

ANALIZA I OPTIMIZACIJA ENERGETSKIH TOKOVA MALE SRPSKE VINARIJE

THE ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF ENERGY FLOWS OF SMALL SERBIAN WINE CELLARS

MILENA STOJKOVIĆ, FRANC KOSI, UROŠ MILOVANČEVIĆ,
MIŠA STOJICEVIĆ,

Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd

U radu je sprovedena analiza osnovnih toplotnih i termohemijskih operacija u proizvodnji vina i date su preporuke za proračun merodavnih parametara. Izvršena je analiza i optimizacija energetske tokova za tipičnu srpsku vinariju sa 5 hektara vinograda tokom jednogodišnjeg ciklusa proizvodnje. Takođe su utvrđene vrednosti potrebnih snaga razmenjivača toplote i kapaciteta rashladnih sistema za zadovoljavanje svih rashladnih potreba.

An analysis of basic heat and thermochemical operations in wine production and recommendations for the relevant parameters estimation are given in this paper. The analysis and optimization of energy flows for a typical Serbian winery with 5 hectares of vineyards during an annual production cycle is also presented. Values of the required power of the heat exchanger and capacity of refrigeration systems to meet all cooling needs are determined.

Ključne reči: proizvodnja vina; rashladne potrebe; fermentacija i stabilizacija vina; rashladni sistemi

Key words: wine production; cooling needs; fermentation and stabilization of wine; cooling systems

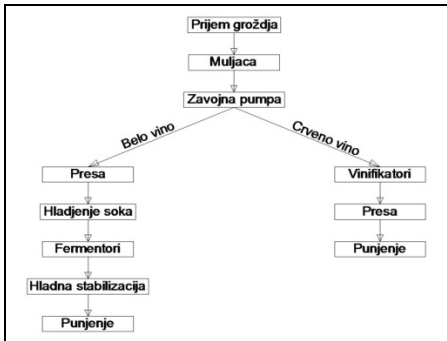
1. Uvod

Predmetna analiza treba da obezbedi tehnološko-tehničke podloge za izradu tehničkog rešenja sistema hlađenja i grejanja u procesu proizvodnje belog i crvenog vina na tipičnom malom domaćinstvu (vinarskom podrumu) u Srbiji. Procena je da je zadovoljavajući komercijalni efekat u proizvodnji vina moguće ostvariti na domaćinstvu koje ima oko 5 hektara pod zasadom vinove loze sa godišnjim prinosom od oko 40 tona grožđa. Prosečno, polovinu prinosa čini belo, a polovinu crveno (crno) grožđe od kojih se može dobiti oko 20–25 hiljada litara vina.

1.1. Proces proizvodnje vina

Pretpostavljeno je da se tokom sezone prerade do prostorija za proizvodnju vina dopremi oko 5 tona grožđa dnevno. Nakon prijema, grožđe se doprema do muljače u kojoj počinje prerada grožđa gnječenjem bobice kako bi se iz nje oslobodio sok, uz istovremeno odvajanje peteljki. Nakon ovoga kljuk se muljnom (zavojnom) pumpom odvodi ka presi ili ka vinifikatorima, u zavisnosti da li je u pitanju proizvodnja belog ili crvenog (crnog) vina.

Pri proizvodnji belog vina, nakon procesa muljanja dobijeni kljuk se zavojnom (muljnom) pumpom transportuje do prese, a sok (tipično oko 3 tone od 5 tona grožđa) se vodi ka „hladnom stabilizatoru“ na rashlađivanje (slika 1). U hladnom stabilizatoru (hlađenje soka, na slici 1) se temperatura soka sa početne vrednosti od oko 30 °C tokom noći snižava na 16 °C (pri čemu temperaturu ne bi trebalo snižavati ispod 14 °C). Uporedo sa rashlađivanjem odvija se i proces taloženja. Preporučuje se i prethodno rashlađivanje dobijenog kljuka posle muljanja, a pre prese, kako bi se smanjila



Slika 1. Šematski prikaz proizvodnje belog i crvenog vina

Kod ovih vina hlađenje kljuka je vrlo poželjno kada je grožđe u vinariju dopremljeno sa ekstremno visokim temperaturama, ili kada se nedopustivo zagreva pri presovanju ili ekstrakciji crvene boje [1].

