

# Senzorska analiza lager piva

---

**Meštrić, Andrina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:875010>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-27**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE**  
**PIVARSTVO**

Andrina Meštrić

**SENZORSKA ANALIZA LAGER PIVA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, rujan 2015.



Veleučilište u Karlovcu  
Stručni studij prehrambene tehnologije  
Pivarstvo

Andrina Meštrić

## **SENZORSKA ANALIZA LAGER PIVA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Goran Šarić

Broj indeksa autorice: 0314611049

Karlovac, rujan 2015.

# Senzorska analiza lager piva

## Sažetak

Provedena je senzorska analiza 11 svijetlih lager piva. Analizu je provodio stručni tim od 6 panelista koji su ocjenjivali miris i okus svakog uzorka. Na temelju tih parametara određen je prosječan rezultat svakog piva prema korporativnoj Heineken ljestvici. Unatoč stručnoj obučenosti svakog analitičara, kod pojedinih uzoraka vidljivo je neslaganje panelista u ocjenjivanju određenih parametara. Upravo zbog toga, analizu redovito vrši što veći broj ljudi. No, usprkos pojedinim neslaganjima, svi su ocijenili isti uzorak kao najlošiji. Svakom uzorku iz senzorske analize ispitana je kemijska vrijednost, što uključuje osnovnu sladovinu, prividni ekstrakt, alkohol, gorčinu, boju, bistrinu, pH, CO<sub>2</sub> i VDK. Svi parametri nalaze se unutar propisanih vrijednost, čime je dokazano da je pivo proizvedeno prema pravilniku.

**Ključne riječi:** okusi, panel, pivo, senzorska analiza

## **Sensory analysis of light lagers**

### **Abstract**

This thesis deals with the sensory analysis of light lagers. Eleven beer brands were analysed. The analysis was carried out by a team of 6 panels who evaluated the odor and taste of every sample. On the basis of these parameters, an average result based on the corporate Heineken scale was determined. Despite the professional training of analysts, in certain samples the disagreement of panels' marking of several parameters can be seen. Because of that, analysis is always done by as many people as possible. However, despite some disagreements, everyone picked the same sample as the worst. For each sample in sensory analysis, a chemical content was determined. This includes wort, apparent extract, alcohol, bitterness, color, clarity, pH, CO<sub>2</sub> and diacetyl concentration. All parameters are within the prescribed values, proving that the beer was produced in accordance with the regulations.

**Key words:** flavors, panel, beer, sensory analysis

## SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PIVO	2
2.1. Sastojci piva	2
2.1.1. Voda	2
2.1.2. Alkohol, ekstrakt i energetska vrijednost	2
2.1.3. Ostali sastojci	2
2.2. Osnovne sirovine za proizvodnju piva	3
2.2.1. Voda	3
2.2.2. Slad	3
2.2.3. Hmelj	3
2.2.4. Pivski kvasac	4
2.3. Podjela piva prema vrsti kvasca	5
2.4. Podjela piva prema masenom udjelu ekstrakta u sladovini	5
2.5. Podjela prema glavnoj sirovini za proizvodnju sladovine	5
2.6. Podjela piva prema boji	6
2.7. Podjela piva prema volumnom udjelu alkohola	8
3. VARENJE PIVA	9
3.1. Proizvodnja sladovine	9
3.2. Usitnjavanje (drobljenje) slada i neslađenih žitarica	11
3.3. Ukomljavanje	11
3.3.1. Hidroliza škroba	11
3.3.2. Razgradnja $\beta$ -glukana	12
3.3.3. Razgradnja proteina	13
3.3.4. Razgradnja drugih sastojaka	13
3.4. Filtracija ili cijedenje sladovine iz ošćerene komine	13
3.5. Kuhanje i hmeljenje sladovine	14
3.5.1. Povećanje kiselosti sladovine	14
3.5.2. Smanjenje udjela dimetil sulfida	14
3.5.3. Otapanje i pretvorba sastojaka hmelja	14
3.5.4. Nastajanje proteinsko - taninskih kompleksa	14
3.5.5. Otparavanje vode	15

3.6. Bistrenje, hlađenje i aeriranje sladovine	15
3.7. Vrenje sladovine	17
3.7.1. Klasični postupak	17
3.7.2. Suvremeni postupak	17
3.8. Razmnožavanje čiste kulture kvasca	19
4. NADZOR PROIZVODNJE GOTOVOG PIVA	21
4.1. Mikrobiološki nadzor piva	21
4.2. Kemijsko tehnološki nadzor piva	23
4.2.1. Osnovna kemijska analiza	23
5. SENZORSKA ANALIZA PROIZVODA	28
5.1. Uzorci za testiranje	29
5.2. Psihološke grješke pri senzorskoj procjeni	30
5.2.1. Grješka očekivanja	30
5.2.2. Poticajne grješke	30
5.2.3. Redosljed prezentacije uzoraka	30
5.2.4. Halo efekt	30
5.2.5. Međusobna sugestija	30
5.2.6. Nedostatak motivacije	31
5.3. Organoleptika gotovog proizvoda	31
5.3.1. Trening panel kandidata	33
5.3.2. Prostor za testiranje	33
5.3.3. Senzorska analiza piva	36
5.4. Okusi piva	37
5.4.1. Kemijske reakcije u pivu	38
5.4.2. Kontrola stabilnosti okusa	39
6. EKSPERIMENTALNI DIO	38
6.1. Materijali rada	46
6.2. Metode rada	46
7. REZULTATI	48
8. RASPRAVA	52
9. ZAKLJUČAK	54
10. POPIS LITERATURE	55



## 1. UVOD

Pivo je osvježavajuće gazirano piće s malim udjelom alkohola. Godine 1516. izdan je najpoznatiji zakon o pivu *Deutsche Reinheitsgebot*, prema kojim su određeni osnovne sirovine za proizvodnju: voda, slad, hmelj i kvasac. Procesom alkoholnog vrenja ohmeljene pivske sladovine pomoću pivskog kvasca proizvodi se pivo. Tvari koje su odgovorne za njegovu karakterističnu aromu i okus razvijaju se tijekom proizvodnje i kuhanja sladovine kao i u procesu glavnog i naknadnog vrenja. Tijekom kuhanja sladovine iz hmelja se oslobađaju izo- $\alpha$ -kiseline koje su odgovorne za gorki okus piva.

Na kakvoću piva utječu nusproizvodi koji nastaju alkoholnim vrenjem. Oni doprinose punoći okusa u optimalnim koncentracijama, a u visokim koncentracijama mogu negativno djelovati na okus i aromu te na stabilnost pjene piva. Neki nusproizvodi koji nastaju tijekom alkoholnog vrenja su viši alkoholi, diacetili, esteri, aldehidi i sumporni spojevi. Sastojci arome mladog piva (diacetil, aldehidi, sumporni spojevi) uzrokuju pojavu nečistog okusa, a u povišenim koncentracijama negativno utječu na kakvoću piva. Nakupljaju se tijekom glavnog, a uklanjaju tijekom naknadnog vrenja. Poželjni sastojci arome dozrelog piva (viši alkoholi i esteri) imaju odlučujući utjecaj na aromu gotovog proizvoda.

Tvari koje utječu na okus i aromu piva sudjeluju u mnogim biokemijskim reakcijama koje rezultiraju smanjenjem izvornog svježeg okusa piva. Glavni uzrok nestabilnosti okusa i arome je oksidacija sastojaka u pivu. Karakteristične promjene okusa koje se događaju tijekom oksidacije su promjena ravnoteže gorko - slatko (pri čemu se gorčina smanjuje, a slatkoća povećava), redukcija intenziteta karakterističnih aroma (npr. svježih voćnih aroma), povećanje osjeta punoće, tamnija boja piva, smanjenje svježih kvaščevo-sumpornih nota okusa te gubitak svježih aroma hmelja. Najprije se razvija okus papira, odnosno kartona, nakon čega slijedi pojava okusa kruha, karamele te meda zajedno s pojavom slamnatih, zemljanih i metalnih nota kod nekih vrsta piva. Na kraju se razvijaju drvenaste i kožne note arome, a pivo dobiva okus po višnji.

## **2. PIVO**

Pivo je pjenušavo slabo alkoholno piće gorkog okusa i hmeljne arome. Proizvodi se u procesu alkoholnog vrenja iz slada, hmelja, vode i pivskog kvasca. Dio pivskog slada može se zamijeniti neoslađenim sirovinama. U tu skupinu spadaju sve neisklijale žitarice i njihovi proizvodi čiji sastojci teže prelaze u otopinu nego sastojci slada. Tijekom same proizvodnje i kuhanja sladovine te u procesu glavnog i naknadnog vrenja dolazi do razvijanja tvari koje su odgovorne za karakterističnu aromu i okus piva.

### **2. 1. Sastojci piva**

Pivo sadrži preko 600 sastojaka. Najvažniji su voda, alkohol i neprevreli ekstrakt, odnosno anorganske i organske tvari otopljene u smjesi alkohola i vode.

#### **2. 1. 1. Voda**

Udjel vode u pivu iznosi od 89 do 93 %. Mikrobiološki i kemijski sastav vode za proizvodnju piva je strogo nadziran i usklađen sa zakonskim i zdravstvenim normativima (flaširane izvorske vode).

#### **2. 1. 2. Alkohol, ekstrakt i energetska vrijednost**

U pivu nema masti i kolesterola, a sadrži tek manju količinu ugljikohidrata. Energetska vrijednost piva uglavnom potječe od alkohola. Sadrži manje kalorija nego druga pića, ali se često konzumira u većim volumenima. Energetska vrijednost 1 g etanola iznosi 7 kcal ili 29 kJ. Iako pivo sadrži 1,5 do 3 puta manje alkohola, a puno više ekstrakta nego vino, energetska vrijednost mu je slična energetske vrijednosti vina. Preporučena potrošnja je 0,5 L na dan.

#### **2. 1. 3. Ostali sastojci**

Od sastojaka koji se u pivu mogu naći u manjim količinama najčešći su glicerol (koji je odgovoran za stvaranje punoće okusa),  $\beta$ -glukan (dijetetsko vlakno korisno za peristaltiku), antocijanogeni (fenolni spojevi podrijetlom iz slada i hmelja). Smatra se kako neki od tih sastojaka povoljno utječu na zdravlje ljudi koji konzumiraju pivo. Posebno je bogat izvor vitamina B skupine i minerala. (Marić, 2009)

## 2. 2. Osnovne sirovine za proizvodnju piva

### 2. 2. 1. Voda

Voda je glavni dio napitka, a njezin volumni udjel u pivu varira između 85 - 95 %. Voda mora biti čista i mikrobiološki ispravna. Mnoge pivovare imaju svoje vlastite izvore što im osigurava neovisnost o gradskom vodovodu. Ovisno o koncentracijama otopljenih mineralnih tvari, vode se dijele na meke, srednje tvrde i tvrde. Tvrdoća vode uvelike utječe na okus piva. Općenito, mekše se vode češće upotrebljavaju u proizvodnji svijetlih piva, dok se tvrde vode koriste za proizvodnju tamnih piva.

### 2. 2. 2. Slad

Slad je proklijalo i osušeno zrno najčešće pivskoga ječma (*Hordeum distichum*), bogato aktivnim hidrolitičkim enzimima. Postupak proizvodnje slada uključuje više faza. Za počinje sortiranjem zrna koja se potom moče (do približno 45% vlažnosti). Potom slijedi klijanje, sušenje do udjela suhe tvari od 95 do 97% i naposljetku uklanjanje korjenčića. Klijanje i s njim povezani biokemijski procesi (sinteza enzima, razgradnja sastojaka zrna) zaustavljaju se zagrijavanjem, tj. nadziranim sušenjem proklijaloga zrna (zelenoga slada), kako bi se sačuvali enzimi i dobio stabilan suhi proizvod (suhi slad). Netopljivi sastojci endosperma zrna (škrob, bjelančevine) prevode se u topljivi oblik i takvi se u velikoj mjeri hidroliziraju do jednostavnih šećera i aminokiselina. Stoga slad sadrži višu koncentraciju šećera (ponajviše glukoze i maltoze) nego ječam i ima slatkast okus. O sladu ovisi punoća okusa i koncentracija osnovnog ekstrata piva.

### 2. 2. 3. Hmelj

Hmelj se koristi za hmeljenje sladovine. Koristi se u obliku šišarica, peleta ili hmeljnog ekstrakta. Pivu daje karakterističnu aromu i potreban stupanj gorčine. Zbog visokih koncentracija  $\alpha$ -kiselina i drugih gorkih tvari koje imaju antiseptični učinak, hmelj sprječava kvarenje piva.

## **2. 2. 4. Pivski kvasac**

Pivski kvasac izaziva alkoholno vrenje prilikom kojeg šećer prelazi u alkohol i ugljični dioksid. Za vrenje sladovine koriste se čiste kulture pivskog kvasca vrste *S. cerevisiae* koje se razlikuju prema temperaturi vrenja i sposobnosti pahuljenja, odnosno taloženja nakon završetka samog vrenja. Pivski kvasac se dijeli na dvije glavne skupine: kvasac donjeg vrenja i kvasac gornjeg vrenja. (Marić, 2009)

### **2. 2. 4. 1. Fiziološke razlike**

Najvažnija fiziološka razlika između kvasaca donjeg i gornjeg vrenja je sposobnost fermentacije i asimilacije melibioze. Kvasci donjeg vrenja iskorištavaju rafinozu i melibiozu, dok kvasci gornjeg vrenja nemaju enzim melibiazu pa ne mogu koristiti šećer melibiozu i koriste samo trećinu rafinoze. Oba kvasca ne mogu koristiti dekstrine kao ni inulin. (Beluhan,2013.)

### **2. 2. 4. 2. Razlike u fermentaciji**

Kvasci gornjeg vrenja dižu se na površinu tijekom vrenja, dok se kvasci donjeg vrenja sedimentiraju na dno po završetku vrenja.

Tako se, prema vrsti kvasca, postupci vođenja vrenja dijele na donje i gornje vrenje.

Donje ili hladno vrenje započinje pri 6 – 8 °C, a završava na 12 – 18 °C, kada se najveći dio kvasaca istaloži na dno posude. Talog kvasaca se odvaja i nastavlja se odležavanje u ležnom tanku, pri 0 do –2 °C. Na taj način se proizvode lager piva u Hrvatskoj.

Gornje ili toplo vrenje i doviranje započinje pri 15 – 20 °C, a završava pri 20 – 25 °C, kada najveći dio kvasaca ispliva na površinu piva. Nakon obiranja kvasaca nastavlja se kratkotrajno odležavanja pri 8 °C. Na taj način proizvode se tradicionalna engleska i pšenična piva.

### 2. 3. Podjela piva prema vrsti kvasca

Kod nas se uglavnom proizvode piva donjeg vrenja, lager piva. Preko 90 % domaće proizvodnje čine svijetla lager piva. Neki od poznatijih *brandova* su Karlovačko pivo, Ožujsko pivo, Pan pivo, Osječko pivo i Zlatorog.

Lager pivo pije se ohlađeno na 5 – 14 °C. Punog je okusa zbog visokog udjela neprevrelog ekstrakta. Ima izraženu gorčinu i aromu po hmelju. Lager piva razlikuju se u osnovi prema tvrdoći vode i boji slada za pripremu sladovine. Od vrlo mekane vode i svijetlog slada proizvodi se plzensko lager pivo (Pils), a od tamnog slada i tvrde vode dortmundsko pivo.

Upravo zbog ovih parametara, lager piva se razlikuju po boji, punoći okusa i aromi.

