

# Senzorska i fizikalno-kemijska svojstva piva proizvedenog pomoću dvije vrste kveik kvasca

---

Rozman, Leon

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:625111>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**

REPOZITORIJ

PTF OS

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**

**Leon Rozman**

**SENZORSKA I FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA PIVA PROIZVEDENOG  
POMOĆU DVIJE VRSTE KVEIK KVASCA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Osijek, rujan 2022.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za prehrambeno inženjerstvo  
Katedra za bioproceno inženjerstvo  
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Tehnologija slada i piva

Tema rada je prihvaćena na III. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2021./2022. održanoj 21. prosinca 2021.

Mentor: izv. prof. dr. sc. Kristina Mastanjević

Pomoć pri izradi:

### Senzorska i fizikalno-kemijska svojstva piva proizvedenog pomoću dvije vrste *kveik* kvasca

Leon Rozman, 0113142470

#### Sažetak:

Pivo je blago alkoholno piće konzumirano od ljudske civilizacije više tisuća godina. Tokom vremena tehnologija proizvodnje se razvijala, no ključni korak je uvijek proces fermentacije koji provode kvasci. U suvremenoj proizvodnji piva koriste se standardizirani industrijski kvasci. Ovaj rad opisuje proizvodnju piva u stilu American Pale Ale uz korištenje *kveik* kvasca specifičnih svojstava koji se ne koriste u masovnoj proizvodnji piva. Pivo je proizvedeno u laboratoriju u dvije paralele s *kveik* kvascima različitih proizvođača metodama kućnog pivarstva. Nakon proizvodnje pivo je analizirano u laboratoriju pivovare kako bi se dobio bolji uvid u utjecaj *kveik* kvasca na svojstva piva te na razlike *kveik* kvasca između proizvođača.

**Ključne riječi:** Pivo, ale, *kveik*, fermentacija, kvasac

**Rad sadrži:** 44 stranica  
20 slika  
10 tablica  
0 priloga  
15 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** Hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Vinko Krstanović</i>          | predsjednik   |
| 2. izv. prof. dr. sc. <i>Kristina Mastanjević</i> | član-mentor   |
| 3. izv. prof. dr. sc. <i>Ante Lončarić</i>        | član          |
| 4. dr. sc. Gordana Šimić, zn.sv.tr.zv.            | zamjena člana |

**Datum obrane:** 30. rujan 2022.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

**University Josip Juraj Strossmayer in Osijek**  
**Faculty of Food Technology Osijek**  
**Department of food engineering**  
**Subdepartment of bioprocess engineering**  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

### Graduate program Food engineering

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** Technology of malt and beer

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. III held on December 21, 2021.

**Mentor:** *Kristina Mastanjević*, PhD, associate prof.

**Technical assistance:**

### **Sensory and Physicochemical Properties of Beer Produced with Two *Kveik* Yeast Types**

Leon Rozman, 0113142470

### Summary:

Beer is mild alcoholic drink known to civilisation for thousands of years. Throughout the history, manufacturing technology developed but fermentation with yeasts stayed as a crucial step. Modern breweries use standardised industrial yeasts. This graduate thesis describes usage of *kveik* yeasts in production of American Pale Ale. Brewing was done in a laboratory where two batches were brewed, each with different manufacturers *kveik* yeast. Beer was analysed in a laboratory of industrial brewery to get a better insight into effects of *kveik* yeast on beers' characteristics and to determine the differences between the used *kveik* yeasts.

**Key words:** beer, ale, *kveik*, fermentation, yeast

**Thesis contains:** 44 pages  
20 figures  
10 tables  
0 supplements  
15 references

**Original in:** Croatian

### Defense committee:

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. <i>Vinko Krstanović</i> , PhD, prof.                  | chair person |
| 2. <i>Kristina Mastanjević</i> , PhD, associate prof.    | supervisor   |
| 3. <i>Ante Lončarić</i> , PhD, associate prof.           | member       |
| 4. <i>Gordana Šimić</i> , PhD, Senior Scientific Adviser | stand-in     |

**Defense date:** September 30, 2022

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Kristini Mastanjević na ukazanoj prilici, pomoći i strpljivosti prilikom izrade ovog diplomskog rada. Također zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Krešimiru Mastanjeviću te osoblju laboratorija na susretljivosti i pomoći tokom izvođenja praktičnog dijela ovoga diplomskog rada. Volio bih zahvaliti i kolegicama Jeleni i Marini s kojima sam dijelio laboratorij, svim kolegama koji su mi bili dobro društvo tokom studiranja. Zahvaljujem svim zaposlenicima i osoblju fakulteta koji su svojim prisustvom, svatko na svoj način, olakšali i uljepšali studiranje mojim kolegama i meni. Također, želim zahvaliti svojim prijateljima, djevojci Josipi, cijeloj obitelji, a poglavito roditeljima koji su me neumorno podržavali kroz sve godine moga obrazovanja.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. SASTOJCI PIVA.....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Voda.....	4
2.1.2. Slad .....	4
2.1.3. Hmelj.....	4
2.1.4. Kvasac .....	4
<b>2.2. PROIZVODNJA PIVA .....</b>	<b>5</b>
2.2.1. Drobljenje slada .....	5
2.2.2. Ukomljavanje .....	6
2.2.3. Kuhanje sladovine.....	6
2.2.4. Vrenje .....	7
2.2.5. Dorada piva.....	9
<b>2.3. AMERICAN PALE ALE .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4. KVEIK .....</b>	<b>11</b>
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. ZADATAK .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. MATERIJAL I METODE.....</b>	<b>14</b>
3.2.1. Postupak proizvodnje piva u laboratoriju .....	15
3.2.2. Analiza fizikalno – kemijskih svojstava piva .....	28
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1. FIZIKALNA SVOJSTVA .....</b>	<b>35</b>
4.1.1. Boja .....	35
<b>4.2. KEMIJSKA SVOJSTVA .....</b>	<b>36</b>
4.2.1. Gorčina.....	36
4.2.2. Ostala kemijska svojstva .....	37
<b>4.3. SENZORSKE KARAKTERISTIKE .....</b>	<b>38</b>
<b>5. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>47</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>49</b>

## **Popis oznaka, kratica i simbola**

PTFOS            Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

EBC             European brewing convention

IBU             International bitternes unit

...

## **1. UVOD**



Pivo je jedno od najstarijih i najčešće konzumiranih alkoholnih pića na svijetu. Marić i sur. (1995) tvrde kako prema drevnim zapisima pisanim klinastim pismom arheolozi su zaključili da su Babilonci već 7000 godina p.n.e. proizvodili pivo iz ječmenog i pšeničnog slada te da su poznavali čak 16 vrsta piva. Tragovi zakonskih propisa upućuju na to kako su oni već tada normama regulirali količinu ekstrakta i cijenu ovoga napitka. Znanja o proizvodnji piva su se iz starog Babilona prenijela na narode starog Egipta, Grčke i Perzije. Staroegipatski zapisi na papirusu i kamenu koji govore o pivarstvu ovoga naroda spominju dvije vrste piva; gag i zed, a najpoznatija pivovara se nalazila u gradu Peluziji na ušću rijeke Nila. Stari Grci pivo nazivaju ziton tj. ječmeno vino, a pod istim nazivom ga drže i stari Rimljani preko kojih se ovaj napitak rasprostranjuje ostatkom Europe. Stare civilizacije proizvodile su pivo iz slada, ali bez hmelja što je za rezultat imalo dobivanje kiselog proizvoda. Kako bi obogatili aromu, u pivo su dodavali razne trave kao što su glog, pelin, šafran i lupina. Prototip suvremenog piva nastaje u Sibiru i jugoistočnim dijelovima Rusije gdje se po prvi puta u pivo dodaje hmelj kao jedan od sastojaka. Važan izum za proizvodnju piva je stroj za hlađenje koji je patentirao Carl von Linde 1873. godine. Velik doprinos tehnologiji piva pridonijela su i znanstvena istraživanja Louisa Pasteura koji se bavio fermentacijom te Emila Christiana Hansena koji je prvi izolirao jednu stanicu čiste kulture kvasca za razmnožavanje 1881. godine. Zahvaljujući razvoju znanosti i tehnologije piva kroz povijest, danas je u svijetu poznato preko stotinu različitih vrsta piva, a prema podacima s web stranice **www.statista.com** godišnja proizvodnja u 2021. godini iznosila je 1.86 milijardi hektolitara.

Ovaj diplomski rad za cilj ima ispitati svojstva piva u stilu American Pale Ale proizvedenog korištenjem *kveik* kvasca kao radnog organizma. *Kveik* kvasci su skupina genetski različitih kvasaca pripitomljenih i korištenih u malim obiteljskim pivovarama Norveške gdje se prenose kroz generacije, a od industrijskih kvasaca se razlikuju po svojim specifičnim fermentacijskim svojstvima. Laboratorijskom analizom proizvedenog piva utvrdit će se postoje li odstupanja od svojstava piva ovoga tipa proizvedenog standardnim kvascem te kolike su razlike u svojstvima između piva ovoga tipa proizvedenih s *kveik* kvascima različitih proizvođača. Proizvodnja piva se odvijala u laboratoriju Prehrambeno – tehnološkog fakulteta Osijek dok se analiza kemijskih svojstava provodila u laboratoriju Osječke pivovare.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## **2.1. SASTOJCI PIVA**

Prema pravilniku o pivu (NN 142 2011) pivo je proizvod dobiven alkoholnim vrenjem pивske sladovine upotrebom čistih kultura pivskih kvasaca *Saccharomyces cerevisiae*, a iznimno spontanim vrenjem ili uporabom mješovitih mikrobnih kultura.

### **2.1.1. Voda**

Otpriblike 90% piva čini voda. Marić (2009.) iznosi kako kemijski i mikrobiološki sastav vode značajno utječu svojstva piva te kako se zbog toga voda za proizvodnju istoga mora posebno nadzirati, obrađivati u skladnosti sa zdravstvenim i zakonskim ormama. Lončarić i sur. (2017) tvrde kako je varijabilnost u sastavu vode na različitim podnebljima tokom povijesti rezultirala nastankom i razvojem različitih vrsta piva tvrde. U suvremenoj proizvodnji piva koja za cilj ima nastanak standardnog proizvoda u svakoj šarži, provode se razni procesi obrade vode poput dezinfekcije, dekarbonizacije, filtracije i sl.

