

## Mogućnosti zbrinjavanje vegetabilne vode nastale procesom ekstrakcije maslinovog ulja

### Sažetak

Maslinarstvo Republike Hrvatske u snažnom je usponu. Razlog su tome prirodne blagodati koje omogućuju proizvodnju ekstra djevičanskih maslinovih ulja visoke kakvoće. Površine pod kulturom masline rastu iz godine u godinu. Kako se većina plodova masline prerađuju u maslinovo ulje, porastom količine prerađenih plodova raste i količina dobivenih nusprodukata tijekom procesa ekstrakcije maslinovog ulja. Nusprodukti su u prvom redu komina i vegetabilna voda. U Hrvatskoj se godišnje prema gruboj procjeni proizvede oko 55,250,000 litara vegetabilne vode. U radu su na osnovi citata iz znanstvenih i stručnih radova opisane glavne tehnologije zbrinjavanja vegetabilne vode: biološke, kemijske, fizikalne, mikrobiološke, biotehnoške metode te metoda ekstrakcije korisnih spojeva iz vegetabilne vode i njeno direktno izlijevanje na poljoprivredne površine. Od opisanih metoda za uvjete u Hrvatskoj preporučene su: anaerobna razgradnja, neutralizacija pomoću kalcija, izlijevanje na poljoprivredne površine i ekstrakcija korisnih tvari

**Cljučne riječi:** vegetabilna voda, zbrinjavanje, valorizacija

### Uvod

Maslinarstvo je jedna od glavnih poljoprivrednih grana Republike Hrvatske i okosnica održivog razvoja hrvatskog priobalja i otoka. Zahvaljujući uvjetima koje je priroda podarila, tj. činjenici da se hrvatski maslinici nalaze u tzv. sjevernom rubnom području uzgoja, odnosno u klimatskom području u kojem maslina daje ekstra djevičanska ulja koja po specifičnosti okusa kvalitetom osvajaju svjetski vrh. Osim toga, hrvatsko maslinarstvo posjeduje netoksificirana tla i obiluje autohtonim sortama, koje su jedini pravi put ka zaštiti izvornosti i geografskog porijekla, i time ujedno pravi put za nadmoćni proboj na svjetsko tržište. Zbog navedenog, hrvatsko maslinarstvo doživljava svojevrsno "proljeće". Površine pod maslinama su iz godine u godinu u porastu.

Budući da u procesu proizvodnje maslinovog ulja osim ulja dobivamo i nusprodukte, prvenstveno kominu i vegetabilnu vodu, povećanjem broja stabala masline rastu i količine tih nusprodukata. To povećanje dovodi do neizbježne potrebe njihovog racionalnog zbrinjavanja, a kako je već riječ o značajnim količinama, potrebno će biti odabrati metodu ili metode zbrinjavanja koje će se sustavno moći primijeniti u praksi.

<sup>1</sup> prof.dr.sc. Đani Benčić, univ. bacc. ing. agr. Igor Palčić; Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
<sup>2</sup> doc.dr.sc. Tihomir Moslavac; Prehrambeno tehnološki fakultet Osijek

Ovaj je rad fokusiran na utvrđivanje kvantitete vegetabilne vode u RH i njeno zbrinjavanje, putem najracionalnijih tehnologija. Prikazat će se koliko je svestrana njihova primjena u poljoprivredi, industriji, energetici i dr. Cilj rada jest prikazom različitih tehnologija zbrinjavanja, odnosno valorizacije vegetabilne vode, dati poticaj za primjenu istih u praksi te opisom pojedinih metoda pomoći u odabiru one najpovoljnije za prilike i uvjete Republike Hrvatske.

### Stanje maslinarstva Republike Hrvatske s posebnim osvrtom na problem zbrinjavanja vegetabilne vode

Kultura masline na našem priobalju stara je više od 2000 godina. Prema popisu Državnog zavoda za statistiku od 2003. godine, broj stabala maslina u RH iznosio je 2.547.232, dok je procjena struke da je taj broj već u 2005. godini porastao na 4,5 do 5 milijuna stabala masline koja rastu na 25.000 do 30.000 hektara (Šimunović V. 2005.).

U usporedbi sa stanjem od 30 milijuna stabala u 18 st., prema Ožaniću 1955., navedeni broj stabala je puno manji te postoje uvjeti za sadnju mnogo većeg broja stabala maslina nego ih danas imamo.

Procjene su da se danas proizvodnjom bavi oko 40.000 maslinara vrlo visoke prosječne starosti (oko 65 godina). Broj uljara je otprilike 100. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku, najveći broj stabala nalazi se u Splitsko-dalmatinskoj županiji (34%), slijedi Dubrovačko-neretvanska (20%), Zadarska (15%), Istarska (11%), Šibenska (5%), Primorsko-goranska (4%) te Ličko-senjska (1%). Godišnje se u RH ubere oko 30.000 tona plodova masline (2002. je prerađeno rekordnih 45.000 t) i od toga se dobije oko 4.500.000 kg maslinovog ulja. Uz to, prema podacima Hrvatske gospodarske komore, 2002. je u Hrvatsku iz zemalja EU uvezeno oko 1.400 tona ulja, a izvezeno oko 350 tona.

Što se tiče proizvodnje sadnica, 2004. je u 11 rasadnika proizvedeno 211.000 sadnica masline. Procjene su da je uvoz iznosio te iste godine oko 40.000 sadnica te da će oko 50.000 sadnica biti proizvedeno izvan nadzora Zavoda. To znači da je ukupna sadnja 2004. iznosila oko 300.000 sadnica ili približno 1.000 ha novih maslinika.

Nažalost, gore navedeni podaci odnose se na razdoblje do 2003. godine, a recentnije, vjerodostojne podatke nemamo. Da bi se dobili potrebni podaci, provedena je telefonska anketa na manjem uzorku uljara od Konavala do Istre. Pri tom anketiranju, koje je zbog zaštite privatnosti tih gospodarskih subjekata bilo anonimno, postavljana su 2 osnovna pitanja:

- 1) Koliki je kapacitet uljare izražen u kilogramima po satu (kg/h)?
- 2) Koliko su plodova masline prerađili u prošloj maslinarskoj sezoni (2008.), izraženo u tonama (t)?

