

Mogućnosti obrade otpadnih voda i otpada u industriji prerade voća i proizvodnje voćnih sokova

SVETLANA NIKOLIĆ¹, LJILJANA MOJOVIĆ¹,
DRAGANA MILOVANOVIĆ², VESNA NIKOLIĆ³

Originalni naučni rad
UDC:

1. UVOD

Industrija je danas najveći i najopasniji zagađivač vodenih resursa. Voda se u industriji pojavljuje kao sirovina, nosilac energije, transportno sredstvo, rastvarač, međuproizvod, ali skoro uvek kao sistem za eliminisanje otpadnih materija. Smatra se da se u svet godišnje u vode reka i jezera ulije oko 1.280 km³ otpadnih voda, od čega 50% predstavlja visoko zagađene industrijske otpadne vode [1]. Prehrambena industrija je po količini utrošene vode odmah posle hemijske, naftne i petrohemijske industrije. Tehnološke otpadne vode prehrambene industrije karakteriše visok stepen organskog zagađenja i suspendovanih materija. Ispuštanje otpadnih voda u prirodne vodotokove, bez prethodnog prečišćavanja, pored čitavog niza šteta za ljudsku zajednicu, dovodi do uništavanja prirodnih vodenih resursa sa nesagledivim i nepoznatim dugoročnim posledicama.

Osnovni cilj obrade svake otpadne vode je njeno što potpunije oslobađanje od neželjenih komponenti (zagađivača) što se ostvaruje primenom jednog ili više procesa obrade čija priroda može biti fizička, hemijska ili biološka [2]. Nakon uklanjanja suspendovanih čestica i koloidno dispergovanih čestica koje mogu da se talože, preostale netaložive koloidne čestice i rastvorene organske materije moraju se iz vode ukloniti biološkim procesima prečišćavanja. Aerobno biološko prečišćavanje voda primenjuje se u obradi otpadnih voda sa malom i srednjom koncentracijom organskog zagađenja. U aerobnim postupcima obrade, dejstvom aerobnih mikroorga-

nizama u prisustvu kiseonika, organsko zagađenje delom se mineralizuje a delom transformiše u mikrobnu biomasu. U okviru aerobnih postupaka sa imobilisanom mikroflorom (mikroorganizmi su fiksirani na nosačima) spada i postupak prečišćavanja pomoću biodiskova (biorotora) [3].

Pored otpadnih voda, u prehrambenoj industriji nastaju i značajne količine čvrstog otpada. Tretman organski opterećenog otpada iz agroindustrije danas predstavlja široku oblast istraživanja s ciljem pronalazjenja novih tehnoloških rešenja koja su ne samo ekonomski prihvatljivija, već i u skladu sa politikom zaštite životne sredine.

U ovom radu razmatran je sistem za tretman tehnoloških otpadnih voda i industrijskog otpada koji nastaju pri proizvodnji sokova i preradi voća, koja je analogna procesu proizvodnje u fabrici sokova "Fruvita", Grad-Ing d.o.o., Smederevo.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PROCESA PRERADE VOĆA I PROIZVODNJE SOKOVA

U okviru proizvodnje voćnih sokova "Fruvita" (Hello sokovi) postavljene su tri linije za preradu voća:

- linija za proizvodnju aseptik voćnih kaša,
- linija za proizvodnju osvežavajućih bezalkoholnih pića sa i bez učešća voćnog soka, u PET ambalaži,
- linija za proizvodnju voćnih sokova i nektara u tetrapak ambalaži [4].

