

Analiza ječmenog slada

Ilijaš, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:277:529188>

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**



Ana Ilijaš, 0253053672

ANALIZA JEČMENOŠ SLADA

ZAVRŠNI RAD

Požega, 2024. godine

FAKULTET TURIZMA I RURALNOG
RAZVOJA U POŽEGI

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

ANALIZA JEČMENOŠ SLADA

ZAVRŠNI RAD

IZ KOLEGIJA TEHNOLOGIJA AUTOHTONIH PREHRAMBENIH
PROIZVODA

MENTOR: Ana Mrgan dip. ing.

STUDENT: Ana Ilijaš

JMBAG: 0253053672

Požega, 2024. godine

SAŽETAK

Slad je poznat kao jedna od važnih sirovina u proizvodnji piva. To je proklijalo i osušeno zrno najčešće pivarskog ječma koje je bogato aktivnim hidrolitičkim enzimima. Pivarski slad osim od ječma može se dobivati i od drugih žitarica, no ječam je najzastupljeniji u pivarskoj proizvodnji. Slad se dobiva procesima močenja, klijanja i sušenja žitarica. Ječam je glavna sirovina za proizvodnju slada jer ispunjava sve potrebne uvjete za proizvodnju kvalitetnog piva. Tijekom procesa proizvodnje slada vrše se analize kakvoće sirovine, poluproizvoda i gotovog proizvoda, kao što su sadržaja vlage i friabilnost koja je indikator staklavosti i brašnavost zrna ječma. Kod congress kaše koja se dobiva tijekom kuhanja slada analizira se: vrijeme filtracije, određivanje boje, viskoznost i sadržaj dušika u sladu. Boja slada nije i boja piva već se mjeri indikacija vrste slada. Vrijeme filtracije se određuje i zapisuje kako bi pivovare znale tijekom proizvodnje i rok valjanosti piva.

Ključne riječi: pivarski ječam, slad, friabilnost, congress kaša

ABSTRACT

Malt is known as one of important raw materials in beer production. This is a germinated and dried grain, usually brewer's barley, which is rich in active hydrolytic enzymes. Brewer's malt can be obtained from other grains besides barley, but barley is the most common in brewing. Malt is obtained by soaking, germinating and drying grains. Barley is the main raw material for the production of malt because it meets all the necessary conditions for the production of quality beer. During the malt production process, analyzes of the quality of raw materials, semi-products and finished products are performed, such as moisture content and friability, which is an indicator of glassiness and flouriness of barley grains. In the congress mash obtained, the course of malt cooking is analyzed: filtration time, color determination, viscosity and nitrogen content in the malt. The color of the malt is not the color of the beer, but rather an indication of the type of malt. The filtration time is determined and recorded so that the breweries know the production process and the expiration date of the beer.

Keywords: malting barley, malt, friability, congress

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1. Definicija slada	2
2.2. Ječam	2
2.3. Proizvodnja slada.....	4
2.3.1. Transport ječma	4
2.3.2. Čišćenje ječma	4
2.3.3. Razvrstavanje ječma prema veličini zrna.....	4
2.3.4. Sušenje ječma.....	5
2.3.5. Močenje ječma	5
2.3.6. Klijanje ječma	6
2.3.7. Regulatori klijanja.....	6
2.3.8. Aktivacija enzima	7
2.3.9. Enzimi za razgradnju škroba – amilaze	7
2.3.10. Sušenje slada	8
2.3.11. Čišćenje slada.....	8
2.3.12. Skladištenje slada.....	8
2.3.13. Prinos tijekom slađenja	8
2.3.14. Ocjena kakvoće slada.....	9
2.3.15. Organoleptička ocjena kakvoće slada.....	9
2.4. Fizikalna ocjena kakvoće slada	10
3. MATERIJALI I METODE	13
3.1. Kemijske analize slada	13
3.1.1. Određivanje sadržaja vlage	13
3.1.2. Određivanje friabilnosti	14
3.1.3. Priprema congress kaše	15
3.1.4. Određivanje vremena filtracije congress kaše	16
3.1.5. Određivanja ekstrakta slada	17
3.1.6. Određivanje boje sladovine.....	18
3.1.7. Određivanje viskoziteta sladovine	18
3.1.8. Sadržaj topljivog dušika u sladu	19
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	21
5. ZAKLJUČAK	24

6. LITERATURA	25
----------------------------	-----------

1. UVOD

Slad se često naziva i „dušom piva“ a poznat je već više od 4.000 godina. Jedan je od četiri osnovna sastojka koji se koriste za proizvodnju piva. Slad je taj koji daje boju, aromu, okus i tijelo svakom aleu ili lager pivu. Iako se za proizvodnju piva koriste razne žitarice, ipak je ječam jedna od najvažnijih žitarica u pivarskoj proizvodnji. Slad se može dobiti i od pšenice, sirka ili raži. Ječam daje dovoljno škroba za proizvodnju piva. Sam ječam ne može se direktno fermentirati u alkohol već se uz pomoć aktivnih hidrolitičkih enzima pretvara u slad. Važno je uzgojiti ječam odgovarajuće sorte kako bi se dobio što bolji slad. Slad se dobiva procesom čišćenja, klasiranja, močenja, klijanja i sušenja. Klijanjem se aktiviraju enzimi koji razgrađuju škrob do jednostavnih šećere, a sušenjem se zaustavlja taj proces. Pivo se ne može napraviti bez slada stoga je proizvodnja ječmenog slada prvi korak u proizvodnji piva. Tijekom proizvodnje slada dobiveni slad izgleda gotovo isto kao i ječam od kojega je proizveden. Prilikom dopreme ječma u silose prije skladištenja ječam se mora očistiti i klasirati. Kako postoji veliki broj sorti ječma, skladištenje se vrši prema sortama ili sortama koje su prema fizikalnim svojstvima slične, jer se tako koristi za proizvodnju slada, odnosno određenih vrsta piva.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Definicija slada

Slad je proklijala žitarica koja se koristi za proizvodnju piva i drugih alkoholnih pića. Glavna sirovina u proizvodnji slada je pivarski ječam. Kuhanjem slada u pivovarama dobiva se sladovina kojoj se dodaju ostale komponente potrebne za proizvodnju piva. Najvažniji proces u proizvodnji piva je fermentacija šećera sadržanih u sladovini da bi se formirao alkohol i ugljični dioksid. Kako bi se osigurali potrebni uvjeti za to, prvo se moraju netopljive komponente u sladu pretvoriti u topljive komponente te se posebno moraju proizvesti topljivi šećeri kako bi se mogli fermentirati. Stvaranje i otapanje ovih spojeva svrha je proizvodnje sladovine (Kunze, 1996).

