

# Alkoholna fermentacija vina

---

**Krušelj, Marijeta**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2014**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:473767>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-06**

REPOZITORIJ

**PTF**

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

**dabar**  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Marijeta Krušelj

Alkoholna fermentacija

završni rad

Osijek, 2014.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA**

**Završni rad**

**ALKOHOLNA FERMENTACIJA VINA**

**ALKOHOLNA FERMENTACIJA**

Nastavni predmet:

Tehnologija prerade sirovina biljnog podrijetla 2

Osnove tehnologije vina

Predmetni nastavnik: izv.prof.dr.sc. Andrija Pozderović

doc.dr.sc. Anita Pichler

---

Student/ica: Marijeta Krušelj (MB: 3473/11)

Mentor: dr. sc. Anita Pichler, docent

Predano (datum):

Pregledano (datum):

---

**Ocjena:**

**Potpis mentora:**

---

# ALKOHOLNA FERMENTACIJA

## Sažetak

Alkoholna fermentacija je niz kemijskih reakcija kojima se uz pomoć kvasaca provodi transformacija šećera u primarne produkte etilni alkohol i ugljični dioksid, te druge produkte važne za kvalitetu, stabilnost i čuvanje vina. Na tijek alkoholne fermentacije ne utječu samo kvasci koji se ili prirodno nalaze na grožđu ili oni koji su dobiveni izolacijom sa bobice kako bi bolje provodili fermentaciju i doveli do nastanka željenih svojstava, već utječe i niz drugih čimbenika. U različitim se uvjetima fermentacija odvija drugačije. Tako kod temperatura koje su previsoke ili preniske može doći do usporavanja fermentacije, ali može doći čak i do prestanka. Za pravilno provođenje fermentacije do kraja važni su i različiti nutrijenti, dovoljna aeracija, kao i inhibicija nepoželjnih mikroorganizama sumpornim dioksidom. Druga važna stavka je pročišćavanje mošta i odvija se različitim načinima i uređajima. Prije početka fermentacije potrebno je izvršiti popravak mošta u pogledu količine šećera i kiselina. Kada fermentacija jednom započne, u početku se odvija brže razmnožavanje kvasca, trošenje šećera, nastanak ugljičnog dioksida, pjenjenje, a nakon te burne faze slijedi smirivanje cijelog procesa zbog smanjenja aktivnosti kvasaca i dolazi do formiranja karakteristika budućeg vina. Provoditi se može na različiti načine, ili u uvjetima koji su kontrolirani i uvjetuju bolje karakteristike vina ili pak mikroorganizmi mogu biti prirodno potaknuti na djelovanje.

**Ključne riječi:** alkoholna fermentacija, kvasci, čišćenje, metode fermentacije

# ALCOHOLIC FERMENTATION

## Summary

Alcoholic fermentation is a series of chemical reactions carried out with the help of yeasts to transform sugars into the primary products, ethanol and carbon dioxide and other by-products which are important for the quality, stability and storage of wine. The process of alcoholic fermentation is influenced not only by yeasts found in grapes or those obtained by isolation from berries, but also the number of other factors in order to improve the fermentation and result with desired properties. Various conditions would influence the course of fermentation. Thus, fermentation temperatures that are too high or too low can lead to a slowdown in fermentation, or even completely terminate it. Different nutrients, sufficient aeration, as well as inhibition of undesirable microorganisms by sulphur dioxide are also important for the successful fermentation. Another important consideration is the treatment of must which can be conducted a variety of ways and devices. Before the start of fermentation it is necessary to make corrections in must in terms of the amount of sugar and acid. Once fermentation begins the propagation of yeasts, breakdown of sugar, formation of carbon dioxide and foaming is initially faster but after that intensive phase due to reduced activity of yeasts the process will calm down and lead to the formation of the future characteristics of the wine. Process can be conducted in several different ways, in controlled conditions which will dictate better wine characteristics or microorganisms can naturally boost the reaction.

**Key words:** alcoholic fermentation, yeasts, cleaning, the methods of fermentation

## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. GLAVNI DIO .....	2
2.1 Kemizam i oblici alkoholne fermentacije .....	2
2.2 Čimbenici koji utječu na alkoholnu fermentaciju .....	4
2.2.1 Mošt i kemijski sastav mošta .....	4
2.2.2 Kvasci u alkoholnoj fermentaciji .....	4
2.2.2.1 Autohtoni vinski kvasci .....	5
2.2.2.2 Selekcionirani vinski kvasci .....	5
2.2.3 Temperatura .....	7
2.2.4 Sumporni dioksid, SO <sub>2</sub> .....	8
2.2.5 Dušične tvari .....	8
2.2.6 Kisik .....	9
2.3 Čišćenje mošta .....	10
2.3.1 Centrifugiranje .....	10
2.3.2 Vakuum filtracija .....	11
2.3.3 Filtar preše .....	11
2.4 Praktično provođenje alkoholne fermentacije .....	12
2.4.1 Popravak mošta i masulja .....	12
2.4.2 Početak fermentacije .....	13
2.4.3 "Tiha fermentacija" .....	13
2.4.4 Naknadna fermentacija .....	14
2.4.5 Metode fermentacije .....	15
2.4.5.1 Spontana fermentacija .....	15
2.4.5.2 Kontrolirana fermentacija .....	15
2.4.5.2.1 Kontrolirana fermentacija hlađenjem .....	16
2.4.5.2.2 Fermentacija "iznad četiri" .....	16
2.4.5.2.3 Kontinuirana fermentacija bijelih vina .....	16
2.4.5.2.4 Kontrolirana fermentacija po GEISSU .....	17
2.5 Produkti alkoholne fermentacije .....	18
3. ZAKLJUČAK .....	19
4. LITERATURA .....	20

