



Оч. бр. 4/76-V
13. VII 2012 год.

На основу члана 49. Статута Технолошког факултета у Лесковцу, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 13.07.2012. године, донело је

ОДЛУКУ

I

Усваја се Извештај рецензента за техничко решење „Лабораторијски поступак добијања екстракта дејством микроталаса“, аутора Иване Карабеговић, Миодрага Лазића, Наде Николић, Саше Стојичевића, Драгана Величковића и Предрага Вукосављевића.

II

Техничко решење „Лабораторијски поступак добијања екстракта дејством микроталаса“, аутора Иване Карабеговић, Миодрага Лазића, Наде Николић, Саше Стојичевића, Драгана Величковића и Предрага Вукосављевића, прихвата се као нова метода верификована на лабораторијском нивоу.

ПРЕДСЕДНИК ВЕЋА ФАКУЛТЕТА


Проф. др Јован Степановић, декан

Одлуку доставити:

- ауторима
- архиви

Na osnovu pregleda dokumentacije tehničkog rešenja pod nazivom „LABORATORIJSKI POSTUPAK DOBIJANJA EKSTRAKATA DEJSTVOM MIKROTALASA” autora Ivane Karabegović, Miodraga Lazića, Nade Nikolić, Saše Stojičevića, Dragana Veličkovića, Predraga Vukosavljevića, podnosim sledeći

IZVEŠTAJ

Predmetno tehničko rešenje „Laboratorijski postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa” autora sadrži naslovnu stranicu, stranicu sa administrativnim podacima, jedanaest stranica opisa tehničkog rešenja sa dve slike i tri tabele i misljenje korisnika „Top Spirit” iz Beograda u Prilogu.

Tehničko rešenje je sastavljeno je od 6 poglavlja i spiska korišćene literature (ukupno navedeno 34 referenci).

Naslovi poglavlja predmetnog tehničkog rešenja su:

1. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi
2. Tehnički problem
3. Stanje tehnike
4. Suština tehničkog rešenja
5. Detaljan opis tehničkog rešenja
6. Zaključak

U okviru tehničkog rešenja „Laboratorijski postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa” prikazan je postupak za dobijanje ekstrakata iz biljnog materijala ekstrakcijom pod dejstvom mikrotalasa. Tehničko rešenje pripada oblasti tehničko tehnoloških nauka.

U Poglavlju „Stanje tehnike” objašnjeno je da se upotreba mikrotalasa u procesima ekstrakcije zasniva na sposobnosti materije da apsorbuje energiju mikrotalasa i prevodi je u toplotu, putem dva istovremena mehanizma, jonske provodljivosti i dipolne rotacije i navedeni su primeri upotrebe mikrotalasa u procesima ekstrakcije polifenola i antioksidanata.

Poglavlje “Suština tehničkog rešenja” sadrži kratak opis postupka dobijanja ekstrakata pod dejstvom mikrotalasa u električno i mehanički modifikovanoj mikrotalasnoj pećnici i sastoji se od sledećih glavnih faza: karakterizacija i usitnjavanje biljnog materijala, ekstrakcija rastvaračem pod dejstvom mikrotalasa, odvajanje ekstrakta od iscrpljenog biljnog materijala i

karakterizacija dobijenih ekstrakata. U razvoju tehnološkog postupka korišćeni su rezultati dobijeni ekstrakcijom lista i mesa ploda lovor višnje dejstvom mikrotalasa.

U poglavlju "Detaljan opis tehničkog rešenja" opisan je postupak ekstrakcije pod dejstvom mikrotalasa na primeru ekstrakcije lista i mesa ploda lovor višnje. Detaljno je opisana modifikacija mikrotalasne pećnice i određena efektivna mikrotalasna snaga. Autori su definisali optimalne uslove ekstrakcije, okarakterisali korišćeni biljni materijal i dobijene ekstrakte. Ekstrakti dobijeni ekstrakcijom pod dejstvom mikrotalasa poređeni su po prinosu i hemijskom sastavu sa ekstraktom dobijenim klasičnom ekstrakcijom pod istim operativnim uslovima kako bi se utvrdio uticaj mikrotalasa.

MIŠLJENJE

Predloženim tehničkim rešenjem „Laboratorijski postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa” definisan je postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa u modifikovanoj mikrotalasnoj pećnici.

Mogućnost primene postupka proverena je od strane preduzeća „Top Spirit” iz Beograda za dobijanje etanolnih ekstrakata iz listova nane (*Mentha piperita L.*) i ruzmarina (*Rosmarinus officinalis L.*) korišćenih u proizvodnji gorkog biljnog likera „Bitter 54”.

Razvijeni tehnološki postupak je ekonomski prihvatljiv jer omogućava dobijanje visokog prinosa za kratko vreme i bez korišćenja skupe opreme.

Predlažem da se tehničko rešenje „Laboratorijski postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa” prihvati kao novi tehnološki postupak.



Prof. dr Blaga Radovanović

PMF, Niš

Kao recenzent tehničkog rešenja „Laboratorijski postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa” Ivane Karabegović, Miodraga Lazića, Nade Nikolić, Saše Stojičevića, Dragana Veličkovića, Predraga Vukosavljevića, podnosim sledeći

IZVEŠTAJ

Tehničko rešenje „Laboratorijski postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa” autora napisano je na 14 stranica A4 formata i sadrži dve slike i tri tabele.

Tehničko rešenje je sastavljeno je od spiska korišćene literature i 6 poglavlja:

1. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi
2. Tehnički problem
3. Stanje tehnike
4. Suština tehničkog rešenja
5. Detaljan opis tehničkog rešenja
6. Zaključak

Tehničko rešenje pripada oblasti tehničko tehnoloških nauka i predstavlja tehnološki postupak za dobijanje ekstrakata iz biljnog materijala ekstrakcijom pod dejstvom mikrotalasa korišćenjem modifikovane mikrotalasnog pećnice namenjene domaćinstvima.