Alkoholno vrenje kod crvenih vina protiče najbrže na temperaturi od 20 °C do 26 °C. Na temperaturi od 35 °C aktivnost gljivica je jako smanjena, a na 40 °C prestaje. Zato je za željeni visok kvalitet vina veoma važno regulisati temperaturu kljuka. Fermentacija sa maceracijom kod crvenih vina traje prosečno oko 2–3, a najviše 4 nedelje. U tom periodu potrebno je obezbediti odgovarajuće hlađenje vinifikatora u cilju održavanja temperature vina, jer se tokom egzotermnog procesa fermentacije oslobađa određena toplota koja bi izazvala nedozvoljeno povišenje temperature.

Povišenje temperature kljuka pospešuje brzinu fermentacije (što nije poželjno), kao i ekstrakciju boje i fenolnih jedinjenja. Iznad određenog nivoa (npr. 32–35 °C), visoke temperature inhibiraju fermentaciju i mogu izazvati kolaps procesa, potpomažući razvoj nepoželjnih mikroorganizama i doprinoseći formiranju jedinjenja neprijatnog mirisa. Iako eksplicitnih podataka nema (oni se smatraju poslovnom tajnom proizvođača ekskluzivnih vina, koji vrlo nerado saopštavaju takve podatke),

kao preporučena temperatura kljuka u vinifikatoru (fermentacija kljuka crvenog grožđa) generalno se usvaja u rasponu od 24–32 °C [1, 5]. Temperatura od 18 °C, koja je usvojena kao projektna i korišćena u proračunima (neki karakteristični rezultati se navode u odeljku 3), predstavlja ekstremnu vrednost koja može biti relevantna u posebnim slučajevima proizvodnje specifičnih vrsta vina.

1.2. Komora za rashlađivanje grožđa

Ukoliko se u toku dana dopremi više grožđa od količine koja je ograničena predaivačkim kapacitetima podruma i koja može da se obradi u muljači, korisno je imati komoru za rashlađivanje i skladištenje grožđa za period od nekoliko dana. Razumno usvojeni skladišni kapacitet komore za 5 hektara pod zasadam vinove tipično iznosi 5 tona (dimenzije komore 3 × 4 × 4 m, sa zidovima od poliuretanskih sendvič panela debljine 10 cm i temperatura vazduha u komori od 8 °C). Ako je temperatura grožđa pri unosu u komoru 30 °C, a pri iznosu iz nje 8 °C, potreban rashladni učinak rashladne instalacije iznosi oko 18 kW (sa hladnjacima vazduha od nerđajućih čelika otpornih na hemijske uticaje zbog eventualnog sumporisanja grožđa).

Poželjno je da sistem hlađenja u komori bude indirektan, sa npr. etil-alkoholom kao sekundarnim fluidom na temperaturskom režimu –6/–10 °C). Međutim, s obzirom na potrebnu nižu temperaturu isparavanja primarnog rashladnog fluida (ne iznad –15 °C) i skuplju instalaciju, kao i vrlo ograničeni period korišćenja komore tokom kampanje prerade, veoma je korisno da se komori može naći namena tokom preostalog dela godine.

1.4. Skladištenje vina

Temperatura vazduha u skladištu crvenih vina trebalo bi da bude između 12 °C i 15 °C, dok bi za bela vina temperaturu vazduha trebalo održavati između 9 °C i 12 °C (neprekidno i bez oscilacija). Nikako se ne sme dozvoliti da temperatura u prostoriji pređe vrednost od 24 °C.

Optimalna relativna vlažnost vazduha u prostoriji u kojoj se vino čuva u drvenim sudovima trebalo bi da bude 86–98%. Prostorije u kojima se čuva vino u bocama trebalo bi da budu suve.

Osvetljenje u ovim prostorijama treba da bude ograničeno, a u prostorijama u kojima se čuva vino u staklenim bocama osvetljenje treba da bude veštačko. Ukoliko je vino izloženo UV zracima, može poprimiti neprijatan miris.

