

## **Aceton kao alternativno ekstrakciono sredstvo za izdvajanje biljnih ulja**

- Originalni naučni rad -

Biljana RABRENOVIĆ, Ksenija PIĆURIĆ-JOVANOVIĆ i  
Mirjana MILOVANOVIĆ  
Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun

**Izvod:** Heksan je zbog pristupačne cene bio glavni rastvarač za ekstrakciju ulja iz uljarica još od 1940 godine. U poslednjih trideset godina, faktori kao što su kvalitet proizvoda, bezbednost i ekološke regulative usloveli su intenzivno istraživanje sa ciljem da se pronađe prihvatljivi alternativni rastvarač.

Aceton, kao potencijalni alternativni rastvarač, ima niz ekoloških i fizičkih prednosti u odnosu na heksan, ali da bi u potpunosti zamenio heksan trebalo bi da bude i ekonomski i tehnološki prihvatljiv.

Ovim istraživanjem utvrđena je mogućnost primene acetona (0-30% vode) kao alternativnog ekstrakcionog sredstva za izdvajanje ulja soje, a u poređenju sa klasičnim načinom ekstrakcije. Rastvorljivost acetona u vodi pružila je neke prednosti, ali ima i mana u odnosu na heksan. Efikasnost ekstrakcije ulja iz soje bila je u direktnoj vezi sa sadržajem vode u acetonu, pri čemu je udeo vode iznad 10% uticao na smanjenu moć ekstrakcije i manji prinos ulja iz soje. Sadržaj slobodnih masnih kiselina (SMK) i ukupnih rastvorljivih materija zavisio je direktno od sadržaja vode. Nerastvorljivi, visokoenergetski fosfatidi i gume zaostajali su u sojinoj sačmi. Sadržaj azota u sačmi rastao je sa povećanjem sadržaja vode u acetonu. Dalja istraživanja u ovoj oblasti su od značaja kako bi se utvrdilo da li aceton može biti upotrebljen kao ekstrakcioni rastvarač u širim razmerama.

**Ključne reči:** Aceton, ekstrakcija, sačma soje, ulje soje.

### **Uvod**

Mogućnost primene određenog rastvarača kao ekstrakcionog sredstva zavisi od brojnih kriterijuma:

- ulje se u rastvaraču mora dobro rastvarati i u uslovima nižih temperatura,
- rastvarač mora da je selektivan tj. da rastvara samo trigliceride,
- trebalo bi da je hemijski što inertniji (da ne reaguje sa komponentama sistema, da

nije korozivan, da nije zapaljiv, da nije otrovan),

- da dobro natapa materijal koji se ekstrahuje (da ima što nižu viskoznost i površinski napon),
- da se uspešno može odvajati od ekstrakcionog ostatka (sačme) sa što nižim utroškom energije i što manjim promenama karakteristike sačme,
- potrebno je da ima što manju rastvorljivost u vodi i da se što lakše odvaja od vode,
- da ima što nižu tačku ključanja, sa što užim intervalom temperatura pri kojima ključa,
- da ima što manje negativnog uticaja na okolinu,
- idealan rastvarač trebalo bi da je dostupan u dovoljnim količinama i da ima nižu cenu.

Međutim, činjenica je da ni jedan rastvarač ne zadovoljava sve postavljene uslove i da se kao i u ostalim tehnološkim rešenjima ide na realni kompromis koji zadovoljava minimum uslova za industrijsku primenu, **Bockisch**, 1998.

Heksan je zbog pristupačne cene do sada najviše korišćen komercijalni rastvarač. Osnovne prednosti heksana ogledaju se u tome što odlično rastvara biljno ulje, ima visoku stabilnost, mali su gubici tokom isparavanja, ima slabo korozivno dejstvo i njegova upotreba u ekstrakciji ima za rezultat dobijanje ulja i sačme dobrog kvaliteta, **Wan i sar.**, 1995. Međutim, faktori kao što su sigurnost procesa, ekološka nepodobnost i mogući zdravstveni rizici, uticali su da se pokrenu intenzivna istraživanja radi pronalaska ekonomski i tehnološki prihvatljivijeg alternativnog rastvarača, **Johnson i Lucas**, 1983, **Horsman**, 2000.

Aceton je jedan od predloženih alternativnih rastvarača. Američka Agencija za zaštitu životne sredine, EPA (*Environmental Protection Agency*), ne smatra aceton opasnim zagađivačem vazduha, HAP (*Hazardous Air Pollutant*) i nije ga stavila na listu isparljivih organskih rastvarača (VOC - *Volatile Organic Compound*), što acetonu daje prednost u odnosu na heksan koji se smatra opasnim zagađivačem vazduha, **Wan i Wakelyn**, 1998, **Menotti i sar.**, 1999.

