

Fizikalno-kemijska i organoleptička svojstva bierbranda (rakije od piva)

Jurić, Jan Jakov

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:098870>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-26**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**FIZIKALNO-KEMIJSKA I ORGANOLEPTIČKA SVOJSTVA
BIERBRANDA(RAKIJE OD PIVA)**

ZAVRŠNI RAD

Jan Jakov Jurić
Zagreb, lipanj, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Preddiplomski studij:
Hortikultura

**FIZIKALNO-KEMIJSKA I ORGANOLEPTIČKA SVOJSTVA
BIERBRANDA(RAKIJE OD PIVA)**

ZAVRŠNI RAD

Jan Jakov Jurić

Mentor: izv.prof.dr.sc. Marin Mihaljević Žulj

Zagreb, lipanj, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Jan Jakov Jurić**, JMBAG 0178129465, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio završni rad pod naslovom:

FIZIKALNO-KEMIJSKA I ORGANOLEPTIČKA SVOJSTVA BIERBRANDA(RAKIJE OD PIVA)

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga završnog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj završni rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga završnog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET
IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI ZAVRŠNOG RADA

Završni rad studenta/ice **Jan Jakov Jurić**, JMBAG 0178129465, naslova

FIZIKALNO-KEMIJSKA I ORGANOLEPTIČKA SVOJSTVA BIERBRANDA(RAKIJE OD PIVA)

mentor je ocijenio ocjenom _____.

Završni rad obranjen je dana _____ pred povjerenstvom koje je prezentaciju ocijenilo ocjenom _____, te je student/ica postigao/la ukupnu ocjenu ¹ _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. izv.prof.dr.sc. Marin Mihaljević Žulj, mentor

2. _____ član

3. _____ član

¹ Ocjenu završnog rada čine ocjena rada koju daje mentor (2/3 ocjene) i prosječna ocjena prezentacije koju daju članovi povjerenstva (1/3 ocjene).

Zahvala

Ovime zahvaljujem mentoru na podršci tijekom studiranja i obavljanja stručne prakse, u izradi ovog rada i osmišljavanju teme te na svim prenesenim znanjima vezanim za vinogradarstvo, vinarstvo i proizvodnju jakih alkoholnih pića. Zahvaljujem i svojoj obitelji i prijateljima na podršci tijekom cjelokupnog obrazovanja.

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| Sažetak | 1 |
| Summary | 2 |
| 1. Uvod | 3 |
| 1.1. Cilj rada ili cilj istraživanja | 3 |
| 2. Pregled literature | 4 |
| 2.1. Pivo kao bazna sirovina | 4 |
| 2.2. Tehnologija proizvodnje piva | 5 |
| 2.3. Destilacija | 7 |
| 2.4. Destilacijski postupci u proizvodnji jakih alkoholnih pića | 9 |
| 2.4.1. Dozrijevanje destilata | 13 |
| 2.4.2. Tipizacija destilata | 16 |
| 2.5. <i>Bierbrand</i> | 17 |
| 3. Materijali i metode | 19 |
| 3.1. Destilacija piva na složenom destilacijskom uređaju | 19 |
| 4. Fizikalno-kemijska analiza destilata | 22 |
| 4.1. Analiza alkoholne jakosti destilata | 22 |
| 4.2. Analiza ukupne kiselosti destilata | 23 |
| 4.3. Analiza udjela estera u destilatu | 24 |
| 4.4. Tipizacija i organoleptička procjena destilata | 24 |
| 5. Rezultati s raspravom | 25 |
| 6. Zaključak | 29 |
| Popis literature | 30 |
| Životopis | 31 |

SAŽETAK

Završnog rada studenta **Jan Jakov Jurić**, naslova

FIZIKALNO-KEMIJSKA I ORGANOLEPTIČKA SVOJSTVA BIERBRANDA(RAKIJE OD PIVA)

Bierbrand ili *eau de vie* de biere je jako alkoholno piće dobiveno izravno destilacijom svježeg piva, tako da destilat zadrži organoleptička svojstva piva. U pregledu literature prikazan obrađeni su svi osnovni postupci u proizvodnji piva. Objasnjen je proces destilacije, destilacijski postupci u proizvodnji jakih alkoholnih pića te dvije osnovne vrste destilacijskog uređaja koje su najzastupljenije u proizvodnji. Obrađeni su i postupci dozrijevanja destilata kao i kemijske promjene koje se zbivaju u destilatu tijekom procesa dozrijevanja. U praktičnom dijelu rada svježe pivo destilirano je na složenom destilacijskom uređaju s kolonom i deflegmatorom čime je proizveden *bierbrand*. Provedena je i osnovna fizikalno-kemijska analiza pojedinih frakcija destilata čiji su rezultati također prikazani.

Ključne riječi: *bierbrand*, destilacija, destilat, pivo

SUMMARY

Of the final work - student **Jan Jakov Jurić**, entitled

PHYSICOCHEMICAL AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF BIERBRAND (BEER BRANDY)

Bierbrand or *eau de vie de biere* is a strong alcoholic beverage obtained directly by distilling fresh beer, so the distillate retains the organoleptic properties of the beer. The literature review covers all the basic procedures in beer production. The distillation process is explained, including distillation procedures in the production of strong alcoholic beverages, and the two main types of distillation equipment most commonly used in production. The aging procedures of the distillate and the chemical changes that occur in the distillate during the aging process are also discussed. In the practical part of the work, fresh beer was distilled using a complex distillation apparatus with a column and a dephlegmator, producing bierbrand. A basic physicochemical analysis of individual distillate fractions was conducted, and the results are also presented.

Keywords: *bierbrand*, distillation, distillate, beer

1. UVOD

Pivo je osvježavajuće pjenušavo piće koje je svoju popularnost zadržalo od doba prvih civilizacija. Prema povijesnim zapisima smatra se da su u pivu uživale brojne drevne civilizacije, a u doba antike pivo i dalje ostaje vrlo popularno piće.

U Pravilniku o pivu (NN 142/2011) navodi se kako je pivo proizvod dobiven alkoholnim vrenjem pivske sladovine upotrebom čistih kultura pivskih kvasaca *Saccharomyces cerevisiae*, a iznimno spontanom vrenjem ili uporabom mješovitih mikrobnih kultura. Razvitkom destilacijskih uređaja i popularizacijom destilata, počelo se destilirati razne prevrele komine i pića, pa tako i pivo.

Destilacijom se od alkoholno prevrelih sirovina korištenjem različitih destilacijskih tehnika dobivaju destilati. Destilati su osnova za formiranje jakih alkoholnih pića, a formirana pića mogu zadržati osnovne senzorne karakteristike bazne sirovine ili se njihova mirisna i okusna svojstva mogu oplemeniti dozrijevanjem u različitim vrstama posuđa, prvenstveno drvenog.

Bierbrand ili *eau de vie de biere* je jako alkoholno piće dobiveno upravo destilacijom piva kao izrazito popularnog pića. *Bierbrand* zadržava senzorska svojstva piva, ali u obliku jakog alkoholnog pića (Pravilnik o jakim alkoholnim pićima NN 61/2009). Tako „*bierbrand*“ zadržava primarne arome piva, kao što su hmeljni mirisi te arome kvasca i korice kruha.

1.1. Cilj rada ili cilj istraživanja

Bierbrand ili *eau de vie de biere* (rakija od piva) spada u skupinu jakih alkoholnih pića koja se dobiva isključivo izravnom destilacijom pod normalnim tlakom svježega piva na manje od 86 %vol. alkohola, tako da dobiveni destilat ima senzorska svojstva piva. Cilj ovog rada je destilirati svježe pivo na složenom destilacijskom uređaju s kraćom kolonom i deflegmatorom te napraviti osnovnu fizikalno-kemijsku analizu prvog, srednjeg i zadnjeg toka destilata (ukupna kiselost, ukupni esteri i alkoholna jakost). Također će se provesti senzorna procjena dobivene rakije.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Pivo kao bazna sirovina

Pivo je prema Pravilniku o pivu (NN 142/2011) određeno kao proizvod dobiven alkoholnim vrenjem pivske sladovine upotrebom čistih kultura pivskih kvasaca *Saccharomyces cerevisiae*, a iznimno spontanom vrenjem ili uporabom mješovitih mikrobnih kultura. „Pivska sladovina“ predstavlja poluproizvod koji se dobiva toplinskom i enzimatskom razgradnjom osnovnih sirovina odnosno ječmenog i/ili pšeničnog slada koji se može djelomično nadomjestiti drugim žitaricama ili proizvodima od žitarica, raznim saharidima odnosno šećernim sirupima uz uvjet da jodna reakcija na škrob u pivu ostane negativna. „Ekstrakt u osnovnoj sladovini“ predstavlja udio suhe tvari u pivskoj sladovini prije procesa fermentacije, usklađen na udio suhe tvari u osnovnoj sladovini gotovog proizvoda. Kao potisni plinovi dozvoljeni su ugljikov dioksid ili dušik, odnosno moguća kombinacija ta dva plina.

U proizvodnji piva dozvoljeno je koristiti pivsku sladovinu, karamelni slad i druge sladove za bojenje, hmelj i proizvode od hmelja, vodu, kulture mikroorganizama, prehrambene aditive, potisne plinove ugljikov dioksid i dušik, te u specijalnim tehnologijama razne voćne pulpe, voćne kaše, koncentrirane voćne kaše te vodeni ekstrakt voća (Pravilnik o pivu NN 142/2011).

Pivo mora odgovarati određenim zahtjevima kakvoće, a oni se odnose na organoleptičke i kemijske karakteristike. Mora biti bistro i bez taloga, osim u slučaju mutnog ili nefiltriranog piva. Sukladno vrsti piva boja, okus i miris trebaju biti odgovarajući. S obzirom da se primarno radi o pjenušavom piću, sadržaj ugljikovog dioksida treba iznositi najmanje 3g/l. Shodno osnovnim zahtjevima za kakvoćom može se razvrstati u više kategorija, a ne od njih su „specijalno pivo“, „bezalkoholno pivo“, „pšenično pivo“, „mutno pivo“, „svijetlo pivo“, „crno pivo“ (Pravilnik o pivu NN 142/2011).