### **2.1.2. Slad**

Slad je glavni izvor šećera i bjelančevina odgovornih za punoću okusa i stabilizaciju pивske pjene tvrdi Janson (1996). Osim standardnog ječmenog slada, u proizvodnji piva se također može koristiti pšenični slad, te slad od prosa ili riže.

### **2.1.3. Hmelj**

Prema Malcevu (1967), hmelj je višegodišnja biljka puzavica koja se ubraja u grupu kopriva i rod konoplje. Hmelj se uzgaja isključivo u cilju dobijanja ženskih neoplođenih cvjetova koji se koriste u proizvodnji piva kao konzervans i sastojak arome. Hmelj se općenito može podijeliti u dvije skupine: gorki i aromatični hmelj. Za razliku od aromatičnog hmelja, gorki hmelj ima visok udio alfa kiselina, no aromatični hmelj daje poželjniju aromu piva (Palmer, 2006).

### **2.1.4. Kvasac**

Kvasci su jednostanični organizmi elipsoidna, kuglasta, ovalna ili dugoljasta oblika, koji se redovno umnožavaju pupanjem Mahmud (1979). U proizvodnji piva se najčešće koriste kvasci roda *Saccharomyces* zato što svojim metabolizmom mogu prevesti glukozu, maltozu i maltotriozu iz sladovine u alkohol i ugljikov dioksid.

## **2.2. PROIZVODNJA PIVA**

Proces proizvodnje piva podrazumijeva niz operacija pomoću kojih se iz slada dobiva gotovo pivo. Te operacije su priprema vode, mljevenje slada, proizvodnja sladovine, ispiranje ili cijedenje slada, kuhanje sladovine i hmeljenje, hlađenje, fermentacija te stabilizacija piva (Zrinski, 2019). Prema Mahmudu (1979) pri proizvodnji piva voda ima ulogu otapala, a slad pivu daje sastojke ekstrakta o kojima ovisi punoća okusa i koncentracija osnovnog ekstrakta piva. Uloga hmelja u pivu je konzerviranje piva te stvaranje ugodne arome i gorkog okusa. Mikrobna kultura tj. pivski kvasac svojim metabolizmom izaziva alkoholno vrenje pri kojemu iz šećera nastaju etanol i ugljikov dioksid.

Proizvodnja piva može se podijeliti u 4 faze:

- 1. Drobljenje i mljevenje slada**
- 2. Ukomljavanje ili ekstrakcija sladne prekrupe, filtracija komine**
- 3. Kuhanje sladovine**
- 4. Vrenje**
- 5. Dorada piva**

### **2.2.1. Drobljenje slada**

Prema Malcevu (1967) drobljenje slada predstavlja mehaničku pripremu slada za ekstrakciju. Ovim postupkom se olakšavaju i ubrzavaju fizički i biokemijski procesi otapanja sadržaja sladnih zrna i prijelaz ekstraktivnih tvari u sladovinu tokom ukomljavanja. Za drobljenje slada koriste se mlinovi koji se sastoje od pogonskog mehanizma i rotirajućih valjaka s regulacijom, a svi ti elementi se nalaze najčešće u limenom kućištu na kojemu se nalaze uređaji za automatski ili ručni pogon. Ovisno o potrebnom kapacitetu mlinovi mogu imati od dva do šest rotirajućih valjaka za drobljenje slada. Uz klasičan postupak suhog mljevenja slada postoji i postupak mokrog mljevenja pri kojemu pri kojem se prije mljevenja slad vlaži namakanjem hladnom vodom i provjetrava. Takav postupak mljevenja smanjuje šanse za pucanje pljevice na čestice koje bi bile premalih dimenzija za postupak bistrenja.

### **2.2.2. Ukomljavanje**

Prema Mahmudu (1979) u suhoj tvari slada nalazi se 10 do 15% tvari topivih u vodi. U te spojeve spadaju šećeri, neke bjelančevine i produkti njihove razgradnje te u manjim količinama pentoze, pentozani, heksozani, heksoze, pektini, taninske i gorke kiseline. Veći dio suhe tvari slada koji nije topiv u vodi čini škrob i bjelančevinasti spojevi. Ukomljavanje je proces čija je svrha prijelaz u vodi netopljivih tvari iz slada u otopljeni oblik što se postiže enzimskom hidrolizom. Pri procesu ukomljavanja sladna prekrupa se miješa s toplom vodom u komovnjaku. Dodavanje enzima odvija se pri određenim temperaturnim intervalima. U temperaturnom intervalu od 45 do 50 °C dodaje se enzim proteaza koji razgrađuje složene bjelančevinaste strukture u aminokiseline u vremenu od 40 do 60 minuta. U temperaturnom intervalu između 62 i 65 °C dodaje se  $\beta$  – amilaza koja s nereducirajućeg kraja molekule škroba hidrolizira drugu  $\alpha(1-4)$ glikozidnu vezu čime nastaju dvije molekule maltoze. Taj proces traje između 35 i 45 minuta. Do potpunog šećerenja dolazi dodavanjem enzima  $\alpha$  – amilaze u temperaturnom interval između 70 i 75 °C kroz 30 do 45 minuta. Kada temperatura u komovnjaku dosegne 78 °C završava se proces ukomljavanja.

Budući da je tijekom ukomljavanja došlo do prijelaza otopljenih tvari u sladovinu, potrebno je provesti postupak cijedenja tj. filtracije. Ovim postupkom postiže se odvajanje ostataka zrna od sladovine. Sam postupak filtracije se sastoji od dvije faze. U prvoj fazi vrši se odvajanje privjenca koji ima visoku koncentraciju osnovnog ekstrakta. U drugoj fazi vrši se ispiranje ekstrakta iz pivskog tropa pri čemu se ekstrakcija vrši toplom vodom. Ekstrakcija iz pivskog tropa treba biti izvršena što je temeljitije moguće kako bi se izbjegli gubici u iskorištenju sirovina. Zaostali ekstrakt u pivskom tropu treba iznositi najviše 1%. Proces filtracije provodi se u cijednjaku tj. bisteniku.

### **2.2.3. Kuhanje sladovine**

Nakon filtracije dobiveni privjenac se miješa s ekstraktom dobivenim iz pivskog tropa te slijedi postupak kuhanja sladovine uz dodavanje hmelja. Mahmud (1979) objašnjava kako pri ovom postupku dolazi do fizikalno – kemijskih promjena u koje spadaju:

- **razgradnja i otapanje hmelja i njegovih ekstrakata u jednostavnije spojeve**
- **koagulacija i izdvajanje bjelančevina u obliku nataloženih pahuljica (odvajanje u dekanteru)**
- **isparavanje vode što dovodi do postizanja standardne koncentracije osnovnog ekstrakta**

- sterilizacija sladovine
- razvoj boje sladovine
- inaktivacija enzima
- oksidacija sladovine
- eliminacija nepoželjnih komponenti

Kuhanje sladovine traje oko 2 sata, a nakon završetka sladovina se hladi na temperature 6 – 15 °C i aerira.

### 2.2.4. Vrenje

Prema Mahmudu (1979) osnovu tehnologije piva čini proces alkoholnog vrenja. Ovim kemijskim procesom, pod utjecajem enzima, iz glukoze nastaju dvije molekule ugljikovog dioksida i dvije molekule alkohola etanola uz oslobađanje energije.

U proizvodnji piva proces alkoholnog vrenja provode čiste mikrobne kulture pivskih kvasaca koje se dodaju u prethodno kuhanu, ohlađenu i aeriranu sladovinu u fermentoru. Ovim procesom iz 1.9565 g glukoze nastaje 1 g etanola. Osim glukoze, u pivskoj sladovini se nalaze i drugi šećeri poput maltoze i maltotrioze te mali udjeli saharoze i fruktoze. Stanice kvasca disaharide i trisaharide prije vrenja moraju hidrolizirati do gradbenih jedinica. Kvašćeve stanice imaju različit afinitet prema navedenim šećerima stoga prvo previru heksoze i saharoze na početku vrenja, maltozu tijekom glavnog vrenja i maltotriozu tijekom naknadnog vrenja. Najčešće upotrebljavani kvasci u proizvodnji piva su *Saccharomyces uvarum* i *Saccharomyces cerevisiae*. Prema Mariću (2009), *S. uvarum* spada u kvasce donjeg vrenja koji vrše fermentaciju na temperaturnom intervalu od 4 do 12 °C i talože se na dnu fermentora. Ovakovim vrenjem nastaju piva kontinentalnog tipa i lager piva koje krasi punoća okusa, čvrstoća pjene i aroma po hmelju. *S. cerevisiae* je kvasac gornjeg vrenja koje se odvija na temperaturnom intervalu od 18 do 25 °C, a njegov talog isplivava na površinu. Gornjim vrenjem nastaju ale i altbier piva praznijeg okusa, slabije i nestabilnije pjene.

Čimbenici koji utječu na brzinu vrenja i kvalitetu piva su:

- soj kvasaca (specifična svojstva)
- fiziološko stanje stanica kvasca

- raspodjela kvasaca u sladovini
- koncentracija otopljenog kisika u sladovini prije vrenja
- sastav i pH sladovine
- temperature vrenja

Prema Mariću (2009), početak vrenja očituje se pojavom bijelog sloja fine pjene koji s vremenom raste, a rubovi poprimaju smeđu boju. Najintenzivnije vrenje odvija se kada je na površini prisutna visoka gruba pjena koja nastaje uslijed oslobađanja ugljikovog dioksida u obliku velikih mjehura. Nakon vrhunca vrenja dolazi do posmeđivanja visoke pjene, a na kraju procesa pjena je u obliku prljavo smeđe rahle deke koju je potrebno obrati s površine. Tijekom glavnog vrenja previre oko 2/3 pravog ekstrakta. Također, po kilogramu ekstrakta oslobađa se 586.6 kJ topline i 0.5kg ugljikova dioksida. Mali dio ugljikova dioksida otapa se u pivu i to u količini 0.3kg/hl.