2. Analiza osnovnih termičkih procesa u proizvodnji vina

Proces proizvodnje vina uključuje nekoliko vrlo osetljivih biohemijskih i toplotnih operacija koje presudno utiču na kvalitet proizvoda. S druge strane, neizbežni i sveprisutni zahtevi za smanjivanjem potrošnje energije i punim poštovanjem ekoloških kriterijuma dodatna su motivacija za unapređenje termohemijskih i strujnih procesa, posebno u pogledu efikasnog vođenja i kontrole ključnih procesnih parametara.

Ključni mehanizmi koji određuju tok i kvalitet merodavnih fenomena, a koje je neophodno kvantifikovati da bi se obezbedile podloge za proračun i dimenzionisanje opreme, kao i vođenje i dalju pogonsku optimizacija procesa, su [2]:

- egzotermna reakcija fermentacije pri kojoj iz šećera nastaje etanol,
- konvektivna razmena toplote sa strane materijala koji fermentiše (sa unutrašnje strane zidova fermentora, ili sa spoljašnje strane cevi kroz koje prolazi rashladni fluid).

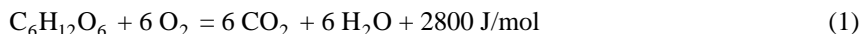
2.1. Alkoholna fermentacija

Iako su svi procesi u proizvodnji vina od bitnog uticaja na kvalitet proizvoda, nesumnjivo da najvažniju ulogu ima proces alkoholne fermentacije.

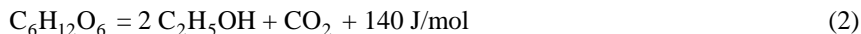
Alkoholna fermentacija ili, kako se češće naziva, alkoholno vrenje, je biohemijski proces u toku kojeg se šećer (pretežno glukoza i fruktoza) posredstvom kvasaca iz pokožice grožđa i uz sudelovanje čitavog niza enzima pretvara u alkohol, pri čemu se, uz veliku količinu ugljen-dioksida, oslobađa relativno značajna količina toplote. Ugljen-dioksid je teži od vazduha, i ako dospe u prostoriju zadržava se u nižim slojevima, pa bi podrume u vreme fermentacije trebalo provetravati.

Vrlo uprošćeno posmatrano, alkoholno vrenje protiče u dve etape, koje se uslovno mogu nazvati burna i tiha fermentacija. Burna fermentacija traje 6–7 dana i karakteriše se brzim razlaganjem šećera u prisustvu kiseonika iz vazduha i povišenjem temperature. Vino se formira za vreme tihe fermentacije, koja traje 2–3 nedelje bez prisustva kiseonika. Iako su procesi fermentacije izuzetno složeni, vrlo pojednostavljeno se mogu opisati posredstvom sledeće dve jednačine:

1. „Disanje“ (u prisustvu vazduha, aerobna – burna fermentacija):



2. „Fermentacija“ (striktno bez prisustva vazduha, anaerobna – tiha fermentacija):



U praksi se obe ove reakcije naizmenično smenjuju u zavisnosti od prisustva kiseonika, koncentracije kvasaca i njihove vitalnosti i uslova pod kojima se odvija fermentacija. Može se primetiti da se neuporedivo veća količina energije oslobađa u periodu razmnožavanja kvasaca pod aerobnim uslovima, nego kada se fermentacija odvija bez prisustva vazduha. Tehnološki gledano, značajne su i jedna i druga faza. Prva je značajna za razmnožavanje kvasaca, a druga za odvijanje fermentacije. Prva faza nastupa uglavnom pre i u početku alkoholne fermentacije, a druga faza nastupa i nastavlja se posle, tj. kad su se kvasci razmnožili i kad su kljuk i vinska posuda prezasićeni ugljen-dioksidom, usled čega su praktično stvoreni anaerobni uslovi za kvasce. U takvim uslovima kvasci, da bi osigurali sebi potrebnu energiju za metaboličke funkcije, moraju razgraditi mnogo veće količine šećera.

