

DRAGAN MILENOVIĆ¹
VLADA B. VELJKOVIĆ²
BRANIMIR TODOROVIĆ³
MIOMIR STANKOVIĆ³

¹Zdravlje, Leskovac
²Tehnološki fakultet, Univerzitet
u Nišu, Leskovac
³Fakultet zaštite na radu,
Univerzitet u Nišu, Niš

NAUČNI RAD

582.824:66.061.34+547.262+510.644

ANALIZA EKSTRAKCIJE REZINOIDA KANTARIONA (*Hypericum perforatum* L.) I. Efikasnost i optimizacija ekstrakcije

U seriji od dva rada prikazani su rezultati ispitivanja ekstrakcije rezinoida kantaronia (*Hypericum perforatum* L.) u suspenziji. U prvom radu analizira se uticaj operativnih uslova na prinos rezinoida, dok se u drugom radu porede modeli kinetike ekstrakcije. Kao rastvarač, korišćeni su vodeni rastvori etanola (70 i 95 % v/v), pri hidromodulu 1:5 i 1:10. Usitnjena biljna sirovina je podeljena u tri frakcije različitog stepena usitnjenosti (srednji prečnik čestica frakcija: 0,23, 0,57 i 1,05 mm). Ekstrakcija je izvedena na 25 i 50 °C, kao i na temperaturi ključanja (oko 80 °C). Uticaj operativnih uslova na prinos rezinoida je analiziran primenom punog faktornog eksperimentalnog plana 2⁴ i veštačke neuronske mreže sa topologijim 3-4-1.

Upotreba bilja u obliku parafarmaceutskih i dijetetskih proizvoda dramatično se povećala poslednjih godina u mnogim zemljama širom sveta. Svetska zdravstvena organizacija (WHO) procenjuje da se skoro 80 % svetske populacije oslanja na tradicionalnu medicinu u kojoj dominantu ulogu ima lekovito bilje [1]. Na primer, u Sjedinjenim Američkim Državama blizu 60 miliona ljudi koristi biljne preparate [2]. Među najpopularnijim lekovitim biljem (u prvih pet) spada kantarion (*Hypericum perforatum* L.), zbog toga što sadrži veliki broj farmakološki aktivnih supstanci [1]. Poznato je antidepresivno, antiviralno, antimikrobno i antiinflamatorno dejstvo kantaronia [3]. Dok u literaturi postoji obilje podataka o hemijskom sastavu kantaronia [3-6], dotle su podaci o uticaju operativnih uslova na efekat ekstrakcije (izražen kao prinos ukupnog suvog ekstrakta ili pojedinačnih aktivnih supstanci) vrlo oskudni.

U seriji od dva rada ispitivana je ekstrakcija rezinoida kantaronia u suspenziji, bez mešanja (maceracija). U prvom radu analizira se uticaj operativnih uslova (koncentracija vodenog rastvora etanola, hidromodul, usitnjenost biljne sirovine i temperatura) na efikasnost ekstrakcije rezinoida, meren prinosom ukupnog suvog ekstrakta (rezinoida) sa ciljem da se proceni uticaj operativnih uslova na prinos rezinoida kantaronia primenom punog faktornog eksperimentalnog plana i veštačke neuronske mreže, kao i da se definišu optimalni uslovi ekstrakcije rezinoida kantaronia. Dok je metoda faktornog eksperimentalnog plana davno preporučena za procenjivanje uticaja relevantnih operativnih uslova na efikasnost ekstrakcije biljnih materijala [7], veštačke neuronske mreže, čija je sve šira primena zapažena u različitim oblastima hemijskog i biohemijskog inženjerstva [8, 9], nisu do sada korišćene za optimizovanje ekstrakcije čvrsto-tečno. U drugom radu se porede modeli kinetike ekstrakcije čvrsto-tečno, primenjeni na ekstrakciju rezinoida kantaronia [10].

Adresa autora: V. Veljković, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Nišu, 16000 Leskovac, Bulevar oslobođenja 124, Jugoslavija
Rad primljen: Februar 27, 2002
Rad prihvaćen: Mart 6, 2002

EKSPERIMENTALNI DEO

Biljna sirovina

Nadzemni deo kantaronia (*Hypericum perforatum* L.) je ubran u leto, u vreme cvetanja biljke, na planini Kukavica (okolina Leskovca), sušen na sobnoj temperaturi i neposredno pre eksperimenta samleven na mlinu (ALPINA). Delovi herbe su odvojeni mašinski (ALPINA ZS 300) od delova stabljike.