Prema Mahmudu (1979) vrlo važan parametar koji je potrebno pratiti pri procesu alkoholnog vrenja je stupanj prevrenja ( $Sp$ ) koji označava mjeru pretvorbe ekstrakta iz sladovine u alkohol i ugljikov dioksid, a izračunava se kao postotak prevrelog ekstrakta prema formuli

$$(1) \qquad \qquad \qquad (1)$$

$$Sp = \frac{(e - n)}{E} \cdot 100$$

gdje je:       $e$  - udjel ekstrakta u ohlađenoj sladovini  
                  $n$  - udjel pravog ekstrakta  
                  $E$  - početna koncentraciju gotove sladovine

Glavno vrenje završava se kada pivo fermentirana sladovina dosegne određeni stupanj prevrelosti. Prividni stupanj prevrelosti za svijetla piva iznosi 68 do 72%, za tamna piva 60 do 65%.

Prema Mariću (2009), glavnim vrenjem dobiva se mlado pivo okusa i mirisa po kvascu te neprijatne arome koja potječe od nastalih diacetila, aldehida i sumpornih spojeva. Mlado pivo je slabe reskosti zbog vrlo malo otopljenog ugljikovog dioksida, a preostale suspendirane stanice kvasca rezultiraju mutnoćom. Takovo dobiveno mlado pivo se prebacuje u hermetički zatvorene posude kako bi se podvrglo postupku naknadnog vrenja. Tokom ovog postupka odvija se lagana fermentacija pri kojoj se odvijaju jednaki procesi kao i kod glavnog vrenja, ali znatno sporije. Brzina biokemijskih procesa se smanjuje zbog manje koncentracije kvasaca te nižih temperatura koje također olakšavaju taloženje čestica koje uzrokuju zamućenje.

Postupak naknadnog vrenja za cilj ima:

- **zaštititi pivo od oksidacije ugljikovim dioksidom**
- **ispiranje hlapivih sumpornih spojeva**
- **izdvajanje suspendiranih sastojaka taloženjem radi prirodnog bistrenja piva**

### 2.2.5. Dorada piva

Prema Mariću (2009) po završetku faze vrenja sladovine potrebno je provesti doradu piva koja obuhvaća više tehnoloških postupaka kao što su:

- **centrifugiranje s ciljem odvajanja stanica kvasca i proteina**
- **filtracija pri niskim temperaturama**
- **stabilizacija kiselurgom, bentonitom,...**
- **biološka stabilizacija dubinskom filtracijom i pasterizacijom**
- **biološka stabilizacija nakon otakanja piva u ambalažu**
- **korigiranje vrijednosti pojedinih sastojaka**
- **bistrenje piva prirodnim taloženjem**



### 2.3. AMERICAN PALE ALE

Gotovo sva svjetska piva mogu biti podijeljena u dvije osnovne kategorije: lager i ale. Ale je podrijetlom iz Velike Britanije gdje sam pojam ale prema Bjorvandu (2007) u prijevodu znači pivo. Prema podacima sa web stranice Allagash Brewing Company-a, glavna razlika između alea i lagera je u vrsti kvasca koji se koristi za provođenje fermentacije. Ale pivo se proizvodi korištenjem kvasaca gornjeg vrenja koje se odvija na temperaturama između 15 i 24°C pri čemu se fermentacija odvija znatno brže. Zbog više temperature fermentacije kvasci proizvode veće količine estera i fenola što rezultira nastankom piva voćne arome poput jabuke, kruške, ananasa, banana i sl. Visoka prevrelost čini ale sličniji ječmenom vinu nego kontinentalnom lageru. Karakteristike alea su svijetložuta boja te slaba i nestabilna pjena uzrokovana niskim koncentracijom ugljikovog dioksida. Udio alkohola se kreće od 4 do 6%.

Pale ale je pivo zlatne do jantarne boje koje se proizvodi kuhanjem svijetlog slada. Foster (1999) govori kako je specifičnost svijetlog slada je sušenje na niskim temperaturama kako bi se očuvalo što više enzima unutar samoga zrna, a posljedica je svijetla boja.

Prema Wikipediji, American pale ale je stil piva koji se razvio početkom osamdesetih godina prošloga stoljeća u Sjedinjenim Američkim Državama. Prva tvornica koja je u proizvodnji pale ale piva koristila veće količine američkih sorti hmelja te tako stvorila american pale ale je Sierra Nevada Brewing Company koja je skuhala prvu eksperimentalnu seriju ovakvog piva u studenom 1980. godine. American pale ale ima slatki karamelizirani okus koji balansiraju citrusne i cvjetne arome američkog hmelja, poglavito vrste Cascade.

**Table 1 Karakteristike piva tipa American Pale Ale (izvor: Beer style compedium)**

Udio alkohola (%)	4,5 – 6,2
Prevrelost (°Plato)	2,6 – 3,8
Gorčina (IBU)	30 - 50
Ekstrakt osnovne sladovine (°Plato)	11,2 – 14,7
Boja (EBC)	10,0 – 20,0

## **2.4. KVEIK**

*Kveik* je naziv za genetski različite mikrobne kulture kvasaca koje se koriste u zanatskim pivovarima zapadne Norveške. Ondje se ovaj kvasac kroz generacije čuva i dijeli među malim pivarima, a unatoč modernizaciji tradicija se nastavlja sve do današnjeg dana. Iako se *kveik* smatra daljnjim rođakom industrijskog kvasca *S. cerevisiae*, neke njegove osobine ga čine zaista posebnim.

Rezultati istraživanja koje su proveli Preiss i sur. (2017) ukazuju na iznimnu termostabilnost, otpornost na etanol i flokulaciju *kveika*.

Istraživanje termostabilnosti provodilo se usporednim praćenjem rasta *kveik* kvasca i komercijalnih ale kvasaca (WLP001; American ale, WLP029; German ale, WLP570; Belgian ale, WLP002; British ale) na rasponu temperature od 15 do 45 °C. Pokazalo se kako je gornja granica rasta komercijalnih kvasaca bila 40 °C dok su neki pokazali svoj limit i na nižim temperaturama. Sve ispitivane vrste *kveika* pokazale su rast na temperaturi od 40 °C, a čak 64% ispitivanih vrsta *kveika* je pokazalo rast na temperaturi 42 °C koja predstavlja tehnološku granicu rasta stanica za *S. cerevisiae*.

Pri ispitivanju otpornosti na etanol dobiveni rezultati su tumačeni prema općeprihvaćenim standardima za otpornost kvasaca na etanol gdje u kategoriju visoke otpornosti spadaju oni kvasci koji pokazuju rast pri koncentracijama etanola između 10 i 15%. U slučaju *kveika* 60% kvasaca je pokazalo rast pri koncentraciji od 14%, 44% kvasaca rast pri 15%, a 32% kvasaca rast pri koncentraciji od čak 16% alkohola.

Ispitivanje flokulacije provodilo se apsorbancijskom metodom pri čemu su kontrolni komercijalni kvasci pokazali tipične flokulacijske osobine. Flokulacijska svojstva *kveika* su se pokazala varijabilnima. Iako je 67% kvasaca pokazalo flokulacijske vrijednosti iznad 70%, ostali su prikazali vrlo niske flokulacijske vrijednosti, čak ispod 20%. Iako još nema znanstveno utvrđenih objašnjenja za ovu varijabilnost, jedna od teorija govori kako je do nje dovelo križanje određenih *kveik* kvasaca sa standardnim kvascem *S. cerevisiae*.

U sklopu gore navedenog istraživanja provedeno je i ispitivanje fermentacijskih sposobnosti *kveika* u usporedbi s kontrolnim American ale kvascem. Praćeni parametri su nastali ugljikov

dioksid, alkohol te arome. Fermentacija je provođena pri temperaturi od 30 °C tipičnoj za piva koja se proizvode *kveik* kvascima (Garshol, 2015). Praćenjem mase sladovine u prva 24 sata fermentacije utvrđeno je kako 80% *kveik* kvasaca proizvelo više ugljikovog dioksida od kontrolnog kvasca. Nakon dvanaestodnevne fermentacije i dozrijevanja piva, provedeno je mjerenje udjela alkohola tekućinskom kromatografijom (HPLC). Dobiveni rezultati pokazali su nastanak očekivanih koncentracija alkohola u vrijednosti od  $4.43\% \pm 0.35\%$  do  $6.44\% \pm 0.46\%$ . Kako bi odredili doprinos *kveika* aromi piva ispitivane su hlapive komponente HS-SPME-GC-MS metodom. Svi *kveik* kvasci koji genetski pripadaju *kveik* sojevima proizveli su minimalne količine 2-metoksi-4-vinilfenola što ih stavlja u kategoriju kvasaca s niskom proizvodnjom fenola tj. POF-. S druge strane, *kveik* kvasci su proizveli nadprosječne količine hlapivih estera masnih kiselina među koje spadaju etil kaproat koji daje aromu ananasa i tropskog voća, etil kaprilat koji daje aromu konjaka i jabuke te etil dekanat. Petina *kveik* kvasaca je proizvela nadprosječne količine fenetil acetate koji pivu daje aromu po cvijeću i medu.

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Zadatak ovog diplomskog rada bio je proizvesti pivo u stilu American Pale Ale u dvije šarže pri čemu bi se za fermentaciju koristili *kveik* kvasci različitih proizvođača, za svaku šaržu po jedan. Drugi dio zadatka bio je ispitivanje kemijskih, fizikalnih i organoleptičkih svojstava dobivenog piva te utvrđivanje potencijalnih razlike među šaržama s obzirom na korištenje *kveik* kvasca različitih proizvođača.

### 3.2. MATERIJAL I METODE

Sirovine:

- Ječmeni slad Pale – Ale Valley King
- *Kveik* kvasac (Lallemand)
- *Kveik* kvasac (Mangrove Jack's)
- Vodovodna voda obrađena reverznom osmozom
- Hmelj Magnum
- Hmelj Centenial
- Hmelj Cascade
- $\text{CaSO}_4$
- $\text{CaCl}_2$
- $\text{MgSO}_4$

### 3.2.1. Postupak proizvodnje piva u laboratoriju

#### 1. KORAK: Priprema vode za ukomljavanje

Nakon što smo odmjerili 12 litara vodovodne vode, svu vodu prelevamo u uređaj za ukomljavanje Braumeister V2-20L (**Slika 1**). Uređaj podešavamo da zagrijava vodu sve dok se ne postigne željena temperatura od 66 °C na kojoj će se provoditi ukomljavanje sladovine.