Da bi proces alkoholne fermentacije belih vina otpočeo, potrebno je da temperatura bude između 15–18 °C. Pri nižim temperaturama biće potrebno više vremena da otpočne alkoholna fermentacija, ali će nastati više procenata alkohola u vinu i obrnuto (postoje i kvasci koji vrše alkoholnu fermentaciju i ispod 10 °C, ali i iznad 20 °C). S obzirom da se u toku ovog procesa oslobađaju relativno velike količine toplote, fermentore je neophodno hladiti kako bi se održavala približno konstantna temperatura materijala u njima (12–18 °C, pri čemu apsolutno treba izbegavati da

temperatura bude ispod 10 °C i iznad 20 °C). Fermentacija belih vina traje u proseku oko 1–2 nedelje.

Određivanje količine toplote koja se egzotermnim procesom fermentacije generiše u fermentoru predstavlja ključni problem u analizi procesa. Treba naglasiti da su, neretko, ovi podaci nedovoljno jasno definisani, pa čak i kontradiktorni, što se može tumačiti različitim procesnim parametrima pri kojima su podaci utvrđeni. Takođe, uočljivo je da se često podaci dobijeni iz različitih izvora rasipaju u vrlo velikim rasponima. Na osnovu raspoloživih literaturnih, kao i podataka dobijenih u neposrednom kontaktu sa proizvođačima vina, ovde je sproveden proračun egzoternog toplotnog opterećenja fermentora, na osnovu kojeg mogu da se sa prihvatljivom tačnošću procene merodavne vrednosti za praktičnu primenu.

U analizama čiji su rezultati priloženi u ovom saopštenju, kao polazna osnova usvojeno je da burna fermentacija traje 6 dana, a rashladni učinak razmenjivača toplote je računat za 20 h efektivnog rada. Pri tome, toplota fermentacije biće izražena kao toplotni efekat sveden na jedan litar fermentišućeg kljuka (W/l), što je vrlo pogodno za proračun potrošnje energije i dimenzionisanje toplotnih aparata.

I način: Ako se, na osnovu stehiometrijskih jednačina (1) i (2), zanemari toplotni efekat tihe fermentacije (bez prisustva vazduha), može se zaključiti da će za zapreminu od 3000 litara soka (usvojena radna zapremina fermentora), biti potreban razmenjivač toplote rashladnog učinka od 0,03 kW. Pri tome, uvojeno je da je koncentracija šećera u zreloom grožđu jednaka 250 g/l (u literaturi [3] u granicama između 150 i 250 g/l).

II način: Prema izvoru [1] može se usvojiti da vrednost toplote oslobođene tokom procesa fermentacije iznosi 650 kJ/kg šećera koji fermentiše, na osnovu čega se dolazi do vrednosti za rashladni učinak od 1,13 kW.

III način: Prema [2] ukupna energija koja se oslobodi egzotermnom reakcijom fermentacije, iznosi oko 100 kJ/mol šećera. Ako se pretpostavi da je koncentracija šećera u soku 1 mol/l (tj. 180 g glukoze ili fruktoze po litru tečnosti), energija fermentacije bi iznosila oko 100 kJ/l. To bi značilo da je potreban rashladni učinak razmenjivača u fermentoru od oko 0,70 kW.

IV način: U [2] se navodi da se toplota fermentacije koja se oslobodi u toku jednog dana, može prihvatljivo proceniti na 80 kJ/l, na osnovu čega se dobija potreban rashladni učinak za fermentor zapremine 3000 litara, iznosi 3,35 kW.

Izračunate vrednosti date su u tabeli 1, a usvojena vrednost toplotnog protoka usled fermentacije za proračun iznosi 1,1 W/l.

Mora se voditi računa i o uniformnosti temperaturskog polja u fermentoru. Prekomerno rashlađivanje kljuka na dnu fermentora može imati nepovoljan uticaj na brzinu fermentativnih reakcija i može ugroziti kvalitet krajnjeg proizvoda [2].