Samlevena biljna sirovina je podeljena u tri frakcije, čiji su srednji prečnici 1,05, 0,57 i 0,23 mm (označene kao frakcije I, II i III, respektivno). Granulometrijska analiza je izvršena sa deset standardnih laboratorijskih sita. Gubitak sušenjem (7,51%), sadržaj pepela (2,74%) i sadržaj peska (0,31%) su određeni standardnim metodama [11].

Ekstrakcija iz biljne sirovine

Ekstrakcija iz biljne sirovine vršena je vodenim rastvorima etanola, koncentracije 70 i 95 % v/v, u suspenziji, bez mešanja, pri hidromodulu (odnos biljna sirovina-rastvarač) 1:5 i 1:10 m/v, na temperaturama 25, 50 i oko 80°C (temperatura ključanja). Biljna sirovina (10 g) se prelije određenom zapreminom (50 ili 100 cm³) vodenog rastvora etanola i ostavi na konstantnoj temperaturi. Posle određenog vremena, ekstrakt se odvaja od ostatka biljne sirovine vakuum filtracijom. Rastvarač se uparava pod vakuumom dok se na dobije polučvrsti ostatak, koji se, zatim, suši do konstantne mase na 60°C. Suvi ostatak predstavlja ukupan alkoholni ekstrakt (rezinoid).

REZULTATI I DISKUSIJA

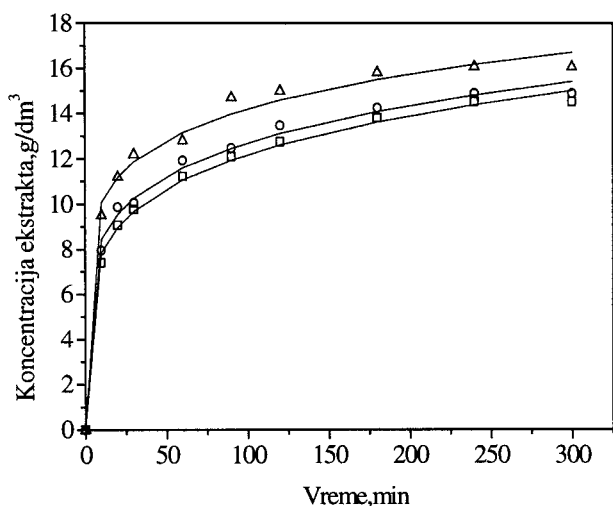
Mehanizam ekstrakcije rezinoida

Rezultati istraživanja ekstrakcije rezinoida kantaronia pri različitim operativnim uslovima, koji su prikazani na slikama 1-4, pokazuju da se ovaj proces odigrava u dve faze. Na početku, ekstraktivne supstance koje se nalaze na površini čestica biljne sirovine rastvaraju se u

kratkom vremenskom periodu (za desetak minuta); u ovoj fazi, poznatoj kao ispiranje—ili brza ekstrakcija, rastvara se veći deo ekstraktivnih supstanci. Kasnije, kao rezultat difuzije ekstraktivnih supstanci iz unutrašnjosti čestica biljne sirovine, koncentracija ekstrakta sve sporije raste; u ovoj fazi, poznatoj kao difuzija ili spora ekstrakcija, koncentracija ekstrakta dostiže najveću vrednost. Isti mehanizam je ranije uočen kod ekstrakcije rezinoida kokotca (*Melilotus officinalis* L.) [12].

Uticaj radnih uslova na ekstrakciju rezinoida

Na slici 1 prikazane su promene koncentracije ekstrakta u toku ekstrakcija iz biljne sirovine različitog stepena usitnjenosti. Nezavisno od vrste rastvarača, najveća koncentracija ekstrakta postiže se sa biljnom sirovinom najvećeg stepena usitnjenosti (III frakcija), kao rezultat razorenije ćelijske strukture. Ukoliko su čestice sitnije, kontaktna površina između biljnog materijala i tečnosti je veća, a rastojanje koje molekuli treba da pređu difuzijom unutar čvrstog materijala je kraće, pa se ekstrakcija odvija većom brzinom.

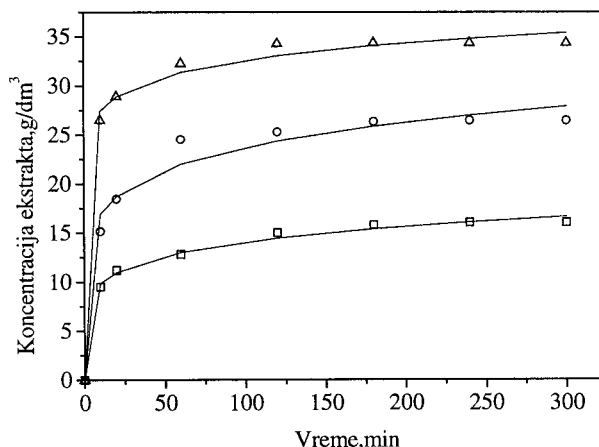


Slika 1. Promena koncentracije ekstrakta u toku ekstrakcije sa vodenim rastvorom etanola koncentracije 95 % (temperatura: 25°C; hidromodul: 1:5; stepen usitnjenosti: ● - frakcija I; ○ - frakcija II i Δ - frakcija III)