Fizičke karakteristike heksana i acetona date su u Tabeli 1, **Wakelyn i sar.**, 2001.

Tabela 1. Fizička svojstva acetona i heksana - *Physical Properties of Acetone and Hexane*

Svojstva - Properties	Aceton - Acetone	Heksan - Hexane
Tačka ključanja (A°C) Boiling point (A°C)	56,1	67-69
Latentna toplota isparavanja (cal/g) Latent heat of evaporation (cal g <sup>-1</sup> )	124,5	79,9
Specifična toplota (cal/g°C) Specific heat (cal g <sup>-1</sup> °C)	0,511	0,533
Specifična težina 20/20°C Specific weight 20/20°C	0,791	0,67-0,72
Granica eksplozivnosti (% vol u vazduhu) Explosive limit (% vol in air)	2,2 -13,0	1,1-7,5
Rastvorljivost u vodi 25°C (g/L) Solubility in water 25°C (g L <sup>-1</sup> )	neograničeno limitlessly	nerastvorljiv insoluble

Neograničena rastvorljivost acetona u vodi direktno utiče na ekstrakcionu moć acetona i upravo je cilj našeg istraživanja bio ispitivanje mogućnosti primene acetona, odnosno različitih smeša acetona i vode (95:5; 90:10; 80:20; 70:30) za izdvajanje ulja iz soje i njihovog uticaja na karakteristike ulja i sačme soje.

### Materijal i metode

Analize su izvršene na zrnju soje sorte Balkan, sa oglednog dobra Radmilovac, berba 2000. godina.

Zrno soje je samleveno u mlinu za kafu.

Aceton i smeše acetona i vode u sledećim odnosima: 95:5, 90:10, 80:20, 70:30 korišćeni su za ekstrakciju ulja iz soje, a kao kontrolno ekstrakciono sredstvo korišćen je heksan.

Određivanje sadržaja ulja u uzorku soje urađeno je standardnom metodom po Soxhlet-u, JUS ISO 659 1991.

Sadržaj slobodnih masnih kiselina u ulju izdvojenom iz soje određen je standardnom metodom JUS ISO 729 1992.

Određivanje sadržaja taloga u ulju je vršeno po sledećoj šemi: mlevenje uzorka i priprema za ekstrakciju → ekstrakcija rastvaračem → uparavanje rastvarača iz miscele u balonu → hlađenje sadržaja balona → kvantitativno prenošenje sadržaja balona u graduisanu kivetu → centrifugiranje (15 min pri brzini od 3000 obr/min) → određivanje količine izdvojenog taloga.

Sadržaj vlage u polaznom uzorku soje i u sačmi soje određen je standardnom metodom JUS ISO 665 1991.

Sadržaj ukupnih proteina u polaznom uzorku soje i u sačmi dobijenoj nakon ekstrakcije određen je standardnom metodom po Kjeldahl-u JUS ISO 1871 1992.

Sve analize su urađene u triplikatu i u radu su prikazane srednje vrednosti.

### Rezultati i diskusija

U prvoj fazi istraživanja u polaznom zrnju soje određen je sadržaj vlage (6,92%) i ukupnih proteina (32,14%).

Ekstrakcijom sa heksanom, kao kontrolnim ekstrakcionim sredstvom, određen je sadržaj ulja, sadržaj SMK i taloga u izdvojenom ulju, a u zaostaloj sačmi je određen sadržaj vlage, proteina i rezidualnog ulja. Dobijeni rezultati prikazani su u Tabeli 2.

