

Fermentacija pивske sladovine sa dva mikroorganizma

Šimala, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Tourism and Rural Development in Požega / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet turizma i ruralnog razvoja u Požegi**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:277:971471>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-05**



Repository / Repozitorij:

[FTRR Repository - Repository of Faculty Tourism and Rural Development Požega](#)



**FAKULTET TURIZMA I RURALNOG
RAZVOJA U POŽEGI**



Matej Šimala, 0253038443

**FERMENTACIJA PIVSKE SLADOVINE SA DVA
MIKROORGANIZMA**

ZAVRŠNI RAD

Požega, 2023. godine

FAKULTET TURIZMA I RURALNOG
RAZVOJA U POŽEGI

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRMBENA TEHNOLOGIJA

**FERMENTACIJA PIVSKE SLADOVINE SA DVA
MIKROORGANIZMA**

ZAVRŠNI RAD

IZ KOLEGIJA MIKROBIOLOGIJA HRANE

MENTOR: Helena Marčetić, dipl. ing.

STUDENT: Matej Šimala

JMBAG studenta: 0253038443

Požega, 2023. godine

SAŽETAK

Pivo je svjetski rasprostranjen napitak od davnina. Odlikuje svojom pjenušavosti te osvježavajućim karakterom, ali i karakterističnom aromom po hmelju. Pivo je napitak s manjim udjelom etanola, kojeg se dobiva pomoću nekoliko glavnih (i potrebnih) sirovina: ječam, voda, hmelj i kvasac. Proces dobivanja piva je tehnološki prilično složen te zahtijeva vrlo dobru tehnološku pripremu, ali i vrlo dobro planiran proces, kao i odabir najkvalitetnijih sirovina za njegovu izradu.

U ovom radu će se pratiti ekstrakt i pH sladovine koja je nacijepljena s pivskim kvascem i mliječnim bakterijama. Rezultati nakon mjerenja u određenom vremenskom periodu pokazali su kako je alkoholna fermentacija gdje je korišten pivski kvasac prošla očekivanim tokom dok kod mliječne fermentacije gdje su korištene mliječne bakterije primjećuje se da je bila slabija odnosno da je bila u skladu s korištenim mikroorganizmom.

Ključne riječi: pivo, slad, pivski kvasac, bakterije, fermentacija.

SUMMARY

Beer is globally popular beverage that has been around for a long time. It is characterized by its fizziness and refreshing character, as well as its distinctive aroma of hops. Beer is a beverage with a lower alcohol content that is obtained using several main (and necessary) raw materials such as: barley, water, hops and yeast. The process of making beer is technologically quite complex and requires very good technological preparation, as well as a well-planned process and the selection of the highest quality raw materials for its production.

In this study, we will monitor the extract and pH of wort that has been inoculated with brewer's yeast and lactic acid bacteria. The results obtained after a certain period of time indicate that the alcoholic fermentation using brewer's yeast proceeded as expected, while the lactic fermentation using lactic acid bacteria was weaker, in accordance with the microorganism used.

Key words: beer, barley malt, beer yeast, bacteria, fermentation.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	2
2.1. Pivo.....	2
2.2.1. Ječam.....	2
2.2.2. Voda.....	3
2.2.3. Hmelj.....	3
2.3. Proces proizvodnje piva.....	4
2.4. Tehnologija slada.....	4
2.5. Tehnologija piva.....	5
2.6. Uloga pivskog kvasca.....	6
2.7. Proizvodnja kiselog piva.....	7
2.7.1. Laktobacili u pivu.....	9
3. MATERIJALI I METODE.....	10
3.1. Zadatak.....	10
3.2. Materijali i metode.....	10
3.2.1. Uzimanje i sterilizacija uzoraka potrebnih za eksperiment.....	11
3.2.2. Nacjepljivanje uzoraka.....	12
4. REZULTATI.....	17
5. RASPRAVA.....	19
6. ZAKLJUČAK.....	20
7. LITERATURA.....	21

1. UVOD

Pivo je kroz povijest igralo važnu ulogu u mnogim kulturama te ga se povezivalo s raznim društvenim i vjerskim običajima. Danas je pivarstvo popularnije nego ikada te je uz industrijsku proizvodnju piva razvijena zanatska proizvodnja piva koja u svojim proizvodima koriste različite i do sada ne korištene bakterije, sirovine i ostale namirnice.

U ovom radu ćemo pratiti ekstrakt i pH pivske sladovine u jednakim uvjetima koje su nacijepljene s dva mikroorganizma koji se u raznim kombinacijama koriste za proizvodnju zanatskih piva.