Drugi tip piva je ale. Ono se pije toplo pri nekih 20 °C. (Marić, 2009.) Različite vrste alea su Mild, Bitter, Pale ale, Brown ale, Old ale, Barley wine, Scottish ale, Irish ale, Belgian ale. Stout i Porter su crna britanska piva koja imaju izuzetnu punoću, slatnu aromu te gustu i stabilnu pjenu. (Anonymus, 2014.) Afričko pivo proizvodi od prosenog, a ne ječmenog slada s posebnom vrstom kvasca vrste *Schizosaccharomyces pombe* prilagođenom životu na nešto višim temperaturama (30 – 40 °C). (Dipl. Brew. Module 2)

### 2. 4. Podjela piva prema masenom udjelu ekstrakta u sladovini

Postoji više kategorija piva s obzirom na maseni udjel ekstrakta u sladovini iz koje se dobivaju.

Piva koja sadrže niske koncentracije alkohola i neprevrelog ekstrakta slada nazivaju se slaba piva. Standardna piva dobivaju se iz sladovine koja sadrži 10 – 12 % ekstrakta, a volumni udio alkohola takvih piva kreće se u rasponu od 3,5 – 5,5 %. Piva dobivena iz sladovine koja sadrži više od 12 % ekstrakta nazivaju se puna piva. Dvostruko slatna piva proizvode se od sladovine koja sadrži 18-22% ekstrakta. Takva piva sadrže povećan udio alkohola i nazivaju se jakim pivima. Posebnu skupinu čine ječmena vina izrazito su punog okusa zbog neprevrelog ekstrakta, a volumni udio alkohola u takvim pivima jednak je onomu kod vina (7,5 – 10 %) zbog čega su i dobila ime ječmena vina.

### 2. 5. Podjela prema glavnoj sirovini za proizvodnju sladovine

Ječmeni slad je osnovna sirovina kod proizvodnje lager i ale piva, no pored slada za proizvodnju piva kao izvor ekstrakta mogu se upotrebljavati i neslađene sirovine. U nekim zemljama (poput Njemačke, Norveške i Švicarske) pivo se proizvodi isključivo od slada (u













protivnom piće ne može imati naziv *pivo*), dok je u većini zemalja dozvoljena je zamjena 10 – 50 % slada drugim sirovinama. Neke pak zemlje koriste neoslađene sirovine samo kod proizvodnje piva za izvoz. (Beluhan, 2013.)

Neslađene sirovine dijele se u dvije grupe:

- **Sirovine sa škrobom** kao osnovnim izvorom ekstrakta. Tu spadaju žitarice i njihove prerađevine: sirovi ječam, kukuruz, kukuruzna krupica, pšenica, riža itd.
- **Sirovine sa šećerom**, u koje spadaju šećer šećerne repe, šećer šećerne trske (saharoza), glukoza, sirupi na bazi škroba, sirupi na bazi ječma i slada ili drugih žitarica. (Marić, 2009)

## 2. 6. Podjela piva prema boji

Prema boji piva se dijele na svijetla, crvena, tamna i crna. Zapravo se radi o nijansama žute, crvene, crveno-smeđe i crne boje. Plzensko pivo je svijetložute do svijetlozlatne boje, dok su crna piva zaista crna, neprozirna s okusom gorke čokolade ili „suhog“ karamela. Primjer zlatnožutog piva je Bečko pivo. Dortmundsko pivo je crvenkaste boje, Bavarsko smeđe, a primjeri tipičnih tamnih piva su Porter i Stout (Guinness). (Anonymus, 2014.)

Primjer	Boja piva	EBC
Svijetli lager		4
Njemački Heles		6
Pils		8
Pšenično pivo		12
		16
		20
		26
Tamni lager		33
		39
		47
Porter		57
Stout		69
		79
Imperial stout		138

**Slika1. Nijanse boja piva** (World Beer Cup®, 9.7.2015.)

## 2. 7. Podjela piva prema volumnom udjelu alkohola

Volumni udjel alkohola u pivu kreće se uglavnom u rasponu od 0,5 do 10 %. U rjeđim slučajevima može biti i viši. Prema volumnom udjelu alkohola piva se dijele na:

- **Bezalkoholna piva** – sadrže do 0,5 vol. % alkohola. Iznimka su islamske zemlje gdje bezalkoholno pivo ne smije sadržavati nimalo alkohola.
- **Lagana piva** – sadrže ispod 3,5 vol. % alkohola.
- **Standardna lager piva** i piva gornjeg vrenja (ale) – sadrže 3,5 – 5,5 vol. % alkohola.
- **Jaka piva** – sadrže više od 5,5 vol. % alkohola. Najčešći udio alkohola u tom pivu je 5,5 – 7 % vol.
- **Ječmena vina** – imaju udjel alkohola kao vina (> 10 vol. %). (Beluhan, 2013.)



### 3. VARENJE PIVA

Proizvodnja piva sastoji se od najmanje tri tehnološke faze:

1. proizvodnja sladovine
2. glavno vrenje sladovine i naknadno vrenje
3. dorada i punjenje piva u ambalažu

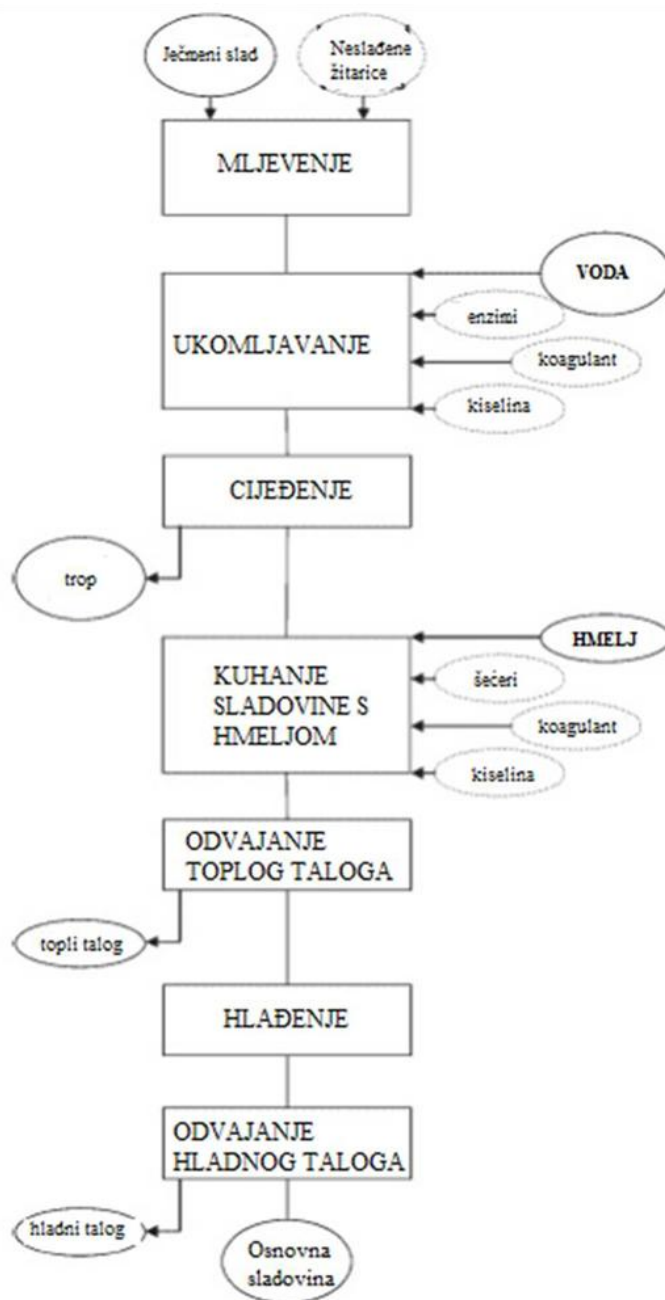
#### 3. 1. Proizvodnja sladovine

Osnovna sirovina za proizvodnju piva je pivarski slad. Proizvodnja sladovine odvija se u varionici, a sam proces obuhvaća drobljenje slada i neslađenih sirovina, ukomljavanje sladne prekrupe i usitnjenih neslađenih sirovina, hidrolizu (proteolizu i ošećerenje) usitnjenih sirovina, filtraciju ili cijedenje sladovine iz ošećerene komine, kuhanje i hmeljenje sladovine, bistrenje, hlađenje i aeriranje sladovine. (Marić, 2009.)

U drobilici (mlinu) se slad mehanički (suhim ili mokrim postupkom) priprema za ukomljavanje (sladna prekrupa). U komovnjaku se sladna prekrupa miješa (ukomljava) s toplom vodom te se pomoću enzimske hidrolize škrob prevodi u oblik topljiv u vodi kako bi se mogao ekstrahirati vodom. Kotao za kominu služi za kuhanje dijelova komine u svrhu prevođenja škroba u škrobni lijepak (vodotopljiv oblik škroba podložan amilolitičkoj razgradnji).

U bistreniku se odvaja tekući dio komine (sladovina) od čvrstog netopljivog dijela (tropa). U kotlu se sladovina kuha s hmeljem. Kotao za hmeljenje sladovine služi za izdvajanje toplog taloga i djelomično hlađenje ohmeljene sladovine. Takva sladovina se hladi preko pločastog hladnjaka i aerira, tj. zasićuje zrakom.

Na kraju procesa se provodi potpuno bistrenje u filteru (centrifugalnom separatoru) iz sladovine se izdvaja „hladni“ talog. (Willaert, 2014.)



**Slika 2. Shematski prikaz proizvodnje sladovine** (Mikrobiološke i kemijsko-fizikalne metode nadzora procesa proizvodnje piva, 27.05.2015.)

### 3. 2. Usitnjavanje (drobljenje) slada i neslađenih žitarica

Slad se čuva u silosnim ćelijama. Prije usitnjavanja slad se čisti od mehaničkih onečišćenja. Nakon toga se melje pri čemu se endosperm treba što bolje usitniti, a pljevica sačuvati. Tako se dobiva sladna prekrupa koja osigurava veliku filtracijsku površinu za brzo cijedenje u fazi razdvajanja komine na sladovinu i trop.

Postupak usitnjavanja ovisi o raspoloživoj opremi varionice i vrsti uređaja za odvajanje sladovine od tropa. Prema tome razlikujemo: suho drobljenje, mokro drobljenje i suho usitnjavanje u mlinu čekićaru. Suho drobljenje primjenjuje se kod prhkog i dobro razgrađenog slada, dok je mokri postupak pogodniji za tvrda zrna koja se teško usitnjavaju. Od takvih se zrna suhim postupkom dobivaju puno grublje čestice koje daju slabo iskorištenje ekstrakta. Mlinovi čekićari pogodni su za usitnjavanje slabo razgrađenog slada.

### 3. 3. Ukomljavanje

Ukomljavanje je postupak miješanja sladne prekrupe s vodom. Velik dio sladne prekrupe je slabo topljiv u vodi pa se enzimskom hidrolizom takvi sastojci prevode u dobro topljiv oblik. S obzirom na kemijski sastav sladne prekrupe najvažnije su: enzimska razgradnja škroba (kojom se u vodi slabo topljivi škrob razgrađuje do u vodi dobro topljive glukoze),  $\beta$ -glukana (koji se također razgrađuje do glukoze) i proteina (koji se razgrađuju do aminokiselina). (Marić, 2009.)

#### 3. 3. 1. Hidroliza škroba

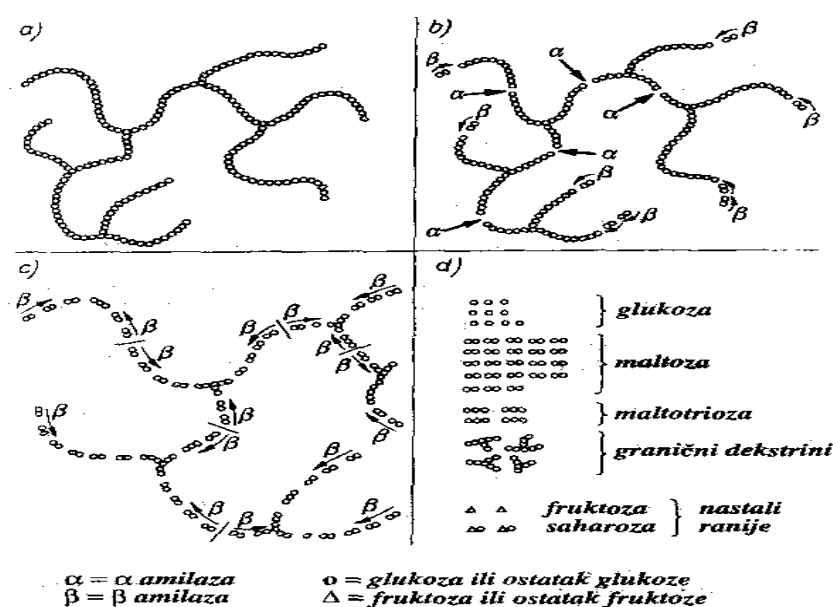
Škrobna sirovina suspendirana u vodi na sebe veže molekule vode. Zbog toga škrobna zrnca bubre, njihova ovojnica puca i stvara se škrobni lijepak. Nakon stvaranja škrobnog lijepka započinje hidroliza škroba pomoću enzima  $\alpha$ -amilaze koji razgrađuje duge lance amiloze i amilopektina do dekstrina (oligomera građenog od 7 - 12 glukoznih jedinica). Temperatura pri kojoj se sintetizira enzim  $\alpha$ -amilaza kreće se oko 72 – 75 °C pri pH 5,6 - 5,8.

Ako se komina ohladi na 60 – 65 °C, aktivira se enzim  $\beta$ -amilaza koji započinje razgradnju dekstrina s nereducirajućeg kraja molekule uz odcjepljivanje po dvije glukozne jedinice (odnosno jedne molekule maltoze). Zbog neparnog broja

glukočnih molekula u dekstrinim lancima osim maltoze nastaju i šećeri glukoza i maltotrioza. (Anonymus, 2008.)

Amilopektin +  $\alpha$ -amilaza (temp.: 72 – 75 °C; pH: 5,6-5,8) → dekstrini

Dekstrini +  $\beta$ -amilaza (temp.: 60-65°C, pH: 5,4-5,5) → glukoza, maltoza, maltotrioza (Marić, 2009)



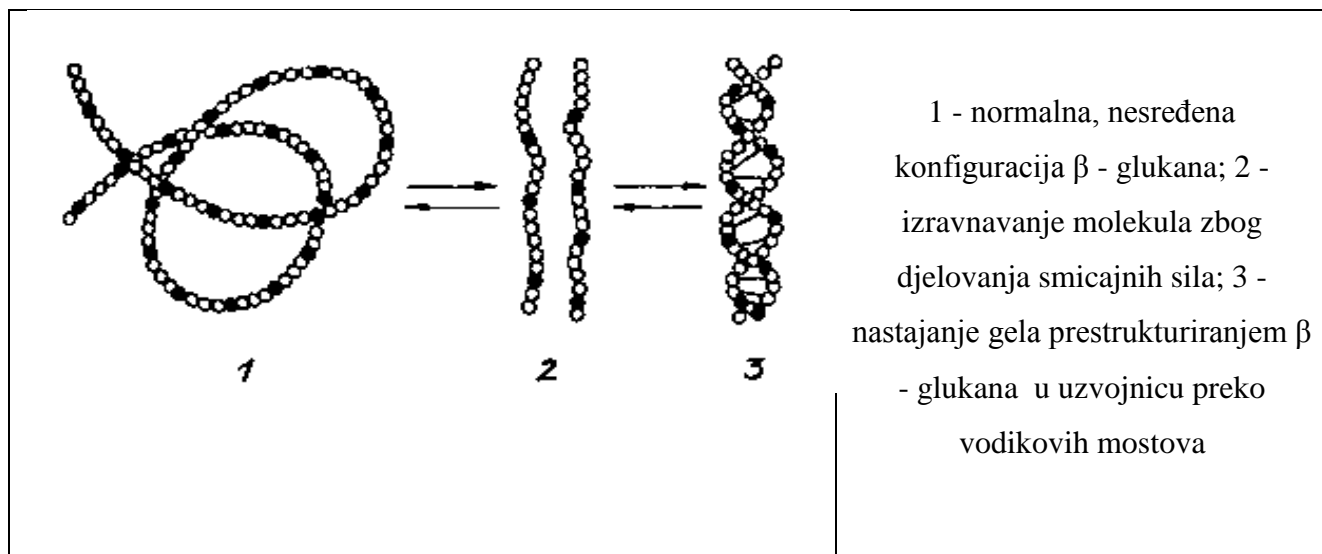
**Slika 3. Hidroliza škroba tijekom ukomljavanja (The Beer Brewing Process: Wort Production and Beer Fermentation, 9.7.2015.)**

### 3. 3. 2. Razgradnja $\beta$ -glukana

Tijekom slađenja,  $\beta$ -glukan se ne razgrađuje u potpunosti zbog čega nastaje  $\beta$ -glukanski gel koji usporava cijedenje sladovine i filtraciju piva. Stoga  $\beta$ -glukan treba razgraditi prije hidrolize škroba. Razgradnju provode enzimi  $\beta$ -glukanaza i  $\beta$ -glukan solubiza iz slada. (Anonymus, 2008.)