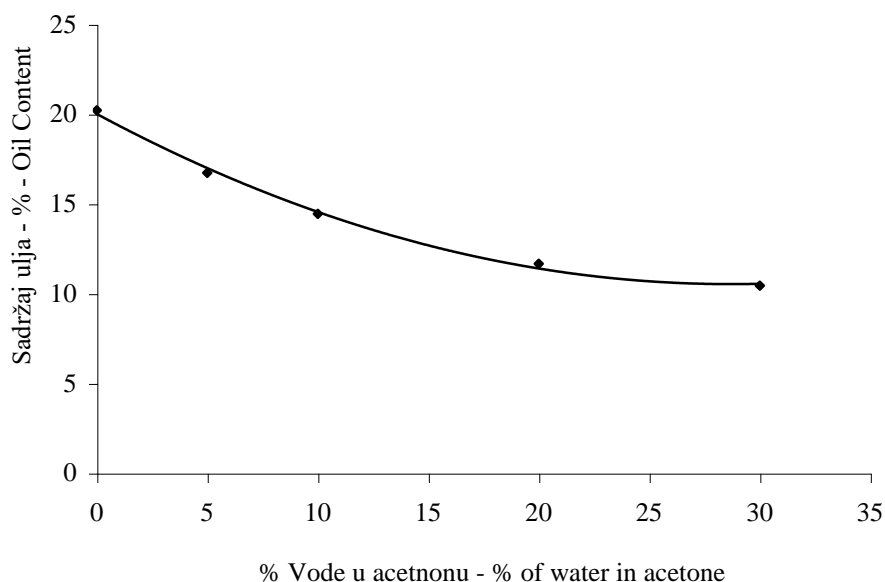
U daljem istraživanju ispitivana je mogućnost primene acetona i mešavina acetona sa vodom (95:5, 90:10, 80:20, 70:30) kao ekstrakcionih sredstava za dobijanje ulja. Takođe su određena i svojstva ulja i sačme.

Prinos ulja ostvaren ekstrakcijom acetonom i mešama acetona i vode prikazan je na Slici 1.

Na osnovu dijagrama može se zaključiti da se prinos ulja smanjuje sa

Tabela 2. Karakteristike ulja i sačme dobijenih ekstrakcijom heksanom  
 Characteristics of Oil and Meal Extracted by Hexane

Ulje Oil	Sadržaj ulja - % - Oil content	25,24
	Sadržaj SMK - % - Content of FFA	0,85
	Sadržaj taloga - % - Precipitation content	3,09
Sačma Meal	Sadržaj vlage - % - Moisture content	8,00
	Sadržaj proteina - % (%N x 6.25) - Protein content	46,37
	Sadržaj rezidualnog ulja - % - Residual oil content	1,10



Slika 1. Količina izdvojenog ulja u zavisnosti od ekstrakcionog sredstva  
 Content of isolated oil in dependence on extraction solvent

povećanjem udela vode u ekstrakcionoj smeši. Prinos ulja je smanjen za 60% kada je za ekstrakciju korišćena smeša acetona sa vodom 70:30 (Tabela 3).

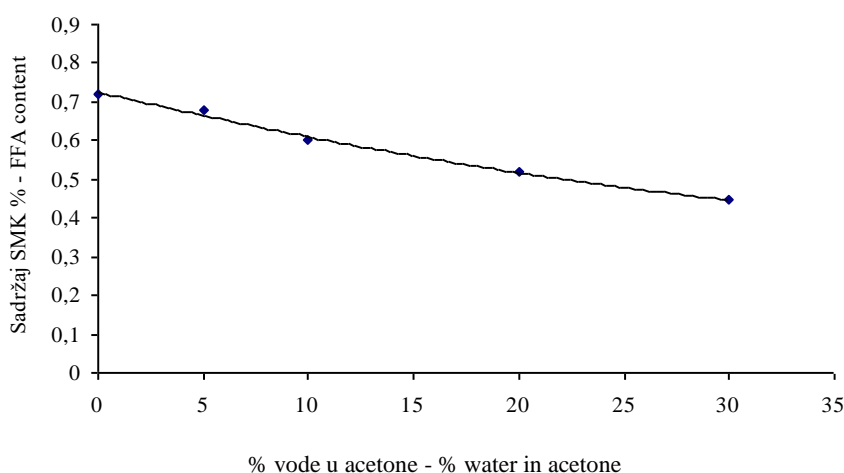
U daljoj fazi istraživanja određen je sadržaj SMK i taloga u ulju dobijenom ekstrakcijom acetonom i smešama acetona i vode.

Sadržaj SMK je praćen zbog pretpostavke da bi povećanje sadržaja vode u smešama sa acetonom moglo da utiče na pojavu hidrolize. U ulju koje je ekstrahovano acetonom sadržaj SMK je bio manji u odnosu na sadržaj SMK u ulju ekstrahovanom heksanom. Povećanjem koncentracije vode u acetonu, sadržaj SMK u ulju je proporcionalno opadao, što je posledica smanjenja prinosa ulja usled povećanja vode u ekstrakcionoj smeši (Slika 2).