„Proizvodnja slada obuhvaća sljedeće postupke: čišćenje, klasiranje i skladištenje ječma, močenje i klijanje ječma, sušenje zelenog slada, čišćenje i skladištenje osušenog slada“ (Šakić i Blesić, 2011).

2.2. Ječam

Najrazvijenije područje za uzgoj ječma je središnja Europa gdje se ječam već sustavno uzgaja više od 150 godina. Ječam je žitarica čiji se klasovi odlikuju posebnim dugim zrnima. Prema vremenu sjetve razlikujemo ozime i jare vrste ječma. Ozimi ječam se sije sredinom rujna dok jari ječam u ožujku i travnju. Obje vrste ječma s obzirom na građu klasa razvrstavamo još i u dvoredne ili više redne vrste. Dvoredni ječam daje velika, krupna zrna s obično tanjim naboranim ljuskama. Takav ječam ima manje polifenolnih i gorkih tvari. Za proizvodnju slada i piva daleko je najprikladniji dvoredni jari ječam. Glavna sorta njemačkih uzgajivača je *Alexis* koja se uzgaja u svim srednjoeuropskim zemljama. Ostale uspješne sorte su *Blenheim*, *Dekadod*, *Prisma*, *Volga* i češke sorte *Rubin* i *Orbit*.

Zrno ječma se sastoji od tri glavna dijela: klice, endosperma i ovojnice. Zametno područje sadrži embrij s čvorovima rasta za klicu i korijenje.

Udio vode u ječmu je prosječno od 13 % do 14,5 %. Sadržaj vlage može varirati između 12 % u vrlo suhim uvjetima žetve ali i preko 20 % u vrlo vlažnim uvjetima. Vlažan ječam je potrebno sušiti jer se ne može dugo skladištiti i gubi sposobnost pravilnog klijanja. Za dugotrajno skladištenje ječam mora imati sadržaj vlage manji od 15 %.

Prije upotrebe u pivovari ječam se mora pretvoriti u slad. Za dobivanje dobrog i ujednačene kvalitete slada važno je da što više zrna u zrnoj masi bude iste sorte i iste kvalitete, stoga se treba uzgajati što čišće sorte ječma (Kunze, 1996).

„Ječam je najkvalitetnija sirovina za proizvodnju piva, a sve ostale žitarice su samo nadomjesci. Ječmeni slad se koristi i u proizvodnji *wiskya*“ (Pospišil, 2010).

„Kvalitetan pivarski ječam mora imati sljedeća svojstva:

- posve zdravo zrno bez prisustva živih štetnika
- na zrnu ne smije biti ostataka pesticida iznad dopuštene koncentracije
- ječam ne smije biti genetski modificiran
- pljevica mora imati prirodnu slamnato-žutu boju i prirodan miris (miris svježe slame)
- klijavost min. 95 %
- sadržaj bjelančevina u suhoj tvari 9,5 – 11,5 %
- sadržaj ugljikohidrata u suhoj tvari 79 – 82 %
- sadržaj vode ne veći od 14,5 %
- čistoća: sortna min. 93 %, mehanička min. 98 %
- hektolitarska masa najmanje 65 kg
- zrna trebaju biti ujednačena po obliku i veličini, te se klasiraju: I. klasa 2,5 – 2,8 mm; II. klasa 2,2 – 2,5 mm“ (Pospišil, 2010).



Slika 1. Ječam (Izvor: autor)

2.3. Proizvodnja slada

Proizvodnja slada je prvi korak u proizvodnji piva. Slad je moguće napraviti i od drugih žitarica primjerice pšenica, raž, sirak ili proso, no ječam se pokazao kao najkvalitetniji i najprikladniji slad za proizvodnju piva.

2.3.1. Transport ječma

Ječam se transportira u rasutom stanju ili u vrećama cestovnim, željezničkim ili vodenim prijevoznim sredstvima. U slučaju da se ječam doprema u rasutom stanju željezničkim vagonima istovar se obično vrši mehaničkom putem. Velike količine ječma se transportiraju u silos vagonima (do 64 tone) koji se automatski prazne. Suvremene sladare se većinom grade blizu vodenih kanala kako bi omogućile lakši i financijski jeftini transport (Kunze, 1996).

2.3.2. Čišćenje ječma

Sortna čistoća temelj je ujednačene kvalitete slada. Ječam nakon žetve ima više ili manje onečišćenja u zrnenoj masi, odnosno primjesa. Tijekom čišćenja izdvajaju se prašina, kamenčići, sjeme korova, komadići metala i ostale primjese. Glavno čišćenje ječma je prosijavanjem odnosno uklanjanje primjesa prema obliku i veličini zrna, kao što su korovsko sjemenje koje smanjuje kvalitetu slada i povećava sadržaj vlage (Kunze, 1996).

2.3.3. Razvrstavanje ječma prema veličini zrna

Nakon faze čišćenja dolazi do razvrstavanja ječma. Tijekom faze čišćenja uklonjene su velike i male nečistoće iz zrnene mase. No i dalje postoje razlike u veličini zrna a time i kvaliteti jer sitnija zrna brže upijaju vodu od krupnijih zrna što za posljedicu ima neujednačenu kvalitetu slada. Ječam se razvrstava u frakcije s obzirom na veličinu zrna korištenjem sita s 2,2 i 2,5 mm širine proreza. Budući da je razlika u sadržaju vode između većih i manjih zrna u početku kalibriranja vrlo velika, postupno postaje manja a većinom se koriste sita promjera 2,2 mm. Uređaj koji se koristi za razvrstavanje ječma naziva se kalibrator (Kunze, 1996).



