

Destilacija na jednostavnom destilacijskom uređaju

Andrijić - Kloše, Vito

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:204:496344>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**DESTILACIJA NA JEDNOSTAVNOM DESTILACIJSKOM
UREĐAJU**

ZAVRŠNI RAD

Vito Andrijić-Klose

Zagreb, srpanj, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Preddiplomski studij:
Hortikultura

**DESTILACIJA NA JEDNOSTAVNOM DESTILACIJSKOM
UREĐAJU**

ZAVRŠNI RAD

Vito Andrijić-Klose

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

Zagreb, srpanj, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Vito Andrijić-Klose**, JMBAG 0178129808, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio završni rad pod naslovom:

DESTILACIJA NA JEDNOSTAVNOM DESTILACIJSKOM UREĐAJU

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 **Vito Andrijić-Kose**, JMBAG 0178129808, naslova

DESTILACIJA NA JEDNOSTAVNOM DESTILACIJSKOM UREĐAJU

mentor je ocijenio ocjenom _____.

Završni rad obranjen je dana _____ pred povjerenstvom koje je prezentaciju ocijenilo ocjenom _____, te je student/ica postigao/la ukupnu ocjenu¹ _____.

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

Ovim putem se ponajprije zahvaljujem roditeljima i bratu koji su me podržavali i koji su vjerovali u mene od početka mog školovanja. Zahvaljujem se svojim prijateljima i kolegama koji su uvijek bili tu i pomogli onda kada je bilo najpotrebnije. Zahvaljujem se curi koja me slušala i trpila te bila izuzetna potpora svo ovo vrijeme. U konačnici zahvaljujem se svom mentoru koji mi je pružio svu potrebnu pomoć i sve materijale da ovaj rad bude što bolje napisan.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1 Cilj rada.....	1
2. Uvod u destilaciju.....	2
2.1 Destilacija i njena svrha.....	2
2.2 Vrste destilacijskih uređaja i njihova primjena.....	3
2.3 Povijest destilacije.....	5
3. Princip rada jednostavnog destilacijskog uređaja.....	8
3.1 Osnovne karakteristike jednostavnog destilacijskog uređaja.....	8
3.2 Prikaz procesa destilacije na primjeru jednostavnog uređaja.....	12
3.3 Analiza dinamike pojedinih spojeva tijekom destilacijskog procesa.....	13
4. Kontrolirani uvjeti u destilaciji.....	18
4.1 Utjecaj temperature i tlaka na procesu destilacije.....	18
4.2 Metode kontrole temperature i tlaka tijekom destilacije.....	19
5. Prednosti i ograničenja jednostavnog destilacijskog uređaja.....	20
5.1 Prednosti jednostavnog destilacijskog uređaja.....	20
5.2 Nedostaci jednostavnog destilacijskog uređaja.....	20
6. Zaključak.....	22
7. Popis literature.....	23
Životopis.....	24

Sažetak

Završnog rada studenta **Vito Andrijić-Klose**, naslova

DESTILACIJA NA JEDNOSTAVNOM DESTILACIJSKOM UREĐAJU

U ovom se radu prikazuje i opisuje destilacija na jednostavnom destilacijskom uređaju, prikazuje povijest te početak destiliranja još od prije nove ere. Opisuje se rad i funkcija pojedinih dijelova alambica ključnih za nesmetani protok destilacije. Analiziraju se pojedini spojevi koji se javljaju tijekom destilacijskog procesa te navode prednosti i mane korištenja jednostavnog destilacijskog uređaja.

Ključne riječi: Jednostavni destilacijski uređaj, Alambic, povijest destilacije

Summary

Of the final work – student **Vito Andrijić-Klose**, entitled

DISTILLATION IN ALAMBIC

This work shows and describes distillation using a simple distillation apparatus, tracing the history and beginning of distillation back to before the common era. It details the operation and function of key components essential for the smooth flow of the distillation process. The analysis includes specific compounds that appear during the distillation process, as well as the advantages and disadvantages of using a simple distillation apparatus.

Keywords: Simple Distillation Apparatus, Alambic, History of distillation

1.Uvod

Destilacija je jedna od najstarijih i najčešće korištenih metoda za razdvajanje tekućih smjesa na njihove sastavne komponente, temeljena je na različitim točkama vrelišta tih komponenata. Ova tehnika ima široku primjenu u raznim granama industrije uključujući kemijsku, farmaceutsku, prehrambenu industriju, kao i u svakodnevnim laboratorijskim istraživanjima.

Jednostavni destilacijski uređaji koji su tehnološki manje kompleksni, pružaju osnovno razumijevanje principa destilacije. Jednostavna destilacija predstavlja osnovni destilacijski postupak koji se koristi za razdvajanje smjesa tekućina s različitim točkama vrelišta. Za proizvodnju rakija koriste se različiti destilacijski uređaji koji doprinose kvaliteti konačnog proizvoda. Najčešće tehnike su destilacija na jednostavnom uređaju tipa alambik i destilacija na složenom uređaju s kolonama. Nasuprot tome, složeni destilacijski uređaji omogućuju jednokratnu destilaciju, koja je brža i ekonomičnija, te pruža destilat visoke alkoholne jakosti.

Destilacija je kompleksan proces koji ima ključnu ulogu u proizvodnji visokokvalitetnih alkoholnih pića, kao što su rakije. Ključni korak u ovom procesu je dvokratna destilacija, poznata kao prepicanje, koja osigurava željenu koncentraciju alkohola te čistoću mirisa i okusa.

1.1Cilj rada

Cilj ovog rada je detaljno opisati proces destilacije na jednostavnom destilacijskom uređaju kao i istražiti principe rada i praktičnu primjenu takvih uređaja u proizvodnji alkoholnih pića. Fokus rada će biti na analizi koraka destilacije i identificirati ključne faktore koji utječu na efikasnost i sigurnost procesa, te će ponuditi smjernice za poboljšanje proizvodnih tehnika.

2.Uvod u destilaciju

2.1 Destilacija i njena svrha

Destilacija je ključna fizikalna metoda koja se koristi za razdvajanje komponenata smjese na temelju njihovih razlika u točkama vrenja. U trenutku kada se tekućina zagrije do svoje točke vrenja, hlapljive komponente isparavaju i formiraju paru, dok manje hlapljive komponente ostaju u tekućem obliku. Ova para zatim prolazi kroz kondenzator gdje se hladi i vraća u tekuću fazu, čime se dobiva destilat koji predstavlja čistu tekućinu koja je rezultat kondenzacije pare u procesu destilacije.

Destilacija se koristi u različitim industrijama. U kemijskoj industriji koristi se za proizvodnju kemikalija i za pročišćavanje sirovina. U farmaceutskoj industriji, koristi se za izdvajanja aktivnih sastojaka ili za proizvodnju farmaceutskih proizvoda. Također, u prehrambenoj industriji se primjenjuje za proizvodnju alkoholnih pića, destilata i esencijskih ulja, o čemu će se istraživati u ovom radu. Osim razdvajanja komponenata smjese, destilacija se koristi za čišćenje ili uklanjanje nečistoća. Proces destilacije kao takav omogućuje dobivanje čistih tvari ili proizvoda visoke čistoće, što je vrlo važno u mnogim industrijama gdje su čiste supstance ključne za konačni proizvod.

U literaturi se nalaze mnoge definicije destilacije. Pojam destilacije podrazumijeva fizički proces kojim se određene supstancije izdvajaju i pretvaraju u paru, koja se nakon toga kondenzira. Uz pomoć topline, spojevi se pretvaraju u paru, a uz pomoć hladnoće se kondenziraju. S obzirom na to da voda vrije na 100 stupnjeva, a alkohol na 78,4 stupnjeva Celzijevih, ova mješavina dat će kondenzat s većim udjelom alkohola nego što se zapravo nalazi u mješavini. Takozvana azeotropna mješavina koja sadrži 95 % alkohola i 5 % vode postiže vrenje na nižoj temperaturi od alkohola, pa se kondenzira prije njega, stoga nije moguće destilacijom dobiti veći udio alkohola od 95 % (Odello, 2016.).

Svaki proces destilacije temelji se na pretvaranju tekuće faze u paru i zatim ponovno kondenziranje parne u tekuću. Glavna spoznaja procesa destilacije je razlika koncentracije komponenata u parnoj fazi od koncentracije tih istih komponenata u tekućoj fazi. Ako se pri istim temperaturama mjeri koncentracije plinske i tekuće faze može se dobiti dijagram vrenja navedene smjese. On pokazuje da je udio alkohola u parnoj fazi uvijek veći od tekuće faze sve do točke od 96,4 vol. % alkohola i 3,6 vol. % vode. U toj točki se izjednačuju i to znači da ovim procesom nije moguće postići veću koncentraciju etilnog alkohola od 96,4 vol. % (Banić, 2006.).