Linija za preradu aseptik voćnih kaša radi kapacitetom od 6.000 kg/h svežeg voća. Tehnološki proces proizvodnje podrazumeva: *pranje voća, dezintegraciju voća (meljenje voća), hladnu ekstrakciju* (obavlja se turbo-pasirkom preko sita sa perforacijama od 1-2 mm; ovako ispa-

Adrese autora: ¹Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, ²Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Republička direkcija za vode, Beograd, ³Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd

sirana voćna masa se termički tretira na 55-65°C) i *deaeraciju* (iz fino pasirane voćne kaše pomoću vakuuma izdvaja rastvoreni kiseonik koji oksidiše sastojke voćene kaše; deaerirana voćna kaša se pomoću pumpe odvodi na pasterezaciju, a nakon toga hladi na 25-30 °C). Potrošnje vode je sledeća:

- u sekciji za pranje voća - 3 m³/dan hladne otpadne vode koja u sebi sadrži nečistoće sprane sa voća,
- u sekciji hlađenja vodom - 2 m³/dan pitke vode koja se recirkuliše, odvodi u prihvatni sud, hladi i ponovo koristi,
- voda za pranje linije - 3 m³/dan, otpadna voda koja sadrži NaOH u koncentraciji od 0.2 % i nemasne nečistoće.

Ukupna otpadna voda sa ove linije iznosi 6 m³/dan.

Linija za proizvodnju osvežavajućih bezalkoholnih pića sa i bez učešća voćnog soka, u PET ambalaži radi kapacitetom od 8.000 boca/h. Tehnološki proces proizvodnje se sastoji od dela pripreme negaziranog osvežavajućeg bezalkoholnog pića sa voćnim sokom i dela punjenja. U tank za *pripremu* se prema recepturi ubacuje šećerni sirup, voćna baza, regulator kiselosti, antioksidans i voda i nakon homogenizacije proizvod se šalje na pasterezaciju. *Punjenje* se obavlja u aseptičkim uslovima u PET ambalaži zapremine 1,5 l i 0,5 l. Potrošnje vode je sledeća:

- u sekciji hlađenja vodom - 3 m³/dan pitke vode koja se recirkuliše nakon hlađenja),
- voda za pranje linije - 2 m³/dan, otpadna voda koja sadrži NaOH u koncentraciji od 0.2 % i nemasne nečistoće.

Ukupna otpadna voda sa ove linije iznosi 2 m³/dan.

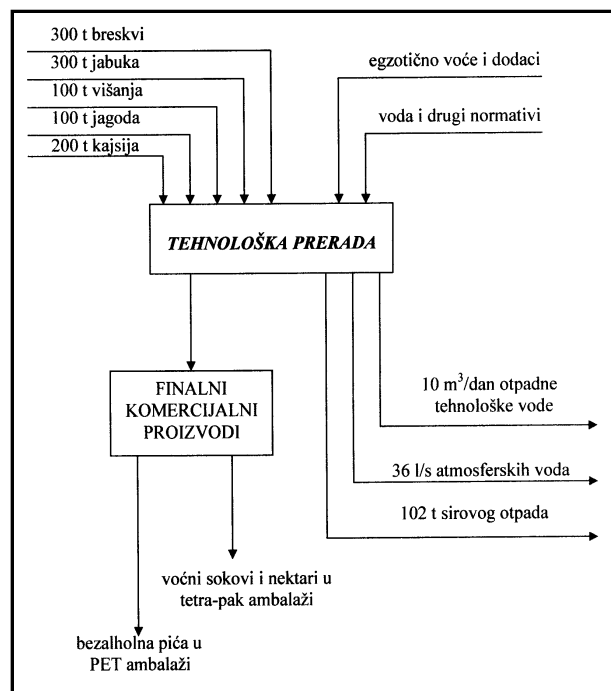
Linija za proizvodnju voćnih sokova i nektara u tetrapak ambalaži radi kapacitetom od 6.000 l/h. Tehnološki proces proizvodnje se sastoji od dela pripreme voćnog soka i nektara i dela punjenja analogno liniji za proizvodnju bezalkoholnih pića. Punjenje se vrši u aseptičkim uslovima u višeslojnu fleksibilnu ambalažu od kartona zapremine 1 l. Potrošnja vode je identična kako kod linije za proizvodnju bezalkoholnih pića.

Ukupna otpadna voda sa ove linije iznosi 2 m³/dan.