Figure 1. Change of the extract concentration with time during extraction with aqueous 95% ethanol (temperature: 25°C; hydromoduli 1:5; degree of drug disintegration: ● - fraction I, ○ - fraction II and Δ - fraction III)

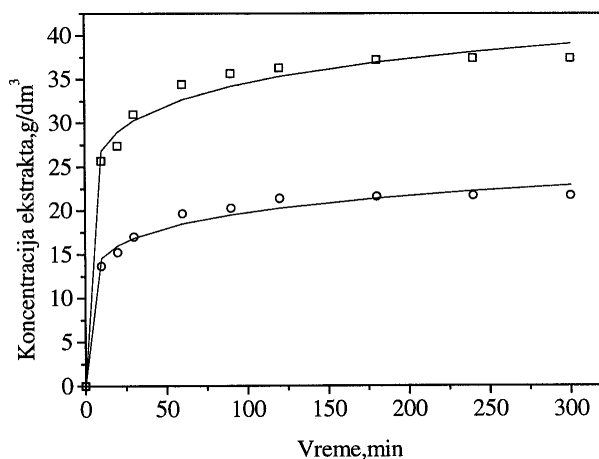
Slika 2 ilustruje uticaj temperature na promenu koncentracije ekstrakta u toku ekstrakcije za biljnu sirovinu najmanjeg srednjeg prečnika (III frakcija). Veća koncentracija ekstrakta postiže se na višoj temperaturi usled uvećane rastvorljivosti supstanci. Sa povećanjem temperature povećava se i koeficijent difuzije, što, takođe, povećava brzinu ekstrakcije.

Na slici 3 prikazana je promena koncentracije ekstrakta sa vremenom u toku ekstrakcije pri hidromodulu 1:5 i 1:10. Veća koncentracija ekstrakta postiže se kad



Slika 2. Promena koncentracije ekstrakta u toku ekstrakcije iz najsitnije frakcije III biljne sirovine pomoću vodenog rastvora etanola koncentracije 95 % (hidromoduli: 1:5; temperatura: ● - 25°C; ○ - 50°C; Δ - 80°C)

Figure 2. Change of the extract concentration with time during extraction (fraction III) with aqueous 95% ethanol (hydromoduli 1:5; temperature: ● - 25°C; ○ - 50°C; Δ - 80°C)

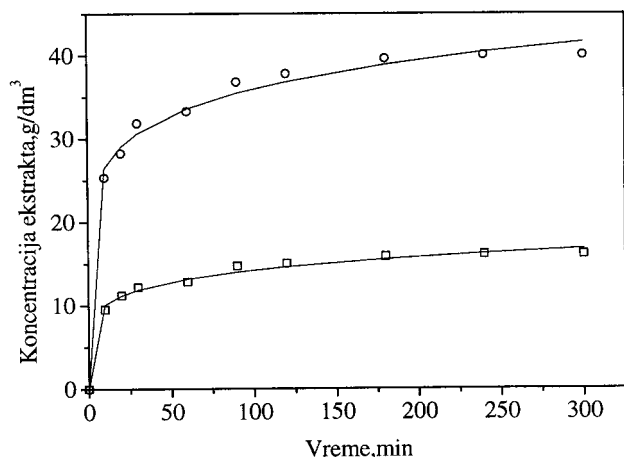


Slika 3. Promena koncentracije ekstrakta u toku ekstrakcije iz najkрупnije frakcije I na 50 °C, vodenim rastvorom etanola koncentracije 70 % (hidromodul: ● - 1:5; ○ - 1:10)

Figure 3. Change of the extract concentration with time during extraction (fraction I) at 50°C with aqueous 70% ethanol (hydromodulus: ● - 1:5; ○ - 1:10)

se ekstrakcija izvodi pri manjem hidromodulu (1:5), zbog manjeg razblaženja. Prinos rezinoida je, međutim, veći pri većem hidromodulu, nezavisno od ostalih uslova ekstrakcije.