Rezultati su sljedeći:

Tablica 1. Odnos kapaciteta uljare i prerađenih plodova tijekom jedne sezone

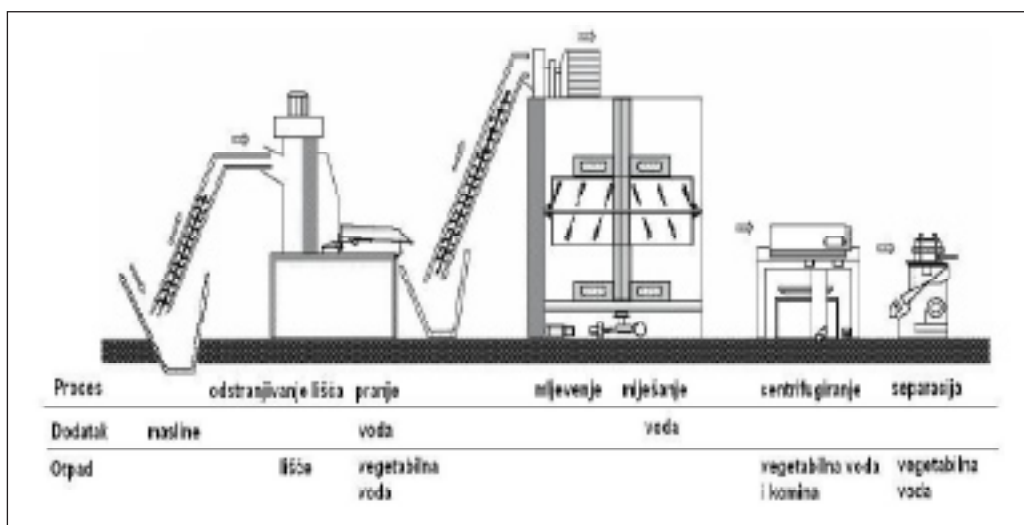
| KAPACITET POGONA<br>(kg/h) | KOLIČINA PRERAĐENIH PLODOVA<br>(t) |
|----------------------------|------------------------------------|
| 700-900                    | 250-500                            |
| 1300-1500                  | 700-900                            |

Dakle, ako uzmemo kao referentne podatke Državnog zavoda za statistiku iz 2003. koji navode da je broj uljara u Republici Hrvatskoj oko 100 (mada je vrlo lako tvrditi da je broj veći jer se iz godine u godinu otvaraju nove uljare zbog potrebe povećanja kapaciteta prerade), te ako uzmemo srednju vrijednost prerađenih plodova po uljari u iznosu od 580 tona, izračun je sljedeći:

100 uljara x 580 tona plodova godišnje prerađenih po uljari  
 = **58,000 tona plodova godišnje prerađenih u Republici Hrvatskoj**  
 Naravno, ti brojevi ne mogu biti mjerodavni jer su dobiveni telefonskom anketom i aproksimacijom, ali daju prilično točan uvid u red veličine prerađenih količina plodova godišnje.

### Nusprodukti procesa ekstrakcije maslinovog ulja

Slika 1. Faze procesa ekstrakcije maslinovog ulja s pripadajućim nusproduktima (Kapellakis et al. 2008.)



Kao što je vidljivo sa slike, odmah pri prvoj fazi, tj. pranju i čišćenju plodova, imamo 2 nusprodukta: lišće i vegetabilnu vodu. U fazama mljevenja i miješanja nemamo nusprodukte, već možemo, ako je to potrebno (kada je maslinovo tijesto presuho), dodati nešto vode. Kod centrifugiranja, odnosno odvajanja krutog od tekućeg dijela maslinovog tije-

sta, imamo kao nusprodukte vegetabilnu vodu i kominu. U zadnjoj fazi separacije, odnosno odvajanja ulja od vegetabilne vode i taloga, imamo tu istu vegetabilnu vodu koju odvajamo kao nusprodukt.

Komina je mesnata tvar koja nastaje nakon uklanjanja većeg dijela ulja iz maslinovog tijesta. Što se tiče napretka u zadnjih nekoliko desetljeća, bitno je spomenuti da je komina dobivena tradicionalnim postupcima oko 1975. godine imala sadržaj ulja veći od 15%, dok ona koju dobivamo današnjim metodama ekstrakcije ima sadržaj ulja oko 3,5% (Koutsaftakis i Stefanoudaki, 1994.). Komina sadrži fragmente kožice, sjemenke, i kao što je navedeno, nešto ulja. Glavne su joj komponente celuloza, bjelančevine i voda. Sadržaj vlage komine nakon procesa prešanja je relativno nizak (Frezotti i Manni, 1956.), dok proces centrifugiranja rezultira visokim sadržajem vlage (Ranalli i Angerosa, 1996.).

Visok sadržaj lignina u komini i njegov stupanj vezivanja na druge organske spojeve u lignocelulozne materijale može reducirati sposobnost mikroorganizama i njihovih enzima da razgrade kominu, ako se koristi kao kompost (Albuquerque, 2004.).