Sumiranjem otpadnih voda može se zaključiti da **ukupna količina tehnoloških otpadnih voda iznosi 10 m³/dan.**

Godišnja prerada voća za proizvodnju voćnih kaša (jagoda, višnja, kajsija, breskva, jabuka) iznosi 1000 t. Godišnja proizvodnja osvežavajućih bezalkoholnih napitaka u PET ambalaži različitog asortimana je 4.100.000 l. Godišnja proizvodnja voćnih sokova i nektara u tetrapak ambalaži različitog asortimana iznosi 5.900.000 l.

Šema prerade voća proizvodnje voćnih sokova data je na Slici 1.



Slika 1 - Šema proizvodnje voćnih sokova i nektara

"Fruvita" odlaže organski otpad bez ikakve dalje prerade na nekoliko hektara pored reke Konjske. Ovaj otpad čine izdvojeni nedozreli, truli i plesnivi plodovi, delovi lišća, grana i ostale primese koje dolaze sa voćem za preradu, zatim izdvojene pokožice, semenke i peteljke i drugi materijal koji nastaje u toku prerade. U proseku se izdvaja oko 100 tona organskog otpada godišnje. Pored toga, u reku Konjsku se bez ikakve prerade ispušta 10 m³/dan otpadnih tehnoloških voda sa velikim organskim opterećenjem od oko 6 kg BPK₅/dan.

3. KARAKTERISTIKE OTPADNIH VODA

Sve analize otpadnih voda vršila je akreditovana ustanova Zavod za javno zdravlje, Požarevac prema usvojenim standardnim metodama. Fizičko-hemijske karakteristike neprečišćenih otpadnih voda fabrike sokova "Fruvita" date su u Tabeli 1.

Tabela 1 - Fizičko-hemijske karakteristike neprečišćenih otpadnih voda fabrike sokova Fruvita

Parametar	jed. mere	09.11. 2005.	9. 3. 2006.	23. 7. 2007.	17.12. 2007.	MDK
Mutnoća	mg/l SiO ₂	1000	>1000	300	200	-
pH vrednost	mg/l	4.15	5.3	5,6	6,8	6,8-8,5
Nitrati	mg/l	-	-	1,926	-	10,0
Nitriti	mg/l	-	<0.002	<0.002	-	0,05
Amonijum jon	mg/l	-	23,31	6,799	-	1,0
Hloridi	mg/l	109,12	375,3	88,23	127,57	-
Utrošak KMnO ₄	mg/l	31186	11227,78	1526,67	>3600	-
Deterdženti anjonski	mg/l	-	0,145	0,136	<0,030	-
Fosfati	mg/l	-	-	-	<0,030	-
Kiseonik	mg/l	<0,10	<1	<0,10	<0,10	>6,0
HPK ₅	mg/l	16137	5890	1591	>7000	-
BPK ₅	mg/l	2041	2697,54	1348,83	>6000	30
Ostatak isparenja nefiltrirane vode	mg/l	13310	4620	1368	2646	-
Ostatak isparenja filtrirane vode	mg/l	12420	4300	1336	2572	1000
Suspendovane materije	mg/l	890	320	32	74	30
Sedimentne materije	ml/l 2h	5	>100	0,5	<0,10	-

Ove otpadne vode sada se ispuštaju u reku Konjsku, koja se uliva u Jezavu, a ova u reku Rajlu, nedaleko od njenog ušća u Veliku Moravu. Analizom rezultata u Tabeli 1. očigledno je da ove vode imaju nekoliko parametara čije su vrednosti iznad vrednosti MDK, tako da se radi o zagađenjima koja se moraju tehnološkim postupcima tretirati u cilju postizanja prihvatljivog kvaliteta.

4. ANALIZA I PREDLOG PREČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

Detaljnou analizom mogućih načina prečišćavanja predloženo je sledeće tehnološko rešenje koje se sastoji iz primarne obrade (uklanjanja suspendovanih materija) i sekundarne biološke obrade u biorotoru.