Braumeister V2-20 L je jednokomorni, električni sustav za kućno kuhanje piva proizveden u Njemačkoj. Ovaj sustav može proizvesti do 25 litara sladovine iz koje prosječno može nastati 20 - ak litara piva. Uređaj sadrži pumpu snage 23 Watt – a i sustav zagrijavanja snage od 2000 Watt – a. Visina uređaja je 66 cm dok je promjer 40 cm. Na prednjoj strani uređaja nalazi se veliko led sučelje (**Slika 2**) koje korisniku omogućuje jednostavno upravljanje svim važnim parametrima tijekom ukomljavanja te posjeduje unutanju memoriju koja omogućuje čuvanje osmišljenih receptura.



Slika 1 Braumeister V2 – 20 L



**Slika 2** Led sučelje Braumeister komovnjaka

Kako bi dobili odgovarajući sastav mineralnih tvari u vodi za ukomljavanje za pivo u stilu American Pale Ale, u vodu dodajemo soli sa **Slike 3** u sljedećim količinama:

- $\text{CaSO}_4$  (10g)
- $\text{CaCl}_2$  (10g)
- $\text{MgSO}_4$  (10g)



**Slika 3** Kalcijev sulfat, kalcijev klorid i magnezijev sulfat

U vodu za ispiranje pivskog tropa temperiramo na 72 °C te joj također dodajemo soli u sljedećim količinama:

- $\text{CaSO}_4$  (2.2g)
- $\text{CaCl}_2$  (2.2g)

- $\text{MgSO}_4$  (2.2g)



Slika 4 Voda za ispiranje pivskog tropa

#### 2. KORAK: Mljevenje slada

Dok traje zagrijavanje vode u Braumeisteru meljemo 2.5 kg ječmenog slada ručnim mlinom koji prikazuje **Slika 6**. Slad koji smo koristili za proizvodnju je Ječmeni slad Pale – Ale Valley King proizvođača Badass, Slavonija – slad d.o.o. (**Slika 5**).



Slika 5 Ječmeni slad Pale ale





**Slika 6 Ručni mlin za slad**

3. KORAK: Ukomljavanje slada i odvajanje sladovine

Nakon mljevenja slada provodi se jednostupanjski infuzijski postupak ukomljavanja prikazan na **Slici 7**. Slad se dodaje u Braumeister u kojemu se nalazi voda temperature 66 °C pogodne za djelovanje enzima  $\alpha$ -i  $\beta$ -amilaze.



**Slika 7 Ukomljavanje slada**

Proces ukomljavanja traje 60 minuta nakon čega se sladovina cijedenje odvaja od tropa prikazano na **Slici 8**. Nakon cijedenja provodi se ispiranje tropa prethodno pripremljenom vodom za ispiranje (sparge water) kako bi se gubitci proizvodnje sveli na minimum.



**Slika 8 Cijedenje tropa**

#### 4. KORAK: Kuhanje sladovine

Sljedeći korak proizvodnog procesa je kuhanje sladovine (**Slika 9**) dobivene cijedenjem i ekstrakcijom iz pivskog tropa. Sladovina se u Braumeisteru zagrijava do temperature ključanja tj. 100 °C i kuha 60 minuta.



Slika 9 Kuhanje sladovine

Odmah na početku kuhanja dodan je hmelj Magnum u količini od 7.5 g.

**Table 2 Informacije o hmelju Magnum (izvor: [www.hopslis.com](http://www.hopslis.com))**

Također znano kao	Hallertau Magnum
Karakteristike	Gorčina, voćna aroma
Uporaba	Postizanje gorčine
Udio $\alpha$ - kiselina	12%-14%
Udio $\beta$ - kiselina	4.5%-5.5%
Udio kohumulona	24%-25%
Država	Njemačka
Veličina šišarke	Velika
Gustoća šišarke	Srednja
Sezonska zrelost	Kasna
Prinos	1340-1700 kg/hektaru
Brzina rasta	Srednja
Otporan na	<i>Verticillium i Peronosporu</i>
Osjetljiv na	
Otpornost pri skladištenju	Zadržava 80%-85% $\alpha$ -kiselina nakon 6 mjeseci pri 20°C
Lakoća žetve	Zahtjevna
Ukupni udio ulja	1.9-2.3 mL/100g
Udio mircenskog ulja	30%-35%
Udio humulenskog ulja	34%-40%
Udio kariofilskog ulja	8%-12%
Udio farnezenskog ulja	0%-1%

Zamjene	Hallertauer Taurus, Columbus, Nugget
Stilovi piva	India Pilsner, Belgian India Pale Ale, American Ale, Blonde Ale, Pale Ale, Nut Brown Ale, Dark Ale, Pilsner, Bright Ale, Hefeweizen

10 minuta do kraja kuhanja dodani su hmeljevi Centenial i Cascade u količini od 15g.

**Table 3 Informacije o hmelju Centenial (izvor: [www.hopslist.com](http://www.hopslist.com))**

Također znan kao	Super Cascade
Karakteristike	Zemljana, cvijetna i citrusna aroma
Uporaba	Gorčina i aroma
Udio $\alpha$ - kiselina	9.5%-11.5%
Udio $\beta$ - kiselina	3.5%-4.5%
Udio kohumulona	28%-30%
Država	SAD
Veličina šišarke	Srednja
Gustoća šišarke	Kompaktna
Sezonska zrelost	Srednja
Prinos	1500-1750 kg/hektaru
Brzina rasta	Srednja
Otporan na	Otporan na PNRSV, peronosporu i <i>Verticillium</i>
Osjetljiv	Hmeljni mozaični virus
Otpornost skladištenju	pri Zadržava 60%-65% $\alpha$ - kiselina nakon 6 mjeseci skladištenja pri 20°C
Lakoća žetve	Zahtjevna
Ukupni udio ulja	1.5-2.5 mL/100g
Udio mircenskog ulja	45%-55%

### 3. Eksperimentalni dio

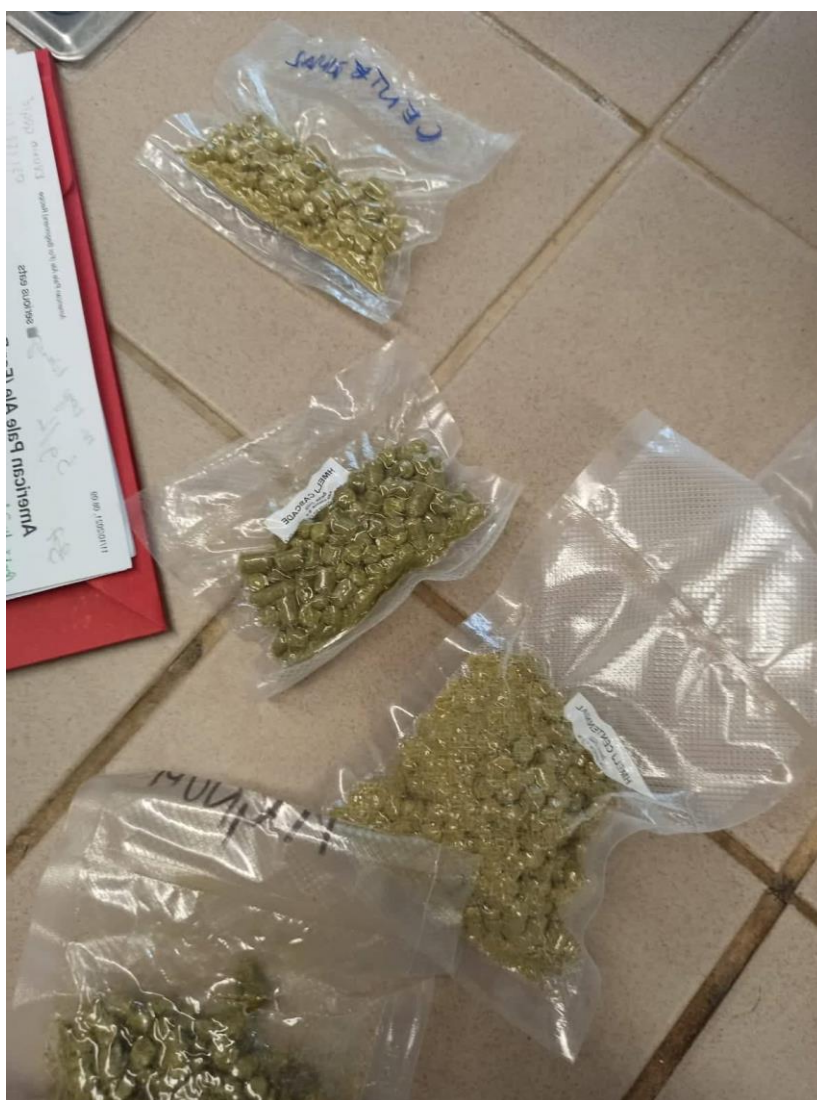
Udio humulenskog ulja	10%-18%
Udio kariofilskog ulja	5%-8%
Udio farnezanskog ulja	0%-1%
Zamjene	Chinook, Galena, Nugget, Zeus, Columbus, Cascade (US)
Stilovi piva	Extra Special Bitter, Barley Wine, Imperial Stout, India Pale Ale, Pale Ale

**Table 4 Informacije o hmelju Cascade (izvor: [www.hopslist.com](http://www.hopslist.com))**

Također znan kao	
Karakteristike	Cvijetna, citrusna i grejp aroma
Uporaba	Gorčina i aroma
Udio $\alpha$ - kiselina	4.5%-8.9%
Udio $\beta$ - kiselina	3.6%-7.5%
Udio kohumulona	33%-40%
Država	SAD
Veličina šišarke	Srednja
Gustoća šišarke	Kompaktna
Sezonska zrelost	Srednja
Prinos	2017-2465 kg/hektaru
Brzina rsata	Srednja do visoka
Osjetljiv na	
Otporan na	Djelomično otporan na plijesni i <i>Verticillium</i>
Otpornost skladištenju	pri Zadržava 48%-52% $\alpha$ - kiselina nakon 6 mjeseci skladištenja na 20°C
Lakoća žetve	Zahtjevna