## 1. UVOD

Alkoholna fermentacija je biokemijski proces transformacije monosaharida (glukoze, fruktoze, manoze) u alkohol i ugljični dioksid pod sredstvom kvasaca, te uz sudjelovanje cijelog niza enzima. Jedna je od osnovnih faza u procesu proizvodnje vina. Alkoholna fermentacija je faza koja nastupa nakon muljanja grožđa, odnosno cijedenja mošta, kada se kvasci koji su na pokožici mirovali, dospjevši u tekućinu u kojoj je otopljen šećer počinju intenzivno razmnožavati i vrše svoju funkciju pretvorbe šećera u alkohol i ugljični dioksid. Pod aerobnim uvjetima pretvorba šećera ide svedo kraja, tj. stvara se  $\text{CO}_2$  i voda te se oslobađa velika količina energije, i to je energetski vrlo povoljan proces kojim kvasac osigurava veliku količinu energije za svoj rast i razmnožavanje. S druge strane provodi se i razgradnja šećera u anaerobnim uvjetima (bez prisustva kisika) koja se događa u živoj stanici kvasca. U anaerobnim uvjetima transformacija šećer ne ide do kraja, već do formiranja alkohola i  $\text{CO}_2$  i oslobađa se manja količina energije i zbog toga kvasac mora fermentirati veliku količinu šećera. U ovom radu opisati ću kemizam alkoholne fermentacije, utjecaje raznih čimbenika na tijek alkoholne fermentacije, pročišćavanje, praktično provođenje te produkte alkoholne fermentacije.

## 2. GLAVNI DIO

### 2.1 Kemizam i oblici alkoholne fermentacije

Biokemijski proces alkoholne fermentacije je vrlo složen i možemo ga podijeliti u dvije faze: prvo se odvija glikoliza, tj. razgradnja glukoze do pirogroždane kiseline (piruvata), a nakon toga alkoholna fermentacija.

Glikoliza je skup reakcija koje kataliziraju mnogobrojni enzimi (**Slika 1**). Važan korak u glikolizi je nastajanje gliceraldehid-3-fosfata jer se troši energija u obliku 2 molekule ATP-a. Nakon nastanka gliceraldehid-3-fosfata slijedi niz reakcija koje dovode do nastanka pirogroždane kiseline te energije u obliku 4 molekule ATP-a. Nakon toga u aerobnim uvjetima dolazi do dekarboksilacije piruvata i stvaranja acetila koji se vezan na koenzim A dalje razgrađuje u ciklusu limunske kiseline i oksidativne fosforilacije.



**Slika 1** Glikoliza (web 2)

Kada se glikolizom stvori dovoljno pirogroždane kiseline tek tada slijedi "prava" alkoholna fermentacija.

Alkoholna fermentacija započinje dekarboksilacijom pirogroždane kiseline u acetaldehid, a zatim slijedi redukcija nastalog acetaldehida i nastaje alkohol etanol uz oksidaciju  $\text{NADH}_2$  u  $\text{NAD}^+$ .

Reakcija alkoholne fermentacije kvascu služi za oksidaciju  $\text{NADH}_2$  u  $\text{NAD}^+$ , tj. za obnavljanje



posljednje navedenog sastojka kako bi se mogla odvijati glikoliza. Etanol je krajnji nusproizvod vrenja i kao takav ne sudjeluje u daljnjem metabolizmu.

*Drugi oblik alkoholne fermentacije* događa se kada nema dovoljno acetaldehida za obnavljanje  $\text{NAD}^+$ , to može biti posljedica raznih faktora, npr. ukoliko se  $\text{SO}_2$  veže s dijelom acetaldehida i na taj način sereducira, ako se  $\text{SO}_2$  nalazi u velikoj količini tada je proizvodnja etanola potpuno blokirana i proizvodi fermentacije su glicerol, acetaldehid i  $\text{CO}_2$ .

*Treći oblik fermentacije* je formiranje etanola, octene kiseline, glicerola i  $\text{CO}_2$ . Događa se uz prisustvo jedne dihidrogenaze koja preusmjerava normalnu transformaciju acetaldehida te dolazi do stvaranja etanola i octene kiseline.

*Četvrti oblik fermentacije* je stvaranje glicerola i pirogroždane kiseline u uvjetima kada u sredini nema dovoljno dušika ili kada je blokirana piruvat dekarboksilaza, i do te reakcije dolazi obično na početku fermentacije kada nema dovoljno pirogroždane kiseline (Harden, 1914.; web 4).

## 2.2 Čimbenici koji utječu na alkoholnu fermentaciju

### 2.2.1 Mošt i kemijski sastav mošta

Mošt je groždani sok koji se dobije tiještenjem svježeg masulja. Sadrži od 70 do 80 posto vode, a postotak vode varira od sorte do sorte. Ranije sorte grožda sadrže više vode, dok kasnije sorte manje. Osnovni sastojci koji utječu na kvalitetu mošta i vina su šećeri i to groždani šećer, odnosno glukoza i voćni šećer, fruktoza, a sadržaj šećera ovisi o stupnju zrelosti i o ekološkim čimbenicima. Tijekom faze sazrijevanja povećava se sadržaj šećera, a sadržaj kiselina se smanjuje. Na početku sazrijevanja nešto je veća količina groždanog šećera, no ta se količina pod kraj sazrijevanja smanjuje i povećava se količina voćnog šećera, a kod potpuno zrelog grožđa, količina oba šećera je podjednaka. Organske kiseline koje najviše utječu na fermentaciju jesu vinska, jabučna, limunska, jantarna i dr. Najznačajnija od tih kiselina je vinska koja daje okus kiselosti i o njoj ovisi pH mošta, a jedna od najnestabilnijih kiselina je jabučna kiselina koja se tijekom fermentacije razgrađuje u etilni alkohol i CO<sub>2</sub>. Kiseline omogućavaju pravilno vrenje mošta jer inhibiraju rad štetnih bakterija, koje se u kiseloj sredini teško razvijaju. Ostali sastojci prisutni u moštu su dušične tvari, mineralne tvari, tvari boje, buketne tvari i vitamini. Osim tih sastojaka u moštu i vinu još se nalaze i mikroelementi važni za izgradnju živog svijeta (Zoričić, 1996.).