Slika 2. Razvrstavanje ječma u kalibratoru (Izvor: autor)

2.3.4. Sušenje ječma

Sadržaj vlage u ječmu podložan je velikim oscilacijama. Prosječna vlaga je od 13 % do 14,5 % dok u sušoj godini tijekom žetve može biti i ispod 13 %, ili obrnuto ako je kišni period tijekom žetve čak i do 25 %. Ječam koji se zaprima u silose s velikim sadržajem vlage podložan je procesima kvarenja, gubi sposobnost klijanja i proizvodi loš slad. Stoga se ječam prije skladištenja mora podvrgnuti postupcima sušenja, ventilatorima na vrući zrak ili vakuumskom sušilicama. U slučaju da se skladišti mokri i vlažni ječam dolazi do kontaminacije i propadanja zrnene mase (Kunze, 1996).

2.3.5. Močenje ječma

U uskladištenom ječmu sadržaj enzima je važan za proces proizvodnje slada. Budući da su proces močenja i klijanja dva važna procesa u proizvodnji slada, moraju se zajedno promatrati. Najprihvatljivija temperatura vode za močenje je od 8 do 10 °C. Močenje ječma za proizvodnju svijetlog slada traje između 65 i 75 sati dok za tamnog slada od 90 do 110 sati (Vogel, 2005).

Tijekom namakanja voda difundira u unutrašnjost zrna, što rezultira većom aktivnošću enzima i početkom procesa klijanja. Unos vode ovisi o vremenu namakanja, temperaturi namakanja, veličini zrna, sorti ječma i godini žetve ječma. Kao i kod drugih žitarica, disanje ječma ili oksidativni proces razgradnje glukoze, povećava se s povećanim sadržajem vlage, ali se time povećava i potreba za kisikom (Kunze, 1996).

2.3.6. Klijanje ječma

Klijanje se provodi u pneumatskim postrojenjima, rijetko u podnim uvjetima. Tijekom klijanja u zrnju se odvajaju različiti biokemijski i fiziološki procesi. Razvija se korjenčić i klica za što im je potrebna energija, koju crpe iz škroba. Pogodne temperature klijanja su od 12 °C do max. 18 °C, što ovisi i o vrsti slada. Temperatura klijanja za svijetli slad je 18 °C, a proces traje 6-10 dana. Tokom klijanja jedan dio škroba se hidrolizira do jednostavnih šećera, a proklijalo zrno je slatkog okusa te se zato naziva slad ili zeleni slad koji je zapravo poluproizvod (Marić, 2000).

Tijekom procesa klijanja u samom korjenčiću se razvijaju enzimi, koji pretvaraju škrob u šećere. Tijekom procesa hidrolize škroba za svijetla piva koristi se manje razgrađeni slad, dok kod tamnih piva proces se mora nastaviti. No kod previše razgrađenog ili nedovoljnog razgrađenog slada dolazi do poteškoća pri vrenju (Vogel, 2005).

2.3.7. Regulatori klijanja

Dodavanjem specifičnih tvari moguće je utjecati na mehanizme metabolizma kako bi se postigli učinci ubrzanja ili usporavanja klijanja. Te tvari se nazivaju regulatori rasta i dijele se na stimulatore koji imaju ubrzavajući učinak i inhibitore koji imaju usporavajući učinak ili blokirajući učinak. Najrašireniji stimulator rasta je Giberelinska kiselina, koja je produkt metaboličkog procesa plijesni *Fusarium moniliforme* i izolirana je još 1926. godine u čistom obliku u Japanu. Giberelinska kiselina na tržište dolazi kao bijeli kristalni prah s određenim rokom trajnosti. Potrebna količina Giberelinske kiseline otopi se u alkoholu ili acetonu (1g u 50 mL) te se ta otopina pomiješa u određenu količinu vode. Otopina se priprema najviše 24 sata prije uporabe jer se stajanjem razgrađuje i postaje manje učinkovita. Pripremljena otopina raspršuje se na klijavi ječmu kroz mlaznicu pomoću komprimiranog zraka ili uz pomoć pumpe. Najpovoljniji učinak ima kada se prska po osušenim žitaricama u ovom slučaju ječmu jer se otopina tada lijepi na površinu zrna, difundira u unutrašnjost zrna i time se ubrzava proces klijanja. Količina koja se dodaje na tonu ječma je 0,3 do 0,8 g kristalnog oblika kiseline, ali količina ovisi o sorti ječma, godini proizvodnje i vremenu proizvodnje slada (Kunze, 1996).



Slika 3. Giberelinska kiselina otopljena u alkoholu (Izvor: autor)

2.3.8. Aktivacija enzima

Aktivacija enzima veoma je važna za različite biokemijske procese tijekom klijanja, a kasnije i u proizvodnji slada. Enzimi prisutni u ječmu se oslobađaju ili stvaraju u većim količinama tijekom klijanja. Najvažniji enzimi u ječmu i sladu su amilolitički enzimi za razgradnju škroba, prije svega α -amilaza i β -amilaza te citolitički enzimi β -glukanaze i citaze, enzimi za razgradnju proteina proteaze i enzimi za razgradnju fosforne kiseline fosfataze. Enzimi nastaju kao rezultat djelovanja hormona koji se distribuiraju prodorom vode iz skuteluma dužinom aleurnoskog sloja i uzrokuju oslobađanje i stvaranje enzima. Ti se hormoni stvaraju od Giberelinske kiseline ili tvari sličnih Giberelinskoj kiselini. Oni uzrokuju otpuštanje aminokiselina i proizvodnju enzima (Kunze, 1996).

2.3.9. Enzimi za razgradnju škroba – amilaze

Amilaze su najvažniji enzimi u sladu. Odgovorni su za kasniju razgradnju škroba tijekom namakanja i zagrijavanja zrna ječma. α -amilaza se ne može otkriti u neprokljalom ječmu. Najveći dio α -amilaze se stvara od 2. do 4. dan klijanja i razgrađuje škrob na nisko molekularne dekstrine i relativno malo maltoze. α -amilaza cijepa amilozu i amilopektin na bilo kojem mjestu α -1-4 glikozidnog veza. β -amilaza je već prisutna u velikim količinama u neprokljalom ječmu. Nakon početnog smanjenja količina β -amilaze znatno se povećava 2. i 3. dan klijanja. β -amilaza sporije razgrađuje škrob od α -amilaze, a katalizira cijepanje svake druge α -1-4 glikozidne veze (Kunze, 1996).