$\beta$ -glukan +  $\beta$ -glukanaza (temp.: 45-50°C) →  $\beta$ -glukanski dekstrin

$\beta$ -glukan +  $\beta$ -glukan-solubiza (temp.: 60-65°C) → otopljeni  $\beta$ -glukan



**Slika 4. Razgradnja  $\beta$ -glukana** (The Beer Brewing Process: Wort Production and Beer Fermentation, 9.7.2015.)

### 3. 3. 3. Razgradnja proteina

Enzimska razgradnja proteina odvija se pri 45 – 55 °C , ali ne prestaje ni pri višim temperaturama. Pri 45 °C nastaju razgradni proizvodi koji su nužni sastojci sladovine jer služe kao izvor dušika u metabolizmu kvasca. Pri 55 °C nastaju makromolekulski sastojci koji imaju pozitivan utjecaj na stabilnost pjene i punoću okusa piva, no njihov udjel treba držati pod nadzorom jer izazivaju koloidno zamućenje piva. (Marić, 2009.)

### 3. 3. 4. Razgradnja drugih sastojaka

Enzimi fosfataze razgrađuju organski vezane fosfate. Jedan dio fosfata taloži se sa solima iz vode dok ostatak sudjeluje u procesu alkoholnog vrenja sladovine. (Anonymus, 2006.)

## 3. 4. Filtracija ili cijedenje sladovine iz ošćerene komine

Ošćerena komina sastoji se od otopljenih i suspendiranih sastojaka usipka u vodi. Tekući dio komine s otopljenim sastojcima naziva se prvijenac ili sladvina, a suspendirani dio je trop. Nakon završene hidrolize sladvina se cijedi kroz sloj tropa istaloženog na perforiranom dnu

cijednjaka, odnosno kade za filtraciju. Isto tako filtracija se može provoditi kroz filtarsko platno na filtarskim pločama u tzv. kominskom filtru. (Marić, 2009)

### **3. 5. Kuhanje i hmeljenje sladovine**

Kuhanje sladovine traje 1 do 2 sata. Tijekom procesa kuhanja dolazi do sljedećih promjena:

1. Povećanje kiselosti sladovine
2. Smanjenje udjela dimetil sulfida
3. Otapanje i pretvorba sastojaka hmelja
4. Nastajanje proteinsko - taninskih kompleksa
5. Otparavanje vode

#### **3. 5. 1. Povećanje kiselosti sladovine**

Kuhanjem sladovine nastaju melanoidini koji smanjuju pH vrijednost sladovine. Prije početka kuhanja, pH vrijednost sladovine je 5,8 - 5,9, a nakon završetka kuhanja ona se smanjuje na 5,5 - 5,6. Niža pH vrijednost ubrzava taloženje proteinsko - taninskog kompleksa, sprječava pojačanje intenziteta boje sladovine i povećava osjetljivost mikroorganizama.

#### **3. 5. 2. Smanjenje udjela dimetil sulfida**

Dimetil sulfid prelazi iz slada u sladovinu i daje neugodan miris i okus pivu. Ovaj spoj lako je isparljiv i dužim kuhanjem prelazi u slobodni dimetil sulfid koji se gubi tijekom isparavanja vode.

#### **3. 5. 3. Otapanje i pretvorba sastojaka hmelja**

Sladovini se dodaju hmeljne šišarice ili hmeljni pripravci iz kojih se ekstrahiraju gorke sastojci ( $\alpha$ - i  $\beta$ - kiseline), hmeljno ulje koje djeluje antiseptički i taninski sastojci koji pospješuju koagulaciju proteina.

#### **3. 5. 4. Nastajanje proteinsko - taninskih kompleksa**

Po završetku kuhanja dolazi do loma sladovine, tj. pahuljenja i taloženja proteinsko - taninskog kompleksa. Uzrok tome je smanjenje pH vrijednosti sladovine. Hlađenjem kuhane sladovine proteinsko - taninski kompleks taloži se na dno posude. Takav talog naziva se „topli“ ili „grubi“ talog.

### **3. 5. 5. Otparavanje vode**

Kuhanjem se razrijeđena sladovina koncentrira na zadanu koncentraciju ekstrakta. Dužina kuhanja sladovine ovisi o koncentraciji ekstrakta u sladovini prije i nakon kuhanja te intenzitetu otparavanja vode.

### **3. 6. Bistrenje, hlađenje i aeriranje sladovine**

Sladovina se hladi na početnu temperaturu vrenja (6 – 8 °C). Hlađenje se vrši preko pločastog hladnjaka. Tijekom hlađenja izdvajaju se spojevi proteina i tanina zbog čega se sladovina zamućuje. Iz sladovine je potrebno ukloniti oko 70 % proteinsko - taninskog taloga. (Briggs i sur., 2004.)

**Tablica 1. Uređaji/postupci za uklanjanje taloga** (Marić, 2009.)

<b>Uređaj/postupak</b>	<b>Uspješnost uklanjanja hladnog taloga (% od ukupnog hladnog taloga)</b>
Tava za hlađenje	15 - 30
Centrifugiranje hladne sladovine	50
Centrifugiranje vruće sladovine	50 - 55 (nakon snažne aeracije)
Hladno taloženje	45 - 50
Flotacijski tankovi	60 - 65
Filtracija (perlit)	75 - 85

Ohlađenu bistru sladovinu treba aerirati prije nacjepljivanja s kvascem kako bi se u njoj otopilo dovoljno kisika potrebnog stanicama za razmnožavanje i biosintezu staničnih sastojaka. U tu svrhu koriste se porozne svijeće od keramike ili sinteriranog metala, uređaji s Venturijevom cijevi, dvokomponentnim mlaznicama, statičkim ili centrifugalnim mješačem koji se ugrađuju u sladovinski vod. (Marić, 2009.)



### **3. 7. Vrenje sladovine**

Ohlađena i aerirana sladovina naciepljuje se čistom kulturom pivskog kvasca tijekom procesa prebacivanja sladovine u posude za vrenje, odnosno cilindrično - konusne tankove.

U pivarskoj se praksi koriste dva postupka vrenja:

- klasični postupak
- suvremeni postupak

#### **3. 7. 1. Klasični postupak**

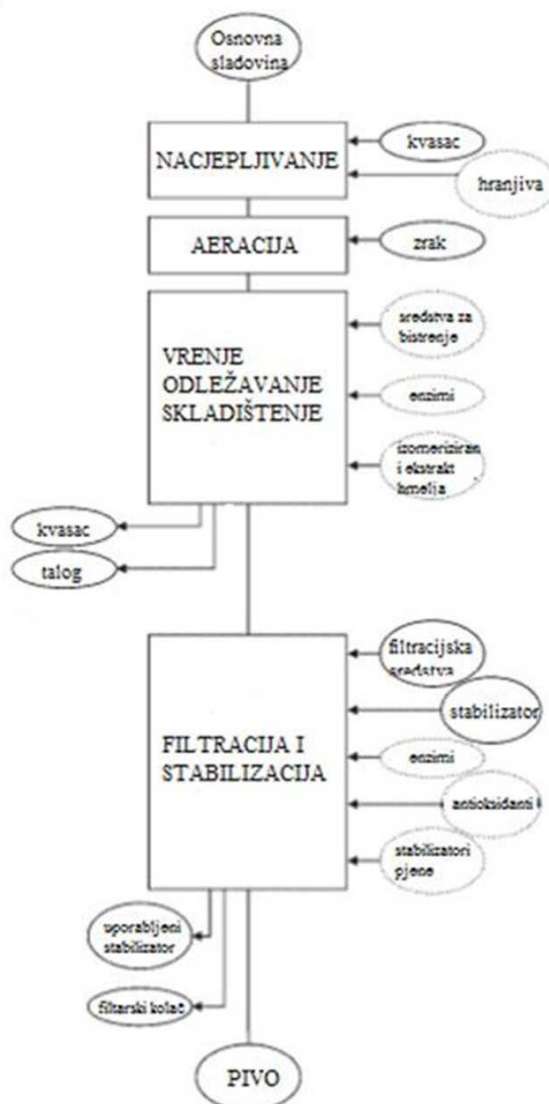
Glavno vrenje započinje u jednom tanku u posebnom odjelu pivovare, tzv. vrionom podrumu, a nastavlja se kao naknadno vrenje, dozrijevanje ili odležavanje mladog piva u drugom tanku koji se nalazi u ležnom podrumu.

#### **3. 7. 2. Suvremeni postupak**

Glavno vrenje započinje u cilindrično - konusnom fermentoru, smještenom najčešće na otvorenom prostoru, u kojem se nastavlja naknadno vrenje nakon ispuštanja glavnine kvasca.

Za naciepljivanje sladovine koristi se čista kultura pivskog kvasca.

Pivski kvasac počinje se umnožavati u laboratoriju od jedne stanice, a nastavlja se u pogonu da bi se dobila potrebna masa stanica za naciepljivanje sladovine u fermentorima za glavno vrenje. (Marić, 2009.)

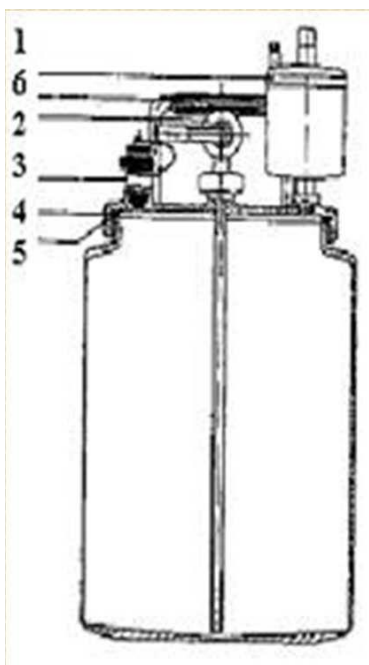


**Slika 5. Shematski prikaz vrenja i odležavanja** (Mikrobiološke i kemijsko-fizikalne metode nadzora procesa proizvodnje piva, 27.5.2015.)

### 3. 8. Razmnožavanje čiste kulture kvasca

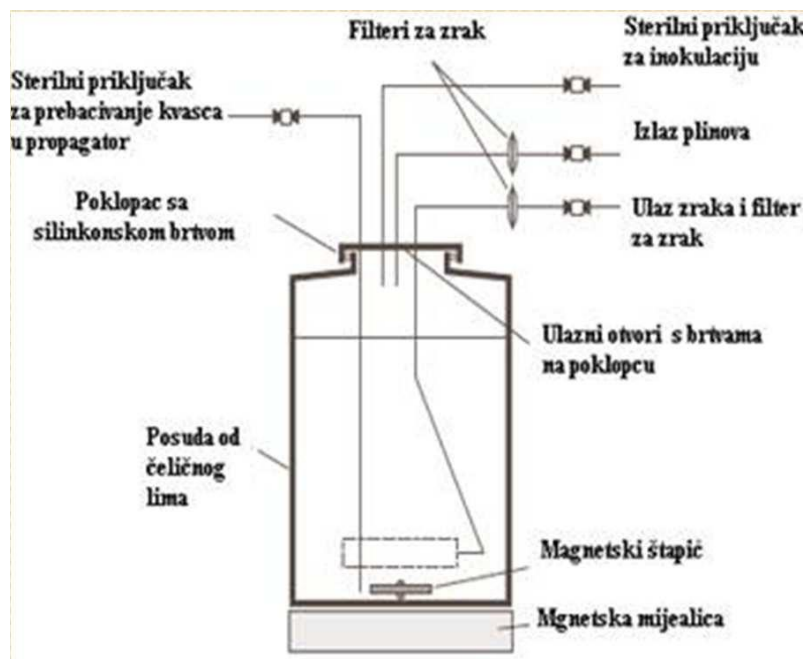
Sastoji se od dvije faze:

1. **Priprema laboratorijske kulture** koja započinje prenošenjem čiste kulture izrasle na kosom agaru u 10 mL sladovine, a nastavlja se precjepljivanjem u tikvice sa sve većim volumenom sladovine (omjer precjepljivanja 1:5 do 1:10)
2. **Propagacija u pogonu** započinje prebacivanjem laboratorijske kulture u Carlsberšku posudu ili njenu moderniju varijantu gdje se kvasac kratkotrajno umnožava prije prenošenja u pogon i precjepljivanja u posude za propagaciju većeg volumena. (Beluhan, 2013.)



1-filtar za sterilizaciju zraka; 2- slavina za uzorkovanje; 3- otvor s gumenom membranom za nacjepljivanje; 4 + 5- navojnice za zatvaranje; 6- ručica za nošenje

**Slika 6. Carlsberška posuda** (Kunze, 1996.)



Slika 7. Suvremena posuda za prienos laboratorijske kulture u pogon (Briggs et al., 2004.)

## 4. NADZOR PROIZVODNJE GOTOVOG PIVA

Nadzor proizvodnje piva sastoji se od mikrobiološkog nadzora, uklanjanja nepoželjnih mikroorganizama čišćenjem i dezinfekcijom, kemijsko-tehnološkog nadzora i organoleptike gotovog proizvoda, praćenja gubitaka tijekom tehnološkog procesa te ocjene uspješnosti tehnološkog procesa. (Marić, 2009)

### 4. 1. Mikrobiološki nadzor piva

U proizvodnji piva mogu se pojaviti specifični mikroorganizmi podijeljeni u 3 grupe:

**Neškodljivi**, tzv. prateći mikroorganizmi, koji se ne mogu razmnožavati u pivu pa s vremenom odumiru (plijesni, različite vrste bakterija i kvasaca), no njihova prisutnost je indikator prisustva i štetnih mikroorganizama.

**Potencijalno štetni** mikroorganizmi, razmnožavaju se samo u za njih povoljnim uvjetima: povećan udjel kisika u pivu, relativno visoka pH vrijednost piva (4,7 - 4,8), mali udjel gorkih sastojaka hmelja i visoka koncentracija neprevrelog ekstrakta. Predstavnici su bakterije *L. casei*, *S. lactis*, *P. cerevisiophilus*, *M. cerevisiae* i rod *Enterobacteriaceae*. Posljedice njihova rasta u pivu su: promjena pH vrijednosti zbog nastajanja mliječne kiseline i loš okus te potpuno kvarenje piva (*P. cerevisiophilus* i *M. cerevisiae*).