Prvi se mikroorganizam povezuje s alkoholnom fermentacijom odnosno kvascima, dok se drugi mikroorganizam povezuje s mliječno kiselinskom fermentacijom, odnosno mliječnim bakterijama. U radu je opisan proces proizvodnje pivskog slada. Kako bi se uspjelo doći do pivskog slada, potrebno je imati ječam. Kvalitetan pivski slad dolazi od kvalitetnog ječma. Tehnološki proces proizvodnje piva se može podijeliti na proizvodnju slada i proizvodnju piva jer je za proizvodnju piva neophodan obrađeni slad. Nakon što dobijemo slad, pivo fermentira te vrije, odležava, odnosno sazrijeva. Proizvod se filtrira te je spreman za istakanje.

Razlog zbog kojega nam je to interesantno je taj što uslijed kontaminacije gotovog proizvoda mliječnim bakterijama dolazi do kiseljenja piva zbog toga što je u pivu ostalo ekstrakta odnosno šećera koje mliječne bakterije mogu iskoristiti za svoje razvijanje.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Pivo

Kratka karakterizacija piva kao napitka ukazuje na pivo kao „pjenušavo osvježavajuće piće sa karakterističnom aromom po hmelju s nagorkim okusom“. S obzirom na njegovu zasićenost ugljikovim dioksidom te niskom količinom etanola (etil-alkohol, „alkohol“), osim što utažava žeđ, doprinosi poboljšanju općeg stanja organizma. Osim što ima hranjiv učinak, sadrži i izvjesne količine vitamina (B1-tiamin, B2-riboflavi, H-biotin, B6-piridoksin, B3-niacin). Za pivo je karakteristično da poboljšava apetit te je kao napitak rasprostranjen po cijelom svijetu (Malcev, 1967).

2.2. Sirovine za proizvodnju piva

2.2.1. Ječam

Ječam je oduvijek bio glavna i osnovna sirovina za dobivanje piva. Ovo se objašnjava time, što je ječam dosta rasprostranjen, i što postavlja male zahtjeve obzirom na zemljište i klimu. Anatomska građa ječma također je jedan od razloga što je ječam u pivarstvu uvijek imao prednost ispred ostalih zrnastih kultura. Pošto je zrno ječma obučeno, kod filtracije komine od drobljenog ječmenog slada se dobiva porozan sloj tropa, čime se olakšava odvajanje sladovine od tropa (Malcev, 1967).

Postoje mnogi faktori koji utječu na kvalitetu ječma, a neki od njih su: model sorte pivskog ječma (ili stočnog ukoliko se upotrebljava kao stočna hrana), oplemenjivanje, kvaliteta zrna, otpornost na bolesti, udio vlage i visina temperature, sjetva i žetva, vrsta tla itd. Faktora je mnogo i prilično je teško izdvojiti važnije od manje važnih.

Sirovine su ključ krajnjeg proizvoda. Vrlo je važno obratiti pozornost na odabir kvalitetnih sirovina, isto kao i na dobro planiran tehnološki proces, jer su to faktori po kojima se raspoznaje kvalitetniji proizvod od onih ostalih proizvoda. Osnovne sirovine za proizvodnju piva su ječam, voda i hmelj. Proces proizvodnje se zasniva na potrebama sirovina, kao i krajnjeg

produkta, no vrlo je važno poznavati način obrade i potrebe žitarice, ili druge sirovine koju obrađujemo (Šakić i Blesić, 2011).

2.2.2. Voda

Voda je jedna od najvažnijih sirovina za proizvodnju piva. Vrlo je važno ispitati ili pratiti kvalitetu, odnosno sastav određene sirovine. Sastav vode koja se koristi je vrlo važan jer utječe na kvalitetu napitka. Voda može doći iz raznih izvora: izvor bunara, rijeke, otopljenog leda i kiše. Pa ipak, najčešće korištena voda u proizvodnji alkoholnih pića (uključujući pivo) jest izvorska ili bunarska voda.

U pivovarama se voda koristi najviše za ukomljavanje, što je i razlog usitnjavanja slada jer tako voda lakše i ravnomjerno dopire do slada. Voda se koristi i za ispiranje tropa, pranje tehničko-tehnološke opreme te hlađenje sladovine. Neophodno je da je voda čista, bez mirisa, bez okusa, omekšana i bez prekomjernog sadržaja čestica te da je pH vrijednost vode odgovarajuća parametrima za proizvodnju kvalitetnog piva (Šakić i Blesić, 2011).

2.2.3. Hmelj

Hmelj je višegodišnja biljka i smatra se najunosnijom ratarskom kulturom. Za proizvodnju piva hmelj se počeo koristiti tek krajem 19. stoljeća, a odlikuje se posebnom aromom mirisa i okusa. Vrlo je važno istaknuti činjenicu koja ukazuje na to da se u proizvodnji piva koriste isključivo neoplođeni ženski cvjetovi. Oplođeni cvjetovi se koriste samo pri upotrebi specijalnih piva.

