

## PRIPREMA TEHNOLOŠKE VODE ZA INDUSTRIJSKU PROIZVODNJU PIVA

UDK: 663.63:663.4

**Ante Lončarić\*, Tihomir Kovač, Marija Nujić, Mirna Habuda-Stanić**

*Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska*

*stručni rad*

### Sažetak

Voda je vrlo važna sirovina za proizvodnju piva jer pivo sadrži 85 – 95 % vode. Prema Pravilniku o temeljnim zahtjevima za pivo i pivu slične proizvode (NN 6/98), tehnološka voda koja se koristi za proizvodnju piva mora u fizikalnom, kemijskom i mikrobiološkom smislu odgovarati kvaliteti vode za piće, čije karakteristike su propisane Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13). Kako bi pivovare bile neovisne o gradskim vodovodima često imaju svoje vlastite izvore - bunare. U prirodnim vodama uvijek postoje određene količine raznih otopljenih tvari. Ovisno o otopljenim mineralnim tvarima, vode se dijele na meke, srednje tvrde i tvrde. Tehnologija obrade voda u pivarstvu je vrlo važna jer kvaliteta, odnosno vrsta piva značajno ovisi o njoj, stoga u većini slučajeva pivovare provode obradu vode u svrhu dobivanja tehnološke vode za proizvodnju piva određenih karakteristika. Kada govorimo o obradi vode u pivovarama s vlastitim izvorima vode koje sadržavaju veće količine željeza, mangana i arsena, tada bi obrada vode svakako uključivala uklanjanje manganovih odnosno feratnih bikarbonata putem pješčanih filtera i aeracije; uništavanje mikroorganizama doziranjem klora, uklanjanje slobodnog klora i ostalih primjesa adsorpcijom na aktivnom ugljenu te pročišćavanje vode putem membranskih metoda odnosno mikrofiltracije, nanofiltracije i reverzne osmoze. Navedenom obradom vode može se dobiti voda s optimalnim vrijednostima koja je spremna za proizvodnju piva.

*Ključne riječi:* pivarstvo, tehnološka voda, obrada vode

### Uvod

Pivo je pjenušavo piće s malim udjelom alkohola i specifičnom aromom hmelja, dobiveno je alkoholnim vrenjem pivske sladovine pomoću pivskog kvasca. Jedna od najvažnijih predstavlja upravo proizvodnju piva mora u fizikalnom, kemijskom i mikrobiološkom smislu odgovarati kvaliteti vode za piće, čije karakteristike su propisane Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13). Kemijski sastav vode za proizvodnju piva je različit, jer se vode razlikuju prema ukupnoj, stalnoj i prolaznoj tvrdoći, alkalitetu i sadržaju pojedinih soli (Štefančić i Marić,

\*aloncaric@ptfos.hr

1989). Otopljene soli koje se kao sastavni dio nalaze u vodi uvelike utječu na okus piva, što nije rezultat neposrednog već posrednog djelovanja na enzimske i koloidno kemijske reakcije koje se događaju tijekom proizvodnje piva (Janson, 1996). Kvaliteta pivarske vode je jedan od najvažnijih čimbenika dobre kvalitete piva. U pivarstvu se obično koristi voda iz gradskog vodovoda ili voda iz obližnjih izvora odnosno bunara.

*Tipovi voda s obzirom na tvrdoću vode*

Uobičajene vrijednosti tvrdoće vode za svijetla odnosno tamna piva prikazane su u Tablici 1. Detaljnija podjela vode prema tvrdoći prikazana je u Tablica 2, prema čemu je Plzenski tip vode mekan s malim sadržajem neutralnih soli, što omogućava proizvodnju svijetlog piva s jakim, ali ugodnom gorčinom po hmelju. Münchenska voda ima srednje izraženu karbonatnu tvrdoću s niskom nekarbonatnom tvrdoćom pogodnom za proizvodnju manje prevrelih tamnih piva slatkastog okusa. Dortmundski tip vode je voda izrazite tvrdoće s izraženom nekarbonatnom tvrdoćom koje daje pivo crvenkaste boje i oštre gorčine s visokim sadržajem alkohola. Bečki tip vode ima podjednaku karbonatnu i ukupnu tvrdoću, ali ima izrazit ukupni alkalitet (Focke i sur., 2007).