### 2.2.2 Kvasci u alkoholnoj fermentaciji

Bez kvasaca nema vrenja mošta ni njegove pretvorbe u vino. Glavni su nositelji alkoholne fermentacije. Kvasci su sitni živi organizmi, nevidljivi golim okom, i bez njih bi proizvodnja vina i sličih pića bila nemoguća.

Dijele se na rodove, sojeve i vrste, a za vinarstvo su najznačajniji oni iz roda *Saccharomyces*. Ti kvasci imaju sposobnost za savladavanje teških uvjeta fermentacije, mogu podnositi i niske, pa i visoke temperature (od 5 do 35 °C), niske pH vrijednosti, visoke alkohole, itd. Provode alkoholnu fermentaciju različitim mehanizmima:

- korištenjem sastojaka iz mošta,
- proizvodnjom više stotina aromatskih spojeva (esteri, alkoholi,..) ,
- proizvodnjom etanola i drugih otapala koji doprinose ekstrakciji aroma iz krutih dijelova grožđa,

-proizvodnjom enzima koji transformiraju neutralne sastojke iz grožđa u mirisne komponente i

-autolizom mrtvih stanica kvasaca.

Kvasci se razmnožavaju pupanjem te sporama. Prema načinu razmnožavanja razvrstavaju se na sporogene i asporogene. Sporogeni kvasci se razmnožavaju pupanjem i stvaranjem spora, a asporogeni samo pupanjem. Dijeljenjem stanica razmnožava se vrlo malo vrsta kvasaca (*Schizosaccharomyces*) (Tomas i Kolovrat, 2011.; Zoričić, 1996.).

### **2.2.2.1 Autohtoni vinski kvasci**

Vinski kvasci se dijele u dvije grupe: autohtoni i selekcionirani vinski kvasci. Autohtoni vinski kvasci su oni koji se nalaze na samoj bobici grožđa te u povoljnim uvjetima mogu započeti fermentaciju. Kvasci koji se nalaze na bobicama najviše su iz vinogradskog tla preneseni vjetrom, kukcima i pticama. Autohtona mikroflora je različita, pa uz "plemenite" kvasce ima i "divljih" kvasaca. "Divlji" kvasci pretvaraju šećer u alkohol i ugljični dioksid, ali i u štetne druge proizvode vrenja (hlapljive kiseline). Troše veće količine šećera, a dovrelost im je slabija. Ti "divlji" kvasci su neotporni na veću količinu alkohola pa se vrenje može prekinuti. Tijekom fermentacije izmjenjuje se nekoliko vrsta kvasaca ili različite vrste djeluju istovremeno, ali različitim brzinama u pojedinim fazama.

No, još u vinogradu velik broj autohtonih kvasaca uginu zbog upotrebe sredstava za zaštitu vinove loze, ili broj se broj kvasaca smanji ispiranjem kišom, pa ih tek malo dospije u mošt (Zoričić, 1996.).

### **2.2.2.2 Selekcionirani vinski kvasci**

Kod moderne proizvodnje vina danas se koriste selekcionirani vinski kvasci (**Slika 2**). To su odabrani kvasci s bobice grozda izolirani posebnim postupkom i razmnoženi u sterilnom moštu u mikrobiološkim laboratorijima. Kvasci se razmnožavaju pupanjem te od stanice majke nastaje stanica kćer koja se isto tako dalje razmnožava, pa je to razmnožavanje relativno brzo i traje jedan do dva sata. Izabiru se najbolji kvasci namjenjeni specifičnim uvjetima fermentacije ili za isticanje sortnih svojstava budućeg vina. Ti izolirani kvasci se dalje razmnožavaju u većoj količini mošta, dobivena smjesa kvasaca u obliku paste se suši te se sušena plasira na tržište. Selekcija je višenamjenska, pa se dobiju kvasci različitih svojstava. Izoliranesu različite vrste kvasaca i to takve da fermentaciju provode u jače sumporenom

moštu, tzv. "sulfitni" kvasci, dodaju se u mošt koji je jače sumporen zbog veće količine bolesnog grožđa. Drugi provode fermentaciju na različitim temperaturama (od 6 do 36 °C) i nazivaju se "krio" kvasci. Postoje i kvasci za proizvodnju pjenušca i to su "alkoholizirani" kvasci koji mogu podneti veće postotke alkohola, kvasci koji se koriste za vrenje mošta ili masulja s visokim postotkom šećera "ozmofilni" kvasci.

Prednosti korištenja selekcioniranih vinskih kvasaca su što mošt u koji je dodana razmnožena kultura kvasaca prevrije s plemenitim kvascem poznatih svojstava, bez "divljih" kvasaca, pa su dobivena vina zdrava i bistra.

Selekcionirani kvasci na tržište dolaze u više oblika:

- razblaženom stanju,
- koncentriranom obliku,
- na čvrstoj podlozi i
- liofilnom obliku

Kvasci u razblaženom stanju pogodni su ukoliko se proizvode u neposrednoj blizini podruma. Kvasac se razmnoži u moštu, te je u takvom stanju aktivan i spreman za korištenje.

Kvasci u koncentriranom stanju se najčešće šalju podrumima u bocama, ili pogodnije u tubama koje su punjene suspenzijom kvašćevih stanica.

Kvasci na čvrstoj podlozi obično su u epruvetama gdje je kvasac razmnožen na želatini kao podlozi. Takvi kvasci su smanjene aktivnosti i prije upotrebe ih je potrebno aktivirati.