**Obligatno štetni** mikroorganizmi, imuni su na odsustvo kisika i niske pH vrijednosti. Izazivaju promjenu okusa i mirisa piva, mogu tvoriti talog i zamućuju pivo. Najčešće su to bakterije mliječno-kiselog vrenja *L. brevis*, *L. lindneri*, *L. frigidus* i *P. damnosus*. Među njima se mogu naći i stanice kvasaca koje izazivaju promjenu okusa, zamućenje i talog: radni kvasac, divlji kvasci iz roda *Saccharomyces*, te sojevi iz rodova *Brettanomyces*, *Torulopsis*, *Hansenula* i *Candida*. (Beluhan, 2013.)

**Tablica 2. Rodovi bakterija i divljih kvasaca pronađeni u pivovarama (Van Vuuren, 1996.)**

<b>Gram-pozitivne bakterije</b>	<b>Gram-negativne bakterije</b>	<b>Divlji kvasci</b>
<i>Bacillus</i>	<i>Acetobacter</i>	<i>Brettanomyces</i>
<i>Lactobacillus</i>	<i>Acinebacter</i>	<i>Candida</i>
<i>Leuconostoc</i>	<i>Alcaligenes</i>	<i>Cryptococcus</i>
<i>Micrococcus</i>	<i>Citobacter</i>	<i>Deboryomyces</i>
<i>Pediococcus</i>	<i>Enterobacter</i>	<i>Endomyces</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>Flavobacterium</i>	<i>Hansenula</i>
	<i>Gluconobacter</i>	<i>Cloeckera</i>
	<i>Klebsiella</i>	<i>Pichia</i>
	<i>Megasphaera</i>	<i>Rhodotorula</i>
	<i>Obesumbacterium</i>	<i>Saccharomyces</i>
	<i>Pectinatus</i>	<i>Torulopsis</i>
	<i>Proteus</i>	<i>Zygosaccharomyces</i>
	<i>Pseudomonas</i>	
	<i>Zymomonas</i>	

Kvaliteta piva uvjetovana je besprijekornom mikrobiološkom čistoćom pogona. Zbog toga se u pogonu često uzimaju uzorci za kontrolu. Cilj mikrobiološkog nadzora je ustanoviti gdje i kako mikroorganizmi dospjevaju u sladovinu ili pivo te ukoniti sve nečistoće koje mogu poslužiti kao hranjiva podloga mikroorganizmima. Uzorci za kontrolu se uzimaju s kritičnih mjesta kao što su mjerni uređaji i cjevovodi za njihovo povezivanje, ventili s čepovima i poklopcima, gumena crijeva, perilica boca i punilica boca sa čepom. Mikrobiološka kontrola uključuje i stalni nadzor čiste kulture kvasaca (prije nacjepljivanja i nakon vrenja), vode za ispiranje i zraka za aeraciju sladovine. (Marić, 2009)

Sve nečistoće u pivarstvu uklanjaju se na dva načina:

- CIP postupkom (*cleaning in place*) – poluautomatsko ili automatsko čišćenje uređaja bez prethodne demontaže.
- COP postupkom (*cleaning out place*) – automatsko čišćenje proizvodnih uređaja uz prethodnu demontažu. (Šubarić i Babić, 2006.)

**Tablica 3. Tipovi uzoraka i njihova obrada** (Kunze, 1996.)

Tip uzorka	Naziv i svojstvo	Postupak obrade
1.	Bistri uzorci piva za ispiranje	Membranska filtracija i inkubacija na hranjivom agaru ili hranjivom bujonu
2.	Uzorci kvasca	Proba vrenja u amonijakalnoj sladovini ili nacjepljivanje na agar ili bujon
3.	Mutni uzorci piva s kvascem	Metoda koncentriranja u hranjivoj podlozi za dokazivanje štetnih bakterija ili test stabilnosti
4.	Uzorci sladovine	Membranska filtracija ili metoda koncentriranja u hranjivoj podlozi za dokazivanje štetnih bakterija
5.	Uzorci zraka	Otklopljene petrijevke
6.	Uzorci briseva	Obogaćivanje u tekućoj fazi ili membranska filtracija

#### 4. 2. Kemijsko tehnološki nadzor piva

Stalni nadzor proizvodnog procesa omogućava proizvod ujednačene kvalitete. Proizvodnja piva obuhvaća niz kemijskih analiza tijekom kojih se određuju udjel ekstrakta i alkohola, stupanj prevrenja, pH vrijednost, udjel diacetila, stabilnost pjene, gorčina, udjel kisika i drugih sastojaka piva.

##### 4. 2. 1. Osnovna kemijska analiza

Osnovnom kemijskom analizom određuje se količina ekstrakta u osnovnoj sladovini upotrebljenoj za vrenje, koji se razlikuje od ekstrakta ohlađene sladovine prije njenog nacjepljivanja s kvascem. (Marić, 2009)

Najznačajnije kemijske analize su:

#### 4. 2. 1. 1. Ekstrakt osnovne sladovine

Koncentracija ekstrakta u osnovnoj sladovini ( $p$ ) pokazatelj je jačine piva. Određuje se izravnim mjerenjem pomoću saharometra ili se može izračunati iz analize gotovog piva pomoću Ballingove formule, koja se temelji na eksperimentalno ustanovljenim podacima gdje od 2,0665 g ekstrakta u prosjeku nastaje: 1,0 g etanola, 0,9565 g CO<sub>2</sub>, 11 g biomase kvasca:

$$p = \frac{(a \times 2,0665 + e) \times 100}{\text{udjel alkohola (\% ; tež / tež)}}$$

gdje je:

$a$  = analitički određen udjel alkohola u pivu

$e$  = analitički određen udjel pravog ekstrakta u pivu

#### 4. 2. 1. 2. Diacetil

Sadržaj vicinalnih diketona (VDK) je pokazatelj završetka glavnog vrenja. (Marić, 2009)<sup>1</sup> Ove organske tvari su normalan produkt vrenja, a diacetil, najvažniji predstavnik vicinalnih diketona, daje pivu nepoželjnu aromu na maslac. Prag okusa je oko 0,150 mgL<sup>-1</sup>, stoga se smatra da je nastupio kraj glavnog vrenja kada je sadržaj VDK ispod te vrijednost, za što je potrebno 5 do 8 dana. Stanice kvasaca razlažu ove tvari tijekom vrenja. Diacetil može nastati naknadno u pivu uslijed kontaminacije laktobacilima i pediokokima. (Interni materijali pivovare Heineken Hrvatska d.o.o, 2014.)

Svrha metode je određivanje vicinalnih diketona, uglavnom diacetila i 2,3-pentadiona u pivu spektrofotometrijom ultraljubičastim zrakama. (Dipl. Brew. Module 2) Metoda se može primijeniti na sva filtrirana piva. U nematuriranom pivu prekursori vicinalnih diketona su također mjerljivi.

Vicinalni diketoni se destiliraju iz piva. Dobiveni destilat se miješa s otopinom o-fenilendiamina pri čemu nastaju derivati kinoksalina. Nakon zakiseljavanja određivanje koncentracije produkata vrši se spektrofotometrijski.

#### 4. 2. 1. 3. Gorčina

Svrha analize je određivanje gorkih supstanci u pivu ili radleru. (Interni materijali pivovare Heineken Hrvatska d. o. o) To su uglavnom izo- $\alpha$ -kiseline. (Marić, 2009)



Gorčina okusa u pivu potječe uglavnom od izomeriziranih alfa kiselina iz hmelja, iako oksidacijski produkti  $\beta$ -kiselina također mogu doprinijeti gorčini. U hmelju postoje tri analogna oblika  $\alpha$ -kiselina u različitim omjerima, ovisno o varijetetu hmelja: humulonska (35-70 %), adhumulonska (10 – 15 %), kohumulonska (20 – 55 %).

Izomerizirane forme tih kiselina (izohumulonska, izo-ad-humulonska, izo-ko-humulonska) sve imaju *cis*- i *trans*- izomere. U hmelju postoje također navedene kiseline i to u različitim omjerima.

Različiti izomeri tih kiselina utječu na gorčinu, no ne toliko na intenzitet gorčine koliko na kvalitetu gorčine (npr. relativno visoka razina izo-ko-humulonske kiseline uzrokuje oštriju, neugodniju gorčinu).

Gorčina piva nije samo posljedica izo- $\alpha$  kiselina, može biti posljedica spojeva koji nastaju oksidacijom  $\alpha$  i  $\beta$ - kiselina ili čak reakcijski produkti izo-alfa kiselina od kojih su neki npr. antiizohumuloni i alloizohumuloni još gorkiji od izo- $\alpha$  kiselina. Huluponi nastali oksidacijom  $\beta$ - kiselina su jednako gorki kao i izo komponente i odgovorni su za otprilike 10 % gorčine uzrokovane hmeljom. (Dipl. Brew. Module 2)

Gorčina se klasično mjeri analitički u međunarodnoj jedinici IBU. Jedna IBU jedinica ekvivalentna je 1 mg izo- $\alpha$  kiseline u 1 L vode ili piva. Tradicionalna metoda analize uključuje ekstrakciju 10 mL zakiseljenog piva s 20 mL izooktana, centrifugiranje i mjerenje apsorbancije izooktanskog ekstrakta pri 275 nm sa UV spektrofotometrom.

$$IBU = A_{275} \times 50$$

Ova, ponešto gruba, spektrofotometrijska metoda se prevodi u stvarnu senzoričku gorčinu koja se ne zadržava samo na koncentraciji  $\alpha$ - kiselina. (Interni materijali pivovare Heineken Hrvatska d. o. o, 2014.)

**Tablica 4. Intenzitet gorčine** (Beer Flavour – Section 2.8.2)

Jačina gorčine	IBU (mg L <sup>-1</sup> )
Ispod praga	≤ 10
Niska	11-24
Srednja	25-39
Jaka	≥ 40

Ovu metodu određivanja gorčine je najbolje primijeniti na pivo koje se proizvodi od cijelog hmelja ili peleta. Izmjerena IBU vrijednost također obuhvaća i tvari koje nisu gorke ili su slabo gorke, ali se također mogu ekstrahirati u izooktanu i apsorbiraju pri 275 nm. Ako pivo sadrži puno takvih, korelacija između IBU i senzoričke vrijednosti može odstupati u slaganju.

Ova metoda u nekim slučajevima nije dovoljno pouzdana. Jedina potpuno pouzdana metoda određivanja gorčine je visoko protočna tekuća kromatografija (HPLC). Na ovaj način moguće je kvantificirati sve izomere izo-  $\alpha$  kiseline. (Dipl. Brew. Module 2)

Ako je prisutan kvasac, uzorak mladog piva mora biti izbistren centrifugiranjem.

#### 4. 2. 1. 4. Stabilnost pjene

Stabilnost pjene važan je pokazatelj kvalitete piva. Određuje se metodom po Rossu i Clarku (vizualno praćenje i određivanje prosječnog vremena trajanja mjehurića pjene) ili NIBEM metodom pomoću pokretne elektrode s dugim iglama koje mjere brzinu opadanja pjene u sekundama.

#### 4. 2. 1. 5. Koloidna stabilnost

Kod određivanja koloidne stabilnosti koristi se tzv. *Forcing test*. Barem pet boca nepasteriziranog piva zagrije se na 40 °C ili pasterizira na 60 °C. Nakon 24 sata uzima se prva boca i hladi na 0 °C te se mjeri mutnoća piva. Postupak se ponavlja sljedećih dana s jednom od preostalih boca tako dugo dok mutnoća ne poraste na 2 EBC jedinice. Tako se dobije broj tzv. toplih dana, koji se množi s faktorom konverzije što predstavlja približnu vrijednost koloidne stabilnosti izražene u danima.

#### 4. 2. 1. 6. Udjel CO<sub>2</sub>

Udjel CO<sub>2</sub> u pivu odgovoran je za trajnost piva i obično se kreće od 0,45 - 0,60 % kod piva donjeg vrenja. Za mjerenje se koriste manometrijska i titrimetrijska metoda. ( Interni materijali pivovare Heineken Hrvatska d. o. o, 2014.)

**Tablica 5. Primjeri parametra i granica kakvoće standardnog 12%-tnog svijetlog lager piva ( Marić, 2009.)**

Parametar	Jedinica mjere	Ciljana vrijednost	Dozvoljeni raspon
Ekstrakt u osn.sladovini	%	11,90	11,80-12,20
Pravi ekstrakt	%	4,00	3,75-4,20
Prividni ekstrakt	%	2,20	1,90-2,30
Konačni ekstrakt	%	1,95	1,65-2,05
Alkohol	% tež./tež.	4,00	4,00-4,15
Alkohol	% vol./ vol.	5,10	5,10-5,30
pH	-	4,20	4,05-4,30
Boja	EBCj.	7,50	6,50-8,50
Bistoća/ mutnoća	EBCj.	0,50	0,50
Gorčina	EBCj.	21,00	19,00-22,00
CO <sub>2</sub>	g L <sup>-1</sup>	5,20	5,00-5,50
Ukupni dušik	mg L <sup>-1</sup>	500	450-550
Koagulirajući dušik	g L <sup>-1</sup>	10	8-12
Polifenoli	mg L <sup>-1</sup>	105	90-120
Oksalati	mg L <sup>-1</sup>	20	15-25
Forcing test	EBCj.	2,0	2,0

## 5. SENZORSKA ANALIZA PROIZVODA

Senzorskom analizom se tumače reakcije koje opažaju osjetilo vida, mirisa, okusa i sluha. Upravo su ljudska osjetila parametri koji se koriste u ocjenjivanju senzorske kvalitete proizvoda. Na osnovu mirisa, okusa, izgleda, teksture i zvuka određuje se prosudba prihvaćanja nekog proizvoda.

### ➤ **Mirisna svojstva**

Čovjek je predstavnik živih bića kojima njih nije pretjerano razvijen. Površina sluznice koja njuši iznosi 5-6 cm<sup>2</sup> s oko 15 000 receptora. Njuh kod ljudi služi kao izvor užitka, što potvrđuje proizvodnja i prodaja parfema.

Kod normalnog udisanja zrak prolazi kroz donji nosni hodnik, dok kod intenzivnijeg udisanja prelazi u srednji i gornji nosni hodnik. Na taj način dolazi do olfaktorske regije ( lat. olfacio-mirisati). Njuh nastaje tek kada zrak zasićen hlapljivom tvari dopre do te regije.

Kod utvrđivanja mirisa, prostor mora biti prozračen, jer ispitivač teže raspoznaje mirise ukoliko je prostor zasićen nekim mirisom.

### ➤ **Svojstvo okusa**

Okus je vrsta osjeta koja obuhvaća četiri osnovne karakteristike: slatko, slano, kiselo i gorko. Ovim osnovnim okusima pridružili su se metalni i umami.

Receptori za okus su okusni pupoljci koji se nalaze u usnoj šupljini, na površini jezika, u području korijena, vrha i rubova jezika te i na mekom nepcu. Pomoću njih se kuša hrana i utvrđuje pogodnost ili nepogodnost hrane za organizam. Osjetljivost na razne okuse varira u različitim dijelovima jezika pa se tako slatko najbolje osjeća vrškom jezika, slano vrškom i rubovima u prednjem dijelu, kiselo se najbolje osjeća na rubnim dijelovima, a gorko je najintenzivnije na stražnjem dijelu jezika.