**Tablica 1.** Vrijednosti tvrdoće vode za svijetla odnosno tamna piva  
**Table 1.** Water hardness values for light and dark beer

<b>Svijetlo pivo</b>	
Karbonatna tvrdoća	2 - 5 °nj
Nekarbonatna tvrdoća	1 °nj
<b>Tamno pivo</b>	
Karbonatna tvrdoća	12 - 18 °nj
Nekarbonatna tvrdoća	1 °nj

**Tablica 2.** Tipovi voda za proizvodnju piva (Focke i sur., 2007)  
**Table 2.** Water types for beer production

Parametri	Plzen	München	Dortmund	Vienna
Ukupna tvrdoća, °nj	1,6	14,8	41,3	38,6
Karbonatna tvrdoća, °nj	1,3	14,2	16,8	30,9
Nekarbonatna tvrdoća, °nj	0,3	0,6	24,5	7,7
Ca tvrdoća, °nj	1	10,6	36,7	22,8
Mg tvrdoća, °nj	0,6	4,2	4,6	15,8
Sulfati, mg/L	5,2	9,0	290	216
Kloridi, mg/L	5	1,6	107	39
Alkalitet, mmol/L	0,9	10,6	5,7	22,1

### *Utjecaj iona u vodi*

Na kvalitetu piva također značajno utječe i sadržaj pojedinih iona u vodi. Prilikom prolaza kroz zemljinu koru voda otapa različite soli koje mogu kasnije u procesu proizvodnje piva stupati u reakcije sa sastojcima slada ili biti neutralne (Kunze, 1994). Sulfatni ion daje karakterističan „suh“ okus piva i utječe na nastajanje hlapivih sumpornih spojeva, pa se zato količina sulfatnih iona ograničava na 500 mg/L. Kloridni ioni daju pivu punoću i slatkast okus pa je poželjno da voda sadrži od 50 - 200 mg/L. Silikatni ioni u većoj količini nepovoljno utječu na tijek vrenja jer se apsorbiraju na površini kvasca, a mogu uzrokovati i koloidno замуćenje piva zbog koagulacije bjelančevina i tako prouzročiti probleme sa stabilnošću piva. Magnezijev klorid ( $MgCl_2$ ), magnezijev sulfat ( $MgSO_4$ ) i natrijev sulfat ( $Na_2SO_4$ ) uzrokuju grubu i neprijatnu gorčinu piva pa je gornja granica oko 100 mg/L. Nitrati pri višim koncentracijama daju pivo lošeg okusa, koji podsjeća na bijeli luk. U toku vrenja se reduciraju do nitrita koji štetno djeluju na kvasac, zato je gornja granica 50 mg/L. Željezni ioni u koncentraciji većoj od 1 mg/L djeluju degenerativno na kvasac. Navedeni ioni u toku sladovanja ječma stvaraju obojene spojeve s taninskim tvarima iz pljevice. Magnezijev ion važan je koenzim i mora biti prisutan bar u količini od 10 mg/L (Kunze, 1994; Focke i sur., 2007).

### *Priprema vode za proizvodnju piva*

Voda je vrlo važna sirovina za proizvodnju piva i mnoge pivovare imaju svoje vlastite izvore-bunare kako bi bile neovisne o gradskom vodovodu. U prirodnoj vodi uvijek postoji manja ili veća količina raznih otopljenih mineralnih tvari. Mineralne tvari iz vode predstavljaju tek neznatan dio ekstrakta piva (0,3-0,5 g/l) ali one izrazito utiču na ukus piva. Mineralne tvari vode ne utječu toliko neposredno na ukus piva, koliko posredno, svojim utjecajem na enzimske i koloidno-kemijske reakcije, do kojih dolazi u toku procesa proizvodnje piva. Kvaliteta pivarske vode je jedan od najvažnijih čimbenika dobre kvalitete piva. Priprema vode za proizvodnju piva uključuje procese kao što su deferizacija i demanganizacija aeracijom na pješčanim filterima, adsorpcija na aktivnom ugljenu, dekarbonizacija, demineralizacija vode ionskim izmjenjivačem, neutralizacija bikarbonata kiselinama, membranski postupci, uklanjanje arsena iz vode, otplinjavanje i dezinfekcija vode.