### 3. Eksperimentalni dio

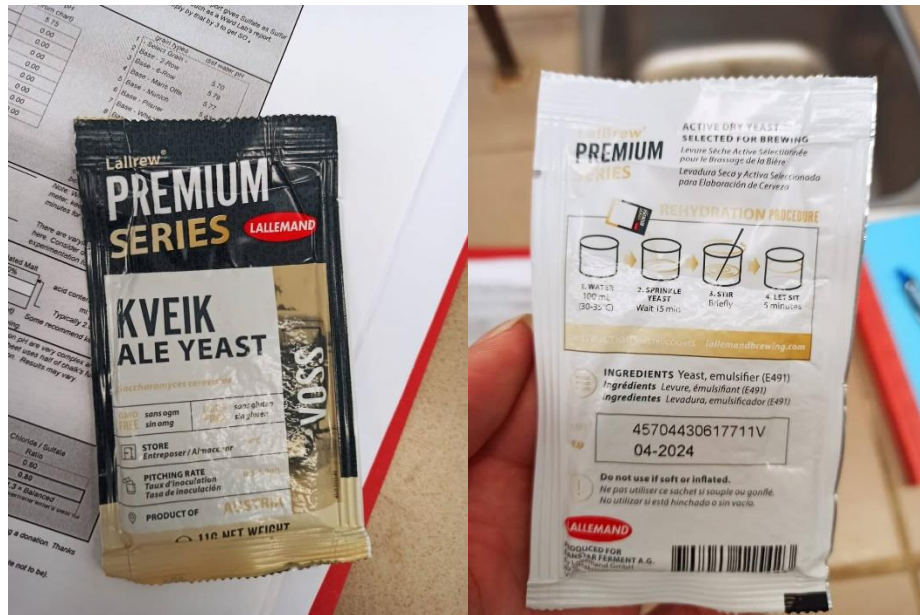
Ukupni udio ulja	0.8-1.5 mL/100g
Udio mircenskog ulja	45%-60%
Udio humulenskog ulja	8%-16%
Udio kariofilskog ulje	4%-6%
Udio farnezenskog ulja	4%-8%
Zamjene	Centennial, Amarillo, Columbus, Ahtanum
Stilovi piva	Barley Wine, American Pale Ale, Ale, Lager



Slika 10 Hmeljevi Centennial, Cascade i Magnum

#### 5. KORAK: Hlađenje sladovine

Po završetku kuhanja, temperatura sladovine je spuštena na 30 °C upotrebom spiralnog hladila čijom unutrašnjosti teče rashladna voda. Rashlađenu sladinu pomoću lijevka prelijevamo u fermentor te u nju dodajemo jedno pakiranje tj. 11 g kveik kvasca. Za prvu šaržu koristimo kveik proizvođača Lallemmand, a za drugu šaržu kveik proizvođača Mangrove Jack's.



Slika 11 Kveik proizvođača Lallemmand





Slika 12 Kveik proizvođača Mangrove Jack's

#### 6. KORAK: Fermentacija

Fermentor koji prikazuje **Slika 13** sa sladovinom je zatim premješten u komoru za kondicioniranje podešenu da održava temperaturu od 35 °C i vlagu zraka na 55% za optimalan tijek fermentacije. Budući da je *kveik* kvasac koji fermentira pri višim temperaturama, proces fermentacije se odvija vrlo brzo. Provjeravanjem produkcije ugljikovog dioksida pomoću vrenjače, praćena je fermentacija koja je završila za tri dana.



**Slika 13 Fermentor s vrenjačom**

#### 7. KORAK: Pretakanje piva u boce i odležavanje

Nakon završetka fermentacije, pivo je pretočeno u staklene boce zapremnine 0,5L. Staklene boce su zatim začepljene krunskim čepovima promjera 26 mm korištenjem ručnog zatvarača. Pivo u bocama je zatim preneseno u prostor za odležavanje gdje stoji 7 dana na sobnoj temperaturi da bi se postigla karbonacija tijekom refermentacije.



Slika 14 Zatvaranje boca krunskim čepom

### 3.2.2. Analiza fizikalno – kemijskih svojstava piva

Fizikalna i kemijska svojstva proizvedenog piva analizirana su u laboratoriju Osječke pivovare.

Boja

Jedino ispitivano fizikalno svojstvo je boja. „Boju izazivaju uglavnom melanoidini i neke druge materije iz ječma (flavin, karotin), kao i taninske materije hmelja, koje oksidacijom prelaze u flobafen.“ (Malcev, 1967).

Oprema i kemikalije:

- destilirana voda
- 3 staklene kivete, 10 mm
- spektrofotometar



**Slika 15 Spektrofotometar Lambda 25 proizvođača Perkin Elmer**

Postupak:

Određivanje boje provedeno je uporabom spektrofotometra kojeg prikazuje **Slika 15**. Spektrofotometar analizira spektar elektromagnetskog zračenja na principu skeniranja valnih duljina. Za provođenje postupka koristile su se tri staklene kivete promjera 10 mm, jedna za slijepu probu (destilirana voda), jedna za uzorak iz prve šarže (uzorak 1) i jedna za uzorak iz druge šarže (uzorak 2). Na prvo mjesto u spektrofotometru stavlja se kiveta za slijepu probu, a na drugo mjesto kiveta s uzorkom koji se želi ispitati. Pritiskom na tipku „START“ počinje postupak skeniranja.

Gorčina

Kemijsko svojstvo za čije određivanje je također korišten spektrofotometar je gorčina. „Najsloženiji osjećaj ukusa u pivu je osjećaj gorčine. Kod toga najznačajniju ulogu imaju  $\alpha$  – smola i  $\alpha$  – gorka kiselina hmelja.“ (Malcev, 1967).

Oprema i kemikalije:

- centrifuga
- pipeta od 10 ml
- tegla za mućkanje
- tresilica
- kvarcne kivete
- spektrofotometar
- staklene kuglice
- 6N HCl
- izooktan



Slika 16 Centrifuga PLC-322 proizvođača Tehnica Zelezniki



Slika 17 Tresilica

Postupak:

1. Centrifugiranje uzoraka na 3000 okretaja / minuti u trajanju od 15 minuta
2. Otpipetirati 10 ml uzorka u teglu za mućkanje
3. Dodati 0,5 ml 6N HCl – a, 20 ml izooktana i 3 staklene kuglice u teglu s uzorkom
4. Mućkati 15 minuta (gorke tvari prelaze u gornji izooktanski sloj)
5. Centrifugiranje na 3000 okretaja / minuti u trajanju od 3 minute
6. Otpipetirati gornji izooktanski sloj u kvarcnu kivetu
7. Kvarcnu kivetu s uzorkom i kvarcnu kivetu sa slijepom probom (izooktan) staviti u spektrofotometar koji se namjesti na 275 nm
8. Pokrenuti analizu pritiskom na tipku „START“



Slika 18 6N HCl



Slika 19 Izooktan

Ostala kemijska svojstva

Ostala kemijska svojstva proizvedenog piva određivali smo uređajem Beer Analyzer 2 tvrtke Anton Paar (**Slika 20**).

Oprema i kemikalije:

- **lijevak**
- **filter papir**
- **čista boca**
- **analizator piva s vialama**
- **dijatomejska zemlja**



**Slika 20 Beer Analyzer 2 proizvođača Anton Paar**

Postupak:

1. **Uzorak se pomoću lijevka i filter papira filtrira u čistu bocu**
2. **U profiltrirani uzorak dodaje se dijatomejska zemlja**
3. **Profiltrirani uzorak ulije se u viala te stavi na bilo koje prazno mjesto na analizatoru**
4. **Pritiskom na tipku „START“ uređaj započinje analizu**

## Senzorska analiza

Senzorska analiza proizvedenih šarži provodila se među profesorima, osobljem i studentima Prehrambeno – tehnološkog fakulteta Osijek te među nekoliko ljubitelja piva izvan fakulteta. Važno je napomenuti kako je UZORAK 1 senzorski analiziralo 4 osobe dok je UZORAK 2 analiziralo 15 ljudi. Ocjenjivane senzorske karakteristike su miris, okus, reskost, punoća okusa, gorčina, trpkost i kvaliteta pjene. Ocjenjivanje se vršilo pomoću dolje prikazanog obrasca.

Table 5 Obrazac za ocjenjivanje senzorskih karakteristika piva

Potpis ocjenjivača:				
Stil piva:				
Uzorak:				
Karakteristika:	Opis	Bodovi	Negativni bodovi	Ukupno
Prekomjerno pjenjenje (gushing)		Diskvalifikacija		
Prekiselo		Diskvalifikacija		
Miris	Svojestven	5		
	Manje svojestven	4		
	Blage greške mirisa	3		
	Zamjetne greške mirisa (užeglost, zagorenost, staro pivo, sumporni spojevi)	2	-1	
	Jake greške mirisa (otapala, autoliza kvasca, diacetil, dimetilsulfid)	1	-2	
Okus	Svojestven	5		
	Manje svojestven	4		
	Blage greške okusa	3		
	Zamjetne greške okusa (po kvascu, slatko, na žitarice)	2	-1	
	Jake greške okusa (metalni okus, kiselkasto)	1	-2	
Reskost (sadržaj CO <sub>2</sub> ):	Ugodno resko	5		
	Resko	4		
	Manje resko	3		
	Bljutavo	2		
	Vrlo bljutavo	1		
Punoća okusa:	Svojestvena, vrlo punog okusa	4		
	Manje svojestvena, punog okusa	3		
	Vodenasto	2		
	Nesvojestvena, praznog okusa	1		
Gorčina	Vrlo ugodna	5		
	Ugodna	4		
	Malo zaostaje u ustima	3		
	Zastaje u ustima	2		
	Jako zaostaje u ustima	1		
Trpkost	Malo zaostaje u ustima	3		
	Zastaje u ustima	2		
	Jako zaostaje u ustima	1		
Kvaliteta pjene:	Postojana	3		
	Slabije postojana	2		
	Ne postojana	1		
Ukupno bodova:				



## 4. REZULTATI I RASPRAVA


## 4.1. FIZIKALNA SVOJSTVA

## 4.1.1. Boja

Table 6 Izmjerene vrijednosti boje

UZORAK	EBC
1	12,866
2	16,069

Table 7 Kazalo boje prema EBC jedinicama (izvor: [www.saveur-biere.com](http://www.saveur-biere.com))

COULEUR														
EBC	4	6	8	12	16	20	26	33	39	47	57	69	79	138
STYLES POTENTIELS	Pale Lager	Golden Ale	Weiss	APA, IPA	Weiss, Saison	ESB	Garde, DIPa	Amber Ale	Dunkel, Brown Ale	Porter	Stout	Baltic Porter	Export Stout	Imp. Stout

Izmjerene vrijednosti boje u EBC jedinicama koje prikazuje **Tablica 5**, a tumačene prema korelaciji s podacima koje prikazuje **Tablica 1**, ukazuju na razvoj tipične boje za tip piva American Pale Ale kod oba uzorka.

