

Cachaça - tradicionalno brazilsko jako alkoholno piće

Nemet, Ena

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:110175>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Biotehnologija**

Ena Nemet

6675

**Cachaça-tradicionalno brazilsko
jako alkoholno piće**

Završni rad

Predmet: Proizvodnja jakih alkoholnih pića

Mentor: izv. prof. dr. sc. Damir Stanzer

Zagreb, 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski sveučilišni studij Biotehnologija

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo

Laboratorij za tehnologiju vrenja i kvasca

Cachaça-tradicionalno brazilsko jako alkoholno piće

Ena Nemet, 0058202766

Sažetak: Cilj završnog rada bio je predstaviti cachaçu, jako alkoholno piće karakteristično za Brazil. Ukratko je opisana povijest i kulturno značenje. Osnova rada je prikaz tehnoloških procesa fermentacije, destilacije i dozrijevanja. Destilacija je faza proizvodnje koja najviše utječe na karakter konačnog proizvoda. Naveden je kemijski sastav cachaçe i zadane vrijednosti koncentracija sastojaka prema brazilskom Pravilniku.

Ključne riječi: cachaça, destilacija, dozrijevanje, fermentacija, kvasac

Rad sadrži: 26 stranica, 10 slika, 27 literaturnih navoda, 5 priloga

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: izv. prof. dr. sc. Damir Stanzer

Datum obrane: 8.9.2017.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb

Faculty of Food Technology and Biotechnology

University undergraduate study Biotechnology

Department of food engineering

Laboratory for fermentation and yeast technology

Cachaça-traditional brazilian spirit

Ena Nemet, 0058202766

Abstract: Aim of the final work was to introduce cachaça, spirit that is typical for Brazil. History and cultural importance are briefly mentioned. Core of the paper is a description of technological processes of fermentation, distillation and maturation. Distillation is the production stage that has most influence on the character of the final product. Chemical composition of cachaça is mentioned and the values of concentration determined by the brazilian Rulebook.

Keywords: cachaça, distillation, fermentation, maturation, yeast

Thesis contains: 26 pages, 10 figures, 27 references, 5 supplements

Original in: Croatian

Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: PhD Damir Stanzer, Assistant Professor

Defence date: 8.9.2017.

Sadržaj	str.
1. Uvod	1
2. Teorijski dio	2
2.1. Povijest cachače	2
2.2. Proizvodnja cachače.....	3
2.2.1. Šećerna trska	3
2.2.2. Mljevenje šećerne trske.....	4
2.2.3. Mikroorganizmi	5
2.2.4. Inokulum.....	5
2.2.5. Fermentacija	6
2.2.5. Destilacija	8
2.2.6. Dozrijevanje	13
2.3. Kemijski sastav	15
2.4. Senzorna svojstva.....	19
2.5. Punjenje u boce.....	20
3. Zaključak	22
4. Literatura	23
5. Prilozi	27
Prilog 1 Proces proizvodnje cachače	27
Prilog 2 Razrjeđivanje soka šećerne trske.....	28
Prilog 3 Fermentacija	29
Prilog 4 Dijelovi kotla za destilaciju	30
Prilog 5 Dozrijevanje.....	31

1. Uvod

Cachaça je karakteristično i isključivo brazilsko jako alkoholno piće koje sadrži 38% do 48% vol. alkohola na 20°C. Također može sadržavati dodatak do 6 g/l različitih šećera, izraženih kao saharoza. Najviše je zastupljena tradicionalna proizvodnja cachaça u bakrenim kotlovima, gdje fermentaciju soka šećerne trske provode miješovite kulture divljih kvasaca i bakterija. Iako dozrijevanje nije nužni korak proizvodnje, najčešće se provodi kako bi se cachaça dodatno oplemenila. Cachaça se prvenstveno sastoji od vode i etanola te ostalih tvari poput estera, aldehida, kiselina, fenola koji potječu od same sirovine ili su produkti procesa fermentacije, destilacije i dozrijevanja. Dobiveni destilat je proziran, bistar, viskozan, izražene arome i alkoholnog okusa. Iako se često zamijenjuje rumom, postoji razlika u procesu proizvodnje, sastavu i činjenici da cachaça može biti proizvedena samo u Brazilu.

Godišnje se proizvode ogromne količine cachaça, gotovo sve konzumiraju domaći potrošači i samo 1% se izvozi. U Brazilu je poznata još pod nazivima aquardente, pinga, caninha. Cachaça je nastala u Brazilu dok je još bio pod portugalskom vlasti i poznata je kao simbol otpora kolonijalizmu. Izvan Brazila konzumira se najčešće kao sastojak koktela caipirinhe uz dodatak vode, limete, šećera i leda.

2. Teorijski dio

2.1. Povijest cachaça

Cachaça je najpopularnije brazilsko piće i treće piće prema potrošnji u svijetu. Godišnje se u Brazilu proizvede oko 800 milijuna litara cachaça, a procjenjuje se da maksimalni kapacitet proizvodnje varira između 1.2 i 1.5 milijardi (Oliveira i sur., 2015). Osim što je vrlo bitna za brazilsku ekonomiju, cachaça je obilježila i brazilsku kulturu. Povijest cachaça započinje u 16. stoljeću kada su zbog povećane potrošnje za šećerom u Europi, Portugalci kultivirali šećernu trsku u svojoj koloniji Brazilu. Smatra se da je mjesto rođenja cachaça selo Saint Vincet, gdje se 1532. godine prvi put pojavljuju mlinovi za obradu šećerne trske. Isprva se višak mljevene trske koristio za prehranu životinja. Robovi koji su radili u proizvodnji, otkrili su da takva tekućina fermentiranjem poprima ugodnu voćnu aromu te su je nazvali "cachaza" ili "cagaça". Europljani su sa sobom donijeli kotlove u kojima se vršila destilacija fermentirane šećerne trske. Bistra, jaka i aromatična cachaça je zbog jednostavne proizvodnje i izobilja sirovine, privukla mnoge potrošače tadašnje brazilske populacije (Marelli de Souza i sur., 2013). Popularnost cachaça u Brazilu nije se svidjela Portugalcima koji su htjeli povećati prodaju bagaceire, vrste portugalske rakije, u svojoj koloniji. Kralj Portugala 1635. godine zabranjuje prodaju i proizvodnju cachaça, no unatoč zabrani, cachaça se i dalje koristi za robnu razmjenu. Portugalski pritisak postaje sve jači te prijete oduzimanjem proizvoda i uništavanjem kotlova, što rezultira pobunom proizvođača cachaça u Rio de Janeiru gdje preuzimaju gradsku vlast. Pobuna je natjerala portugalskog kralja da 13.9. 1661. godine povuče zabrane i odobri proizvodnju cachaça (Anonimus 1). U znak sjećanja na ove događaje 13.9. obilježava se nacionalni dan cachaça, simbola brazilske povijesti, kulture i otpora.



Slika 1 Unutrašnjost starog mlina za mljevenje šećerne trske

<http://www.alambiquedacachaca.com.br/artigo.php?recordID=2&artigo=A%20Hist%F3ria%20da%20Cacha%E7a>

Prema članku 91 Pravilnika o standardizaciji, klasifikaciji, registraciji, proizvodnji i nadzoru pića šećerne rakije su pića s alkoholnom jakosti od 38 do 54% vol., dobivene alkoholnom destilacijom šećerne trske ili destilacijom fermentirane šećerne trske, koju je dopušteno zasladiti sa 6 grama šećera po litri pića. Prema članku 92 navedenog Pravilnika, cachaça je karakterističan i ekskluzivan naziv za šećernu rakiju proizvedenu u Brazilu, alkoholne jakosti od 38 do 48% vol., na 20°C, dobivena destilacijom fermentiranog soka šećerne trske sa osebnim senzornim karakteristikama. Može sadržavati dodatak različitih sladila do 6 grama po litri, izraženih kao saharoza. Cachaça se često zamjenjuje s rumom, iako između ove dvije šećerne rakije postoje razlike u proizvodnji i osjetilnim svojstvima. Cachaça se proizvodi od fermentirane šećerne trske, dok se rum dobiva iz kuhanog mošta šećerne trske i melase. Također rezultati plinske kromatografije i deskriptivne senzorne analize pokazuju znatnu razliku u mirisu. Cachaça sadrži veću količinu eugenola, 2-feniletanola, etil-fenilacetata, 2,4-nonadienala i 4-guajakola, spojeva zbog kojih ima intenzivniji, začinski miris, miris po žitaricama, u odnosu na rum. Intenzivniji miris cachaçe je posljedica načina proizvodnje odnosno potječe od fermentiranog sirovog materijala (de Souza i sur., 2006).

Savezne države u kojima se najviše proizvodi cachaça su: São Paulo (44%), Pernambuco (16%), Ceará (12%), Rio de Janeiro (12%), Paraíba (8%) i Minas Gerais (8%) (Mishina i sur, 2016.). Iako se većina proizvedene cachaçe konzumira u Brazilu, sve je veća potražnja za ovim pićem izvan granica Brazila. U Brazilu se najčešće konzumira čista cachaça (pura cachaça). Svjetsku popularnost cachaça je postigla preko caipirinha, tradicionalnog brazilskog koktela. Caipirinha se radi od jedne limete, pet žličica šećera, cachaçe i leda.

2.2. Proizvodnja cachaçe

2.2.1. Šećerna trska

Šećerna trska (*Saccharum officinarum*) višegodišnja je biljka iz porodice trava, rasprostranjena je u tropskim i subtropskim zemljama gdje se uzgaja u svrhu proizvodnje šećera i ostalih nusprodukata (Anonimus 2). Njezin uzgoj zahtjeva sunčanu i toplu klimu, sa prosječnom temperaturom od minimalno 20°C. Također je potreban visok udio vlage jer 65% do 75% njezine težine čini voda. U Brazilu se uzgaja jednogodišnja šećerna trska i trska kojoj je potrebna godina i pol da sazrije. Šećerna trska koja sazrijeva godinu i pol je produktivnija od jednogodišnje jer ima više vremena za vegetativni razvoj. Uzgoj je jednostavniji jer se sadnja vrši u ožujku, a berba u listopadu ili studenome što omogućava bolju raspodjelu posla na farmi. Stavka koja će svakako utjecati na konačnu produktivnost i

kvalitetu je izbor dobrog varijeteta šećerne trske. Brz rast i visoka koncentracija saharoze u trenutku berbe su karakteristike varijeteta koje osiguravaju dobar prinos (de Oliveira i sur., 2005). Osim visokog udjela saharoze šećerna trska sadrži i različite minerale između ostalog željezo, kalcij, kalij, natrij, fosfor, magnezij, klor te vitamine D, B, C i A. U njenom sastavu se može još pronaći glukoza, fruktoza, proteini, škrob, vosak, masne kiseline, tvari boje i antioksidanse (Furtado, 2014).