Na slici 4 prikazana je promena koncentracije ekstrakta u toku ekstrakcije sa rastvaračima različite polarosti. Veća koncentracija ekstrakta dobija se kad se ekstrakcija izvodi rastvorom etanola koncentracije 70 %, koji je polarniji. Na osnovu empirijskog pravila da se slično rastvara u sličnom, može se zaključiti da je biljna sirovina bogatija polarnijim komponentama (flavonoidi, derivati diantrona, flavonoli i dr.). Ranije je pokazano da



Slika 4. Promena koncentracije ekstrakta u toku ekstrakcije iz frakcije III na 25°C, pri hidromodulu 1:5 (koncentracija vodenog rastvarača etanola: ● – 95%; ○ – 70%)

Figure 4. Change of the extract concentration with time during extraction (fraction III) at 25°C, with hydromoduli 1:5 (aqueous ethanol: ● – 95%; ○ – 70%)

se sa povećanjem polarnosti rastvarača povećava prinos suvog ekstrakta iz kantariona [6].

Optimizacija ekstrakcije rezinoida

Pun faktorni eksperimentalni plan

Radi sagledavanja uticaja operativnih uslova na prinos rezinoida, primenjen je plan punog faktornog eksperimenta sa četiri faktora (vrsta rastvarača, stepen usitnjenosti biljne sirovine, hidromodul i radna tempe-

ratura), pri čemu je svaki od faktora variran na dva nivoa. Matrica punog faktornog eksperimentalnog plana i radna matrica, sa odzivnom funkcijom (prinos), date su u tabeli 1. U cilju određivanja greške eksperimenta, izvedeno je 6 eksperimenata korišćenjem frakcije II pod "nultim" uslovima temperature (52,5°C), koncentracije etanola (82,5% vol.) i srednje vrednosti hidromodula (1:7,5). Srednji prinos rezinoida pod ovim uslovima ekstrakcije je iznosio 1,75±0,04 g uvek sa 10 g biljne sirovine.

Pretpostavljeno je da prinos, odnosno funkcija odziva ima oblik polinoma:

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

gde je: y – funkcija odziva (prinos rezinoida), x_i – i -ti faktor, b_0 – slobodan član, b_i – linearan koeficijent vezan za i -ti faktor i b_{ij} – koeficijent međufaktorskog dejstva i -tog i j -tog faktora. Vrednosti koeficijenata polinoma su izračunavane metodom najmanjih kvadrata, na osnovu eksperimentalno određenih vrednosti prinosa rezinoida. Izračunate vrednosti koeficijenata i t -odnosa date su u tabeli 2, a regresiona jednačina ima oblik:

$$y = 1,751 + 0,373 x_1 - 0,467 x_2 - 0,141 x_3 - 0,153 x_4 + 0,113 x_1 x_2 - 0,042 x_1 x_3 - 0,089 x_1 x_4 + 0,007 x_2 x_3 + 0,014 x_2 x_4 + 0,005 x_3 x_4 - 0,030 x_1 x_2 x_3 - 0,017 x_1 x_2 x_4 - 0,006 x_1 x_3 x_4 + 0,013 x_2 x_3 x_4 + 0,001 x_1 x_3 x_4 \quad (2)$$

gde je: x_1 – temperatura, x_2 – vrsta rastvarača, x_3 – usitnjenost biljne sirovine i x_4 – hidromodul. Srednje relativno odstupanje vrednosti prinosa rezinoida izračunatih

Tabela 1. Matrica punog faktornog eksperimentalnog plana 2⁴
Table 1. Matrices for the 2⁴ full factorial experimental plan

	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	T, °C	Rastvarač, % vol.	Frakcija	Hidro-modul	Prinos* g	Prinos** G
1.	+	-	-	-	-	25	70	III	1:10	2,187	2,124
2.	+	+	-	-	-	80	70	III	1:10	2,861	2,900
3.	+	-	+	-	-	25	95	III	1:10	0,918	0,964
4.	+	+	+	-	-	80	95	III	1:10	2,236	2,192
5.	+	-	-	+	-	25	70	I	1:10	1,918	1,926
6.	+	+	-	+	-	80	70	I	1:10	2,574	2,534
7.	+	-	+	+	-	25	95	I	1:10	0,748	0,766
8.	+	+	+	+	-	80	95	I	1:10	1,796	1,826
9.	+	-	-	-	+	25	70	III	1:5	2,000	1,996
10.	+	+	-	-	+	80	70	III	1:5	2,413	2,416
11.	+	-	1	-	+	25	95	III	1:5	0,803	0,836
12.	+	+	1	-	+	80	95	III	1:5	1,718	1,708
13.	+	-	-	+	+	25	70	I	1:5	1,725	1,798
14.	+	+	-	+	+	80	70	I	1:5	2,065	2,050
15.	+	-	1	+	+	25	95	I	1:5	0,726	0,638
16.	+	+	1	+	+	80	95	I	1:5	1,332	1,342