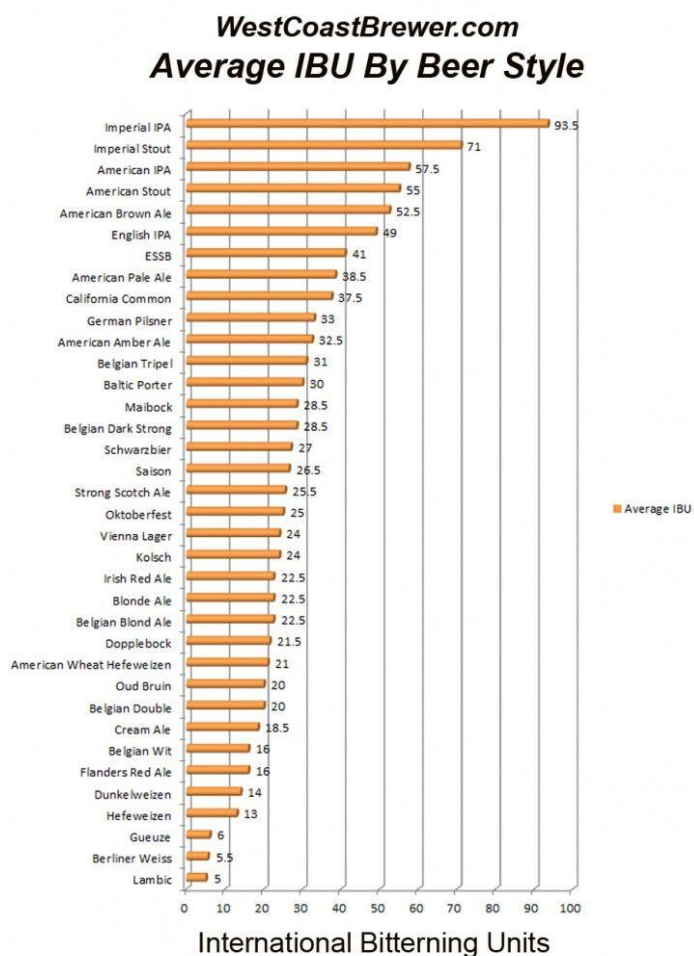
## 4.2. KEMIJSKA SVOJSTVA

### 4.2.1. Gorčina

Table 8 Izmjerene vrijednosti gorčine

UZORAK	IBU
1	36
2	38

Table 9 Kazalo gorčine prema IBU jedinicama (izvor: [www.westcoastbrewer.com](http://www.westcoastbrewer.com))



Izmjerene vrijednosti gorčine u IBU jedinicama koje prikazuje **Tablica 7**, a tumačene u korelaciji s **Tablicom 1**, ukazuju na razvoj tipične gorčine za tip piva American Pale Ale u oba uzorka.

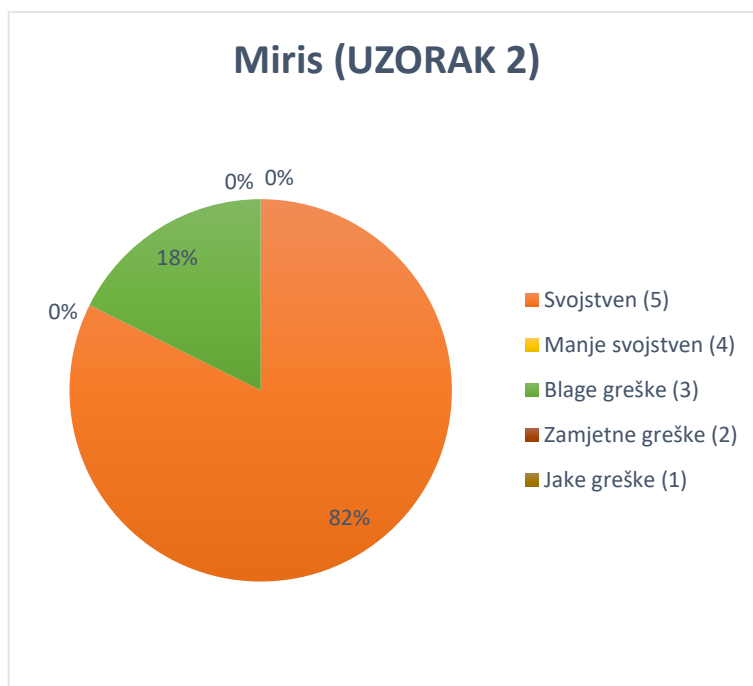
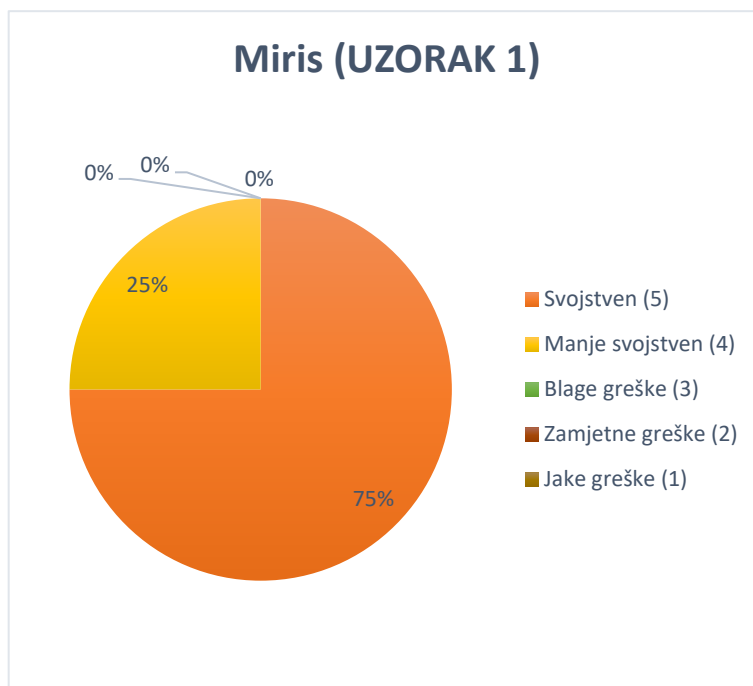
## 4.2.2. Ostala kemijska svojstva

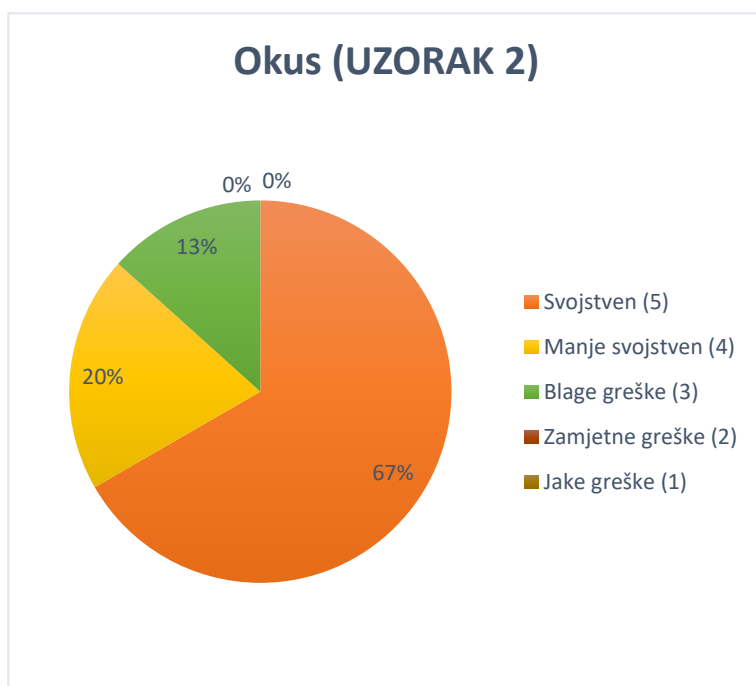
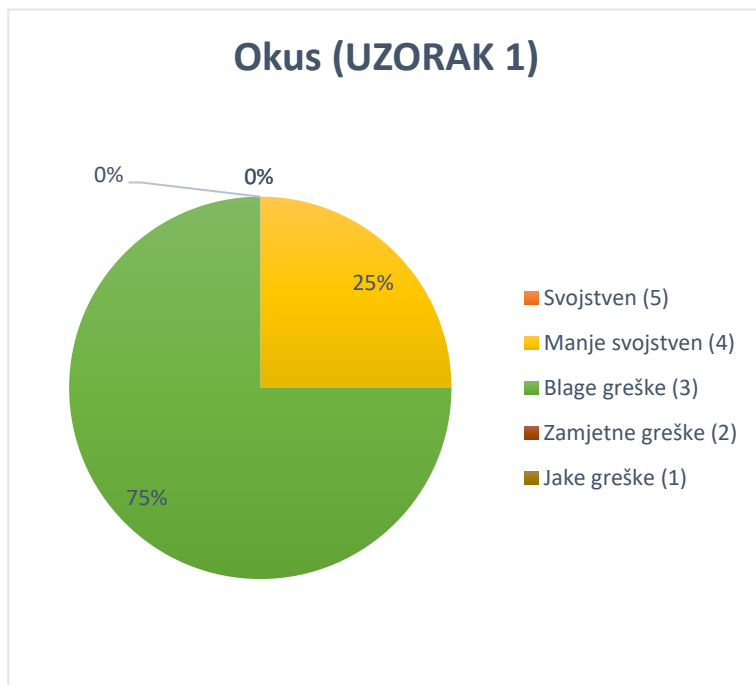
Table 10 Rezultati analize kemijskih svojstava Beer Analyzerom