Destilacija predstavlja vrlo staru tehnologiju odvajanja tekućih smjesa na njihove pojedinačne dijelove primjenom topline. Odvajanje komponenata temelji se na razlikama u njihovim vrelištima. Smjesa koja sadrži dva ili više spojeva razdvaja se zagrijavanjem na određenu temperaturu, pri čemu se kondenziraju nastale pare. Para iznad kipuće smjese obogaćuje se hlapljivim komponentama, dok kipuća smjesa postaje bogatija komponentama

koje su manje hlapljive. Kao rezultat, izvorna smjesa će sadržavati različite količine hlapljivih i manje hlapljivih materijala (Spaho, 2017).

2.2. Vrste destilacijskih uređaja i njihova primjena

Destilacijski uređaji, koji se koriste za provođenje ovog procesa imaju ulogu u proizvodnji širokog spektra proizvoda, od alkoholnih pića do goriva i farmaceutskih pripravaka. Ovi uređaji mogu biti jednostavni, poput tradicionalnih bakrenih kotlova korištenih za proizvodnju rakije, ili izuzetno sofisticirani, poput modernih frakcijskih kolona.

Najjednostavnije rečeno, destilacijom se odvaja alkohol i tvari arome nastale vrenjem voćne kaše od ostalih tvari kao što je voda. Osim alkohola i vode u kaši se pojavljuju razni hlapljivi sastojci. Ovisno o tipu destilacijskog uređaja i vještina onoga koji destilaciju provodi, mogu se odvojiti nepoželjne komponente.

Za proizvodnju rakija koriste se različiti destilacijski uređaji koji doprinose kvaliteti konačnog proizvoda. Dvije najučestalije tehnike destilacije su destilacije na jednostavnom uređaju tipa alambik i destilacija na složenom uređaju s kolonama (Gospodarski List, 2013).

Kod alambik uređaja svi dijelovi su izrađeni od bakra, koji je jako dobar provodnik topline, otporan na koroziju i katalizator mnogih kemijskih reakcija koje protječu tijekom destilacije. Ova vrsta uređaja je nezamjenjiva u današnjoj proizvodnji svih vrhunskih vinjaka. Također, s ovim uređajima potrebno je provesti dvokratnu destilaciju. Dvokratna destilacija je karakteristični postupak koji se koristi u proizvodnji jakih alkoholnih pića. Sastoji se iz dvije uzastopne destilacije. U prvoj, sirovina niske alkoholne jačine se destilira i iz nje se dobije sirovi destilat koji sam po sebi nema dovoljno alkohola koji je potreban da bi se rakija formirala. Nakon toga se destilat i njegova frakcije ponovno destiliraju. Suprotno tome, u drugoj destilaciji se dobije destilat visoke alkoholne jakosti. Ova frakcija koja je dobivena drugom destilacijom se koristi da bi se formirala rakija (Gospodarski List, 2013).

Destilacija na složenom uređaju je jeftinija, kraćeg procesa te je za razliku od jednostavnog uređaja dovoljna jednokratna destilacija u kojoj se dobije destilat visoke alkoholne jakosti. Provodi se putem uređaja koji ima složenu konstrukciju i specijalizirane dijelove za koncentriranje alkohola. Prednosti složenog uređaja su što bolje odvaja hlapljive spojeve i ima bolji sustav grijanja koji kod jednostavnog uređaja uvelike ovisi o vatri. Također je destilacija brža i prikladnija za manje aromatične sirovine. Složeni uređaj za destilaciju, za razliku od alambika daje četiri puta više estera, 20 % više alkohola, 40 % manje acetaldehida i 10 % manje metanola (Spaho, 2017).



Slika 1. Složeni destilacijski sustav (Spaho, 2017)

Kolone složenog uređaja za destilaciju omogućavaju postizanje visokog stupnja alkohola kroz samo jednu destilaciju. U jednostrukoj destilaciji odvaja se nekoliko frakcija isto kao kod jednostavnog uređaja: prvi tok, srednji tok (poznat kao srce) i zadnji tok (poznat kao patoka). Složen destilacijski uređaj sastoji se od bakrenog lonca koji je dodatno opremljen kolonom s obično tri poda i deflegmatorom (Spaho, 2017).

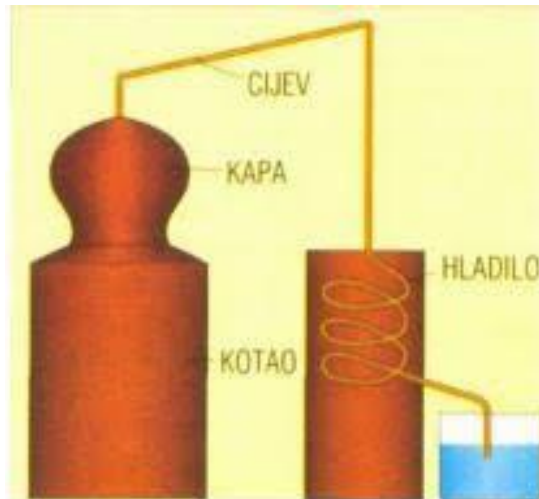
Na samom početku destilacijskog procesa, parna smjesa hlapljivih spojeva iz kotla prelazi u deflegmator. U deflegmatoru se dio dolazne pare kondenzira, dok se preostali dio vraća natrag u posudu. Ovaj proces djelomične kondenzacije i povratka tekućine naziva se refleks, a tekućina koja se vraća iz deflegmatora naziva se flegma (Spaho, 2017). Tijekom destilacije, para koja prolazi kroz stupac postupno isparava alkohol iz flegme, ostavljajući veću količinu vode koja kapa prema nižim razinama stupca. Ovaj protustrujni kontakt između pare i tekućine događa se na svakoj ploči unutar kolone. Rezultat tog kontakta je da para postaje sve bogatija lakšim komponentama poput vode i drugih nehlapljivih tvari (Spaho, 2017).

Ovaj proces omogućava učinkovitije odvajanje alkohola od drugih komponenti, čime se postiže veća čistoća i koncentracija alkohola u destilatu. Složenost kolone s više podova i deflegmatora osigurava da se maksimalno iskoristi razlika u hlapljivosti različitih spojeva, što rezultira konačnim proizvodom visokog stupnja čistoće i kvalitete. Korištenje bakra u

konstrukciji kolone dodatno pomaže u poboljšanju kvalitete destilata, budući da bakar reagira s nepoželjnim spojevima poput sumpora, uklanjajući ih iz konačnog proizvoda. Ovaj napredni destilacijski sustav omogućava proizvođačima da postignu visoke standarde u proizvodnji alkoholnih pića, osiguravajući dosljednost i vrhunsku kvalitetu svakog destilata (Spaho, 2017)

Ostali uređaji koji su manje popularni od gore navedena dva su domaći kotao koji potječe od primitivnih mongolskih kotlova koji su se zagrijavali otvorenom vatrom. Kapak im je napravljen od drva s lulom preko koje je tijekom zračnog hlađenja dolazilo do kondenzacije. Svi ovakvi kotlovi pripadaju grupi primitivnih kotlova koji se i danas koriste u zabačenim mjestima. Također postoji uređaj za neprekidnu destilaciju komine, konjak uređaj tipa Najkom koji se koristi za destilaciju alkohola iz vina, rektifikacijski uređaji za destilaciju koji posjeduju rektifikacijski stup u kojemu se pročišćavaju i pojačavaju alkoholne pare. Nadalje postoji rektifikacijski uređaj s neprekidnim radom, kolonski uređaj za destilaciju vinskog taloga, vakuum destilacijski uređaji s niskim tlakom (Mujić, 2010.).

Raznovrsnost uređaja za destilaciju omogućava prilagodbu procesa specifičnim potrebama, bilo da se radi o laboratorijskom eksperimentu, proizvodnji farmaceutskih preparata ili destilaciji alkoholnih pića. Razumijevanje različitih tipova destilacijskih uređaja i njihovih primjena bitno je za optimizaciju procesa razdvajanja i postizanje željenih rezultata.