### *Deferizacija i demanganizacija aeracijom na pješčanim filterima*

Željezo i mangan se ubrajaju u 15 najrasprostranjenijih elemenata u zemljinoj kori. Željezo u vodu može dospjeti na razne načine, redukcijom iz tla, iz mineralnih naslaga, iz organskih tvari te iz željeznih cijevi uslijed korozivnog djelovanja kiselina u vodi. Povećana koncentracija željeza u vodi ne predstavlja zdravstveni, već organoleptički problem, ali uzrokuje i inhibiranje kvasaca što može biti problem u industriji piva (Pohl i sur. 2010;

Sancho i sur. 2011). Povećane koncentracije željeza u podzemnim vodama često su popraćene i povećanim koncentracijama mangana. Vode s povećanom koncentracijom željeza i mangana nisu pogodne za piće, kao ni za uporabu u tehnološkim procesima (Mijatović i Matošić, 2007).

Tehnologija uklanjanja željeza i mangana iz vode najčešće uključuje: oksidaciju, filtraciju ili biološku redukciju. Vrstu deferizacije vode određuje koncentracija i oblik željeza u vodi. Željezo u vodi može biti prisutno u obliku: bikarbonata ( $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ ), sulfata ( $\text{FeSO}_4$ ) i organski vezano na huminske kiseline. Mangan u vodi također može biti prisutan u obliku: bikarbonata ( $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$ ), sulfata ( $\text{MnSO}_4$ ) i organski vezan na huminske kiseline. Kod pješčanih filtara autokatalitičko djelovanje se postiže miješanjem kvarcnog pijeska s 2 - 3%-nim kalijevim permanganatom ( $\text{KMnO}_4$ ) nekoliko dana. Oksidacija mangana se značajno poboljšava doziranjem jakog kemijskog oksidansa,  $\text{KMnO}_4$ . Mangan također ostaje na pješčanom filtru u obliku taloga.

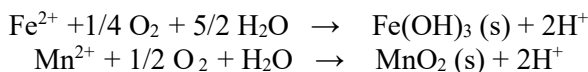
Aeracija je postupak propuhivanja vode sa zrakom odnosno raspršivanjem vode u struji zraka koji se najčešće odvija prije filtracije. Ciljevi aeracije su povećanje količine otopljenog kisika u vodi, smanjivanje okusa i mirisa vode uslijed otopljenih plinova, smanjenje količine  $\text{CO}_2$  u vodi, oksidacija željeza i mangana odnosno uklanjanje nekih organskih sastojaka. U industriji se postupak odvija na sljedeći način: mješač propuhuje vodu sa zrakom uz primjenu tlaka prilikom čega se željezo oksidira i nastaje talog  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  koji se taloži na pješčanom filtru. Nastali  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  djeluje autokatalitički te pospješuje stvaranje novih molekula  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

Dvije su osnovne faze deferizacije vode:

1. oksidacija otopljenog  $\text{Fe}(\text{II})$  u teško topljive oksihidrate  $\text{Fe}(\text{III})$
2. filtracija nastalih flokula  $\text{Fe}(\text{III})$ -oksidrata

Oksidacija  $\text{Fe}(\text{II})$  i  $\text{Mn}(\text{II})$  u teško topljive oksihidrate  $\text{Fe}(\text{III})$  i  $\text{Mn}(\text{III})$  se najčešće provodi postupkom aeracije.

Osnova tehnološkog postupka uklanjanja Fe i Mn:



### *Adsorpcija na aktivnom ugljenu*

Adsorpcija na aktivnom ugljenu s fizikalnog ili kemijskog aspekta podrazumijeva sposobnost neke čvrste tvari (adsorbensa) da na svojoj graničnoj površini veže - adsorbira molekule plina ili otopljene tvari iz otopina - adsorbante. Uspješnost adsorpcijskog procesa ovisi o aktivnoj specifičnoj površini adsorbensa. Ukoliko je adsorbens porozne strukture, adsorpcijski proces odvija se u četiri faze:

1. Tvar koja se adsorbira difuzijom ili turbulentnim miješanjem dopijeva do graničnog sloja koji okružuje adsorbens.
2. Tvar difuzijom prolazi kroz granični sloj do površine adsorbensa koja ovisi o udaljenosti, debljini i površini graničnog sloja.
3. Nakon prolaska kroz granični sloj tvar kroz pore dolazi do adsorpcijskih mjesta.
4. Adsorbant se veže na površini za slobodna adsorpcijska mjesta.