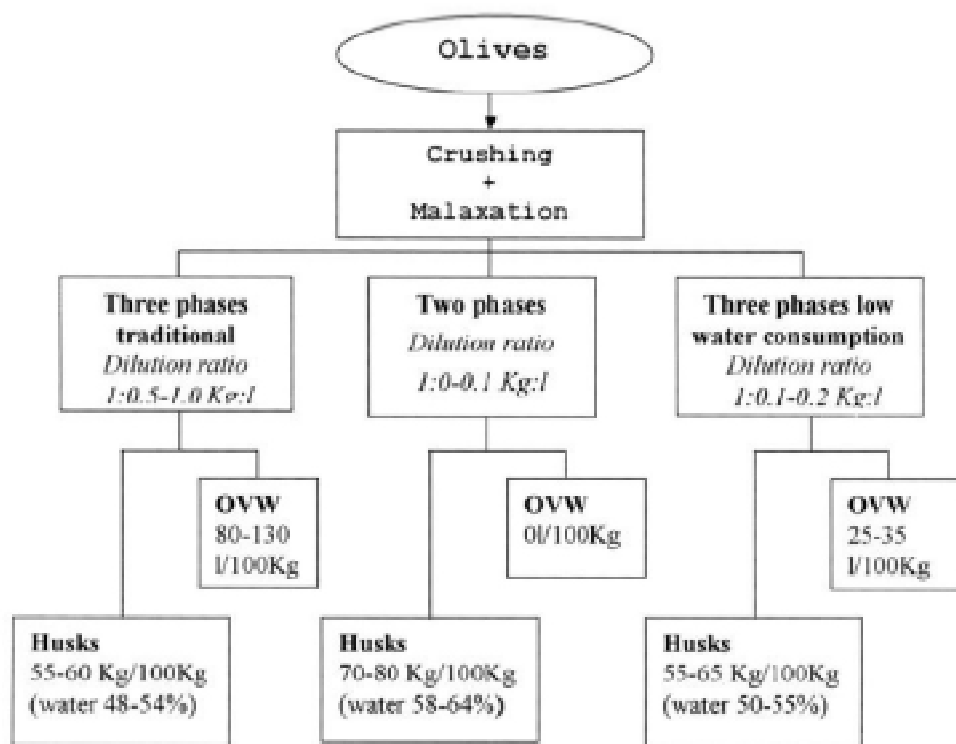
### Vegetabilna voda

Vegetabilna voda je tamnocrvena do crna, blago kisela tekućina visoke električne provodljivosti, nastala mehaničkom preradom plodova masline tijekom procesa proizvodnje maslinovog ulja. Boja varira od tamnocrvene do crne, ovisno o stupnju razgradivosti fenolnih spojeva i kvaliteti prerade plodova masline. Kao i boja, i sastav vegetabilne vode ovisi o procesu prerade. U njezin sastav ulaze: voda (83 – 92% ukupne mase), organski spojevi poput lako fermentirajućih bjelančevina, organskih kiselina (octena, fumarna, oksalna), male količine emulzije ulja, fenoli, voštane i smolaste tvari, vitamini te pesticidi u tragovima. Najdominantniji organski spojevi su šećeri, koji uključuju brzo razgradive šećere (glukozu i fruktozu) te manje prisutne saharoze i manoze. Što se tiče bjelančevina, identificirano je 19 aminokiselina u kojima je sadržaj dušika 2 – 5%. Od anorganskih kiselina, prisutne su značajne količine anorganskih soli, među kojima su fosfati, sulfati i kloridi topivi u vodi, dok silikati i karbonati nisu. Prisutni su i fenolni i polifenolni spojevi. Fenoli obuhvaćaju mnoge organske tvari koje u svojoj strukturi sadrže aromatski prsten s jednom ili više hidroksilnih skupina i funkcionalnim bočnim lancem. Fenolni su spojevi odgovorni za toksičnost vegetabilne vode na bakterije, biljke i životinje. Fenoli se ne nalaze u svojoj slobodnoj formi u plodovima, već kao glukozidi, tanini, antocijani i lignin, te ako ih usporedimo s drugim sastojcima, nalazimo ih u manjim koncentracijama koje se kreću od 50 do 200 mg/l. Ukupni se fenoli nalaze u većim koncentracijama nego u komini zato što su topivi u vodi, tako da se tijekom prerade maslina velika količina fenola otopi u vegetabilnoj vodi. Fenoli odigravaju bitnu ulogu u zaštiti biljke od oksidacije, UV-zračenja i mikroorganizama. 50 fenola koji su dosad identificirani u vegetabilnoj vodi pripadaju trima važnim kategorijama fenolnih spojeva (Miranda et al., 2001.):

- derivati fenil-akrilne kiseline,
- derivati benzojeve kiseline, c) sastojci povezani s tirosolom. Kako je već navedeno,

vegetabilna voda, zajedno s kominom te lišćem i grančicama, predstavlja osnovni organski otpad koji nastaje procesom ekstrakcije ulja iz plodova masline. Količine vegetabilne vode koje se mogu dobiti po jedinici prerađenih plodova masline kod postojećih načina ekstrakcije ulja prikazani su u sljedećem dijagramu (Slika 2).

Slika 2. Dijagram kontinuiranog procesa proizvodnje maslinovog ulja (Federici 2008.)



Iz dijagrama je vidljivo da količine vegetabilne vode variraju od 25-35 litara do 80-130 litara na svakih 100 kilograma prerađenih plodova (osim kad je u pitanju dvofazni sustav, ali je on znatno manje zastupljen). Način ekstrakcije, prešanje ili centrifugiranje, odigrava ključni utjecaj na količinu i karakteristike, kako ulja, tako i organskih ostataka (Amirante et al., 1993.). Uzimajući srednju vrijednost količine vegetabilne vode na 100 kilograma plodova, dobivamo iznos od 65 litara vegetabilne vode. Koristeći prethodno aproksimiranu vrijednost godišnje prerađenih količina plodova masline u Republici Hrvatskoj, a to je vrijednost od oko: 85,000 tona, te to pomnožimo sa 65 litara/100 kilograma prerađenih plodova = dobijemo vrijednost od **55,250,000 litara godišnje proizvedene vegetabilne vode u Republici Hrvatskoj**. Kemijski sastav vegetabilne vode prikazan je u Tablicama 2 i 3.

Tablica 2. Kemijski sastav vegetabilne vode (Federici 2006.)

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| Gustoća                   | 1,029 – 1,054    |
| pH                        | 4.6 – 6.7        |
| Turbiditet                | 11,000 – 65,000  |
| Voda (%)                  | 82.4 – 96.0      |
| Suhi talog (%)            | 3.0 – 18.0       |
| Krute otopljene tvari (%) | 0.04 – 1.04      |
| Anorganske tvari (%)      | 0.4 – 7.2        |
| Organske tvari (%)        | 3.9 – 16.5       |
| Šećeri (%)                | 1.0 – 8.0        |
| Pektini (%)               | 0.05 – 0.15      |
| Polifenoli (%)            | 0.15 – 1.75      |
| Dušik (%)                 | 0.1 – 7.2        |
| BOD (mg/l)                | 9,600 – 110,000  |
| COD (mg/l)                | 30,000 – 195,000 |

Tablica 3. Kemijski sastav vegetabilne vode (Michelakis and Koutsaftakis 1989.; Balatsouras 1997. Tamburino et al. 1999.; Antoniou 001)

| SASTOJCI                      | NAČIN PRERADE |                 |
|-------------------------------|---------------|-----------------|
|                               | PREŠANJE      | CENTRIFUGIRANJE |
| pH                            | 4.5 – 5       | 4.7 – 5.2       |
| <b>ZAGAĐIVAČI</b>             |               |                 |
| COD (g/l)                     | 120 – 130     | 60 – 180        |
| BOD <sub>5</sub> (g/l)        | 90 – 100      | 20 – 55         |
| SS (%)                        | 0.1           | 0.9             |
| TS (%)                        | 12.0          | 6               |
| <b>ORGANSKI SPOJEVI (%)</b>   |               |                 |
| Šećeri                        | 2.0 – 8.0     | 0.5 – 2.6       |
| Dušični spojevi               | 0.5 – 2.0     | 0.1 – 0.3       |
| Organske kiseline             | 0.1 – 1.5     | 0.2 – 0.4       |
| Viši alkoholi                 | 1.0 – 1.5     | 0.3 – 0.5       |
| Pentozne, tanini              | 1.0 – 1.5     | 0.2 – 0.5       |
| Polifenoli                    | 2.0 – 2.4     | 0.3 – 0.8       |
| Lipidi                        |               | 0.5 – 2.3       |
| <b>ANORGANSKI SPOJEVI (%)</b> |               |                 |
| Fosfor (P)                    | 0.11          | 0.03            |
| Kalij (K)                     | 0.72          | 0.27            |
| Kalcij (Ca)                   | 0.07          | 0.02            |
| Magnezij (Mg)                 | 0.04          | 0.01            |
| Natrij (Na)                   | 0.09          | 0.03            |
| Klor (Cl)                     | 0.03          | 0.01            |

Budući da je vegetabilna voda karakterizirana prisutnošću mnogih fitotoksičnih hlapih kiselina i fenolnih spojeva, vrlo je toksična. Kako fenoli, zajedno s alkoholima, aldehi-

dima i organskim kiselinama, značajno umanjuju pH vrijednost sustava, vegetabilnu vodu potrebno je obraditi, i to uklanjanjem fenolne frakcije (Adhoum i Monser, 2004.).

### **Tehnologije zbrinjavanja vegetabilne vode** **Zbrinjavanje vegetabilne vode u prošlosti**

U prošlosti, većina vegetabilne vode nastajala je na seoskim imanjima pokraj maslinika jer je ljudima bilo lakše nositi maslinovo ulje nego plodove u obližnje gradove, odnosno potrošačima. Doduše, to je i logično jer je s hektara maslinika prosječno moguće dobiti 375 litara maslinovog ulja (uz randman od 15%) dok je količina plodova potrebnih za dobivanje tog volumena ulja 2.500 kilograma. Tijekom brončanog doba, organski se ostatak nakon sakupljanja ulja bacao. Tadašnja je vegetabilna voda sadržavala lišće i prljavštine (Sarakomenos, 1930.), kao i dio plodova.