Ovisno o vrsti glavnog vrenja pivo se označava sljedećim nazivima: „Ale“ ili „alt bier“ za pivo gornjeg vrenja. Oznakom „lager“ označava se pivo donjeg vrenja, dok se oznakom „spontano prevrelo“ označava pivo koje je prevrelo spontano, odnosno bez inokulacije čistim kulturama *Saccharomyces cerevisiae*. Kako bi se utvrdilo zadovoljava li pivo propisani stupanj kakvoće koriste se međunarodno priznate metode. (Pravilnik o pivu NN 142/2011).

2.2. Tehnologija proizvodnje piva

Od slada se pivo proizvodi specijaliziranim postupcima u kojima se iz slada uz pomoć vode izdvajaju šećeri i tvari arome i boje pri čemu se dobiva sladovina. Alkoholnom fermentacijom sladovine zatim nastaje pivo (Marić, 2009.).

Mljevenje slada predstavlja prvi korak u tehnologiji piva. Slad koji će se koristiti u daljnjoj tehnologiji potrebno je samljeti kako bi se omogućilo prevođenje netopljivih dijelova slada u vodotopljive te kvalitetniju enzimatsku hidrolizu (Marić, 2009.).

Ukomljavanje slada je ključni tehnološki postupak prilikom dobivanja sladovine iz pivskoga slada. Ovom se tehnološkom operacijom na temperaturama optimalnim za djelovanje enzima i u točno određenim vremenskim razmacima hidrolitičkim promjenama nastaje ekstrakt koji služi kao hranjiva podloga za fermentaciju uz pomoć kvasaca. Prilikom ovog procesa škrob hidrolizira u kvascima preradiv šećer i dekstrin, dok hidrolizom proteina nastaju peptidi i aminokiseline. Kako bi se svim enzimima koji djeluju u ovom procesu omogućila optimalna temperatura za aktivnost, temperatura ukomljavanja stupnjevito se podiže nakon odgovarajućeg vremena zadržavanja određene temperature (Marić, 2009.).

Tablica 1 Aktivnost pojedinih enzima pri različitim temperaturama ukomljavanja.

| TEMPERATURA UKOMLJAVANJA | AKTIVNI ENZIMI |
|--------------------------|--------------------------------------|
| 45 - 50°C | proteolitički enzimi β-glukanaze |
| 62 - 65°C | β-amilaze |
| 70 - 75°C | α-amilaze |
| 78°C | završna temperatura(nema aktivnosti) |

Filtriranje sladovine slijedi po završetku procesa ukomljavanja. Cilj navedenog postupka je odvojiti sladovinu (tekuću frakciju) od tropa (krute frakcije). Ovaj se postupak provodi jednostavnim ocjeđivanjem kroz perforirano dno tanka za ukomljavanje pri čemu pivski trop služi kao filtracijski materijal. Posebnim filter uređajima koriste se veće industrije, a oni svojim načinom filtracije ubrzavaju proces, doprinose boljem iskorištenju te maksimalno smanjuju otapanje kisika. Sladovina nakon filtracije obično sadrži 16-20% ekstrakta (Marić, 2009.).

Završni korak u pripremi bazne sladovine koja će fermentirati odnosi se na kuhanje, hmeljenje, hlađenje i filtriranje sladovine. Prilikom kuhanja nastoji se izdvojiti i transformirati aromatske komponente dodanoga hmelja (*Humulus lupulus* L.) pri čemu nastaje karakterističan gorki okus piva. Uz organoleptičku ulogu, gorke komponente hmelja pridonose i stabilnosti pjene te imaju antiseptičko djelovanje. Najbitnije gorke tvari hmelja su alfa kiseline (humulon, kohumulon, adhumulon) i beta

kiseline (lupulon, kolupulon, adlupulon). Vrijednost gorčine najviše ovisi o udjelu netopljive alfa-kiseline, koja će prilikom kuhanja izomerizirati u topljive izo-alfa kiseline. S obzirom na sadržaj pojedinih gorkih kiselina pivari biraju hmelj koji će koristiti za pojedino pivo. (Marić, 2009.)

Uz sve navedeno u procesu kuhanja će se sladovina sterilizirati, inaktivirati će se enzimi te će se upariti određeni dio vode čime se postiže željeni sadržaj suhe tvari. Tijekom kuhanja doći će i do promjene boje sladovine uslijed nastanka melanoidina koji nastaje u reakcijama neenzimatskog posmeđivanja. Formiranje melanoidina uz izomerizaciju netopivih u topive gorke tvari, uzrokovati će i snižavanje pH vrijednosti (Marić, 2009.).

Po završetku kuhanja, kako bi se omogućio rad kvasaca neminovno je značajno spustiti temperaturu sladovine. Uz pomoć pločastih izmjenjivača topline, i dvostrukih spirala u manje profesionalnim uvjetima sladovina se naglo hladi na 5-10°C. Kako bi se izbjegao razvoj nepoželjnih mikroorganizama, snižavanje temperature potrebno je provesti što brže. Naglo hlađenje uzrokovati će pojavu mutnoće sladovine zbog smanjenja topljivosti kompleksa protein-polifenol. Takva замуćenja rješavaju se brzo uz pomoć klasičnih metoda bistrenja kao što su centrifuga, taloženje, flotacija ili filtriranje (Marić, 2009.).

Fermentacija je skup biokemijskih reakcija u kojima od šećera kao osnovni produkti nastaju etanol i ugljikov dioksid, a cijeli proces provodi se pomoću kvasaca (*S.cerevisiae*), tj. u metabolizmu stanice kvasca. Uz navedene osnovne produkte, nastati će i velik broj drugih aromatskih spojeva koji znatno utječu na kvalitetu budućeg piva. Tvari arome u pivu se općenito dijele na aromatske tvari zelenog piva i aromatske tvari zrelog piva. Aromatske tvari zelenog piva su diacetil, aldehidi i sumporni spojevi. Ovi spojevi uzrokuju nezrelu i neodređenu aromu piva, a u povišenim koncentracijama mogu uzrokovati opći pad kakvoće piva. Iz toga će se razloga tehnološkim dozrijevanjem višak tih aromatskih tvari ukloniti i povećati koncentracija aromatskih tvari zrelog piva. Aromatske tvari zrelog piva su viši alkoholi i esteri, koji svojom zastupljenošću podižu kvalitetu piva i zaokružuju punoću okusa i arome (Marić, 2009.).

Pivski kvasac koji se koristi za fermentaciju sladovine dijeli se na kvasce gornjeg i kvasce donjeg vrenja, ovisno o temperaturnom optimumu za njihovu aktivnost. U prošlosti se smatralo da su ovo dvije zasebne vrste kvasaca, a modernim istraživanjima genetskog profila utvrdilo se da se radi o različitim sojevima vrste *Saccharomyces cerevisiae* koji uslijed pojedinih genetskih razlika imaju različite zahtjeve za temperaturom tijekom fermentacije (Marić, 2009.). (Tablica 2.)

Tablica 2 Raspon temperatura na kojima se provodi fermentacija pri korištenju različitih skupina kvasaca

| KATEGORIJA KVASCA | TEMPERATURE FERMENTACIJE |
|-----------------------|--------------------------|
| Kvasci donjeg vrenja | 6-18°C |
| Kvasci gornjeg vrenja | 15-25°C |

Fermentacija u modernom pivarstvu traje do 20 dana uključujući burnu fermentaciju i tihu fermentaciju ili doviranje. Doviranje se obično provodi na nešto nižim temperaturama, a kada će se temperature piva koje fermentira sniziti određuje se praćenjem neprevrelog ekstrakta. U prošlosti su se ovi procesi provodili u zasebnim posudama, dok se danas provode u istom tanku s konusnim dnom. Moderno opremljeni tankovi imaju dvostruku stijenu, a međuprostor je ispunjen rashladnom tekućinom čime je omogućeno precizno reguliranje cjelokupnog procesa. Za vrijeme doviranja pivo se dodatno zasićuje ugljikovim dioksidom i prolazi osnovne procese dozrijevanja i koloidne stabilizacije. Navedeni se proces obično provodi na temperaturama od 0 - 2°C (Marić, 2009.)

Ovisno o tipu piva koji se proizvodi po završetku fermentacije pivo se može i ne mora podvrgnuti procesu filtracije. Iako su industrijska i standardizirana piva bila po standardu filtrirana, popularizacijom „craft“ pivarstva iznjedrili su se različiti tipovi piva čija je karakteristika boje mutnoća. Zadržavanje mutnoće uvjetovano je izostavljanjem završne filtracije pri čemu u ovakvome pivu ostaju sitne čestice koje mu daju karakteristične arome.

Mikrobiološka stabilizacija provodi se kako bi se eliminirali mikroorganizmi koji mogu dovesti do kvarenja piva. Neki od tih mikroorganizama su „divlje“-neselekcionirane vrste kvasaca (*Saccharomyces diastaticus*, *Saccharomyces pastorianus*) i bakterije (*Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus frigidus*, *Pediococcus damnosus*). Ovaj je postupak od presudne važnosti za rok trajanja budućeg proizvoda. Osnova mikrobiološke stabilnosti postiže se strogim održavanjem sterilnosti kompletne opreme i tankova kao i toplinskom obradom piva procesom pasterizacije. Razlikujemo pločaste i tunelske uređaje za pasterizaciju, pri čemu se kroz pločaste provodi samo pivo, a tunelski rade na princip zagrijavanja piva u bocama. Tunelskim uređajima za pasterizaciju na taj se način izbjegava svaka mogućnost naknadne kontaminacije mikroorganizmima između postupka pasterizacije i punjenja u ambalažu (Marić, 2009.).

2.3. Destilacija

Destilacija je fizikalna metoda kojom se hlapljivi sastojci odjeljuju od tekuće smjese. Temelji se na zagrijavanju tekućine do točke vrelišta. Para hlapljivih sastojaka odvodi se i kondenzira, a dobiveni kondenzat zapravo predstavlja ono što se naziva destilat. Hlapljivi sastojci mogu se destilacijom potpuno ili djelomično odjeliti (Spaho, 2017.).