Kvasac u liofilnom obliku dobiven je sušenjem u vakuumu na temperaturama ispod nule. Tako se dobije kvasac u obliku bjeličastog praha i kao takav se isporučuje u sterilnim pakiranjima. Takav kvasac se prije upotrebe mora aktivirati i razmnožiti (Tomas i Kolovrat, 2011.; Zoričić, 1996.).



Slika 2 Selekcionirani vinski kvasci (web 6)

### 2.2.3 Temperatura

Veliki utjecaj na tijek, dinamiku i kemijske procese fermentacije ima temperatura. O temperaturi uvelike ovisi da li će alkoholna fermentacija započeti odmah ili nakon nekoliko dana, da li će završiti prije ili kasnije, koliko će se alkohola kvasci stvoriti, ili da li će se fermentacija prekinuti. Najpogodnija temperatura za odvijanje fermentacije je od 18 do 25 °C, i kod ove temperature fermentacija teče tiho i svakog dana provrije jednaka količina šećera. Kod temperatura nižih od 12 °C degradacija neće niti započeti jer je metabolička aktivnost kvasaca pri nižim temperaturama usporena. Pozitivna strana niže temperature fermentacije je ta da se stvaraju finije aromatske karakteristike vina te se formira veća količina viših masnih kiselina i hlapljivih estera. Kod viših temperatura naglo se stvara CO<sub>2</sub> koju uz povećanu temperaturu za sobom povlači aromatične tvari i djelomično alkohol. Međutim i vrlo visoka i vrlo niska temperatura djeluju negativno na fermentaciju i dolazi do prekida, pogotovo kod visokih temperatura kada se stvaraju sastojci koji negativno utječu na kvalitetu vina (povećani sadržaj mliječne kiseline, povećani sadržaj octene kiseline) (Muštović, 1985.; Tomas i Kolovrat, 2011.; Zoričić, 1996.; web 4).

#### 2.2.4 Sumporni dioksid, SO<sub>2</sub>

Moderna proizvodnja vina zahtjeva dodavanje određenih količina sumpornog dioksida. Djelovanje sumpornog dioksida je višestruko, djeluje i kao antiseptik, kao antioksidans te veže se s pojedinim sastojcima vina i tako utječe na miris i okus vina. Dodatkom SO<sub>2</sub> aktivnost svih mikroorganizama se smanjuje, a kod primjene većih doza mikroorganizmi ugibaju, no njihova otpornost se razlikuje. Na rad sveukupne mikroflore u moštu i vinu SO<sub>2</sub> djeluje kao antiseptik. Mikroorganizmi koji najmanje podnose prisutnost SO<sub>2</sub> su bakterije i plijesni, dok kvasci ugibaju tek kod većih količina slobodnog SO<sub>2</sub>. Kada se nalaze u moštu kvasci podnose veće količine SO<sub>2</sub>, nego je to slučaj kod vina upravo zato jer se u moštu nalazi više hranjivih sastojaka, a manje alkohola. Djelovanje SO<sub>2</sub> na kvasce ovisi o stanju u kojem se kvasac trenutno nalazi, pa tako je u stadiju razmnožavanja i burnog vrenja najotporniji jer ih ima mnogo, a i stvara se acetaldehid koji veže dio tog SO<sub>2</sub>. Vezivanje SO<sub>2</sub> ovisi temperaturi, stupnju oksidacije, o pH vrijednosti. Kod viših vrijednosti pH u moštu se stvaraju povoljni uvjeti za razvoj štetnih svojstava i kontaminaciji u takvim se slučajevima prilagođava količina SO<sub>2</sub> s kontroliranom temperaturom kako bi se spriječio razvoj "divlje" mikroflore. Sumporenjem se vrši selekcija kvasaca, ostaju samo bolji i otporniji kvasci koji fermentaciju mogu izvršiti do kraja.

Oblici sumpora koji se koriste u vinarstvu:

- *elementarni sumpor*, nanesen na vrpce ili kao prah, pali se,
- *plinoviti (sumporni dioksid)* dolazi u veće podume kao stlačen u čeličnim bocama, a za manja podrumarstva je u obliku rapršivača u boci,
- *kalijev disulfid (kalijev metabisulfat) vinobran*, sadrži oko 50 posto SO<sub>2</sub> (Muštović, 1985.; Tomas i Kolovrat, 2011.; Zoričić 1996.)

#### 2.2.5 Dušične tvari

Dušikovi spojevi u vino dolaze iz grožđa odnosno iz mošta. Količina dušikovitih spojeva je različiti i ovisi o nekim čimbenicima kao što su prirodno bogatstvo tla dušičnim spojevima, gnojdba, zdravstveno stanje grožđa, prešanje. Dušik predstavlja hranu kvascima koja ima najznačajniji utjecaj na brzinu odvijanja alkoholne fermentacije. Jedini prihvatljivi dušik potreban kvascima za fermentaciju je onaj iz aminokiselina, a nazastupljenije aminokiseline u moštu se prolin i arginin. Ukoliko dođe do nedostatka dušika u moštu, ograničeno je

razmnožavanje kvasaca i brzina fermentacije, pa je kod nižih koncentracija dušika veći rizik od usporene fermentacije. Nedostatkom dušika dolazi i do zaustavljanja sinteze proteina koju provode kvasci, te do smanjenja aktivnosti u transportu šećera (Zoričić, 1996.; web 4).

### **2.2.6 Kisik**

Kisik ima važnu ulogu u alkoholnoj fermentaciji. Potreban je za pravilan razvoj kvasaca te za održavanje životnih funkcija stanice, što je važno za uspješno provođenje fermentacije do kraja. Kisik je uključen i u sintezu lipida, sterola i nezasićenih masnih kiselina, koji se nalaze u sastavu stanične membrane kvasca koja osigurava otpornost na alkohol. Potrošnja kisika je na početku fermentacije najveća zbog potrebe enzima i oksidativnih kvasaca za kisikom. No, i kvasci se razlikuju po potrebi za kisikom te postoji razlika u sposobnosti fermentiranja kod deficita kisika. Kada je dodavanje kisika pravilno kontrolirano, odnosno kada je pravovremeno i u optimalnoj količini, može se sprječiti produžena fermentacija ili zastoj vrenja. To pravovremeno dodavanje kisika je kada je kvasac na kraju faze razmnožavanja i njegova je fermentabilna aktivnost najveća, a rizik od oksidacije mošta je minimalan te je kvasac potpuno opskrbljen kisikom (Muštović, 1985.; Tomas i Kolovrat, 2011.; Zoričić, 1996.; web 4).