Otkad su se plodovi ubirali tako da su se grane udarale i potom plodovi sakupljali golim rukama, sadržaj lišća u vegetabilnoj vodi bio je manji (Davaras, 1976.). Vegetabilnu vodu karakterizirala visoka toksičnost, izraženi smrad te tamnocrvena ili crna boja, a izlijevala se direktno na tlo. Tako, Balatsouras (1997.) tvrdi da je najlakši i najjeftiniji način zbrinjavanja vegetabilne vode njezino izlijevanje na ugar, oranicu ili u brze rijeke. Slične zaključke iznosi i Hadjisavas (1992.), koji prenosi da su pokraj odvodne cijevi jedne preše na Cipru pronađena mnoge koštice pokraj naslage pocrnjele zemlje. Što se tiče Krete, u slučajevima kada se maslinovo ulje proizvodilo pokraj palača, vegetabilna se voda vjerojatno izlijevala u kanalizacijski sustav (Alexiou, 1964.). Osim toga, izlijevala se na tlo ili u rijeke pokraj palača, a radnici koji su radili u mjestima gdje su se masline prešale, svjedočili su o negativnim efektima prilikom nakupljanja vegetabilne vode.

Tijekom mikenskog i rimskog doba, vegetabilna se voda zbrinjavala na sličan način. Razlika je u utkanim otiračima, koji su bili propusni za ulje i vodu prilikom prešanja, a zadržavali su kruto tijesto dobiveno u procesu prešanja (Isager i Skysdgaard, 1995.). Vjerojatno, kad su se ti otirači čistili, preostali se organski otpad ispirao i izlijevao na tlo. Bitno je spomenuti mnoštvo autora (Plinije stariji, Terencije, Katon) koji su živjeli u to doba i pisali o mogućnostima korištenja vegetabilne vode i njenim utjecajima na okoliš (Niaounakis i Halvadakis, 2006.). Suprotno tome, u razdoblju nakon Rimljana, pa sve do prethodnih nekoliko godina, interes za zbrinjavanje vegetabilne vode bio je znatno manji.

Dakle, vegetabilna se voda zbrinjavala sukladno već poznatim metodama. Širom svijeta napisano je više od 1000 studija o metodama obrade i valorizacije vegetabilne vode (Niaounakis i Halvadakis, 2006.). Bitno je spomenuti da valorizaciju vegetabilne vode spominje 1953. prvi put Fiestas Ros de Ursinos u španjolskim novinama *Grasas y Aceites*. Zahvaljujući činjenici što je mnoštvo korisnih sastojaka pronađeno u sastavu vegetabilne vode, razvijeno je mnoštvo tehnika, metoda i valorizacije. Te se metode zasnivaju na biološkim, fizikalnim, fizikalno-kemijskim i sličnim metodama. Starije su se metode temeljile na aerobnim procesima s ciljem razgradnje prisutnih onečišćivača u vegetabilnoj vodi.

Fizikalne i fizikalno-kemijske metode obuhvaćaju procese kao što su: termička obrada, flokulacija, elektrokemijska oksidacija, adsorpcija, ionska zamjena i dr.

### **Biološke metode**

Aerobni procesi temelje se na upotrebi bakterija koje se uspješno razvijaju u uvjetima vegetabilne vode. Organska tvar se u vegetabilnoj vodi može naći u obliku organskog ugljika. Takav oblik ugljika može se hidrolizirati i tako tvoriti organske tvari niže molekulske mase. U aerobnim uvjetima, te se tvari mogu oksidirati od strane mikroorganizama i postati CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O te oksidirani oblici dušika i sumpora. Tzv. bioreaktori, odnosno tankovi gdje se spomenuti procesi odvijaju, građeni su od stakla ili plastike i ispunjeni su prosijanom zemljom. Nakon što dođe do oksidacijskih procesa, većina onečišćivača koji ostaju koriste se za proizvodnju novih stanica bakterija, koje se potom moraju ukloniti iz vode. Obično se za spomenute procese koriste bakterije poput *Aspergillus spp.* (Vassilev et al., 1997.), koje su i najučinkovitije u biološkoj obradi organskih onečišćivača u vegetabilnoj vodi. Enzimatska aktivnost bakterija aktivirana je od strane organske tvari u vegetabilnoj vodi. Od ostalih bakterija najčešće se koriste: *Geotrichum candidum* (Assas et al., 2002.), *Lactobacillus plantarum* (Ayed i Hamdi, 2003.), *Phanerochaete chrysosporium* (Kissi et al., 2001.), *Panus tigrinus* (D'Annibale et al., 2004.) te *Lentinus edodes* (D'Annibale et al., 1998.). Najpoznatiji sustavi aerobne obrade su: aktivirani taložni sistemi, sekvencijski reaktori, rotirajući biološki kontraktori te kapajuć filteri. Oni mogu učinkovito raditi samo ako je koncentracija hrane za mikroorganizme relativno niska, otprilike oko 1 g/l COD (Baourakis et al., 2000.). Međutim, pokazalo se da rade učinkovito i na višim koncentracijama.

U 70-im i 80-im godinama 20. stoljeća, anaerobna se razgradnja pokazala dobrom alternativom za dotad primijenjene aerobne metode (Schink, 2002.). Kao samostalne metode ili u kombinaciji s drugim metodama, anaerobne su metode sve više ušle u primjenu jer se pomoću njih može sačuvati vrlo vrijedan dio kemijske energije koja se nalazi u vegetabilnoj vodi, u obliku metana. Osim toga, anaerobni procesi proizvode manje taloga od aerobnih (Dalis et al., 1996.). Zbog visokog sadržaja organske tvari, vegetabilna je voda pogodna za anaerobne metode. Razgradnja organske tvari događa se u tri koraka. U prvom koraku bakterija razgradi složene organske tvari u jednostavnije, npr. polisaharide i polifenole u njihove monomere (monosaharide i fenole).

U drugom koraku, bakterije pretvaraju monosaharide i fenole u organske kiseline (npr. octena, mliječna ili mravlja kiselina) i alkohol. Na kraju, u trećem koraku se pomoću metanogenih bakterija (koje su osjetljive na pH) organske kiseline pretvaraju u bioplina. Taj se bioplina sastoji od metana (60-80%) i drugih plinova (uglavnom ugljikov dioksid).

### **Kemijske metode**

Potpuna oksidacija, koja se najčešće smatra najboljim načinom obrade vegetabilne vode, zapravo je vrlo teško izvediv proces. To je tako jer sadrži velike količine organske tvari. Usprkos tome, proces potpune oksidacije mogao bi biti zadnji korak u procesu koji

bi u samom početku uklonio većinu onečišćujućih tvari. U zadnje vrijeme raste zanimanje za oksidaciju koja se zasniva na mješovitom tretmanu različitim enzimatskim kompleksima (peroksidaze) i vodikovim peroksidom (Wlassics, 1992.). Osim navedenog, prakticira se i neutralizacija pomoću kalcija (vapna) (Aktas et al., 2001.). Taj je proces efikasan, te je zbog dostupnosti kalcija naišao na značajniju primjenu. Procesom se olakšava flokulacija, tj. taloženje čestica iz otopine te ubrzava prirodni, spori tijek mikrobiološke razgradnje, pritom eliminirajući ili smanjujući neugodne mirise. Taj postupak daje vodu koja se može koristiti za navodnjavanje te talog, odnosno čvrstu frakciju vegetabilne vode. Taj je talog moguće kvalitetno kompostirati s drugim poljoprivrednim ostacima.