U Poglavlju Stanje tehnike navedeni su dosadašnji primeri upotrebe mikrotalasa u procesima ekstrakcije bioaktivnih materija koje su od interesa za prehrambenu i farmaceutsku industriju, kao i vidovi specijalno dizajniranih reaktora za mikrotalasnog ekstrakcije.

Poglavlje Suština tehničkog rešenja definiše postupak dobijanja ekstrakata pod dejstvom mikrotalasa koji se izvodi kao šaržni proces u modifikovanoj mikrotalasnog pećnici namenjenoj domaćinstvima i uključuje sledeće glavne faze: karakterizacija i usitnjavanje biljnog materijala, ekstrakcija rastvaračem dejstvom mikrotalasa, odvajanje ekstrakta od iscrpljenog biljnog materijala i karakterizacija dobijenih ekstrakata. Pri čemu su za razvoj tehnološkog postupka korišćeni rezultati ispitivanja ekstrakcije dejstvom mikrotalasa iz lista i mesa ploda lovor višnje.

U poglavlju Detaljan opis tehničkog rešenja dat je opširni opis električne i mehaničke modifikacije mikrotalasnog pećnice i postupak izvođenja ekstrakcije pod dejstvom mikrotalasa u slučaju ekstrakcije lista i mesa ploda lovor višnje rastvaračima različite polarnosti i pri različitim odnosima biljni materijal-rastvarač. U istom poglavlju definisani su optimalni uslovi ekstrakcije, okarakterisan korišćeni biljni materijal određivanjem sadržaja vlage i ukupnih ekstraktivnih

materija ekstrakcijom po Soxhlet-u, kao i dobijeni ekstrakti (antioksidativna aktivnost i HPLC analiza). Radi utvrđivanja uticaja dejstva mikrotalasa tokom procesa ekstrakcije dobijeni ekstrakti poređeni su po prinosu i hemijskom sastavu sa ekstraktom dobijenim klasičnom ekstrakcijom.

MIŠLJENJE

Tehničkim rešenjem „Laboratorijski postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa” autori su jasno definisali način dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa u modifikovanoj mikrotalasnoj pećnici.

Razvijeni tehnološki postupak testiran je za dobijanje biljnih ekstrakata od strane preduzeća „Top Spirit“ iz Beograda pri čemu je potvrđeno da omogućava dobijanje visokog prinosa ekstrakata za veoma kratko vreme i bez korišćenja skupe opreme.

Sa zadovoljstvom predlažem da se tehničko rešenje „Laboratorijski postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa” prihvati kao novi tehnološki postupak.

U Nišu, 18.06.2012. godine

A. Šmelcerović

dr Andrija Šmelcerović, docent
Medicinski fakultet, Niš

„TOP SPIRIT“

S.Z.R. "TOP SPIRIT"- Predrag Vukosavljević PR. Matični broj: 60741425, Šifra delatnosti: 15910, PIB: 105066783, Tekući račun: 265-1090310000116-42

TOP SPIRIT - Beograd

Predmet: Mišljene o tehničkom rešenju

Grupa istraživača sa Tehnološkog fakulteta iz Leskovca i Poljoprivrednog fakulteta iz Zemuna, većina od njih angažovana na realizaciji projekta OI 172047 „Prirodni proizvodi biljaka i lišajeva: izolovanje, identifikacija, biološka aktivnost i primena“ stavila je na raspolaganje **Top Spirit** iz Beograda u cilju provere validnosti tehničko rešenje pod nazivom „**Laboratorijski postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa**“.

Postupkom definisanim tehničkim rešenjem izvršena je ekstrakcija aktivnih komponenti iz listova biljnih vrsta nane (*Mentha piperita L.*) i ruzmarina (*Rosmarinus officinalis L.*) koji su dalje korišćeni za proizvodnju gorkog biljnog likera „Bitter 54“. Ekstrakcija je vršena etanolom (%) u modifikovanoj mikrotalasnoj pećnici pri efektivnoj snazi od 300 W i pri odnosu biljni materijal:rastvarač (1:5). Pri datim eksperimentalnim uslovima ekstrakcija je trajala dvostruko kraće a prinos ekstraktivnih materija bio je za 30% veći u odnosu na do sada primenjivanu tehniku ekstrakcije.

Na osnovu dobijenih rezultata mišljenja smo da ovaj sistem treba dovesti do nivoa postrojenja za ekstrakcije većih razmera jer se na ovaj način postižu znatne uštede u vremenu i sirovinama.

Ovo mišljenje se daje u svrhu verifikacije tehničkog rešenja pod nazivom: „**Laboratorijski postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa**“.

U Beogradu

dana 08.03.2012 godine

SAMOSTALNA ZAGAJATSKA RADNJA
„TOP SPIRIT“
Predrag Vukosavljević - PR
BEOGRAD, VLADIMIRA ROLOVICA 33

Ovlašćeno lice


Milanka Vukosavljević

„TOP SPIRIT“ S.Z.R. 11132 Beograd, ul. Vladimira Rolovića 33; Tel. 011 / 2502-711

E-mail:pvukas@eunet.rs

Univerzitet u Nišu
Tehnološki fakultet u Leskovcu

**LABORATORIJSKI POSTUPAK DOBIJANJA
EKSTRAKATA DEJSTVOM MIKROTALASA**

Leskovac, 2012.