* Prinos rezinoida iz 10 g biljne sirovine određen eksperimentalno

** Prinos rezinoida iz 10 g biljne sirovine izračunat jednačinom 3

Tabela 2 Vrednosti koeficijenata jednačine 1 i t-odnosa
Table 2. Coefficients in equation (1) and the t-ratio

Koeficijent	Vrednost koeficijenta	t
b ₀	1,751	141,04
b ₁	0,373	30,05
b ₂	-0,467	37,58
b ₃	-0,141	11,88
b ₄	-0,153	12,36
b ₁₂	0,113	9,08
b ₁₃	-0,042	3,37
b ₁₄	-0,089	7,16
b ₂₃	0,007	0,53
b ₂₄	0,014	1,09
b ₃₄	0,005	0,40
b ₁₂₃	-0,030	2,46
b ₁₂₄	-0,017	1,35
b ₁₃₄	-0,006	0,47
b ₂₃₄	0,013	1,07
b ₁₂₃₄	0,001	0,08

pomoću jednačine 2 od eksperimentalnih vrednosti iznosi $\pm 0,20\%$.

Poređenjem izračunatih vrednosti t-odnosa sa tabličnom vrednošću $t_{0,95(4)} = 2,78$, utvrđena je važnost svakog koeficijenta [13]. Ako se izostave manje važne kombinacije faktora, čija vrednost t je manja od tablične vrednosti $t_{0,95(4)}$, regresiona jednačina ima jednostavniji oblik:

$$y = 1,751 + 0,373 x_1 - 0,467 x_2 - 0,141 x_3 - 0,153 x_4 + 0,113 x_1 x_2 - 0,042 x_1 x_3 - 0,089 x_1 x_4 \quad (3)$$

Srednje relativno odstupanje prinosa rezinoida izračunatog pomoću jednačine 3 od eksperimentalne vrednosti je $\pm 2,51\%$.

Analizom svakog koeficijenata regresione jednačine lako se može zaključiti da prinos rezinoida raste sa povećanjem temperature i hidromodula, kao i sa smanjenjem koncentracije vodenog rastvora etanola i srednjeg prečnika čestica biljne sirovine. Vrednosti koeficijenata jednačine 3 ukazuju na značaj svakog od određenih faktora. Najveći uticaj ima vrsta rastvarača, a zatim temperatura; sa smanjenjem koncentracije rastvora etanola i povećanjem temperature, prinos rezinoida se povećava. Na trećem mestu po važnosti je izabran hidromodul, dok najmanji uticaj ima stepen usitnjenosti biljne sirovine. Jednačina 3 pokazuje, takođe, da postoje i uticaji međufaktora, i to temperature sa nekim od ostalih faktora, ali su oni manje važni. Od kombinovanih uticaja posebno treba istaći uticaj temperature i rastvarača.

Metoda veštačke neuronske mreže

Metoda veštačkih neuronskih mreža je korišćena za korelisanje prinosa rezinoida sa operativnim uslovima ekstrakcije rezinoida određenim rastvaračem:

$$y = f(x_1, x_3, x_4)_{x_2} \quad (4)$$

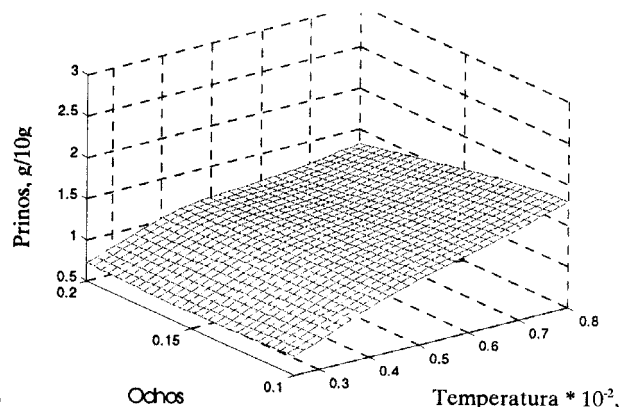
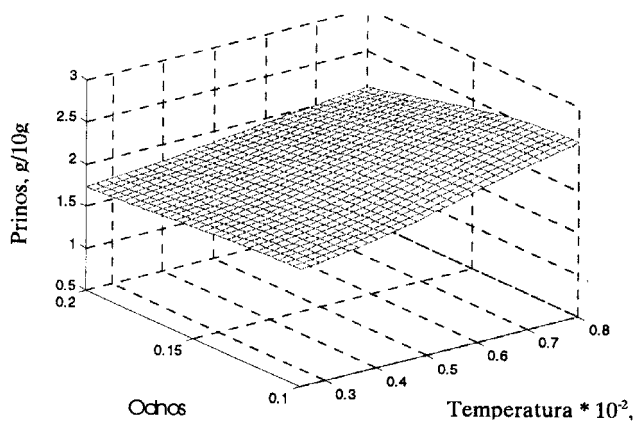
gde je: y – izlazni signal koji sadrži prinos rezinoida (izražen po 10 g biljne sirovine), x_i – ulazni signal, koji sadrži operativne uslove: stepen usitnjenosti, hidromodul i temperaturu, i x_2 – vrsta rastvarača (vodeni rastvor etanola: 70 ili 95 % v/v). Veštačka neuronska mreža je simulirana softverom na konvencionalnom digitalnom računaru uz primenu Matlab programa [14]. Primenjena veštačka neuronska mreža je sa topologijom 3– n_h –1, gde je n_h – broj neurona u skrivenom sloju, i direktnim prostiranjem signala. Kao aktivaciona funkcija korišćena je Gausova radialna bazisna funkcija. Broj neurona u skrivenom sloju ($n_h = 4$) je izabran na osnovu iskustva stečenog u primeni malog broja podataka za obučavanje neuronske mreže; tada je suma kvadrata odstupanja između izračunatih i eksperimentalnih vrednosti prinosa rezinoida minimalna. Takođe, veći broj neurona u skrivenom sloju od 4 dovodio je do pojave nelinearnosti, neopravdanih pri korišćenju malog broja podataka za učenje mreže. Za obučavanje neuronske mreže primenjen je nadgledani tip učenja.