### Fizikalne metode

Često se u vezi s tim predlaže isparavanje da bi se otopina, odnosno vegetabilna voda koncentrirala, međutim, pritom nailazimo na niz problema. Prvenstveno je to visina troškova takvog procesa. Troškovi se donekle mogu smanjiti primjenom evaporatora s višestrukim djelovanjem i/ili koristeći onaj isti materijal koji dobijemo u obliku suhe tvari, odnosno taloga, kao gorivo. Osim isparavanja pomoću evaporatora, moguće je to učiniti i prirodnim putem, što je jedan od najkorišteniji načina zbrinjavanja vegetabilne vode – evaporacija u bazenima na otvorenom. Proširen je način u praksi zbog niskog utroška energije i povoljnih klimatskih prilika regija gdje se maslina uzgaja. Međutim, taj način zbrinjavanja zahtijeva velike površine za provođenje evaporacije i uzrokuje nekoliko problema: smrad, procjeđivanje i pojačano razmnožavanje kukaca.

Nakon evaporacije vegetabilne vode ostaje kao produkt talog. Većina tog taloga se odlaže na odlagališta iako bi se mogao iskoristiti ili u poljoprivredi ili kao izvor toplinske energije zahvaljujući sadržaju ulja. Većina znanstvenih radova na temu iskorištavanja taloga koji ostaje nakon evaporacije vegetabilne vode fokusiraju se na kompostiranje. Neki autori preporučuju kompostiranje zajedno s kukuruzovinom i otpadom koji nastaje od prerade pamuka. Talog se može pretvarati i u gorivo, tako da ga se miješa s kominom.

Drugi vrlo zanimljiv način zbrinjavanja taloga jest njegovo korištenje kao aditiva u proizvodnji konstrukcijskih materijala, no to je još u fazi istraživanja. Osim pomoću isparavanja, koncentriranje vegetabilne vode možemo postići i pomoću procesa ultra filtracije ili obrnute osmoze, koristeći za to specijalizirane filtere. Međutim, primjenom te tehnike treba mnogo pažnje posvetiti membranama koje se koriste. Problem je u tome što se te membrane lako začepuju pa je stoga bitno odabrati one koje svojim karakteristikama odgovaraju za primjenu na vegetabilnu vodu. Efikasni tretmani kojima se nastoji eliminirati pojavu začepjenja su sljedeći: prethodno taloženje bjelančevinske frakcije, mikrobiološka fermentacija ili prethodna filtracija vegetabilne vode.

### Mikrobiološke metode

Mnogi su autori proveli mikrobiološke tretmane na vegetabilnoj vodi da bi proizveli biopolimere poput xanthana (Lopez i Ramos-Cormenzana, 1996.), pululana (Ramos-Cor-

menzana et al., 1995.) i polihidroksialkanoata (Gonzalez-Lopez et al., 1995.). Aerobni tretmani pomoću mikroorganizama se također koriste za uklanjanje onečišćavajućeg učinka vegetabilne vode. Fokus tih postupaka postavljen je na razlaganje fenolnih sastojaka jer su oni glavni «krivci» za fitotoksični učinak vegetabilne vode. U tu su svrhu testirani mikroorganizmi poput: gljivice *Pleurotus ostreatus*, bakterije *Bacillus pumilus* i kvasca *Yarrowia lipolytica* i dr. Korištenje vegetabilne vode kao supstrate za uzgoj *Azotobacter vinelandii* i aplikaciju takve vode na tlo u funkciji gnojidbe tla predložili su Ehalotis et al. (1999.) i Piperidou et al. (2000.). Premda su sve te metode vrlo zanimljive sa znanstvenog stajališta, u praksi se vrlo rijetko primjenjuju.

Općenito gledajući, mikrobiološke metode zbrinjavanja, iako primjenjivane na niz drugih tekućina, naišle su na probleme kad je u pitanju vegetabilna voda, i to prvenstveno zbog antimikrobnog djelovanja fenola, kojih u vegetabilnoj vodi ima podosta te zbog neuravnoteženosti hranjiva u vegetabilnoj vodi, što ne pogoduje određenom broju mikroorganizama. Zbog navedenog, i pri primjeni te tehnike obrade vegetabilne vode, potrebno ju je pred-tretirati, za što se preporučuju procesi fermentacije, kako aerobne, tako i anaerobne. Naglasak na anaerobnoj razgradnji jest proizvodnja energije (prvenstveno bioplina), ali se spominje i moguće iskorištavanje vode koju dobijemo za navodnjavanje. Najveća prepreka kod obrade vegetabilne vode anaerobnom razgradnjom jest inhibicija metanogene bakterije od strane fenolnih spojeva i organskih kiselina prisutnih u vegetabilnoj vodi (Hamdi, 1996.). Azbar et al. (2004.) navode da je taj postupak iskorištavanja vegetabilne vode efikasan, ali da je potrebno pred-tretiranje da bi se uklonile neželjene sastavnice - kao pred-tretman preporučuje se sedimentacijsko centrifugiranje vegetabilne vode. Ti procesi efikasno uklanjaju onečišćujuće sastojke vegetabilne vode, odnosno čine ju pogodnom za daljnju valorizaciju. Međutim, treba ponovo naglasiti da su to pred-tretmani, a ne definitivne solucije.

### Izlijevanje na poljoprivredne površine

Provedeno je mnoštvo istraživanja na temu načina aplikacije vegetabilne vode izravno na tlo i posljedica, kako pozitivnih tako i negativnih, koje bi ona imala kao organsko gnojivo. Pozitivni se učinci povezuju s visokom koncentracijom hraniva, posebice kalija, i potencijalom za mobilizaciju iona tla, dok se negativne posljedice povezuju s visokom koncentracijom soli, izraženim aciditetom i prisutnošću fitotoksičnih komponenti, posebice polifenola (Paredes et al., 1999.). Rinaldi et al. (2003.) proveli su istraživanje aplicirajući neobrađenu vegetabilnu vodu na nasad žitarica i uvidjeli su nekrotične točke na lišću i smanjenje u rastu. Usprkos navedenom, pri žetvi nije došlo do gospodarski značajnih promjena. Vegetabilna voda može smanjiti mobilnost nekih organskih sastavnica tla. Cox et al. (1997.) preporučuju korištenje vegetabilne vode za smanjenje ispiranja toksičnih tvari poput herbicida (na bazi klopuralida i metamitrona) na obrađenim površinama. Kada govorimo o vegetabilnoj vodi, bitno je spomenuti i njeno izraženo antimikrobno djelovanje. Tu karakteristiku možemo iskoristiti za suzbijanje pojedinih patogena koji se nalaze u tlu. Kotsou et al. (2004.) utvrdili su suzbijajući učinak vegetabilne vode protiv biljnog

patogena *Rhizoctonia solani* (rizoktonija, bijela noga). Također, primjena odmah pri sadnji može rezultirati kao odličan način prevencije.