Trenutno se iz proizvodnog pogona tehnološke otpadne vode odvođe betonskim kanalima (dimenzija 30,0 x 20,0 cm, protok vode 0,045 m³/s) do taložnika u kojem se uklanjaju taložive suspendovane materije. Iz taložnika otpadne vode se odvođe u vodonepropusnu septičku jamu za tehnološke otpadne vode koja ima ukupnu zapreminu 126,0 m³. Dvonedeljno pražnjenje septičke jame vrši nadležno komunalno preduzeće.

Da bi se otpadne vode koje se sakupljaju u septičkoj jami prečistile predlaže se njihovo odvođenje sistemom cevovoda pumpnom stanicom (FCESOSR1 snage 1,25 kW, "Elko Elektrokovina") u biorotor u kojem bi se vršila njihova obrada biološkim aerobnim tretmanom. U biorotoru uz prisustvo kiseonika i nakon odgovarajućeg vremena zadržavanja dolazi do razgradnje organskih materija pomoću mikroorganizama iz otpadnih voda. Ovo biološko prečišćavanje zasniva se na aktivnosti kompleksne mikroflore koja u toku svog životnog ciklusa koristi organske i mali deo neorganskih materija koje čine zagađenje otpadnih voda.

Biorotor je aerobni biofilter sa rotirajućim plastičnim perforiranim diskovima (koji služe kao nosači imobilisane mikroflore) postavljenim na horizontalnoj osovini i uronjenim skoro do polovine (obično oko 40%) u sud sa otpadnom vodom. Diskovi rotiraju relativno malom brzinom od 1,7-2 obrtaja/min. Rotirajući element istovremeno vrši tri funkcije: predstavlja mehaničku podlogu na koju se vezuju mikroorganizmi koji vrše biološku obradu, obezbeđuje neposredan dodir mikroorganizama sa otpadnom vodom i obezbeđuje aeraciju otpadne vode. Debljina sloja biomase (biofilma) na površini diskova obično iznosi 15-30 mm. Mikroorganizmi u biofilmu uklanjaju bio-

razgradljive organske materije, azot i rastvoreni kiseonik iz otpadne vode, i konvertuju zagađivače u korisnije komponente (biomasu i gasovite sporedne proizvode). Ovaj biološki mulj uklanja se iz efluenta taloženjem u sekundarnom taložniku koji je u principu sastavni deo biološkog reaktora. Ovaj postupak karakteriše mali utrošak ljudskog rada (1-7 časova nedeljno) kao i mali utrošak energije za obrtanje diskova (2-3 kW). [3].

Za izvođenje biološke obrade otpadnih voda pogodan je biorotor firme "Tehnix", tip BRT-100, koji je predviđen za dnevni protok od 10 m³/dan i organsko opterećenje od 6 kg BPK₅/dan. Ove, kao i ostale karakteristike uređaja date su Tabeli 2. [5]. Tretman otpadnih voda u biorotoru šematski je prikazan na Slici 2. i sastoji se is sledećih faza:

1. aeracija i biološka aktivacija bioaktivatorima,
2. biološko prečišćavanje u bio-sekcijama rotora,
3. stabilizacija mulja,
4. moguća reciklaža vode iz merne komore.

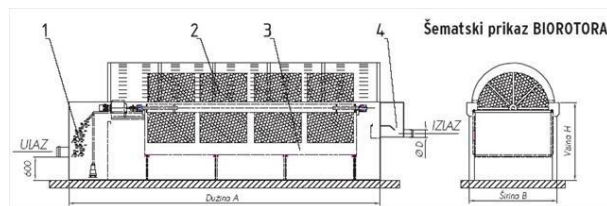
Tabela 2 - Osnovne karakteristike biorotora tip BRT-100

Parametar	
Ekvivalent osoba (po danu)	100
Dimenzije (AxBxH m)	5,2x2,0x1,8
Priključne cevi (Ø)	160
Instalirana snaga (kW)	2
Hidrauličko opterećenje (m ³ /m ² x d)	0,081-0,163
Organsko opterećenje (kg BPK ₅ /dan)	6
Dnevni protok (m ³ /dan)	10
BPK ₅ u efluentu (mg/l)	≤20
Suspendovane materije u efluentu (mg/l)	≤30