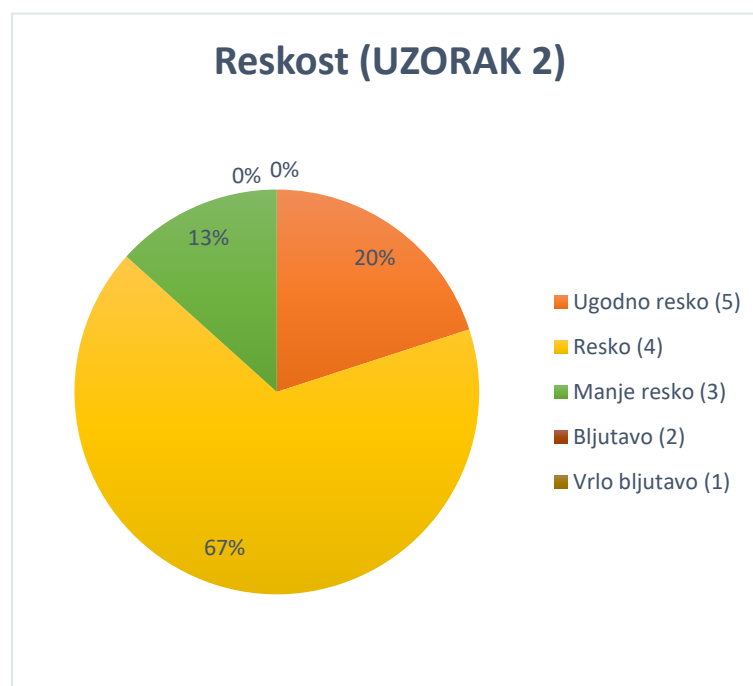
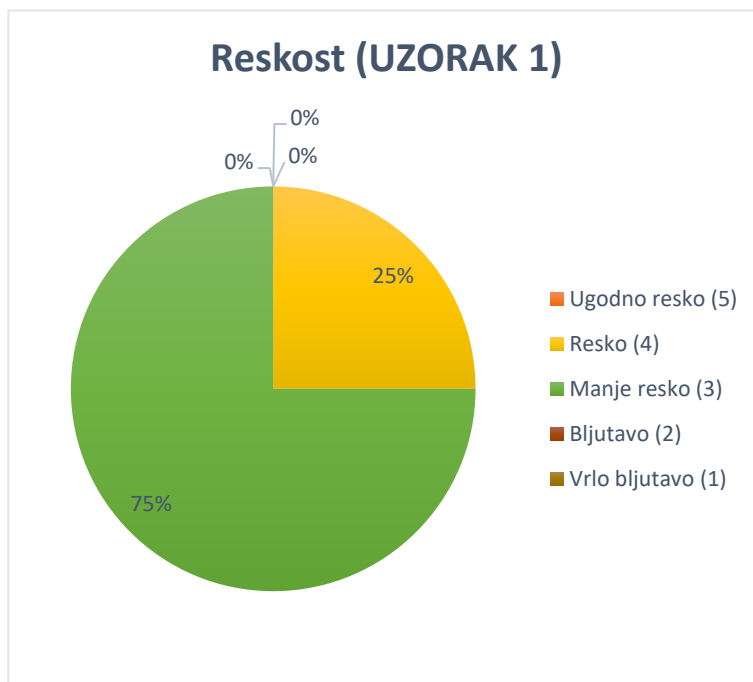
	MJERNA JEDINICA	UZORAK 1	UZORAK 2
Udio alkohola	%	6,49	7,59
Pravi ekstrakt	% w/w	6,45	6,61
Ekstrakt osnovne sladovine	°Plato	16,03	17,63
Energetska vrijednost	kcal/kg	579,48	641,91
Specifična gustoća	kg/m <sup>3</sup>	1,01639	1,01572
Temperatura	°C	19,998	19,999
pH		4,12	4,17
Prevrelost	°Plato	4,18	4,02

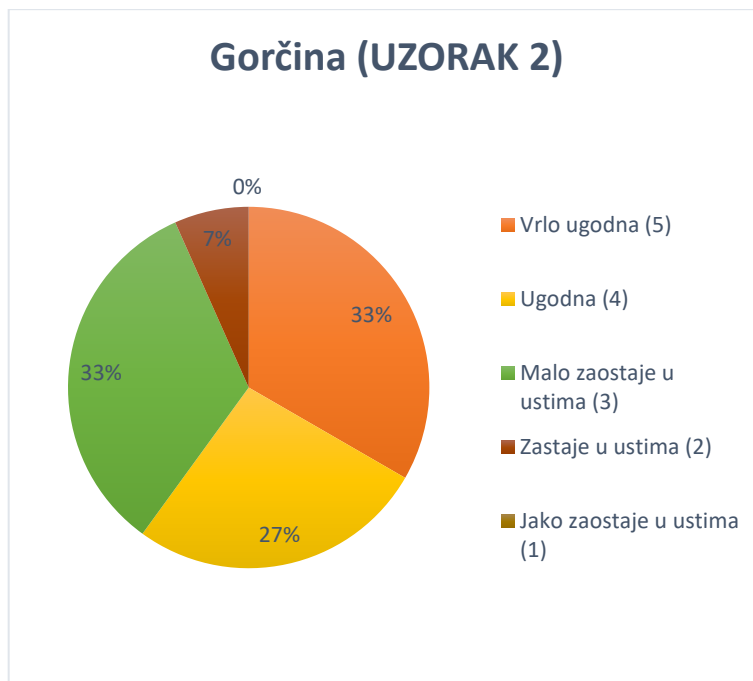
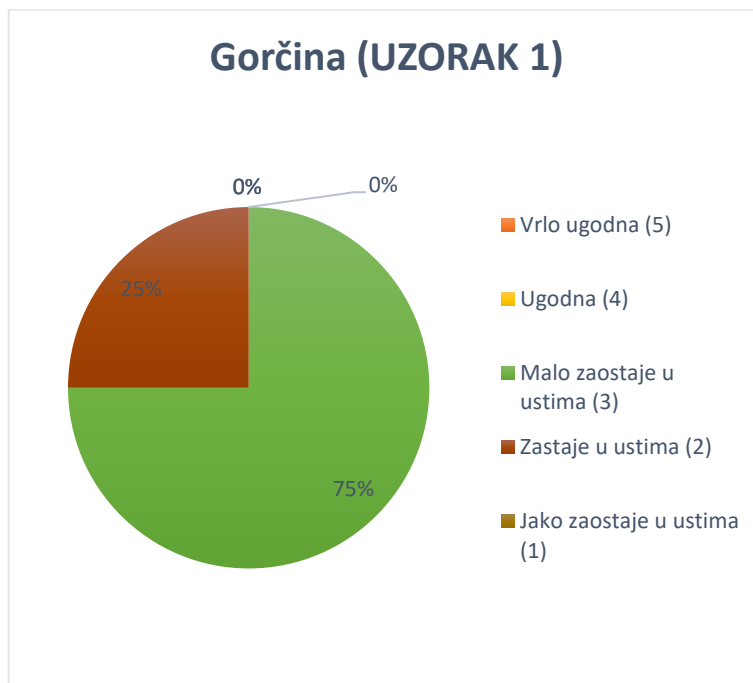
Rezultati analize kemijskih svojstava Beer Analyzerom koje prikazuje **Tablica 10** u usporedbi s podacima iz **Tablice 1** ukazuju na nadprosječni udio nastalog alkohola u oba ispitivana uzorka. Obzirom da su ekstrakt osnovne sladovine i prevrelost također nadprosječne u oba ispitivana uzorka, povećani udio alkohola nije iznenađujući. Iz rezultata je također vidljivo kako UZORAK 2 ima više vrijednosti gotovo svih mjerenih parametara osim specifične gustoće i stupnja prevrelosti.

## 4.3. SENZORSKE KARAKTERISTIKE

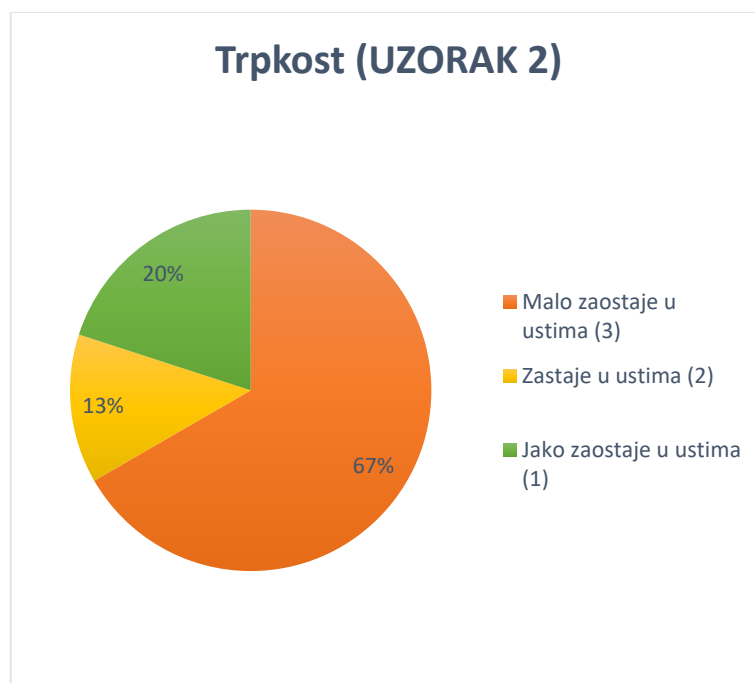
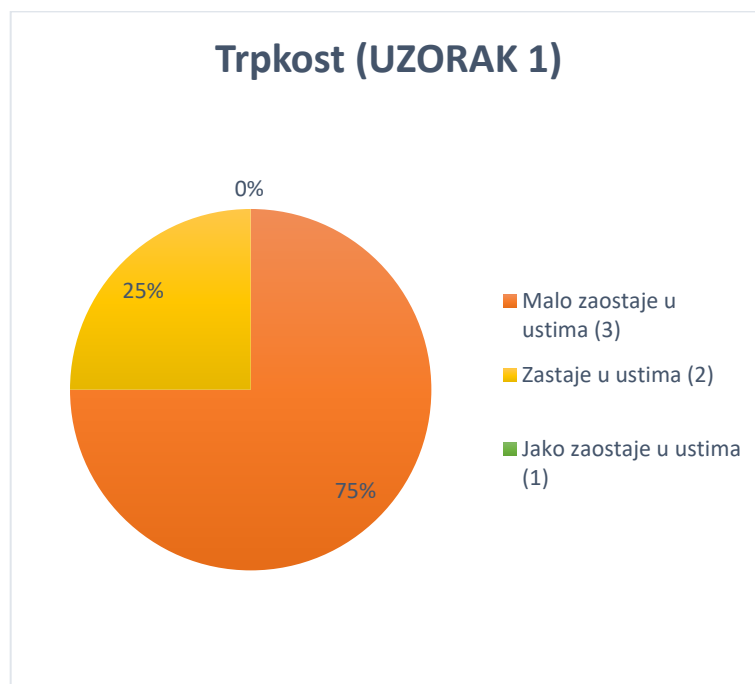