Tlak para tekućine je tlak koji uzrokuju molekule tekućine iznad njene površine pri određenoj temperaturi. Tako tlak para tekućina ovisi o jačini među molekulskih veza pojedine tekućine i njenoj temperaturi. Zagrijavanjem tekućina rasti će i tlak para. Dakle, hlapljive sastojke tekuće smjese moguće je destilacijom odijeliti ukoliko imaju različita vrelišta, odnosno ako na istoj temperaturi imaju različit tlak para (Spaho, 2017.).

Vrelište predstavlja temperaturu na kojoj je tlak para tekućine istovjetan vanjskome tlaku. Standardni atmosferski tlak iznosi 101 325 Pa. Normalno vrelište tekućine određuje se pri standardnom atmosferskom tlaku, a s promjenom atmosferskog tlaka proporcionalno će se mijenjati i vrelišta tekućina (Spaho, 2017.).

Na ovome principu temelji se i cijeli postupak destilacije u proizvodnji jakih alkoholnih pića. Zagrijavanjem tekuće smjese izdvajati će se spojevi koji tlak para od 101 kPa postižu na temperaturama nižima od vrelišta vode, odnosno spojevi koji su hlapljiviji od vode (Spaho, 2017.).

Tablica 3 Pregled vrelišta najzastupljenijih spojeva u destilaciji jakih alkoholnih pića

| | |
|-------------|--------|
| Etanol | 78,3°C |
| Metanol | 64,7°C |
| Acetaldehid | 20,2°C |
| Etil-acetat | 77,1°C |

Općenito razlikujemo idealne otopine, smjese tvari koje su u kemijskom pogledu vrlo slične i ne idealne otopine čije su komponente u kemijskom pogledu znatno različite. U proizvodnji jakih alkoholnih pića uvijek se radi o destilaciji smjese tekućina, a u smjesi su najzastupljeniji etanol i voda. Zbog jakih vodikovih veza među molekulama smjesa etanol – voda čini ne idealnu otopinu (Spaho, 2017.).

Azeotropija je pojava da smjese nekih tekućina određenog sastava, koji nazivamo azeotropna smjesa, vriju pri stalnoj temperaturi i tlaku dajući pare istog sastava kao što ga ima tekućina. Smjesa etanola i vode koja sadrži 95,57 % masenih etanola u vodi čini azeotropnu smjesu. Pri toj masenoj koncentraciji neće više biti moguće izdvojiti etanol iz vode, odnosno povećati alkoholnu jakost tekućine bez obzira na broj opetovanih destilacija (Spaho, 2017.).

Zagrijavanjem tekuće smjese dva sastojka različitih vrelišta nastaje para koja je bogatija hlapljivijom komponentom, odnosno komponentom nižeg vrelišta. Po ovom principu u procesu destilacije se izdvajaju hlapljive komponente od kojih se frakcioniranjem tokova formira destilat. Uzastopnim provođenjem više postupaka destilacije, sastojci smjese se postupno odjeljuju, a na kraju se dobiva tekućina s visokim koncentracijama željenih hlapljivih komponenata, ponajprije etanola. U proizvodnji jakih alkoholnih pića ovisno o željenom sastavu destilata koristiti će se različiti tipovi destilacijskih uređaja, a s obzirom na vrstu i princip rada destilacijskog uređaja biti će potrebno provesti različit broj destilacija (Spaho, 2017.).

2.4. Destilacijski postupci u proizvodnji jakih alkoholnih pića

Prema Pravilniku o jakim alkoholnim pićima jaka alkoholna pića su alkoholna pića koja su namijenjena za ljudsku potrošnju, koja imaju posebna senzorska svojstva i sadrže najmanje 15% vol. alkohola. Mogu biti proizvedena izravno destilacijom prirodno prevrelih sirovina poljoprivrednog podrijetla sa ili bez dodavanja aroma. Mogu se proizvoditi maceracijom ili sličnom preradom bilja u etilnom alkoholu poljoprivrednog podrijetla i/ili u destilatima poljoprivrednog podrijetla. Jaka alkoholna pića mogu se proizvoditi i dodavanjem različitih aroma, šećera ili miješanjem s drugim alkoholnim pićima, etilnim alkoholom poljoprivrednog podrijetla, destilatima poljoprivrednog podrijetla i slično (NN 61/2009).

U proizvodnji jakih alkoholnih pića koriste se dva tipa destilacijskih uređaja, a to su jednostavni i složeni destilacijski uređaj. Kako sam naziv govori, složeni destilacijski uređaji tehnološki su napredniji pa se provođenjem jedne destilacije dobiva destilat visoke alkoholne jakosti. Korištenjem jednostavnog destilacijskog uređaja potrebno je provesti dvije uzastopne destilacije kako bi se dobio destilat visoke alkoholne jakosti, što u velikim proizvodnjama predstavlja veliki gubitak vremena i energije. Obe vrste destilacijskog uređaja imaju svoje prednosti i nedostatke vezane za kvalitetu dobivenog destilata, a u daljnjem tekstu biti će opisana konstrukcija i princip rada obje vrste uređaja.

Dvokratna destilacija je uobičajeni postupak u proizvodnji jakih alkoholnih pića kada se primjenjuju jednostavni destilacijski uređaji. Proces se sastoji od dvije uzastopne destilacije. U prvoj destilaciji destilira se alkoholno prevrela sirovina (vino, prevreli masulj, prevrela komina,...). Po završetku prve destilacije dobiva se sirovi destilat koji nije odgovarajuće alkoholne jakosti, a koja je potrebna za formiranje jakog alkoholnog pića ili dugotrajno dozrijevanje u bačvi. Iz tog razloga se sirovi destilat ili njegove odabrane frakcije ponovno destiliraju. U drugoj destilaciji dobije se destilat visoke alkoholne jakosti pročišćen od nepoželjnih spojeva. Najbolja frakcija destilata dobivena u drugoj destilaciji koristi se za formiranje jakog alkoholnog pića (Spaho, 2017.).

Jednostavni destilacijski uređaji koriste se tradicionalno na obiteljskim gospodarstvima za proizvodnju rakije i drugih destilata. Najčešće su kapaciteta 100-200 L te su izrađeni od bakra. Sastoje se od četiri osnovna dijela: kotla, kape, cijevi za odvod pare i kondenzatora. Kotao je dio uređaja postavljen iznad ložišta, a u njemu se zagrijava alkoholno prevrela sirovina. Kapa je dio kotla u kojem se skupljaju alkoholno- vodene pare koje izlaze iz kotla uslijed zagrijavanja sirovine. Cijev za odvod pare povezuje kapu i kondenzator provodeći alkoholno- vodene pare iz kape u kondenzator. Kondenzator je najčešće tank izrađen od nehrđajućeg čelika ili pocinčanog lima, napunjen protočnom hladnom vodom. U kondenzatoru je ugrađena spiralna bakrena cijev kroz koju protječu alkoholno- vodene pare, postupno se hlade i kondenziraju (Spaho, 2017.).

Alkoholno prevrela sirovina puni se u kotao do $\frac{2}{3}$ njegove zapremnine zbog mogućeg pjenjenja sirovine prilikom zagrijavanja. Napunjeni kotao zatvara se kapom, na koju se zatim postavlja cijev za odvod para. Sva spojna mjesta se hermetički

zatvaraju. Zagrijavanje kotla provodi se lagano kako ne bi došlo do zagorijevanja sirovine ili prevelikog pjenjenja. Nakon što se sirovina u kotlu zagrije do točke vrelišta otvara se ventil za dotok hladne vode u kondenzator. Cijeli proces destilacije provodi se oprezno jer je izuzetno važno kontrolirati ravnomjerno i polagano istjecanje destilata iz uređaja. Dinamika istjecanja destilata kontrolira se podešavanjem jačine zagrijavanja kotla i protoka vode kroz kondenzator. Po završenoj destilaciji prekida se grijanje kotla, skidaju se cijev za odvod para i kapa, a bezalkoholni ostatak se prazni iz kotla (Spaho, 2017.).



Slika 1 Jednostavni destilacijski uređaj

(izvor fotografije: <https://www.trgovina-ekstra.hr/hr/kotao-za-rakiju-100-litara-prevrtac-sa-mijesalicom>)

Složeni destilacijski uređaj omogućuje provođenje jednostrukog postupka destilacije. Svojim karakterističnim dijelovima ovaj tip destilacijskog uređaja omogućava da se u jednom destilacijskom procesu dobije destilat visoke alkoholne jakosti. Destilacija se dakle provodi uz pomoć uređaja s posebnim dijelovima za koncentriranje alkohola, a to su destilacijska kolona i deflegmator. Na kapu iznad kotla nadovezuje se destilacijska kolona, a na nju se nadovezuje deflegmator (Spaho, 2017.).

Destilacijska kolona je dio destilacijskog uređaja, cilindričnog oblika, podijeljen na više jednakih dijelova koji su međusobno odvojeni podovima. Podovi mogu biti različito izvedeni, a na površini imaju male otvore s cjevastim nastavcima iznad kojih se nalaze male kape – zvona. Alkoholne pare sa dna kolone prolaze kroz otvore, usmjeravaju se u izravni kontakt s tekućinom koja se razlijeva po podovima i dižu prema vrhu kolone. Na podovima se nalaze i preljevne cijevi koje omogućuju slijevanje tekućine s vrha prema donjim podovima kolone. Kolone u destilacijskim uređajima namjenjenim za destilaciju rakija su izrađene od bakra. Kroz kolonu se dižu alkoholne pare, a određena količina se kondenzira i slijeva u obliku tekućine ili refluksa. Refluks, flegma ili kapljevina je tekućina koja nastaje kondenzacijom para

unutar samog destilacijskog uređaja te se vraća nazad u uređaj. Na svakom podu kolone događa se izravni kontakt vrućih para s hladnijom tekućinom pri čemu se prenosi toplina. Rezultat toga je isparavanje tekućine i djelomična kondenzacija para. Tako lako hlapivi sastojci iz tekućine prelaze u paru, a u tekućini se koncentriraju teže hlapljivi sastojci. U koloni koja ima više podova tako se zbiva više uzastopnih reakcija isparivanja tekućine i kondenzacije para, odnosno više uzastopnih destilacija (Spaho, 2017.).