Aktivni ugljen je porozni materijal s vrlo velikom unutarnjom površinom. Proizvodi se fizikalno-kemijskom postupkom aktiviranja, djelovanjem pare i ugljičnog dioksida na visokim temperaturama (700 – 900 °C) pri čemu nastaju brojne pore različite veličine. Aktivni ugljen koji se koristi za adsorpciju može biti u obliku praha ili u obliku granula. Granulirani aktivni ugljen ima veći kapacitet adsorpcije, a njegova veća cijena može biti neutralizirana boljom učinkovitošću. Aktivni ugljen se može koristiti za adsorpciju specifičnih organskih prirodnih i sintetskih molekula, ali i određenih anorganskih tvari (Mijatović i Matošić, 2007).

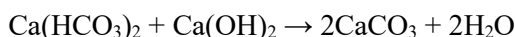
#### *Dekarbonizacija*

Dekarbonizacija se primjenjuje kada se žele ukloniti soli karbonatne tvrdoće i tada se govori o djelomičnom mekšanju vode ili dekarbonizaciji. Kemijska priprema vode za proizvodnju piva najčešće se upravo odnosi na korekciju tvrdoće vode različitim postupcima.

Iako mekšanje vode taloženjem pomoću kemikalija ima čitav niz loših strana, dekarbonizacija vode kemijskim taložnim putem (pomoću vapna, natrijeva karbonata, natrijeva fosfata, tehničkom dekarbonizacijom i dekarbonizacijom sa slabo kiselim ionskim izmjenjivačima) ima izuzetno važan značaj jer se provodi u cilju dobivanja vode koja služi u rashladne svrhe, kao sirovina u tehnološkom procesu (primjerice, prehrambena industrija) te kao I. stupanj pripreme vode za piće (Mijatović i Matošić, 2007).

#### *Dekarbonizacija vode vapnom*

Dekarbonizacija vapnom još poznatija i kao Clarks-ov proces temelji se na reakciji (Mellor, 1941):



Reakcija se izvodi u reaktorima, a količina vapna može se izračunati iz izraza:

$$\text{CaO} = 10 (\text{KT} + \text{MgT}) + 20 \text{ mg/L}$$

gdje je:

KT - karbonatna tvrdoća (°nj)

MgT – magnezijeva tvrdoća (°nj)

## Proceedings

---

### *Demineralizacija vode ionskim izmjenjivačem*

Propuštanjem vode kroz kationski izmjenjivač dolazi do zamjene kationa iz vode s ionom vodika koji reagira s bikarbonatima u vodi tvoreći ugljičnu kiselinu koja se dalje raspada na vodu i ugljični dioksid (Naushad i sur 2015).

Ovisno o sastavu vode najčešće se primjenjuju:

- Slabo kiseli izmjenjivači kationa, tj. takve smole koje svoj ion vodika mijenjaju samo za katione koji su u ravnoteži sa slabim mineralnim kiselinama (bikarbonatnim ionima). U praksi se za slabo kisele izmjenjivače regeneracija izvodi sa 1 – 4 % otopinom kiseline.
- Jako kiseli izmjenjivači kationa, tj. takve smole koji svoj vodikov ion mijenjaju za sve katione iz vode. Za regeneraciju jako kiselih izmjenjivača koristi se klorovodična kiselina i to najčešće 5 – 7 % otopina kiseline (Skipton i Dvorak, 2014).