Lišće hmelja je tamnozeleno boje s korijenom te podzemnim stablom iz kojeg raste loza duga 4 do 8 metara. Nakon berbe, hmelj sadrži od 70 do 80 % vlage te se sušenjem postotak smanjuje i do 14 %. Kako hmelj ne bi bio podložan oksidiranju, odnosno, utjecaju kisika, tretira ga se sumporovim dioksidom kako bi zadržao izvornu zelenu boju. Hmelj koji se skladišti zahtjeva temperaturu od 1 do 2 °C. Kemijski sastav hmelja je sljedeći: vlaga (10 - 17,2 %), sirova celuloza (12 - 16,13 %), pepeo (6 - 9,75 %), sirova bjelančevina (15 - 24,17 %), smola (9 - 25,18 %), eterična ulja (0,3 - 1,04 %). Smola je spomenuta jer je ona nositelj gorčine (Šakić i Blesić, 2011).

2.3. Proces proizvodnje piva

Pivo, kao i svaki drugi proizvod ima karakteristične osnovne sirovine koje su potrebne za njegovu proizvodnju, a to su ječam, hmelj i voda. Od pivarskog se ječma prvo dobiva slad od kojeg se kasnije proizvodi sladovina koja fermentira u, svima vrlo poznat napitak, pivo.

Proizvodnja piva je vrlo složen, ali i dugotrajan proces koji se dijeli na tehnologiju slada i tehnologiju piva. Tehnologija slada obuhvaća sljedeće faze:

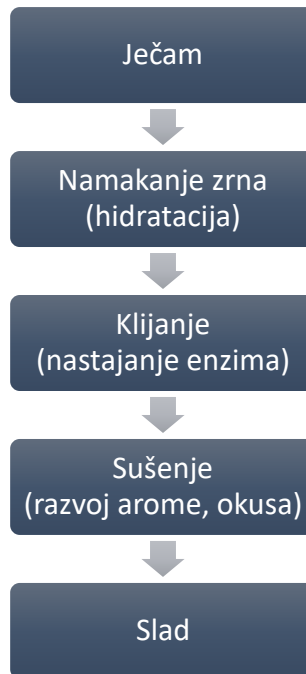
- Čišćenje i sortiranje ječma;
- Močenje ječma;
- Klijanje ječma;
- Sušenje zelenog slada;
- Oslobađanje suhog slada od klica;
- Poliranje slada.

S druge strane tehnologija piva, odnosno pivarstvo, sastoji se od velikog broja uzastopnih tehnoloških faza koje se mogu sažeti u sljedeće:

1. Faza dobivanja sladovine;
2. Faza fermentacije piva;
3. Naknadno vrenje i odležavanje (sazrijevanje) piva;
4. Filtracija piva;
5. Istakanje gotovog piva (Malcev, 1967).

2.4. Tehnologija slada

Kada govorimo o sladu, govorimo zapravo o zrnju određene žitarice koje je proklijalo u kontroliranim uvjetima (pod točno određenom temperaturom i količinom vlage) i taj proces nazivamo sladovanje. Svrha, odnosno zadatak sladovanja, odnosi se na nakupljanje enzima u zrnju. Nakupljanje se odnosi prvenstveno na amilolitičke enzime koji imaju sposobnost ošecerenja škroba koji se nalazi u endospermu žitarica. Ono što je još karakteristično kod proizvodnje piva jest činjenica da slad ne predstavlja samo izvor enzima, nego i izvor škroba i ostalih ekstrakata sladovine od kojih fermentacijom kasnije dobivamo pivo (Malcev, 1967).



Slika 1. Dijagram tehnološkog procesa proizvodnje slada (Izvor: Autor)

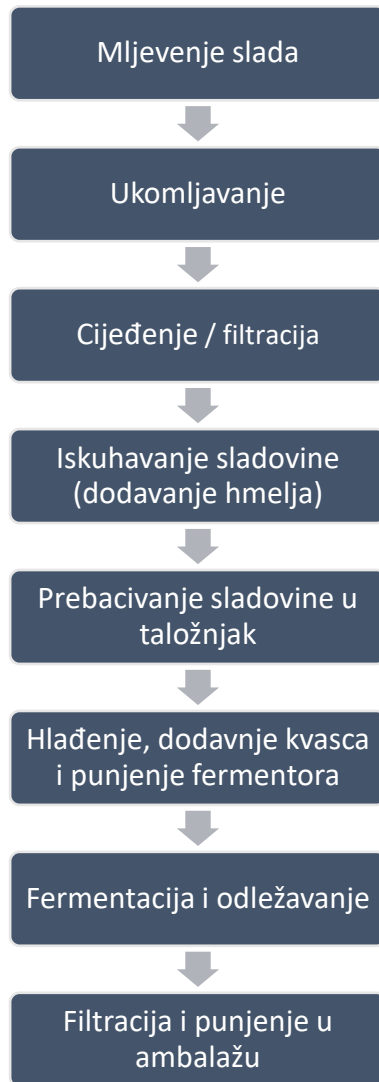
2.5. Tehnologija piva

Pivska sladovina koja će kasnije postati pivo se proizvodi u nekoliko koraka (Slika 2).