Kolona ima funkciju rektifikatora, što znači da se destilacijom u koloni postiže koncentriranje alkohola i pročišćavanje destilata od nepoželjnih primjesa. Navedeni proces rezultira nakupljanjem lako hlapljivih sastojaka (etanol, esteri, aldehidi,...) u gornjim dijelovima kolone. U donjim dijelovima kolone koji su topliji nakupljaju se i isparavaju teže hlapljivi sastojci (voda, hlapljive kiseline) (Spaho, 2017.).

Deflegmator je uređaj koji ima funkciju djelomične kondenzacije para. Još se naziva prekondenzator, kondenzator flegme ili izmjenjivač topline. U deflegmator ulaze pare iz kolone ili kotla. U njemu se dio sastojaka pare koji su teže hlapivi kondenzira i kao tekućina vraća u kotao ili kolonu s ciljem ponovne destilacije. Iz deflegmatora odlaze pročišćene pare u kondenzator gdje se hlade i kondenziraju u destilat. Osnovna uloga deflegmatora je rektifikacija, čime se u proizvodnji jakih alkoholnih pića postiže povećanje alkoholne jakosti i pročišćavanje destilata od primjesa (Spaho, 2017.).

Deflegmatori su smješteni na vrhu ili iznad kolone, izrađeni su od bakra i mogu biti različitih konstrukcija. Cjevasti deflegmatori sastavljeni su od uzdužnih cijevi kroz koje prolaze pare, dok se između cijevi provodi rashladno sredstvo. Rashladno sredstvo u deflegmatoru je obično topla voda koja se dovodi iz kondenzatora. Podešavanjem temperature vode regulira se stupanj deflegmacije. Što je temperatura rashladne vode u deflegmatoru niža, veći je stupanj deflegmacije. S povećanjem stupnja deflegmacije dobiva se destilat s većom koncentracijom alkohola (Spaho, 2017.).



Slika 2 Složeni destilacijski uređaj, izvor fotografije: autor

Tijekom destilacije hlapljivi sastojci prisutni u alkoholno prevrelim sirovinama prelaze u destilat. Postupak destilacije utječe na promjene sastava hlapljivih spojeva tako što uslijed visokih temperatura kuhanja sirovina u destilacijskom kotlu dolazi do razgradnje pojedinih sastojaka. Uz razgradnju pojedinih sastojaka protječu i mnoge druge kemijske reakcije uslijed kojih je moguća tvorba novih hlapljivih sastojaka koji prelaze u destilat (Spaho, 2017.).

Pojedine kemijske reakcije koje se zbivaju tijekom destilacije mogu utjecati na promjene količine hlapljivih estera. Moguća je sinteza etil-acetata uslijed izravne kemijske reakcije etanola s octenom kiselinom, hidroliza etil-acetata i drugih estera kao i ekstrakcija hlapljivih estera iz stanica kvasaca. Promjene udjela hlapljivih estera ovise ponajprije o sastavu fermentiranih sirovina, pH vrijednosti sirovine i trajanju samog procesa destilacije (Spaho, 2017.).

Tvorba aldehida također je moguća u postupku destilacije. Acetaldehid kao najzastupljeniji predstavnik aldehida u destilatu nastaje u određenoj količini tijekom destilacije. Uzrok ove pojave je oksidacija etanola pri visokim temperaturama destilacije, a reakciju dodatno katalizira bakar (Spaho, 2017.).

Acetali se tvore tijekom destilacije kao produkti reakcija aldehida i alkohola. Najzastupljeniji acetal je acetaldehid-dietilacetal. Acetali su općenito tvari ugodnog mirisa te imaju važnu ulogu u smanjenju oštrih tonova u mirisu koje uzrokuju aldehidi i alkohol. Pridonose znatnom poboljšanju kako mirisa tako i okusa jakih alkoholnih pića (Spaho, 2017.).

Furfural je spoj koji nastaje tijekom destilacije kao rezultat dehidracije neprevrelih šećera pentozna. Tvorbu furfurala potiču visoke temperature destilacije, a on nastaje direktno u kotlu uređaja za destilaciju pri čemu će se produženjem postupka destilacije, odnosno dužim zagrijavanjem alkoholno prevrele sirovine, stvarati veće količine furfurala. Furfural je bezbojna tekućina, karakterističnog ugodnog mirisa koji podsjeća na badem i karamel. Svojim prisustvom pridonosi okusu i mirisu destilata (Spaho, 2017.).

Cilj destilacije je u što većoj mjeri koncentrirati etanol i hlapljive spojeve koji pridonose kvaliteti jakog alkoholnog pića, a spojeve koji negativno utječu u najvećoj mogućoj mjeri izdvojiti iz destilata. Osnovne sastojke alkoholno prevrelih sirovina čine voda i etanol, dok u ostale hlapljive spojeve spadaju različiti drugi spojevi kao što su metanol, viši alkoholi, hlapljive kiseline, hlapljivi esteri, aldehidi i drugi spojevi. Svi navedeni spojevi imaju različite temperature vrelišta, a samim time i drugačiju dinamiku destilacije, odnosno prelaska u destilat. Etanol je hlapljiviji od vode, zbog čega destilat ima veći sadržaj alkohola od sirovine iz koje potječe. Iz tog će razloga u procesu destilacije prve kapi destilata koje izlaze iz destilacijskog uređaja biti najveće alkoholne jakosti, a kako će proces destilacije dalje protjecati, alkoholna jakost destilata će postupno padati (Spaho, 2017.).

Dobiveni destilat uobičajeno je dijeliti na tri frakcije - prvi, srednji i zadnji tok. Prvi tok još se naziva „prvenac“, srednji tok se naziva i „srce“ jer će se od njega formirati buduće piće, a zadnji tok se još naziva i „patokom“. Način na koji se odjeljuju destilacijske frakcije znatno utječe na kvalitetu destilata. Kakvoća destilata i sastav alkoholno prevrelih sirovina mogu varirati pa nije moguće unaprijed propisati trenutak

u kojemu će se prestati sakupljati određena frakcija, odnosno početi skupljati iduća. Taj se trenutak u praksi najčešće određuje praćenjem mirisa destilata. Iako je s obzirom na kvalitetu sirovine i količinu sirovine u kotlu moguće okvirno odrediti koliko će biti pojedine frakcije, ponajprije prvog toka, potrebno je kontinuirano pratiti razvitak mirisa destilata i promjene koje nastaju u njemu. Svaka frakcija tako ima karakteristične mirise, odnosno skupinu spojeva čiji su karakteristični mirisi nositelji njenog mirisnog profila (Spaho, 2017.).

Prvi tok destilata odlikuju najviše koncentracije metanola, viših alkohola, acetaldehida i etil-acetata. Visoke koncentracije ovih sastojaka imati će negativan utjecaj na kakvoću destilata. Iz tog razloga potrebno je prvi tok odvojiti. Osim navedenih negativnih sastojaka, u prvom toku nalaze se najviše koncentracije etanola, mirisnih estera i drugih spojeva koji pozitivno utječu na kakvoću destilata. Količina destilata koja se najčešće odvaja kao prvi tok iznosi od 0,5 do 1%, preračunato na količinu sirovine u kotlu destilacijskog uređaja (Spaho, 2017.).

Srednji tok ili druga frakcija destilata je najkvalitetniji dio destilata. Zbog sadržaja alkohola i drugih poželjnih hlapljivih sastojaka koji doprinose kakvoći destilata od ove se frakcije formira buduće jako alkoholno piće ili dozrijeva u bačvama. Srednji tok prestaje se skupljati kada alkoholna jakost destilata na izlazu iz uređaja padne ispod 60 %vol., a temperatura para naraste na 87-88°C (Spaho, 2017.). Točan trenutak najbolje se određuje s konstantnim praćenjem mirisa destilata. Kada alkoholna jakost počne padati ispod 65 %vol. potrebno je konstantno mirisati destilat. Kada se počinju javljati patočni mirisi, koje karakterizira miris na kuhano voće ili kompot jasno je da treba prestati sa skupljanjem srednjeg i započeti skupljanje zadnjeg toka.

Zadnji tok ili patoka sadrži visoke koncentracije hlapljivih kiselina i drugih teže hlapljivih sastojaka koji imaju negativan utjecaj na kakvoću destilata. Uz to sadrži i visoke koncentracije metanola u odnosu na sve nižu koncentraciju etanola (Spaho, 2017.). Zbog negativnih utjecaja navedenih komponenti na aromatski profil i zdravstvenu ispravnost budućeg alkoholnog pića potrebno je pravovremeno prestati skupljati srednji tok i početi sa skupljanjem zadnjeg toka. Granicu odjeljivanja potrebno je ispravno postaviti, a ona će ponajprije ovisiti o kakvoći alkoholno prevrele sirovine koja se destilira. Zadnji tokovi se mogu skupljati i ponovno destilirati uz veće odvajanje prvog i zadnjeg toka.

2.4.1. Dozrijevanje destilata

Mladi destilati su poprilično oštrog i neharmoničnog okusa. Iz tog razloga nisu odmah pogodni za formiranje jakog alkoholnog pića, već im je potrebno određeno vrijeme za dozrijevanje. Tijekom dozrijevanja protjecati će brojne kemijske reakcije koje su osnova za dugotrajnost i kvalitetu budućeg pića. Minimalni vremenski period koji bi destilat trebao dozrijevati je dva mjeseca, dok dozrijevanje u posebnim uvjetima može trajati od šest mjeseci do nekoliko desetaka godina (Mihaljević Žulj 2021.).

Tijekom dozrijevanja kemijskim reakcijama između sastojaka destilata doći će do razgradnje i konverzije nepoželjnih spojeva. Tri najvažnije kemijske reakcije tijekom dozrijevanja destilata su oksidacija, esterifikacija i acetalizacija. Oksidacija je izrazito važna kemijska reakcija tijekom dozrijevanja jer omogućava „mekšanje“ i formiranje boljeg mirisa i okusa destilata. Određeni spojevi prisutni u destilatu podložni su procesu oksidacije pri čemu prelaze u druge oblike koji su povoljniji za kasniji miris i okus jakog alkoholnog pića (Mihaljević Žulj 2021.).