### *Neutralizacija bikarbonata kiselinama*

Neutralizacija bikarbonata kiselinama temelji se na dodatku organskih (mliječna) ili anorganskih (kloridna, sumporna) kiselina u kominu, odnosno vodu pri čemu se bikarbonati prevode u ugljičnu kiselinu i odgovarajuće soli. Za svaki stupanj smanjenja tvrdoće (°nj) količina kiseline koju treba dodati iznosi:

$$\begin{aligned} \text{KHCl (100\%)} &= 13 \times \text{PA (g/L)} \\ \text{KH}_2\text{SO}_4 \text{ (100\%)} &= 13 \times \text{KT (g/L)} \\ \text{Kmliječna (100\%)} &= 32,5 \times \text{PA (g/L)} \end{aligned}$$

gdje je:

KT- karbonatna tvrdoća (°nj)

PA - željeno smanjenje tvrdoće vode (°nj)

### *Bartonizacija vode*

Bartonizacija vode zasnovana je na reakciji iona kalcija s primarnim, odnosno sekundarnim fosfatima, sastojcima usipka. Pri tome se oslobađaju vodikovi ioni, koji neutraliziraju prisutne bikarbonate iz vode i tako smanjuju njenu tvrdoću.

### *Membranski postupci*

U praksi se sve više susreće primjena membranskih procesa; elektrodijalize, reverzne osmoze i elektrodijareze.

Elektrodijaliza je postupak u kojem se uz pomoć električnog polja i niza izmjenično postavljenih membrana koje selektivno propuštaju katione i anione, voda razdvaja na dva toka; eluat osiromašen solima i koncentrat obogaćen solima.

Reverzna osmoza je postupak kod kojeg se uz primjenu tlakova većih od osmotskih, putem membrana, voda razdvaja na permeat osiromašen solima i koncentrat obogaćen solima. Elektrodijareza je postupak ionske izmjene kod kojeg se odvija djelomična demineralizacija vode njenim provođenjem kroz slojeve izmjenjivača kationa i aniona koji se nalaze u električnom polju u neposrednoj blizini anode odnosno katode. Propuštanjem električne struje, na anodi dolazi do proizvodnje vodikovih iona koji putuju na katodu prolazeći unakrsno kroz sloj izmjenjivača kationa, pri čemu obavljaju njegovu regeneraciju. Slično se događa s anionima potisnutim s katode. Na ovaj način uređaj smanjuje koncentraciju soli u sirovoj vodi ionskom izmjenom, a slojevi izmjenjivača se regeneriraju bez primjene kemikalija (Štefančić i Marić, 1989). U tehnologiji obrade vode u pivovarama najjednostavniji način dobivanja demineralizirane vode je obrada reverznom osmozom i miješanjem s profiltriranom vodom do određene tvrdoće. Zahtjev za ukupnu tvrdoću vode za proizvodnju piva ovisi o tipu piva a može se kretati od 4 do 40 °nj.

#### *Pročišćavanje vode reverznom osmozom*

Reverzna osmoza smanjuje tvrdoću vode bez primjene kemikalija uz pomoć membranske tehnologije. Demineralizirana voda nalazi primjenu kod većine postrojenja. Kao primjer navode se kotlovnice, toplane, bolnice (dijaliza), laboratorija i postrojenja za klimatizaciju, a osim toga u proizvodnji procesne vode u svrhu industrije kozmetike i drugih grana kemijske industrije. Reverzno osmozni sustavi zadržavaju sve viruse i bakterije. Reverzno osmozni sustavi zadržavaju 90 % organske tvari i do 98 – 99 % otopljene soli. Učinak standardnih modula je od 30 L/h do 60 L/h. Reverzno osmozni sustavi postoje kao standardni moduli, ali je moguća i posebna izvedba. Sve komponente su visoke kvalitete i u režimu rada kao i kontrole produkta su potpuno automatizirane. U kombinaciji predtretmana sirove vode te nastavnom tretmanu su vrlo ekonomične za proizvodnju visoko kvalitetne demineralizirane vode.

#### *Uklanjanje arsena iz vode*

Arsen je kemijski element koji se u prirodnim vodama pojavljuje u obliku organskih ili anorganskih spojeva As(III) ili As(V). Pojava arsena u prirodnim vodama posljedica je geološkog sastava tla ili antropološkog djelovanja. Najčešći oblici anorganskog arsena u prirodnim vodama: As(V) - arsenatna kiselina i As(III) - arsenitna kiselina. Toksičnost arsena ovisi o valencijskom naboju i obliku u kojem se arsen unosi u ljudski organizam (Mijatović i Matošić, 2007). Budući da se arsen iz vode može ukloniti upotrebom reverzne osmoze, prilikom korekcije tvrdoće vode istovremeno se može ukloniti i arsen (Abejón i sur., 2015).

