

Proizvodnja octa tradicionalnom metodom

Rezo, Anđelko

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:795374>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Andelko Rezo

Preddiplomski stručni studij Poljoprivreda

Smjer: Vinogradarstvo – Vinarstvo – Voćarstvo

PROIZVODNJA OCTA TRADICIONALNOM METODOM

Završni rad

Požega, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Andelko Rezo

Preddiplomski stručni studij Poljoprivreda

Smjer: Vinogradarstvo – Vinarstvo – Voćarstvo

PROIZVODNJA OCTA TRADICIONALNOM METODOM

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Tomislav Soldo, dipl. ing. agr., v.pred., mentor
2. Doc.dr.sc. Brankica Svitlica, član
3. Doc.dr.sc. Josip Mesć, član

Požega, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski stručni studij Vinogradarstvo – vinarstvo – voćarstvo
Anđelko Rezo

Završni rad

Proizvodnja octa tradicionalnom metodom

Sažetak:

U ovom smo radu istražili literaturu o tehnologiji proizvodnje octa s posebnim osvrtom na tradicionalni način proizvodnje. Istraživanjem smo pokazali različite načine proizvodnje octa koristeći ovu metodu. Tradicionalni načini proizvodnje octa doprinose njegovoj kvaliteti.

Ključne riječi: tehnologija proizvodnje, ocat, kontrola kvalitete, tradicionalna proizvodnja

21 stranica, 0 tablica, 10 slika, 18 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Final work

Professional study Viticulture-Oenology-Pomology

Production of vinegar using the traditional method

Summary:

In this paper, we have researched the literature on vinegar production technology with reference to the traditional way of production. Through research, we have shown different ways of producing vinegar using this method. Traditional methods of vinegar production contribute to its quality.

Key words: production technology, vinegar, quality control, traditional production

21 pages, 0 tables, 10 figures, 18 references

Final work is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1. Povijest proizvodnje octa.....	2
2.2. Vrste octa i sirovine za ocat.....	3
2.2.1. <i>Vinski ocat</i>	3
2.2.2. <i>Voćni ocat</i>	4
2.2.3. <i>Alkoholni ocat</i>	5
2.2.4. <i>Aromatizirani ocat</i>	6
2.3. Octena fermentacija	6
2.3.1. <i>Biokemijski put stvaranja octene kiseline</i>	7
2.3.2. <i>Promjene sastojaka tijekom acetifikacije</i>	8
2.3.3. <i>Bakterije octene fermentacije</i>	9
2.3.4. <i>Klasifikacija octenih bakterija</i>	9
2.3.5. <i>Octene bakterije</i>	10
2.4. Procesi proizvodnje octa.....	13
2.4.1. <i>Stari način</i>	13
2.4.2. <i>Orleanski način</i>	13
2.4.3. <i>Pasteurov način</i>	14
2.4.4. <i>Boerhaaveov način</i>	16
2.4.5. <i>Brzi postupci</i>	17
2.4.6. <i>Fringsov način</i>	18
2.4.7. <i>Submerzni postupci</i>	19
2.5. Kontrola kvalitete	20
3. METODE RADA	21
4. ZAKLJUČAK	21
5. POPIS LITERATURE	22

1. UVOD

Proizvodnja octa u Hrvatskoj ima veliku perspektivu, tim više jer je kod nas razvijena i proizvodnja vina i voća, a postoji i tržište vezano uz turizam, kojemu nedostaje kvalitetnih proizvoda. Donedavno se najveća količina octa kod nas proizvodila u velikim industrijskim postrojenjima što je negativno utjecalo na njegovu kvalitetu, ali je danas primjetan trend povećanja proizvodnje, kvalitetnih voćnih octova od strane malih obiteljskih gospodarstava koji proizvode ocat tradicionalnim postupcima, doprinosi povećanju kvalitete proizvoda.

Kvaliteta proizvoda proizlazi iz sirovine, metabolizma bakterije octene kiseline koja izvodi dodatne transformacije, izvan osnovne transformacije (etanol u octenu kiselinu), interakcije između octa i drveta iz bačvi te procesa starenja koji integrira sve prethodno navedene karakteristike (Garcia-Parrilla i sur., 2014.). Nije zanemariva niti zdravstvena dobrobit konzumacije voćnih octova, što dodatno doprinosi povećanju potrošnje.

Cilj ovog rada je na jednom mjestu prikazati tehnološke značajke proizvodnje octa tradicionalnom metodom, kao i utjecaj ovakvog načina proizvodnje na kvalitetu proizvoda.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Povijest proizvodnje octa

Proizvodnja vina seže u daleku prošlost već više od 10 000 godina. Stoga se može pretpostaviti kako je i proizvodnja octa vrlo stara jer ona nastaje kada vino ostane u praznom spremniku. Zabilježeni su tragovi proizvodnje octa u Mezopotamiji i Egiptu davnih 5000 godina prije Krista. Poznato je proizvodili ocat od palminog vina. Također, poznati su i brojni kulinarski proizvodi na bazi octa kao što su konzerviranje mesa, povrća, ribe, začina, kolača, sezonskog voća i slično. Ocat je opisan i u Bibliji kao primarna sirovina koju su koristili alkemičari. Poznato je kako su Rimljani također razvili svoju upotrebu octa i to kao pića dodanog u vodu ili u mješavinu vode i jaja (Nikićević i Paunović, 2013.).