Oksidacija je jedna od najvažnijih reakcija dozrijevanja jer uzrokuje „mekšanje“ i formiranje mirisa i okusa destilata. Pojedini kemijski spojevi prisutni u destilatima podložni su reakcijama oksidacije i tako prelaze u druge oblike koji utječu na mirisna i okusna svojstva destilata. Acetaldehid tako oksidacijom prelazi u octenu kiselinu, čime se gube njegova oštra mirisna svojstva. Na sličan način oksidira i etanol, koji prvo prelazi u acetaldehid uz oslobađanje vode. Acetaldehid nastao iz etanola zatim oksidira do octene kiseline (Mihaljević Žulj 2021.).

Esterifikacija je reakcija dozrijevanja destilata u kojoj nastaju esteri reakcijama između alkohola i kiselina. Zbog velikog udjela etanola i octene kiseline, u destilatima esterifikacijom najčešće nastaje etil-acetat. Na isti je način esterifikacija moguća za sve kiseline i alkohole prisutne u destilatima. Nastali esteri daju destilatu ugodan miris pa će se tako tijekom dozrijevanja polako izgubiti zeleni i oštri mirisi mladog destilata (Mihaljević Žulj 2021.).

Acetalizacija je reakcija u kojoj spajanjem aldehida i alkohola nastalu acetali. Najzastupljeniji acetal koji nastaje tijekom dozrijevanja destilata je acetaldehid-dietilacetal, koji destilatu daje vrlo ugodan cvjetni miris. Navedeni spoj nastaje spajanjem acetaldehida s etanolom čime se također ublažuju oštrina okusa i mirisa mladog destilata (Mihaljević Žulj 2021.).

U posebnim tehnologijama dozrijevanja različito je vrijeme koje će biti potrebno da destilat dozrije do željene kvalitete. Uvjeti dozrijevanja i posuđe u kojemu dozrijevaju destilati također se znatno razlikuje između pojedinih vrsta poznatih alkoholnih pića. Najzastupljenije su drvene bačve, ponajprije hrastove (*Quercus sp.*) uz koje su u manjoj mjeri zastupljene i bačve od drugih vrsta drveta (na primjer bagrem – *Robinia pseudoacacia*). U proizvodnji bačava koriste se različite vrste hrasta. Hrast lužnjak (*Quercus robur*) ima povoljniji sastav drveta od hrasta kitnjaka (*Quercus petraea*) te se zato više koristi u proizvodnji bačava za dozrijevanje alkoholnih pića. Uz hrast lužnjak u Sjedinjenim Američkim Državama za dozrijevanje whisky-a i ruma koriste se bačve izrađene od drva bijelog hrasta (*Quercus alba*). Kakvoća hrastovog drva i način izrade bačvi imaju izravan utjecaj na promjene okusa, mirisa i boje destilata koji će u njima dozrijevati. Hrastovo drvo sastavljeno je od vode, celuloze, hemiceluloze, lignina, tanina, minerala, ulja, proteina, smola i različitih pigmenata. Količina i omjer navedenih sastojaka ovise o podrijetlu, vrsti i starosti hrasta. Celuloza je polisaharid koji nije topljiv u vodi i etanolu. Hemiceluloza u drvu je heterogeni polisaharid. Esterificirani oblici pentozna iz hemiceluloze mogu u destilatu stvarati octenu kiselinu. Lignin je složeni polimer sastavljen od polifenola, a među njegovim sastojcima prisutni su i aromatski alkoholi koniferil i sinapalkohol. Tanini drva su fenolni spojevi

složene strukture. Većinski su zastupljeni hidrolizirajući tanini koji su esteri glukoze sa galnom i elaginskom kiselinom (Singleton 1995.).

Za izradu bačvi koriste se najkvalitetniji dijelovi hrastovog drveta, a oni se nalaze u središtu (srcu) trupca. Taj dio hrastovog drveta je najpovoljnijeg sastava, bogat taninima i ligninom. Zbog svoje strukture je prikladan za rezanje u pravilne dužice od kojih se kasnije izrađuju bačve. Nakon rezanja, hrastove dužice moraju proći proces prosušivanja. Sušenje dužica traje najmanje dvije godine, a često i tri do četiri godine. U prvoj godini sušenja drvo se intenzivno isušuje, dok se tijekom daljnjeg sušenja zbiva proces dozrijevanja drva. Tijekom tog perioda u drvu protječu brojni kemijski i mikrobiološki procesi čime se postižu svojstva koja imaju pozitivno djelovanje na destilat koji će u tome drvu dozrijevati. Izrada bačve provodi se tako da se dužice pomoću metalnih obruča slažu u oblik bačve te se nakon toga zagrijavaju kako bi se mogle lakše savijati. Zagrijavanje se provodi pomoću otvorene vatre različitih intenziteta u dvije faze, prvoj koja je neophodna za oblikovanje bačve i drugoj koja uzrokuje dodatno paljenje bačve. Tim paljenjem stvaraju se specifična mirisna svojstva drva. Jačina paljenja bačve utječe na senzorna svojstva destilata, pri čemu se razlikuju tri razine paljenja – lagano paljenje, srednje paljenje i jako paljenje. Lagano paljene bačve daju destilatu boju vrlo sličnu boji koju bi dale bačve koje nisu paljene, ali se mijenja miris destilata. Srednje paljenje uzrokuje izraženiji i složeniji miris destilata po hrastovom drvu. Jako paljenje daje izraženije mirise dima i paljenja, dok se mirisi na drvo smanjuju (Mosedale i Puech 1998.).



Slika 3 Sastavljanje hrastove bačve

(izvor fotografije: <https://www.moja-djelatnost.hr/lzrada-bacvi-proizvoda-od-drva-i-stolova-po-mjeri-Nedelisce/BACVARIJA-SRNEC/MMxBP4kC>)

Destilati se pune u bačve zapremnina od 250 – 500 L pri čemu se ostavlja 5 – 10 L praznog prostora u bačvi kako bi uslijed porasta temperature širenje tekućine bilo moguće. Idealni uvjeti dozrijevanja su relativna vlaga zraka od 75-85% i temperature između 18 i 22°C. Dozrijevanje u hrastovim bačvama je dugotrajan

proces koji traje od minimalnih 6 mjeseci do nekoliko desetaka godina. U kratkotrajnom dozrijevanju trajanja 6 mjeseci bačva neće izazvati značajne promjene u okusu destilata, nego će destilat poprimiti isključivo zlatno-žutu boju. Dužim dozrijevanjem boja destilata postaje intenzivnija, profilira se okus destilata i on postaje mekan i harmoničan te se formiraju prepoznatljive arome. Duljina čuvanja u hrastovim bačvama na poslijetku će trajati do postizanja optimalnih senzornih svojstava, a što je uvjetovano kakvoćom bačve i samog destilata (Mosedale i Puech 1998.).

U destilatu tijekom dozrijevanja u drvenim bačvama protječu brojne kemijske promjene koje uzrokuju promjene u mirisu i okusu destilata. Tijekom cijelog razdoblja čuvanja destilata ekstrahiraju se tanini iz drva. Tanini su nosioci boje destilata, a utječu i na promjene u aromatskom profilu. Promjene boje i okusa ovise o vrsti i količini taninskih spojeva u drvu. Zbog velike količine tanina koji se ekstrahiraju u početku dozrijevanja, destilati mogu biti grubog i oporog okusa. S vremenom ekstrahirani tanini podliježu reakcijama oksidacije i polimerizacije, tako da dozreli destilati ustvari sadrže oksidirane oblike taninskih spojeva. Oksidirani oblici tanina pridonose mekoći okusa i daju destilatu zlatno-žutu boju (Mosedale i Puech 1998.).

Tijekom starenja destilata u drvenoj bačvi dolazi i do porasta ukupne kiselosti, kao i povećanja koncentracije estera. Porast ukupne kiselosti uzrokovan je ekstrakcijom fenolnih kiselina drva i povećanjem koncentracije octene kiseline. Najveći porast ukupne kiselosti zbiva se tijekom prve godine dozrijevanja, a u daljnjem razdoblju dozrijevanja taj je porast umjereniji. Koncentracija octene kiseline raste uslijed oksidacije etanola i ekstrakcije octene kiseline iz drva, koja nastaje hidrolizom hemiceluloze. Povećanje koncentracija ukupnih estera rezultat je povećanja koncentracije etil-acetata, ujednačeno je tijekom cijelog dozrijevanja, a nakon četiri godine udio ukupnih estera u destilatu može se povećati za dva do tri puta. Koncentracija ukupnih estera u dozrelom destilatu ovisi o brojnim čimbenicima, a ponajprije o početnoj koncentraciji etil-acetata u destilatu. Kakvoća bačve određuje koliko će se octene kiseline ekstrahirati u destilat i potom esterificirati do etil-acetata. Nadalje, destilati koji stare s manjim udjelom etanola imaju veću koncentraciju etil-acetata. Uz sve navedeno temperatura na kojoj se čuva destilat također utječe na stvaranje etil-acetata pa će se tako pri višim temperaturama stvarati veće količine ovog spoja (Mosedale i Puech 1998.).

2.4.2. Tipizacija destilata

Nakon dozrijevanja destilati imaju visoke koncentracije etanola, a kao takvi nisu ispravni za konzumaciju. Iz toga će razloga biti potrebno prije punjenja u boce i konzumacije spustiti alkoholnu jakost destilata na odgovarajuću razinu. Najčešće je to oko 40 %vol. Alkoholna jakost se spušta dodavanjem destilirane ili demineralizirane vode, ili spajanjem s destilatima niže alkoholne jakosti (Mihaljević Žulj 2021.).

Dodatak vode u destilat mora biti postepen i u obrocima jer naglo razrjeđenje uzrokuje disharmoniju okusa i mirisa. Pri dodatku vode u destilat remeti se kemijska

ravnoteža spojeva unutar destilata, a esteri i acetali postaju podložniji hidrolizi. Nakon dodatka vode u destilat se drastično smanjuje koncentracija estera i acetala, dok se značajno povećava udio alkohola, kiselina i aldehida (Mihaljević Žulj 2021.).