2.3.10. Sušenje slada

Kada su procesi u zelenom sladu dovoljno napredovali, životni procesi se završavaju sušenjem. Tijekom sušenja udio vode s 45 % se iz zelenog slada smanjuje na 4 - 5 % u suhom sladu. Slad tada postaje stabilan i pogodan za skladištenje. Sušenje se provodi u sušarama, slad se stavlja na perforirane podloge i kroz slad struji velika količina toplog zraka. Promjene koje se događaju tijekom sušenja su smanjenje sadržaja vode, a klijanje i modifikacija se zaustavljaju te se stvaraju tvari boje i okusa (Kunze, 1996).

2.3.11. Čišćenje slada

Veliki dio korijenske frakcije je vezan za namočeni slad i čini 3 do 4 % mase slada. Korjenčići se ne koriste u daljnjoj obradi slada te se moraju ukloniti, a proces se naziva čišćenje slada. Mali dio korjenčića je odlomljen tijekom sušenja i uklonjen je u toj fazi. Ako se zrna jako zagriju i postanu smeđe boje odmah su nutritivno manje korisna. Čišćenje slada se vrši u stroju za dekluraciju slada ili u pužnoj dekluraciji. Svi strojevi za odvajanje korjenčića slada rade na principu pritiska zrna na cilindar za prosijavanje. Time se lome pričvršćeni korjenčići i uklanjaju pužnim transporterom koji se nalazi na dnu uređaja (Kunze, 1996).

2.3.12. Skladištenje slada

Sadržaj vode tijekom skladištenja raste od 4 do 5 % zbog vlage u zraku. To rezultira fizikalnim i kemijskim promjenama u endospermu što olakšava daljnju obradu. Svježe osušeni slad nije prikladan za proizvodnju piva, jer može uzrokovati poteškoće u filtraciji i fermentaciji pri proizvodnji piva. Stoga se slad skladišti najmanje 4 tjedna u silosima, gdje prolazi proces sazrijevanja. Slad koji se skladišti mora biti pravilno očišćen, ohlađen i suh (Kunze, 1996).

2.3.13. Prinos tijekom slađenja

Od 100 kilograma ječma ne dobiva se 100 kilograma slada, nego manje. Postotni omjer mase proizvedenog slada i mase upotrebljavanog ječma naziva se prinos slada. Razlika u masi izražava se u postotcima i naziva se gubitak slada. Prinos treba biti što veći, a gubitak što manji. Računa se da je *Pilsner* ili prinos slada od 100 kilograma očišćenog ječma slijedeći:

- 148 kg potpuno namočenog ječma

- 140 kg zelenog slada
- 78 kg svježe osušenog slada
- 80 kg uskladištenog slada.

Od 100 kg ječma dobiva se 80 kg svijetlog slada, odnosno 20 % je gubitak na masi. Oko polovice gubitka mase nastaje zbog razlike u sadržaju vode ječma i slada. Sadržaj vode u ječmu iznosi od 12 do 14 %, a slada oko 5 % (Kunze, 1996).

2.3.14. Ocjena kakvoće slada

Ocjena kakvoće slada određuje se korištenjem službenih metoda od strane European Brewery Convention Unit (EBC jedinica), American Society of Brewing Chemnists (ASBC), Middle European Analysis Commission (MEBAK) ili Institute of Brewing (IOB). Analitičke metode koje se koriste u različitim zemljama razlikuju se, a standardi ovise o sortama ječma i postupcima proizvodnje slada koji se koriste. Ocjena kakvoće slada određuje se na osnovu različitih fizikalno-kemijskim karakteristikama slada. Glavni faktor za ocjenu kakvoće dobrog slada je sadržaj enzima, kao i njegova tvrdoća kod zagriža, što ukazuje na to, rastvara li se slad dobro ili je nepravilno osušen (Kunze, 1996).

2.3.15. Organoleptička ocjena kakvoće slada

Za organoleptičku ocjenu kakvoće slada ispituje se sljedeće:

- Veličina i ravnomjernost zrna slada - puni slad daje više ekstrakata, pa se zato teži ka punoći zrna i njihovoj ujednačenosti vanjskog izgleda. Neravnomjerna zrna ukazuju da klijanje nije vođeno jednolično što se smatra manom slada.
- Čistoća zrnene mase - treba sadržavati što manje primjesa: sjemena korova, kamenčića, pokvarenih ili polomljenih zrna i ostalih primjesa.
- Plijesan zrna slada - vrlo štetno djeluje na sami okus piva. Zrna koja su u hrpama zaražena s plijesni obično su oštećena jer se plijesan najčešće pojavljuje na oštećenju zrna. Kod slada koji se upljesnivio tijekom skladištenja uslijed velike vlage, plijesan se pojavljuje na površini i spaja zrna u male grudice te daje sladu specifičan neugodan miris i okus.

- Tvrdoća prilikom zagriža zrna slada - dobro rastvorena zrna lako se mogu pregristi da bi se utvrdilo je li zrno rastvoreno do vrha kao i vlažnost istoga te je li dobro osušeno ili presušeno.
- Okus zrna slada - kod svijetlog slada mora okus biti blag, ali ne sirov dok kod tamnog slada mora biti aromatičan (Mahmut i Rakić, 1963).

2.4. Fizikalna ocjena kakvoće slada

Dužina klice

Pri normalnom klijanju postoji određeni odnos između rastvaranja zrna i dužine klice. Povećanje klice može biti posljedica povećane temperature i vlažnosti bez odgovarajuće rastvorivosti. Nadalje, razvoj klice može se zaustaviti zadržavanjem ugljične kiseline, ali bez smanjenja procesa rastvaranja zrna. U dobrom sladu mora najmanje 80 % zrna imati 2/3 i/ili 3/4 dužinu klice u odnosu na zrno. Razvoj klice ukazuje na ujednačeno klijanje. U ovoj metodi zrna se odvajaju i broje prema duljini njihovih klica te se klasiraju:

- 0 do $\frac{1}{4}$ duljina zrna (I. klasa)
- $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ duljina zrna (II. klasa)
- $\frac{1}{2}$ do $\frac{3}{4}$ duljine zrna (III. klasa)
- $\frac{3}{4}$ do 1 duljine zrna (IV. klasa)
- iznad 1 (V. klasa)

Iz razlomaka se izračunava prosječna duljina klice. Za svijetli slad odnos duljine klice i duljine zrna trebao bi iznositi od 0,7 do 0,8 (Kunze, 1996).