Prvi korak je mljevenje slada pri čemu se miješaju različite vrste slada, ovisno o stilu piva, te se melju mlinom s ciljem razbijanja zrna. Samljeveni slad se prenosi u kotao za ukomljavanje nakon čega se miješa s toplom vodom. Navedeni proces se naziva ukomljavanje i u njemu započinje proces pretvorbe. Za pretvorbu se koriste prirodni enzimi koji se nalaze u sladu za razgradnju škroba na jednostavnije šećere.

Sljedeći korak je cijedenje gdje se slatka tekućina (sladovina) prebacuje u kotao za iskuhavanje te započinje proces iskuhavanja u kojem se najčešće dodaje hmelj. Nakon iskuhavanja se sladovina prebacuje u taložnjak u kojem se preostale čestice hmelja, slada te proteina izdvajaju iz sladovine. Tada je sladovina spremna za hlađenje i fermentaciju. Da bi fermentacija započela dodaje se kvasac prilikom punjenja fermentora. Kvasac pretvara šećere iz sladovine u alkohol, stvara niz različitih okusa kao i ugljični dioksid.

Sljedeći važan proces u proizvodnji piva je odležavanje piva gdje se tokom odležavanja razvijaju dodatni okusi. Odležano pivo potom ide na filtraciju, karbonizaciju i punjenje u boce, limenke ili bačve (Firstwefeast, URL).



Slika 2. Dijagram tehnološkog procesa proizvodnje piva (Izvor: Autor)

2.6. Uloga pivskog kvasca

Kvasac ima veliki utjecaj na pivo i pivarstvo. Kvasac ima ključnu ulogu u stvaranju karakterističnih komponenti arome i okusa koje čine impresivnu raznolikost pivskih stilova. Bez metabolizma stanica kvasca, tradicionalna proizvodnja alkoholnih pića ne bi bila moguća. Kvasci su jednostanični organizmi s jezgrom koji pripadaju carstvu gljiva. U odnosu na biljke, kvasac ne zahtjeva sunčevu svjetlost pa je zato tisućama godina bio korišten u pekarstvu i

proizvodnji alkoholnih pića. Za vrijeme fermentacije primarne vrste pivskog kvasca, poznati kao *Saccharomyces cerevisiae*, proizvode energiju za svoj stanični metabolizam pretvarajući određene šećere u ugljični dioksid, alkohol i ostale nusproizvode fermentacije. U srednjem vijeku pivari nisu znali o prisustvu kvasca u proizvodnji piva. Često su sladovinu miješali „magičnom“ drvenom lopaticom koja je bila nacijepljena stanicama kvasca iz prethodnih serija. Fermentacija bi započela nakon nekoliko sati. Srećom, današnji pivari posjeduju znanje o vrstama kvasca, metabolizmu i karakteristikama okusa (Beerconnoisseur, URL).

Pivari danas klasificiraju kvasce na kvasce gornjeg i donjeg vrenja te divlje kvasce. Kvasci gornjeg vrenja ili ale kvasci (*Saccharomyces cerevisiae*) fermentiraju na nešto višim temperaturama (15 - 20 °C a često i više) formirajući pjenu na površini piva iako postoje vrste britanskih kvasaca koji se talože na dnu. Navedeni kvasci često pivu znaju dodati voćni karakter. Suprotno tomu, kvasci donjeg vrenja ili lager kvasci (*Saccharomyces pastorianus*) se talože na dnu fermentora te fermentiraju na nižim temperaturama (oko 10 °C). Nakon završene fermentacije pivo odležava trideset ili više dana blizu točke smrzavanja. Tokom odležavanja okusi u pivu postaju harmoničniji, a komponente sumpora nastale tokom fermentacije nestanu (Wikipedia, URL).