U proizvodnji jakih alkoholnih pića kakvoća vode ima značajnu ulogu. Pri formiranju jakog alkoholnog pića obavezno se koristi destilirana ili demineralizirana voda. Također je važno da je voda neutralna u pogledu senzornih svojstava te da zadovoljava sve propise zdravstvene ispravnosti vezane za kakvoću vode za piće. Važan pokazatelj kakvoće je tvrdoća vode, čija vrijednost mora iznositi manje od 4°D, odnosno manje od 71,4 mg/L $CaCO_3$. Kako su soli kalcija i magnezija netopljive u etanolu, postoji mogućnost za pojavu nestabilnosti i zamućenja ukoliko bi se dodala voda povećane tvrdoće (Mihaljević Žulj 2021.).

Uz postupke prilagodbe alkoholne jakosti, biti će potrebno provesti i mjere korekcije boje destilata ukoliko se radi o neprozirnoj vrsti jakog alkoholnog pića. Za tu namjenu je dozvoljeno koristiti isključivo obični karamel (prženi šećer) kao prirodno bojilo. Nakon dodatka karamela, jako alkoholno piće mora odležati bar tri mjeseca (Mihaljević Žulj 2021.).

Kako bi proizvedeno jako alkoholno piće zadržalo sva poželjna svojstva potrebno je provesti postupke stabilizacije i bistrenja destilata. Destilati moraju trajno zadržati čistoću iz bistroću te ne smije doći do pojave zamućenja i taloga. Zamućenja mogu izazvati razne čestice koje su netopljive u etanolu i vodi, a koje su došle u piće sa strane. Također, do zamućenja može doći i prilikom fizikalno-kemijskih promjena u piću kojima se smanjuje topivost organskih i mineralnih spojeva. Bistrenje destilata provodi se dodatkom bistrila u obliku bjelanjka jajeta, želatine, bentonita i drugih preparata namijenjenih bistrenju koji su dostupni na tržištu. Po dodatku bistrila destilat se ostavlja na taloženju određeno vrijeme (do 2 tjedna), nakon čega slijedi postupak filtriranja. Za filtraciju se koriste filtri s celuloznim pločama.

Potrebno je provesti i postupak hladne stabilizacije destilata. Taj se postupak provodi tretmanom hlađenja s ciljem postizanja određene stabilnosti u izgledu pića. Hladnom će se stabilizacijom istaložiti svi spojevi čija topljivost u destilatu s padom temperature postaje manja. Hlađenje se provodi na temperaturi od -5 do -12°C, a točna temperatura ovisiti će o tehnologiji pojedinog alkoholnog pića i njegovoj kakvoći (Mihaljević Žulj 2021.).

2.5. Bierbrand

Bierbrand ili *eau de vie de biere* je jako alkoholno piće koje se dobiva isključivo izravnom destilacijom svježeg piva pod normalnim tlakom. Pivo se destilira na alkoholnu jakost manju od 86 %vol., a dobiveni destilat treba zadržati senzorska svojstva piva *Bierbrand* se ne smije aromatizirati, niti mu se smije dodavati razrijeđeni ili nerazrijeđeni alkohol. Jedini postupak dorade koji je dozvoljen je dodavanje običnog karamela u svrhu korekcije boje (Pravilnik o jakim alkoholnim pićima NN 61/2009).

Najveće količine *bierbranda* konzumiraju se u Njemačkoj, Austriji, Švicarskoj, Belgiji i Francuskoj. Proizvode ga najčešće male pivovare ili samostani. Kao bazu

sirovinu najčešće koriste vlastito pivo koje destiliraju u sklopu svojih proizvodnih prostora ili u nekoj destileriji. Hmeljne arome u baznom pivu tijekom destilacije će preći u destilat, a one će biti osnovna razlikovna komponenta koja *bierbrand* čini aromatski drugačijim od whiskeya (Vecseri-Hegyés i sur. 2005.).

Kako se navodi u literaturi, pivo koje se koristi kao bazna sirovina za destilaciju trebalo bi biti proizvedeno po posebnoj tehnologiji. Izbor sladova trebao bi biti takav da sladovina nakupi maksimalan mogući ekstrakt. Na taj način se uz korištenje pogodnih kvasaca dobiva bazno pivo veće alkoholne jakosti pri čemu će se prikupiti i veće količine destilata što samu proizvodnju čini isplativijom (Vecseri-Hegyés i sur. 2005.).

Vecseri-Hegyés i suradnici (2005.) navode kako su u istraživanju koristili metodu dvokratne destilacije. Bazno pivo proizveli su ciljano za destilaciju, pa su s obzirom na to prilagodili sve potrebne parametre. Prilikom proizvodnje baznoga piva u koristili su enzim glukoamilazu kako bi povećali koncentraciju fermentabilnih šećera, a samim time i alkoholnu jakost. Autori navode da su 24h prije destilacije u bazno pivo dodali 4 g/L NaCl kako bi spriječili pjenjenje piva u toku zagrijavanja.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Destilacija piva na složenom destilacijskom uređaju

Kao bazna sirovina za destilaciju korišteno je nefiltrirano pivo „*pale ale*“ tipa. Alkoholna jakost piva iznosila je 5,3 %vol. U proizvodnji baznog piva korišten je slad dobiven miješanjem 93% ječama i 7% pšenice. U proizvodnji su korištene dvije sorte hmelja američkog podrijetla. Sorta hmelja „*centennial*“ daje pivu naglašene citrusne arome i umjerenu gorčinu, a ova sorta hmelja sadrži 9,3% alfa kiselina. Druga sorta hmelja koja je korištena u proizvodnji baznog piva je sorta „*amarillo*“. Ova sorta hmelja ima daje pivu također citrusne arome, uz naglašenije arome naranče i grejpa. Sadržaj alfa kiselina u hmelju sorte „*Amarillo*“ kreće se u rasponu 8-11%. Za fermentaciju je korišten kvasac gornjeg vrenja namijenjen fermentiranju „*ale*“ piva (Palmer 2006.).

Pivo je dopremljeno u inox bačvama pod pritiskom zapremnine 25 L. Kako bi se pokušalo izdvojiti što više ugljikovog dioksida, pivo je prvo istočeno pomoću slavine u plastične kante te se pričekalo da se pjena slegne. Nakon 20 minuta pjena se gotovo u potpunosti slegla i pivo je prebačeno u kotao destilacijskog uređaja.

Pivo je destilirano na Vinogradarsko-vinarskom pokušalištu Jazbina, Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Za destilaciju baznog piva korišten je složeni destilacijski uređaj s kolonom i deflegmatorom maksimalne zapremnine kotla 80L. S obzirom na visok udio proteina u pivu i prisutnost ugljikovog dioksida, očekivalo se određeno pjenjenje u kotlu prilikom zagrijavanja. Iz navedenog razloga se destiliralo 40L baznog piva kako bi se ostavilo dovoljno prostora za izdizanje pjene i izbjeglo dizanje pjene u kolonu destilacijskog uređaja.



Slika 4 Bazno pivo, izvor fotografije: autor

Unatoč poduzetim radnjama u svrhu prevencije pojave intenzivnog pjenjenja, do izdizanja pjene je ipak došlo, zbog čega je bilo potrebno u dva navrata otvoriti kotao i ugasiti električne grijače kako bi se ublažilo stvaranje pjene i kako pjena ne bi ušla u destilacijsku kolonu. Izgledno je da je iz tog razloga došlo do određenih gubitaka alkoholnih para, a samim time i gubitka ukupne količine destilata.



Slika 5 Pojava pjene u kotlu destilacijskog uređaja, izvor fotografije: autor

Destilat je počeo istjecati iz kondenzatora u trenutku kada su alkoholne pare u deflegmatoru dosegle $80,4^{\circ}\text{C}$. Kako se destiliralo 40l piva, bilo je potrebno izdvojiti 0,5% od tog volumena kao prvi tok destilata na izlazu iz kotla. Kako bi se bilo sigurno da su svi neželjeni spojevi odstranjeni iz destilata, uz dodatnu senzornu procjenu odlučeno je da se odvoji 1%. Dakle, izdvojeno je prvih 400 mL destilata i spremljeno u zasebnu posudu zbog provedbe fizikalno-kemijske analize.

Potom se počelo skupljati srednji tok. Na početku prikupljanja srednjeg toka(srca) alkoholna jakost destilata iznosila je 85%vol. Tijekom destilacije kontinuirano se pratilo mirisna svojstva destilata i mjerilo alkoholnu jakost destilata na izlazu iz destilacijskog uređaja. Kada je alkoholna jakost na izlazu iz destilacijskog uređaja pala na 70 %vol. u destilatu su se počeli javljati mirisi trećeg toka(patoke). Nakon detaljne mirisne procjene odlučeno je da se prestane prikupljati srednji tok. Prikupljeno je ukupno 1000 mL srednjeg toka destilata.

Nakon srednjeg toka prikupljena je i manja količina trećeg toka(patoke) za potrebe fizikalno-kemijske analize.



Slika 6 Mjerenje alkoholne jakosti destilata na izlazu iz destilacijskog uređaja, izvor fotografije: autor

4. FIZIKALNO-KEMIJSKA ANALIZA DESTILATA

U laboratoriju Zavoda za vinogradarstvo i vinarstvo Agronomskog fakulteta u Zagrebu provedena je osnovna fizikalno-kemijska analiza dobivenog destilata. Određena je alkoholna jakost destilata, ukupna kiselost i udio estera.

4.1. Analiza alkoholne jakosti destilata

Prema Međunarodnoj organizaciji za mjeriteljstvo alkoholna jakost alkoholnih pića jednaka je broju litara etilnog alkohola sadržanog u 100 litara mješavine voda-alkohol koja ima istu gustoću kao i alkohol ili alkoholno piće nakon destilacije.