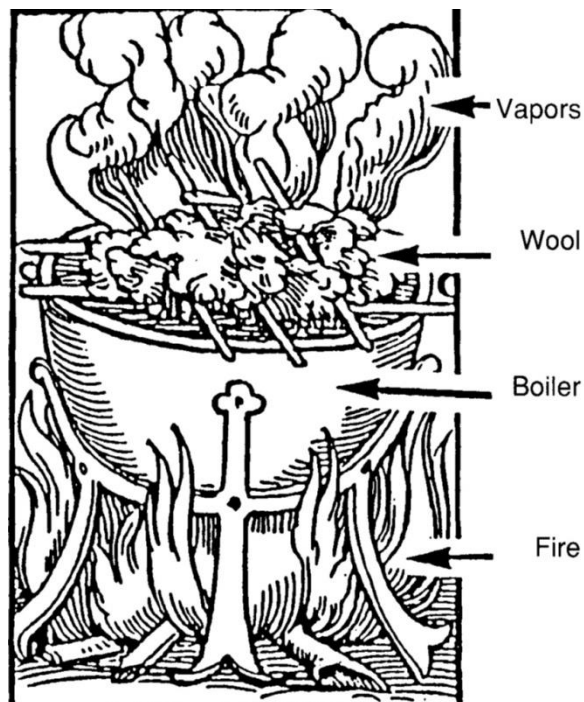
Slika 2. Shematski prikaz jednostavnog (klasičnog) uređaja za destilaciju (Banić, 2006.)

2.3. Povijest destilacije

Destilacija je tehnika koja seže daleko u prošlost i igrala je ulogu u razvoju mnogih industrija, od farmaceutske do alkoholne proizvodnje. Također se koristila u medicinske

svrhe i pri izradi parfema. Proces zagrijavanje tekućine na temperaturi vrenja i kondenziranje para u cilju pročišćavanja bio je poznat još u Mezopotamiji, ali tek su arapski znanstvenici počeli redovito primjenjivati destilaciju vina.

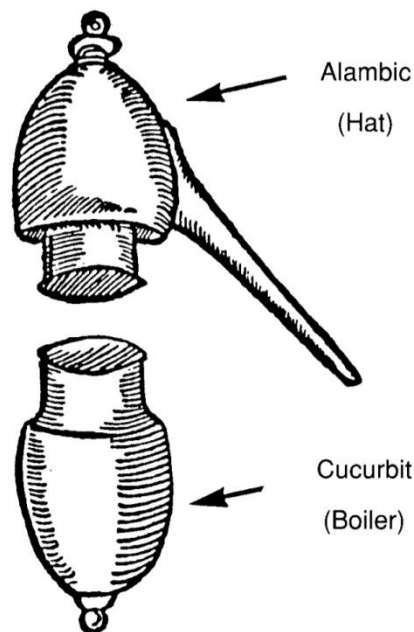
Rani zapisi o destilaciji datiraju još iz drevnog Egipta i Kine, što ukazuje na to da je destilacija imala značajnu ulogu u ranim civilizacijama. Egipatski papirusi iz trećeg tisućljeća prije Krista sadrže upute o destilaciji, što ukazuje na rano razumijevanje ovog procesa i njegovu primjenu u proizvodnji pića. U to doba, mnogi su narodi proizvodili tekućinu koja će kasnije biti nazvana „alkohol“ od strane Arapa. Egipćani i Kinezi su bili među prvima koji su koristili destilaciju za ekstrakciju esencijalnih ulja iz biljaka ili za koncentriranje alkoholnih pića u medicinske svrhe. Arapi su u šestom stoljeću, nakon što su prodrli u Europu širili svoje znanje o destilaciji, gdje su nastavili razvijati i usavršavati ovaj proces. To je dovelo do razvoja destilacije kao ključnog procesa u proizvodnji alkoholnih pića. Kroz povijest, uporaba alkohola proširila se izvan medicinskih svrha. Tehnike destilacije su se s vremenom razvijale i usavršavale. Prvobitni destilacijski uređaji bili su jednostavni kotlovi s priključenim cijevima za kondenzaciju pare. Međutim, s vremenom su se pojavile sofisticiranije verzije alambika, koje su omogućile precizniju kontrolu procesa destilacije i poboljšale kvalitetu konačnog proizvoda (Léauté, 1989.).



Slika 3. Prvi destilacijski uređaji, dio pare se kondenzirao u vuni, vuna se povremeno mijenjala kako bi se dobio destilat (Léauté, 1989.).

Nisu poznati podaci kada se rakija počela proizvoditi i tko je otkrio kako se od voća proizvede alkohol. Proces destilacije stvoren je u laboratorijima alkemičara, koji su alkohol koristili isključivo u znanstvene svrhe, najčešće za izradu lijekova. Navodno je papa Inocent u 13. stoljeću izliječen tinkturom zlata u alkoholu koju je za njega pripremio Arnaldus de Villa Nova koji je ujedno bio liječnik i alkemičar te napisao prvu knjigu o destilaciji *Liber Aqua Vitae*. Prvi destilirao vino i destilat nazvao *eau-de-vie* što bi u prijevodu značilo voda života. (Odello, 2016.).

Povijest destilacije utjecala je na razvoj suvremenih tehnika destilacije, koje se danas koriste širom svijeta. Razumijevanje povijesnog konteksta omogućava uvid u tehnologiju i proces destilacije te kako one utječu na kvalitetu i raznolikost proizvoda



Slika 4. Kasnija oprema za destilaciju (Léauté, 1989.).

3.Princip rada jednostavnog destilacijskog uređaja

3.1 Osnovne karakteristike jednostavnog destilacijskog uređaja

Jednostavni destilacijski uređaj tradicionalno se koristi za proizvodnju rakije u seoskim domaćinstvima i ima kapacitet uglavnom 100 do 200 litara. Postoji niz jednostavnih destilacijskih uređaja koji se uglavnom razlikuju po konstrukciji. Kada je riječ o proizvodnji rakije kod kuće, uglavnom se raspolaže jednostavnim kotlovima i uređajima za proizvodnju rakija od bakra.

Osnovni dijelovi jednostavnog destilacijskog uređaja su

1. Kotao koji ima dio za destilaciju i dio za zagrijavanje
2. Kapa u kojoj se skupljaju alkoholno vodene pare koje izlaze iz kotla
3. Cijev za odvod pare koja povezuje kapu kotla i kondenzator
4. Kondenzator koji je izrađen od nehrđajućeg čelika i napunjen protočnom hladnom vodom sa spiralnom cijevi kroz koju se hlade i kondenziraju alkoholno vodene pare (Banić, 2006.)

Svaki dio ovog uređaja igra važnu ulogu prilikom destilacije rakije. Zbog toga je vrlo bitno poznavati funkcioniranje i princip rada svakog dijela uređaja.

Kotao je ključni dio uređaja za pečenje rakije i sastoji se od tri glavna dijela:

1. Ložište ili donji dio kotla
2. Srednji dio u kojem se zagrijava komina
3. Kapa(poklopac) ili gornji dio kotla

Prema načinu izrade, kotlovi se dijele na:

1. Kotlove s jednostrukom stijenkom
2. Kotlove s dvostrukom stijenkom

Iako su kotlovi s dvostrukom stijenkom učinkovitiji, u našim krajevima se još uvijek češće koriste kotlovi s jednostrukom stijenkom.

Dugo su se koristili samo kotlovi s jednostrukom stijenkom. U njima je između ložišta (plamena) i komine samo jedan sloj lima, što znači da se komina zagrijava izravno. Nedostatak ovog sustava je pregrijavanje komine na mjestima gdje djeluje plamen, što može dovesti do stvaranja nepoželjnih tvari u destilatu rakije, smanjujući njegovu kvalitetu i čineći ga manje ugodnim za piće. Zbog toga je važno zagrijavati kominu pažljivo i polako. Ovi kotlovi mogu biti opremljeni ručnom ili električnom miješalicom, koja smanjuje rizik od pregrijavanja komine (Banić, 2006.).

Zbog nedostataka kotlova s jednostrukom stijenkom, razvijeni su kotlovi s dvostrukom stijenkom, koji omogućuju neizravno zagrijavanje komine. Prostor između

stijenki ispunjava se vodom ili uljem, pri čemu je voda bolji izbor jer brže prenosi toplinu i hladi se brže od ulja, čime se smanjuje rizik od pregrijavanja komine. Da bi se alkohol i drugi sastojci istjerali iz komine kada se koristi voda kao sredstvo za zagrijavanje, potrebno je postići temperaturu veću od 100 stupnjeva. To se postiže stvaranjem predtlaka od oko 0,5 bar u zatvorenom prostoru s vodom. Radi sigurnosti, ovaj dio mora biti opremljen manometrom za mjerenje tlaka i sigurnosnim ventilom koji sprječava opasno povećanje tlaka (Banić, 2006.).

Gornji dio kotla nazivamo kapa, klobuk ili poklopac, a u praksi postoje različiti oblici kapa prilagođeni različitim vrstama kotlova i njihovoj namjeni. Najvažnija funkcija kape je stvaranje dovoljno velikog prostora iznad kotla za skupljanje para koje nastaju tijekom procesa zagrijavanja tekućine unutar kotla. Kapa mora imati što veći prostor za sakupljanje para, kao i što veću površinu stijenki, kako bi učinkovito obavljala svoju funkciju. Zahvaljujući velikoj površini stijenki i dobroj toplinskoj vodljivosti bakra, kapa djeluje kao svojevrsni predhladnjak. Pare koje se stvaraju unutar kotla dižu se prema kapi, gdje se zbog kontakta s hladnijim stijenkama kape hlade i kondenziraju. Na unutarnjim stijenkama kape najprije se kondenziraju pare tvari s višim vrelištem od etilnog alkohola, kao što su pare vode i takozvanih viših alkohola. Ove tvari se djelomično kondenziraju i vraćaju natrag u kominu, odnosno početnu tekućinu unutar kotla (Banić, 2006.).