Na slici 5 prikazane su zavisnosti prinosa rezinoida od operativnih uslova, određene metodom neuronske mreže. Najveći prinos rezinoida ostvaruje se pri ekstrakciji vodenim rastvorom etanola koncentracije 70 %, pri hidromodulu 1:10, na temperaturi od 80 °C i sa biljnom sirovinom najvećeg stepena usitnjenosti. Isti optimalni operativni uslovi određeni su i metodom punog faktornog eksperimenta. Odstupanje između izračunatih i eksperimentalnih vrednosti prinosa rezinoida je slična kao kod metode punog faktornog eksperimenta, ali je prednost metode neuronskih mreža u tome što omogućava izračunavanje prinosa rezinoida za sve operativne uslove unutar primenjenih granica.

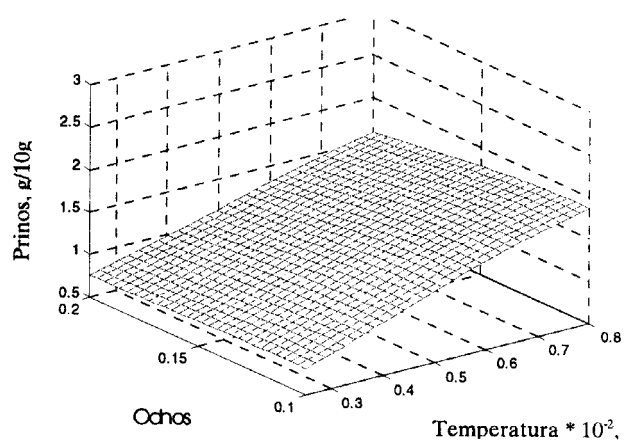
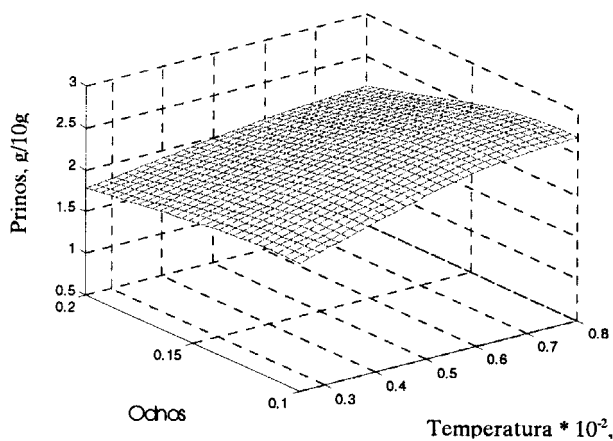
ZAKLJUČAK

Na prinos i brzinu ekstrakcije rezinoida utiču: temperatura, stepen usitnjenosti biljne sirovine, hidromodul i vrsta rastvarača. Veća koncentracija ekstrakta se postiže: pri višim temperaturama, sa biljnom sirovinom većeg stepena usitnjenosti, pri manjem hidromodulu, s tim što je prinos rezinoida veći pri većem hidromodulu, i sa rastvorom etanola manje koncentracije. Najveći prinos rezinoida (2,86 g rezinoida po 10 g biljne sirovine) dobijen je pri sledećim uslovima ekstrakcije: koncentracija etanola 70 % v/v, hidromodul 1:10 (m/v), frakcija biljne sirovine najvećeg stepena usitnjenosti (srednji prečnik čestica: 0,23 mm), ekstrakcijom na temperaturi od oko 80°C. Utvrđeno je da se brzina ekstrakcije rezinoida povećava sa povećanjem temperature i stepena usitnjenosti biljne sirovine.