Staklavost

Staklavost se određuje pomoću noža sjekača tzv. farinatoma sa kojim se vrši poprečni presjek zrna. Prema izgledu presjeka zrna se dijele na brašnava, staklava i polustaklava. Slad prema sadržaju staklavih zrna dijeli se u grupe (Mahmut i Rakić, 1963).

Tablica 1. Sadržaj staklavosti (Mahmut i Rakić, 1963)

Postotak staklavosti	Procjena staklavosti	Rastvori staklavosti
0,0 do 0,25 %	prosječna staklavost	vrlo dobar rastvor
2,5 do 5 %	prosječna staklavost	dobar rastvor
5 do 7,5 %	prosječna staklavost	zadovoljavajući rastvor
7,5 do 10 %	prosječna staklavost	nedovoljan rastvor
preko 10 %	prosječna staklavost	vrlo loš rastvor

Boja jezgre

Boja jezgre određuje se istovremeno sa staklavošću zrna. Kod svijetlog slada boja zrna na presjeku mora biti bijela, dok kod tamnog slada zrna su žute boje. Zrna smeđe boje su pregorjela i pivu daju tamnu ne odgovarajuće boju, a ne aromu (Mahmut i Rakić, 1963).

Friabilnost

Friabilnost predstavlja vrijednost krhkosti slada i obrnuto je proporcionalna staklavosti zrna, što je veća krhkost slada manja je staklavost slada. Princip rada friabilimetra se sastoji od mehaničkog usitnjavanja u rotirajućem bubnju od pletene žice. U bubanj se stavlja 50 g uzorka i rotira 8 minuta, uz pritisak zrna gumenim valjcima o stijenke žice. Krhki dijelovi slada koji propadaju kroz žicu važu se i vrijednost se izražava u postotcima te predstavlja vrijednost krhkosti ili Friabilimetarsku vrijednost. Ostatak u bubnju dalje se prosijava na različite frakcije i diferencira na djelomično ili potpuno staklaste dijelove. Slad koji je previše staklast ili pretvrd (više od 5 %) ili obrnuto nedovoljno tvrd (krhak), može uzrokovati poteškoće pri ispiranju i bistrenju sladovine te filtraciji i koloidnoj stabilnosti piva. Rezultati se iskazuju kao postotak drobljivosti i postotak potpuno staklavih jezgri (Kunze, 1996).



Slika 4. Uređaj za friabilnost (Izvor: autor)

Apsolutna masa

Apsolutna masa je masa tisuću zrna slada i trebala bi se kretati između 36 i 40 g. Ukoliko je masa niža, došlo je do intenzivnog procesa disanja zrna. Odnos između težine tisuću zrna ječma i tisuću zrna slada pokazuje gubitak pri sladovanju (Mahmut i Rakić, 1963).

Hektolitarska masa

Hektolitarska masa je masa sto litara slada i iznosi između 45 i 55 kg/hl. Smatra se da je kod ocjenjivanja važnija masa tisuću zrna od hektolitarske mase, jer kod ječmenog slada lakše dolazi do promjene u masi nego samom volumenu (Mahmut i Rakić, 1963).



Slika 5. Uređaj za mjerenje hektolitarske mase (Izvor: autor)

Test tonuća

Dok zrna ječma tonu na dno kada se urone u vodu, zrna slada obično plutaju na površini zbog nastanka plina. Udio plutajuće frakcije je veći što je veći razvoj klice, a time i stupanj do kojeg je modifikacija slada nastavljena. Test tonuća je obično s dobro modificiranim svijetlim sladom 30 do 35 %, a sa tamnim sladom 25 do 30 % plutajuće frakcije (Kunze, 1996).

3. MATERIJALI I METODE

Za potrebe ovoga rada analize ječmenog slada rađene su u analitičkom laboratoriju „Slavonija slad“ d.o.o., N. Gradiška.

Za analize su odabrane dvije sorte ječma koje se između ostaloga razlikuju i u vremenu sjetve. Sorta Casanova je sorta ozimog ječma i sije se sredinom rujna, a sorta Laureate je sorta jarog ječma i sije se u ožujku i travnju

Za potrebe analiza korišteni su:

- sušionik za određivanje udjela vlage
- friabilimetar za određivanje tvrdoće slada
- filter papir za filtriranje Congress kaše
- spektrofotometar za određivanje boje sladovine (i vizualno)
- mikro-viskozimetar za određivanje viskoziteta sladovine
- FAN reagens za određivanje udjela dušika u sladu.

3.1. Kemijske analize slada

Prilikom određivanja kvalitete uskladištenog slada, važno je pravilno uzimanje uzoraka za dobivanje valjanih rezultata analiza, kako bi rezultati analiza odgovarali cjelokupnoj uskladištenoj količini slada, budući da se radi o velikim količinama proizvoda, koji u pojedinim dijelovima spremnika mogu po kvaliteti varirati.

3.1.1. Određivanje sadržaja vlage

Za određivanje sadržaja vlage potrebno je uzorak slada usitni u laboratorijskom mlinu te odvagati masu uzorka od 4,9995 do 5,0005 grama na analitičkoj vazi koja je prethodno tarirana. Slad se stavlja u metalne posudice, koje potom idu na sušenje u termostat 1 sati pri temperaturi od 104 °C. Nakon postupka sušenja metalne posudice se stavljaju u eksikator na hlađenje. Postotak vode u sladu izračune se po formuli:

$$V = \frac{b - a}{b} \times 100 \quad (1)$$

V = postotak vlage u sladu

a = masa uzorka poslije sušenja u gramima

b = masa uzorka prije sušenja u gramima (Mahmut i Rakić, 1963).