Sadržaj SMK u ulju dobijenom ekstrakcijom sa smešom acetona i vode (70:30) je bio najniži i skoro 40% niži u odnosu na sadržaj SMK u ulju koje je ekstrahovano heksanom (Tabela 4).

Tabela 3. Prinos sadržaja ulja u soji u zavisnosti od ekstrakcionog sredstva  
Yield of Soya Bean Oil in Dependence on Extraction Solvent

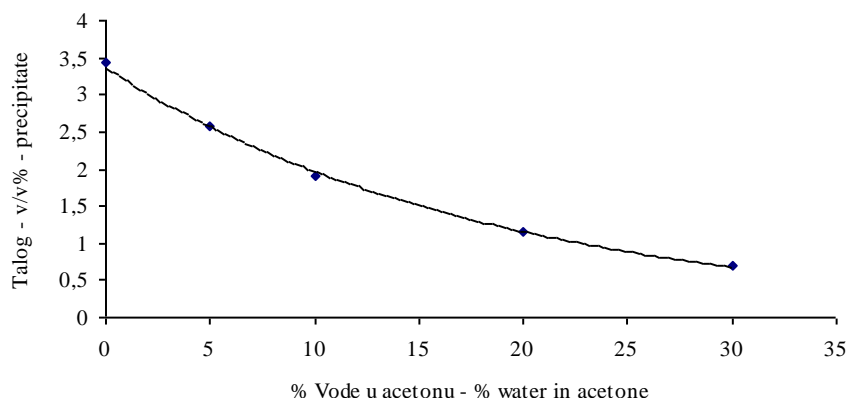
Rastvarač Solvent	Količina izdvojenog ulja (%) Amount of extracted oil (%)	Prinos ulja (%) Oil yield (%)	Smanjenje prinosa ulja (%) Oil yield decrease (%)
Heksan - Hexane	25,24	100	-
Aceton - Acetone	20,21	80,07	19,93
Aceton:voda 95:5 Acetone:water 95:5	16,73	66,28	33,72
Aceton:voda 90:10 Acetone:water 90:10	14,45	57,05	42,95
Aceton:voda 80:20 Acetone:water 80:20	12,00	47,54	52,46
Aceton:voda 70:30 Acetone:water 70:30	10,45	41,38	58,62

Slika 2. Sadržaj slobodnih masnih kiselina u ekstrahovanom ulju  
Free fatty acids content in extracted oil

Količina taloga u ekstrahovanom ulju je bila najveća u ulju ekstrahovanom heksanom (Tabela 2), nešto manja u ulju ekstrahovanom acetonom, a sa porastom udela vode u mešavini sa acetonom količina taloga se smanjivala (Slika 3).

Prisutna voda je uticala na rastvorljivost drugih komponenti semena u njoj, tako da se upotrebom smeše acetona i vode za ekstrakciju, u ulju smanjuje procenat neosapunjivih materija koje su rastvorljive u vodi. Ovaj podatak je značajan jer ukazuje na mogućnost eliminisanja faze predrafinacije ulja kao faze rafinacije ili bar njeno izvođenje pod blažim režimom.

U daljem toku eksperimenta određen je sadržaj vlage, ukupnih proteina i rezidualnog ulja u zaostaloj sačmi.



Slika 3. Količina taloga u ekstrahovanom ulju - Content of precipitate in extracted oil

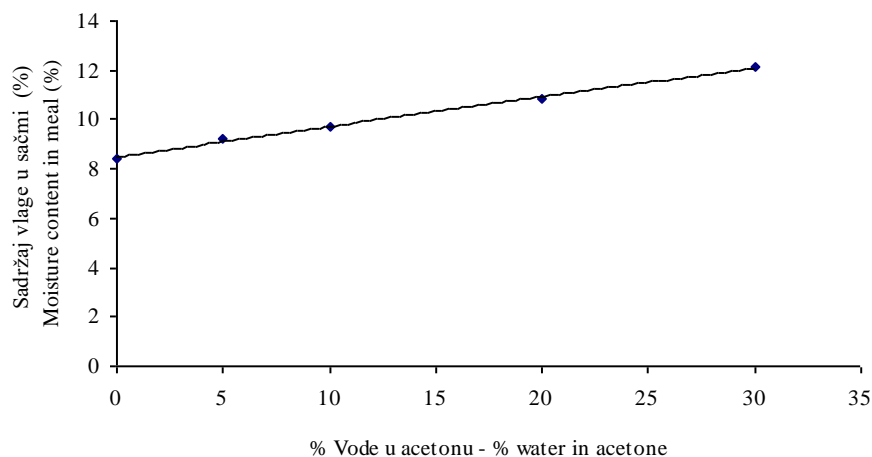
Tabela 4. Sadržaj SMK u ekstrahovanom ulju u zavisnosti od ekstrakcionog sredstva  
FFA Content in Soya Bean Oil in Dependence on Extraction Solvent