## 2.3 Čišćenje mošta

Prije početka alkoholne fermentacije mora se provesti neizostavan i koristan tehnološki proces čišćenja mošta kako bi vino imalo bolje karakteristike. Krute čestice u moštu odgovorne su za razvoj nepoželjnih mirisa i pogodno su mjesto za oksidacijske enzime. Nakon tiještenja grožđa, mošt se sumpori kako bi se inhibirali štetni mikroorganizmi i kako bi se pospješilo taloženje nečistoća u moštu. Uz sumporenje, za uspješno taloženje nečistoća potrebno je sniziti temperaturu do optimalne. Optimalna temperatura za pravilno provođenje taloženja je oko 10 °C. Ukoliko je temperatura niža od optimalne, nema štetnog utjecaja, ali ako je temperatura viša, nema garancije da mošt neće profermentirati. Taloženjem mošta prije vrenja oslobađa se dio uzročnika mutnoće (Muštović, 1985.; Zoričić, 1996.; web 3).

### 2.3.1 Centrifugiranje

Najbrža metoda za pročišćavanje mošta je centrifugiranje te ju koriste veliki proizvođači. Centrifuga radi na principu centrifugalne sile, bubanj se rotira velikom brzinom odvajajući krupne (teže) čestice koje su u moštu (komadići zemlje, peteljke, bobice,...) i izbacuje ih kroz perforirani dio bubnja, dok mošt ostaje u središnjem dijelu bubnja (**Slika 3**). Centrifuge se koriste za čišćenje mošta prije vrenja, bistrenje mladog vina, predbistrenje i fino bistrenje u proizvodnji svih vrsta vina i bistrenje vina neposredno prije punjenja u boce (Zoričić, 1996 ; web 3).

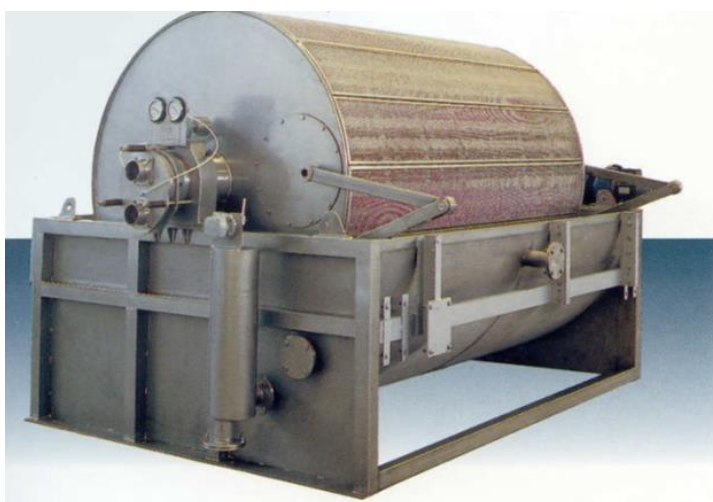


**Slika 3** Centrifuga u industriji (web 1)



### 2.3.2 Vakuum filtracija

Vakuum filtri koriste se za filtraciju mutnog mošta ili taloga nakon prirodnog taloženja (**Slika 4**). Rade na principu naplavlivanja. Kod vakuum filtara za njihov rad je važno nanjeti naplavni sloj na bubanj i to tako da se u posudi za pripremu materijala pomiješa "brašno" za filtriranje sa vinom. Rotiranjem bubnja dio te smjese se zahvaća za bubanj i tako se stvara sloj. Bubanj je izrađen od inox-čelika, a brzina okretanja bubnja ovisi o jačini замуćenja. Vakuuumom se čisti mošt usisava u unutrašnjost filtera i pomoću cijevi se odvodi u bačvu (web 3).



**Slika 4** Vakuum filter (web 3)

### 2.3.3 Filtar preše

Filtar preše se prvenstveno koriste za filtriranje taloga. Konstrukcijski su slične pločastim filterima, ali imaju ugrađene vreće za prihvat filtriranog materijala, rezervoar s pumpama i mješalicama za mješanje materijala (**Slika 5**).



**Slika 5** Filtar preša (web 3)

## **2.4 Praktično provođenje alkoholne fermentacije**

Za normalno odvijanje i pravilan završetak fermentacije, mošt je potrebno smjestiti u odgovarajuće posude za fermentaciju. Posude mogu biti drvene, betonske (obložene staklenim pločama ili impregnirane) i metalne (inox). Bilo koja vrsta se prije stavljanja mošta u nju mora pregledati, očistiti te osposobiti za korištenje. Nakon toga posude se pune odgovarajućom količinom mošta, koja je najčešće petina do desetina zapremine, a na otvor bačve stavlja se vrelnjača. Fermentacija se može lako uočiti po promjenama te izgledu mošta. Mošt se počinje mutiti, raste temperatura i počinje se širiti. Uz to, za vrijeme fermentacije dolazi i do oslobađanja ugljičnog dioksida, pa dolazi do pjenjenja pri čemu bi u suprotnom (bez otpražnjelog prostora) došlo do preljevanja mošta iz posuda, odnosno do gubitka dijela mošta. Debljina pjene ovisi kao i intenzitet ovisi o temperaturi mošta, kvaliteti mošta, veličini posude, sumporenju, aeraciji, kulturi kvasaca (Zoričić, 1996.; web 3).