### ➤ **Konzistencija, tekstura**

Senzorsku ocjenu ovih parametara mogu odrediti samo stručnjaci koji se bave problematikom pojedinih skupina proizvoda. Za ocjenjivanje konzistencije (kod tekućina) i teksture (kod krutina) najširu primjenu ima metoda kušanja, odnosno žvakanja. Pri tome se ocjenjuju: žilavost, tvrdoća, mekanost, elastičnost i nježnost proizvoda.

### ➤ **Zvuk**

Jedan od osnovnih parametara senzorske kvalitete je zvuk koji se javlja prilikom konzumiranja namirnice. Temelji se na osjetu sluha kojim se registrira titranje zračnih čestica.

Zvuk koji nastaje prilikom konzumacije proizvoda može pozitivno djelovati na konzumenta, no isto tako može negativno utjecati na ukupan dojam ili ocjenu samog proizvoda. Primjer je zvuk škripanja pijeska iz nedovoljno opranog lisnatog povrća. S druge strane, hrskavi zvuk čipsa izaziva osjećaj zadovoljstva kod potrošača.

### ➤ **Izgled**

Izgled se zasniva na osjetu vida. Opće značajke vida su: bistrina, veličina, oblik, tekstura površine i boja.

Na razvoj senzorske analize najviše je utjecala konkurencija tržišta. Upravo zbog konkurencije, proizvođačima je sve teže osvojiti novo tržište ili se još jače plasirati na postojeće.

U prehrambenoj industriji neprestano se nešto mijenja: jedna sirovina se zamjenjuje drugom, stari strojevi se zamjenjuju novim, mijenja se oblik ili veličina nekog proizvoda i sl. Zbog toga se svakodnevno provode senzorska testiranja kojima se utvrđuju razlike koje mogu biti prihvatljive ili neprihvatljive za konzumente.

## **5. 1. Uzorci za testiranje**

Kako bi senzorska analiza bila uspješna, važno je odabrati odgovarajući broj reprezentativnih uzoraka za objektivno ocjenjivanje. Vođa panel skupine odlučuje o tome koliko je uzoraka dovoljno za podmirenje zahtjeva testa. Ponekad se broj uzoraka za testiranje može smanjiti ukoliko se upotrijebi reprezentativna skupina.

Kod ocjenjivanja izgleda, senzoričar je u mogućnosti ispitati više proizvoda nego kada se ocjenjuju okus ili miris; zbog toga što okus i miris dovode do zamora. Ako proizvodi imaju jaču aromu ili miris, senzoričar ispituje manje proizvoda.

Broj postavljenih pitanja o uzorku kao i iskustvo ocjenjivača utječu na broj uzoraka za ispitivanje. Treniran i iskusan ocjenjivač savladat će više zadataka nego početnik, jer ima šire i bolje spoznaje o svim značajkama proizvoda.

Kod senzorske analize važno je obratiti pažnju i na pripremu i prezentaciju uzoraka. Ukoliko istodobno ocjenjuje devet ispitivača, važno je osigurati devet radnih mjesta i pripremiti dovoljno uzoraka za devet ocjenjivača.

## **5. 2. Psihološke grješke pri senzorskoj procjeni**

Osim loše fizičke kondicije, na senzorsku analizu mogu utjecati psihološka kondicija i psihološke grješke.

### **5. 2. 1. Grješka očekivanja**

Grješka očekivanja može smanjiti vrijednost testa te se mora spriječiti prešućivanjem podrijetla uzoraka i ne davati panelistima bilo kakve informacije prije testa. Uzorcima koji se ispituju nasumično se dodjeljuju brojevi, a redosljed prezentacije mora biti slučajan.

### **5. 2. 2. Poticajne grješke**

Na ukupnu ocjenu mogu utjecati nevažni detalji, kao što su stil ili boja ambalaže. Pivo se može pakirati u jeftiniju ambalažu, ali tada postoji mogućnost da taj proizvod ostvari niže ocjene kakvoće. Kada nešto sugerira razliku, panelist će ju naći, čak i kada ne postoji.

### **5. 2. 3. Redosljed prezentacije uzoraka**

Ako se neki proizvod visoke kvalitete ocjenjuje u skupini loših, postoji mogućnost da će taj dobar biti ocjenjen slabije. Tijekom ispitivanja dolazi do laganih promjena, od npr. gladi kod prvog uzorka do umora kod zadnjeg uzorka. Često se prvi uzorak nevjerojatno preferira. Zbog toga je redosljed prezentacije uzoraka po zakonu slučajnosti, a postiže se pomoću računala ili tablica slučajnih brojeva.

### **5. 2. 4. Halo efekt**

Kada se ispituje više od jednog svojstva uzorka, može se dogoditi da ocjene utječu jedna na drugu. Npr. ako neki proizvod nije dobro percipiran, većina njegovih svojstava neće biti dobro ocijenjena. Zbog toga se daje poseban set uzoraka kod ocjenjivanja naročito važnih svojstava.

### **5. 2. 5. Međusobna sugestija**

Panelisti međusobno utječu jedan na drugog, stoga se oni podijele u bokseve kako jedan drugome ne bi vidjeli izraz lica ili međusobno razmjenjivali mišljenja.

### 5. 2. 6. Nedostatak motivacije

Voda panela odgovoran je za stvaranje ozračja u kojemu će se panelisti osjećati ugodno, jer motiviran panelist uvijek je uspješniji od nezainteresiranog i nemotiviranog panelista.

(Mandić i Perl, 2006)

### 5. 3. Organoleptika gotovog proizvoda

Senzorskim ispitivanjem određuju se svojstva koja utječu na organoleptički doživljaj piva, kao npr. boja, mutnoća, gorčina, visina i trajnost pjene. (Interni materijali pivovare Heineken Hrvatska d. o. o, 2014.9) Potrošače najviše zanima ocjena piva pomoću vlastitih osjetila, kojim se ocjenjuju čistoća okusa, miris, svježina i intenzitet gorčine. Upravo se zbog toga pivo podvrgava internoj organoleptičkoj ocjeni prije i nakon otakanja u ambalažu. Ocjenjivanje provode školovani ocjenjivači koji su prošli trening raspoznavanja okusa razrijeđenog, zaslađenog i zagorčenog piva. Za odabir ocjenjivača, primjenjuju se testovi s:

- dvije čaše, da se ustanovi može li osoba razlikovati uzorke te može li opisati uočenu razliku
- tri čaše u kojima ocjenjivači dobivaju dva uzorka jednog od piva koje se ocjenjuje (A ili B) u slijedu AAB, BBA, ABA, BAB kako bi otkrili uzorak koji ne zadovoljava i obrazložili zašto. (Marić, 2009)

Senzorsko ocjenjivanje obavlja se uz strogo definirana pravila. Temperatura svih posluženih uzoraka treba biti unutar određenih granica. Čaše moraju biti od obojenog stakla kako bi se prikrila vizualna razlika da se spriječi predrasuda u samom startu, a uzorci šifrirani. Pivo se natače u čašu tako da ne tvori pjenu. Uzorci se probavaju jedan po jedan, s lijeva na desno. Osjećaj mirisa i okusa između svakog uzorka neutralizira se krekerima ili vodom. Svaki ocjenjivač nalazi se u posebnoj kabini ili su ocjenjivači razdvojeni ogradom s tri strane. Prostorija za ocjenjivanje je adekvatno osvijetljena. Isti poredak prezentacije upotrebljava se za svakog člana panela uključenog u degustaciju, što omogućava optimalnu usporedbu. (Interni materijali pivovare Heineken Hrvatska d. o. o, 2014.)

Važno je razlikovati organoleptička od senzorskih svojstava. Organoleptičar zapaža svojim osjetilima i on se bazira na svojem dojamu, a ne na analizi svoje impresije. Senzorski analitičar mjeri svojim osjetilima, upotrebljava egzaktno metode, sudjeluje na treninzima senzorskih analitičara i radi u skupini čiji se rezultati statistički obrađuju.(Mandić i Perl, 2006.)

Dakle, organoleptička testiranja su više kvalitativna, subjektivna metoda, dok su senzorička testiranja više na znanstvenoj bazi.

Neki od problema preferentnih testova su iskrivljavanje rezultata, korištenje malog broja uzoraka, problem u mentalnoj transformaciji iz školovanog senzoričara u potrošača i na kraju interpretiranje rezultata. Također, korištenje preferentnih testova u određivanju senzoričke kvalitete nema praktičnog smisla. Primarna uloga kontrole kvalitete je proizvesti konzistentan proizvod neovisno o osobnoj preferenciji.

Senzorička istraživanja piva su danas vrlo važna za dobivanje kvalitetnog proizvoda.

Većina proizvođača alkoholnih pića provodi nekakav oblik evaluacije kvalitete okusa. Neke veće tvrtke imaju osnovane odjele za određivanje senzorske kvalitete, dok ostale tvrtke provode senzorička testiranja tijekom samog procesa. Što se tiče kontrole kvalitete proizvoda, mnogi prepoznatljivi brendovi u industriji alkoholnih pića se proizvode dulje nego što se provodi organizirana senzorska ispitivanja kvalitete proizvoda.

Tvrtka Seagram's bila je prva u bilo kojoj industriji koja je počela primjenjivati tehnike senzorske analize četrdesetih godina dvadesetog stoljeća. Kritičan trenutak koji je doveo do razvoja mnogih analitičkih metoda senzorske analize, koje se još uvijek koriste, bilo je zapošljavanje dvojice znanstvenika koji se bave kontrolom kvalitete u laboratoriju američke vojske 1949. Industrija alkoholnih pića je imala značajan utjecaj na razvoj metoda senzoričke evaluacije općenito.(McGrew, 2011.)



### **5. 3. 1. Trening panel kandidata**

Kod testiranja i obuke degustatora kreće se od jednostavnijih testova, najprije za sam odabir degustatora, pa prema složenijim kojim se treniraju njihova osjetila.

Osobe koje su zadovoljile određene kriterije za senzorske analitičare moraju, radi postizanja što boljih rezultata, proći i određeni trening. Svrha treninga je prepoznavanje i identifikacija poželjnih i nepoželjnih okusa i mirisa piva; skaliranje intenziteta tih okusa i mirisa.(Guyot-Declerck i sur., 2005.)

Da bi senzorska analiza bila uspješna, potreban je netko tko će preuzeti odgovornost za test. To je uloga vođe panela/skupine. To je osoba koja je stekla odgovornost za senzorsku analizu i svoje znanje izgradila na iskustvu.(Mandić i Perl, 2006.)

S već definiranim komponentama u kapsulama, kao i učenjem njihova prepoznavanja tijekom treninga, uspostavlja se stalan efekt učenja.( Interni materijali pivovare Heineken Hrvatska d. o. o, 2014.)

### **5. 3. 2. Prostor za testiranje**

Prostor namijenjen senzorskom testiranju jedan je od osnovnih zahtjeva senzorskog programa. Njegova izvedba ovisi o vrsti proizvoda, uzorcima koji se ispituju te o tipu i količini potrebne pripreme. Osim prostora za testiranje, potreban je i prostor za skladištenje proizvoda, zamrzivač, hladnjak te aparati za termičku obradu uzoraka. Važno je da prostor ima ventilaciju i da je dobro osvijetljen. Kod osvijetljenja prostora koristi se ravnomjerno-bijela fluorescentna rasvjeta, a kod prikrivanja boje uzoraka koristi se crveno fluorescentno svjetlo.(Anonymus, 2013.)

Prostor za testiranje mora biti komforan za 10-12 ocjenjivača, plus vođa panela. Opisuje se kao miran prostor bez događaja koji odvrću pozornost, s kontroliranim osvijetljenjem i pregradama između subjekata kako bi se minimalizirao vizualni kontakt. Kabina se sastoji od pulta sa zidovima na 3 strane i malim vratašcima nad pultom kroz koja se dobiva uzorak. Unutar kabine može se, ali i ne mora, nalaziti umivaonik za ispiranje usta. Povoljnije je imati jednokratne spremnike za izbacivanje uzoraka iz usta nakon kušanja, jer umivaonik može predstavljati izvor buke i mirisa.

Idealno je ako je prostor za pripremu uzoraka blizu prostoru za testiranje. Ako nije tako, treba posvetiti pažnju transportu uzoraka i održavanju njihove korektne temperature. Bitno je da

---

ocjenjivači nemaju pristup prostoru za pripremu, jer se na ocjenjivače vrlo lako može utjecati vizualnim znakom, indicijom o uzorcima.

Uzorci se serviraju u čistim, bezmirisnim posudama, bez ikakvih reklamnih natpisa. Zatamnjeno posuđe koristi se kada se želi prikriti boja koja bi mogla biti izvor predrasuda kod nekih ocjenjivača. Između pojedinih uzoraka potrebno je neutralizirati okuse u ustima vodom, kruhom, krekerima i sl.(Mandić i Perl, 2006.)



Hladno svjetlo



Toplo svjetlo



Crveno svjetlo

**Slika 8. Prostor za testiranje** (Sensory Laboratory, 22.6.2015.)

### **5. 3. 3. Senzorska analiza piva**

Kroz zadnjih par godina koncept dobre kvalitete pive je sve više i više određen željama potrošača. Danas dobar proizvod više ne zadovoljava samo fizikalne, kemijske i mikrobiološke specifikacije, već i želje potrošača. Proizvođači piva su suočeni s problemom provođenja žejja potrošača u svojstva proizvoda.

S obzirom da je uživanje u pivu cijelokupni doživljaj mirisa, okusa, vida te fizioloških i psiholoških učinaka koje izazivaju sastojci piva u našem organizmu, postoje stručnjaci koji propisanim pravilima ocjenjuju kvalitetu gotovog proizvoda. Odabrani degustatori ocjenjuju njegov miris, boju, bistrinu, pjenušavost i okus.

#### **5. 3. 3. 1. Miris**

Miris piva mora bit ugodan i svjež, bez prisutnosti mirisa kvasca koji pivu daje neugodan okus. Ukoliko se kod vrenja piva koristio kvasac koji je onečišćen određenim bakterijama, pivo će imati miris po užeglu maslacu.

#### **5. 3. 3. 2. Boja**

Svijetla piva imaju svijetložutu boju koja ne prelazi 10 EBC jedinica, dok tamna piva, zbog obojenog slada, ima boju u granicama između 30-120 EBC jedinica.

#### **5. 3. 3. 3. Bistrina**

Filtrirano pivo mora biti bistro i prozirno, bez prisutnosti taloga ili čestica koje izazivaju mutnoću.

#### **5. 3. 3. 4. Pjenušavost**

Pivo se kod analize toči u čaše određenih dimenzija. Kod pjenušavosti se određuje visina pjene te njezina postojanost. Visina pjene mora iznositi 3-4 centimetra, a njezina trajnost najmanje tri minute.

#### **5. 3. 3. 5. Okus**

Pivo mora biti ugodno gorkog okusa. Pivari razlikuju slijedeća tri tipa okusa:

- M-tip (Malzbentont)  
Ovaj tip ima karakterističan okus po sladu, a prisutan je kod umjereno prevrelog piva koje sadrži nešto veće količine neprevrelog ekstrakta i manjeg udjela alkohola
- H-tip (Hopfig)  
Hmeljni okus javlja se kod visoko prevrelih piva gorkog okusa

➤ S-tip (Säuerlich)

Svojstvo ovog tipa je kiselkasti okus, a karakterističan je za bijela i pšenična piva. (Marić i Nadvornik, 1995.)