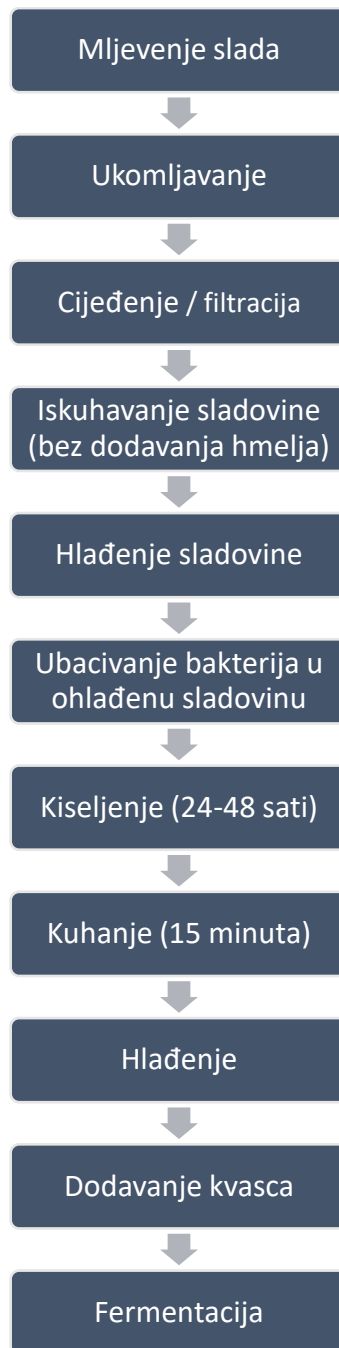
2.7. Proizvodnja kiselog piva

Kiselo pivo se može podijeliti u puno pod-stilova te kao takvo nije ograničeno na jednu specifičnu definiciju temeljenu na proizvodnom procesu, sirovini ili zemljopisnom podrijetlu. Zajedničke osobine kiselih piva su povećane koncentracije organskih kiselina, što uzrokuje smanjivanje pH (3,0 – 3,9) u usporedbi sa standardnim pivom što dovodi do povišenog intenziteta kiselog okusa (Tonosmeire, 2014).

Povišene razine organskih kiselina u kiselom pivu potječu od sudjelovanja bakterija koje u procesu fermentacije proizvode kiselinu. S druge strane, fermentacija standardnog piva je obično ograničena na fermentaciju s jednim sojem kvasca. Kiselo pivo nastaje fermentacijom pomoću više mikroorganizama, uključujući kvasce i bakterije (Van Oevelen et al., 1977).

Nadalje postoje različite tehnike za proizvodnju kiselog piva uključujući spontanu fermentaciju, kontroliranu miješanu fermentaciju, kiselo ukomljavanje gdje se različiti mikroorganizmi odvajaju u određenom vremenu (Bossaert et al., 2019).

U nastavku rada je prikazan dijagram tehnološkog procesa proizvodnje kiselog piva (Slika 3).



Slika 3. Dijagram tehnološkog procesa proizvodnje kiselog piva (Izvor: Autor)

2.7.1. Laktobacili u pivu

Lactobacillus spadaju pod bakterije. Djeluju slično kao i kvasci u pogledu konzumacije šećera iz sladovine, no umjesto da ih pretvaraju u alkohol, oni šećere pretvaraju u mliječnu kiselinu. Mliječna kiselina vrlo brzo smanjuje pH tekućine (u roku od 24 - 48 sati) i daje pivu kiseli, ali čist okus. Laktobacile pronalazimo u fermentiranoj hrani poput jogurta (American Homebrewers Association, URL).

Laktobacili u pivu mogu biti glavni „krivci“ za njegovo kvarenje, ali mogu i pozitivno utjecati na fermentaciju. Utjecaj laktobacila ovisi o stilu piva. U lager i ale stilovima piva laktobacili se smatraju kvariteljima jer uzrokuju nepoželjnu mutnoću i taloženje, kao i nepoželjne okuse, stvaranje mliječne kiseline i trpkosti (Suzuki, 2011).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Zadatak

Zadatak ovog rada je praćenje ekstrakta i pH u dva uzorka sladovine, koji su izuzeti iz iste šarže, nakon dodavanja kvasca u jedan i mliječnih bakterija u drugi uzorak u laboratoriju pivovare.

3.2. Materijali i metode

Sva sladovina koja je korištena kao uzorak u ovom eksperimentu proizvedena je u varionici pivovare na jednaki način te su korištene iste sirovine kao i identični tehnološki procesi proizvodnje.

Tablica 1. Korištene sirovine za proizvodnju sladovine

Sirovina	Proizvođač sirovina
Slad	Slavonija slad
Kukuruzna krupica	Papuk Našice
Ječam	Slavonija slad
Crni slad	Boortmalt

Tablica 2. Korišteni mikroorganizmi

	Vrsta	Ime proizvoda	Proizvođač
Pivski kvasac	<i>Saccharomyces pastorianus</i>	W - 34 / 70	Fermentis
Mliječne bakterije	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Wildbrew Sour Pitch	Lallemand

3.2.1. Uzimanje i sterilizacija uzoraka potrebnih za eksperiment

Prije samog zakuhavanja sladovine te prije dodavanja hmelja u kotao za iskuhavanje uzeta su ukupno tri uzorka sladovine koja će se koristiti u eksperimentu. Za potrebe stvaranja starter kulture, uzorak sladovine je napunjen u Erlenmeyerovu tikvicu dok su uzorci za eksperiment napunjeni u dva staklena demižona. Svi uzorci su zatvoreni vatom, prekriveni klobučarskim papirom te stavljeni u vertikalni autoklav za sterilizaciju tekućina (Hirayama). Sterilizacija sladovine se izvršavala u trajanju od 20 minuta na temperaturi od 120 °C. Nakon sterilizacije, uzet je uzorak za provjeru pH vrijednosti kao i sami ekstrakt sladovine. Tikvice i demižoni su ostavljeni da se ohlade na sobnu temperaturu.