Slika 6. Mlin za sitno mljevenje slada (Izvor: autor)



Slika 7. Analitička vaga s uzorkom slada (Izvor: autor)

3.1.2. Određivanje friabilnosti

Prilikom određivanja friabilnosti slada uzima se uzorak slada od 50 grama i stavlja u friabilimeter koji rotira 8 minuta. Dio uzorka koji je propao kroz žičano sito predstavlja krhkost zrna slada i izražava se u postotcima, i predstavlja friabilimetrijsku vrijednost. Ostatak slada koji je ostao na žičanom situ u uređaju polako se izvadi iz sita i važe, s tim da se diferencira na različite frakcije, na djelomični i potpuno staklave dijelove. Pod ukupnim uzorkom se smatra

cijela zrna slada, djelomično cijela i ostatci ljuske i sitni dijelovi na situ. Druga frakcija je prosijavanje kroz sito određenog promjera te propadanje ljuske i sitnih dijelova. Važe se ostatak na situ, samo cijela zrna slada i djelomično cijela. U trećoj frakciji se odvajaju cijela zrna od djelomično cijelih i važu se samo cijela zrna slada (Kunze, 1996).

3.1.3. Priprema congress kaše

Najvažnija značajka slada je ponašanje u procesu gnječanja i određivanje prinosa slada uz pomoć pripreme congress kaše. Pretpostavka je da se slad bolje modificira što je sitnija mljava. Congress kaša se priprema na način da se 50 grama slada jako krupno samelje (veličina frakcije 5 mm) tako da dobiveni udio brašna bude do 25 % (analiza grubog mljevenja), i 50 grama slada vrlo sitno samelje (veličina frakcije 1 -1,5 mm) tako da dobiveni udio brašna bude oko 90 % (fina meljava). Oba uzorka 50 grama grubog i 50 grama finog mljevenja se otopi u 200 mL destilirane vode temperature od 45 °C uz stalno miješanje u posebnoj vodenoj kupelji. Postupak traje 30 minuta uz stalno miješanje. Temperatura se povećava do 70 °C te se na toj temperaturi miješa još 25 minuta. Zatim se u svaku posudu doda 100 mL destilirane vode temperature od 45 °C i na toj temperaturi održava 1 sat. Tijekom procesa dolazi i do saharifikacije. Kaša se potom hladi 10 – 15 minuta te se posude dopune s 450 mL destilirane vode i kreće postupak filtracije i dobivanje kongres sladovine (Kunze, 1996).



Slika 8. Komandna tabla Congress uređaja (Izvor: autor)



Slika 9. Uređaj za Congress kašu (Izvor: autor)



Slika 10. Congress kaša i destilirana voda (Izvor: autor)

3.1.4. Određivanje vremena filtracije congress kaše

Tijekom filtracije congress kaše treba dobro paziti na filtrat koja bi trebala biti bistra, slabo zamućena, zamućena ili mutna tekućina te zabilježiti opažanja. Filtrira se pripremljeni uzorak od 450 mL i mjeri vrijeme trajanja filtracije. Ako se congress kaša profiltrira za 1 sat, smatra se brzo cijedenje slada u slučaju da je potrebno cijedenje duže od 1 sata smatra se sporim cijedenjem, a više od 2 sata vrlo sporo cijedenje. Vrijeme filtracije se određuje kako bi pivovare sa sigurnošću znale koliko je potrebno pivu da se napravi (Mahmut i Rakić, 1963).



Slika 11. Filtracija Congress kaše (Izvor: autor)



Slika 12. Filtrirat slada (Izvor: autor)

3.1.5. Određivanja ekstrakta slada

Ekstrakt slada je osnovni ekonomski pokazatelj uspješnosti postupka slađenja i kakvoće zrna, a predstavlja sve vodotopljive sastojke (fermentabilne i nefermentabilne) koji prelaze u otopinu tijekom ukomljavanja. Dobiveni ekstrakt se naziva Congress sladovina. Gustoća ekstrakta se mjeri piknometrom ili refraktometrom, a vrijednost se izražava u postotku (Kunze, 1996).

3.1.6. Određivanje boje sladovine

Boja kongresne sladovine jako ovisi od enzimsko-hidrolitičke aktivnosti tijekom klijanja. Na temelju sadržaja vlage, temperature i vremena sušenja zelenog slada, može se proizvesti nekoliko vrsta slada koji se razlikuju po boji, a prema tome i proizvodnji različitih vrsta piva:

- svijetli slad – boja od 2,5 do 4,2 EBC-jedinica
- tamni slad- boja od 9,5 do 16,0 EBC-jedinica
- slad za bojanje piva – boja slada od 1300 do 2500 EBC-jedinica (Šakić i Blesić, 2011).

Boja sladovine ne daje zapravo boju pivu već se mjeri indikacija vrste slada. Slad se kuha 2 sata pomoću povratnog hladila i bistri membranskom filtracijom. Svijetli slad proizvodi prosječno 5,1 EBC jedinica. Intenzitet boje profiltrirane sladovine se određuje spektrofotometrijski, uspoređujući sa standardnim diskovima (Kunze, 1996).



Slika 13. Uređaj za određivanje boje Spektrofotometar (Izvor: autor)

3.1.7. Određivanje viskoziteta sladovine

Određivanjem viskoznosti congress-ne sladovine dobiju se podaci o budućem ponašanju sladovine tijekom pražnjenja i filtracije piva. Viskoznost sladovine određuje se uz pomoć mikroviskozimetra, a vrijednosti se kreću od 1,51 do 1,63 mPaxs. Viskozitet sladovine određuje se mjerenjem vremena prolaska kuglice kroz uzorak sladovine od početka do konačne oznake na staklenoj cjevčici pri temperaturi od 20 °C. No prije početka mjerenja vremena uzorak mora biti

u cjevčici 15 minuta. Vrijeme izraženo u sekundama množi se sa faktorom viskoznosti (Kunze, 1996).