#### *Otplinjavanje*

Otplinjavanje vode se obavlja putem otplinjača koji reducira u vodi otopljene plinove kisika, ugljikovog dioksida i drugih plinovitih sastojka. Primjenjuje se kod pripreme vode u kotlovnica, vode za dopunjavanje toplinskih sustava i slično. Postoje tri tipa otplinjača:

*Proceedings*

---

termički otplinjač, vakumski otplinjač i CO<sub>2</sub>-otplinjač. U pivovarama se najčešće, zbog jednostavnosti primjene koriste CO<sub>2</sub>-otplinjači. To su spremnici vertikalnog položaja s dodatkom posebnog punjenja, ventilatora i u podnožju sa sabirnim spremnikom koji služi za redukciju CO<sub>2</sub> u vodi nakon membranskog filtriranja.

*Dezinfekcija vode*

Za proizvodnju piva potrebna je konstantna kontrola mikrobiološkog sastava vode koja se koristi za pranje unutarnjih površina tehnološkog postrojenja. Mikrobiološka kontrola se kod proizvodnje piva ograničava na određivanje mikroorganizama koji se mogu razmnožavati u sladovini i pivu, i utvrđivanje količine vode koja u određenom periodu može izazvati zamućenje sladovine ili piva. Osim toga se provode i probne fermentacije s vodom koja se ispituje, čime se dokazuje eventualno postojanje uzročnika smetnje fermentacije. Prisutnost mikroorganizama koji mogu direktno kontaminirati pivo utvrđuje se nacjepljivanjem vode na pasterizirano pivo. Ukoliko se utvrdi da voda sadrži štetne mikroorganizme (divlji kvasci, bakterije mliječne kiseline i pediokoki) ona se ne može dalje koristiti dalje za proizvodnju piva. Vodu koja je u mikrobiološkom smislu neadekvatna za upotrebu, potrebno je obraditi, odnosno ukloniti mikroorganizme prisutne u njoj. Za poboljšanje mikrobiološke čistoće vode koriste se fizikalni i kemijski postupci. Od fizikalnih postupaka koristi se filtracija preko bioloških filtera s odgovarajućim filtarskim pločama. Biološki se filteri koriste samo za pročišćavanje malih količina vode što je slučaj s vodom koja se koristi za pranje kvasaca. Od kemijskih postupaka za dezinfekciju vode koriste se kloriranje, ozoniziranje, te dodatak iona srebra u vodu (Zyara i sur., 2016).

Za kloriranje vode koristi se plinoviti klor ili natrijev hipoklorit. Utrošak klora iznosi 0,2 - 0,3 g/L vode. Mehanizam djelovanja klora temelji se na tome što se uvođenjem klora u vodu stvara hipokloritna kiselina (HClO), od koje se zatim odcjepljuje atom kisika uz nastajanje klorovodične kiseline. Hipokloritna kiselina djeluje baktericidno zbog izdvojenog kisika.

Količina klora potrebna za dezinfekciju ovisi o pH, tvrdoći vode i sadržaju organskih tvari u vodi. Rezidualni klor 30 minuta po završetku kloriranja treba biti u granicama 0,1 - 0,15 mg/L klora.

Pri uobičajenim uvjetima kloriranja, klor djeluje baktericidno samo na vegetativne oblike mikroorganizama, a ne na njihove spore (Zyara i sur., 2016). Da bi se postiglo uništenje i sporuliranih oblika, potrebne su vrlo velike doze klora i duži kontakt klora s vodom koja se dezinficira. Klorirana voda se može uvesti u očišćene cjevovode za sladovinu i pivo i ostaviti u njima preko noći kako bi se i oni dezinficirali. Nedostatak kloriranja je taj što klor u reakciji s organskim tvarima daje klorfenole, a voda s fenolnim mirisom nije pogodna za proizvodnju piva. Preporuka je da se klorirana voda profiltrira kroz aktivni ugljen kako ne bi negativno utjecala na kvalitetu piva.