Tabela 1. Prikaz rezultata proračuna toplote fermentacije

Proračun	φ [k/W]	ϕ [W/l]
I	0,03	0,01
II	1,13	0,35
III	0,70	0,25
IV	3,35	1,1

Nakon završenog procesa fermentacije na niskim temperaturama u belom vinu će se pojaviti kalijum-bitartarat (vinski kamen), prirodni sastojak vina, u obliku taloga u boci. Da bi se izbegla ova situacija, belo vino se pre punjenja hladi. Ovaj proces, nazvan hladna stabilizacija, izaziva taloženje kalijum-bitartarata i omogućava njegovo filtriranje iz vina [4]. Vino se u hladnom stabilizatoru ostavlja obično oko nedelju dana na poželjnoj temperaturi od -5°C .

U prostorijama u kojima su smeštene tehnološke posude (fermentori i hladni stabilizatori) trebalo bi održavati temperaturu od 18°C u letnjem periodu, a od 10°C tokom zime, pa bi trebalo predvideti i uređaje za hlađenje/grejanje tih prostorija. U starijim objektima, podrumi su izgrađeni kao ukopane konstrukcije, kod kojih se temperatura vazduha spontano održava tokom čitave godine na nivou od $8-12^{\circ}\text{C}$.

Za proračun merodavnih procesa u vinifikatorima mogu se usvojiti identični polazni podaci koji važe za fermentore. U razmatranom slučaju, potrebno je voditi računa da od 5 tona, koliki je projektni kapacitet vinifikatora, oko 3,5 tone čini sok koji fermentiše.

2.2. Razmena toplote

Za proračun toplotnih operacija i određivanje performansi toplotnih aparata u okviru procesa u proizvodnji vina, neophodno je poznavati merodavne termofizičke parametre obrađivanih materijala, kao i relevantne fenomene vezane za konvektivnu razmenu toplote u aparatima specifičnih geometrijskih karakteristika, prihvatljivih sa gledišta energetskih pretvaranja sa jedne i punog poštovanja tehnoloških zahteva sa druge strane.

Razmenu toplote u tehnološkim aparatima za proizvodnju vina, karakterišu nestacionarnost, prisustvo čvrstih čestica tokom početnih operacija prerade grožđa, nedovoljno poznati termofizički parametri relevantnih materijala (posebno pitanja vezana za relevantne reološke karakteristike). Drugi ključni problem je vrlo izražena osetljivost organskih materijala na toplotne i mehaničke uticaje, što znatno otežava sprovođenje potrebnih proračuna. Konačno, možda najveći problem predstavlja karakterizacija relevantnih materijala; na prvom mestu, kako se definišu „standardni“ termofizički parametri, i kako efektivno uzeti u obzir promenljivost tih parametara tokom odvijanja procesa koji su često vrlo dugotrajni (npr. fermentacija traje nekoliko dana ili čak nedelja). To isto važi i za merodavne kriterijume sličnosti koji se moraju definisati na specifičan način.

Razume se da analiza fenomena prenosa na bazi ovakvog pristupa teško može biti opravdana kada su u pitanju relativno mali procesni sistemi. Ovde će verovatno biti „dovoljno tačno“ upotrebiti standardne procedure proračuna sa parametrima materijala koji se mogu naći u literaturi i „poboljšavajući“ sigurnost proračuna usvajanjem „razumno“ uvećanih dimenzija aparata. U tim okolnostima, oslanjanje na raspoložive tehničke podatke može biti od presudnog značaja.

3. Rezultati i preporuke

Za proračun toplotnih opterećenja merodavnih za proračun i izbor termotehničke instalacije ključni faktor predstavlja „stepen jednovremenosti“ odnosno, početak i dužina trajanja pojedinih tehnoloških operacija u proizvodnji vina. Za vinske podrumne industrijskih razmena relativno je lako planirati dinamiku toplotnih optereće-

nja, pošto su veliki sistemi manje podložni uticaju nepredviđenih vremenskih pome-
ranja pojedinih tehnoloških operacija tokom proizvodne sezone. Dinamika proizvo-
dnje vina na malom posedu striktno je diktirana aktuelnim rokovima sazrevanja
grožđa i ne može se precizno unapred planirati.