Vrsta tehničkog rešenja	Novi tehnološki postupak M83
Autori tehničkog rešenja	Ivana Karabegović, Miodrag Lazić, Nada Nikolić, Saša Stojičević, Dragan Veličković, Predrag Vukosavljević
Naziv tehničkog rešenja	Laboratorijski postupak dobijanja ekstrakata dejstvom mikrotalasa
Za koga je tehničko rešenje urađeno	U okviru projekta broj 172047 koje finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije
Ko koristi rešenje	Postupak je razvijen na laboratorijskom nivou i prihvaćen od strane »Top Spirit« Beograd.
Godina izrade tehničkog rešenja	2011-2012.
Verifikacija rezultata	Od strane recenzenata: Prof. dr Blaga Radovanović, PMF Niš dr Andrija Šmelcerović, Medicinski fakultet, Niš
Ko je prihvatio/primenjuje tehničko rešenje	Tehnološki fakultet u Leskovcu
Primena rezultata	Razvoj poluindustrijskog postupka za dobijanje ekstrakata iz biljnog materijala za primenu u prehrambenoj i/ili farmaceutskoj industriji
Prilog	Mišljenje korisnika »Top Spirit« Beograd.

Laboratorijski tehnološki postupak za dobijanje ekstrakata dejstvom mikrotalasa je rezultat sprovedenih istraživanja na laboratorijskom nivou u 2011. godini u okviru projekta "**Prirodni proizvodi biljaka i lišajeva: izolovanje, identifikacija, biološka aktivnost i primena**", ev. br. 172047, koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

Deo ovog projekta realizovan je na Tehnološkom fakultetu u Leskovcu, Univerziteta u Nišu, Poljoprivrednom fakultetu u Zemunu i »Top Spirit« u Beogradu.

Postupak su razvili:

- dr Ivana Karabegović, asistent, Tehnološki fakultet u Leskovcu
- prof. dr Miodrag Lazić, Tehnološki fakultet u Leskovcu
- dr Nada Nikolić, vanredni profesor, Tehnološki fakultet u Leskovcu
- Saša Stojičević, student doktorskih studija, Tehnološki fakultet u Leskovcu
- dr Dragan Veličković, profesor strukovnih studija, Visoka poljoprivredno-prehrambena škola strukovnih studija u Prokuplju i
- dr Predrag Vukosavljević, docent, Poljoprivredni fakultet u Beogradu.

1. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi

Tehničko rešenje predstavlja tehnološki postupak za dobijanje ekstrakata iz biljnog materijala ekstrakcijom dejstvom mikrotalasa i pripada oblasti tehničko tehnoloških nauka.

2. Tehnički problem

Biljni ekstrakti kao bioaktivni proizvodi prirodnog porekla nalaze široku primenu u medicini, prehrambenoj, farmaceutskoj i hemijskoj industriji (Stanković, 2002). U cilju dobijanja što većeg prinosa, skraćanja vremena i poboljšanja ekonomičnosti procesa, pored tradicionalnih metoda, sve više se koriste nekonvencionalne tehnike ekstrakcije, kao što su: super- i sub-kritična ekstrakcija (Camel, 2001; Reverchon, 1997; Skala et al., 2002), vrtložna (turbo) ekstrakcija (Vinatoru, 2001) ili ekstrakcija dejstvom električne energije (Belaya et al. 2006; Stankiewicz, 2006), mikrotalasa (Chou et al., 2009; Hayes, 2002; Jones et al., 2002) i ultrazvuka (Stanisavljević et al., 2007, 2008; Veličković et al., 2006).

Mikrotalasna ekstrakcija je tehnika ekstrakcije čija primena u laboratorijskim i industrijskim uslovima ima za cilj skraćanje vremena ekstrakcije, manju potrošnju rastvarača, povećanje prinosa, a veoma često i kvaliteta ekstrakta (Cravotto et al., 2008; Eskilsson i Björklund, 2000; Mahesar et al., 2008; Wang i Weller, 2006; Zigoneanu et al., 2008).

U okviru tehničkog rešenja definisani su optimalni uslovi ekstrakcije dejstvom mikrotalasa, pri čemu su korišćeni rastvarači različite polarnosti, a kao biljni materijal odabrani su list i plod lovor višnje (*Prunus laurocerasus* L.). U cilju otkrivanja novih prirodnih sirovina za prehrambenu i farmaceutsku industriju izvršena je karakterizacija dobijenih ekstrakata.

3. Stanje tehnike

Upotreba mikrotalasa u procesima ekstrakcije zasniva se na sposobnosti materije da apsorbuje energiju mikrotalasa i prevodi je u toplotu, putem dva istovremena mehanizma, jonske provodljivosti i dipolne rotacije (Eskilsson i Björklund, 2000). Mikrotalasi se već koriste u procesu ekstrakcije bioaktivnih materija koje su od interesa za prehrambenu i farmaceutsku industriju, na primer, polifenola iz aromatičnog bilja (Proestos i Komaitis, 2008), ploda jabuke (Ai et al., 2006), semena grožđa (Hong et al., 2001) i listova zelenog čaja (Pan et al., 2003), antioksidanata iz pirinčanih mekinja (Zigoneanu et al., 2008), hlorogenske kiseline iz pupoljka cveta *Lonicera japonica* Thunb. (Zhang et al., 2008),

artemisinina iz *Artemisia annua* (Hao et al., 2002), solanesola iz listova duvana (Zhou i Liu, 2006) i izoflavona iz soje (Rostagno et al., 2007).

Za upotrebu mikrotalasa u procesima ekstrakcije razvijeni su specijalni laboratorijski mikrotalasni ekstraktori. Primena mikrotalasa u laboratorijskim ekstraktorima zasniva se, generalno, na dve različite tehnologije: hermetička (u zatvorenim sudovima, pod kontrolisanim uslovima pritiska i temperature) ili fokusirana (u otvorenim sudovima, pod atmosferskim pritiskom) mikrotalasna ekstrakcija. U zatvorenim sudovima rastvarači se mogu grejati iznad temperature ključanja na atmosferskom pritisku, što poboljšava efikasnost i brzinu ekstrakcije. U ovakvim sistemima postoji mogućnost regulacije temperature i najčešće su konstruisani tako da se u isto vreme može vršiti ekstrakcija u više uzoraka. U takozvanim, otvorenim sistemima, ekstrakcija se odvija pod atmosferskim pritiskom, pri čemu je maksimalna temperatura procesa određena temperaturom ključanja rastvarača na tom pritisku. Kod ovakvih sistema koriste se fokusirani mikrotalasi pa je zagrevanje uzoraka homogeno i veoma efikasno (Camel, 2000). I pored postojanja specijalno dizajniranih reaktora za mikrotalasnu ekstrakciju i dalje su u upotrebi, u cilju laboratorijskih istraživanja, mikrotalasne pećnice namenjene domaćinstvu (Hao et al., 2002; Pan et al., 2003; Proestos i Komaitis, 2008; Zhou i Liu, 2006).