Kao što se vidi iz Tabele 2. karakteristike efluenta su BPK ≤20 mg/l (što predstavlja stepen prečišćavanja odnosno razgradnju organske materije veću od 95%) i koncentracije suspendovanih materija ≤30 mg/l. Kvalitet ovako prečišćene vode zadovoljio bi granične vrednosti dopuštenih koncentracija opasnih i drugih materija u otpadnim vodama propisane pravilnikom, odnosno zadovoljio bi uslove za ispuštanje u prirodni recipijent II kategorije.

Na Slici 2. dat je šematski prikaz biorotora, dok je na Slici 3. prikazan spoljni izgled ugrađe-

nog biorotora za prečišćavanje otpadnih voda [5].



Slika 2 - Šematski prikaz Biorotora Tehnix BRT-100, 1-aeracija i biološka aktivacija bioaktivatorima, 2-biološko prečišćavanje u bio-sekcijama rotora, 3-stabilizacija mulja, 4-moguća reciklaža vode iz merne komore



Slika 3 - Spoljni izgled biorotora Tehnix (BRT-100) za prečišćavanje otpadnih voda

5. INDUSTRIJSKI OTPAD

U proizvodnji voćnih sokova izdvajaju se otpadne materije koje se u principu mogu klasirati u dve vrste:

- oštećeni plodovi koji se uklanjaju u prvoj fazi procesa (priprema),
- kora i jezgro, koštice plodova koji se izdvajaju pri drobljenju i obradi plodova.

Ovaj otpad se izdvaja u sirovom stanju, i mora se deponovati ili prerađivati u skladu sa zakonskom regulativom, odnosno ne sme se baciti u vodotokove niti deponovati na otvorenom zemljištu. Uvek kada je to moguće otpad je potrebno koristiti kao sekundarnu sirovinu.

Prema proizvodnom asortimanu prikazanom na Slici 1., iskustveno, a na osnovu kvaliteta prerađivanog voća, godišnje se izdvaja oko 102 t sirovog otpada, koji se baca na deponiju ili u reku Konjsku, sliv Velike Morave. Zbog otpadnih voda iz Fruvite, ali i zbog drugih zagađivača, reka Konjska je zagađena i ima povećan sadržaj amonijaka, BPK₅, fosfata, HPK i minimalan sadržaj kiseonika [6].

Ovaj otpad je potrebno prerađivati u komercijalne proizvode, a njegova prerada se može vršiti na dva načina:

- prerada u sirovom stanju i isporuka dobijenih proizvoda na tržištu, i
- sušenje otpada, pa dalja prerada u finije, vrednije, skuplje proizvode.

Mogućnosti prerade sirovog otpada su:

- *višestepena ekstrakcija* otpada i presovanje nakon čega se dobija sekundarni sok koji se može koncentrovati ili podvrgnuti alkoholnoj fermentaciji (u slučaju voća kao npr. višnje sveži otpad se može koristiti za dobijanje prirodnih boja nakon izvršene ekstrakcije, presovanja, filtriranja i izbora odgovarajućeg tehnološkog postupka za dobijanje boja),
- *alkoholna fermentacija* čime se nakon destilacije dobija voćni destilat, a preostali čvrsti deo može se sušiti za stočnu hranu,
- *potapanje* u toploj vodi i *pasiranje* čime se dobija kaša od voćnih komponenta koja se može koristiti kao komponenta jeftinih punjenja za industrijske kolače
- *siliranje* otpada za stočnu hranu
- *kompostiranje*

Sušenjem otpada u sušarama i naknadnim mlevenjem dobijaju se: praškaste komponente stočne i ljudske hrane (konditorski proizvodi i sl.), komponente hranljivih podloga za uzgajanje plesni, kao i odgovarajući pektinski preparati. Ukoliko voće nakon sušenja i presovanja sadrži i drvenasti deo on se može koristiti za dobijanje aktivnog uglja, kao gorivo, granule za politanje metala ili kao prah koji se koristi kao punilo za plastične mase, i sl.