Slika 4. Sterilizacija uzorka za starter kulturu u autoklavu (Izvor: Autor)



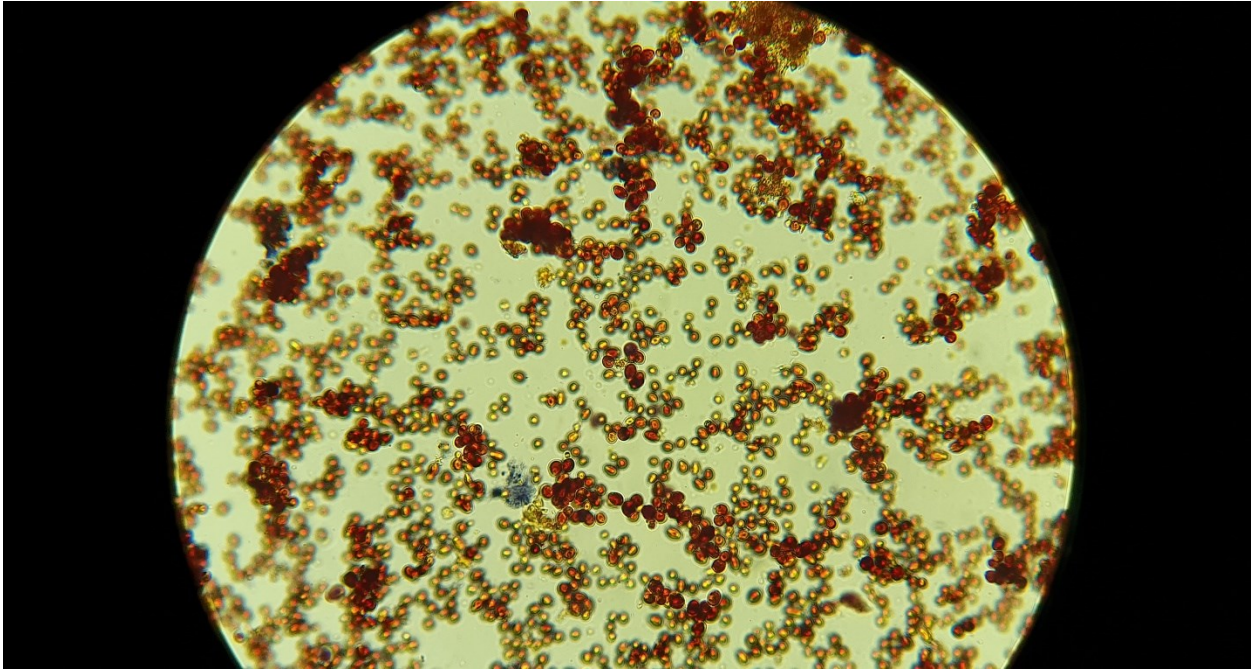
Slika 5. Sterilizirana sladovina prije nacjepljivanja (Izvor: Autor)

3.2.2. Nacjepljivanje uzoraka

Ohlađena tikvica je stavljena na drmalicu (Tehtnica) te je dodano 10 g *Lactobacillus plantarum* s ciljem razmnožavanja i jačanja same kulture te je ostavljeno na drmalici 24 sata. Nakon 24 sata sadržaj iz Erlenmayerove tikvice uliven je u jedan stakleni demižon sterilne sladovine i zatvoren vatom. Sterilna Brandova bočica je napunjena kvascem iz fermentora u kojem se nalazi prevrelo mlado pivo na odležavanju. Kvasac iz mladog piva je pregledan pod mikroskopom gdje su prebrojane mrtve stanice tako što se uzorak kvasca pomiješao s metilenskim modrilom, što je izuzetno bitno jer kvasac koji se koristi u više navrata ne smije imati puno mrtvih stanica. Isto tako se provjerava i sadržaj glikogena bojanjem stanica kvasca Lugolovom otopinom, odnosno, provjerava se količina rezervne hrane stanica te se na temelju toga može procijeniti kojom brzinom će fermentacija krenuti. Sadržaj iz Brandove bočice je izliven u drugi demižon sa sterilnom sladovinom te je zatvoren gumenim čepom koji je pretvoren u vrenjaču.