2.2.2. Mljevenje šećerne trske

Proces mljevenja provodimo kako bismo oslobodili sok šećerne trske te šećer koji se nalazi u spremišnom parenhimu stabljike koji će se procesom fermentacije prevesti u alkohol. Mljevenje se vrši najkasnije 24 sata nakon berbe šećerne trske (Oliveria i sur., 2005). Šećerna trska mora biti svjež, zrela, očišćena od lišća te isprana čistom vodom. Sok šećerne trske sadrži 75% do 82% vode i 18% do 25% šećera. Od ukupnog udjela šećera fermentabilne šećere čine saharoza (11-18%), glukoza (0.2%-1%) i fruktoza (0%-0.6%) (Oliveira i sur., 2015.). Efikasnost ekstrakcije može se izračunati dijeljenjem količine ekstrahiranog soka i soka koji sadrži stabljika. Efikasnost ovisi o učinkovitosti mlina, postotku vlakna u šećernoj trsci i pripremi šećerne trske. Šećerna trska se može samljati cijela ili nakon obrade. Obrada šećerne trske se sastoji od rezanja i uklanjanja vlakna. Time se smanjuje utjecaj trenja stabljike tijekom mljevenja i poboljšava se ekstrakcija. Kako bi se povećao prinos moguće je isprati šećernu trsku koja je već prošla kroz mlin sa vodom te ponovno samljati. Tijekom mljevenja potrebno je paziti da ne dođe do zagađenja soka šećerne trske sa uljima prisutnima na opremi mlina. Tijekom fermentacije etanol će razgraditi ulja i mogu nastati neželjeni nusprodukti. Nakon mljevenja dobiveni sok je potrebno filtrirati i dekantirati kako bi se uklonile dodatne nečistoće. Sok se filtrira kroz tanku mrežicu koja zaustavlja velike čestice, zaostale dijelove stabljike i lišće. Dobiveni sok je viskozna tekućina, smeđe ili zelene boje (de Souza i sur, 2013).



Slika 2 Mljevenje šećerne trske

<http://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2015/07/cachacas-feitas-no-sul-de-minas-sao-premiadas-no-mundial-de-bruxelas.html>

2.2.3. Mikroorganizmi

Tradicionalna proizvodnja cachaçe bazira se na procesu fermentacije kojeg vrše mikroorganizmi prirodno prisutni u zraku, na površini šećerne trske, opremi korištenoj u procesu proizvodnje. Mikrobnna populacija se mijenja svakim novim dodatkom soka šećerne trske ili vode (Hui i Evranuz, 2012). Tijekom fermentacije događaju se određene promjene koje utječu na sastav mikrobne populacije. U soku šećerne trske nalaze se različiti rodovi kvasaca, najbrojniji su: *Candida*, *Cryptococcus*, *Kluyveromyces*, *Hansenula*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Torulopsis*. Uz kvasce zamijećene su i bakterije rodova *Leuconostoc*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* i *Bacillus*. Kvasac *Saccharomyces cerevisiae* je vrsta koja dominira ovom mikrobiotom i najbolje se prilagodio različitim fiziološkim promjenama koje se događaju tijekom fermentacije. Ova vrsta kvasca poznata je po proizvodnji različitih vrsta fermentiranih namirnica poput piva, vina i kruha (Oliveira i sur., 2015). Tijekom proizvodnje cachaçe kvasac raste u ekstremnim uvjetima visokog osmotskog tlaka i visoke temperature fermentacije te kratkog fermentacijskog ciklusa. Uz kvasac često su prisutne i bakterije mliječne kiseline koje povećavaju broj hlapljivih kiselina i proizvode komponente koje mogu negativno utjecati na aromu pića. Bakterije mliječne kiseline su velika grupa mikroorganizama koje fermentiranjem šećera proizvode mliječnu kiselinu. Tijekom procesa fermentacije izolirano je 69 sojeva bakterija mliječne kiseline, od čega su najzastupljenije *Lactobacillus casei* i *Lactobacillus plantarum* (Hui i Evranuz, 2012).

2.2.4. Inokulum

Tradicionalni proizvođači cachaçe koriste prirodni inokulum (*pé de cuba*), pripremljen metodom *fermento caipira* (Mendoça i sur., 2001). Prirodni inokulum je kaša napravljena od nerazrijeđenog soka šećerne trske, riže, kukuruznog brašna, krejera i soka od limuna ili naranče. Najčešće se prirodni inokulum dobiva miješanjem 2-3 kg rižinih mekinja, 2-3 kg kukuruznog brašna, 0.5-1 kg krejera s limunovim ili narančinim sokom u količini dovoljnoj da nastane kaša. Takva kaša se ostavi 12-24 sata. U njoj su prisutni različiti kvasci i bakterije. Nakon toga, dodaju se nerazrijeđeni sok šećerne trske i voda u omjeru 1:1. Sljedeća 24 sata sok u potpunosti fermentira. Tada se dodaje nova količina razrijeđenog soka šećerne trske sve dok volumen smjese ne dosegne 20% volumena mošta (Venturini Filho i sur., 2013).

Neki tradicionalni proizvođači koriste i kvašćev kolač kao inokulum. Inokulum se priprema razrjeđivanjem 20 do 50 grama kvasca po litri mošta. Nedostatak korištenja kvašćevog kolača kao inokuluma je niska tolerancija na visoku koncentraciju alkohola i povišenu temperaturu. Inokulum miješanih sojeva kvasaca kombinacija je divljih kvasaca i kvašćevog kolača. Pripremi se pasta od kukuruznog brašna i 10 do 20 grama kvašćevog

kolača po litri mošta. Dominantan će biti onaj soj kojemu najbolje odgovaraju uvjeti fermentacije (de Souza i sur., 2013).

Suhi granulirani kvasac sadrži tri puta veću koncentraciju stanica kvasca nego kvašćev kolač te je zbog toga najčešći oblik selektivnog kvasca za proizvodnju cachače na tržištu. Granulirani kvasac dobiven je selekcijom sojeva kvasaca prisutnih u prirodi. Kod selekcioniranih kvasaca ispitana je efikasnost fermentacije, tolerancija na etanol i visoku temperaturu te kvaliteta dobivenog proizvoda. Za proizvodnju 1000 litara mošta potrebno je 500 grama granuliranog kvasca. Veliki industrijski proizvođači koriste kvasac selekcioniran iz fermentiranog mošta šećerne trske. Takva inokulacija zahtjeva educirano osoblje, adekvatnu opremu i higijenske uvjete (de Souza i sur., 2013).

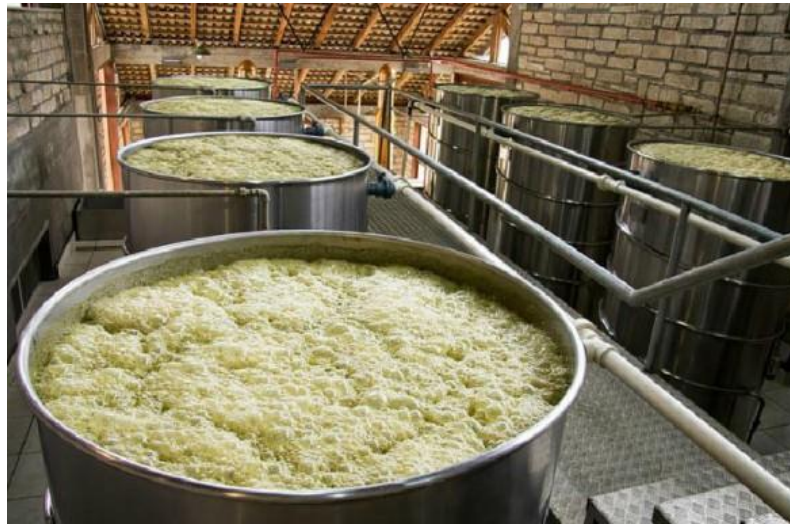
S obzirom da trenutno ne postoji standardna starter kultura za proizvodnju cachače, svaka regija ima različit prinos, proizvodnju i kvalitetu pića. Dodatak čiste kulture kvasca *Saccharomyces cerevisiae* ubrzao bi proces fermentacije, povećao količinu dobrih metabolita te smanjio mogućnost kontaminacije neželjenim mikroorganizmima (Campos i sur., 2009). Poželjne karakteristike starter kvasca za proizvodnju cachače su visoka tolerancija na etanol i visoku temperaturu, visoki fermentativni kapacitet, proizvodnja komponenti arome, mogućnost flokulacije te da ne proizvodi H₂S.

2.2.5. Fermentacija

Uz proces alkoholne fermentacije većemo kvasce. Kvasci su heterotrofni organizmi koji provode reakcije anabolizma i katabolizma. Mogu koristiti različite izvore ugljika no preferiraju heksoze. U aerobnim uvjetima slijedom reakcija glikolize kvasci prevode glukozu u piruvat uz istodobno stvaranje ATP-a. Glikoliza prethodi ciklusu limunske kiseline i lancu prijenosa elektrona koji iscrpe najveći dio energije glukoze (Stryer, 1991). Anaerobni metabolički put je onaj koji je industriji zanimljiviji. Prvo dolazi do dekarboksilacije piruvata, djelovanjem piruvat-dekarboksilaze, pri čemu nastaju acetaldehid i CO₂. U reakciji koju katalizira alkohol-dehidrogenaza dolazi do redukcije acetaldehida u etanol. Pritom, uz etanol i CO₂, nastaju neke organske kiseline i glicerol. Glicerol nastaje u reakciji redukcije dihidroxiaceton-fosfata, važan je spoj koji utječe na viskoznost alkoholnih pića (Oliveira i sur., 2015).