Kao najprikladniji materijal za izradu ovog uređaja pokazali su se bakar i nehrđajući čelik. Oni su otporni na kiseline i druge tvari koje mogu sadržavati voćne komine. Ipak, postoje nedostaci koje posjeduje nehrđajući čelik i zbog toga najbolja alternativa je kombinirati oba materijala za izradu uređaja kako bi se njihovom kombinacijom uklonili nedostaci svake pojedine kovine (Banić, 2006.).

Parovodna cijev kao što joj sam naziv govori služi za odvođenje alkoholnih para iz kape prema hladnjaku. S pomoću leptir spojnice spaja se kapa i hladnjak, a ona omogućuje sigurno i efikasno spajanje i odvajanje komponenata (Mihaljević Žulj, 2021.).

Prilikom destilacije, alkoholne pare prolaze kroz parovodnu cijev do hladnjaka, gdje se hlade i kondenziraju u tekućinu koja je zatim spremna za daljnju upotrebu. Pravilna ugradnja i kvaliteta parovodne cijevi utječe na postizanje čiste i kvalitetne destilacije.

Posljednji osnovni dio jednostavnog destilacijskog uređaja je hladnjak koji služi za kondenzaciju vrući alkoholnih para. Postoji više verzija hladnjaka, spiralni, cjevasti i tanjurasti. Svi tipovi hladnjaka koriste hladnu vodu. Najčešće upotrebljavan je spiralni hladnjak koji ima bakrenu cijev u obliku spirale koja je uronjena u hladnu vodu unutar cilindrične posude. Hladnjaci posjeduju dva ventila za odu, gornji gdje izlazi topla voda i donji na kojem ulazi hladna. Temperatura koja izlazi iz destilata bi trebala bit 16 stupnjeva Celzijevih (Mihaljević Žulj, 2021.).

Kod tipa destilacijskog uređaja *Cognac* ima malih razlika al je u suštini jako sličan običnom jednostavnom destilacijskom uređaju. *Cognac* tip destilacijskog uređaja rađen je od bakra i bronce , a neki djelovi koji nisu ključni za kvalitetu konjaka ili brandya mogu biti izrađeni od nehrđajućeg čelika iz praktičnih razloga(npr. Ventili, spojnice, spremnik kondenzatora). Međutim, bakar ostaje najučinkovitiji metal za izradu alambika zbog svojih jedinstvenih svojstava:

1. Kovkost: Bakar se dobro oblikuje, što je korisno za izradu alambika.
2. Vodljivost topline: Bakar je iznimno dobar vodič toplinske energije, što omogućava ravnomjerno zagrijavanje tekućine.
3. Otpornost na koroziju: Bakar je otporan na koroziju uzrokovanu vatrom vina.
4. Kemijska reaktivnost: Bakar reagira sa komponentama vina poput sumpornih spojeva i masnih kiselina, što je povoljno za kvalitetu konjaka i brandya jer poboljšava okus.
5. Katalizator: Djeluje kao katalizator povoljnih kemijskih reakcija među komponentama vina

Bakreni kotao, glavni je dio alambika, napuni se s oko 2500 litara vina, ostavljajući oko 500 litara prostora iznad tekućine do vrha. Kotao je konstruiran da izdrži kontinuirani izravni plamen temperature oko 800°C te da bude što je moguće jednostavniji za čišćenje. Unutrašnjost kotla je polirana kako bi bakar imao glatku površinu, što olakšava čišćenje. Kotao je stalno izložen izravnom plamenu koji dolazi od prirodnog plina, propana ili butana. Sastoji se od cijevi za punjenje, ventilacijskim otvorom, bočnim staklom, prskalicom za čišćenje i ventilom za pražnjenje kotla (Léauté, 1989.).

Kapa(poklopac) alambika smještena je iznad kotla i zauzima volumen od oko 10% do 12% ukupnog kapaciteta kotla, ovisno o specifikacijama destilatora. Oblik i volumen poklopca igraju ključnu ulogu u koncentraciji, selekciji i odvajanju različitih hlapljivih spojeva. Ovaj proces selekcije nastaje kada se hlapljivi spojevi kondenziraju u poklopcu i padaju natrag u kotao, gdje se ponovo destiliraju. Ova pojava naziva se refluks (Léauté, 1989.).

Labuđi vrat(*Col de cygne*) je zakrivljeni dio alambika koji usmjerava pare u zavojnicu. Visina i zakrivljenost labuđeg vrata su izuzetno važni za proces refluksa (Léauté, 1989.).

Predgrijač je ekonomski isplativi dio alambika.Kroz predgrijač prolazi cijev labuđeg vrata, obavijajući njegovu stražnju stranu. Tijekom prvih sati destilacije, predgrijač se ponovno puni za sljedeći ciklus destilacije. Vruće pare iz kotla koji trenutno destilira usmjeravaju se kroz predgrijač, omogućujući prethodno zagrijavanje vina za sljedeću destilaciju. Kada je temperatura tekućine u predgrijaču odgovarajuća, koristi se alternativna cijev koja prolazi oko vanjskog dijela predgrijača (Léauté, 1989.).

Spiralna cijev, izrađena od bakra, ima dvostruku funkciju: kondenzira pare i hladi destilat do odgovarajuće temperature za filtraciju. Na početku spiralne cijevi promjer je veći kako bi se olakšala kondenzacija, a zatim se postupno smanjuje prema priključku hidrometra. Bakar u spiralnoj cijevi reagira s različitim spojevima destilata, poput sumpornih spojeva i masnih kiselina, stvarajući nehlapljive spojeve koji se zatim uklanjaju filtracijom (Léauté, 1989.).

Kondenzator je cilindrični spremnik, napravljen od bakra ili nehrđajućeg čelika, s kapacitetom od oko 5000 litara, koji sadrži bakrenu spiralnu cijev. Tijekom destilacije, hladna voda ulazi na dno kondenzatora, zagrijana voda izlazi na vrhu, čime se omogućava učinkovita kondenzacija para (Léauté, 1989.).

Hidrometar, izrađen od bakra, ima ključnu ulogu u procesu destilacije. Služi za filtriranje destilata, omogućujući uklanjanje nečistoća i poboljšanje čistoće konačnog proizvoda. Također, hidrometar prati temperaturu i sadržaj alkohola u budućem konjaku ili brandyu, osiguravajući optimalne uvjete za destilaciju. Osim toga, hidrometar pruža pristupnu točku za destilator, omogućujući mu da redovito provjerava napredak destilacije i prilagođava proces prema potrebi kako bi postigao željenu kvalitetu pića (Léauté, 1989.).

Spremnik za glavu je mali spremnik izrađen od nehrđajućeg čelika, kapaciteta 50 litara. Njegova glavna funkcija je prikupljanje prvog toka destilata, poznatog kao „glava“. Ovaj dio destilata sadrži najhlapljivije spojeve koji se prvi izdvajaju tijekom procesa destilacije. Zbog visoke koncentracije metanola i drugih neželjenih spojeva, glava se obično odvaja i ne koristi u konačnom proizvodu. Spremnik za glavu je dizajniran tako da omogućava precizno prikupljanje i odvajanje ovih prvih frakcija, osiguravajući da samo najkvalitetniji destilat, bez štetnih sastojaka, bude dalje obrađen i korišten za proizvodnju konjaka ili brandya (Léauté, 1989.).

Plinski plamenik, ključna komponenta alambika, opremljen je kontrolnim svjetlom i sigurnosnim sustavom kako bi se osigurala sigurnost i preciznost tijekom destilacije. Najčešće korištena goriva za plamenik su propan, butan i prirodni plin, zahvaljujući njihovoj visokoj učinkovitosti i dostupnosti. Plinska ploča za nadzor plamenika smještena je na prednjoj strani alambika, omogućujući destilatoru lako upravljanje i kontrolu procesa. Ispod kotla, temperatura koju pruža plamenik doseže između 760°C i 870°C, što je ključno za učinkovito zagrijavanje i kuhanje vina. Ova visoka temperatura omogućava stvaranje složenih aroma i okusa koji su karakteristični za visokokvalitetni konjak ili brandy. Precizno upravljanje temperaturom osigurava optimalne uvjete za destilaciju, omogućujući kontrolu nad brzinom i intenzitetom procesa te postizanje željenih organoleptičkih svojstava konačnog proizvoda (Léauté, 1989.).