### **2.4.1 Popravak mošta i masulja**

U godinama kada su klimatski uvjeti za dozrijevanje grožđa nepovoljni, najčešće nema dovoljno nakupljenog šećera. Kada se od takvog grožđa proizvede mošt on nema karakteristike koje bi rezultirale dobivanjem zdravog i dobrog vina i u takvim je uvjetima dozvoljeno popravljnje mošta i masulja prema odredbama Zakona o vinu i Pravilnika. Zakonom o vinu definirano je popravljnje mošta dodavanjem šećera, tzv. ugušćenje mošta, oduzimanje prevelike količine kiselina, ali i dodavanje određene količine kiselina.

U mošt i masulj se obično stavlja kristalni šećer te je preporučeno stavljanje šećera u nekoliko obroka, najčešće dva ili tri; prvo dodavanje šećera provodi se prije vrenja, a zatim se količina preostalog šećera dodaje u početku vrenja kako bi vrenje bilo ravnomjernije i pravilnije. Količine šećera dozvoljenje za stavljanje u mošt ili masulj jesu na 100 litara vina dodaje se 3,4 kilograma šećera i koncentriranog mošta tako da se količina alkohola u budućem vinu poveća za 2 volumna postotka. Tijekom vrenja, a i u mladom vinu nakon vrenja mijenja se i kiselost zbog toga se u lošim klimatskim godinama, kada grožđe ne sadrži dovoljno kiselina, moštu doda polovica preporučene količine kiseline, a drugi dio se dodaje mladom vinu. To dodavanje kiselina je ograničeno te je dopušteno dodati najviše 2,5 g/l vinske kiseline i najviše do 1,0 g/l limunske kiseline, ali ukupna količina dodane kiseline ne smije prijeći 2,5 g/l. Preporučuje se zakiseljavanje vina limunskom kiselinom koja je blaža i

ugodnija i pridonosi svježini vina, dok vinska kiselina ima opor okus koji utječe na neharmoničnost vina.

Otkiseljavanje se u većini slučajeva provodi u gotovo prevrelom vinu, dodatkom kalcij karbonata i to onog vina koje ima najviše 1 g/lkiseline. Sva dopuštena sredstva koja se dodaju moštu i vinu dodaju se zbog boljeg čuvanja vina i doprinose kvaliteti vina (MPŠ NN 34/95, 1995.; Tomas i Kolovrat, 2011.; Zoričić, 1996.; web 3).

#### **2.4.2 Početak fermentacije**

Nakon muljanja grožđa, prva dva do tri dana proces alkoholne fermentacije okarakteriziran je velikim razmnožavanjem kvasaca, formiranjem velike količine kvašćeve biomase koja je potrebna za pretvorbu šećera u alkohol. Do intenzivnog vrenja dolazi kada se u velikoj mjeri razmnoži kvasac i razlaže velike količine šećera. U takvom stanju dolazi do velikog porasta temperature, naglog i velikog pada količine šećera i pjenjenja mošta zbog oslobađanja velike količine CO<sub>2</sub>. Takvo se stanje naziva "burna fermentacija". Obično traje pet dana, no njezino trajanje može biti različito što ovisi o količini šećera u moštu, o temperaturi mošta te drugim čimbenicima. Kod "burne fermentacije" izfermentira glavina šećera, nakon čega dolazi do stišavanja procesa, do osjetnog pada temperature i slabljenja pjenjenja zbog oslobađanja nešto manje količine CO<sub>2</sub> (web 3).

#### **2.4.3 "Tiha fermentacija"**

"Tiha fermentacija" ima veliki utjecaj na vino. Tu se uz provođenje procesa fermentacije do kraja odvijaju i druge reakcije koje su vrlo značajne za karakteristike budućeg vina. Dolazi do povećanja otpražnjenog prostora iznad vina i do jačeg prodora zraka u taj prostor pa je moguće ako se ne sprječi djelovanje kisika u tom dijelu bačve da će doći do oksidacije vina i aktivnosti mikroflora i pojave bolesti i mana vina i potrebno je nadolijevanje bačvi vinom kako bi se te nepoželjne pojave svele na minimum. Prilikom "tihe fermentacije" aktivnost kvasaca se smanjuje jer je količina alkohola porasla, a količina šećera se smanjila. Jednom dijelu stanica kvasaca se aktivnost smanjuje dok jedan dio stanica izumire što je isto razlog stišavanja procesa fermentacije. Nakon izumiranja kvasaca, iz stanica u vino prelaze dušični spojevi, najznačajnije su aminokiseline iz kojih se dobiju sekundarni proizvodi alkoholne fermentacije. Velikim dijelom dolazi do završetka mliječne fermentacije i prelaska jabučne kiseline u blažu mliječnu kiselinu. Koliko dugo će trajati proces "tihe fermentacije" ovisi o

količini neprevrelog šećera, ali i o ostalim uvjetima. Kod moštova koji imaju veći sadržaj šećera, taj proces može trajati i više mjeseci, ali kod onih kod kojih je sadržaj šećera uobičajen traje i završava 10 do 30 dana nakon "burne fermentacije". Nakon završetka "tihe fermentacije" u vinu ostaje 1,5 do 2,5 g/l reducirajućeg šećera i to najviše ima fruktoze dok se prisustvo glukoze objašnjava kao posljedica hidrolize glukozidnih oblika heterozida. No, u nekim situacijama može ostati i veća ili manja količina neprevrelog šećera.

Kada "tiha fermentacija" završi, nakon 5 do 10 dana vino je potrebno pretočiti i odvojiti talog. Taj talog sadrži izumrle ili žive stanice kvasaca, krute ostatke grožđa, mineralne tvari koje su dospjele u vino kao nečistoća, soli vinske kiseline i tvari koje su nastale koagulacijom. Pravovremenim se pretakanjem otklanja i mogućnost pojave sumporovodika u vinu koji vinu daje neugodan miris po gnjilim jajima, a nastaje redukcijom sumporovog dioksida u uvjetima kada stanicama kvasca nema dovoljnu količinu dušika (web 3; web 5).