Za uspješnu fermentaciju potrebna je koncentracija šećera u dobivenom soku šećerne trske od 14° do 16° brix. Zrela šećerna trska daje sok koncentracije 20° do 22° brix. Sok visoke koncentracije šećera u konačnici daje visoki postotak alkohola koji uzrokuje sporu ili nepotpunu fermentaciju. Prerazrijeđeni sok uzrokuje brzu fermentaciju, povišenu

koncentraciju viših alkohola i veća je opasnost od kontaminacije. Količina vode potrebna da se sok razrijedi na željenu koncentraciju °brixa može se odrediti pomoću dijagrama (Prilog 2). Dobiveni sok se na željenu koncentraciju od 16° brixa razrijeđuju vodom koja mora biti čista, bez boje i mirisa, bez mogućih patogena i teških metala (de Oliveira i sur., 2005). Proces fermentacije šećerne trske najčešće provode divlji kvasci. Divlji kvasci su kvasci koji su prirodno prisutni u okolišu. Divlji kvasci imaju nisku toleranciju na etanol, sporo provode proces i daju nizak prinos. Nusproizvodi različitih sojeva koji su prisutni zaslužni su za posebnu aromu pića.



Slika 3 Fermentacija soka šećerne trske

(<http://www.gramadocanela.com.br/alambique-flor-do-vale/>)

Tradicionalni proces fermentacije traje od 16 do 24 h, dok industrijski traje 5 sati zbog dodatka različitih vitamina i minerala, koji promoviraju rast kvasca. Proces fermentacije dijelimo na tri faze: preliminarnu, glavnu i završnu fazu. Preliminarna faza traje četiri sata i obilježava ju brzi rast stanica, malo povećanje temperature i niska koncentracija proizvedenog CO₂. U glavnoj ili turbulentnoj fazi nastaje najviše CO₂ i pojavljuje se viskozna pjena. Temperatura, postotak alkohola i kiselost se povećavaju dok se gustoća smanjuje. U završnoj fazi potrošnja šećera uzrokuje pad temperature i koncentracije CO₂. Proces fermentacije mošta šećerne trske može biti kontinuirani ili diskontinuirani. Najčešće se provodi diskontinuirana fermentacija, gdje se recikliraju stanice kvasca koje se istalože iz mošta djelovanjem sile gravitacije (Lea i Piggot, 2003). Melle-Boinot je posebna vrsta diskontinuirane fermentacije gdje se stanice kvasca odvajaju centrifugiranjem te se tretiraju vodom i sumpornom kiselinom. Na taj način se uklanjaju stare stanice, a zadržavaju aktivne stanice spremne za novi ciklus fermentacije. Melle-Boinot fermentacijom povećava se prinos, skraćuje vrijeme procesa i smanjuje se bakterijska aktivnost (Furtado, 2014).

S obzirom na uvjete procesa, postoji mogućnost kontaminacije mošta, stoga treba pratiti određene parametre procesa. Prvi indikator kontaminacije je vrijeme fermentacije. Fermentacija obično traje između 24 do 30 h. Ako se fermentacija ne završi u očekivanom vremenskom okviru, treba posumnjati na kontaminaciju. Temperatura fermentacije kreće se između 26° do 32°C, ponekad može biti između 35° do 36°C. Ako temperatura nije u tom rasponu mošt će se morati grijati ili hladiti na zadanu temperaturu. Povišena temperatura pogodovat će nastanku drugih fermentacija kao što su octena, mliječna, maslačna fermentacija. Pri nižim temperaturama, fermentacija će duže trajati zbog smanjene kvašćeve aktivnosti. Koncentracija šećera tijekom fermentacije treba padati, kako ga kvasac pretvara u etanol. Pjena je lagana i lako se razdvaja, ako je gusta treba posumnjati na kontaminaciju. Miris mošta treba biti ugodne, voćne arome. pH se kreće u rasponu od 5.0 do 5.5. Najčešći uzročnici kontaminacije su različite bakterijske vrste. Bakterije iz roda *Lactobacillus* u anaerobnim uvjetima, neutralnom pH i temperaturi od 30° do 45°C uzrokuju mliječno kiselu fermentaciju. Prepoznaje se po pojavi pjene i sniženju pH medija. Octikavost uzrokuju bakterije roda *Acetobacter* u aerobnim uvjetima i temperaturi od 15° do 35°C. Octikavost se prepoznaje po snažnom mirisu na ocat. Kada se šećerna trska skladišti duže vrijeme moguća je kontaminacija sa *Leuconostoc mesenteroides*, tada se u moštu mogu pojaviti želatinozne nakupine i povećanje viskoznosti. Užegao miris i povećanje pH uzrokuju bakterije roda *Clostridium* u anaerobnim uvjetima, neutralnom pH i temperaturi između 30° i 35°C. Fermentacija je završena kad se stanice kvasca počnu taložiti i nema više mjehurića na površini. Završetak fermentacije provjerava se pomoću refraktometra koji bi trebao pokazivati 0°brixa (Furtado, 2014). Nakon fermentacije treba odmah početi proces destilacije kako bi se izbjegli gubitci nastali uslijed isparavanja alkohola.

2.2.5. Destilacija

Destilacija je tehnološka operacija kojom se pomoću topline iz biotehnoški promijenjene podloge izdvajaju pojedinačni ili skupni hlapivi sastojci u obliku pare. Para se prolazom kroz hladilo kondenzira u destilat (Marić i Šantek, 2009). Komponente se razdvajaju na temelju različite hlapljivosti kod iste temperature. Kod proizvodnje alkoholnih pića destilacija hlapljivih komponenata ovisi o njihovoj topljivosti u alkoholu ili vodi, točki vrelišta i promjeni udjela alkohola u hlapljivoj fazi tijekom procesa. Uz fermentaciju, destilacija je najvažniji proces proizvodnje jakih alkoholnih pića jer omogućava selekciju i koncentriranje određenih komponenata. Nakon završene destilacije fermentiranog soka šećerne trske dobiva se cachaça s 38% do 48% v/v alkohola.



Slika 4 Vino prije destilacije

[http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Manual de Cachaca 040805.pdf](http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Manual_de_Cachaca_040805.pdf)

Tradicionalni proizvođači cachace koriste bakrene kotlove u kojima se vrši šaržna destilacija. Bakar se pokazao kao odličan materijal za izradu destilacijskih kotlova jer je dobar vodič topline, otporan je na koroziju i pomaže kod uklanjanja sumpornih spojeva koji mogu neugodno utjecati na aromu. Osim kotla koji može biti od bakra ili nehrđajućeg čelika, sustav za šaržnu destilaciju sadrži još destilacijsku glavu, razne cijevi i sustav za hlađenje (Prilog 4). Kada se želi dobiti destilat veće čistoće koristi se deflegmator. Kotao se grije direktno ili indirektno parom. Zagrijavanje mora biti postepeno i polagano. Zbog toga se dio pare dolaskom do vrha destilacijske glave djelomično kondenzira i vraća u kotao. Prva frakcija koja izlazi iz destilacijskog kotla naziva se prvijenac. Sadrži visok postotak etanola i komponente koje su bolje topljive u etanolu nego u vodi kao što su: aldehidi, etil-acetat, masne kiseline, etil-kaprat i etil-kaprilat. Srce je sljedeća frakcija koja izlazi uz to je i ona najkvalitetnija. Srce čini 80% volumena destilata jer sadrži najveći broj poželjnih i najmanje nepoželjnih komponenti. Također je zastupljen dio komponenti prve frakcije kao što su esteri, aldehidi, viši alkoholi i etil-laktat. U posljednjoj frakciji patoci zastupljene su komponente koje imaju nepoželjna svojstva kao što su furfural, octena kiselina i viši alkoholi. Posljednje izlaze one komponente koje imaju veći potencijal za vodu nego za etanol i više vrelište. Frakcija patoka čini 10% volumena destilata (Freire Bruno, 2012). Sve tri frakcije trebale bi izaći u vremenu od 150 do 160 minuta (de Souza i sur., 2013). Srce je frakcija koja se zbog svoje kvalitete i visokog postotka sakuplja, ostale dvije frakcije mogu se dodati novom vinu tijekom iduće destilacije. Reakcije između acetaldehida i etil-acetata iz prvijenca, octene i mliječne kiseline iz patoke važan su segment aromatične arome cachace (Freire Bruno, 2012).



Slika 5 Mjerenje sadržaja alkohola

<http://www.vaicomtodo.com/cachaca-caseira-arte-de-produzir-a-bebida.html>

Sustav za destilaciju cachače sastoji se od kotla, glave, kondenzacijske cijevi, deflegmatora i različitih ventila. Postoje sustavi koji sadrže dva ili tri kotla čime se ubrzava i olakšava proces destilacije. Kod sustava s dva kotla, jedan kotao se koristi za zagrijavanje vina na 60° do 65°. Zagrijavanjem vina prije destilacije skraćuje se vrijeme destilacije čime se omogućava veći prinos. Kod sustava s tri kotla, oni su međusobno povezani cijevima i ventilima i nalaze se na različitim razinama. Gornji kotao, kao i kod sustava sa dva kotla, služi za zagrijavanje vina. Vino se pod utjecajem sile gravitacije sakuplja u posljednjem kotlu. Kada se dosegne radni volumen koji iznosi 75% ukupnog volumena, vino se počinje skupljati u kotlu za destilaciju. Nakon što se zatvore ventili sva tri kotla, posljednji se kotao grije direktno ili vodenom parom. Tada se vino u srednjem kotlu obogaćuje alkoholnim parama koje su bogate hlapljivim komponentama, nastalima tijekom zagrijavanja. Pare bogatije vodom se kondenziraju u kondenzacijskoj cijevi i vraćaju u srednji kotao. Frakcije bogatije alkoholom, prolaze kroz kondenzacijsku kolonu, kondenziraju se u spiralnoj cijevi prvog kotla. Zatim se kondenzirani destilat hladi prolaskom kroz ohlađenu spiralnu cijev i sakuplja. Kada sakupljeni destilat dosegne 45% do 48% alkohola, zaustavlja se destilacijski ciklus. Sustav s tri kotla za destilaciju daje kvalitetniji proizvod, bolju potrošnju vina, manju potrošnju vode za hlađenje i zahtijeva manje goriva. Kotao za destilaciju može biti napravljen od različitih materijala, no svakako je najzastupljeniji bakar. Tijekom destilacijskog procesa u bakrenom kotlu dolazi do nastanka bakrova (II) karbonata. Zbog ograničenja koncentracije iona bakra u nekim zemljama proizvođači su ih pokušali ukloniti korištenjem aktivnog ugljena ili ionskom

izmjenom, no konačni produkt nije bio iste kvalitete. Ioni bakra prisutni u konačnom proizvodu imaju važan utjecaj na okus i aromu (Freire Bruno, 2012).