Hladnjak predstavlja najvažniji dio destilacijskog uređaja jer omogućava kondenzaciju pare natrag u tekućinu. Nakon što para putuje kroz parovodnu cijev, ulazi u hladnjak u kojem se kondenzira i hladi. Bez hladnjaka, prikupljanje destilata bilo bi nemoguće i para bi ostala u plinovitom stanju. Hladnjak osigurava učinkovit i kontroliran proces destilacije, čime se dobiva čisti kvalitetni destilat (Léauté, 1989.).

Važno je naglasiti kako svaki dio uređaja ima specifičnu ulogu koja doprinosi ukupnoj funkcionalnosti i učinkovitosti procesa destilacije. Komponente poput kotla, parovodne cijevi i hladnjaka moraju biti pažljivo dizajnirane i izrađene od odgovarajućih materijala kako bi se osigurala čistoća destilata, kontrola tlaka i optimalan prijenos topline. Razumijevanje funkcije svakog dijela i njihova međusobna povezanost je ključ za postizanje uspješnog destilacijskog procesa. Kad bi se sve komponente pravilno koristile i održavale, destilacijski uređaj bi pružio dugotrajan rad i proizvodnju kvalitetnih destilata.

3.2. Prikaz procesa destilacije na primjeru jednostavnog uređaja

Prilikom destilacije na jednostavnom destilacijskom uređaju (alambiku), potrebno je provesti dvokratnu destilaciju kako bi se postigla zadovoljavajuća kvaliteta rakije. Prva destilacija rezultira sirovim destilatом (mekom rakijom), dok druga daje čisti destilat (buduću rakiju). Ovaj proces, poznat kao prepicanje rakije, ključan je za dobivanje željene koncentracije alkohola te čistoće mirisa i okusa, i ne smije se izostaviti. Često se greškom provodi samo jednostruka destilacija, što rezultira nižom kvalitetom proizvoda.

Tijekom druge destilacije, važno je pravilno odvajati tokove kako bi se osigurala čistoća destilata. Jednokratna destilacija voćnih masulja nije dovoljna za uklanjanje nepoželjnih sastojaka poput viših alkohola, metanola, acetaldehida i etil acetata, što negativno utječe na miris i okus rakije.

Princip dvokratne destilacije primjenjiv je na sve sirovine koje se destiliraju, uključujući voće i vino. Ova tehnika osigurava da se kroz dvije uzastopne destilacije dobije proizvod visoke kvalitete.

Prva destilacija, poznata i kao proizvodnja sirovog destilata, ima za cilj odvajanje hlapljivih tvari od nehlapljivih.

Prilikom punjenja kotla s voćnim masuljem, kominom ili vinom, važno je napuniti ga do najviše 70 % kapaciteta zbog mogućeg pjenjenja tijekom zagrijavanja. Ako se radi s gustim masuljima, poput onog od kruške „viljamovke“ ili kominе grožđa, može se dodati do 20% vode kako bi se spriječilo zagorijevanje. Kotlovi često dolaze s miješalicama koje omogućuju konstantno miješanje masulja. Zagrijavanje treba biti postupno, posebno kad temperatura u kotlu dostigne 80 °C. Pretjerano zagrijavanje može narušiti aromu destilata i prouzrokovati prijenos teže hlapivih spojeva, poput viših alkohola i masnih kiselina, u destilat. Destilat treba izlaziti u tankom mlazu (Mihaljević Žulj, 2021.)

Na početku destilacije, destilat ima visoku alkoholnu jačinu od 40-60 %vol. Destilat se prikuplja u čistu posudu, dok se njegova alkoholna jačina mjeri alkoholometrom koji koristi princip gustoće destilata. Alkoholna jačina se očitava uzimanjem uzoraka na izlaznoj cijevi, koristeći malu menzuru od 100mL (Mihaljević Žulj, 2021.).

Prva destilacija se smatra završenom kada alkoholna jačina padne na 2-3 %vol. Preostali materijal u kotlu sastoji se od vode, teško hlapljivih i nehlapljivih tvari. Količina dobivenog sirovog destilata je između 25-30 % od početne količine voćnog masulja. Ovaj destilat sadrži alkohol, vodu i razne poželjne i nepoželjne hlapive spojeve, uključujući više alkohole, masne kiseline, metanol i acetaldehid. Obično je mutan, neugodnog mirisa, s naslagama masnih kiselina na površini, te ima alkoholnu jačinu od 25-35 %vol (Mihaljević Žulj, 2021.).

Cilj druge destilacije je povećanje alkoholne koncentracija sirovog destilata te uklanjanje nepoželjnih spojeva koji negativno utječu na miris i okus.

Proces počinje punjenjem čistog kotla sirovim destilatom, nakon čega se destilat polako zagrijava. Ovaj korak zahtijeva posebnu pažnju jer se tijekom njega provodi frakcioniranje destilata. Frakcioniranje podrazumijeva razdvajanje različitih frakcija destilata kako bi se uklonili nepoželjni sastojci koji mogu biti štetni za zdravlje i organoleptička svojstva destilata. Obično se destilat dijeli u tri toka-prvi tok, srednji tok i zadnji tok (Mihaljević Žulj, 2021.).

Prvi tok je kada iz hladnjaka poteče tanki mlaz rakije koja sadrži veliki postotak lako hlapljivih spojeva, koji daju neugodan miris rakiji i zato se mora odvojiti u količini 0,5 – 1,0 % od komine u kotlu. To se može prikazati na primjeru destilacije 100 L sirovog destilata meke rakije očekuje se količina prvog toga od 1 L.

Srednji tok je karakterističan po skupljanju najbolje arome i spojeva. U ovom se toku formira rakija. Potrebno je mjeriti alkoholnu jakost tijekom cijelog toka. Jakost počinje sa 70-80 %. Kada se stvori lagano zamućenje, teški miris destilata i peckanje na jeziku to je znak da je kraj srednjeg toka i tada počinju izlaziti viši alkoholi i masne kiseline. To je znak da se mora prestati sa sakupljanjem srednjeg toka.

Kada alkoholna jakost pri izlasku iz hladnjaka padne na 55 % vol ili 45 % vol. Kod krušaka, jabuka i šljiva potrebno je početi sakupljati zadnji tok u odvojenu posudu.

U trećem toku može se ubrzati zagrijavanje i destilirati dok alkoholna jakost ne padne do 5 %vol. Time je destilacija završena (Udruga vinogradara, 2020.).

Srednji tok destilata, koji sadrži između 60 i 75 % alkohola po volumenu, nije odmah pogodan za piće jer ima oštar miris. Takav destilat treba vrijeme da sazri, najmanje mjesec dana. Nakon zrenja, destilat se može pripremiti za piće razrjeđivanjem s destiliranom vodom na jačinu od 40 do 45 % alkohola po volumenu.

3.3. Analiza dinamike pojedinih spojeva tijekom destilacijskog procesa

Hlapljivi spojevi prisutni u alkoholno prevrelim siovinama, bilo da potječu iz grožđa ili su nastali tijekom procesa prerade i fermentacije, prelaze u destilat tijekom destilacije. Ovaj složeni proces ima značajan utjecaj na promjene u sastavu hlapljivih spojeva.

Visoke temperature kojima su sirovine izložene unutar destilacijskog kotla uzrokuju razgradnju određenih sastojaka, mijenjajući tako njihovu prvobitnu strukturu. Tijekom destilacije također dolazi do brojnih kemijskih reakcija koje rezultiraju formiranjem novih hlapljivih spojeva. Ovi novoformirani spojevi, zajedno s postojećima, prelaze u destilat, što dovodi do promjene njegovog konačnog sastava.

Promjene koje se događaju tijekom destilacije od ključne su važnosti za konačnu kvalitetu i karakter destilata. Kroz razumijevanje tih promjena, možemo bolje kontrolirati proces i postići željene arome i okuse u završnom proizvodu. Destilacija, stoga nije samo

fizički proces razdvajanja već i dinamičan kemijski proces koji oblikuje profil hlapljivih spojeva u destilatu.

Jaka alkoholna pića uglavnom se sastoje od etanola i vode u relativno sličnim omjerima. S obzirom na to da etanol ima nižu točku vrenja (78,5°C) u usporedbi sa vodom (100°C), smjesa alkohola i vode vrit će na temperaturama između tih dviju točaka, ovisno o njihovom omjeru. Tijekom procesa zagrijavanja, para koja se stvara iznad tekućine bit će bogatija alkoholom nego vodom. Ova pojava nastaje zbog razlike u točkama vrelišta, gdje alkohol isparava brže od vode (Spaho, 2017).