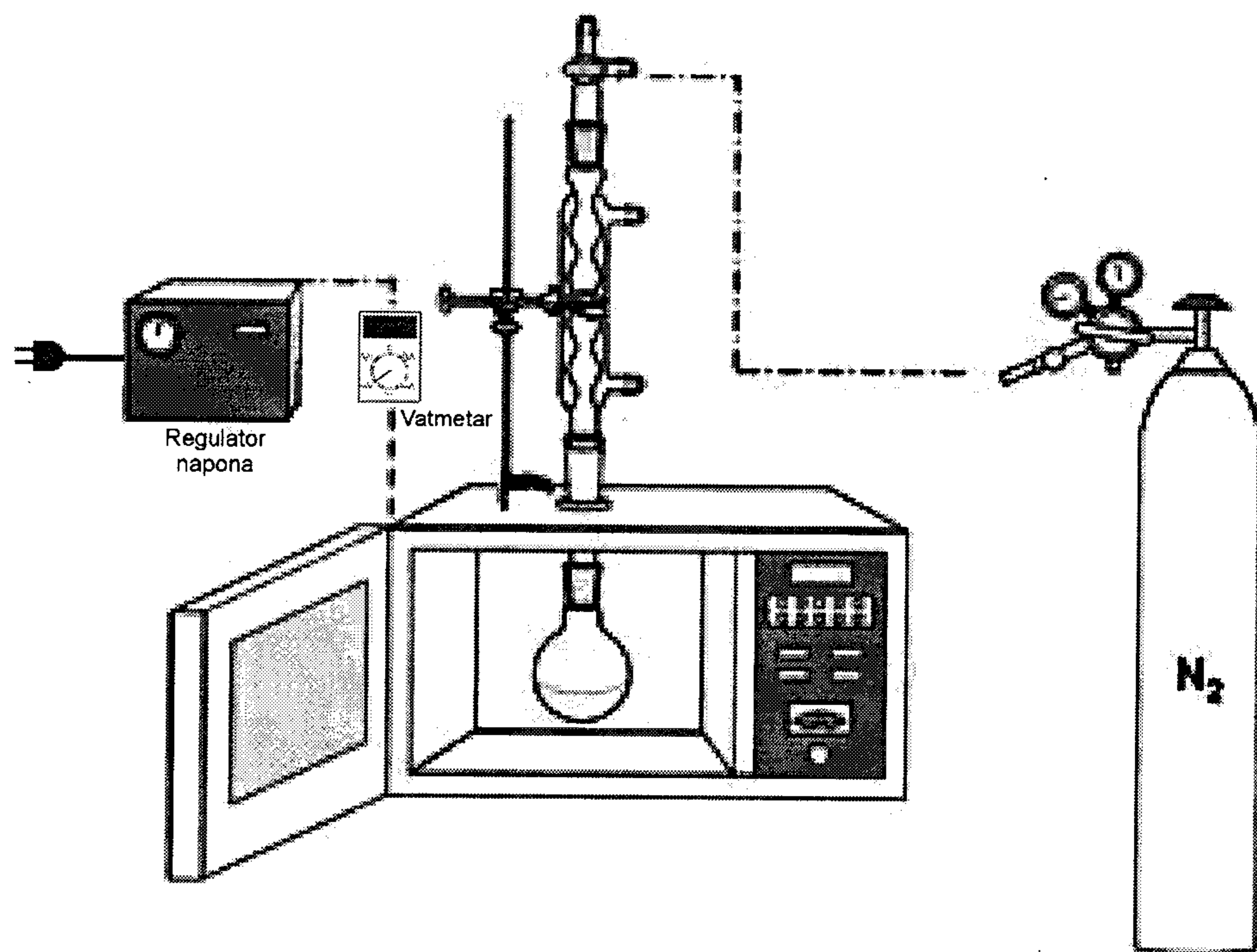
4. Suština tehničkog rešenja

Laboratorijski tehnološki postupak za dobijanje ekstrakata pod dejstvom mikrotalasa se izvodi kao šaržni proces i uključuje sledeće glavne faze:

- Karakterizacija i usitnjavanje biljnog materijala,
- Ekstrakcija rastvaračem pod dejstvom mikrotalasa,
- Odvajanje ekstrakta od iscrpljenog biljnog materijala
- Karakterizacija dobijenih ekstrakata.

Za razvoj tehnološkog postupka korišćeni su rezultati sopstvenih laboratorijskih ispitivanja ekstrakcije dejstvom mikrotalasa iz lovor višnje. Korišćeni su rastvarači različite polarnosti, a ekstrakcije su vršene na temperaturi ključanja rastvarača. Radi utvrđivanja uticaja dejstva mikrotalasa tokom procesa ekstrakcije dobijeni ekstrakti poređeni su po prinosu i hemijskom sastavu sa ekstraktom dobijenim klasičnom ekstrakcijom.

Šema laboratorijskog postrojenja za dobijanje ekstrakata dejstvom mikrotalasa prikazana je na slici 1.



Slika 1 Šema sistema korišćenog za mikrotalasnu ekstrakciju

5. Detaljan opis tehničkog rešenja

U cilju karakterizacije biljnog materijala određen je sadržaj vlage sušenjem do konstantne mase i ukupni sadržaj ekstraktivnih materija u biljnom materijalu ekstrakcijom po Soxhlet-u rastvaračima različite polarnosti. Utvrđeno je da je sadržaj vlage u listu i mesu ploda lovor višnje neposredno pre korišćenja u eksperimentima iznosio $61,9 \pm 2,9$ i $77,4 \pm 3,2$ %, respektivno, dok je sadržaj ukupnih ekstraktivnih materija dat u tabeli 1.