#### 5. 4. Okusi piva

Okus piva nije statičan, već se neprestano mijenja. Budući da su biološka i nebiološka stabilnost pod rigoroznom kontrolom, stabilnost okusa je parametar koji određuje rok trajanja proizvoda.

Poželjni sastojci arome dozrelog piva (viši alkoholi i esteri) imaju odlučujući utjecaj na aromu gotovog piva. Njihova prisutnost u odgovarajućim koncentracijama je preduvjet za visoku kakvoću piva, a udjel im se povećava tijekom glavnog i naknadnog vrenja. Mnoge biokemijske reakcije koje se događaju u pivu tijekom naknadnog vrenja vezane su uz reakcije oksidacije i bit će ubrzane ukoliko dođe do značajnijeg kontakta piva s kisikom nakon što ono napusti fermentor.

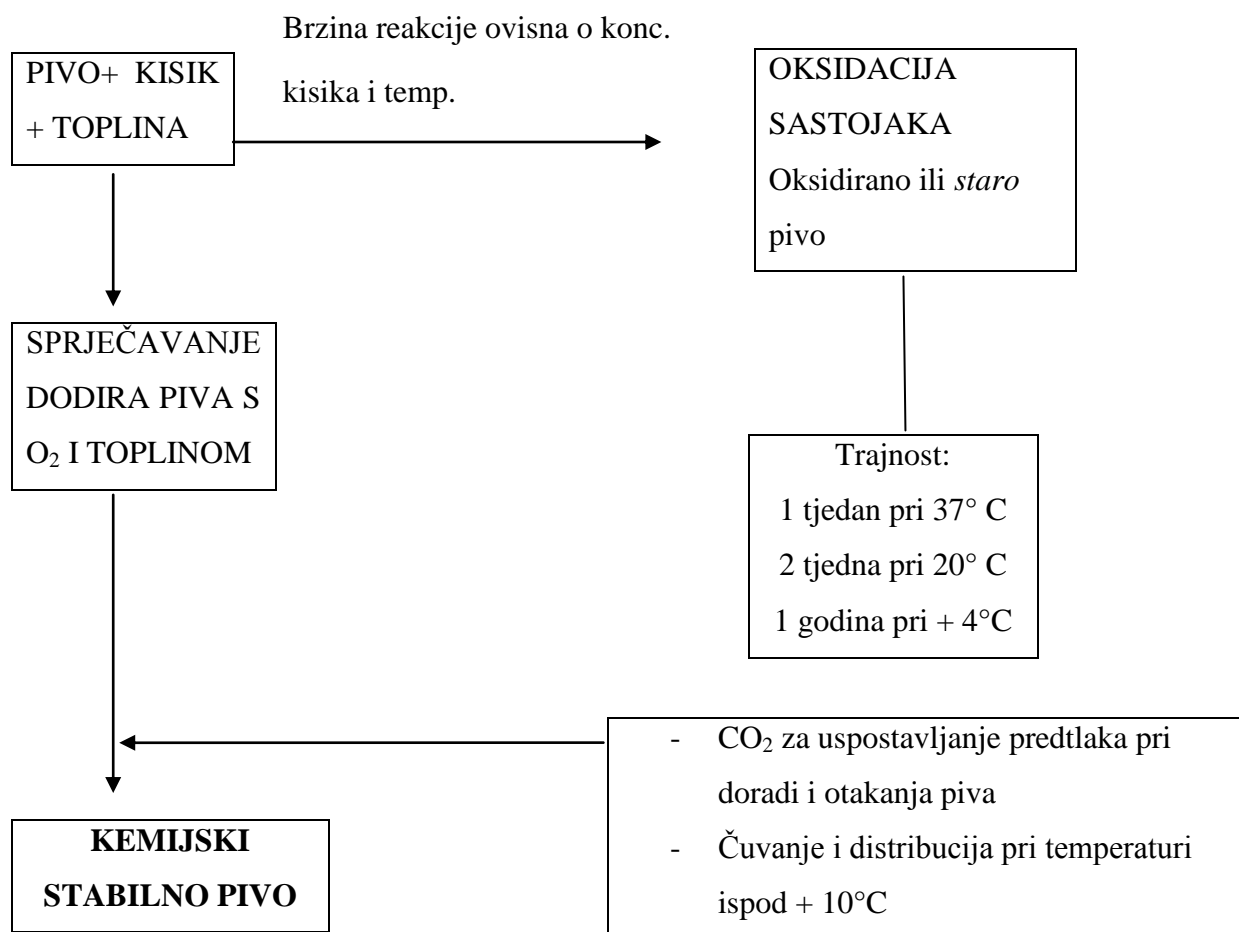
Tvari koje utječu na okus i aromu piva nisu u termodinamičkoj ravnoteži u svježe napunjenom pivu te tijekom skladištenja istog sudjeluju u mnogim biokemijskim reakcijama koje rezultiraju smanjenjem izvornog svježeg okusa piva te pojavom okusa karakterističnog za oksidirano pivo. Nestabilnost okusa i arome piva velika je briga pivara budući da se treba osigurati da proizvod koji dopijeva na tržište ima svoja karakteristična svojstva te mora biti lako prepoznatljiv potrošaču.

Većina kemijskih promjena tijekom skladištenja uključuju oksidaciju i bit će ubrzane ako je pivo u kontaktu s kisikom nakon fermentacije. Razvoj ustajalog okusa u flaširanom pivu povezan je s visokom koncentracijom otopljenog kisika. Koncentracija otopljenog kisika u pivu brzo se smanjuje, no okusi ustajalosti se ne razvijaju odmah. Generalno, brzina razvijanja okusa oksidirajućih tvari obrnuto je proporcionalna jačini piva (udjelu alkohola) i sadržaju obojenog slada i izvornoj krupici (viša koncentracija reducensa). Zbog toga jaki stoutovi imaju puno stabilniji okus nego svijetli lageri. (Dip. Brew. Module 3) Lageri će poprimiti slatkast papirnat ili kartonski i metalni okus, dok će aleovi poprimiti okus melase, karamela ili suhog voća. Istovremeno, kako se razvijaju okusi ustajalosti, gube se poželjni okusi voća, slada, cvijetni okusi i sl. (Daems i Delvaux, 1997.)

### 5. 4. 1. Kemijske reakcije u pivu

#### a) Uloga kisika

Smatra se kako kisik sudjeluje u kemijskim reakcijama u različitim oblicima, od kojih su neki slobodni radikali.



**Slika 9. Negativni učinak kisika i topline na pivo** (Mikrobiološke i kemijsko-fizikalne metode nadzora procesa proizvodnje piva, 27.5.2015.)

### **b) Oksidacija lipida**

Lipidi iz slada se oksidiraju u reakcijama koje mogu, ali i ne moraju, biti katalizirane enzimima. Produkti tih reakcija se razgrađuju u procesu kuhanja piva. Npr. linoleinska kiselina se u reakciji kataliziranoj lipoksigenazom prevodi u hidroperoksilinoleinsku kiselinu, a ona se dalje u reakciji s kisikom oksidira u trans-2- nonenalnu kiselinu. Ta kiselina uzročnik je okusa papira/kartona u pivu.

### **c) Reakcije melanoidina**

Pivo sadrži različite melanoidine nastale tijekom sušenja slada i kuhanja sladovine reakcijama između aminokiseline i šećera (Maillardova reakcija). Melanoidini mogu sudjelovati u redoks reakcijama i stvarati aldehide.

Melanoidin + viši alkohol → reducirani melanoidin + aldehyd

### **d) Razgradnja hmelja**

Prilikom kvarenja hmelja dolazi do oksidacije  $\alpha$  i  $\beta$ - kiselina koje uzrokuju užeglu sirnatu aromu. Glavni reaktanti su izobutirinska kiselina, izovalerijanska kiselina i 2-metil butirinska kiselina. Iz ovih kiselina također mogu nastati etilni esteri koji doprinose ustajaloj aromi hmelja.

## **5. 4. 2. Kontrola stabilnosti okusa**

- a) Ukanjanje kisika
- b) Pakiranje
- c) Okolišni čimbenici

Idealna temperatura skladištenja piva je 0°C. Za svaki porast temperature od 10°C, brzina kvarenja piva se udvostručava. Filtrirano i pasterizirano pivo se skladišti na 0°C i čuva na tamnom mjestu.

Alkoholnim vrenjem sladovine nastaju nusproizvodi koji imaju značajan utjecaj na kakvoću piva. Oni doprinose punoći okusa piva u optimalnim koncentracijama, a u velikim koncentracijama mogu negativno djelovati na okus i aromu piva te na stabilnost pjene. Nusproizvodi koji nastaju tijekom alkoholnog vrenja su: viši alkoholi, diacetil, esteri, aldehidi i sumporni spojevi. Pri tome sastojci arome mladog piva (diacetil, aldehidi, sumporni spojevi) uzrokuju pojavu nečistog, neharmoničnog, nezrelog okusa mladog piva, a u povećanim

koncentracijama negativno utječu na kakvoću piva. Nakupljaju se tijekom glavnog vrenja, a uklanjaju tijekom naknadnog vrenja piva.(Dipl. Brew. Module 3)

#### **5. 4. 2. 1. Nehlapive komponente u pivu**

##### **➤ Rezidualni šećeri**

Rezidualni šećeri daju slatkoću i punoću pivu. Malo je vjerojatno da će pivo sadržavati značajniju koncentraciju fermentirajućih šećera, međutim mogu se naći.

Alternativno neka piva mogu imati šećere dodane nakon fermentacije.

Relativna slatkoća šećera prema saharozi (100):

-fruktoza 130

-glukoza 70

-maltoza 50

-maltotrioza 25

-dekstrini 15

Iz ovog vidljivo je da invertni šećer (saharoza hidrolizirana na glukozu i fruktozu) će imati jednaku relativnu slatkoću kao i sama saharoza. Glavnina rezidualnih šećera su dekstrini koji ne doprinose toliko slatkoći, ali doprinose punoći okusa. Neki proizvođači povećavaju slatkoću piva tako da u pivo dodaju amiloglukozidaze koje hidroliziraju dekstrine u glukozu.

##### **➤ Slad**

Komponente dobivene iz različitih vrsta slada čine značajan udio u okusu piva, npr. u vrlo tamnim pivama, kao što su stoutovi, glavni čimbenici okusa su crni slad ili prženi ječam. Različite razine tih komponenti boje i okusa poput melanoidina mogu doprinositi osobinama okusa, kao što su krušnat, biskvitni, sladni, orašast, čokoladni, karamelni, prženi, zagoreni, jetkiji.(Dipl. Brew. Module 2)



### ➤ Anorganski ioni

Neki ioni imaju izravan utjecaj na okus, pored neizravnog utjecaja (uglavnom utjecaj na pH). Neki ioni utječu na proizvodnju sladovine ili na metabolizam kvasaca tijekom fermentacije.

Na okus piva utječe pH vrijednost. Ako je pH vrijednost niža od 3,7, značajno će utjecati na kiselost piva.

Natrij u niskim koncentracijama uzrokuje slatkoću, a u koncentraciji iznad  $200 \text{ mgL}^{-1}$  uzrokuje slanoću, oštar i kiseli okus. Kalij uzrokuje slanoću u koncentraciji iznad  $400 \text{ mgL}^{-1}$ . Magnezij doprinosi jetkom i gorkom okusu u koncentraciji između  $70\text{-}100 \text{ mgL}^{-1}$ . Željezo uzrokuje metalni okus u vrlo niskim koncentracijama, u nekim delikatnijim pivama može se osjetiti i u koncentraciji od  $0,1 \text{ mg/L}$ . Kloridni ioni povećavaju punoću okusa i zaglađuju teksturu pive u koncentraciji  $200\text{-}400 \text{ mg/L}$ . Sulfati uzrokuju suhi i jetki okus pive i mogu povećati osjećaj gorčine u koncentraciji od  $200\text{-}400 \text{ mg/L}$ .

Mnogi proizvođači obraćaju posebnu pozornost na ravnotežu između klorida i sulfata kako bi osigurali konzistenciju okusa piva.

**Tablica 6. Mineralni sastojci piva (Kunze, 1996.)**

Sastojak	Udjel [ $\text{mg L}^{-1}$ ]	Fiziološki učinak na čovjeka
Natrij	30-32	Što manje, to bolje (tlak)
Kalij	500-600	250 mg/dan = sprječava infarkt Djeluje diuretički
Kalcij	35-40	Prevenција srčanih oboljenja
Magnezij	100-110	Smanjuje udjel kolesterola Pozitivni učinak na rad srca
Fosfati	300-400	Sastojci kostiju i zuba; rezerve energije (ATP)
Sulfati	150-200	Bez značajne uloge
Kloridi	150-200	Dnevna potreba 2500 mg
Nitrati	20-30	Štetni (redukcija u nitrate!); izazivaju širenje krvnih žila, razaraju vitamin A; ipak taj je udjel niži od onog u pitkoj vodi ( $50 \text{ mg/l}$ )

## 5. 4. 2. 2. Hlapive komponente u pivu

### ➤ Ulje hmelja

Esencijalna ulja u hmelju su izvor aromatičnih sastojaka. Ova ulja su lakohlapljiva i u normalnim okolnostima ispare iz kotla, ako su prisutna od početka kuhanja 60-90 minuta, a neka će kemijski reagirati zbog topline. Kako bi se to nadoknadilo, mnogi pivari koji žele da njihovo pivo ima aromu hmelja, dodaju odabrane sorte hmelja u kotao 5-20 minuta prije završetka kuhanja. To daje dovoljno vremena za ekstrakciju arome hmelja, a istovremeno osigurava da ulje ne ispari.

Arome hmelja, koji se dodaje pred kraj kuhanja, opisuju se kao citrusne, no mogu biti neugodne ako su prisutne u previsokim koncentracijama. Važnu ulogu u tome imaju varijetet hmelja, vrijeme dodavanja, oblik kotla i materijal od kojeg je kotao izrađen.

Hmelj se može dodavati i nakon fermentacije u CKF gdje dozrijeva mlado pivo i daju pivu okus suhog hmelja koji se vrlo često opisuje kao smolni, pikantan i citrusni. Budući da su  $\alpha$ -kisleline samo slabo topljive u hadnoj pivi, dodavanje suhog hmelja nakon kuhanja neće značajno povećati gorčinu piva.

Hmelj stvara do 3% esencijanih ulja tijekom kasnijih faza dozrijevanja nakon što je stvaranje glavnine smola dovršeno. Sastav ulja je posljedica, ne samo varijeteta hmelja, nego i stupnja zrelosti.

Do sad je izolirano preko 300 komponenti ulja hmelja i najčešće su identificirana pomoću plinske kromatografije s masenom spektroskopijom. Sastojci esencijalnih ulja mogu se podijeliti u 3 skupine: ugljikovodici, oksigenirani sastojci i sumporne komponente.

Da bi pivo zadržalo aromu hmelja, potrebno je, ne samo paziti na vrstu hmelja, već i na vrijeme dodavanja hmelja. Prema tome, hmelj se može podijeliti u 3 skupine: hmelj koji se dodaje u kotao za vrijeme kuhanja, onaj koji se dodaje kasnije i suhi hmelj koji se dodaje poslije kuhanja.

### ➤ Etanol

Etanol ima mali izravan utjecaj na okus, ali može pojačati percipiranje ostalih hlapivih komponenti, osobito pri višoj koncentraciji.

➤ **Viši alkoholi**

Koncentracija pojedinih viših alkohola varira, ali rijetko prelazi dozvoljenu granicu. Viši alkoholi zajednički doprinose alkoholnom zagrijavanju.

➤ **Esteri**

Za razliku od viših alkohola, neki esteri mogu prekoračiti granicu okusa i često imaju veliki utjecaj na okus, osobito etil acetat i izoamilacetat. Oni zajedno doprinose voćnoj noti.