Slika 6 Bakreni kotao

(<https://bardafonte.wordpress.com/cachaca-da-fonte/>)

Kontinuirana destilacija se provodi u destilacijskim kolonama. Destilacijske kolone se rade od inoxa. Osnovu kolone čini niz tavana koji se preklapaju. Dva spojena tavana čine jedan segment i povezana su sifonom. Gornji dio sifona je povišen zbog čega dolazi do nastanka sloja tekućine na površini gornjeg tavana. Proces započinje uvođenjem vina kroz destilacijsku kolonu. Vino se uvodi kroz gornji segment sve dok ne dosegne određenu razinu u donjem segmentu koji se zagrijava. Hlađenje sistema se provodi pomoću vode. Para formirana u donjem segmentu nakuplja se u dimnjaku segmenta iznad njega. Kako se povećava tlak, para zagrijava i obogaćuje vino koje se nalazi na tom tavanu. Nakon određenog vremena, početak će vrijeti vino sljedećeg tavana i tako sve dok se ne dosegne posljednji nivo. Destilacijske kolone koriste veliki i srednji proizvođači jer im omogućuju kontrolu hlapivih komponenti u destilatu i veću koncentraciju alkohola. Destilacijske kolone su prvotno služile za proizvodnju goriva etanola. Produkti su sadržavali visoku koncentraciju etanola ali vrlo malo sekundarnih komponenti, stoga su bile potrebne preinake kako bi bile primjerene za proizvodnju cachaça. Smatra se da je cachaça proizvedena u industrijskim kolonama manje kvalitetna od one proizvedene u tradicionalnim bakrenim kotlovima. Industrijske kolone su napravljene od nehrđajućeg čelika koji za razliku od bakra, ne pomaže u uklanjanju sumpornih spojeva koje povezujemo s neugodnom aromom pića. Uspjeh destilacije koja se provodi u destilacijskoj koloni ovisi o samim dimenzijama te kolone. O dimenzijama ovisi mogućnost isparavanja i kondenzacije para (Freire Bruno, 2012).



Slika 7 Destilacijska kolona

(http://cdn.intechopen.com/pdfs/33759/InTech-Distillation_of_brazilian_sugar_cane_spirits_cacha_as.pdf)

Uz destilacijske kolone vežemo i proces rektifikacije. Rektifikacija je tehnološka operacija kod koje tekuća smjesa više puta isparava, a dio para kondenzira. Do rektifikacije dolazi zbog višekratnog kontakta pare i tekućine. U kondenzatu se nalazi više teže hlapivih komponenti, a u parama se nalazi više lakše hlapivih komponenti. Efikasnost ovog tehnološkog postupka ovisi o izradi kotla, deflegmatora koji se nalazi na vrhu kotla i kolone. U deflegmatoru se od kondezata (D) izdvaja rektifikant (P) i dio (L) se vraća kao refluks. Omjer refluksa izražava se kao omjer L/P. Mijenjanjem refluksa moguće je kontrolirati omjer refluksa čime se mijenja kvaliteta destilata. Povećanjem refluksa destilat postaje bogatiji lakše hlapljivim komponentama. Povećanjem protoka pare, produkt u rektifikacijskoj koloni obogaćuje se teže hlapljivim komponentama. Na efikasnost procesa također utječe količina tekućine i temperaturni gradijent. Manje količine tekućine i viši temperaturni gradijent omogućuju dulje zadržavanje u koloni, destilate bogatije etanolom od tekuće faze i veći omjer refluksa (Freire Bruno, 2012).

Dvostruka destilacija također može biti dio procesa proizvodnje cachage. Svrha dvostruke destilacije je uklanjanje neželjenih frakcija i koncentriranje alkohola u destilatu. Prvo se provodi destilacija fermentiranog soka šećerne trske do trenutka kada destilat dosegne oko 27% v/v etanola. Destilat prve destilacije naziva se "meka rakija". Nakon toga

slijedi destilacija "meke rakije". Zagrijavanje treba biti postepeno kako ne bi došlo do kondenzacije plinova. Ponovno se sakupljaju tri frakcije različite kvalitete i postoka alkohola. Prva frakcije prvijenac sadrži 72% do 75% vol., srce 66% do 68% vol. i patoka frakcija najlošije kvalitete iznosi 30% početnog volumena "meke rakije". Prva i posljednja frakcija se spajaju i dijele na tri dijela. Podijeljeni se volumeni se dodaju svakoj novoj šarži "meke rakije". Frakcija srce se može konzumirati ili se ostavlja da dozrijeva željeno vrijeme (Freire Bruno, 2012).

2.2.6. Dozrijevanje

Cachaçu je nakon destilacije potrebno čuvati u bačvama od materijala koje neće negativno utjecati na dobiveni proizvod ili koji će ga dodatno oplemeniti. Najčešće se za čuvanje i dozrijevanje koriste bačve od inoxa ili od drveta. Proces dozrijevanja je jedan od najbitnijih čimbenika tijekom proizvodnje koji utječu na kvalitetu proizvoda. Tijekom dozrijevanja dolazi do promjene boje i arome te smanjenja volumena i sadržaja alkohola. Vrijeme dozrijevanja ovisi o samom destilatu, podrijetlu i veličini drveta, njezi bačvi i prostoru u kojemu se nalaze. Dozrijevanjem se mijenja aroma pića zbog promjene u sastavu i koncentraciji određenih tvari. Do tih promjena dolazi zbog ekstrakcije tvari iz drveta, cijepanja makromolekula prisutnih u drvetu i ekstrakcije tih produkata u destilat, reakcija ekstrakta iz drveta, reakcija komponenata destilata, hlapljenjem određenih tvari (Capobiango i sur., 2012). Najznačajnije su interakcije između destilata i tvari iz drveta, a one uključuju oksido-redukcije, esterifikacije, Maillardove reakcije, polimerizacije i polikondenzacije. Oksido-redukcije su reakcije od najveće važnosti među nabrojanim koje kataliziraju anorganske soli i metali. Isti destilat će različito dozrijevati u različitim vrstama drveta što je potaknulo usavršavanje proizvodnje drvenih bačvi. Najveći broj jakih alkoholnih pića dozrijeva u hrastovim bačvama. Sve je veća potražnja za hrastovim bačvama s točno određenih područja jer je i tu uočena razlika u kvaliteti krajnjeg proizvoda (Moesdale i Puech, 1998). Tijekom procesa proizvodnje bačvi najvažniji koraci su sušenje i paljenje bačvi. Paljenje uzrokuje razgradnju makromolekula drveta koje utječu na aromu destilata. Za dozrijevanje se mogu koristiti nove ili već korištene bačve. Iz starih bačvi se ekstrahira manje tvari i potrebno je dulje vrijeme za dozrijevanje. Međutim postoje različiti tretmani kojima se mogu osvježiti stare bačve tako se često uklanja iskorišteni unutrašnji sloj drveta. Bačve u kojima dozrijeva piće se čuvaju u različitim prostorima, najčešće podrumima. Većina pića dozrijeva u podrumima jer su to suha i hladna mjesta. Upravo su temperatura i vlaga okolišni čimbenici koji mogu promijeniti proces dozrijevanja. Pogotovo je vidljiv njihov učinak na promjenu volumena i koncentraciju alkohola u piću. Promjene temperature mogu se spriječiti

boljom izolacijom ili grijanjem. Najbolje rješenje bilo bi čuvanje bačvi u zatvorenim spremnicima, ali je to zbog financijskih razloga neostvarivo. Dozrijevanje bi se moglo ubrzati zagrijavanjem destilata, ali se na taj način ne događaju željene promijene kao tijekom hlapljenja u drvenim bačvama tijekom vremena. Također bi se mogla kontrolirati količina metalnih iona koji potječu iz bakrenih kotlova, a djeluju kao katalizatori u procesu dozrijevanja. S ekonomskom stajališta poželjne su određene preinake u procesu dozrijevanja, pogotovo u smanjenju prostora i skraćanju vremena trajanja procesa. U većini zemalja postoje zakoni kojima se regulira proces čime se onemogućava korištenje novih tehnologija. Provođenje tradicionalnog procesa dozrijevanja je bitna stavka cijene i kvalitete vrhunskih alkoholnih pića (Moesdale i Puech, 1998). Dozrijevanje nije obavezan korak tijekom proizvodnje cachaça, ali značajno obogaćuje aromu pića. Na tržištu se vrste cachaça razlikuju prema vremenu dozrijevanja. Prema Pravilniku dozrela cachaça sadrži minimalno 50% cachaça koja je dozrijevala u spremnicima od prikladnog drveta, maksimalnog kapaciteta od 700 litara, tijekom perioda ne manjeg od godine dana. Premium cachaça sadrži 100% cachaça koja je dozrijevala u spremnicima od prikladnog drveta, maksimalnog kapaciteta od 700 litara, tijekom perioda ne manjeg od godine dana. Extra premium cachaça je premium cachaça koja je dozrijevala tijekom perioda ne manjeg od tri godine (Prilog 5). Cachaça najčešće dozrijeva u hrastovim bačvama, iako to u startu povećava troškove jer se moraju uvoziti. Bačve treba skladištiti u prostoru gdje se temperatura održava na 20°C, a udio vlage od 70% do 90%. Vrste hrasta od kojih se najčešće proizvode bačve su europski *Quercus robur* i *Quercus petrae*, američki *Quercus Alba*. Osim u tradicionalnim hrastovim bačvama, cachaça može dozrijevati u nativnim brazilskim vrstama drveća, od kojih su najpoznatije kikiriki (*Pleorgyne nitens*), amburana (*Amburana cearensis*), cedar (*Cedrela fissilis*), jatoba (*Hymenaeae carbouril*), brazilski orah (*Tabebuia sp*). Od nabrojanih vrsta amburana pokazuje zadovoljavajuća svojstva kao zamjena za hrast. Amburana znanstvenog naziva *Amburana cearensis* pripada porodici Leguminosae Papilionoideae. Karakteristična je vrsta za zemlje Južne Amerike i rasprostranjena je na području Brazila, Argentine, Paragvaja, Bolivije i Perua. Amburana je prepoznatljiva po bijelim cvjetovima, plosnatim mahunama i crvenkasto-smeđoj kori te može narasti do visine od 15 metara. Tvar kumarin zaslužna je za ugodan miris biljke. Tvari koje se ekstrahiraju iz drveta u destilat su hlapljiva ulja, fenolni spojevi, tanini, šećeri, glicerol i nehlapljive organske kiseline. Glavne komponente koje se ekstrahiraju iz hrastovih bačvi su galna kiselina, siringaldehid i siringinska kiselina. Kod cachaça koja je dozrijevala u bačvi od amburane također su pronađeni siringaldehid i galna kiselina te vanilna i sinapinska kiselina (Santiago i sur., 2014).