Tabela 1 Prinosi ekstraktivnih materija lista i mesa ploda lovor višnje dobijenih ekstrakcijom po Soxhlet-u

Rastvarač	Prinos ekstraktivnih materija, g/100 g svežeg biljnog materijala	
	List	Meso ploda
Metanol	$14,7 \pm 0,5$	$42,8 \pm 0,7$
Voda	$13,7 \pm 0,2$	$37,2 \pm 0,6$
2-Propanol	$10,6 \pm 0,8$	$19,8 \pm 0,4$

Vrednosti u tabeli su srednja vrednost tri merenja \pm standardna devijacija

Usitnjavanje biljnog materijala vršeno je neposredno pred samu ekstrakciju u univerzalnom mlinu.

Za izvođenje ekstrakcije dejstvom mikrotalasa korišćena je modifikovana mikrotalasna pećnica ("SAMSUNG", Tip M1712N, Malaysia), dimenzija 485 x 275 x 379 mm, unutrašnje zapremine 23 dm³ (330 x 211 x 329 mm), snage 1200 W, koja radi pri frekvenci od 2450 MHz. Na gornjem zidu pećnice bio je napravljen kružni otvor (prečnika 55 mm), tako da se ne oštete magnetron (mikrotalasni generator) i usmerivač talasa, a da kroz njega može da prođe šlifovani stakleni nastavak, čija je svrha bila povezivanje suda koji se nalazi unutar mikrotalasne pećnice sa kondenzatorom. Regulatorom napona redno vezanim za izvor električne energije omogućeno je dobijanje različitih izlaznih snaga magnetrona. Magnetron je radio bez prekida, a njegova snaga praćena digitalnim vatmetrom. Efektivna mikrotalasna snaga određena je klasičnom fizičkom metodom koja se zasniva na merenju početne i krajnje temperature sistema poznate zapremine i toplotnog kapaciteta izloženog dejstvu mikrotalasa u određenom vremenskom intervalu pomoću sledeće jednačine:

$$P = c_p m \frac{T_0 - T}{t}$$

gde je P – efektivna akustična snaga, c_p – toplotni kapacitet vode (4183 kJ/kgK), m – masa vode (1 kg), T_0 – početna temperatura (18 °C), T – krajnja temperatura i t – vreme izlaganja sistema dejstvu mikrotalasa (5 minuta). Nezavisno od ulaznog napona (180–220 V) utvrđeno je da je efektivna mikrotalasna snaga $78,2 \pm 2,3$ % očitavanja na displeju vatmetra. Električnom i mehaničkom modifikacijom pećnice omogućeno je izlaganje ekstrakcionog sistema dejstvu mikrotalasa konstantne snage sve vreme trajanja procesa, kao i sklapanje otvorenog ekstrakcionog sistema i vršenje procesa pri atmosferskom pritisku. U smešu biljnog materijala i rastvarača izloženu dejstvu mikrotalasa, sve vreme je, kroz silikonsko crevo na čijem se kraju nalazio distributor gasa, uduvavan azot, u cilju mešanja, obezbeđivanja uniformnosti sastava i temperature sistema.

Erlenmajeri sa šlifovanim zatvaračem (500 cm³) u kojima su se nalazili rastvarač (400 cm³) različite polarnosti i mikrotalasnih karakteristika (voda, methanol, 2-propanol) i usitnjeni biljni materijal mase 20, 40 i 80 g, u odnosu biljni materijal-rastvarač 1:5, 1:10 i 1:20 g/cm³, respektivno, postavljani su u modifikovanu mikrotalasnu pećnicu i staklenim nastavkom bili su spajani sa kondenzatorom, a ekstrakcija je vršena u trajanju od 1, 2,5, 5, 10, 15, 20 i 30 minuta, pri različitim mikrotalasnim snagama (300, 450 i 600 W). Po završetku ekstrakcije, tečni ekstrakt je odvajan od iscrpljenog biljnog materijala pod vakuumom na Büchner-ovom levku i uparavan do konstantne mase na rotacionom vakuum uparivaču na 40 °C. Prinos ekstraktivnih materija (u g/100 g biljnog materijala) je izračunavan iz mase izdvojenog ekstrakta i mase sveže biljne sirovine.

Nezavisno od vrste biljnog materijala i rastvarača najveći prinos ekstraktivnih materija je postignut pri najvećoj snazi mikrotalasa (600 W), pri čemu je niži prinos ekstraktivnih materija pri nižoj snazi mikrotalasa uzrokovan sporijim zagrevanjem ekstrakcionog sistema i nedovoljnim razaranjima ćelijskih zidova biljnog materijala. Porast snage od 300 na 600 W dovodi do porasta prinosa i do 30 %, sa napomenom da treba izbegavati dugotrajno izlaganje mikrotalasima ekstremno visoke snage (Pastor et al., 1997; Yu et al., 2009). Zagrevanje dejstvom mikrotalasa se pokazalo kao veoma brzo, te je sinergističkim dejstvom morfoloških promena unutar biljnog materijala i veće brzine prenosa mase nastalih pod dejstvom povišene temperature ova tehnika dala visoke prinose za kratko vreme. U odnosu na klasičnu ekstrakciju, primenom mikrotalasa, za duplo kraće vreme dobija se prinos veći od 32,5 do 46,9%. Generalno, polarniji rastvarači (metanol i voda) daju bolji prinos ekstraktivnih materija, što ukazuje da su u ovom slučaju ekstrahovani biljni materijali bogatiji supstancama rastvorljivim u polarnim rastvaračima, ali i da mikrotalase karakteristike rastvarača, od kojih direktno zavisi apsorpcija mikrotalasa, veoma utiču na prinos ekstraktivnih materija. Pozitivan efekat povećanja količine raspoloživog rastvarača na prinos ekstraktivnih materija tokom mikrotalase ekstrakcije u skladu je sa ranije objavljenim rezultatima (Hao et al., 2002; Spigno i de Faveri, 2009; Xiao et al., 2008), ali je zbog veće ekonomičnosti ekstrakcije, za optimalni odnos biljni materijal-rastvarač usvojeno 1:5 g/cm³.