#### **2.4.4 Naknadna fermentacija**

Često se događa da se u jesen u određenom trenutku prekine fermentacija, a osnovni uzrok prekida je uglavnom niska temperatura. Najčešće se prekida kod bačvi manjeg kapaciteta jer se one brže hlade. Zbog prekida fermentacije u vinu zaostane veća ili manja količina neprevrelog šećera, kvasac i ostali sastojci se istalože i vino se počinje bistrirati. Takvo stanje ostaje sve do proljeća, kada s porastom temperature ponovo počinje fermentacija. Kako prekidom fermentacije ne bi nastale štetne posljedice, mora se odmah pokrenuti. Uzorak prekida fermentacije utvrđuje se analizom i na osnovi te analize utvrđuje se zdravstveno stanje vina i daljnji postupci naknadne fermentacije. Ukoliko je vino zdravo može se izravno zagrijavati. Talog se prozrači pretakanjem i time se ubrza razmnožavanje kvasaca. Kod prozračivanja se dodaje sumporni dioksid i matični kvasac. Zagrijavanjem je potrebno provoditi pri temperaturama od 30 do 35°C i u većini slučajeva je dovoljno samo zagrijavanje vina i prozračivanje taloga. Naknadno vrenje je štetno za kvalitetu vina i važno ga je izbjeći, što se može postići pravilnim provođenjem tehnoloških postupaka nakon berbe grožđa (Zoričić, 1996.).

## **2.4.5 Metode fermentacije**

Razlikujemo spontanu i kontroliranu metodu fermentacije.

### **2.4.5.1 Spontana fermentacija**

Ukoliko je temperatura fermentacije ispod 15 °C dolazi do prekida fermentacije, ali u takvim uvjetima može doći i do potpunog prestanka. U nekim se krajevima burna fermentacija odvija pri visokim temperaturama i to čak iznad 36 °C i takve visoke temperature negativno utječu na kakvoću vina, tj. na sadržaj aroma i alkohola. Ukoliko se fermentacija provodi pri takvim visokim temperaturama potrebno je poduzeti mjere kojima će se kvasci osvježiti jer će u protivnom doći do razvoja nepoželjnih mikroorganizama te će se dobiti vino nepoželjnih i negativnih karakteristika. Isto tako, kvasci kod visokih temperatura troše i više šećera nego je to slučaj kod provođenja fermentacije pri normalnim uvjetima. Ako se fermentacija na visokim temperaturama ne prekine, dobije se vino slabije kvalitete u sadržaju primarnih i sekundarnih buketnih sastojaka koji ishlape (Muštović, 1985.; Zoričić, 1996.; web 3).

### **2.4.5.2 Kontrolirana fermentacija**

U novije vrijeme fermentacija se ne prepušta slučaju već se mogu kontrolirati uvjeti kod kojih se fermentacija odvija. Korištenjem raznih tehnoloških procesa, proces alkoholne fermentacije se može kontrolirati tako da se spriječe velike temperaturne razlike mošta i burna fermentacija. Zbog toga se još naziva i usporena fermentacija. Provođenjem kontrolirane fermentacije, tijek je uravnoteženiji, zbog izbjegavanja niskih i visokih temperatura i ta je vrsta fermentacije naročito važna kod proizvodnje kvalitetnih vina zbog zadržavanja arome te svježine. Usporena fermentacija se odvija pri niskim temperaturama i nema naglih i neočekivanih porasta temperature ni intenziteta, ne dolazi do uništavanja arome i dobiju se vina sa više svježine, CO<sub>2</sub>, alkohola,....

Kontrolirana fermentacija postoji u više oblika koji se temelje na kontroli temperature i CO<sub>2</sub> ili oba parametra (Muštović, 1985.; Zoričić, 1996.; web 3).

#### **2.4.5.2.1 Kontrolirana fermentacija hlađenjem**

Ova vrsta fermentacije se odvija pri nižim temperaturama koje se reguliraju upotrebom uređaja za hlađenje mošta i uz dodatak selekcioniranih vinskih kvasaca, tzv. "krio" kvasaca. Kod nižih temperatura dolazi do formiranja veće količine hlapljivih estera i viših masnih kiselina i dobiju se vina sa većim postotkom alkohola.

Kod ove vrste fermentacije početna temperatura mošta je do 5 do 11°C, stoga su važni kvasci koji podnose niske temperature pri kojima razlažu šećer, a da se ne izaziva burno vrenje.

Kontrolirana fermentacija hlađenjem ima više prednosti:

- pravilnija fermentacija,
- dobiju se vina sa većim postotkom alkohola,
- potrebna je manja količina dodanog sumpornog dioksida,
- usporeni su procesi oksidacije i starenja vina,
- poboljšano je taloženje vinskog taloga,
- zadržane su primarne i sekundarne arome i kvaliteta vina i
- poboljšana je filtracijska sposobnost vina.

#### **2.4.5.2.2 Fermentacija "iznad četiri"**

Kod ove se vrste fermentacije moštu prije fermentacije dodaje provrelo vino u takvoj količini koja će sveukupnoj masi za vrenje osigurati najmanje 3 do 4 postotna volumena alkohola. Isključuje se rad "divljih" kvasaca i to kvasaca *Kloeckera apiculata* koji povećavaju sadržaj octene kiseline.

#### **2.4.5.2.3 Kontinuirana fermentacija bijelih vina**

Ova vrsta fermentacije češća je u pivarstvu, dok se u vinarstvu koristi za proizvodnju stolnih vina. Fermentacija se odvija u nizu međusobno povezanih specijalnih metalnih tankova, gdje u prvi ulazi svježi mošt i započinje fermentacija, a u posljednjem završava izlaskom provrelog vina.