Postupak aplikacije vegetabilne vode izravno na poljoprivredna tla već se godinama vrlo intenzivno koristi u Španjolskoj te ima dozvolu za primjenu u Italiji, a pogodan je i kad su u pitanju najnovije tehnologije ekstrakcije ulja, koje izravno utječu na sastav vegetabilne vode. Dosad provedena istraživanja u Italiji i Španjolskoj, posebice u prvoj polovici 90-ih godina prošlog stoljeća, dokazala su da vegetabilna voda može biti primijenjena na tla bez da bitnije promijeni njihov sastav te da također neće naštetiti velikom broju poljoprivrednih kultura (Alianello, 2001.). Osim činjenice da ne mijenja bitnije svojstva tla, nije primijećen niti značajniji fitotoksični učinak (Bonari i Ceccarini, 2001.). Eventualna pojava negativnih posljedica može ovisiti o količini, odnosno volumenu primijenjene vegetabilne vode po jedinici površine te o vremenu koje protječe između primjene vegetabilne vode i sadnje/sjetve kulture. Bonari et al. su utvrdili da primjenom intervala od 60 dana između primjene vegetabilne vode i sjetve/sadnje izbjegavamo svaki rizik od fitotoksičnosti, naravno vodeći računa i o dozaciji, koja ne bi smjela biti veća od 40 – 80 m<sup>3</sup>/ha. Ta je tvrdnja potkrijepljena primjenom u uzgoju kukuruza tijekom dužeg niza godina. Ako tražimo nedostatke tog načina zbrinjavanja vegetabilne vode, onda je to svakako činjenica da tako gubimo korisne tvari koje možemo ekstrahirati iz vode. U prvom redu su to ugljikohidrati (složeni i jednostavni), što nam ujedno ukazuje i da je vegetabilna voda pogodna za fermentacijske procese.

### Ekstrakcija korisnih tvari

U vegetabilnoj vodi nalazimo mnoge derivate fenola male molekulske mase (ferulička kiselina, kafeinska kiselina), među kojima su najzastupljeniji tirozol (4-hidroksifeniletil alkohol) i hidroksitirozol (3,4-dihidroksifeniletil alkohol). Te je spojeve moguće ekstrahirati, nakon što se prethodno vegetabilna voda filtrira, da bi se uklonile krute čestice otopljene u njoj, a to se vrši fizikalno-kemijskim procesima poput ultrafiltracije, nanofiltracije i reverzibilne osmoze. Većina tih tvari su značajni antioksidansi, čime nailaze na primjenu u različitim industrijskim sektorima, kao npr. u kozmetičkoj, farmaceutskoj industriji ili prehrambenoj biotehnologiji gdje se primjenjuju u procesima čuvanja hrane od kvarenja. Hidroksitirozol je također jak antioksidans, jako blizak BHT-u, tj. antioksidansu koji se gotovo najviše primjenjuje. Za razliku od hidroksitirozola kojeg možemo ekstrahirati iz vegetabilne vode, BHT je jako skup jer se mora kemijski sintetizirati (2,000 € po gramu). Zbog toga vegetabilna voda, kao izvor hidroksitirozola, postaje vrlo zanimljiva i atraktivna. Osim same ekstrakcije hidroksitirozola iz vegetabilne vode, istražuju se i metode koje bi druge spojeve, prvenstveno tirozol, pretvarale u hidroksitirozol, pod uvjetom da budu ekonomski isplative i neškodive za okoliš.

U vezi s navedenim, istraživanja su dokazala da je efikasna primjena MTO-a (MeReO3) koji je jako efikasan katalizator kada su u pitanju oksidacijske reakcije s vodikovim peroksidom (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) kao primarnim oksidacijskim sredstvom (Saladino et al., 2001.). Dosad

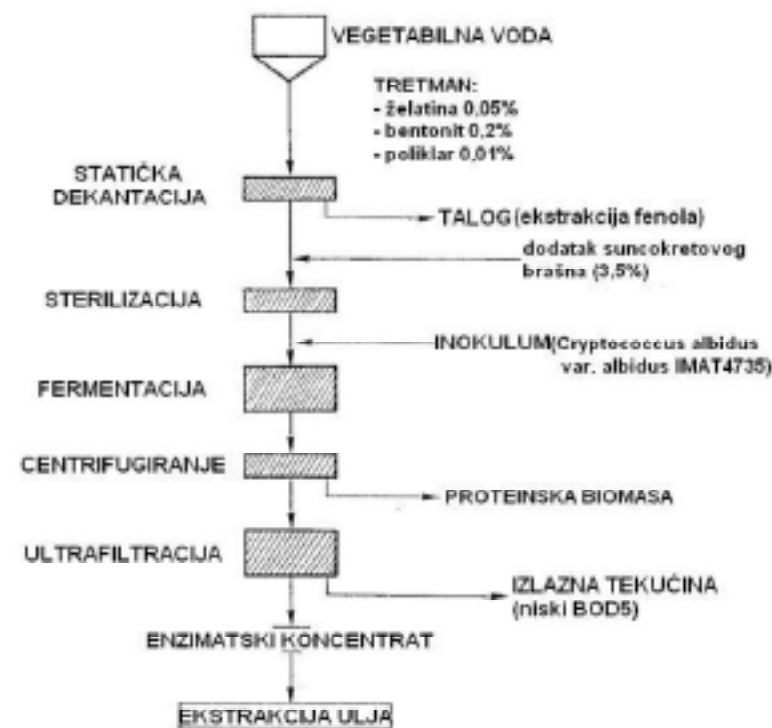
postignuti rezultati korištenjem tog procesa su obećavajući te se već razrađuju detalji za njegovu industrijsku primjenu.

### Valorizacija biotehnoškim putem (kombinirane metode)

Već 15-ak godina provode se istraživanja o biotehnoškim procesima iskorištavanja vegetabilne vode te o kombiniranju tih procesa zajedno s kemijsko-fizikalnim i dr. (D'Annibale et al., 2003.). Jedan od modela takvog načina obrade vegetabilne vode koji je ocijenjen kao efikasan sastoji se od sljedećih koraka (Montedoro et al., 1993.):

- 1) tretiranja vegetabilne vode sredstvima za bistrenje i taloženje čestica iz otopine (želatina, bentonit, poliklar)
- 2) dodatak brašna od suncokreta kako bi se povećao pektinski sadržaj i daljnja fermentacija
- 3) koncentriranje otopine pomoću ultrafiltracije, nakon prethodnog centrifugiranja
- 4) recikliranje koncentrirane otopine, koja je zbog obavljenih tretmana optimalne kvalitete za ponovo iskorištavanje.

Slika 3. Biotehnoška metoda valorizacije vegetabilne vode (Montedoro et al. 1993.)



Osim navedenog, vegetabilna voda ima veliki potencijal u mogućnosti svog korištenja kao supstrata za dobivanje korisnih enzima s hidrolitičkim djelovanjem za industrijsku primjenu, npr. pektinaza i lipaza (Montedoro et al., 1993.; D'Annibale et al., 2004.) te također enzima s oksidacijskim djelovanjem (lakaza i Mn-peroksidaza) (Fenice et al., 2003.). Osim enzima, iz vegetabilne vode mogu se dobiti i tvari koje su jednake kvalitete, ali daleko jeftinije od onih koje su danas u primjeni, kao npr. glukanski polisaharidi (Crognale et al., 2003.). Moguće je i poboljšati poljoprivredne karakteristike vegetabilne vode prilikom njene aplikacije na poljoprivredne površine. To je postignuto pred-tretiranjem mikrobiološkim putem vegetabilne vode, tako da je dodan prah fosfatnih minerala. Takav proces pospješuje topivost fosfatnih tvari i time povećava udio biljkama lako dostupnog fosfora u vegetabilnoj vodi (Cereti et al., 2004.).