Bez obzira na operativne uslove, daleko više ekstraktivnih materija može se izolovati iz mesa plodova nego iz listova lovor višnje. Dielektrične osobine, sadržaj vlage i fizička struktura biljnog materijala utiču na mikrotalase osobine ekstrakcionih sistema, a samim tim i na prinos ukupnih ekstraktivnih materija.

Zarad što veće isplativosti i bolje ekonomičnosti procesa, kao optimalno vreme ekstrakcije dejstvom mikrotalasa odabrano je 15 minuta (stepen ekstrakcije u granicama od 56,7±3,0 do 86,6±2,2 % od prinosa ostvarenog ekstrakcijom po Soxhlet-u), dok je kao rastvarač koji daje najbolji prinos u slučaju oba biljna materijala bio metanol.

U cilju karakterizacije metanolnih ekstrakata određena je antioksidativna aktivnost DPPH testom (Tabela 2), dok su fenolne komponente prisutne u ekstraktima analizirane tečnom hromatografijom pod visokim pritiskom (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) na aparatu Agilent 1100 Series i UV-DAD (Diode Array Detector) detektorom po originalnoj metodi (Veit et al., 1995) i identifikovane poređenjem njihovih retencionih vremena i spektara sa retencionim vremenom i spektrom standarda za svaku komponentu. Potvrda identifikacije i određivanje sadržaja hlorogene kiseline, apigenin-7-O-glukozida i luteolin-7-O-glukozida u ekstraktima određena je metodom eksternih standarda (Karabegovic, 2011).

Tabela 2 Antioksidativna aktivnost

Tehnika ekstrakcije		EC ₅₀ , µg/cm ³		
		Ekstrakt lista	Ekstrakt ploda	mesa
Mikrotalasna ekstrakcija	300 W	108,1±7,7	236,9±3,1	
	450 W	104,1±1,9	225,3±5,2	
	600 W	102,1±5,1	206,8±6,5	
Klasična ekstrakcija		115,4±2,8	237,2±4,6	

Vrednosti u tabeli su srednja vrednost tri merenja ± standardna devijacija (MeOH, 15 min., 1:5 g/cm³, 65 °C)

Nezavisno od biljnog materijala, porast mikrotalasne snage dovodi do blagog povećanja antioksidativnog kapaciteta ekstrakata, što je u skladu sa ranijim istraživanjima koja su pokazala da sa porastom snage mikrotalasa raste antioksidativna aktivnost ekstrakata na račun olakšanog oslobađanja nevezanih fenolnih kiselina (Hayat et al. 2010). Ekstrakti dobijeni mikrotalasnim ekstrakcijama lista i mesa ploda lovor višnje pokazuju nešto veću antioksidativnu aktivnost u odnosu na ekstrakte dobijene klasičnom ekstrakcijom.

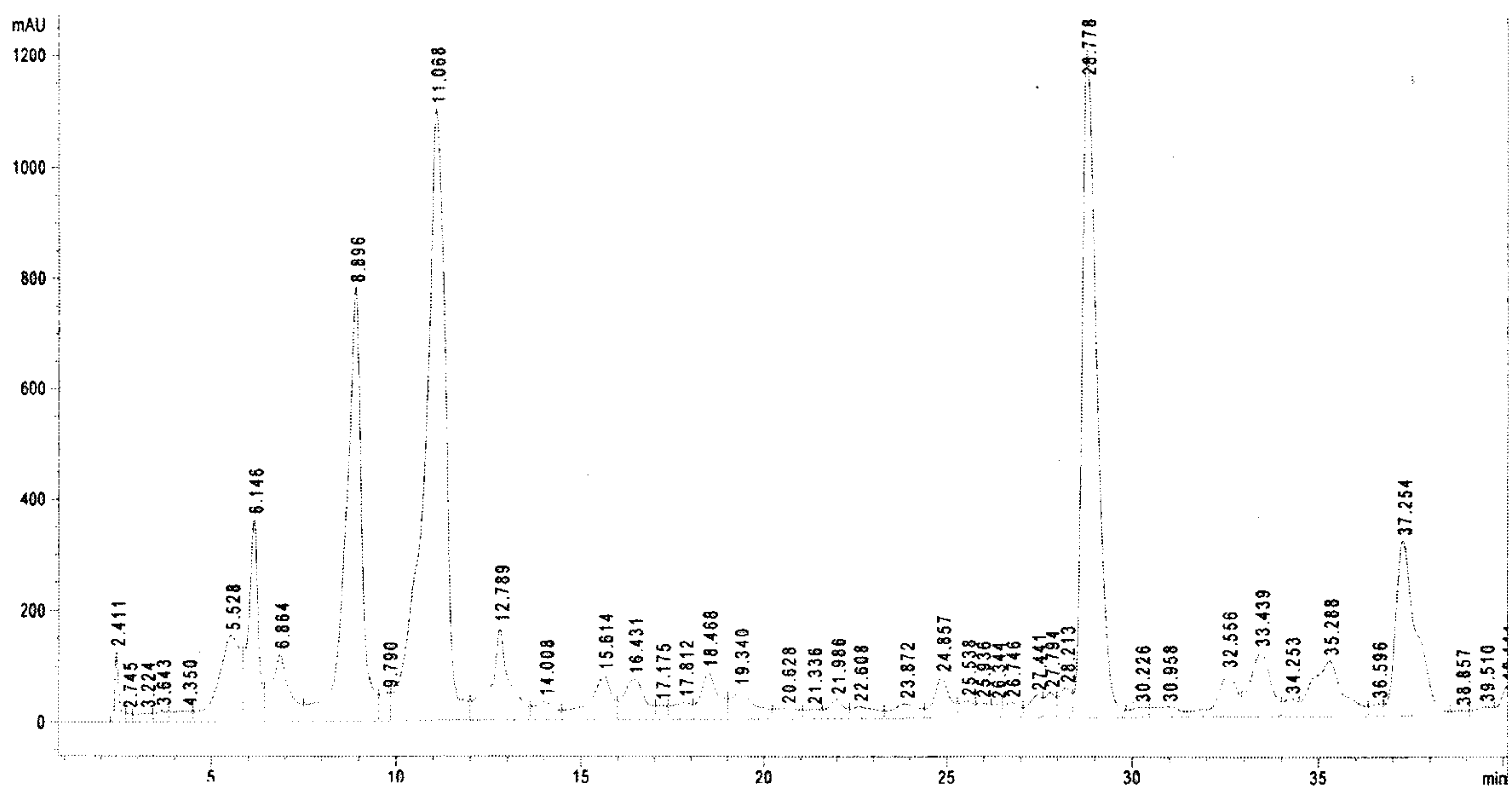
HPLC analizom metanolnih ekstrakta lista i mesa ploda lovor višnje dokazano je u proseku prisustvo 38, odnosno 25 komponenti, respektivno, od kojih su identifikovane hlorogena kiselina, apigenin-5-O-glukozid i luteolin-7-O-glukozid. Sadržaj identifikovanih komponenti prikazan je u tabeli 3, a jedan od hromatograma na slici 2.