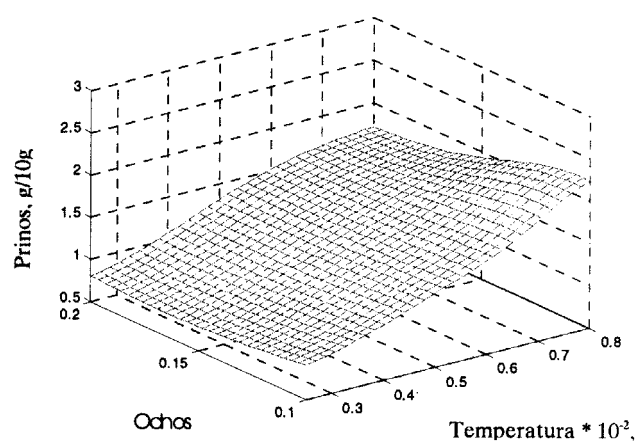
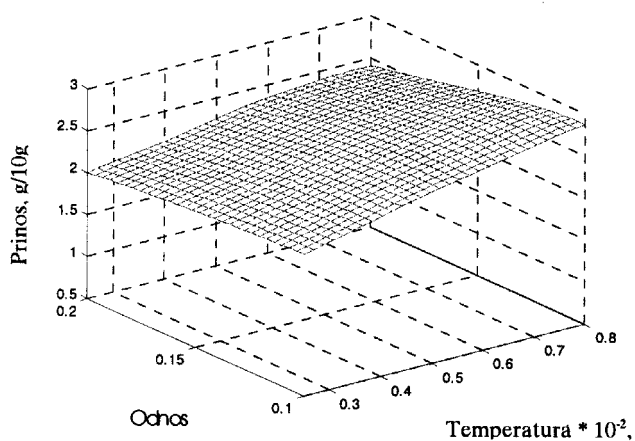
Stepen usitnjenosti - I



Stepen usitnjenosti - II



Stepen usitnjenosti - III



a)

b)

Slika 5 Zavisnost prinosa rezinoida od stepena usitnjenosti, hidromodula i temperature za vodene rastvore etanola koncentracije a) 70 i b) 95 % v/v

Figure 5. Yield of the resinoids versus degree of disintegration, hydromoduli aqueous ethanol: a) 70 and b) 95 % v/v

Uticaj značajnih faktora na prinos rezinoida je analiziran primenom punog faktornog eksperimentalnog plana 2^4 i metodom neuronskih mreža. Dok je prva, statistička metoda već korišćena za optimizovanje ekstrakcije čvrsto-tečno, druga metoda nije primenjivana u ove svrhe.

Metodom punog faktornog eksperimenta dobijena je regresiona jednačina koja omogućava da se izračuna prinos rezinoida u zavisnosti od radnih uslova. Pojedinačni koeficijenti regresione jednačine pokazuju da se prinos rezinoida povećava sa povećanjem temperature i stepena usitnjenosti biljne sirovine, kao i sa povećanjem hidromodula ali i sa smanjenjem koncentracije vodenog rastvora etanola. Najveći uticaj ima koncentracija etanola, a zatim temperatura i hidromodul, dok je najmanje važan uticaj stepena usitnjenosti biljnog materijala. Uticaji međufaktora su od manje važnosti.

Veštačka neuronska mreža sa toplogijim 3-4-1 je primenjena za korelisanje prinosa rezinoida, u zavisnosti od koncentracije etanola, stepena usitnjenosti biljnog materijala, hidromodula i temperature. Mogućnost predviđanja prinosa rezinoida za radne uslove unutar primenjenih granica daje prednost metodi neuronskih mreža u odnosu na pun faktorni eksperiment. U cilju optimizacije primene neuronske mreže potrebno je povećati broj eksperimenata (sa većim brojem nivoa faktora), da bi generalizacija zavisnosti prinosa od radnih uslova bila pouzdana. Treba napomenuti da problemi koji su vezani za kvantitet i kvalitet eksperimentalnih podataka mogu imati negativni efekat na rad neuronske mreže.