6. ZAKLJUČAK

Analizom otpadnih tehnoloških voda dobijenih u proizvodnji i preradi voća u fabrici sokova "Fruvita" u Smederevu utvrđeno je da je neophodno rešiti problem njihovog prečišćavanja, s

obzirom da se ove visoko zagađene vode trenutno ispuštaju direktno u reku Konjsku bez prethodne obrade. Razmatrana je mogućnost obrade ovih otpadnih voda nakon primarnog taloženja biološkim aerobnim tretmanom pomoću biorotora. Na taj način je moguće uspešno redukovati organske zagađujuće materije i do 95%. Takođe, prikazane su mogućnosti dobijanja korisnih proizvoda preradom otpada iz procesa proizvodnje voćnih sokova. Naredna investiciono-razvojna aktivnost fabrike "Fruvita" treba da obuhvati preradu otpada i prečišćavanje otpadnih voda u skladu sa zakonskim regulativama.

LITERATURA

- [1] Žarković D., Ekomodul - primer prečišćavanja otpadnih voda prehrambene industrije. Međunarodna konferencija "Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad", Budva, Srbija i Crna Gora, Zbornik radova, p. 100-103, 2003.
- [2] Baras, J., Brković-Popović, I., Popović, M., Knežić, L., Blagojević, N., **Obrada otpadnih voda-II deo: Biološka obrada**, Savez hemičara i tehnologa Srbije, Beograd, 1979, p. 75-77.
- [3] Gaćeša, S., Klašnja, M., **Tehnologija vode i otpadnih voda**, Jugoslovensko udruženje pivara, Beograd, 1994, p. 253-254.
- [4] Tehnička dokumentacija proizvodnog pogona "Fruvita", Smederevo.
- [5] www.tehnix.br/Description.asp
- [6] Lokalni ekološki akcioni plan (LEAP) Opštine Smederevo, Direkcija za urbanizam i građevinarstvo Oštine Smederevo, Smederevo 2007, p. 50-52.

IZVOD

MOGUĆNOSTI OBRADNE OTPADNIH VODA I OTPADA U INDUSTRIJI PRERADE VOĆA I PROIZVODNJE VOĆNIH SOKOVA

Osnovne karakteristike tehnoloških otpadnih voda i otpada prehrambene industrije, kao i industrije prerade voće i proizvodnje sokova, su visok stepen organskog zagađenja i suspendovanih materija. Ove otpadne vode kao i industrijski otpad potrebno je obraditi pre ispuštanja u prirodne vodene resurse ili deponovanja na otvorenom zemljištu, u skladu sa zakonskom regulativom. Mogućnost prerade tehnoloških otpadnih voda prikazana je na primeru fabrike voćnih sokova "Fruvita" u Smederevu (Hello sokovi) biološkim aerobnim tretmanom pomoću biorotora. Prikazane su i mogućnosti prerade dobijenog industrijskog otpada.

Ključne reči: voće, sokovi, prečišćavanje otpadnih voda, biorotor, prerada čvrstog otpada.

ABSTRACT

THE POSSIBILITIES OF WASTE WATERS AND WASTE PROCESSING IN INDUSTRY OF FRUIT PROCESSING AND FRUIT JUICES PRODUCTION

The basic characteristics of technological waste waters and industrial waste of agricultural industry, as well as of industry of fruit processing and production of juices, are high values of organic contamination and suspended materials. These waste waters and industrial waste should be processed before a drainage into the natural water resources or dumping on open public land in accordance with waste regulatory acts. The possibility of technological waste waters treatment is presented on example of production of fruit juices "Fruvita" in Smederevo (Hello juices) based on biological aerobic treatment by biorotor. Also, the possibilities of industrial waste processing are presented.

Key words: fruit, juices, waste waters processing, biorotor, solid waste processing.