Slika 14. Mikroviskozimetar (Izvor: autor)

3.1.8. Sadržaj topljivog dušika u sladu

Udio proteina u sladu određuje se metodom po Kjeldahu, određivanjem udjela dušika i množenjem s faktorom 6,25. U sladu je postotak dušika niži za oko 0,5 % nego u ječmu. Veći sadržaj bjelančevina u zrnu direktno djeluje na porast koncentracije topljivog dušika jer bjelančevine zrna predstavljaju supstrat za proteolizu. Razgrađenost bjelančevina (odnos ukupnog i topljivog N) ili Kolbachov index je pokazatelj proteolitičke razgrađenosti slada i ukazuje na aktivnost proteolitičkih enzima. Topljivi N je onaj dio spojeva s dušikom koji pod uvjetima ukomljavanja prelazi u otopinu.

Uzorak sladovine od 1 mL se razrijedi u 100 mL vode. Uzima se 2 mL razrijeđenog uzorka u epruvetu i doda se 1 mL reagensa FAN (FAN reagens je $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , ninhidrin, fruktoza). Epruveta se poklopi staklenom kuglicom i stavi u kipuću vodu 16 minuta. Nakon 16 minuta uzorak se ohladi na temperaturu od 20 °C, i ostavi stajati 20 minuta. Potom se dodaje 5 mL dilution solution (dilution solution je KIO_3 , 96 % etanol) te se mjeri apsorbacija na 570 nm na spektrofotometru.

Kolbachov indeks predstavlja odnos topljivog dušika i ukupnog dušika u sladu, otopljeno u postupku pripreme u Congress kaše a izražava se u postocima (Kunze, 1996).



Slika 15. Uzorak sladovine sa FAN reagensom u kipućoj vodi (Izvor: autor)



Slika 16. Prikaz promjene boje dodatkom dilution solution (Izvor: autor)

4. REZULTATI I RASPRAVA

U radu su prikazani rezultati analiza ječmenog slada dobiveni od sorte ječma Laureat i Casanova. U uzorcima ječma Laureate i Casanova sadržaj vode nije veći od 14,5 %, klijavost je manja od 95 % te nije genetski modificiran i na zrnju nema ostataka pesticida, niti prisutnih živih štetnika.

Rezultati provedenih analiza navedeni u tablicama 2 i 3 prikazuju: postotak vlage i ekstrakta u uskladištenom suhom sladu, friabilnost slada, vrijeme filtracije congress kaše, boju i viskoznost sladovine te sadržaj topljivog dušika u sladovini.

Dobiveni rezultati se uspoređuju s očekivanim vrijednostima, prema referentnom uzorku slada Ring Crop 2023, a prema internim aktima proizvođača. Referentni uzorak Ring Crop 2023 je uzorak prema kojem se određuju parametri za sortu Laureate i Casanova.

Tablica 2. Rezultati analiza slada sorte Laureate

Parametar	Rezultat	Očekivana vrijednost
sadržaj vlaga	4,5 %	5 %
friabilnost	89,8 %	80 do 86 %
ostatak u friabilimeteru	prva frakcija 99,0%, druga frakcija 94,6 %, treća frakcija 0,7 %	prva frakcija 98,6 % druga frakcija 89,6 % treća frakcija 0,7 %
određivanje ekstrakta u sladu	37 %	38 %
filtracija	22 minute	22 minute
boja spektrofotometrijski	3,2 EBC	3,3 EBC
boja vizualna	2,8 EBC	3,3 EBC
viskoznost	1,53 mPas	1,50 mPas
sadržaj dušika	142 mg/100 mL	141 mg/100 mL

Tablica 3. Rezultati analiza slada sorte Casanova

Parametar	Rezultati	Očekivana vrijednost
sadržaj vlage	3,7 %	5 %
friabilnost	89,1 %	80 do 86 %
ostatak u friabilimeteru	prva frakcija 99,7 %, druga frakcija 94,6 %, treća frakcija 0,1 %	prva frakcija 98,6 % druga frakcija 89,6 % treća frakcija 0,7 %
određivanje ekstrakata u sladu	44,8 %	38 %
filtracija	20 minuta	22 minuta
boja spektrofotometrijski	7,1 EBC	3,3 EBC
boja vizualna	6,9 EBC	3,3 EBC
viskoznost	1,53 mPas	1,50 mPas
sadržaj dušika	193 mg/100 mL	141 mg/100 mL

Dobiveni rezultati analiza prikazani su u tablicama 2 i 3. Postotak vlage u uzorcima slada dobivenim od obje sorte ječma i Laureate i Casanova u granicama su očekivanih vrijednosti. Ovakve vrijednosti vlage u sladu dobiju se nakon sušenja zelenog slada, a takav slad je pogodan za skladištenje na duži vremenski rok.

Vrijednosti dobivene za friabilnost slada kod obje sorte ječma nešto su veće od očekivanih. Za sortu Laureate to odstupanje je za 3,8 %, a sortu Casanova 3,1 % više od maksimalno očekivane vrijednosti. Ove vrijednosti potvrđuje znatan udio brašnjavih zrna slada, kao i dobru modifikaciju tijekom slađenja. Diferenciranjem ostataka u friabilimeteru vidljivo je da je ostatak na situ potpuno cijelih zrna za sortu Casanova tek 0,1 %, što je manje od očekivanih 0,7 %, a sortu Laureatu je 0,7 % što je očekivana vrijednost. Ove vrijednosti ponovno potvrđuju izuzetno dobru modifikaciju tijekom slađenja.

Vrijednosti dobivenih analiza za ekstrakt, u sladu od sorte Laureate je 37 %, a od sorte Casanova 44,8 %. Udio ekstrakta u sladu sorte Laureate razlikuje se samo za 1 % od očekivane vrijednosti, što potvrđuje da je došlo do dobre modifikacije u sladu. Za sortu Casanova gdje je vrijednost udjela ekstrakta 44,8 % odnosno za 6,8 % se razlikuje od očekivane vrijednosti. Ovakvo odstupanje od očekivane vrijednosti pokazatelj je veće modifikacije tijekom slađenja od očekivanog, veće aktivnosti enzima, većeg udjela proteina ječma, finoći pljevice, udjelu zrna prve klase, klijavosti i energiji kljivanja.