Slika 6. Sladovina nacijepljena mliječnim bakterijama (Izvor: Autor)



Slika 7. Pregled sadržaja glikogena bojanjem stanica kvasca Lugolovom otopinom

(Izvor: Autor)

3.2.3. Mjerenje ekstrakta

Prije svakog mjerenja uzimaju se uzorci na način da se sterilnu staklenu pipetu polije alkoholom i zapali s ciljem dezinfekcije same pipete. Uzima se 10 mL sladovine te ulije u čašicu.

Aparatura: denzitometar

Postupak mjerenja:

Denzitometar se mora baždari prije upotrebe. Baždari se na način da cijev za punjenje uronimo u destiliranu vodu te pomoću pumpe za punjenje punimo i praznimo borosilikatnu cijev „U“ oblika dok se ne pojavi čista voda nakon čega se pali postupak za provjeru vode. Ako je rezultat nula, smatra se da je denzitometar baždaren. Gustoća uzorka je definirana kao njegova masa podijeljena s volumenom. Uzorak se puni u borosilikatnu cijev koja vibrira na karakterističnoj frekvenciji. Frekvencija se mijenja ovisno o gustoći samog uzorka pa se određivanjem karakteristične frekvencije može izračunati gustoća uzorka te uređaj na temelju dobivene gustoće izračuna ekstrakt u sladovini koji se izražavaju u stupnjevima Platoa (°P) (Upute proizvođača).



Slika 8. Mjerenje ekstrakta u uzorku prijenosnim denzitometrom (Izvor: Autor)

3.2.4. Mjerenje pH

Aparatura: pH metar

Postupak mjerenja:

Prije upotrebe, pH metar se mora baždariti. Baždari se na način da se elektroda pH metra uroni u pufer otopinu poznate pH vrijednosti te na kraju baždarenja pokazuje istu vrijednost kao što je vrijednost pufer otopine. Elektroda koja je najčešće izrađena od stakla te sadrži referentu i pH osjetljivu elektrodu, uronimo u uzorak. pH osjetljiva elektroda generira naponski signal koji

je proporcionalan pH otopine uzorka nakon čega se signal napona šalje u uređaj koji prikazuje pH vrijednost na ekranu (Arhiva pivovare).



Slika 9. Mjerenje pH vrijednosti (Izvor: Autor)

4. REZULTATI

Tablica 3. Rezultati praćenja sladovine s kvascem

Sladovina s kvascem			
Dan	Vrijeme	Ekstrakt (°P)	pH
1.	12:15	8,6	5,7
	18:00	6,2	4,35
2.	8:00	2,5	3,98
	20:00	1,3	3,97
3.	8:00	1,1	4,03
	20:00	1,1	4,04
4.	8:00	1,1	4,03
	20:00	1,1	4,03

°P – stupanj Platoa

Tablica 4. Rezultati praćenja sladovine s mliječnim bakterijama

Sladovina s mliječnim bakterijama			
Dan	Vrijeme	Ekstrakt (°P)	pH
1.	12:15	8,6	5,7
	18:00	8,5	3,75
2.	8:00	8,2	3,31
	20:00	8,2	3,25
3.	8:00	8,2	3,21
	20:00	8,2	3,17
4.	8:00	8,2	3,17
	20:00	8,2	3,17

°P – stupanj Platoa



Slika 10. Usporedba sladovine s kvascem (lijevo) sa sladovinom s mliječnim bakterijama (desno) nakon završene fermentacije (Izvor: Autor)

5. RASPRAVA

Cilj ovog završnog rada je promatranje ekstrakta i pH u sladovini dodavanjem 2 različita mikroorganizma koji se koriste u proizvodnji piva. Postavljalo se pitanje mogu li i koliko, mliječne bakterije sniziti početni ekstrakt sladovine s obzirom da na raspolaganju u sladovini imaju jednake šećere (fruktozu, glukozu, maltozu) te da koriste iste šećere kao i kvasac samo različitim brzinama. Često se zna dogoditi da uslijed kontaminacije mliječnom bakterijom dođe do kiseljenja piva iz razloga što je u pivu preostalo šećera koje mliječne bakterije mogu iskoristiti za svoje razvijanje.

Tablica 3. prikazuje kretanje ekstrakta i pH dva puta dnevno u vremenskom trajanju od četiri dana. Vidljivo je da je treći i četvrti dan ekstrakt na 1,1 °P i pH 4,03, odnosno, obje vrijednosti su stabilne što u pivarstvu znači da je fermentacija završila.