### Zaključna razmatranja

Iako je riječ o gruboj aproksimaciji, možemo tvrditi da je količina godišnje proizvedene vegetabilne vode u Republici Hrvatskoj u iznosu od 55,250,000 litara vrlo bliska stvarnom stanju. Za njezino zbrinjavanje najpovoljnije bi bile sljedeće metode:

- 1) Metoda anaerobne razgradnje – zato što je krajnji produkt tog procesa bioplin koji sadrži 80% metana, a tim bi se postupkom povećala energetska neovisnost države
- 2) Metoda neutralizacije pomoću kalcija (vapna) – zato što smo država srednje kupovne moći pa je stoga ta metoda čiji je utrošni materijal vrlo jeftin pogodna za naše prilike; zato što na kraju procesa dobijemo talog koji je moguće kompostirati s drugih biljnim ostacima i vegetabilnu vodu koja je pogodna za navodnjavanje, a svi znamo kako su naša obala i otoci redovito pogođeni sušom, pa je stoga navodnjavanje neizbježno, a ta bi voda bila vrlo jeftina
- 3) Metoda izlivanja na poljoprivredne površine – pozitivne strane tog postupka su visoka koncentracija hranjiva u vegetabilnoj vodi, posebice kalija (bitan je za sintezu bjelančevina, šećera i masti, za gospodarenje biljke vodom, za sintezu ATP-a, te za otpornost biljke na bolesti i sušu) te potencijal za mobilizaciju iona; negativne su strane izražen aciditet, visoka koncentracija soli te prisutne fitotoksične komponente; negativni se učinci mogu smanjiti ili gotovo izbjeći vodeći računa o intervalu koji mora proći između aplikacije vegetabilne vode i sjetve/sadnje, te svakako o dozaciji po jedinici površine; pozitivno djeluje u borbi protiv nekih patogena u tlu (*Rhizoctonia solani*)
- 4) Metoda ekstrakcije korisnih tvari – u prvom je redu to hidrositrosol, tj. snažan antioksidans, koji je gotovo ekvivalent sintetički dobivenog BHT-a, ali je zbog mnogo niže cijene mnogo prihvatljiviji; moguće je iz vegetabilne vode dobiti i vrlo korisne enzime (pektinaza, lipaza, lakaza, Mn-peroksidaza)

Dakako da bi bilo poželjno te metode u praksi najprije primijeniti na pokusnoj razini, a zatim na osnovi iskustava krenuti u aplikaciju na široj razini. Vrlo je zanimljiva u maslinarstvu mogućnost aplikacije vegetabilne vode u samim maslinicima za navodnjavanja,

tj. treba odrediti optimalne doze. Isto je tako zanimljiva mogućnost korištenja njenog bakteristatičnog učinka u dezinfekciji sadnih jama kod sadnje maslina.

### Literatura

1. Adhoum, N., Monser, L. (2004.): Decolourization and removal of phenolic compounds from olive mill wastewater by electrocoagulation. *Chemical Engineering and Processing*. 43 (10):1281–1287.
2. Alburquerque, J.A., Gonza lvez, J., Garc ía D., Cegarra, J. (2004.): Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of the two phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology* 92 (2):195–200.
3. Alexiou, S. (1964.): *Minoikos Politismos (Minoan Civilisation)*. Sp.Alexiou Sons, Athens
4. Alianello F. (2001). Effetti della somministrazione di acque reflue di frantoi oleari sulle caratteristiche chimiche e biochimiche del suolo. Ed. L'Informatore Agrario (Verona), Progetto editoriale PANDA: "Isotoprodotti dei frantoi oleari", vol. 3:29-40.
5. Amirante, P., Di Renzo, G.C., Di Gioacchino, L., Bianchi, B., Catalano, P. (1993): Technological development in olive oil extraction plants. *Olivae*, 48:43-53.
6. Aktas, E.S., Imre, S., Ersoym, L. (2001.): Characterization and lime treatment of olive mill wastewater. *Water Research* 35 (9):2336–2340.
7. Azbar, N., Bayram, A., Filibeli, A., Muezzinoglu, A., Sengul, F., Ozer, A. (2004.): A review of wastes management options in olive oil production. *Critical Reviews on*
9. Balatsouras, G. (1997.): *To Elaiodentro (Olive Tree)*. Athens
10. Baourakis, G., Kalogeras, N., Stamataki, E., Tsagarakis, K.P. (2000.): The management of wastewater discharged by olive oil mills. *Research for Oliva-Technology in Greece*. Mediterranean Agronomic Institute of Chania. Department of Economic and Management Sciences.
11. Bonari, E., Ceccarini, L. (2001.): Effetti dei reflui oleari sulla produzione di alcune colture agrarie. Ed. L'Informatore Agrario (Verona), Progetto editoriale PANDA: "I sottoprodotti dei frantoi oleari", vol. 3:121-146
12. Cereti, C.F., Rossini, F., Federici, F., Quarantino, D., Vassilev, N., Fenice, M. (2004.): Reuse of microbially treated olive mill wastewater as fertiliser for wheat (*Triticum durum* Desf.). *Biores Tech* 91:135–140.
13. Cox, L., Celis, R., Hermosin, M.C., Becker, A., Cornejo, J. (1997.): Porosity and herbicide leaching in soils amended with olive-oil wastewater. *Agric Ecosyst Environ* 65:151–161.
14. Crognale, S., Federici, F., Petruccioli, M. (2003.):  $\beta$ -Glucan production by *Botryosphaeria rhodina* on undiluted olive-mill wastewater *Biotechnol.Lett.*, 25:2013-2015.
15. Davaras, K. (1976.): *Guide to Cretan Antiquities*. Noyes Press, New York Dalis D., Anagnostidis K., Lopez A., Letsiou I., Hartmann L. (1996). Anaerobic digestion of total raw olive-oil wastewater in a two-stage pilot-plant (up-flow and fixed-bed bioreactors). *Biores Tech* 57:237–243.
16. D'Annibale, A., Crestini, C., Vinciguerra, V., Sermanni, G.G. (1998.): The biodegradation of recalcitrant effluents from an olive mill by a white rot fungus. *J Biotechnol* 61(3):209–218.
17. D'Annibale, A., Federici, F., Fenice, M., Giovannozzi, Sermanni, G., Petruccioli, M., Vassilev, N. (2003.): Residues of olive oil extraction process: possibile biotechnological approaches. *La Chimica e l'Industria*, 85:1-4.
18. D'Annibale, A., Ricci, M., Quarantino, D., Federici, F., Fenice, M. (2004.): *Panus tigrinus* efficiently removes phenols, color and organic load from olive-mill wastewater. *Res Microbiol* 155:596–603.
19. Ehaliot, C., Papadopoulou, K., Kotsou, M., Mari, I., Balis, C. (1999.): Adaptation and population dynamics of *Azotobacter vinelandii* during aerobic biological treatment of olive-mill wastewater. *FEMS Microbiology Ecology*