Danas je sve više zastupljeno dezinficiranje ozonom. Ozon djeluje samo na vegetativne nesporigene oblike bakterija, a njegovo djelovanje nije trenutno, nego je za postizanje dezinfekcijskog djelovanja potrebno određeno vrijeme kontakta vode i ozona. Ozon je dobro dezinfekcijsko sredstvo, a njegova prednost je u tome što osim dezinfekcije doprinosi uklanjanju stranih mirisa (Mehrojuei i sur., 2015). Nedostatak je relativno visoka cijena ovog postupka, jer se



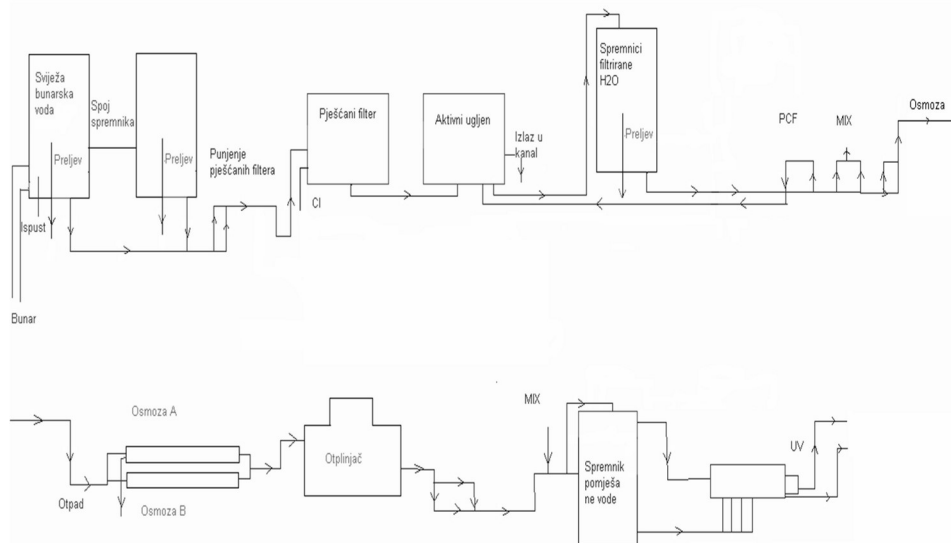
ozon dobiva u ozonizatorima pod utjecajem visokonaponske struje. Dodatni utrošak energije kod ozoniziranja je potreban za ubacivanje vode u emulgatore ili komore.

Dezinfekcijski efekt može se postići solima srebra jer srebro čak i u neznatnim koncentracijama uništava mikroorganizme.

U zadnje vrijeme se sve veća pažnja poklanja postupcima dezinfekcije vode pomoću ultraljubičastih zraka (Zyara i sur., 2016). U tu svrhu se rabe specijalne lampe, a dezinfekcijski učinak je intenzivniji nego kod kemijskih postupaka, pri čemu se uništavaju vegetativni i sporogeni oblici bakterija. Kod ovog postupka ne dolazi do promjene okusa vode (Kunze, 1998).

U pivovarama se dezinfekcija najčešće provodi u dva navrata. U prvom slučaju radi se o doziranju Na-hipoklorita pri aeraciji što inhibira djelovanje mikroorganizama u vodi koja se kasnije koristi u tehnologiji proizvodnje piva. Zaostali slobodan klor se uklanja adsorpcijom na aktivnom ugljenu. U drugom slučaju dezinfekcija vode se provodi upotrebom ultraljubičastih zraka na samom kraju obrade vode prije nego što se pusti u sustav na daljnje korištenje.

Cjelokupni shematski prikaz pripreme vode u industriji proizvodnje piva je prikazan na Slici 1.