Slika 8 Dozrijevanje cachaça u drvenim bačvama

<http://www.alambiguedacachaca.com.br/artigo.php?recordID=29&artigo=Aprenda%20armazemar%20sua%20cacha%C3%A7a>

2.3. Kemijski sastav

U kemijskom sastavu cachaça dominiraju voda i etanol, no tu si i druge tvari koje potječu od same sirovine i nusproizvodi procesa fermentacije, destilacije i dozrijevanja. Sve zajedno, prisutno je više od stotinu tvari arome koje sačinjavaju aromatski i alifatski alkoholi, etilni esteri, aldehidi i niz aromatskih komponenti uključujući terpene (Capobianco i sur., 2012). Cachaça koja dospije na tržište sastavom mora odgovarati propisima koje je propisalo brazilsko ministarstvo poljoprivrede (MAPA). Time se osigurava kvaliteta pića, ali i ograničava količina štetnih tvari poput etil-karbamata. Mjerenjem koncentracije određenih spojeva nastalih tijekom dozrijevanja može se utvrditi autentičnost pića i provedenost procesa.

Etanol

Etanol je organska molekula male molekulske mase koja sadrži hidroksilnu skupinu. Etanol je poznat i upotrebljavan još u pradavna vremena kao produkt anaerobnog vrenja ugljikohidrata (Pine i sur., 1984). Nakon završetka destilacije cachaça sadrži između 38% i 54% v/v etanola. Tijekom dozrijevanja udio etanola se smanjuje uslijed isparavanja. Koliko će etanola ispariti ovisi o konstrukciji bačve i prostoru u kojemu se nalazi. Tijekom prvih doticaja cachaça s drvetom, potrebno je određeno vrijeme da se drvo naplavi jer je bačva prethodno prošla proces sušenja. Molekule će kasnije difundirati natrag u destilat obogaćene komponentama drveta. Udio etanola se na početku smanjuje jer je etanol hlapljiviji od vode i više ga upije drvo. Kasnije će se udio ponovno povećati no i dalje će etanol isparavati uslijed

utjecaja okolišnih čimbenika. Za regulacije količine alkohola u finalnom proizvodu koristi se voda koja mora odgovarati standardima posebno propisanim za pitku vodu (Bortoletto i sur., 2016).

Hlapljive kiseline

Hlapljive kiseline izražavaju se kao udio octene kiseline na 100 ml bezvodnog alkohola. Maksimalna dozvoljena količina je 150 mg octene kiseline na 100 ml alkohola. Octena kiselina je slaba organska kiselina koja je čest sastojak hrane. Nastaje tijekom fermentacije oksidacijom etanola uz prisutnost bakterija octene kiseline. Tijekom dozrijevanja povećava se udio organskih kiselina uslijed ekstrakcije iz drveta, hlapljenja etanola i vode, oksidacije etanola. Veća količina octene kiseline će dati finalnom proizvodu kiseli okus. Uz octenu kiselinu, pojavljuju se mliječna, propionska, valerijanska kiselina. One su u većim količinama također nepoželjne jer negativno utječu na aromu (Bortoletto i sur., 2016).

Esteri

Esteri su derivati karboksilnih kiselina i alkohola. Zaslužni su za veliki dio arome finalnog proizvoda. Maksimalna dopuštena količina ukupnih estera, izraženih kao udio etil-acetata, iznosi 200 mg na 100 ml bezvodnog alkohola. Nusprodukt su fermentacije, esterifikacije masnih kiselina i octene kiseline etanolom. Ove reakcije pospješuju oksidativni proces dozrijevanja i nastajanja aromatičnih estera. Etil-acetat čini 75% svih estera prisutnih u destiliranim pićima. Tijekom procesa dozrijevanja nastaju esteri iz fenolnih komponenti poput etil-sinirgata i etil-vanilata. Iz drveta se ekstrahiraju metil-homovanilat i metil-siringat. Etil-laktat zauzima 26,8% svih estera u sastavu cachaçe. Etil-laktat nastaje kao posljedica fermentacije mliječne kiseline. Fermentaciju mliječne kiseline provode bakterije mliječne kiseline, u ovom slučaju *Lactobacillus spp.*, koje kontaminiraju mošt. Etil-acetat ima aromu otapala, acetona no većina drugih estera poput etil-butanoata i etil-dekanoata daju ugodnu voćnu, cvjetnu aromu (Capobiango i sur., 2012).

Aldehidi

Aldehidi su organski spojevi koji sadrže karbonilnu skupinu i nastaju dehidrogenacijom alkohola. Maksimalna dozvoljena količina aldehida, izražena kao udio acetaldehida, iznosi 30 mg na 100 ml bezvodnog alkohola. Acetaldehid je intermedijer koji nastaje procesom razgradnje piruvata. Acetaldehid je vrlo hlapljiva molekula i moguće ga je odvojiti na početku destilacije jer daje oporu, slatku notu. Aldehidi su normalni sastojci pića, ali često od njih potječe nepoželjna aroma. U većoj količini interferiraju sa centralnim

živčanim sustavom i uzrokuju mučninu, povraćanje, tahikardiju, glavobolju i snižen krvni tlak. Količina i vrsta nastalih aldehida direktno je povezana sa sojem kvasca, uvjetima destilacije i dozrijevanja (Capobianco i sur., 2012).

Viši alkoholi

Viši alkoholi sadrže više od dva ugljikova atoma i nastaju od komponenti koje sadrže dušik koje kvasac koristi za rast. Maksimalna dozvoljena količina viših alkohola iznosi 360 mg na 100 ml bezvodnog alkohola. Ukupna količina viših alkohola je zbroj prisutnog propan-1-ola, izobutanola i izoamilnog alkohola. Proizvodnja viših alkohola povezana je s korištenim sojem kvasca. Veća je količina viših alkohola kada kvasac ima nižu biološku aktivnost. Na proizvodnju viših alkohola utječu temperatura fermentacije, destilacija i korištena aparatura. Viši alkoholi smanjuju u većim količinama kvalitetu cachače jer uzrokuju povišeni pH. Alkoholi s više od pet ugljikovih atoma pozitivno utječu na aromu (Bortoletto i sur., 2016).

Furfural i hidroksimetilfurfural

Furfural i hidroksimetilfurfural su organski spojevi koji se mogu pronaći u cachači koja je dozrijevala u drvenim bačvama. Nastaju Maillardovim reakcijama i karamelizacijom tijekom paljenja bačvi. Heksoze i pentoze se prevode u 5-hidroksimetil-furfural, 5-metil-furfural i furfural. Ove komponente također mogu nastati tijekom paljenja šećerne trske prije žetve. Paljenje lišća olakšava proces žetve, ali se pepeo, čvrste čestice i minerali mogu prenijeti na šećernu trsku koja ulazi u proces proizvodnje cachače i samim time umanjiti kvalitetu proizvoda. Proces paljenja lišća ujedno je štetan za okoliš. Zbog toga je brazilska vlada ograničila količinu dozvoljenog furfurala i hidroksimetilfurfurala na 5 mg na 100 ml bezvodnog alkohola. Ove komponente povezuje se s ugodnim, toplim aromama prženih badema i karamele (Bortoletto i sur., 2016).

Fenoli

Fenoli su organski spojevi koji se sastoje od aromatskog prstena na kojeg je vezana hidroksilna skupina. Oni nastaju tijekom dozrijevanja destilata, njihova ekstrakcija iz drveta i transformacija važan su čimbenik arome finalnog proizvoda. Većina ovih sastojaka nastaje tijekom procesa paljanja bačvi. Zagrijavanjem bačvi dolazi do razgradnje hemiceluloze i nastajanja heksoza, pentoza i kraćih polisaharida. Termičkom razgradnjom ovih produkata nastaju furfural i 5-hidroksimetilfurfural. Pri višim temperaturama, dolazi do pucanja ligno-celulozne membrane i aril-eter veze lignina što uzrokuje njegovu razgradnju. Na temperaturi višoj od 200°C nastaju aromatski aldehidi, siringil, gvajakol, krezol i drugi fenoli. Glavni

produkti razgradnje lignina su vanilin, siringaldehid, 4-hidroksi-3-metoksicinamaldehyd, sinapaldehid, vanilinska kiselina, galna kiselina, elaginska kiselina, ferulinska kiselina i siringinska kiselina. Koncentracija ovih spojeva ovisi o vremenu dozrijevanja, vrsti drveta, njezi bačvi i intenzitetu paljenja bačvi. Polifenoli nastali tijekom paljenja bačvi zaslužni su za začinski i dimnu aromu. Slične note daju sinapaldehid, 4-hidroksi-3-metoksicinamaldehyd. Pri temperaturi višoj od 24°C nastaju veće količine vanilina koji daje jednu od najprepoznatljivih aroma. Aroma vanilije prisutna je u svim tipovima drvenih bačvi. Galna kiselina je komponenta niske hlapljivosti, derivat tanina iz drveta. Povećava viskoznost destilata i poboljšava njegov vizualni izgled i teksturu. Razgradnjom etanol-lignin kompleksa također mogu nastati fenolne tvari. Oksidacijom sinapaldehida nastaje siringaldehid koji se oksidira u siringinsku kiselinu. Oksidacijom 4-hidroksi-3-metoksicinamaldehyda nastaje vanilin koji oksidacijom prelazi u vanilinsku kiselinu. Tijekom dozrijevanja sadržaj vanilina, siringaldehida i siringinske kiseline se povećava. Koncentracija 4-hidroksi-3-metoksicinamaldehyda, sinapaldehida i vanilinske kiseline se smanjuje. Navedene fenolne tvari nazivamo indikatorima dozrijevanja. Mjerenjem njihove koncentracije može dokazati autentičnost pića jer se ne nalaze u cachači koja nije dozrijevala. Cachača koja neme navedene tvari nije dozrijevala ili je loše kvalitete ako ih ima u maloj količini. Boja cachače nije pouzdan indikator jer brazilski zakon dozvoljava dodatak karamele za korekciju boje (Bortoletto i sur., 2016).