U našim krajevima berba belog grožđa počinje krajem avgusta i traje sve do
kraja oktobra, a crnog grožđa od kraja septembra do kraja oktobra (sve naravno u
zavisnosti od sorte grožđa). Nakon berbe i procesa muljanja dobijeni sok belog
grožđa se transportuje ka fermentorima, dok se crno grožđe nakon muljače transpor-
tuje ka vinifikatorima. Gotovo istog dana po punjenju ovih sudova počinje proces
alkoholnog vrenja, odnosno fermentacije, koji za belo vino traje u proseku oko 1–2
nedelje, a za crveno prosečno oko 2–3, a najviše 4 nedelje.

Nakon završenog procesa fermentacije vino se ostavlja u posudama do punje-
nja, ili se pretače u drvenu burad, tzv. „barike“ (samo za crveno vino) i čuva u pro-
storijama sa kontrolisanim parametrima (uglavnom temperatura) sredine. Kod proiz-
vodnje belog vina bitan je i proces hladne stabilizacije, koji traje u proseku oko
nedelju dana i preduzima se obično početkom naredne kalendarske godine pre nego
što se vino flašira, pakuje i iznosi na tržište.

3.1. Potrebni rashladni učinci

U analizi tokova toplotnih opterećenja male vinarije usvojeno je da vinski pod-
rum za preradu oko 40 tona grožđa po sezoni (prosečno, polovina roda belo) treba da
bude opremljen sa četiri fermentora i tri vinifikatora, ukupnih zapremina po 3000 L
odnosno 5000 L. Uz to, za proizvodnju belog vina potrebno je obezbediti još jednu
posudu (hladni stabilizator), za rashlađivanje i stabilizaciju vina pre punjenja.

Za proračun i dimenzionisanje rashladne opreme merodavan režim rada je kada
se berba belog i crnog grožđa vrši u istom vremenskom periodu (što je često realna
situacija). Racionalno je da se prvog dana nakon berbe sok belog grožđa posle prese
hladi u hladnom stabilizatoru; na osnovu proračuna čiji se detalji ovde ne navode,
potrebno je obezbediti rashladni učinak od 3,5 kW pri rashlađivanju soka od 30 °C
do 12 °C. Narednog dana, sok se iz hladnog stabilizatora pretače u fermentor i u
njemu otpočinje proces fermentacije za koji je potrebno 4,5 kW (na temperaturi 12–
18 °C). Nakon pretakanja soka, hladni stabilizator se puni sokom koji je dobijen pre-
sovanjem belog grožđa drugog dana, i tako dalje na isti način. Petog dana, sva četiri
fermentora su puna (ili 3 fermentora i hladni stabilizator, koji se može koristiti i za
fermentaciju), što će zahtevati najveći rashladni učinak za proizvodnju belog vina.
Za fermentaciju crvenog vina, za svaki od tri vinifikatora treba obezbediti po 5,5 kW
rashladnog učinka na temperaturi od 24–32 °C (ovo su minimalne potrebne tempera-
ture, zavisno od sorte grožđa i usvojene tehnologije). Pri istovremenoj proizvodnji
belog i crvenog vina, potrebni rashladni učinak instalacije iznosi:

$$F_{o,uk} = 4 \times 4,5 + 3 \times 5,5 \approx 35 \text{ kW} \quad (3)$$

Hladna stabilizacija belih vina pre punjenja vrši se rashlađivanjem vina do oko
–5 °C i zadržavanjem na toj temperaturi oko nedelju dana. Prihvatljivi vremenski
period za rashlađivanje vina sa temperature od 18 °C do temperature stabilizacije je
oko 20 h, pa je prosečni potrebni rashladni učinak oko 4,1 kW. Zbog toga što se isti

sud može koristiti i za fermentaciju, potrebno je da razmenjivač toplote u periodu fermentacije ima snagu od 4,5 kW. Pošto su temperaturske razlike u slučaju hladne stabilizacije manje nego pri fermentaciji, dimenzionisanje razmenjivača treba da se sprovede za period kada posuda radi kao hladni stabilizator.