Alkoholna jakost dobivenih frakcija destilata određena je metodom denzitometrije. Denzitometrija je provedena digitalnim denzitrometrom tvrtke Anton Paar, a model uređaja je „Snap 41“. Pomoću navedenog uređaja, alkoholna jakost destilata mjeri se vrlo jednostavno, dok su rezultati izuzetno precizni. Uređaj mjeri gustoću destilata na principu loma svjetlosti, a dobivene rezultate program uređaja automatski korigira s obzirom na izmjerenu temperaturu tekućine.

Korištenje uređaja vrlo je jednostavno. Prvo se u uređaj pomoću posebno dizajnirane tipke usiše destilirana voda kako bi se uređaj isprao. Potom se usiše tekućina kojoj se želi izmjeriti alkoholna jakost. Tekućina se zatim ispusti iz uređaja. Cilj navedenih predradnji je smanjenje mogućnosti zaostatka bilo kakvih onečišćenja u uređaju koja bi mogla utjecati na pouzdanost dobivenih rezultata. Nakon pripremnih radnji u uređaj se ponovo usisava tekućina kojoj se želi odrediti alkoholna jakost. Jednostavnim pritiskom na tipku „start“ započinje se mjerenje vrijednosti te se za nekoliko trenutaka na digitalnom ekranu uređaja pojavljuju izmjerene vrijednosti.



Slika 7 Denzitrometar Anton Paar Snap 41, izvor fotografije: autor

4.2. Analiza ukupne kiselosti destilata

Ukupna ili titracijska kiselost prikazuje količine organskih kiselina u destilatu. Metodom titracije određuje se količina kiselina koja se neutralizira standardnom otopinom NaOH. Ukupna kiselost izražava se u mg/L ili mg/l a.a.(izraženo kao octena kiselina).

Određivanje ukupne kiselosti provodi se na način da se u tikvicu od 200 mL prebaci 50 mL uzorka uz dodatak 10-20 mL destilirane vode. U tako razrijeđeni uzorak dodaje se 2 kapi reagensa fenolftaleina. Uzorak se potom titrira s 0,1 M NaOH do pojave ružičaste boje.



Slika 8 Titracija uzorka, izvor fotografije: autor

Ukupna kiselost potom se izračuna prema idućim formulama:

$$\text{Ukupna kiselost (mg/L)} = 6 \times \text{mL NaOH} \times \frac{1000}{\text{mL uzorka}}$$

$$\text{Ukupna kiselost (mg/L a.a.)} = \text{ukupna kiselost (mg/L)} \times \frac{100}{A}$$

Pri čemu je „A“ alkoholna jakost destilata, a „6“ predstavlja masu octene kiseline izraženu u mg koju neutralizira 1 mL 0,1 M NaOH.

4.3. Analiza udjela estera u destilatu

Metoda kojom se utvrđuje prisutnost estera u destilatu temelji se na prethodnoj neutralizaciji kiselina i saponifikaciji estera prisutnih u uzorku. Neutraliziranom uzorku dodaje se NaOH u suvišku, a nakon završene reakcije suvišak lužine se titrira standardnom otopinom kiseline (HCl ili H_2SO_4) uz fenolftalein kao indikator. U lužnatoj sredini esteri hidroliziraju, a nastale kiseline u reakciji s alkalijama tvore soli. Analiza estera se dakle provodi u uzorku neutraliziranog destilata.

Postupak određivanja provodi se tako da se odmjeri 50 mL destilata i uz 2 – 3 kapi fenolftaleina neutralizira s 0,1 M NaOH. Neutraliziranom uzorku se doda određena količina 0,1 M NaOH u suvišku nakon čega se uzorak zagrijava 30 minuta uz povratno hladilo na vodenoj kupelji. Preostala količina NaOH određuje se titracijom uzorka s 0,1 M HCl. Količina estera iskazuje se u miligramima estera izraženih kao etil-acetat računato po litri apsolutnog alkohola. Izračun se vrši po sljedećoj formuli:

$$\text{Esteri (mg/L)} = 8,8 \times (a\text{NaOH} - b\text{HCl}) \times \frac{1000}{\text{mL uzorka}}$$

$$\text{Esteri (mg/L a.a.)} = \text{esteri (mg/L)} \times \frac{100}{A}$$

Pri čemu je „a“ jednak volumenu 0,1 M NaOH dodanog u suvišku, „b“ volumen utrošenog 0,1 M HCl, „A“ alkoholna jakost destilata, a 1 mL 0,1 M NaOH saponificira 8,8 mg etil-acetata.

4.4. Tipizacija i organoleptička procjena destilata

Nakon provedene analize preostalo je 890 mL srednjeg tok destilata koji se zatim tipizirao. Odlučeno je da se alkoholna jakost destilata spusti s početnih 79,05 %vol. na 40 %vol. Destilatu je alkoholna jakost smanjena destiliranom vodom, čija se potrebna količina u odnosu na volumen destilata izračunala po formuli:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Uvrštenjem podataka u navedenu formulu izračunato je da je na početnih 890 mL destilata alkoholne jakosti 79,05 %vol. potrebno dodati 868,9 mL destilirane vode kako bi se alkoholna jakost spustila na 40 %vol.

Dobiveni destilat imao je zanimljive mirise piva, hmelja i banane, dok je okusom dominiralo svježije pivo i hmeljne arome.

5. REZULTATI S RASPRAVOM

Tablica 4 Vrijednosti alkohone jakosti pojedinih frakcija destilata

| Frakcija destilata | Izmjerena alkoholna jakost |
|--------------------|----------------------------|
| Prvi tok | 87,82 %vol. |
| Srednji tok | 79,05 %vol. |
| Zadnji tok | 48,77 %vol. |

Izmjerene vrijednosti alkoholne jakosti nešto su više od referentnih vrijednosti koje se navode u literaturi za pojedinu frakciju destilata. Prvi tok tako prema literaturi iz kondenzatora izlazi alkoholne jakosti 70–87 %vol., srednji tok obično ima alkoholnu jakost 65-78 %vol., a zadnji tok ili patoka 20-30 %vol. (Spaho 2017.).

Tablica 5 Određena ukupna kiselost prvog toka destilata

| | Vrijednosti | Ukupna kiselost | Ukupna kiselost (mg/L a.a.) |
|-------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|
| Količina uzorka | 50 mL | 69,6 mg/L | 79,25 mg/L a.a. |
| Utrošak 0,1 M NaOH | 0,58 mL | | |
| Alkoholna jakost uzorka | 87,82 %vol. | | |

Tablica 6 Određena ukupna kiselost srednjeg toka destilata

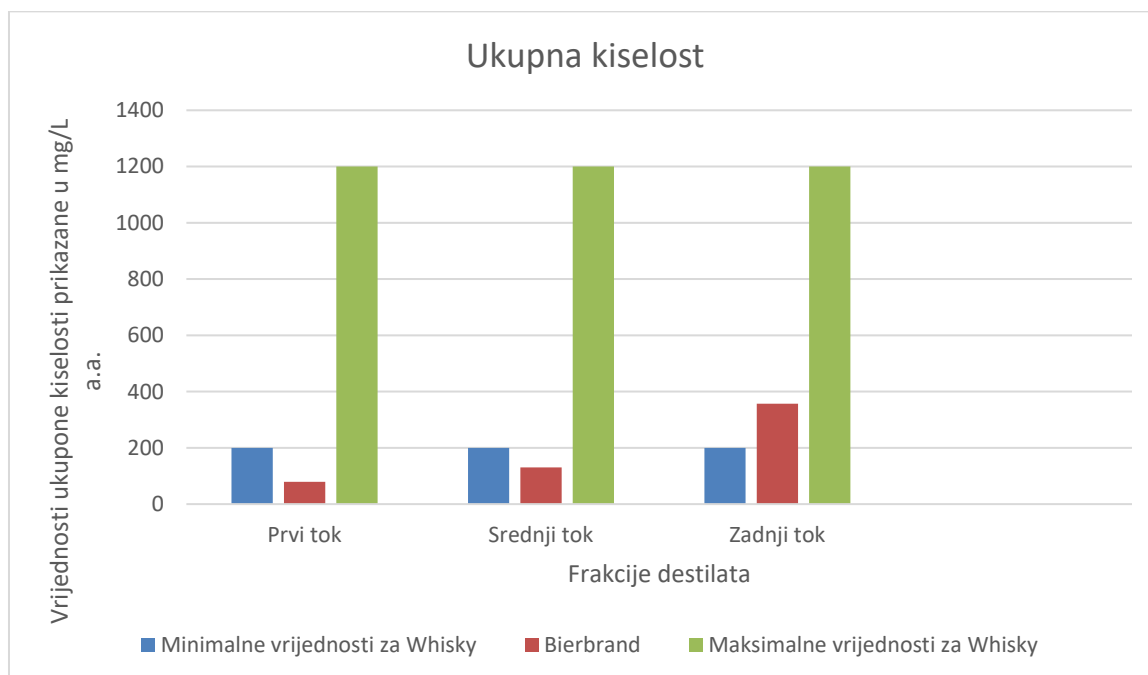
| | Vrijednosti | Ukupna kiselost | Ukupna kiselost (mg/L a.a.) |
|-------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|
| Količina uzorka | 50 mL | 103,2 mg/L | 130,55 mg/L a.a. |
| Utrošak 0,1 M NaOH | 0,86 mL | | |
| Alkoholna jakost uzorka | 79,05 %vol. | | |

Tablica 7 Određena ukupna kiselost zadnjeg toka destilata

| | Vrijednosti | Ukupna kiselost | Ukupna kiselost (mg/L a.a.) |
|-------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|
| Količina uzorka | 50 mL | 174 mg/L | 356,78 mg/L a.a. |
| Utrošak 0,1 M NaOH | 1,45 mL | | |
| Alkoholna jakost uzorka | 48,77 %vol. | | |

U literaturi se navodi kako se vrijednosti ukupne kiselost u Whiskyu kreću od 200 – 1200 mg/L a.a. (Nykänen 1986.). U analizi je utvrđeno kako prvi tok ima ukupnu

kiselost od 79,25 mg/L a.a. Ukupna kiselost srednjeg toka iznosi 130,55 mg/L a.a., dok u zadnjem toku iznosi 356,78 mg/L a.a. Na temelju rezultata dobivenih u analizi može se zaključiti da prvi tok sadrži najmanje ukupnih kiselina, dok zadnji tok sadrži najviše. Ovakvi rezultati su očekivani jer se kako destilacija odmiče prema kraju destilira sve više spojeva koji su teže hlapivi, a među koje spadaju i pojedine organske kiseline (Spaho 2017.). Vrijednosti ukupne kiselosti prvog i srednjeg toka niže su od minimalnih vrijednosti koje se navode kao referentne za Whisky, dok se vrijednost ukupne kiselosti zadnjeg toka nalaze unutar referentnih vrijednosti koje se navode u literaturi.