Vrijeme filtracije za slad od obje sorte ječma je u granicama očekivanih rezultata. Za sortu Casanova to je vrijeme za dvije minute kraće, što može ovisiti o viskozitetu sladovine, temperaturi, filtracijskom sloju koji se stvara tijekom filtracije.

Rezultati viskoznosti sladaovine za obje sorte ječma je 1,53 mPas. Viskozitet sladovine od 1,53 mPas, predstavlja dokaz dobre razgrađenosti slada, iako su očekivane vrijednosti 1,50 mPas, ovo je još uvijek dobar rezultat za viskoznost.

Boja sladovine određuje se spektrofotometrijski i vizualno. Za sortu Laureate je u granicama očekivanih vrijednosti od 2,8 do 3,2 EBC, dok za sortu Casanova je 7,1 spektrofotometrijskim i 6,9 EBC vizualnim određivanjem. Očekivane vrijednosti su 3,3 EBC-a, iako je kod sorte Casanova ta vrijednost znatno veća od očekivane i dalje su ti rezultati u granicama vrijednosti koje odgovaraju za proizvodnju svijetlih piva.

Očekivana vrijednost otopljenog dušika je 141 mg/100 mL. Koncentracija dušika za slad od sorte Laureate je 142 mg/100 mL, što je neznatno odstupanje od očekivane vrijednosti. Koncentracija dušika za slad od sorte Casanova je 193 mg/100 mL, što je znatno odstupanje od očekivane vrijednosti. Koncentracija otopljenog dušika je znak djelovanja proteinaza i peptidaza, a optimalni temperaturni interval za djelovanje ovih enzima je između 47 °C i 54 °C. Povećana količina otopljenih proteina utječe na koloidno zamućenje piva ako se ne filtrira, ali mogu utjecati i na stabilnost pjene. Povećane koncentracije amino-dušika mogu pozitivno utjecati na brzinu fermentacije u proizvodnji piva. Ječam s povećanom količinama proteina koriste se za proizvodnju tamnih piva, ali ove vrijednosti su još uvijek one koje se koriste za proizvodnju svijetlih piva.

5. ZAKLJUČAK

Iz dobivenih rezultata analiza slada dobivenog od pivarskog ječma sorti Laureate i Casanova može se zaključiti da:

- sadržaj vlage u sladu je u granicama očekivanih vrijednosti, što potvrđuje da je postupak sušenja zelenog slada i skladištenja slada pravilno proveden
- friabilimetričke vrijednosti za obje vrste slada su nešto više od očekivanih, što potvrđuje veći udio brašnjavih zrna i manje staklavih, odnosno odgovarajući udio proteina u ječmu, i dobru modifikaciju tijekom slađenja
- dobru modifikaciju tijekom slađenja potvrđuje i udio ekstrakta osobito u sladu od sorte ječma Casanova
- sladovina od sorte Casanova potvrđuje dobru modifikaciju i nešto smanjeni udio staklavih zrna i kroz rezultate za boju, kao i za slobodni dušik.

Rezultati provedenih analiza potvrđuju da proizvedeni slad odgovara za proizvodnju svijetlog lager piva.

6. LITERATURA

Knjige, radovi, znanstveni časopisi:

1. Kunze, W. (1996) *Technology brewing and malting*. Berlin: VLB
2. Mahmut, S. i Rakić, D. (1963) *Pivarstvo*. Priručnik za stručno obrazovanje kadrova u pivarskoj industriji. Sarajevo: Radnički univerzitet „Đuro Đaković“.
url: <https://www.tehnologijahrane.com/knjiga/pivarstvo-prirucnik-za-strucno-obrazovanje-kadrova-u-pivarskoj-industriji#toc-sadraj> [pristup: 07.11.2023.]
3. Marić, V. (2000) *Biotehnologija i sirovine, stručna i poslovna knjiga*. Zagreb: d.o.o.
4. Pospišil, A. (2010) *Ratarstvo*. 1. dio, Čakovec: Zrinski d.d.
5. Šakić, N. i Blesić, M. (2011) *Osnovi tehnologije slada i piva*. Univerzitet u Sarajevu: Poljoprivredno – prehrambeni fakultet Sarajevo.
6. Vogel, W. (2005) *Pivo iz vlastitog podruma*. Požega: ITD Gaudeamus d.o.o.

POPIS TABLICA, SLIKA, KRATICA, JEDNADŽBI I FORMULA

POPIS SLIKA

- Slika 1. Ječam
- Slika 2. Razvrstavanje ječma u kalibrator
- Slika 3. Gibberelinska kiselina i alkohol
- Slika 4. Uređaj za friabilnost
- Slika 5. Uređaj za mjerenje hektolitarske mase
- Slika 6. Mlin za sitno mljevenje slada
- Slika 7. Analitička vaga s uzorkom slada
- Slika 8. Komandna tabla Congress uređaja
- Slika 9. Uređaj za Congress kašu
- Slika 10. Congress kaša i destilirana voda
- Slika 11. Filtracija Congress kaše
- Slika 12. Filtrirani slad
- Slika 13. Uređaj za određivanje boje Spektrofotometar
- Slika 14. Mikroviskozimetar
- Slika 15. Uzorak sladovine za FAN u kipućoj vodi
- Slika 16. Prikaz promjene boje dodatkom dilution solution

POPIS TABLICA

- Tablica 1. Sadržaj staklavosti
- Tablica 2 . rezultati analiza slada sorta Laureate
- Tablica 3. Rezultati analiza slada sorte Casanova

POPIS SIMBOLA I KRATICA

- 1. % - postotak
- 2. kg – kilogram
- 3. mm – milimetar
- 4. g – gram
- 5. mL – mililitar
- 6. EBC jedinica – European Brewery Convention Unit - europska jedinica boje

6. ABSC – American Society of Brewing Chemists
7. MEBAK – Middle European Analysis Commission
8. IOB – Institute of Brewing
9. kg/hl – kilograma po hektolitr
10. FAN – Reagens $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , ninhidrin, fruktoza
11. KIO_3 – dilution solution
12. mPas – dinamička viskoznost
14. mg – miligrami

IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, Ana Ilijaš, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog / diplomskog rada pod naslovom: **Analiza ječmenog slada** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 15.01.2024.

Potpis studenta

Ana Ilijaš