Nepoželjni spojevi

Metanol, butanol, butan-2-ol, akrolein i etil-karbamat su organski spojevi koji se smatraju nepoželjnim spojevima cachače. Metanol je alkohol male molekulske mase koji ima toksični učinak na zdravlje ljudi. Metanol u fermentiranim alkoholnim pićima nastaje razgradnjom pektina djelovanjem enzima pektin-metil esteraze. Kod proizvodnje pića gdje se koristi miješovita kultura, više sojeva mikroorganizma se povezuje s proizvodnjom pektolitičkih enzima. Također postoji mogućnost da određeni sojeva kvasca *Saccharomyces cerevisiae* imaju drugačije metaboličke puteve i proizvode metanol. Pektin se nalazi u staničnoj stijenci šećerne trske i njegovom razgradnjom nastaje metanol. Nuspojave trovanja metanolom su poteškoće sa disanjem, zamagljen vid ili slijepoća, niski krvni tlak, vrtoglavica, povraćanje, grčevi u nogama. Maksimalna dozvoljena količina metanola je 20,0 mg na 100 ml bezvodnog alkohola (Capobiango i sur., 2012).

Butanol je dozvoljen u maksimalnoj količini od 3 mg na 100 ml bezvodnog alkohola, u većim koncentracijama dolazi do trovanja i poremećaja centralnog živčanog sustava. Slične

toksične efekte izaziva i butan-2-ol. On je dozvoljen u količini od 10 mg na 100 ml bezvodnog alkohola.

Akrolein je kancerogena tvar koja nastaje tijekom fermentacije dehidratacijom glicerola. Povezuje ga se i sa metaboličkim putevima termofilnih bakterija *Bacillus amaracrylus* i *Lactobacillus colinoides* (Masson i sur., 2012). Brazilski zakon ga dozvoljava u maksimalnoj količini od 5 mg na 100 ml bezvodnog alkohola.

Etil-karbamat je nepoželjan spoj cachače čija koncentracija se sve pomnije prati i regulira. Njegovom konzumacijom povećava se mogućnost obolijevanja od raka pluća i jetre. Cijanogeni glikozidi su sekundarni metaboliti prisutni u šećernoj trsci. Njihovom enzimatskog razgradnjom dolazi do nastajanja cijanida. Bakrovi ioni kataliziraju oksidaciju cijanida u cijanat. Kompleks cijanat-bakar podložan je nukleofilnom napadu kisikova iona koji potječe od etanola i na taj način dolazi do nastajanja etil-karbamata (Chrem i sur., 2014). Nastajanje kancerogenog etil-karbamata povezano je s procesom alkoholne fermentacije i s vrstom i tipom destilacijskog procesa. Pokazalo se da su veće količine etil-karbamata pronađene kod destilata koji nisu prošli kroz sustav hlađenja. Boja cachače, boce i vrste destilacije (jednostruka ili dvostruka) ne utječu na stvaranje etil-karbamata. Etil-karbamat ne smije biti prisutan u koncentraciji većoj od 150 µg/l.

Anorganski nepoželjni spojevi su bakar, arsen i olovo. Bakrovi ioni u cachači potječu od kotla za destilaciju. Njihova konačna koncentracija je manja nakon dozrijevanja jer ih apsorbira drvo. Bakrovi ioni su katalizatori u reakciji nastajanja etil-karbamata i ne smiju biti prisutni u koncentraciji većoj od 5mg/l (Bortoletto i sur., 2016). Prema Pravilniku olovo ne smije biti prisutno u koncentraciji većoj od 200 µg/l, a arsen u koncentraciji većoj od 100 µg/l.

2.4. Senzorna svojstva

Cachača se nakon završenih procesa destilacije i dozrijevanja mora filtrirati. Nečistoće se uklanjaju centrifugiranjem, filtracijom pomoću aktivnog ugljena ili filtracijom pod tlakom.

Prije punjenja u boce i plasiranja cachače na tržište potrebno je provesti senzornu analizu kako bi se potvrdilo da proizvod odgovara zadanim standardima. Cachača mora biti bistra bez suspendiranih čestica i nečistoća. Ako su prisutne nečistoće, došlo je do nepravilnog rukovanja tijekom destilacije, filtracije i skladištenja.

Viskoznost cachače ocjenjuje se prema sposobnosti prijanja pića uz stijenke čaše. Svaka kvalitetna cachača mora biti izrazito viskozna. Viskoznost potječe od glicerola,

nusprodukta metabolizma kvasca. Viskoznost neće odgovarati standardima ako postoji prevelika količina sekundarnih komponenata, viših alkohola ili nije dobro provedena fermentacija i odijeljivanje frakcija.

Boja cachače može varirati i ovisi o procesu dozrijevanja, vrsti drveta, stanju bačvi i okoliša u kojemu su se skladištile. Cachača koja nije dozrijevala bistra je i prozirna i često ju nazivaju bijela ili srebrna cachača (prata, branca). Cachača koja je dozrijevala u drvenim bačvama poznata je kao zlatna cachača (ouro). Boja može biti manje ili više intenzivna i poprima nijanse od svijetlo smeđe, tamno smeđe, crvenkaste, svijetlo žute, zlatno žute i narančaste. Željena boja cachače može se promijeniti dodatkom karamela.



Slika 9 Vrste cachače

[\(http://tudoparahomens.com.br/os-segredos-para-degustar-uma-boa-cachaca/\)](http://tudoparahomens.com.br/os-segredos-para-degustar-uma-boa-cachaca/)

Okus i miris cachače su jedinstveni i ovise o sirovini, produktima mikrobne kulture, fermentaciji, destilaciji i dozrijevanju.

2.5. Punjenje u boce

Nakon procijene kvalitete cachače slijedi punjenje u boce. Proces punjenja mora se provoditi u sterilnim uvjetima kako ne bi došlo do kontaminacije. Proces punjenja započinje sterilizacijom boca. Nakon sterilizacije slijedi punjenje u boce, zatvaranje boca i stavljanje etikete. Etiketa mora sadržavati oznaku proizvoda, zaštitni znak, tip cachače, sadržaj izražen u odgovarajućim jedinicama, naziv proizvođača, punionice, uvoznika, adresu proizvođača ili uvoznika, broj registracije u brazilskom ministarstvu poljoprivrede (Mapa), sastojke, rok

trajanja, upozorenje da sadrži ili ne sadrži gluten, naznačeno da je proizvod brazilske industrije ("Indústria Brasileira"), sadržaj alkohola izražen kao postotak alkohola i broj šarže (Mauricio Maia, 2016.).



Slika 10 Punjenje u boce

<https://espirtodacachaca.wordpress.com/>

3. Zaključak

Cachaça je jako alkoholno piće osebujnih senzornih svojstava. Često ju pogrešno nazivaju brazilskim rumom, iako između cachaça i ruma postoji znatna razlika u načinu proizvodnje i aromi. Cachaça se dobiva fermentacijom sirove šećerne trske koju najčešće provode divlji kvasci i bakterije, no na taj način se ne dobiva ujednačena kvaliteta i prinos. Proces bi se mogao optimirati izolacijom sojeva kvasaca prisutnih tijekom spontane fermentacije koji pokazuju najbolja svojstva za provođenje fermentacije. Inokulacijom sa selekcioniranim kvascima bitno bi se poboljšala kvaliteta i prinos.

Destilacijom fermentiranog soka šećerne trske dobiva se cachaça s 38% do 48% v/v alkohola. Cachaça proizvedena destilacijom u bakrenim kotlovima je kvalitetnija od one proizvedene u destilacijskim kolonama jer bakar pomaže u uklanjanju sumornih spojeva koji negativno utječu na okus.

Nakon destilacije cachaça može dozrijevati u drvenim bačvama i tako nastaje zlatna cachaça. Cachaça koja nije dozrijevala naziva se bijela ili srebrna cachaça i najčešće se koristi za pravljenje koktela caipirinha. Cachaça koja je dozrijevala pokazuje bolja senzorna svojstva. Proces dozrijevanja mogao bi se poboljšati kontroliranjem uvjeta okoliša u kojima se bačva nalazi i korištenjem tradicionalnih brazilskih vrsta za proizvodnju bačvi.

Cachaça je najpopularnija u Brazilu gdje se konzumira čista dok je izvan Brazila poznata samo kao sastojak koktela caipirinha. Kako bi se povećala popularnost cachaça izvan Brazila potrebno je optimirati i standardizirati proces proizvodnje. Također treba uvesti češće i strože kontrole sastojaka cachaça jer su u velikom broju uzoraka pronađene prevelike količine kancerogenog etil-karbamata. Tijekom procesa žetve treba izbjegavati paljenje lišća šećerne trske jer je štetno za okoliš i pogodaju nastanku furfurala i hidrosimetilfurfurala u prekomjernoj količini.

Cachaça u Brazilu nije važna samo u ekonomskom i gospodarskom pogledu, već se smatra kulturnim i povijesnim nasljeđem.

4. Literatura

Anonimus 1 <http://www.novofogo.com/september-13th-is-national-cachaca-day-in-brazil/>

Anonimus 2 <http://www.gbif.org/species/2703912>

Bortoletto A.M., Correa A.C., Alcarde A.R. (2015) Aging practices influence chemical and sensory quality of cachaça. *Food research international* (2016) 86: 46-53.

<https://www.researchgate.net/publication/301892250> Aging practices influence chemical and sensory quality of cachaca

Campos C.R., Silva C.F., Dias D.R., Basso L.C., Amorim H.V., Schwan R.F. (2009) Features of *Saccharomyces cerevisiae* as a culture starter for the production of the distilled sugar cane beverage, cachaça in Brazil. *Journal of Applied Microbiology* 6: 1871-1879.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2672.2009.04587.x/abstract>

Capobianco M., Oliveira E.S., Cardeal Z.L. (2012) Evaluation of Methods Used for the Analysis of Volatile Organic Compounds of Sugarcane (Cachaça) and Fruit Spirits. *Food Anal. Methods* (2013) 6: 978–988.

<https://www.researchgate.net/publication/257772866> Evaluation of Methods Used for the Analysis of Volatile Organic Compounds of Sugarcane Cachaca and Fruit Spirits

Chreem D.R., Riachi L.G., Moreira R.F.A., De Maria C.A.B. (2014) A study of ethyl carbamate level in cachaça samples. *International Food Research Journal* (2015) 22: 351-355.