Kada se mješavina alkohola i vode zagrije, etanol će početi isparavati na nižoj temperaturi, dok će voda ostati tekuća sve dok temperatura ne poraste bliže njenoj točki vrelišta. Ovaj princip omogućava selektivno isparavanje alkohola, što je temelj destilacijskog procesa. Tijekom destilacije para bogata alkoholom se odvodi kroz sustav cijevi i hladi u kondenzatoru, gdje se vraća u tekuće stanje, stvarajući destilat s višim udjelom alkohola (Spaho, 2017).

Destilacija koristi ovu razliku u vrelištima kako bi učinkovito odvojila etanol od vode, što je ključno za proizvodnju žestokih pića poput viskija, votke i rakije. Proces zahtijeva preciznu kontrolu temperature kako bi se maksimizirala koncentracija alkohola u destilatu. Time se dobiva piće s željenim organoleptičkim svojstvima, uključujući okus, miris i jačinu alkohola. Kroz ovaj kontrolirani proces, destilacija omogućava proizvodnju visokokvalitetnih alkoholnih pića s dosljednim karakteristikama (Spaho, 2017).

Uz glavne sastojke žestokih pića vode i etanola, žestoka pića također sadrže mnoge druge spojeve u manjim koncentracijama, koji su ključni za njen specifičan miris i okus. Ti spojevi uključuju više alkohole, metanol, estere, kiseline, aldehide i druge. Većina tih spojeva nastaje tijekom alkoholne fermentacije voćnog masulja ili vina, proces koji provode kvasci. Zbog njihove hlapljivosti, ovi spojevi prelaze u destilat tijekom destilacije, dajući rakiji karakterističnu aromu i okus. Zato je iznimno važno pažljivo kontrolirati proces fermentacije. Optimalni uvjeti fermentacije osiguravaju povoljan rast i aktivnost kvasaca, dok istovremeno inhibiraju razvoj divljih kvasaca, bakterija i plijesni. Ovi neželjeni mikroorganizmi mogu proizvoditi velike količine nepoželjnih aromatičnih spojeva, koji negativno utječu na kvalitetu rakije. Kontrola fermentacije uključuje praćenje temperature, pH vrijednosti i drugih čimbenika koji utječu na rast kvasaca i stvaranje aromatičnih spojeva. Korištenjem specifičnih sojeva kvasaca koji su poznati po svojim povoljnim fermentacijskim svojstvima, moguće je optimizirati proizvodnju rakije i minimizirati stvaranje negativnih spojeva. Na taj način, proces destilacije ne samo da odvaja etanol od vode, već i obogaćuje rakiju kompleksnim i ugodnim aromama koje proizlaze iz pažljivo vođene fermentacije (Mihaljević Žulj, 2021.).

Poznavanje koeficijenta isparavanja alkohola i nečistoća, kao i koeficijenta rektifikacije, omogućuje precizno određivanje dinamike prelaska različitih frakcija u destilat.

Etilni alkohol(etanol) je najvažnija komponenta destilata, odmah iza vode po zastupljenosti. Tijekom procesa destilacije, koncentracija etanola u destilatu postupno opada. Ovo se događa jer se etanol isparava zajedno sa vodom i ostalim hlapljivim

spojevima, ali s vremenom, kako destilacija napreduje, količina etanola u smjesi postaje sve manja. (Mujić, 2010.)

Metilni alkohol (metanol) se također pojavljuje tijekom cijelog procesa destilacije. Njegova koncentracija u destilatu opada prema kraju destilacije, ali ne na jednolik način kao što je slučaj s etanolom. Metanol je prisutan u manjim količinama i njegovo uklanjanje je ključno zbog toksičnosti. Različiti koeficijenti isparavanja i rektifikacije za metanol i etanol uzrokuju ovu varijabilnost u koncentraciji metanola tijekom destilacije (Mujić, 2010.).

Metanol je često prisutan u najvećim koncentracijama u voćnim rakijama. Iako nije nusprodukt alkoholne fermentacije, metanol se intenzivno oslobađa tijekom ovog procesa. Njegovo stvaranje povezano je s obradom i skladištenjem fermentirane kaše, pri čemu enzimi djeluju na pektin u staničnim stijenkama. Naime, metanol nastaje kroz proces demetoksilacije metoksilnih skupina u pektinu, koje su esterificirane (Spaho, 2017).

Kada se uzmu u obzir svi koeficijenti, može se predvidjeti kako će se različite frakcije ponašati tijekom destilacije. Viši alkoholi, esteri, kiseline, aldehidi i drugi spojevi također imaju specifične dinamike prelaska u destilat. Na primjer, viši alkoholi često isparavaju kasnije u procesu, dok esteri i aldehidi mogu biti prisutni u većim koncentracijama u srednjem toku destilata (srce) (Mujić, 2010.).

Aldehidi su spojevi koji intenzivno prelaze u destilat na samom početku destilacije, što rezultira visokim koncentracijama u prvom toku (prvijencu). Nakon toga, njihova koncentracija naglo opada. Aldehidi su odgovorni za oštre i neugodne mirise ako su prisutni u većim količinama (Mujić, 2010.).

Aldehidi su međuprodukti nastali tijekom alkoholne fermentacije. U rakijama je najzastupljeniji acetaldehid, koji ima nisku točku vrelišta od 20,2°C, što omogućava njegovo lako odvajanje u prvom toku destilata. Acetaldehid posjeduje intenzivan, oštar „zeleni“ miris koji podsjeća na razrjeđivač, i vrlo je uočljiv u prvom toku destilacije. Osim neugodnog mirisa, acetaldehid je štetan za ljudski organizam, pa je važno ukloniti ga u što većoj mjeri tijekom destilacije (Mihaljević Žulj, 2021.).

Posebnu opasnost predstavlja korištenje sumporenog ili starog oksidiranog vina za proizvodnju rakije, jer takva vina sadrže visoke koncentracije acetaldehida, koji će se prenijeti u destilat.

Drugi značajan aldehid je benzaldehid, koji se nalazi u koštićavom voću i ima miris sličan marcipanu ili gorkom bademu. Benzaldehid nastaje enzimatskom razgradnjom amigdalina, te u nižim koncentracijama može doprinijeti pozitivnoj aromi rakija od koštićavog voća poput šljivovice. S točkom vrelišta od 182 °C, benzaldehid se destilira u drugom dijelu srednjeg toka i u trećem toku (patoci) (Mihaljević Žulj, 2021.).

Etil-formijat se ponaša slično aldehidima, prelazeći u destilat prvenstveno na početku destilacije i s visokim koncentracijama u prvom toku (Mujić, 2010.).

Etil-acetat se javlja u prvim frakcijama destilacije, a njegova koncentracija bzo opada nakon početka. Male količine etil-acetata mogu se pojaviti i u krajnjem toku destilacije. Ovaj

spoj može dodati voćne note destilatu, ali prevelike količine mogu biti nepoželjne (Mujić, 2010.).

Esteri su aromatični spojevi koji se formiraju tijekom alkoholne fermentacije, destilacije i zrenja, doprinoseći ugodnim mirisom i okusom rakija. Oni nastaju povezivanjem alkohola s kiselinama prisutnim u rakiji.

Među njima je najzastupljeniji etil acetat, koji čini oko 80% svih estera u voćnim rakijama, nastaje reakcijom etanola s octenom kiselinom. U nižim koncentracijama, etil acetat poboljšava voćni miris i okus rakija. Međutim, ako voćni masulj propada ili su octene bakterije previše aktivne, može doći do povećane proizvodnje octene kiseline i etil acetata, što rakiji daje neugodan miris sličan UHU ljepilu ili laku za nokte. Etil acetat ima točku vrelišta od 77,1°C što omogućava njegovo uklanjanje u većim količinama tijekom prvog toka destilata. Upravo u tom prvom toku destilata često se osjeti karakterističan miris ljepila. Ako je voćni masulj ili vino niske kvalitete ili su predugo čekali na destilaciju, može doći do stvaranja velikih količina etil acetata u prvom toku. U takvim slučajevima, potrebno je odvajati prvi tok sve dok miris ljepila ne nestane, što može značiti uklanjanje do 2% ukupnog sirovog destilata. Uz etil acetat, u rakijama se mogu naći i drugi esteri poput izoamil acetata i etil heksanoata, koji daju miris banana, izobutil acetata s mirisom malina, te etil laktata, etil oktanoata i etil dekanata. (Mihaljević Žulj, 2021.)

N-propanol je jedan od viših alkohola i pojavljuje se na početku destilacije, gotovo u potpunosti prelazeći u prvu frakciju. Uz n-propanol, pojavljuju se i drugi viši alkoholi kao što su sekundarni butanol, izobutanol i amil-alkoholi. Većina ovih alkohola također prelazi u prvu frakciju, a njihova koncentracija opada tijekom destilacije. Viši alkoholi mogu doprinijeti kompleksnosti okusa destilata, ali prevelike količine mogu negativno utjecati na kvalitetu. (Mujić, 2010.).