➤ **Vicinalni diketoni**

Obično se smatraju nepoželjnim u većini lagera, ali mogu se smatrati pozitivnim čimbenicima okusa u nekim aleovima. Mogu uzrokovati okuse vanilije, karamele, maslaca.

➤ **Dimetil sulfid i ostale sumporne komponente**

DMS je čimbenik okusa koji se smatra pozitivnim u nekim lagerima ili strašno negativnim u nekim drugim pivama. Vrlo rijetko se može naći u aleovima.

Ostale sumporne komponente se obično smatraju negativnim učincima na okus, kao npr. sumporovodik (daje okus trulih jaja). Međutim, neki sastojci kao tiolni esteri dobiveni iz slada pozitivno utječu na okus nekih lagera.

➤ **CO<sub>2</sub> i N**

CO<sub>2</sub> doprinosi okusu koji se opisuje kao peckajući ili mjehuričasti.

Dušik u koncentracijama višim od 20 mg/L uzrokuje kremast okus pive. Smatra se da također smanjuje osjećaj gorčine.

### 5. 4. 2. 3. Zagađivači okusa u pivu

#### ➤ Sumporne komponente

H<sub>2</sub>S i SO<sub>2</sub> se obično smatraju nepoželjnima, međutim razine sumpornih spojeva(svih) mogu doprinjeti tzv. lager aromi.

#### ➤ Fenoli

Među najintenzivnijim zagađivačima okusa su klorinirani fenoli koji stvaraju okus koji se često opisuje kao okus ljekova ili dezinficijensa. Raspon individualne osjetljivosti na ove spojeve može značajno varirati pa su neki pojedinci doslovce slijepi na okuse za klorofenole. Ove komponente obično nastaju reakcijom klora (koji se koristi kao sredstvo za dezinfekciju vode) s fenolima u vodi ili pivu.

#### ➤ Kloranizol

Potječe od plijesni ili bakterija u vodi.

#### ➤ Metalni ioni

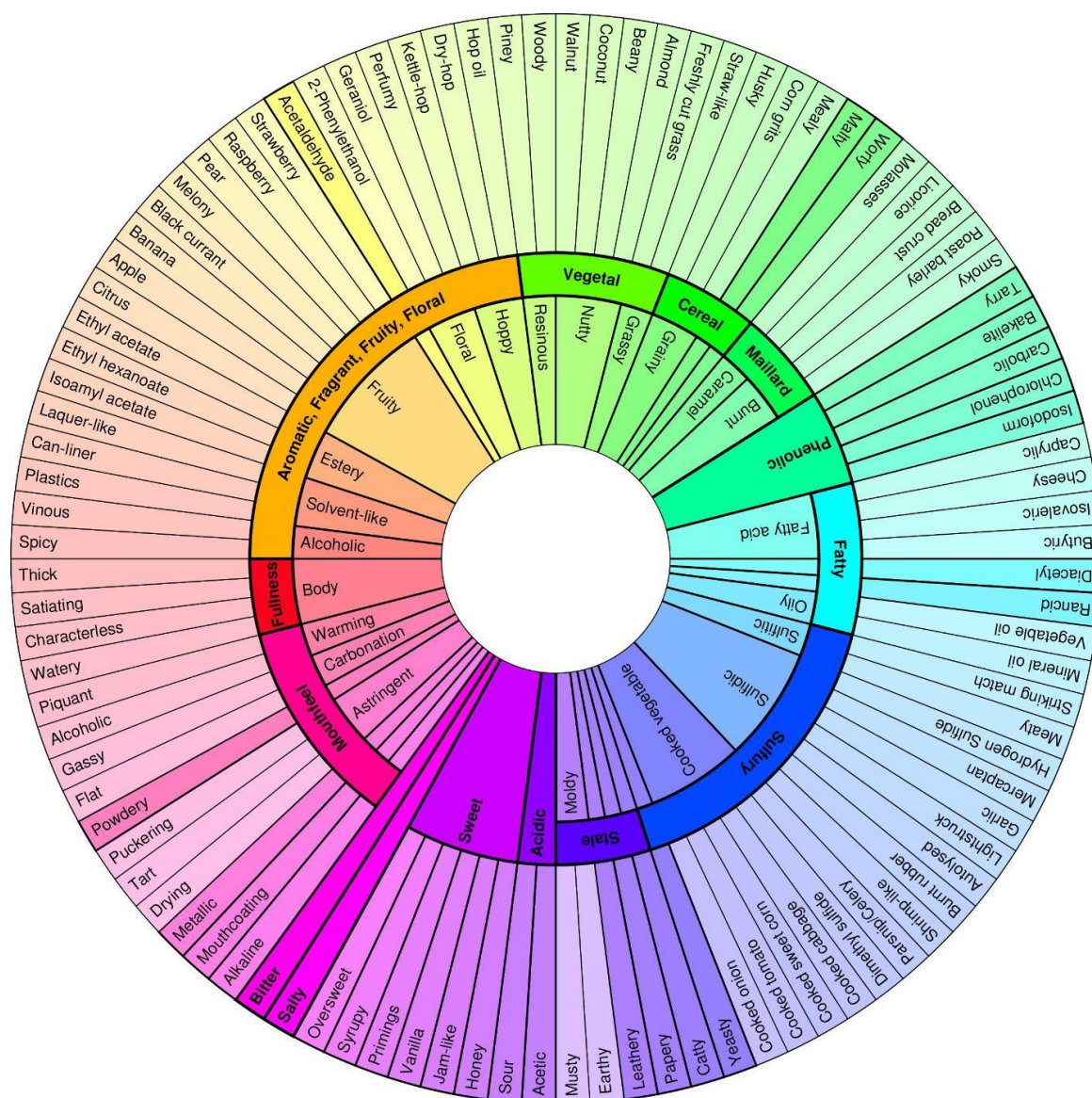
Povišene koncentracije iona željeza, bakra i aluminijskih uzrokuju metalni, jetki i hrđavi okus. Neki filteri (npr. dijatomejska zemlja) sadrže visoke koncentracije željeza. Loše premazane limenke, bačve i kegovi mogu također biti uzrok aluminijskih u pivu.

#### ➤ Plastika

U pivu se može pojaviti zbog nepotpuno polimeriziranog plastičnog materijala od kojeg se izrađuje ambalaža.

#### ➤ Aldehidi

Oksidacija masnih kiselina i dr lipida do aldehida i ostalih karbonilnih komponenti povezuje se s okusima koji se opisuju kao okus papira ili kartona.(Dipl. Brew. Module 2)



Slika 10: Pivski kotač (A New Beer Flavour Wheel, 29.08.2015.)

## 6. EKSPERIMENTALNI DIO

### 6.1. Materijali rada

U eksperimentalnom dijelu prikazani su rezultati kemijske i senzorske analize 11 uzoraka svijetlih lager piva.

Za kemijsku analizu koristili su se *Alcoholyzer Plus Beer* uređaj za određivanje osnovne sladovine, alkohola, prividnog ekstrakta, prividne provrelosti i boje piva; aparatura za destilaciju i ultravioletni spektrofotometar *Camspace* za određivanje VDK u pivu; mehanička miješalica za određivanje gorčine; Turbidimetar VOS ROTA za određivanje bistrine uzoraka, Haffmans automatski CO<sub>2</sub> tester i pH-metar.

Kemikalije: Kiselguhr, otopina orto-fenilendiamina u 4N HCl (0,5 g orto- fenildiamina za 50 mL otopine), 394,21 g 4N HCl u 500 mL vod, izooktan (2,2,4- trimetil pentan), otopina HCl (3 mol/L), aktivni ugljen

Za senzorsku analizu koristile su se čaše sa zatamnjanim staklom i podlošci sa nasumično odabranim brojevima na kojima su bili servirani uzorci za analizu.

### 6.2. Metode rada

#### Kemijska analiza

Za određivanje osnovne sladovine, alkohola, prividnog ekstrakta, prividne provrelosti i boje potrebno je otpliniti uzorak filtriranjem preko naboranog filter papira. Takvi uzorci pune se u kivete i stavljaju na *Alcoholyzer Plus Beer* uređaj na mjerenje.

Kod određivanja diacetila pivo se mora ohladiti na 0°C. 200 g piva odvaže se u tikvicu za destilaciju i destilira u menzuri od 50 mL. Za svaki uzorak rade se glavna i slijepa proba. Kod glavne probe u 50 mL destilata dodaje se 0,5 mL otopine orto- fenildiamina. Uslijepu probu stavlja se 2,5 mL 4N HCl. Obje probe stoje u mraku 25 min. Nakon toga, u glavnu probu dodaje se 2 mL 4N HCl i ostavlja u mraku. Nakon 20 min. očitavaju se rezultati na spektrofotometru na 335 nm.

Za određivanje bistrine, uzorak piva potrebno hladiti na 0°C kroz 3 sata da se temperiraju. Proizvod u limenci ili staklenoj boci hladi se u originalnoj ambalaži, a uzorci iz PET ambalaže u staklenoj kiveti za određivanje bistrine. Turbidimetar VOS ROTA automatski očitava rezultate izražene u EBC jedinicama.

Za određivanje gorčine potrebno je otpipetirati 10 mL otplinjenog uzorka u odmjernu tikvicu, dodati 1 mL otopine HCl i 20 mL izooktana. Zatvoriti odmjernu tikvicu i staviti na magnetsku mješalicu. Pripremljena otopina mućka se 5 min. i nakon toga stoji u mraku 30 min. nakon što se emulzija istaloži, bistri izooktanski sloj prebacuje se u kvarcnu kivetu i očitava se vrijednost na spektrofotometru na 257 nm.

Pomoću pH-metra određuje se pH vrijednost uzorka. Uzorak se otplini filtracijom preko naboranog filter papira, prebacuje se u čašicu u koju se uroni elektroda. Rezultati se očitavaju na zaslonu uređaja.

### **Senzorska analiza**

Senzorska analiza u pivovari Heineken Hrvatska d.o.o. provodi se u sobi za degustaciju koja je odvojena od buke i stranih mirisa s kontrolom temperature i vlažnosti. Analiza se provodi u vremenu od 9-12 sati. Uzorke donose odgovorni operateri, a glavni analitičar ih stavlja na hlađenje. Nakon hlađenja ih postavlja na stol i u formular za degustaciju piva upiše redosljed i oznake s boce. Uzorci se serviraju u čiste i suhe čaše na podmetače s kodom. Rezultati se upisuju u obrazac: OB-08\_02.227 Dnevna degustacija piva. Ukoliko se primjete nepoželjan okus ili miris, potrebno je obavjestiti voditeja tima. Potrebno je najmanje 4 potpisa degustatora za odobrenje uzoraka (poželjno je da su degustatori iz različitih odjela).

## 7. REZULTATI

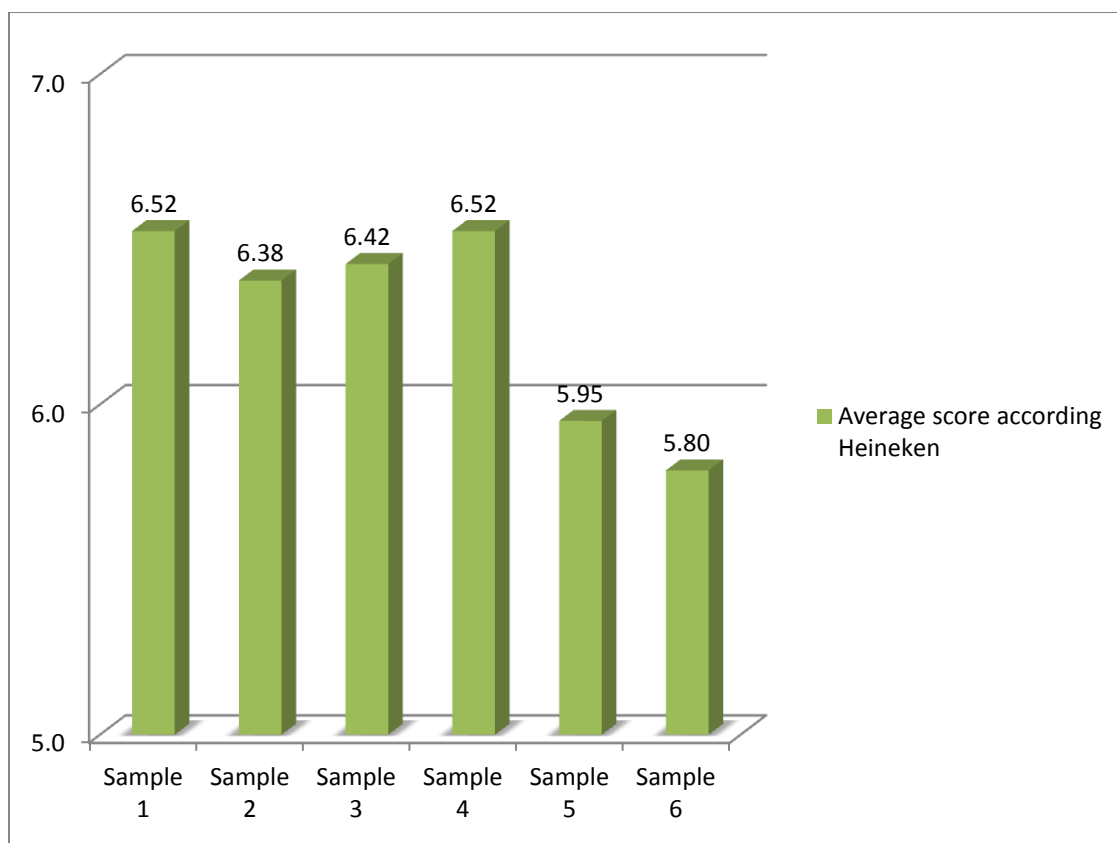
Tablica 7. Senzorska analiza piva

Datum	26.05.2015.					
Uzorak	Vrsta piva	Korporativna Heineken ljestvica	Prosječan rezultat	Kvaliteta	Rang	Preferencije
1.	Svijetlo lager pivo	6,5	3,3	dobro	1	1
2.	Svijetlo lager pivo	6,4	3,4	ni dobro ni loše	3	2
3.	Svijetlo lager pivo	6,4	3,4	ni dobro ni loše	2	0
4.	Svijetlo lager pivo	6,5	3,3	dobro	1	3
5.	Svijetlo lager pivo	6,0	3,7	ni dobro ni loše	4	0
6.	Svijetlo lager pivo	5,8	3,8	loše	5	0

Tablica 8. Rezultati ocjenjivanja uzoraka

Inicijali senzoričara	Rezultat					
	Uzorak 1.	Uzorak 2.	Uzorak 3.	Uzorak 4.	Uzorak 5.	Uzorak 6.
RP	3,9	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9
DV	3,0	3,9	3,8	3,7	3,5	4,0
NM	3,6	3,4	3,4	3,4	3,8	3,8
MM	3,1	3,3	3,3	3,0	3,7	3,8
MN	3,2	3,3	3,1	3,0	3,7	3,7
VB	3,1	3,0	3,0	3,0	3,6	3,6
<b>Prosjek</b>	3,32	3,42	3,38	3,32	3,70	3,80