Nezavisno od biljnog materijala, tehnike i uslova ekstrakcije najzastupljenija komponenta u analiziranim ekstraktima je hlorogena kiselina. Primenom mikrotalasa različite snage, kao i klasične metode ekstrakcije dobijaju se ekstrakti sličnog sastava, dok je najveći prinos hlorogene kiseline zabeležen pri ekstrakciji dejstvom mikrotalasa. Različit uticaj mikrotalasa kako na sadržaj hlorogene kiseline, tako i na sadržaj derivata apigenina i luteolina u ekstraktima lista i mesa ploda lovor višnje verovatno potiče od razlika u prirodi i strukturi biljnog materijala, kao i od različitog sadržaja vode u biljnom materijalu.

Tabela 3 Sadržaj identifikovanih komponenti (g/100 g suvog ekstrakta) u metanolnim ekstraktima lista i mesa ploda lovor višnje*

Biljni materijal	Tehnika ekstrakcije		Komponenta		
			Hlorogena kiselina	Apigenin-5-O-glukozid	Luteolin-7-O-glukozid
LIST	Mikrotalasna ekstrakcija	300 W	35,21	0,03	0,23
		450 W	40,03	0,05	0,98
		600 W	35,17	0,13	0,81
	Klasična ekstrakcija		36,49	0,11	0,40
Meso ploda	Mikrotalasna ekstrakcija	300 W	35,21	0,03	0,23
		450 W	40,03	0,05	0,98
		600 W	35,17	0,13	0,81
	Klasična ekstrakcija		36,49	0,11	0,40

* MeOH, 15 min., 1:5 g/cm³, 65 °C



Slika 2 HPLC hromatogram metanolnog ekstrakta lista lovor višnje dobijenog mikrotalasnom ekstrakcijom pri mikrotalasnoj snazi od 600 W

6. Zaključak

Laboratorijski tehnološki postupak za dobijanje ekstrakata dejstvom mikrotalasa razvijen je na osnovu rezultata sopstvenih laboratorijskih ispitivanja ekstrakcije dejstvom mikrotalasa iz lovor višnje. Osnovne faze tehnološkog postupka su: karakterizacija i usitnjavanje biljnog materijala, ekstrakcija rastvaračem, odvajanje ekstrakta od biljnog materijala i karakterizacija dobijenih ekstrakata. Tehnološki postupak je proveren na laboratorijskom nivou.

Dokazano je da je primena mikrotalasa podesna za ekstrakciju fenolnih jedinjenja i pored postizanja relativno visokih temperatura koje bi mogle dovesti do njihove degradacije, kao i da se ovom tehnikom, u poređenju sa klasičnom tehnikom ekstrakcije, dobija veći prinos polifenolnih jedinjenja i relativno sličan sastav ekstrakata. U svim ekstraktima, nevezano za tehniku ekstrakcije i biljni materijal, identifikovane su bioaktivne komponente: apigenin-5-O-glukozid, luteolin-7-O-glukozid i hlorogena kiselina koja je bila najzastupljenija.

Razvijeni tehnološki postupak ekonomski je prihvatljiv, jer omogućava dobijanje visokog prinosa ekstrakata bogatijih polifenolnim jedinjenjima za veoma kratko vreme i bez korišćenja skupe opreme.