Rastvarač Solvent	Sadržaj SMK u ulju (%) FFA content in oil (%)	Sadržaj SMK (%) FFA content (%)	Smanjenje sadržaja SMK (%) FFA content decrease (%)
Heksan - Hexane	0,85	100	-
Aceton - Acetone	0,70	81,53	18,47
Aceton:voda 95:5 Acetone:water 95:5	0,65	76,82	23,18
Aceton:voda 90:10 Acetone:water 90:10	0,61	71,88	28,12
Aceton:voda 80:20 Acetone:water 80:20	0,54	64,03	35,97
Aceton:voda 70:30 Acetone:water 70:30	0,53	62,35	37,65

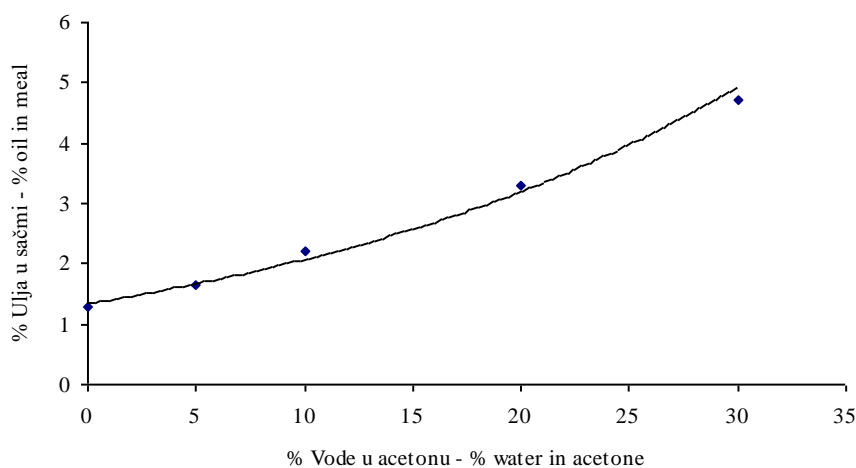
Sadržaj vlage u sačmi se povećavao proporcionalno porastu udela vode u ekstrakcionoj smeši acetona i vode (Slika 4).

Na osnovu vrednosti za sadržaj vlage u sačmi, određen je sadržaj ulja koje se nije izdvojilo procesom ekstrakcije već je zaostalo u sačmi. Vrednosti su prikazane na Slici 5.

Najmanja količina ulja je zaostala u sačmi nakon ekstrakcije heksanom (Tabela 2) i acetonom, a sa porastom udela vode u acetonu količina rezidualnog ulja u sačmi se povećavala. Povećani sadržaj ulja u sačmi je prednost, ukoliko nam je u interesu da dobijemo sačmu koja će poslužiti kao visokoenergetska hrana za stoku.



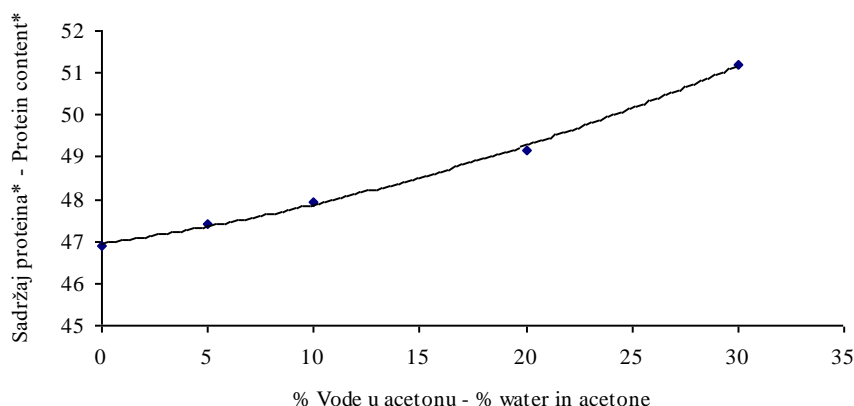
Slika 4. Sadržaj vlage u sačmi- Moisture content in meal



Slika 5. Sadržaj rezidualnog ulja u sačmi - Residual oil content in meal

Najmanja količina proteina u sačmi zaostaje nakon ekstrakcije heksanom (Tabela 2), acetonom se izdvaja nešto veća količina proteina, a upotrebom ekstrakcionih smeša acetona i vode povećava se sadržaj proteina u sačmi. Porast sadržaja proteina je proporcionalan porastu udela vode u ekstrakcionoj smeši. Rezultati su prikazani na Slici 6.