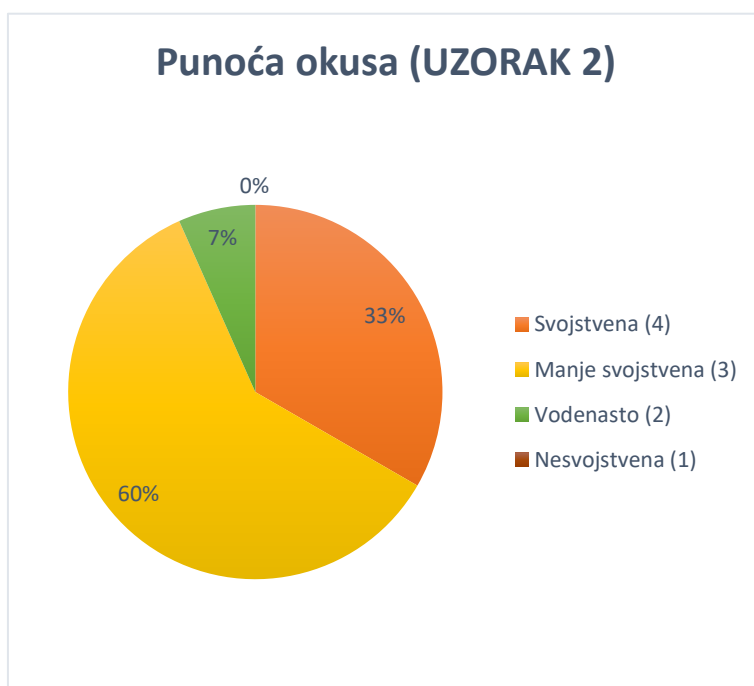
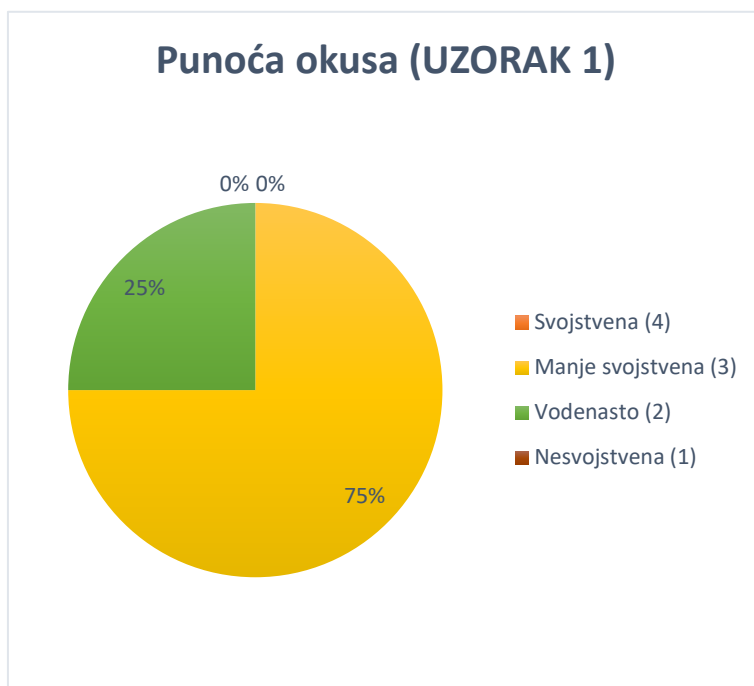


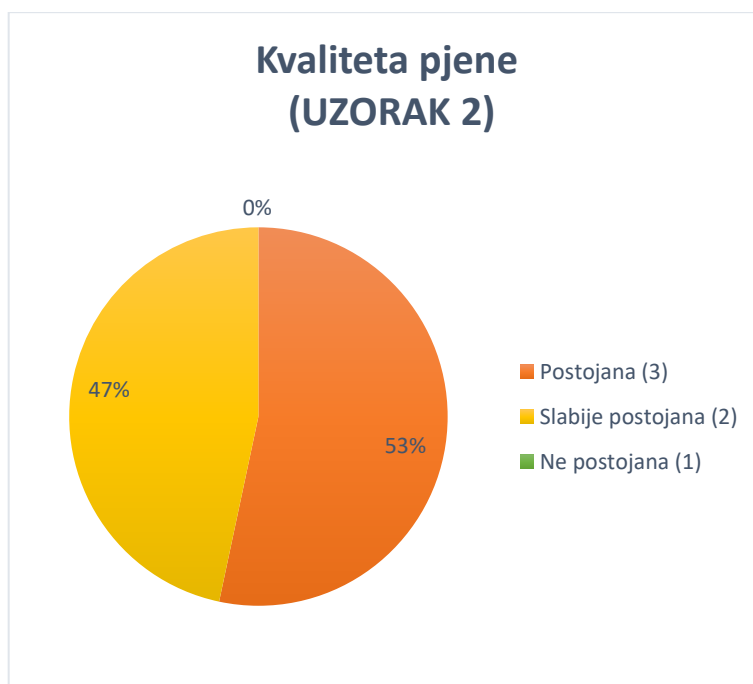
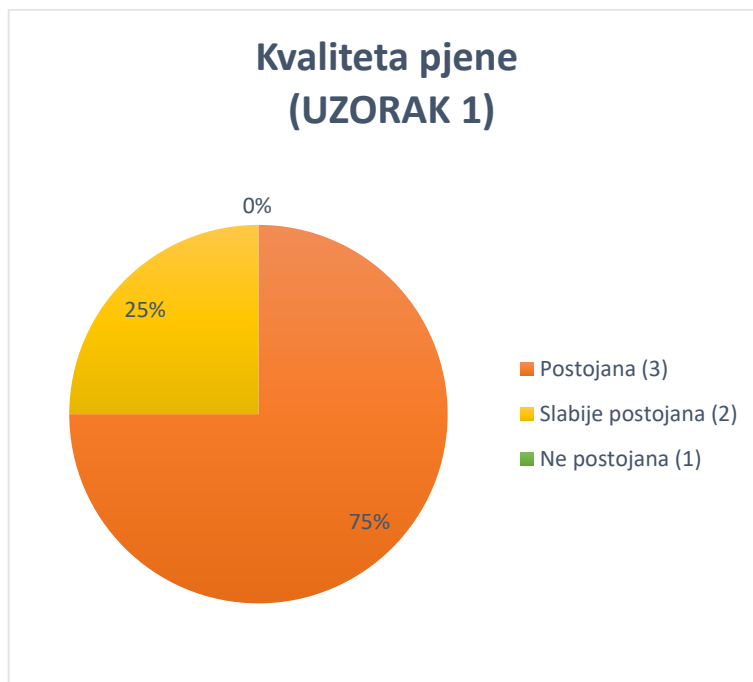












Obzirom na rezultate senzorske analize, može se zaključiti da je uzorak 2, koji je proizveden *kveikom* proizvođača Mangorve Jack's, bio bolje prihvaćen nego uzorak 1, proizveden *kveikom* proizvođača Lallemand. Daljnja istraživanja trebalo bi provesti sa ovim kvascima na različitim temperaturama obzirom da temperatura fermentacije uvelike utječe na tijek fermentacije i količinu aromatskih spojeva koji značajno utječu na prihvatljivost piva među potrošačima.



## **5. ZAKLJUČCI**

Na osnovi rezultata istraživanja provedenih u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Proizvedeno pivo ima specifičnu boju i gorčinu za pivo u stilu American Pale Ale
2. Proizvedeno pivo ima nadprosječne vrijednosti alkohola, ekstrakta osnovne sladovine i prevrelosti za pivo u stilu American Pale Ale
3. Pivo proizvedeno *kveikom* proizvođača Lallemand (UZORAK 1) ima manje EBC i IBU vrijednosti od piva proizvedenog *kveikom* proizvođača Mangrove Jack's
4. Pivo proizvedeno *kveikom* proizvođača Lallemand (UZORAK 1) ima manje vrijednosti alkohola, ekstrakta osnovne sirovine i prevrelosti od piva proizvedenog *kveikom* proizvođača Mangrove Jack's, ali ima veći stupanj prevrelosti i specifičnu gustoću.
5. Korištenjem *kveik* kvasaca različitih proizvođača proizvedena su dva piva generalno sličnih osobina, ali s nezanemarivom različitosti u većini mjerenih parametara, stoga nije za očekivati da će *kveik* kvasci dati standardiziran proizvod ukoliko se izmjenjuju različiti proizvođači.

## **6. LITERATURA**



Bjorvand H: *The Etymology of English Ale*, The Journal of Indo-European Studies, 35.1-2 (Spring/Summer 2007), 1-8.

Foster T: *Pale Ale, Revised: History, Brewing, Techniques, Recipes*, Brewers publications, Division of the Brewers Association, Boulder, CO, 1999.

Hopslist: [www.hopslist.com](http://www.hopslist.com)Janson LW: *Brew Chem 101: The basics of homebrewing chemistry*. Storey Publishing, LLC, 1996.

Lončarić A, Kovač T, Nujić M, Habuda-Stanić M: Priprema tehnološke vode za industrijsku proizvodnju piva. U *7. međunarodni znanstveno-stručni skup Voda za sve*, str. 177-187. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2017.

Mahmud S: *Tehnologija piva. Poslobna zajednica industrije piva i slada Jugoslavije*, Beograd, 1979.

Malcev P.M: *Tehnologija slada i piva. Poslovno udruženje industrije piva*, Beograd, 1967.

Marić V, Nadvornik Z: *Pivo – tekuća hrana. Znanstveno – stručna biblioteka*, Zagreb, 1995.

Marić V: *Tehnologija piva*. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009.

Palmer JJ: *How to brew: Everything you need to know to brew beer right the first time*. Brewers Publications, 2006.

Preiss R, Tyrawa C, Krogerus K, Garshol LM, Van der Merwe G: Traditional Norwegian *Kveik* are a genetically distinct group of domesticated *Saccharomyces cerevisiae* brewing yeasts. *Frontiers in microbiology*, 9:2137, 2018.

Saveur biere: [www.saveur-biere.com](http://www.saveur-biere.com)

Statista: [www.statista.com](http://www.statista.com)

West coast brewer: [www.westcoastbrewer.com](http://www.westcoastbrewer.com)

Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/American\\_pale\\_ale](https://en.wikipedia.org/wiki/American_pale_ale)

