zagreb