[http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20\(01\)%202015/\(51\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20(01)%202015/(51).pdf)

De Souza M.D.C.A., Vásquez P., Del Mastro N.L., Acree T.E., Lavin E.H. (2006) Characterization of Cachaça and Rum Aroma. *J. Agric. Food Chem.* 54: 485-488.

<https://www.ipen.br/biblioteca/2006/11700.pdf>

De Souza L.M., Alcarde A.R., De Lima F.V., Bortoletto A.M. (2013.) *Produção de Cachaça de Qualidade*

<http://www.appca.com.br/publication.pdf>

D.O.DE 05/09/1997, p. 19549, na temelju članka 91, Pravilnika o standardizaciji, klasifikaciji, registraciji, proizvodnji i nadzoru pića.

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2314impressao.htm> Pristupljeno 20. srpnja 2017.

D.O.DE 05/09/1997, p. 19549, na temelju članka 91, Pravilnika o standardizaciji, klasifikaciji, registraciji, proizvodnji i nadzoru pića.

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2314impressao.htm> Pristupljeno 20. srpnja 2017.

Faria-Oliveira F., Diniz R.H.S., Godoy-Santos F., Piló F.B., Mezadri H., Castro I.M., Brandão R.L. (2015) The Role of Yeast and Lactic Acid Bacteria in the Production of Fermented Beverages in South America, Food Production and Industry: 108-135. <https://www.intechopen.com/books/food-production-and-industry/the-role-of-yeast-and-lactic-acid-bacteria-in-the-production-of-fermented-beverages-in-south-america>

Freire Bruno S.N. (2012). Distillation of Brazilian Sugar Cane Spirits (Cachaças), Distillation - Advances from Modeling to Applications, Dr. Sina Zereski (Ed.), ISBN: 978-953-51-0428-5, InTech:

<http://www.intechopen.com/books/distillation-advances-from-modeling-to-applications/-cacha-adistillation-systems>

Furtado R.A. (2014) Destilação lenta de cachaça artesanal, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena.

<https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2014/MBI14015.pdf>

Hui Y.H., Özgül Evranuz (2012) Handbook of Plant-Based Fermented Food and Beverage Technology, 2. izdanje, CRC Press, New York. str. 641-644.

https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=4kBqVku9B4YC&oi=fnd&pg=PP1&ots=zAEys9r wuy&sig=c4G3zmmR405JBhnuSVoPgEsdoI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Lea A.G.H., Piggott J.R. (2003) Fermented Beverage Production, 2. izd., Kluwen Academic/Plenum Publishers, New York. str. 337-338.

<https://books.google.hr/books?id=0aWR3fuA7QIC&printsec=frontcover&hl=hr#v=onepage&q&f=false>

Marić V., Šantek B. (2009) Biokemijsko inženjerstvo, Golden marketing-Tehnička knjiga. str. 354.

Masson J., Cardoso M.D.G., Zacaroni L.M., dos Anjos J.P., Sackz A.A., Machado A.M.D.R., Nelson D.L. (2012) Determination of acrolein, ethanol, volatile acidity, and copper in different samples of sugarcane spirits. *Ciê. Tecnol. Aliment.*, Campinas 32: 568-572.

Mauricio M. (2016) Como ler o rótulo de uma cachaça.

<http://paladar.estadao.com.br/blogs/ocachacier/como-ler-o-rotulo-de-uma-cachaca/>

Mishina R.A.G., Gomes V., de Macêdo Morais S. (2016) Análise das substâncias voláteis presentes em cachaças artesanais do estado da Paraíba. *Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade* (2016) 2: 72-83.

http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistacontextos/wp-content/uploads/2016/03/Edicao_completa.pdf

Mosedale J.R., Puech J-L (1998) Wood maturation of distilled beverages. *Trends in Food Science & Technology* 9 (1998): 95-101.

https://www.researchgate.net/publication/248485433_Wood_maturation_of_distilled_beverages

Oliveira F.F., Diniz R.H.S., Godoy-Santos F., Piló F.B., Mezadri H., Castro I.M., Brandão (2015) The Role of Yeast and Lactic Acid Bacteria in the Production of Fermented Beverages in South America. *Food Production and Industry* (2015): 108-135.

<https://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/48827.pdf>

Pine S.H., Hendrickson J.B., Cram D.J., Hammond G.S. (1984) *Organska kemija*, Školska knjiga-Zagreb. str 44

Pravilnik o tehničkim standardima za utvrđivanje identiteta i kvalitete šećernih rakija i cachaçe (2005), Službeni brazilski glasnik (2005)

<<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=76202>> Pristupljeno 20. srpnja 2017.

Santiago W.D., das G. Cardoso M., de A.Santiago J., Gomes M.S., Rodrigues L.M.A., Brandão R.M., Cardoso R.R., d'Avila G. B., da Silva B.L., Caetano A.R.S. (2014) Comparison and Quantification of the Development of the Phenolic Compounds during the Aging of Cachaça in Oak (*Quercus sp*) and Amburana (*Amburana cearensis*) Barrels. *American Journal of Plant Sciences* 5: 3140-3150.

http://file.scirp.org/pdf/AJPS_2014101016270976.pdf

Schwan R.F., Mendonça A.T., da Silva Jr. J.J., Rodrigues V., Wheals A.E. (2001) Microbiology and physiology of *Cachaça* (*Aguardente*) fermentations. *Antonie van Leeuwenhoek* 79: 89-96.

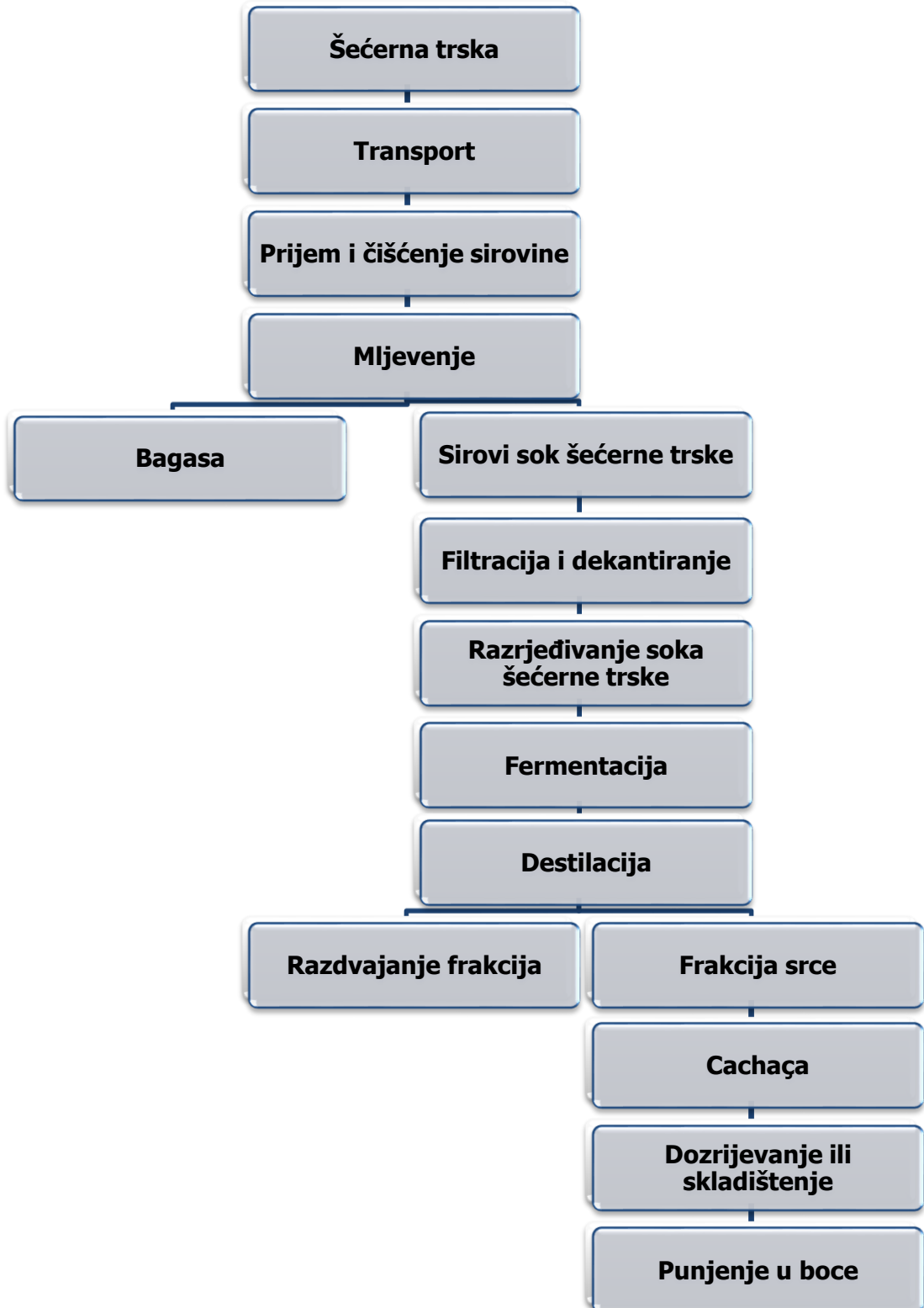
https://www.researchgate.net/profile/Rosane_Schwan/publication/225976049_Microbiology_and_physiology_of_Cachaa_Aguardente_fermentations/links/5668251f08aef42b578a0f5b/Microbiology-and-physiology-of-Cachaa-Aguardente-fermentations.pdf

Stryer L. (1991) *Biokemija*, Školska knjiga-Zagreb. str. 217

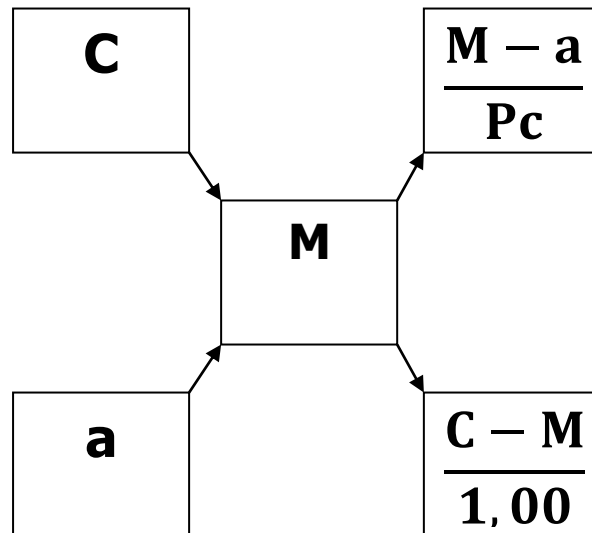
Venturini Filho W.G., Parente Nogueira A.M. (2013) *Aguardentes e cachaça*. <http://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Horticultura/aguardentes-e-cachaca-2013.pdf>