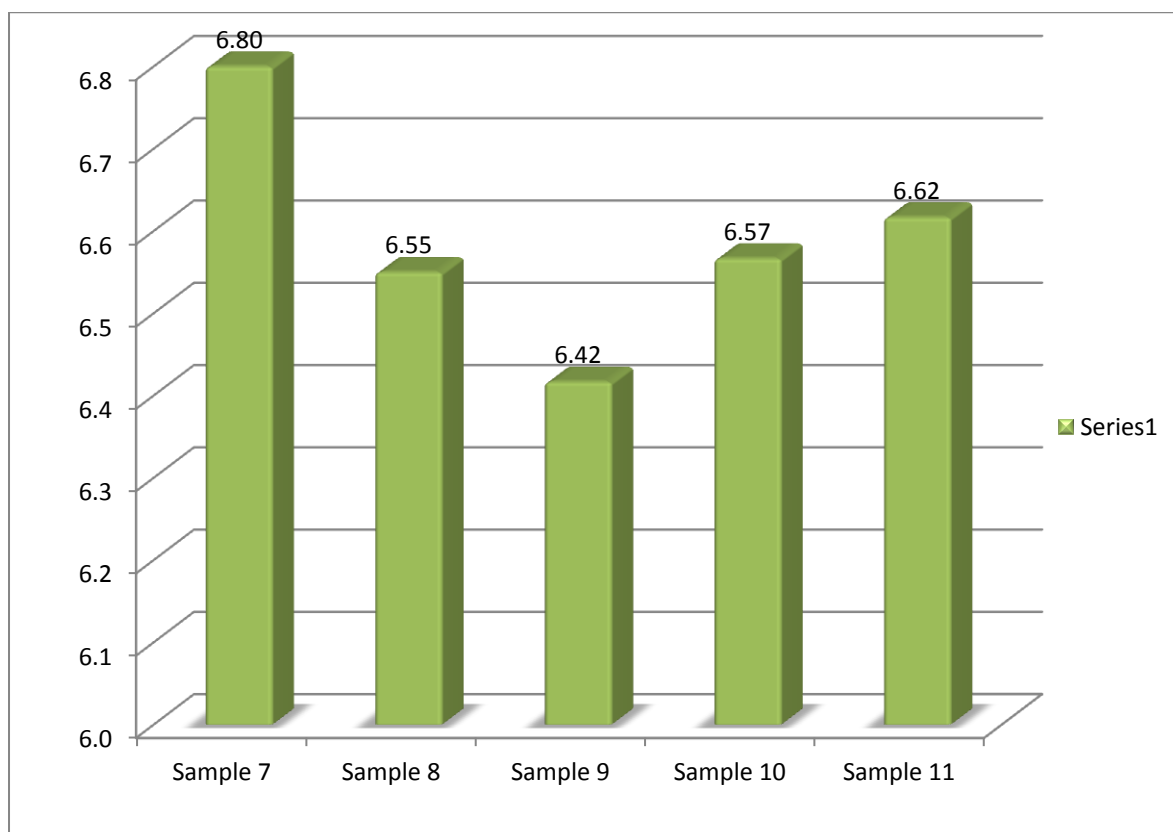


**Grafički prikaz 1: Prosječan rezultat prema Heineken ljestvici****Tablica 9. Senzorska analiza piva**

Uzorak	Vrsta piva	Prosječan rezultat	Kvaliteta	Rang	Preferencije	Miris
7.	Svijetlo lager pivo	6,8	dobro	1	5	
8.	Svijetlo lager pivo	6,6	dobro	4		
9.	Svijetlo lager pivo	6,4	ni dobro ni loše	5		star
10.	Svijetlo lager pivo	6,6	dobro	3	1	
11.	Svijetlo lager pivo	6,6	dobro	2		

**Tablica 10. Rezultati ocjenjivanja uzoraka**

Inicijali senzoričara	Rezultat				
	Uzorak 7.	Uzorak 8.	Uzorak 9.	Uzorak 10.	Uzorak 11.
RP	6,7	6,4	6,4	6,4	6,4
MN	6,8	6,4	6,2	6,5	6,6
MM	7,1	7,1	7,0	6,9	6,9
NM	6,3	6,2	6,4	6,4	6,2
DV	7,0	6,7	6,2	6,6	6,9
VB	6,9	6,5	6,3	6,6	6,7
<b>Prosjek</b>	<b>6,80</b>	<b>6,55</b>	<b>6,42</b>	<b>6,6</b>	<b>6,6</b>

**Grafički prikaz 2: Prosječan rezultat prema Heineken ljestvici**

**Tablica 11. Kemijska analiza svijetlih lager piva**

Uzorak	Osnovna slad./ (%m/m)	Alkohol (% vol.)	Prividni ekstrakt/ AE	Prividna provrelost (% m/m)	Boja (EBC)
<b>1</b>	11,02	4,76	2,01	81,78	7,4
<b>2</b>	11	4,87	1,78	85,84	8,3
<b>3</b>	11,69	5,06	2,15	81,61	7,8
<b>4</b>	10,28	4,32	2,07	79,92	6,4
<b>5</b>	9,69	4,14	1,78	81,64	6,4
<b>6</b>	9,43	4,21	1,36	85,57	7
<b>7</b>	11,24	4,97	1,83	83,68	6,8
<b>8</b>	11,54	4,83	2,44	78,9	10,6
<b>9</b>	8,98	3,95	1,41	84,32	9
<b>10</b>	11,09	4,72	2,17	80,48	8,9
<b>11</b>	11,31	5,03	1,81	84,03	6,5

Uzorak	pH	Bistrina (EBC)	CO <sub>2</sub> (g/l)	VDK (mg/l)	Gorčina (EBU)
<b>1</b>	4,21	0,28	4,88	0,043	17,2
<b>2</b>	4,13	0,44	4,43	0,127	15,2
<b>3</b>	4,32	0,46	5,89	0,062	19,7
<b>4</b>	4,33	0,31	5,43	0,049	15,8
<b>5</b>	4,21	0,29	5,08	0,049	13
<b>6</b>	4,25	0,33	4,8	0,119	13,7
<b>7</b>	4,29	0,34	5,12	0,07	17,9
<b>8</b>	4,41	0,32	5	0,059	19,8
<b>9</b>	4,53	0,97	5,1	0,071	12,4
<b>10</b>	4,51	0,59	5,6	0,07	18,6
<b>11</b>	4,51	0,46	5,41	0,044	18,6

## 8. RASPRAVA

Tablica 7 prikazuje rezultate 6 od 11 analiziranih uzoraka. Analizirana piva nasumičnim redosljedom: Sokol, Pan, Ožujsko, Karlovačko, Holsten i Löwenbrau. Tim senzoričara ocjenjivao je miris i okus zadanih uzoraka. Na temelju tih parametara, određen je prosječan rezultat svakog piva te je određen prosječan rezultat prema korporativnoj Heineken ljestvici.

Najbolje ocjenjeni je uzorak pod brojem 4 kojeg preferira 3 od 6 analitičara. Ni jednom uzorku nisu zabilježeni neugodan ili nepoželjan miris i okus no uzorku pod rednim brojem 6 kvaliteta je opisana kao loša, što znači da je u tom uzorku definirano nekoliko neugodnih mirisa/okusa.

**Tablica 12.** Linijski raspon koji se koristi za rezultate Testa okusa, uključujući kategorije osjetilne kvalitete (Interni materijali pivovare Heineken Hrvatska d.o.o)

Osjetilno	Opis osobine
Vrlo dobro	Savršen primjer pića
Dobro	Čisto, sveže piće koje možda ima karakterističnu osobinu okusa/mirisa na blago povišenoj razini
Ni loše ni dobro	Piće s neugodnim mirisom/okusom na niskoj razini i/ili nejednakim osobinama okusa
Loše	Piće sa nekoliko intenzivnih neugodnih mirisa/okusa
Vrlo loše	Nepitko piće/ pogrešan proizvod

Tablica 8 prikazuje individualne ocjene svakog analitičara. Budući da je određivanje senzoričkih svojstava subjektivno, rezultati mogu dosta varirati unatoč obučenosti svakog analitičara. Npr. kod uzorka 1. ocjene osciliraju u rasponu od 3,0 do 3,9. Zbog toga ovakva ispitivanja redovito vrši veći broj ljudi.

Graf 1 prikazuje konačan rezultat analiziranih uzoraka, određen prema Heineken ljestvici.

U tablici 9 prikazani su podaci analiziranih piva nasumičnim redosljedom. Analizirana piva bila su: Heineken, Amstel, Carling, Beck's i Staropramen. Iz priloženih rezultata, jasno je vidljivo da 5 od 6 analitičara preferira uzorak pod rednim brojem 7, dok je uzorak pod rednim brojem 9 najlošije ocijenjen i njegov miris opisan je kao *star*.

Tablica 10 prikazuje ocjene pojedinih analitičara za novih 5 uzoraka piva. Kao i u tablici 8 i ovdje je vidljivo određeno neslaganje u procjenama analitičara. Neslaganje je najizraženije kod uzorka broj 2, gdje se ocjene kreću u rasponu od 6,4 do 7,1.

Grafički prikaz 2 prikazuje konačne rezultate analiziranih piva ocijenjenih prema korporativnoj Heineken ljestvici.

Kemijskom analizom piva utvrđeno je da nema velikih odstupanja vrijednosti određenih svojstava piva. Sve dobivene vrijednosti nalaze se unutar dozvoljenih granica. Najveća razlika vidljiva je u boji. Uzorci broj 4 i 5 imaju boju 6,4 EBC, dok uzorak broj 10 ima puno jaču boju (10,6 EBC).

## 9. ZAKLJUČAK

Mikrobiološkim i kemijskim analizama dobivaju se rezultati koji prikazuju udovoljava li neko pivo minimalnim uvjetima kakvoće, propisanim odgovarajućim Pravilnikom. Međutim, laboratorijske analize nisu dovoljne za određivanje kvalitete piva. Zbog toga se provode senzorske analize od strane trenirane panel skupine koju čine profesionalni degustatori piva.

Pivovara Heineken Hrvatska d. o. o. posjeduje prostor za senzorsku analizu piva. Taj prostor, u kojem se provodi istraživanje senzorskih svojstava piva, uređen je prema svim pravilnicima i standardima. Na području senzorske analize radi tim od 7 školovanih senzoričara, koji su prošli potreban trening i obuku. 6 od 7 Heinekenovih analitičara sudjelovalo je 26.05.2015. na dnevnoj analizi uzoraka. Analiza se provodila na 11 svijetlih lager piva. Uzorcima su nasumično dodijeljeni brojevi, tako da analitičari tijekom analize ne znaju o kojem je pivu riječ.

Tim panelista ocjenjivao je miris i okus svakog uzorka te je na temelju tih parametara određen prosječan rezultat svakog piva prema korporativnoj Heineken ljestvici. Kod ispitivanja se ocjenjuju gorčina piva, punoća okusa i vrijeme zaostajanja okusa u ustima. Senzorni opisi za korporativne brendove prema Heinekenovim propisima su esterno, hmeljasto, sumporno, staro, kiselo, slatko i gorko. Analizu uvijek provodi što veći broj ljudi kako bi se dobila što realnija ocjena svakog uzorka, budući da individualna ocjenjivanja ocjenjivača mogu međusobno oscilirati. Kod pojedinih uzoraka vidljivo je neslaganje analitičara u ocjenjivanju određenih parametara. U tablici broj 1 prikazani su rezultati analiziranih piva Sokol, Pan, Ožujsko, Karlovačko, Holsten i Löwenbrau, dok su u tablici broj 2 su prikazani rezultati analize piva Heineken, Amstel, Carling, Beck`s i Staropramen.

Iz provedenog eksperimenta vidljivo je da je ovakva metoda analiziranja pogodna za ispitivanje senzoričkih svojstava piva. Procjene stručnog tima analitičara se ponešto razlikuju, ali su ipak svi ocjenili isti uzorak kao najbolji. Samo je jednom uzorku miris opisan kao *star*, a analitičari su se međusobno složili da je taj uzorak ujedno i najlošije kvalitete. Kod ostalih uzoraka nisu zabilježena veća odstupanja okusa ili mirisa.

## 10. POPIS LITERATURE

1. MARIĆ, V. (2009.): *Tehnologija piva*, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac
2. BELUHAN, S. (2013.): Mikrobiološke i kemijsko-fizikalne metode nadzora procesa proizvodnje piva  
<http://www.pbf.unizg.hr/content/download/23638/92548/version/1/file/Uvodnox.pdf> (27. 05. 2015.)
3. Anonymus (2014.): World Beer Cup®  
[http://www.worldbeercup.org/wp-content/uploads/2013/09/14\\_WBC\\_Beer\\_Descriptions.pdf](http://www.worldbeercup.org/wp-content/uploads/2013/09/14_WBC_Beer_Descriptions.pdf) (9.07.2015.)
4. Dipl. Brew. Module 2: Unit 2.8 – *Beer Flavour* – Section 2.8.2
5. WILLAERT, R. (2014.): The Beer Brewing Process: Wort Production and Beer Fermentation  
[http://www.researchgate.net/publication/229812972\\_The\\_Beer\\_Brewing\\_Process\\_Wort\\_Production\\_and\\_Beer\\_Fermentation](http://www.researchgate.net/publication/229812972_The_Beer_Brewing_Process_Wort_Production_and_Beer_Fermentation) (9.07.2015.)
6. Anonymus (2008.): Enzymes in Brewing  
<http://www.biokemi.org/biozoom/issues/522/articles/2368> (9.07.2015.)
7. BRIGGS, D. E., BOULTON, C. A., BROOKES, P. A. AND STEVENS, R., BREWING (2004.): *Science and practice*, CRC Press, Boca raton, Boston, New York, Washington, Copyright Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England
8. ŠUBARIĆ, D., BABIĆ J.(2006.): *Čišćenje i dezinfekcija*, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
9. Interni materijali pivovare Heineken Hrvatska d. o. o (2014.)
10. MANDIĆ, L. M.; PERL A.(2006.): *Osnove senzorske procjene hrane*, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek
11. MCGREW, D.(2011.): *A review of Sensory Quality control and Quality assurance for alcoholic beverages*, Manhattan, Kansas

12. GUYOT-DECLERCK, C., FRANCOIS, N., RITTER, C., GOVAERTS, B., COLLINS, S.(2005.): *Influence of pH and ageing on beer organoleptic properties*, Food Quality and Preference 16
13. Anonymus (2014.) Sensory Laboratory  
<http://thiemt.com/laboratory/sensory-labs/general-information/>, (22. 06. 2015.)
14. MARIĆ V., NADVORNIK Z.(1995.): *Pivo- tekuća hrana*, Zagreb
15. Dipl. Brew. Module 3: Unit 2.8 – *Flavour Stability* – Section 2.8.3
16. DAEMS V., DELVAUX F.(1997.): *Multivariate analysis of descriptive sensory data on 40 commercial beer*, Food Quality and Preference Vol. 8, No. 5/6, pp 373-380
17. BEAZLY, M.(1994.) *Michael Jackson´s beer companion*, A DPB book, Duncan Baird publishers, London
18. KUNZE, W.(1996.): *Technology, Brewing and Malting*, International edition, VLB, Berlin
19. VAN VURENE, H. J. J. IN: PRIEST, F. G. AND CAMPBELL, I.,(1996.):*Brewing microbiology*, second edition, Chapman & Hall, London
20. GRBA S., ORLIĆ S. (2014.) Alkohol i kvasci  
<http://bs.scribd.com/doc/246403788/Alkohol-i-kvasci-knjiga-Grba-pdf#scribd> (10.07.2015.)
21. DREDGE, M. (2013.): A New Beer Flavour Wheel  
<http://www.pencilandspoon.com/2013/01/a-new-beer-flavour-wheel.html> (29.08.2015.)
22. Anonymus (2015.): HEINEKEN  
[www.heineken.hr](http://www.heineken.hr) (30. 06. 2015.)