Graf 1 Usporedba vrijednosti ukupne kiselosti pojedinih frakcija pivskog destilata s vrijednostima koje se navode kao referentne za Whisky

Tablica 8 Utvrđene vrijednosti estera u prvom toku destilata

| | Vrijednosti | Udio estera | Udio estera (mg/L a.a.) |
|---------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Količina uzorka | 50 mL | 1615 mg/L | 1838,99 mg/L a.a. |
| Količina dodanog 0,1 M NaOH u suvišku | 10 mL | | |
| Utrošak 0,1 M HCl | 0,5 mL | | |
| Alkoholna jakost | 87,82 %vol. | | |

Tablica 9 Utvrđene vrijednosti estera u srednjem toku destilata

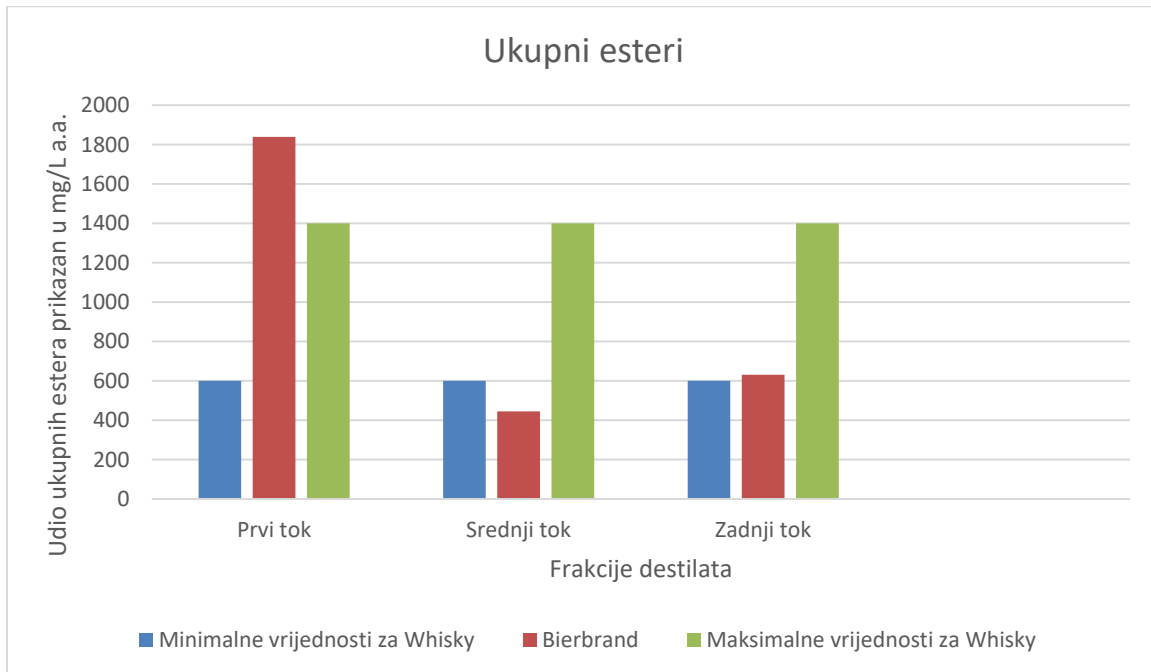
| | Vrijednosti | Udio estera | Udio estera (mg/L a.a.) |
|---------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Količina uzorka | 50 mL | 352 mg/L | 445,29 mg/L a.a. |
| Količina dodanog 0,1 M NaOH u suvišku | 10 mL | | |
| Utrošak 0,1 M HCl | 8 mL | | |
| Alkoholna jakost | 79,05 %vol. | | |

Tablica 10 Utvrđene vrijednosti estera u zadnjem toku

| | Vrijednosti | Udio estera | Udio estera (mg/L a.a.) |
|---------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Količina uzorka | 50 mL | 308 mg/L | 631,54 mg/L a.a. |
| Količina dodanog 0,1 M NaOH u suvišku | 10 mL | | |
| Utrošak 0,1 M HCl | 8,25 mL | | |
| Alkoholna jakost | 48,77 %vol. | | |

Utvrđene vrijednosti ukupnih estera poklapaju se s navodima u literaturi da se prelazak estera iz alkoholno prevrele sirovine postupno smanjuje kako destilacija odmiče. Prema literaturi referentne vrijednosti za udjel estera u Whiskyu se kreću od 600 – 1400 mg/L a.a.(Nykänen 1986.). Analizom je utvrđeno da vrijednosti estera u prvom toku destilata dobivenog destilacijom piva iznose 1838,99 mg/L a.a. što je

znatno više od referentnih vrijednosti koje se navode za Whisky. Udjel estera u srednjem toku destilata iznosi 445,29 mg/L a.a. te je znatno niži od vrijednosti koje se navode za Whisky. Udio estera u zadnjem toku iznosi 631,54 mg/L a.a. te se nalazi unutar vrijednosti koje se u literaturi navode kao referentne za Whisky. U grafu 1 prikazane su vrijednosti ukupnih estera pojedinih frakcija destilata i uspoređene s minimalnim i maksimalnim vrijednostima koje se u literaturi navode za Whisky.



Graf 2 Usporedba vrijednosti ukupnih estera dobivenih analizom s vrijednostima koje se navode kao referentne za Whisky

U grafu 1. prikazane su vrijednosti ukupnih estera pojedinih frakcija destilata i uspoređene s minimalnim i maksimalnim vrijednostima koje se u literaturi navode za Whisky.

6. ZAKLJUČAK

Cilj rada bio je provesti destilaciju svježeg piva kako bi se dobio *bierbrand* ili *eau de vie de biere*. To je jako alkoholno piće dobiveno izravno destilacijom svježeg piva na alkoholnu jakost manju od 86 %vol., koje nakon destilacije zadržava osnovna mirisna i okusna svojstva piva, po čemu se i razlikuje od drugih destilata žitnoga porijekla.

Destilacija je provedena na složenom destilacijskom uređaju s kolonom i deflegmatorom. Destiliralo se svježe pivo „ale“ tipa, te je dobiven destilat koji je zadržao senzorna svojstva piva, uz povećanje alkoholne jakosti. Tijekom destilacije skupljene su sve frakcije destilata te je provedena osnovna fizikalno-kemijska analiza pojedinih frakcija, pri čemu su određene vrijednosti alkoholne jakosti, ukupna kiselost i ukupni esteri. Rezultati kemijske analize također su prikazani u radu te uspoređeni s referentnim vrijednostima navedenim u literaturi. Vrijednosti dobivene u analizi djelomično se podudaraju s rasponom vrijednosti koji je naveden u literaturi za pojedine parametre, osim ukupnih estera čiji je udjel nešto viši u prvom toku te nešto niži u srednjem toku. Ukupna kiselost uglavnom se nalazi ispod minimalnih vrijednosti koje se navode u literaturi, dok se samo ukupna kiselost zadnjeg toka nalazi unutar raspona referentnih vrijednosti.

Od srednjeg toka destilata formiran je *bierbrand* tako što se u destilat s obzirom na rezultate kemijske analize u obrocima dodala destilirana voda pogodna za piće. Dobiveni *bierbrand* zadržao je mirisna i okusna svojstva piva s naglašenim hmeljnim aromama čime je cilj rada postignut.

POPIS LITERATURE

1. Marić V. (2009). Tehnologija piva. Veleučilište u Karlovcu. Karlovac.
2. Mihaljević Žulj M. (2021). Voćne rakije, likeri i travarice. Gospodarski list. Zagreb.
3. Mosedale J.R., Puech J-L. (1998). Wood maturation of distilled beverages. Trends in Food Science & Technology. 9: 95 – 101.
4. Nykänen L. (1986). Formation and Occurrence of Flavor Compounds in Wine and Distilled Alcoholic Beverages. American Journal of Enology and Viticulture. Vol. 37, No. 1.
5. Palmer J.J. (2006). How to Brew. Brewers Publications. 3rd edition.
6. Pravilnik o jakim alkoholnim pićima (2009). Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja. NN 61/2009
7. Pravilnik o pivu (2009). Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja. NN 142/2009
8. Reazin G.H. (1981). Chemical Mechanisms of Whiskey Maturation. American Journal of Enology and Viticulture. Vol. 32, No. 4.
9. Singleton V.L. (1995). Maturation of Wines and Spirits: Comparisons, Facts, and Hypotheses. American Journal of Enology and Viticulture. Vol. 46, No. 1.
10. Spaho N. (2017). Distillation Techniques in the Fruit Spirits Production. 10.5772/66774.
11. Vecseri_Hegyess B., Farkas G., Utassy R., Panyik I. (2005). Elaboration of the Technology for the Production of Bierbrand in a Pilot Plant. Journal of the Institute of Brewing. Vol. 111(1), 11-19.

ŽIVOTOPIS

Jan Jakov Jurić rođen je u Zagrebu 27. lipnja 2002. V. gimnaziju u Zagrebu pohađao je od 2017. do 2021. godine. Završio je Osnovnu glazbenu školu Ivan pl. Zajc u Zagrebu, smjer klavir. 2021. godine upisuje Prijediplomski studij smjer Hortikultura na Agronomskom fakultetu Zagreb.

Razumije te je tečan u govoru i pismu njemačkog jezika iz kojeg posjeduje DSD diplomu razine C1 u govoru i pismu te B2 u čitanju. Poznavanje engleskog jezika usavršio je tijekom srednjoškolskog obrazovanja.