Viši alkoholi su alkoholi s više od dva ugljikova atoma, za razliku od etanola koji ima dva ugljikova atoma. Oni čine najveću skupinu aromatskih spojeva u alkoholnim pićima. Viši alkoholi nastaju djelovanjem kvasaca tijekom alkoholne fermentacije, najčešće iz aminokiselina prisutnih u voćnom masulju ili moštu. U rakijama su najzastupljeniji viši alkoholi 1-propanol, 2-metil-1propanol(izobutilni alkohol), 2-metil-1-butanol, i 3-metil-1-butanol(izoamilni alkohol) (Mihaljević Žulj, 2021.).

Izoamilni alkohol se proizvodi u najvećoj količini tijekom alkoholne fermentacije, čineći 40 do 70% ukupne količine viših alkohola. Ovi alkoholi pridonose mirisu i okusu rakija, no u visokim koncentracijama mogu biti štetni. To je posebno izraženo kod rakija dobivenih jednokratnom destilacijom, gdje visoke koncentracije viših alkohola uzrokuju neugodan miris i „metalni“ okus na jeziku. Kod dvokratne destilacije, pravilnim odvajanjem prvog toka u drugoj destilaciji i pažljivim prekidanjem prikupljanja srednjeg toka, moguće je regulirati koncentraciju viših alkohola u konačnom proizvodu (Mihaljević Žulj, 2021.).

Sumpor-dioksid je nepoželjna primjesa vina, pogotovo ako njegova koncentracija prelazi 10mg/l. Oksidacijom sumpor-dioksida nastaje sumporna kiselina koja može nagrizati bakrene dijelove kotlova za destilaciju. Prisutnost sumpor-dioksida negativno utječe na kvalitetu destilata, pa je važno kontrolirati njegovu koncentraciju tijekom destilacije (Mujić, 2010.).

Hlapive kiseline su prisutne u različitim količinama tijekom destilacije. Najmanje ih je u početnim frakcijama, više u srednjoj, dok su najzastupljenije u posljednjoj frakciji destilata. Kontrola hlapivih kiselina je važna za postizanje željene kvalitete destilata (Mujić, 2010.).

Furfurol se pojavljuje u početku srednjeg toka destilacije, a njegova koncentracija raste do kraja srednjeg toka. U krajnjoj frakciji destilacije koncentracija furfurola se smanjuje. Ovaj spoj može doprinijeti specifičnim aromama u destilatu, ali također može biti nepoželjan u velikim količinama (Mujić, 2010.).

Razumijevanje dinamike prelaska ovih sastojaka ključno je za optimizaciju procesa destilacije i postizanje visokokvalitetnog destilata. Pravilno upravljanje temperaturama, refluksom i drugim parametrima destilacije omogućava precizno kontroliranje prelaska različitih frakcija u destilat, čime se osigurava željeni okus, aroma i kvaliteta konačnog proizvoda.

4. Kontrolirani uvjeti u destilaciji

4.1. Utjecaj temperature i tlaka na procesu destilacije

Destilacija je kao što smo već napisali ključni proces u kemijskoj i prehrambenoj industriji, a kontrola temperature i tlaka je od iznimne važnosti za učinkovitost i kvalitetu konačnog proizvoda. Promjene u ovim parametrima direktno utječu na razdvajanje komponenti, energetske zahtjeve i sigurnost procesa.

Temperatura igra ključnu ulogu u procesu destilacije jer upravlja isparavanjem tekućih komponenti. Svaka komponenta smjese ima specifičnu temperaturu ključanja, a precizna kontrola temperature omogućava optimalno razdvajanje tih komponenti. U destilacijskim kolonama, održavanje različitih temperatura na različitim visinama kolone ključno je za učinkovitu separaciju frakcija. Na primjer, u donjem dijelu kolone može biti viša temperatura kako bi se isparile teže komponente, dok se u gornjem dijelu kolone odžava niža temperatura za lakše komponente (Lucey, 2013).

Previsoka temperatura može dovesti do prekomjernog isparavanja i neželjenog mješanja komponenti, što može rezultirati kontaminacijom konačnog proizvoda. S druge strane, preniska temperatura može uzrokovati nepotpuno isparavanje, što smanjuje učinkovitost separacije i može ostaviti značajne količine ciljanih komponenti u izvornoj tekućini. Ovo je posebno važno kod destilacije osjetljivih spojeva, gdje kontrola temperature može spriječiti termičku razgradnju i očuvati kvalitetu proizvoda (Lucey, 2013).

U modernim destilacijskim sustavima, senzori i automatizirani kontrolni sustavi omogućuju precizno praćenje i regulaciju temperature duž cijele kolone. To osigurava optimalne uvjete za separaciju različitih frakcija, smanjuje energetske troškove i povećava ukupnu učinkovitost procesa. Napredna tehnologija također omogućava brze prilagodbe u slučaju promjena u sastavu sirovine ili operativnim uvjetima, što doprinosi stabilnosti i konzistentnosti proizvodnje (Lucey, 2013).

Tlak unutar destilacijske kolone također je kritičan faktor. Kontrolirani tlak omogućava precizno upravljanje točkama ključanja različitih komponenti. Na primjer, smanjenjem tlaka u koloni, možemo smanjiti točku ključanja tekućina, što omogućava destilaciju na nižim temperaturama. To je posebno korisno za termolabilne komponente koje se mogu razgraditi na visokim temperaturama. S druge strane, povećanje tlaka može biti korisno za poboljšanje kondenzacije pare u gornjim dijelovima kolone (Lucey, 2013).

Kombinacija kontrole temperature i tlaka omogućava finu regulaciju procesa destilacije. Moderni destilacijski sustavi koriste sofisticirane senzore i kontrolne sustave za kontinuirano praćenje i prilagodbu ovih parametara. Na primjer, mjerenje diferencijalnog tlaka duž kolone može pružiti vrijedne informacije o stanju procesa i omogućiti pravovremene intervencije kako bi se spriječile nepoželjne pojave kao što su pjenjenje ili nepravilna kondenzacija (Lucey, 2013).

Kontrolirani uvjeti u destilaciji, posebno precizna regulacija temperature i tlaka, su ključni za optimizaciju učinkovitosti i kvalitete procesa. Tehnološki napredak u mjernim i kontrolnim uređajima omogućava veću fleksibilnost i sigurnost u operacijama destilacije, što doprinosi i smanjenju troškova i poboljšanju kvalitete konačnih proizvoda.

4.2. Metode kontrole temperature i tlaka tijekom destilacije

Uspjeh destilacije uvelike ovisi o preciznoj kontroli temperature i tlaka unutar destilacijskog sustava. Ove varijable izravno utječu na isparavanje i kondenzaciju komponenti, omogućujući učinkovito odvajanje različitih frakcija.

Kontrola temperature je od iznimne važnosti jer svaka komponenta smjese ima specifičnu temperaturu vrelišta. Precizno održavanje temperature na različitim razinama destilacijske kolone omogućuje optimalno razdvajanje komponenti. Na primjer, niža temperatura u gornjim dijelovima kolone može pomoći u kondenzaciji lakših frakcija, dok viša temperatura u donjim dijelovima olakšava isparavanje težih komponenti (Heavner, 2015).

Jedan od uobičajenih načina kontrole temperature je korištenje toplinskih izmjenjivača i grijača koji reguliraju toplinsku energiju dodanu ili uklonjenu iz sustava. Moderni sustavi koriste napredne senzore i regulatore koji omogućuju precizno podešavanje temperature u realnom vremenu, osiguravajući optimalne uvjete za separaciju komponenata (Heavner, 2015).

Tlak također igra kritičnu ulogu u destilaciji. Smanjenje tlaka u sustavu može sniziti vrelište tekućine, omogućujući destilaciju na nižim temperaturama. Ovo je posebno korisno za osjetljive spojeve koji bi se mogli razgraditi na visokim temperaturama. S druge strane, povećanje tlaka može pomoći u kontroliranju isparavanja visoko hlapljivih spojeva (Heavner, 2015).

Postoji nekoliko metoda kontrole tlaka, uključujući korištenje kontrolnih ventila, kondenzatora i sustava za povrat pare. Kontrolni ventili reguliraju tlak unutar kolone prilagođavanjem protoka pare ili tekućine. Kondenzatori mogu biti korišteni za uklanjanje viška pare, dok sustavi za povrat pare pomažu u održavanju konstantnog tlaka unutar sustava (Heavner, 2015).

Korištenje sustava za povrat pare i kondenzatora također pomaže u izbjegavanju gubitka hlapljivih spojeva, osiguravajući da se oni ponovno kondenziraju i vrate u sustav za daljnju obradu. Ova metoda je posebno korisna u velikim industrijskim postrojenjima gdje su gubitci materijala i energije neprihvatljivi (Heavner, 2015).