- 30:301–311.
20. Federici, F. (2008.): Wastewaters from the olive-oil extraction process: disposal or valorization? *Pomologia Croatica*, vol.12-2006, br.1:15-27.
  21. Fenice, M., Federici, F., Giovannozzi Sermanni, G., D'Annibale, A. (2003.): Submerged and solid state production of laccase and Mn-peroxidase by *Panus tigrinus* on olive mill wastewater-based media. *J. Biotechnol.*, 100:77-85.
  22. Frezotti, G., Manni, M., Aten, A. (1956.): *La eleotecnia rural*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma
  23. Gonzalez-Lopez, J., Pozo, C., Martinez-Toledo, M.V., Rodelas, B., Salmeron, V. (1995.): Produccion de polihidroxialcanoatos por *Azotobacter chroococcum* H23 en alpechin. *Symposium Obtencion del aceite de Oliva y reciclado de Subproductos*. Granada, Espana
  24. Hadjisavas, S. (1992.): Olive oil processing in Cyprus (From the Bronze Age to the Byzantine period). *Studies in Mediterranean Archaeology, XCIX, Nicosia*
  25. Hamdi, M. (1996.): Anaerobic digestion of olive mill wastewaters. *Proc Biochem* 31(2):105–110.
  26. Isager, S., Skydsgaard, J.E. (1995.): *Ancient Greek agriculture*. Routledge, London
  27. Kapellakis I.E., Tsagarakis K.P., Crowther J.C. (2008). Olive oil history, production and by-product management. *Rev Environ Sci Biotechnol* (2008) 7:1–26.
  28. Kissi, M., Mountadar, M., Assobhei, O., Gargiulo, E., Palmieri, G., Giardina, P., Sanna, G. (2001.): Roles of two white rot basidiomycete fungi in decolorisation and detoxification of olive mill wastewater. *Appl Microbiol Biotechnol* 57(1–2):221–226.
  30. Koutsaftakis, A., Stefanoudaki, E. (1994.): Results obtained on Testing 2-phase Flottweg Z4D-4/441, Pieralisi Jumbo 2, Kallis L140E Decanters. *National Agricultural Research Foundation, Chania, Crete, Greece*, p 23.
  31. Kotsou, M., Mari, I., Lasaridi, K., Chatzipavlidis, I., Balis, C., Kyriacou, A. (2004.): The effect of olive oil mill wastewater (OMW) on soil microbial communities and suppressiveness against *Rhizoctonia solani*. *Appl Soil Ecol* 26:113–121.
  32. Lopez, M.J., Ramos-Cormenzana, A. (1996.): Xanthan production from olive-mill wastewaters. *International Biodeterioration and Biodegradation* 38 (3/4):263–270.
  33. Miranda, M.A., Galindo, F., Amat, A.M., Arques, A. (2001.): Pyrylium salt-photosensitised degradation of phenolic contaminants present in olive oil wastewaters with solar light. Part II. Benzoic acid derivatives. *Appl Catal B: Environ*, 30:437–444.
  34. Montedoro, G.F., Begliomini, A.L., Servili, M., Petruccioli, M., Federici, F. (1993.): Pectinase production from olive vegetation waters and its use in the mechanical olive oil extraction process to increase oil yield and improve quality. *Ital. J. Food Sci.*, 4:355.
  35. Niaounakis, M., Halvadakis, C.P. (2004.): *Olive-mill waste management: literature review and patent survey*. Typo-hito-George Dardanos Publications, Athens
  36. Niaounakis, M., Halvadakis, C.P. (2006.): *Olive oil processing waste management: literature review and patent survey*, 2nd edn. *Waste Management Series*, vol 5. Elsevier
  37. Ožanić, S. (1955.): *Poljoprivreda Dalmacije u prošlosti*, Split
  38. Paredes, C., Cegarra, J., Roig, A., Sanchez-Monedero, M.A., Bernal, M.P. (1999.): Characterization of olive-mill wastewater (alpechi'n) and its sludge for agricultural purposes. *Bioresource Technology* 67:111–115.
  39. Piperidou, C.I., Chaidou, C.I., Stalikas, D., Soulti, K., Pilidis, G.A., Balis, C. (2000.): Bioremediation of olive mill wastewater: chemical alterations induced by *Azotobacter vinelandii*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:1941–1948.
  40. Ramos-Cormenzana, A., Monteoliva-Sanchez, M., Lopez, M.J. (1995.): Bioremediation of alpechi'n. *International Biodeterioration and Biodegradation* 35 (1/3):249–268.
  41. Ranalli, A., Angerosa, F. (1996.): Integral centrifuges for olive oil extraction. The quality characteristics of products. *JAOCS* 73 (4):417-422
  42. Rinaldi, M., Rana, G., Introna, M. (2003.): Olive-mill wastewater spreading in southern Italy: effects on a durum wheat crop. *Field Crops Res* 84:319–326.
  43. Saladino, R., Bernini, R., Mincione, E. (2001.): Innovation. Environmental oxidative catalysis for processing of agro-industrial wastewaters, *La Chimica e l'Industria*, 83:34- 38.
  44. Sarakomenos, D.S. (1930.): *I Elliniki Elaia (The greek olive)*, vol II. *Pyrros Publ., Athens* Schink B. (2002). Anaerobic digestion: concepts, limits and perspectives. *Wat Sci Tech* 45(10):1–8.
  45. Šimunović, V. (2005.): Stanje maslinarstva i uljarstva u Republici Hrvatskoj. *Pomologia Croatica*, Vol.11-2005, br.1-2:69-78.
  47. Vassilev, N., Fenice, M., Federici, F., Azcon, R. (1997.): Olive mill waste water treatment by immobilised cells of *Aspergillus niger* and its enrichment with soluble phosphate. *Proc.Biochem* 32(7):617–620.
  48. Wlassics, I. (1992.): Isolation of the phytotoxic and biotoxic components in wastewaters from olive oil processing: their oxidation by means of the peroxidase + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> system. *Plant growth and biodegradability studies* 69:263–266.

### Professional paper

## Treatment possibilities of vegetative water appearing in the process of olive oil extraction

### Summary

*Olive growing is on the constant rise in the Republic of Croatia. Natural benedictions which enable the production of extra virgin olive oils of high quality are the reason for this. Surfaces under olive culture grow from year to year. As most of olive fruits are processed into olive oil, along with the increase in quantity of processed fruits grows the quantity of obtained by-products during the process of extraction of olive oil. Primary by-products are olive cake and vegetative water. It is roughly estimated that the annual production of vegetative water in Croatia is about 55.235.000 l. Based on quotations from scientific and professional papers, this paper describes the major technologies of vegetative water treatment. They are: biological, chemical, physical, microbiological, biotechnological methods, and the method of extraction of useful compounds from vegetative water and its direct pouring out on agricultural surfaces. Out of described methods, the following are recommended for Croatian conditions: anaerobic decomposition, neutralization by calcium, pouring out on agricultural surfaces and extraction of useful compounds.*

**Key words:** vegetative water, treatment, valorization