Dobijene sačme su bogate proteinima i visokoenergetskim fosfatidima i gumama koje su zaostale kao deo taloga u sačmi.



\* % proteina = N (%)x6.25 - \* % proteins = N (%)x6.25

Slika 6. Sadržaj ukupnih proteina u sačmi - Total proteins content in extracted meal

### Zaključak

Aceton i smeše acetona i vode u različitim odnosima, kao alternativna ekstrakciona sredstva, nisu pokazali veću efikasnost sa stanovišta prinosa ulja u odnosu na heksan, standardni komercijalni rastvarač. Prinos ulja je bio niži, ali je sadržaj SMK i taloga u ulju bio niži, što može imati pozitivan uticaj na ublažavanje režima predefinacije i rafinacije. Dobijena sačma je bila veoma dobrog kvaliteta, jer je imala visoki procenat rezidualnog ulja i proteina.

S obzirom da aceton, kao rastvarač za ekstrakciju biljnih ulja, ima preporuku EPA, neophodno je nastaviti sa istraživanjima čiji bi primarni cilj bio poboljšanje karakteristika proizvoda dobijenih ekstrakcijom acetonom i mogućnost njegove primene u većoj meri sa već postojećom opremom ili uz minimalne modifikacije.

### Literatura

- Bockisch, M.** (1998): Fats and Oils Handbook, ed. AOCS Press, Champaign, Illinois, pp. 275-352.
- Horsman, M.** (2000): Using isohexane to extract cottonseed. Oil Mill Gaz. **105** (8): 20-23.
- Johnson, I.A.** and **E.W. Lucas** (1983): Comparison of alternative solvents for oils extraction. JAOCS 60: 181-194



- Menotti, D.E., P.J. Wakelyn and D. Ailor** (1999): Appeals court overturns EPA proposal. INFORM 10: 1023-?
- Wan, P.J., R.J. Hron, M.K. Dowd, M.S. Kur and E.J. Conkerton**, (1995): Alternative hydrocarbon solvents for cottonseed extraction: Plant trials. J. Am. Oil Chem. Soc. 72: 661-664.
- Wan, P.J. and P.J. Wakelyn**, (1998): Regulatory Considerations of VOC. HAP. INFORM 9: 1155-1160.
- Wakelyn, P.J., R.J. Hron, F.J. Flider and P.J. Wan** (2001): Acetone an environmentally preferable choice for oilseed extraction. INFORM 12: 884-893.

Primljeno: 30.07.2003.

Odobreno: 14.11.2003.

\* \*  
\*

## Acetone as an Alternative Solvent for Oilseed Extraction

- Original scientific paper -

Biljana RABRENOVIĆ, Ksenija PIĆURIĆ-JOVANOVIĆ and  
Mirjana MILOVANOVIĆ  
Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun

### S u m m a r y

Hexane, mainly due to its reasonable price, has been used as the principal solvent for the commercial extraction of oilseed since the forties of the 20<sup>th</sup> century. Over the past 40 years, factors, such as product quality and process safety, and environmental regulations, have resulted in the search for an acceptable alternative solvent. Acetone, as an extraction solvent, has many ecological and physical advantages over hexane. However, to replace hexane, acetone would have to be economically and technologically acceptable.

This study demonstrates a possibility of soya bean oil extraction by acetone (0-30% water), as an alternative solvent, in comparison with the conventional method. The water solubility of acetone provides some advantages and disadvantages vs. hexane. The oil extraction efficiency of acetone depends directly upon its water content. Water content above 10% results in significant decrease in its natural oil extraction ability. The content of free fatty acids (FFA) and total extractables in oil depend directly upon the water content.

Insoluble, high-energy phosphatides and gums remain in the extracted meal. The nitrogen content increased in the extracted meal with the increased water content in acetone.

Further studies within this field will be of a great importance in determining whether acetone can be used as an extraction solvent on a large scale.

Received: 30/07/2003

Accepted: 14/11/2003

Adresa autora:

Biljana RABRENOVIĆ

Poljoprivredni fakultet

Nemanjina 6

11080 Beograd-Zemun

Srbija i Crna Gora

e-mail: biljanar@agrifaculty.bg.ac.yu