**Slika 1.** Shematski prikaz pripreme tehnološke vode za proizvodnju piva

Cl – dodavanje klora za dezinfekciju vode; PCF– povratni tok vode za uklanjanje suviška slobodnog klora; MIX – tok filtrirane vode za miješanje s vodom obrađenom reverznom osmozom; OSMOZA A i B – uređaji za filtriranje vode reverznom osmozom; UV – uređaj za tretiranje vode ultraljubičastim zrakama

**Fig. 1.** Scheme of water preparation for beer production

Cl - addition of chlorine for water disinfection; PCF - backflow for removal of excess free chlorine; MIX – water-inlet for preparation of water mixture with reverse osmosis treated water; OSMOZA A and B - reverse osmosis filters; UV – UV treatment device

**Literatura**

- Abejón A., Garea A., Irabien A. (2015): Arsenic removal from drinking water by reverse osmosis: Minimization of costs and energy consumption. *Separ. Purif. Technol.* 144, 46-53.
- Focke, K., Brandt, D., Jentsch, M., Paich, C. C., Romeis, P., Schmittnagel, I., Sies, A. (2007): Brewing liquor and its relevance for beer production. *Brauwelt International* 25(1), 20-22.
- Janson, L. W. (1996): Brew Chem 101: The basics of homebrewing chemistry. *Storey Pub.*, 32-44.
- Kunze, W. (1994): Technologie Brauer und Mälzer, Berlin: Westkreuz-Druckerei Ahrens KG Berlin/Bonn, pp 87.
- Kunze, W. (1998.): Tehnologija sladarstva i pivarstva, Beograd: Jugoslovensko udruženje pivara, pp. 49.
- Mehrjoui M., Müller S., Möller D. (2015): A review on photocatalytic ozonation used for the treatment of water and wastewater. *Chem. Eng. J.* 263, 209-219.
- Mellor, J. W. (1941): Intermediate Inorganic Chemistry, London: Longmans, Green & Co, pp. 202.
- Mijatović I., Matošić M. (2007): Tehnologija vode interna skripta, Zagreb: Prehrambeno-biotehnološki fakultet sveučilišta u Zagrebu.
- Naushad M., Mittal A., Rathore M., Gupta V. (2015) Ion-exchange kinetic studies for Cd(II), Co(II), Cu(II), and Pb(II) metal ions over a composite cation exchanger. *Des. Water Treat.* 54(10) 2883-2890.
- Pravilnik o temeljnim zahtjevima za pivo i pivu slične proizvode, Narodne novine, br. 6/98, (NN 6/98)
- Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13).
- Pohl, P., Prusisz, B. (2010): Chemical fractionation of Cu, Fe and Mn in Canned Polish beers. *J. Food Compos. Anal.* 23(1), 86-94.
- Sancho, D., Blanco, C. A., Caballero, I., Pascual, A. (2011): Free Iron in Pale, Dark and Alcohol-free Commercial Lager Beers. *J. Sci. Food Agric.* 91, 1142 – 1147.
- Skipton, S. O., Dvorak, B. I. (2004): Drinking water treatment: Water softening (Ion Exchange). *Water Res. Manag.* 1491-1499.
- Štefančić, K., Marić, V. (1990): Pivarski priručnik, Zagreb.
- Zyara A. M., Torvinen E., Veijalainen A., Heinonen-Tanski H. (2016): The effect of chlorine and combined chlorine/UV treatment on coliphages in drinking water disinfection. *J. Water Health* 14 (4), 640-649.

## **WATER PREPARATION FOR INDUSTRIAL BREWING**

**Ante Lončarić, Tihomir Kovač, Marija Nujić, Mirna Habuda-Stanić**

*Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Croatia*

*professional paper*

### **Summary**

Water quality for beer production is very important, because beer contains 85-95% of water. Water for beer production due to physical, chemical and microbiological characteristics must comply with the Regulations on the basic requirements for beer and beer like products (NN 6/98) and the Regulations on the parameters of assessment and methods of analysis of water for human consumption (NN 125/13). Breweries often use water from their own wells. In natural water certain amount of dissolved matter are present. Depending on dissolved minerals, water can be divided into soft, medium hard and hard water, respectively. Water treatment for beer production is very important because the quality or type of beer depend on it. Water treatment for beer production with elevated concentrations of iron, manganese and arsenic in water, certainly would include removal of manganese and ferric bicarbonate by sand filter and aeration, removal of microorganisms with chlorine, removal of free chlorine and other impurities by adsorption on activated carbon and water treatment with membrane processes such as reverse osmosis. This technologies for water treatment are promising for production of high quality beer products.

*Cljučne riječi:* brewing, industrial water, water treatment