SPISAK SIMBOLA

b_0 – slobodan član u jednačini 1

b_i – linearni koeficijent u jednačini 1
 b_{ij} – koeficijent međufaktorskog dejstva u jednačini 1
 n_h – broj neurona u skrivenom sloju
 x_i – faktor (operativni uslov)
 y – odzivna funkcija (prinos rezinoida)

LITERATURA

- [1] F.F. Liu, C.Y.W. Ang, D. Springer, J. Agric. Food Chem. **48** (2000) 3364
- [2] M.P. Lindenmaler, X.G. He, L. Lin, Food Test. Anal. **12** (1999) 3
- [3] L. Brolis, B. Gabetta, N. Fuzzati, R. Pace, F. Panzeri, F. Peterlongo, J. Chromatogr. **825** (1998) 9
- [4] G. Kitanov, K.F. Blinova, Khim. Priir. Soedin. **2** (1987) 185
- [5] A. Stoyanova, M. Popova, E. Georgiev, Farmatsiya **1** (1987) 8
- [6] A. Šmelcerović, Magistarski rad, Tehnološki fakultet, Leskovac (2000)
- [7] V.D. Ponomarev, Ekstragirovanie lekarstvennogo syr'ya, Medicina, Moscow (1976).
- [8] L.H. Tsoukalas, R.E. Uhrig, Fuzzy and neural approaches in engineering, Wiley-Interscience Publ. (1998).
- [9] H. Yang, B.S. Fang, M. Reuss, Canad. J. Chem. Eng. **77** (1999) 838
- [10] V.B. Veljković, D.M. Milenović, Hem. ind. **56** (2002) 60.
- [11] Ph. Yug. IV, 1984.
- [12] M.Z. Stanković, M.D. Cakić, D.M. Cvetković, V.B. Veljković, J. Serb. Chem. Soc. **59** (1994) 735
- [13] S. Akhnazarova, V. Kafarov, Experiment optimization in chemistry and chemical engineering, MIR Publishers, Moscow (1982).
- [14] B. Todorović, Magistarski rad, Elektronski fakultet, Niš (2000).

SUMMARY

EXTRACTION OF RESINOIDS FROM ST. JOHN'S WORT (*Hypericum perforatum* L.).

I. Efficiency and optimization of extraction

(Scientific paper)

Dragan Milenović¹, Vlada B. Veljković², Branimir Todorović³, Miomir Stanković³

¹Zdravlje, Leskovac, ²Faculty of Technology, University of Niš, Leskovac,

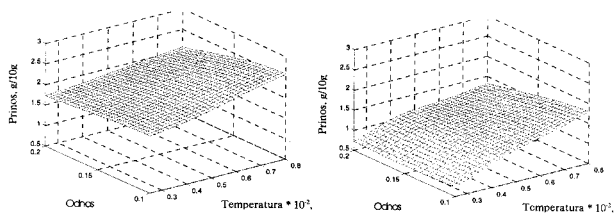
³Faculty of Occupational Protection, University of Niš, Niš

The extraction of resins from St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.) was studied in a series of two papers. In the first part, the effects of the operating conditions on the yield of resins (total extract) were analyzed, while the mathematical models of extraction kinetics were compared in the second one. The extraction was carried out using an aqueous solution of ethanol (70 and 95 % v/v) at a hydromodulus (plant material to solvent ratio, w/v) of 1:5 or 1:10. The plant material was disintegrated and divided into three fractions (mean particle size: 0.23, 0.57 and 1.05 mm). The temperature was 25, 50 or about 80°C (boiling temperature). A higher yield of resins was obtained when the plant material of greater disintegration degree (0.23 mm) was treated with 70% v/v aqueous ethanol solution at higher hydromoduli (1:10) and temperatures (80°C). The effects of the operating factors on the yield of resins were estimated by using both the full factorial experimental plan 24 and artificial neuronal networks (ANN) of 3-4-1 topology. Of the two methods, the ANN one was found to be advantageous because of its capability of estimating the yield of resins in the whole range of the applied operating conditions.

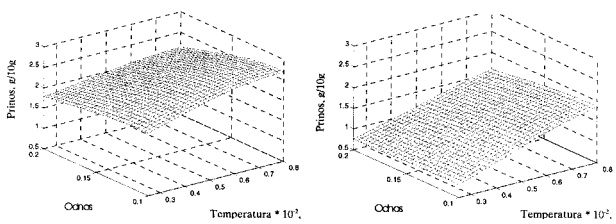
Ključne reči: Kantarion • *Hypericum perforatum* • Resinoid • Faktorni eksperimentalni plan • Veštačka neuronska mreža •

Key words: St. John's wort • *Hypericum perforatum* • Resinoid • Full factorial experimental plan • Artificial neuronal network •

Stepen usitnjenosti - I



Stepen usitnjenosti - II



Stepen usitnjenosti - III