3.2. Tehnički sistemi

Prema usvojenoj strategiji, termotehnički sistem za kontrolisano održavanje potrebnih procesnih parametara uključuje centralnu rashladnu jedinicu (kompresore, vazduhom hlađene kondenzatore i isparivač za pripremu sekundarnog rashladnog fluida, kao i svu potrebnu mernu, kontrolnu i sigurnosnu armaturu). Pitanje primarnog rashladnog fluida je generalno, još uvek, otvoreno pošto ni jedan od raspoloživih sintetičkih rashladnih fluida (freona) ne zadovoljava u potpunosti sve potrebne zahteve. Treba razmotriti varijante sa nekoliko rashladnih fluida iz grupe zeotropskih smesa, kao i sa R134a (freon etanovog reda bez atoma hlora). Kao sekundarni fluid u razmenjivačima toplote procesnih aparata usvaja se vodeni rastvor etilalkohola potrebne koncentracije. Pored ekoloških, primena indirektnog hlađenja obezbeđuje jasnu pogonsku prednost, a to je bolja (P ili I) regulacija, slično kao kod vodenih sistema klimatizacije.

Imajući u vidu potrebne temperaturske režime hlađenja, kao i potrebu da troškovi nabavke i eksploatacije rashladne instalacije budu što niži, osnovni problem je izbor temperature isparavanja u primarnom rashladnom krugu. Za proces fermentacije, temperatura primarnog rashladnog fluida je oko $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, pri temperaturi sekundarnog rashladnog fluida (alkohola) od $2/7\text{ }^{\circ}\text{C}$. U periodu hladne stabilizacije, temperatura sekundarnog fluida treba da bude $-6/-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, što zahteva da temperatura primarnog rashladnog fluida bude oko $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. S druge strane, toplotno opterećenje u periodu kada se vrši fermentacija je nekoliko puta veća. Ne ulazeći u detalje, načelno se može reći da primena spiralnih (scroll) kompresora sa inverterskim pogonom, može da bude prihvatljivo rešenje.

Ukupna energetska efikasnost može se unaprediti ako se rashladna mašina upotrebi i kao toplotna pumpa, ali treba imati u vidu da zadovoljavajući efekat može da se postigne samo ako se rashladna instalacija optimalno uklopi u sveukupne energetske tokove čitavog objekta, odnosno samo ako bude posebno prilagođena konkretnim uslovima (što najčešće nije jednostavno).

4. Zaključak

Proizvodnja vina obuhvata niz operacija od kojih su neke izuzetno osetljive, pa striktno poštovanje zahtevanih tehnoloških parametara nema alternativu (posebno kada je reč o visokokvalitetnim vinima čiji se udeo u ukupnoj proizvodnji neprekidno povećava). S druge strane, neizbežni i sveprisutni zahtevi za smanjivanjem potrošnje energije i punim poštovanjem ekoloških kriterijuma dodatna su motivacija za unapređenje toplotnih i strujnih procesa, posebno u pogledu efikasnog vođenja i kontrole svih procesnih parametara. Kad da se imaju u vidu i dodatne teškoće vezane za ekonomičnost poslovanja male vinarije (cena male instalacije svedena na jedinicu proizvoda ne može biti niska), onda će izazovi koji stoje pred inženjerima termotehnike zahtevati dodatne napore i jedan viši nivo kreativnosti.

Zahvalnost

Rad predstavlja deo istraživanja na projektu pod nazivom „Srpska mini vinarija“, evidencioni broj 451-03-00605/2012-16/208, koji je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

Literatura

- [1] *** ASHRAE Handbook – Refrigeration (SI), Chapter 26, Beverages, 2006, pp. 26.1–26.12.
- [2] <http://www.awri.com.au/wp-content/uploads/WineryB-CaseStudyReport1.pdf>
- [3] <http://www.extension.iastate.edu/wine/sites/www.extension.iastate.edu/files/wine/WhiteWineProduction.pdf>
- [4] <http://www.generalairproducts.com/WineChillers.pdf>
- [5] <http://www.extension.iastate.edu/wine/red-wine-production>

kgh