5. Prilozi

Prilog 1 Proces proizvodnje cachaça



Prilog 2 Razrjeđivanje soka šećerne trske



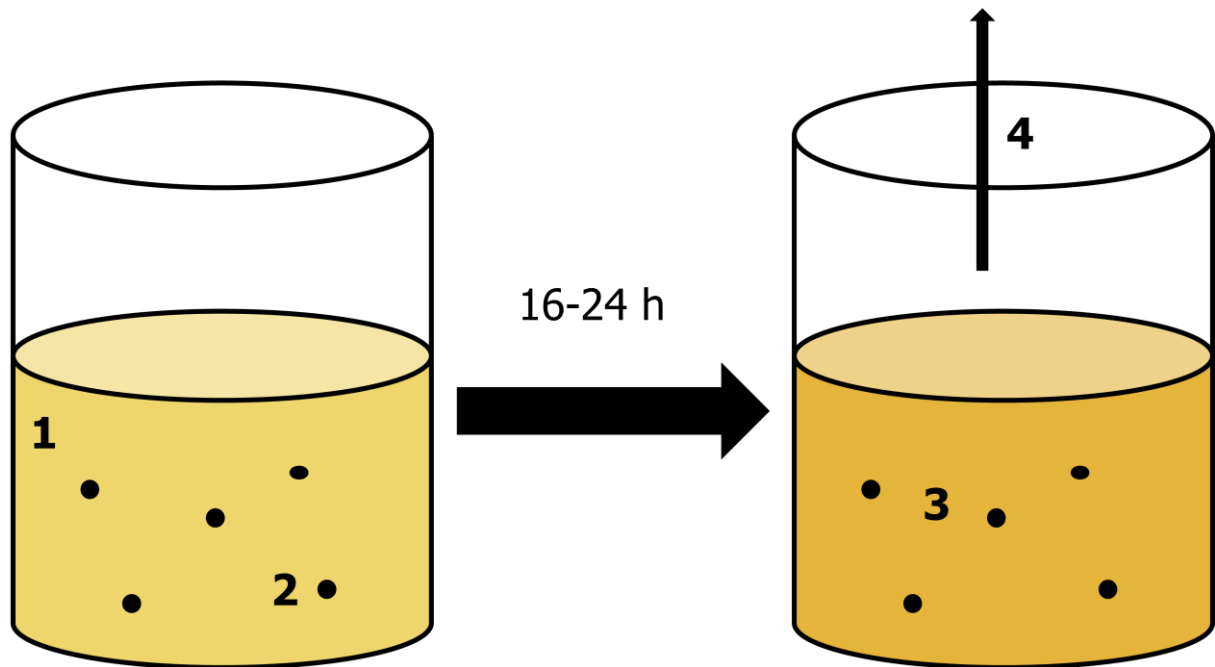
C = °Brixa originalnog soka

a = °Brixa vode (0)

M = °Brixa pripremljenog soka

Pc = Gustoća soka

Prilog 3 Fermentacija



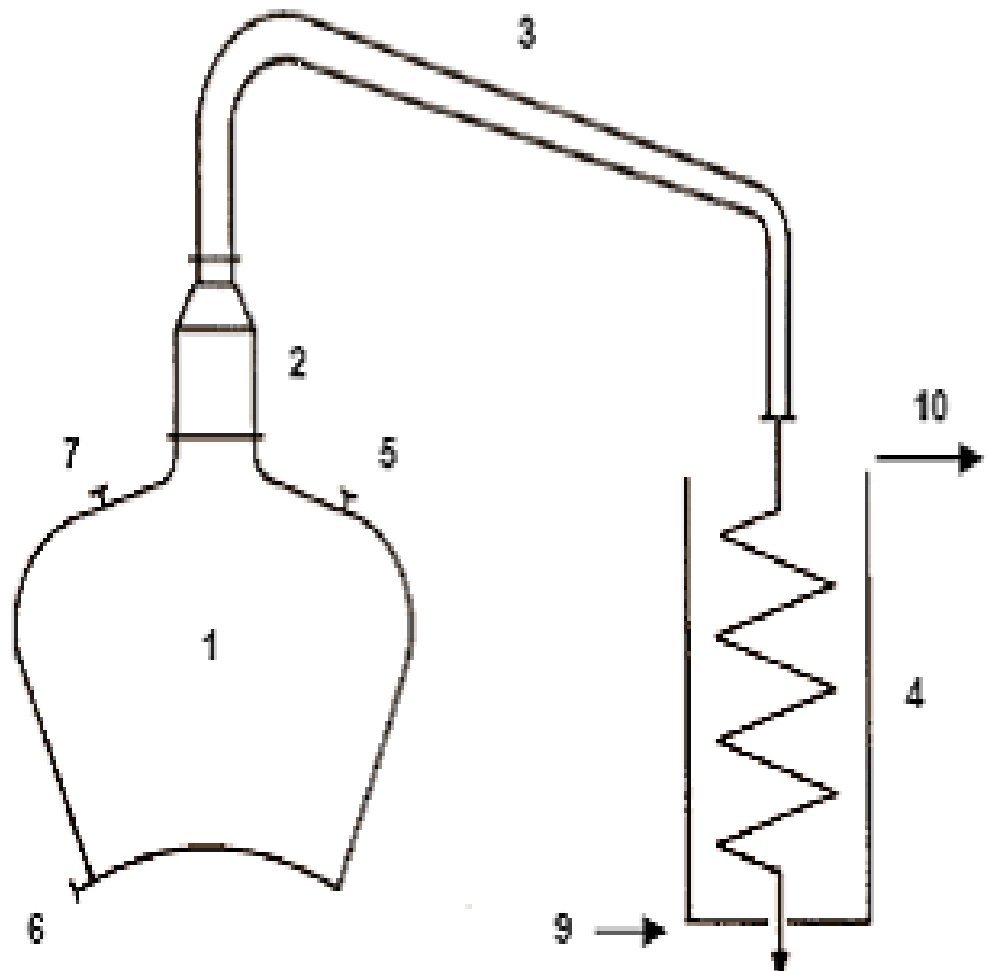
1. Sirovi sok šećerne trske

2. Mikroorganizmi

3. Mošt

4. CO₂

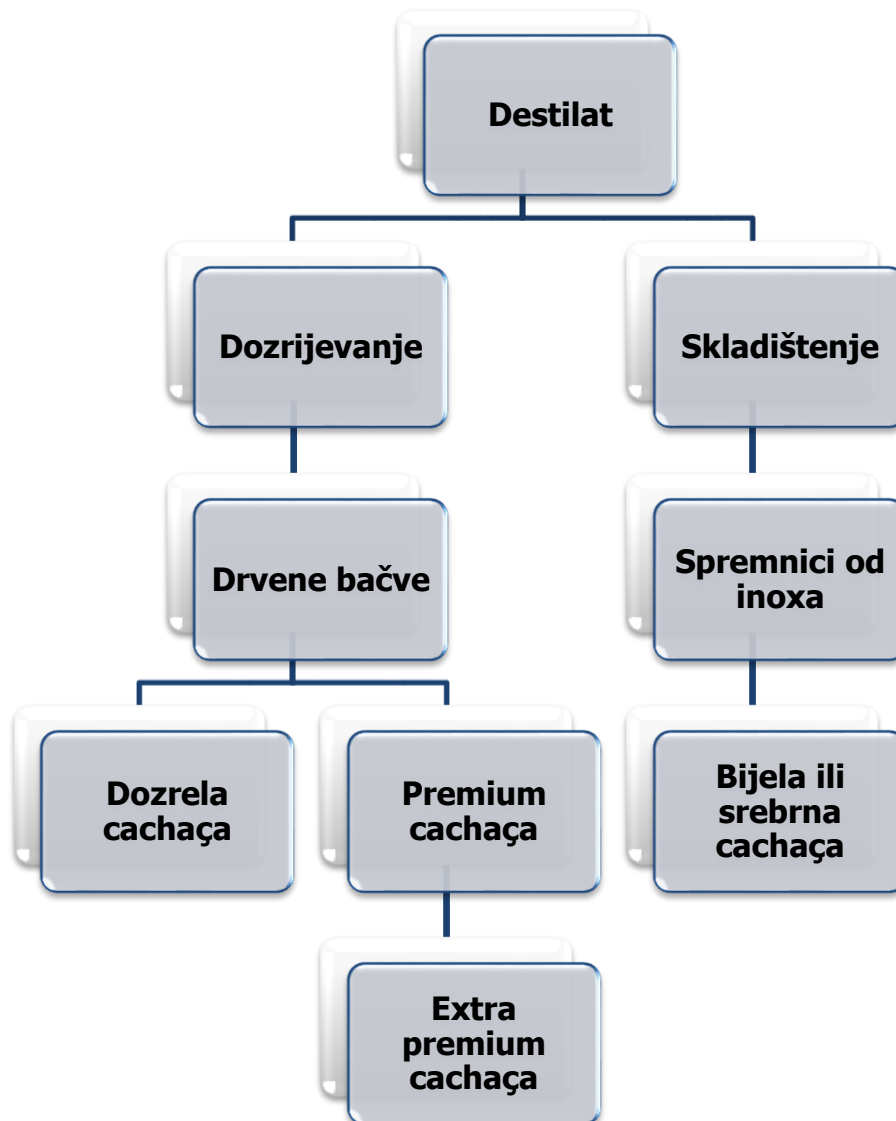
Prilog 4 Dijelovi kotla za destilaciju



- | | |
|-----------------------|---|
| 1. Kotao | 6. Izlaz trop |
| 2. "Glava" | 7. Ventil za ujednačavanje tlaka |
| 3. "Lula" | 8. Izlaz destilata |
| 4. Kondenzator | 9. Ulaz vode |
| 5. Ulaz vina | 10. Izlaz vode |

(http://cdn.intechopen.com/pdfs/33759/InTech-Distillation_of_brazilian_sugar_cane_spirits_cacha_as.pdf)

Prilog 5 Dozrijevanje



Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

ime i prezime studenta