Literatura

1. Ai Z., Quo J., Wang Y., Liu Y., Zhao Q. (2006), Microwave-assisted extraction technique of apple polyphenols in apple pomace, *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 22 (6), 188-191.
2. Belaya N.I., Filippenko T.A., Belyi A.V., Gribova N.Yu., Nikolaevskii A.N., Biryukova A.A. (2006), Electric-field-assisted extraction of antioxidants from bearberry (*Arctostaphylos adans*) leaves, *Journal Pharmaceutical Chemistry Journal* 40 (9), 504-506.
3. Camel V. (2000), Microwave-assisted solvent extraction of environmental samples, *Trends in analytical chemistry* 19 (4), 229-248.
4. Camel V. (2001), Recent extraction techniques for solid matrices - Supercritical fluid extraction, pressurized fluid extraction and microwave-assisted extraction: Their potential and pitfalls, *Analyst* 126 (7), 1182-1193.
5. Cravotto G., Boffa L., Mantegna S., Perego P., Avogadro M., Cintas P. (2008), Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves, *Ultrasonics Sonochemistry* 15 (5), 898-902.
6. Chou S.Y., Lo S.L., Hsieh C.H., Chen C.L. (2009), Sintering of MSWI fly ash by microwave energy, *Journal of Hazardous Materials* 163 (1), 357-362
7. Eskilsson C.S., Björklund E. (2000), Analytical-scale microwave-assisted extraction, *Journal of Chromatography A*, 902 (1), 227-250.
8. Hao J., Han W., Huang S., Xue B., Deng X. (2002) Microwave-assisted extraction of artemisinin from *Artemisia annua* L., *Separation and Purification Technology* 28 (3) 191-196.
9. Hayat K., Zhang X., Farooq U., Abbas S., Xia S., Jia C., Zhong F., Zhang J. (2010), Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace, *Food Chemistry* 123 (2), 423-429.
10. Hayes, B. L. (2002), *Microwave synthesis: Chemistry at the speed of light*, CEM Publishing, Matthew, NC.
11. Hong N., Yaylayan V.A., Vijaya Raghavan G.S., Paré J.R.J., Bélanger J.M.R. (2001), Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from grape seed, *Natural Product Letters* 15 (3), 197-204.
12. Jones W.P., Kinghorn A.D. (2006), *Extraction of Plant Secondary Metabolites*, u „Natural products isolation“ urednici Sarker S.D., Latif Z., Gray A.I., Humana Press, Totowa.

13. Karabegović I. (2011), Kinetika mikrotalasne ekstrakcije i karakterizacija bioaktivnih komponenti iz lovor višnje (*Prunus laurocerasus* L.), doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Nišu, Leskovac.
14. Mahesar S.A., Sherazi S.T.H., Abro K., Kandhro A., Bhangar M.I., van de Voort F.R., Sedman J., (2008), Application of microwave heating for the fast extraction of fat content from the poultry feeds, *Talanta* 75 (5), 1240-1244.
15. Pan X., Niu G., Liu H. (2003), Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves, *Chemical Engineering and Processing* 42 (2), 129-133.
16. Pastor A., Vázquez E., Ciscar R., De La Guardia M. (1997), Efficiency of the microwave-assisted extraction of hydrocarbons and pesticides from sediments, *Analytica Chimica Acta* 344 (3), 241-249.
17. Proestos C., Komaitis M. (2008), Application of microwave-assisted extraction to the fast extraction of plant phenolic compounds, *LWT - Food Science and Technology* 41 (4), 652-659.
18. Reverchon E. (1997) , Supercritical fluid extraction and fractionation of essential oils and related products, *Journal of Supercritical Fluids* 10 (1), 1-37.
19. Rostagno M.A., Palma M., Barroso C.G. (2007), Microwave assisted extraction of soy isoflavones, *Analytica Chimica Acta* 588 (2), 274-282.
20. Skala D., Žižović I., Gavrančić S. (2002), Primena natkritične ekstrakcije u prehrambenoj industriji, *Hemijska industrija* 56 (5), 179 - 190.
21. Spigno G., De Faveri D.M. (2009), Microwave-assisted extraction of tea phenols: A phenomenological study, *Journal of Food Engineering* 93 (2), 210-217.
22. Stanisavljević I.T., Lazić M.L., Veljković V.B. (2007), Ultrasonic extraction of oil from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seeds, *Ultrasonics Sonochemistry* 14 (5), 646-652.
23. Stanisavljević I., Stojičević S., Veličković D., Lazić M., Veljković V. (2008), Screening the antioxidant and antimicrobial properties of the extracts from plantain (*Plantago major* L.) leaves, *Separation Science and Technology* 43 (14), 3652-3662.
24. Stankiewicz A. (2006), Energy matters - Alternative sources and forms of energy for intensification of chemical and biochemical processes, *Chemical Engineering Research and Design* 84 (A7), 511-521.
25. Stanković M.Z. (2002), Bioaktivni proizvodi prirodnog porekla, *Zbornik radova Tehnološkog fakulteta, Leskovac*, 12, 33-51.
26. Vinatoru M. (2001), An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs, *Ultrasonic Sonochemistry* 8 (3), 303-313.

27. Veit M., Beckert C., Hohne C., Bauer K., Geiger H. (1995), Interspecific and intraspecific variation of phenolics in the genus *Equisetum* subgenus *Equisetum*, *Phytochemistry* 38 (4), 881-891.
28. Veličković D.T., Milenović D.M., Ristić M.S., Veljković V.B. (2006), Kinetics of ultrasonic extraction of extractive substances from garden (*Salvia officinalis* L.) and glutinous (*Salvia glutinosa* L.) sage, *Ultrasonics Sonochemistry* 13 (2), 150-156.
29. Wang L., Weller C.L. (2006), Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants, *Trends in Food Science and Technology* 17 (6), 300-312.
30. Xiao W., Han L., Shi B. (2008), Microwave-assisted extraction of flavonoids from *Radix Astragali*, *Separation and Purification Technology* 62 (3), 614-618.
31. Yu Y., Chen B., Chen Y., Xie M., Duan H., Li Y., Duan G. (2009), Nitrogen-protected microwave-assisted extraction of ascorbic acid from fruit and vegetables, *Journal of Separation Science* 32 (23-24), 4227-4233.
32. Zhang B., Yang R., Liu C.Z. (2008), Microwave-assisted extraction of chlorogenic acid from flower buds of *Lonicera japonica* Thunb., *Separation and Purification Technology* 62 (2), 480-483.
33. Zhou H.Y., Liu C.Z. (2006), Microwave-assisted extraction of solanesol from tobacco leaves, *Journal of Chromatography A* 1129 (1), 135-139.
34. Zigoneanu I.G., Williams L., Xu Z., Sabliov C.M. (2008), Determination of antioxidant components in rice bran oil extracted by microwave-assisted method, *Bioresource Technology* 99 (11), 4910-4918.