Tablica 4. prikazuje kretanje ekstrakta i pH kroz isti vremenski period u sladovini gdje su dodane mliječne bakterije. Iz tablice se vidi da se ekstrakt smanjio s početne vrijednosti od 8,6 °P na 8,2 °Plato te da ne opada takvom brzinom i do te mjere kao sladovina s kvascem dok je pH s početne vrijednosti od 5,7 već u prvom mjerenju pao na 3,75 što je vrijednost koju smo dobili nakon fermentacije sladovine s kvascem.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

- Fermentacija u kojoj je korišten pivski kvasac je prošla očekivanim tijekom
- U fermentaciji s mliječnim bakterijama ekstrakt od 8,6 °P koji se smanjio na 8,2 °P nam jasno govori da fermentacija nije bila aktivna kao kod kvasca te da korištene bakterije nisu u mogućnosti u potpunosti fermentirati šećere iz sladovine.
- Pad pH s 5,7 na 3,17 jasno pokazuje da su bakterije bile aktivne te da su proizvele mliječnu kiselinu koja je spustila pH sladovine.
- Fermentacija u kojoj su korištene mliječne bakterije nije dovršena te bi navedena fermentacija mogla potrajati nekoliko godina pod uvjetom da, zbog nedostatka aktivnosti kvasca, ne dođe do kvarenja sladovine uslijed kontaminacije fermentora drugim mikroorganizmima
- Izgled fermentiranih sladovina je karakterističan s obzirom na korištene mikroorganizme

7. LITERATURA

1. Arhiva pivovare
2. Bossaert et al. (2019) The power of sour – a review: old traditions, new opportunities, *Brewing science* 72, str. 78-88.
3. Malcev, P.M. (1967) *Tehnologija slada i piva*. Beograd: Poslovno udruženje industrije piva.
4. Suzuki, K. (2011) 125th Anniversary Review: Microbiological Instability of Beer Caused by Spoilage Bacteria, *Journal of the Institute of Brewing*, 117 (2), 131-135
5. Šakić, N. i Blesić, M. (2011) *Osnovi tehnologije slada i piva*. Sarajevo: Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredno – prehrambeni fakultet.
6. Tonsmeire, M. (2014) *American sour beer: innovative techniques for mixed fermentations*. Boulder, Colorado: Brewer Publications.
7. Upute proizvođača denzitometra
8. Van Oevelen et al. (1977) Microbiological aspects of spontaneous wort fermentation in the production of lambic and gueuze, *Journal of the Institute of Brewing*. 83 (12), str. 356-360.

Internet izvori:

1. American Homebrewers Association
[URL:https://www.homebrewersassociation.org/how-to-brew/sour-microbes-yeast-and-bacteria-explained/](https://www.homebrewersassociation.org/how-to-brew/sour-microbes-yeast-and-bacteria-explained/) [pristup: 14.07.2022.]
2. Beerconnoisseur, [URL:https://beerconnoisseur.com/articles/role-yeast-brewing](https://beerconnoisseur.com/articles/role-yeast-brewing) [pristup:12.03.2021.]
3. Firstwefeast, URL:<https://firstwefeast.com/drink/learn-how-to-brew-beer-with-these-fun-animated-gifs> [pristup: 07.06.2022.]
4. Wikipedia, [URL:https://en.wikipedia.org/wiki/Yeast#Beer](https://en.wikipedia.org/wiki/Yeast#Beer) [pristup: 08.06.2022.]

POPIS SLIKA

Slika 1. Dijagram tehnološkog procesa proizvodnje slada

Slika 2. Dijagram tehnološkog procesa proizvodnje piva

Slika 3. Dijagram tehnološkog procesa proizvodnje kiselog piva

Slika 4. Sterilizacija uzoraka za starter kulturu u autoklavu

Slika 5. Sterilizirana sladovina prije nacijepjenja

Slika 6. Nacijepjen starter mliječnim bakterijama

Slika 7. Pregled sadržaja glikogena bojanjem stanica kvasca Lugolovom otopinom

Slika 8. Mjerenje ekstrakta u uzoraku prijenosnim denzitometrom

Slika 9. Mjerenje pH vrijednosti

Slika 10. Usporedba sladovine s kvascem (lijevo) sa sladovinom s mliječnim bakterijama (desno) nakon završene fermentacije

POPIS TABLICA

Tablica 1. Korištene sirovine za proizvodnju sladovine

Tablica 2. Korišteni mikroorganizmi

Tablica 3. Rezultati praćenja sladovine s kvascem

Tablica 4. Rezultati praćenja sladovine s mliječnim bakterijama

POPIS KRATICA

% - postotak

°C – stupanj Celzijus

G – gram

mL – mililitar

°P – stupanj Platoa

IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja , **Matej Šimala**, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog/diplomskog rada pod naslovom **Fermentacija pивske sladovine sa dva mikroorganizma** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 05.04.2023.

Matej Šimala

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized initials 'MS' enclosed within a large, sweeping oval stroke. The signature is positioned above a horizontal line.