#### **2.4.5.2.4 Kontrolirana fermentacija po GEISSU**

Fermentacija je dobila naziv po Geissu koji je provodio alkoholnu fermentaciju u spremnicima visokog napona regulirajući različite koncentracije CO<sub>2</sub> na mošt imajući na umu saznanje da kvasci prestaju sa razmnožavanjem i rastom te da im se smanjuje aktivnost kod koncentracija 15 g/l CO<sub>2</sub>, pod tlakom CO<sub>2</sub> od 7,7 bara (Muštović, 1985. ; web 3).

## 2.5 Produkti alkoholne fermentacije

Osnovni proizvod transformacije šećera iz mošta je etilni alkohol i ugljični dioksid koji otopljen u vinu daje svježinu. Prema količini šećera u moštu količina alkohola u vinu varira od 5 do 17.7 volumnih postotaka. Uz te osnovne produkte nastaju i sekundarni produkti. Glavni sastojak sekundarnih produkata je trovalentni alkohol glicerol. Iz šećera nastaje trovalentni alkohol glicerol osnovni sastojak ekstrakta vina i to u količini od 5 do 14 g/l. Nastaju i drugi sastojci, produkti metaboličke aktivnosti kvasaca, a ne kemijske transformacije određenih sastojaka u moštu. Ti su sastojci iznimno važni za senzorska svojstva vina, najviše za miris zbog toga su razvijeni sojevi selekcioniranih kvasaca koji stvaraju veće količine tih sastojaka. Viši alkoholi nastaju u procesu fermentacije. Najveći dio ih nastaje iz aminokiselina uz pomoć kvasaca. Koji će alkohol nastati ovisi o vrsti te sastavu mošta i o tijeku fermentacije. Najzastupljeniji su izoamilni, amilni i butilni alkohol. Slobodni viši alkoholi i alkoholi vezani s kiselinama stvaraju estere i važni su u oblikovanju arome vina. Esteri su spojevi nastali reakcijom kiselina i alkohola. U vinu postoje kiseli i neutralni esteri. Neutralni esteri su oni koji su nastali tijekom fermentacije pomoću kvasaca i nazivaju se fiziološki. Važan ester je ester octene kiseline jer nastaje alkoholnom fermentacijom utjecajem kvasaca, a veća količina nastaje radom octenih bakterija. Acetaldehid je međuproizvod koji nastaje razgradnjom šećera u alkoholnoj fermentaciji, no veći dio ga prelazi u etanol (Harden, 1914.; Muštović, 1985.; Zoričić, 1996.; web 4).



### 3. ZAKLJUČAK

Alkoholna fermentacija jedna je od osnovnih faza procesa proizvodnje vina i tijekom te faze se počinje stvarati vino. Proces se provodi u dvije faze, glikoliza i alkoholna fermentacija. Glikolizom se dobije pirogroždana kiselina koja ulazi u proces alkoholne fermentacije gdje se dalje djelovanjem enzima razlaže i dobijemo konačni osnovni produkt, alkohol i ugljični dioksid i sekundarne produkte. Tijekom grožđa dobijemo mošt koji se sumpori, čisti zbog uklanjanja nečistoća koje bi smetale provođenju fermentacije, dodaju se selekcionirani vinski kvasci i hrana za kvasce kako bi fermentacija bila ujednačenija. Kod fermentacije važno je pratiti temperaturu mošta, ukoliko je preniska, povisiti je, ili ukoliko je previsoka pokušati je sniziti. Kada fermentacija započne, stvaranje kvasaca je na početku brže, temperatura poraste i dolazi do pjenjenja, a nakon nekoliko dana dolazi do postupnog smirivanja cijelog procesa i stvaranja karakteristika vina. Stvara se optimalna količina alkohola, ugljičnog dioksida i nastaju razni esteri, kiseline i drugi spojevi koji su odgovorni za aromu i kvalitetu vina. Kvaliteta vina ovisi o skladu svih sastojaka koji se nalaze u vinu. U današnje vrijeme alkoholna fermentacija je kontrolirani proces kako bi se dobila vina najboljih karakteristika, arome i svježine.

#### 4. LITERATURA

Harden A: Alcoholic fermentation. Longmans, Green and Co., London, 1914.

Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva: Pravilnik o vinu. Narodne novine 34/95, 1995.

Muštović S: Vinarstvo s enohemijom i mikrobiologijom. Privredni pregled, Beograd, 1985.

Tomas D, Kolovrat D: Priručnik za proizvodnju vina -za male proizvođače i hobiste. Federalni agromediteranski zavod, Mostar, 2011.

Zoričić M: Podrumarstvo. Nakladni zavod Globus, Zagreb, 1996.

web 1: <http://www.cantinenaturali.it/en/> [26.08.2014.]

web 2: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=22295> [13.09.2014.]

web 3: [http://www.veleri.hr/files/datoteke/nastavni\\_materijali/k\\_vinarstvo\\_1/4 -  
\\_Ciscenje i vrenje.pdf](http://www.veleri.hr/files/datoteke/nastavni_materijali/k_vinarstvo_1/4_-_Ciscenje_i_vrenje.pdf) [21.07.2014.]

web 4: [http://www.veleri.hr/files/datoteke/nastavni\\_materijali/k-  
vinarstvo\\_2/1a fermentacije stabilizacije.pdf](http://www.veleri.hr/files/datoteke/nastavni_materijali/k-vinarstvo_2/1a_fermentacije_stabilizacije.pdf) [26.08.2014.]

web 5: [http://www.veleri.hr/files/datoteke/nastavni\\_materijali/k\\_vinarstvo\\_1/5 -  
\\_Tiho vrenje 0.pdf](http://www.veleri.hr/files/datoteke/nastavni_materijali/k_vinarstvo_1/5_-_Tiho_vrenje_0.pdf) [21.07.2014.]

web 6: <http://www.vinoartis.hr/prva.aspx?stranica=8311> [26.08.2014.]