Precizna kontrola temperature i tlaka tijekom destilacije je ključna za postizanje optimalne učinkovitosti i kvalitete proizvoda. Korištenjem naprednih tehnologija i metoda, moguće je postići visoku razinu kontrole, osiguravajući da se različite komponente učinkovito odvajaju i da se gubitci svedu na minimum.

5. Prednosti i ograničenja jednostavnog destilacijskog uređaja

5.1. Prednosti jednostavnog destilacijskog uređaja

Jednostavni destilacijski uređaji imaju niz prednosti koje ih čine pogodnima za različite primjene, posebice u manjim postrojenjima i laboratorijima. Iako su jednostavniji od složenih destilacijskih sustava, njihova učinkovitost i funkcionalnost zadovoljavaju potrebe mnogih korisnika.

Jednostavni destilacijski uređaji su, kao što ime sugerira, jednostavni za upotrebu i održavanje. Njihova osnovna konstrukcija zahtijeva manje specijalizirane obuke za rukovanje i održavanje. To smanjuje potrebu za visokokvalificiranim tehničarima, što je posebno korisno u manjim postrojenjima ili obrazovnim ustanovama (Radić, 2019).

Jednostavni destilacijski uređaji su znatno povoljniji u usporedbi s naprednijim destilacijskim sustavima. Troškovi nabave, instalacije i održavanja su niži, što ih čini ekonomično prihvatljivim za manje laboratorije i industrijske procese gdje veliki kapaciteti nisu potrebni (Horvat, 2018).

Iako destilacija može biti energetski zahtjevan proces, jednostavni destilacijski uređaji često troše manje energije u usporedbi s kompleksnijim sustavima. Njihov jednostavni dizajn omogućava učinkovitije korištenje energije za grijanje i hlađenje, što može smanjiti ukupne operativne troškove (Radić, 2019).

Jednostavni destilacijski uređaji su fleksibilni i mogu se lako prilagoditi različitim vrstama destilacije. To uključuje destilaciju vode, alkohola, eteričnih ulja i drugih kemijskih spojeva. Njihova prilagodljivost čini ih korisnima u različitim industrijama, uključujući prehrambenu, farmaceutsku i kemijsku industriju (Perković, 2020).

Jednostavni destilacijski uređaji zauzimaju manje prostora u usporedbi s kompleksnijim sustavima. Ovo je posebno važno u laboratorijima i proizvodnim pogonima s ograničenim prostorom. Kompaktna veličina uređaja olakšava njihovo postavljanje i integraciju u postojeće procese (Perković, 2020).

5.2. Nedostaci jednostavnog destilacijskog uređaja

Iako jednostavni destilacijski uređaji imaju mnoge prednosti, važno je također razmotriti njihove nedostatke. Ovi nedostaci mogu ograničiti njihovu upotrebu u određenim situacijama i zahtijevaju pažljivo razmatranje pri odabiru odgovarajućeg sustava.

Jednostavni destilacijski uređaji često imaju nižu učinkovitost i manji kapacitet u usporedbi s naprednijim sustavima. Zbog ograničenih mogućnosti za preciznu kontrolu procesa, rezultati destilacije mogu varirati, što može dovesti do niže kvalitete konačnog

proizvoda. Također, njihov manji kapacitet može biti nedovoljan za veće industrijske procese (Radić, 2019).

Jednostavni destilacijski uređaji obično nemaju napredne sustave za kontrolu temperature, tlaka i protoka, što može otežati postizanje optimalnih uvjeta za destilaciju. Bez precizne kontrole ovih parametara, može doći do nepoželjnih promjena u procesu, poput nepravilnog razdvajanja komponenti ili pregrijavanja (Perković, 2020).

Jednostavni destilacijski često imaju kraći vijek trajanja i manju otpornost na koroziju i trošenje u usporedbi s naprednijim sustavima. Materijal korišteni u njihovoj izradi obično nisu optimizirani za dugotrajnu upotrebu u zahtjevnim uvjetima. Zbog toga su podložniji oštećenjima, što može rezultirati čestim popravcima i potrebom za zamjenom dijelova. Na primjer, komponente izrađene od manje otpornog metala mogu brže korodirati ili se istrošiti kada su izložene visokim temperaturama i kemijskim spojevima koji se koriste u procesu destilacije. (Perković, 2020)

Osim toga, spojevi i brtve na jednostavnim destilacijskim uređajima mogu biti manje izdržljivi, što može dovesti do curenja i gubitka tekućine, što dodatno smanjuje učinkovitost i sigurnost uređaja. Ovo također može povećati rizik od kontaminacije proizvoda, što je posebno kritično u prehrambenoj, farmaceutskoj i kemijskoj industriji gdje čistoća konačnog proizvoda od iznimne važnosti.

Kao rezultati ovih ograničenja, jednostavni destilacijski uređaji često zahtijevaju više pažnje i održavanja kako bi se osigurala njihova ispravna funkcionalnost tijekom vremena. Troškovi povezani s redovitim održavanjem i popravcima mogu se brzo povećati, čineći ih manje isplativima na duži rok, unatoč njihovoj početnoj nižoj cijeni. Stoga, prilikom odabira destilacijskog sustava, korisnici moraju pažljivo razmotriti ove čimbenike kako bi osigurali da odabrani uređaj zadovoljava njihove potrebe i pruža dugoročnu vrijednost (Perković, 2020).

6. Zaključak

Destilacija je jedna od najstarijih i najvažnijih metoda za razdvajanje tekućih smjesa, koja se i danas široko koristi u različitim industrijskim i laboratorijskim primjenama. Destilacija na jednostavnom destilacijskom uređaju predstavlja efikasan i prilagodljiv proces koji omogućuje proizvodnju različitih vrsta destilata uz relativno niske troškove i jednostavnost upotrebe. Ovaj pristup destilaciji, unatoč svojim ograničenjima u usporedbi s naprednijim i složenijim destilacijskim sustavima, ima brojne prednosti koje su ključne za male destilerije i hobiste.

Jednostavni destilacijski uređaji, kao što su tradicionalni alambici, omogućuju visoku razinu fleksibilnosti i prilagodljivosti. Oni su ekonomično rješenje za male proizvođače koji žele eksperimentirati s različitim sirovinama i proizvodima, bez potrebe za velikim početnim ulaganjima. Uz to, upotreba ovih uređaja omogućuje očuvanje tradicionalnih metoda destilacije, što može dodati vrijednost i autentičnost proizvodima, privlačeći potrošače koji cijene ručno izrađene i autentične destilate.

Međutim, valja napomenuti i ograničenja jednostavnih destilacijskih uređaja, kao što su niža razina automatizacije i potreba za većim stupnjem ručne kontrole i intervencije tijekom procesa. Unatoč tim izazovima, prednosti jednostavnih destilacijskih uređaja često nadmašuju njihove nedostatke, posebno u kontekstu malih proizvodnji.

7.Literatura

Banić, M. (2006). Rakije, Whisky i liker. Gospodarski list d.d., Zagreb.

Horvat, I. (2018). Destilacija i destilacijski sustavi. Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu., Zagreb.

Leaute, R. (1989). Distillation in Alambic. 1989 James F. Guymon Lecture., California.

Mihaljević Žulj, M. (2021). Voćne rakije, liker i travarice. Gospodarski list d.d., Zagreb.

Mujić, I. (2010). Tehnologija proizvodnje jakih alkoholnih pića. Veleučilište u Rijeci, Poljoprivredni odjel Poreč, Rijeka.

Odello L. (2016). Kako napraviti rakiju. Večnji list d.o.o, Zagreb.

Perković, L.(2020). Priručnik za kemijske procese. Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Rijeci., Rijeka.

Radić, M. (2019). Osnove kemijske tehnologije. Sveučilište u Splitu., Split.

Spaho, N.(2017). Distillation techniques in the fruit spirits production. Distillation-Innovative Applications and Modeling, 129-152.

Popis korištenih poveznica

<https://www.udruga-vvv-kaptol.hr/rakija.html>

<https://gospodarski.hr/rubrike/tehnika-destilacije-vocnih-rakija/>

<https://blog.isa.org/improving-distillation-tower-operation>

Životopis

Vito Andrijić-Klose rođen je 01.04.2001. u Manacor u na Mallorci. S nepunih 4 godine seli se na Korčulu. Osnovnu Školu Petra Kanavelića pohađa u periodu od 2007. Do 2015., kada upisuje srednju školu Petra Šegedina, smjer hotelijersko-turistički tehničar, u Kočuli. 2019. završava srednju školu. 2021. Upisuje smjer Hortikultura na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Od hobija se najviše bavi nogometom i općenito sportom, voli druženja s prijateljima, a ljeti radi kao skiper.