Ocat je proizvod koji zauzima svoje trajno mjesto među svim ostalim proizvodima ljudske prehrane. Ocat je nezamjenjivi dodatak prehrani zbog svoje nutritivne vrijednosti.

Proizvodnja octa nije se puno mijenjala sve do početka prošloga stoljeća. Od najstarijeg pristupa proizvodnje "orleanskog" ili "francuskog" octa, koji je uveden u 14. stoljeću pa sve do početka prošlog stoljeća uglavnom se zadržala ta tehnologija. Veliki napredak napravljen je posljednjih pedesetak godina uvođenjem acetatora i drugih sličnih suvremenih uređaja.

Nakon što je dokazano da je za proces oksidacije etanola u octenu kiselinu potreban zrak, pokušao se povećati kontakt zraka i podloge. Prethodno navedeno rješavalo se uvođenjem manjih spremnika veće površine ili kruženjem alkoholne sirovine preko materijala velike aktivne površine kao što su klipovi kukuruza, bukove spirale, etanol i drveni ugljen. Schützenbach je, po prethodno navedenom, 1823. godine uveo takozvani "brzi" proces proizvodnje octa. Fringsov patent pojavio se 1931. godine. Koristi se već dugi niz godina u industriji octa uz neke druge postupke koji su manje korišteni i koji su se temeljili na uzgoju octenih bakterija na velikoj površini gdje su bili u kontaktu s etanolom i kisikom iz zraka. Prethodno opisani patent nazvan je "generator" (Allgeier i sur., 1974.).

Pedesetih godina prošloga stoljeća došlo je do razvoja submerzne fermentacije, a svemu tomu najviše su pridonijeli Hromatka i Ebner. Nakon ovog razvoja, tvornica Frings patentirala je 1954. godine novu vrstu proizvodnje octa s potopljenom octenom fermentacijom, pod nazivom "acetator", a vrlo sličan uređaj pojavio se u Americi 1959. godine nazvan "cavitator". Time je trajanje procesa proizvodnje octa skraćeno na dan do dva dana, a prije je trajalo osam do deset dana (Nikićević i Paunović, 2013.).

2.2 Vrste octa i sirovine za ocat

2.2.1. Vinski ocat

Vinski ocat (Slika 1.) dobiva se octenim vrenjem vina. U proizvodnji vinskoga octa najčešće se koriste vina s nižim udjelom etanola. Vina koja su namijenjena za proizvodnju vinskog octa trebaju biti čista i bistra, a nova vina trebaju odležati minimalno tri mjeseca kako bi se spontano izbistrila. Potpunu bistrinu moguće je postići filtracijom ili bistrenjem odgovarajućim sredstvima kao što su želatina, bjeljanjak, bentonit, kazein i drugi (Budak i Guzel-Seydim, 2010.). U proizvodnji octa prikladnija su bijela vina i rose nego crna vina. Ako se koriste crvena vina, potrebno ih je prethodno dekolorizirati visokokvalitetnim biljnim aktivnim ugljenom eponitom. Ukoliko vino sadrži neki nedostatak, potrebno ga je prethodno ukloniti.

Mogu se prihvatiti ciklizirana vina koja imaju povećan sadržaj hlapljivih kiselina. Ukoliko je vino pokvareno djelovanjem drugih bakterija, a ne octa, mora se pasterizirati na 65°C. Dodavanjem SO₂ štite se vina od kvarenja. SO₂ sprječava razvoj bakterija, posebice octenih. Zbog toga vino koje je podvrgnuto octenom vrenju ne smije sadržavati SO₂ niti bilo koji drugi konzervans (Nikićević i Paunović, 2013.).

Ako vino sadrži više od 10 mg/l ukupnog SO₂, prije nego se vino stavi na octeno vrenje, potrebno ga je ukloniti. Oksidacijom s H₂O₂ može se ukloniti SO₂ u vinu.

Vinski se ocat najčešće proizvodi i konzumira u vinogradarsko-vinarskim zemljama, a posebno u Italiji, Francuskoj, Španjolskoj i Portugalu.



Slika 1. Vinski ocat (Izvor: <https://www.konzum.hr/web/products/kisko-vinski-ocat-1-1>)

2.2.2. Voćni ocat

Voćni se ocat dobiva octenim vrenjem voćnih vina dobivenih alkoholnim vrenjem voćne pulpe, matičnog voćnog soka ili koncentriranog voćnog soka nakon razrjeđivanja. Kao osnovna sirovina za proizvodnju voćnog octa mogu se načelno koristiti plodovi svih voćnih vrsta. U raznim se zemljama koristi ono voće koje je najzastupljenije, koje je cjenovno najpristupačnije te koje je najpogodnije za tehnološku obradu i preradu. Primjerice, u Francuskoj postoji voćni ocat od nekoliko vrsta voća kao što su jabuke, trešnje, jagode i tako dalje. U SAD-u je jabučni ocat najzastupljeniji te mu pridaju najveći značaj i to ne samo kao prehrambenom proizvodu, već i kao vrlo vrijednom lijeku u narodnoj medicini.

Za proizvodnju octa koriste se niskokvalitetno voće, otpaci ili nusproizvodi koji se generiraju tijekom uzgoja istog, kao i sezonski viškovi. Voće je bogat izvor potencijalno bioaktivnih tvari poput vitamina, vlakana, fitonutrijenata i tako dalje. Suštinski su procesi acetifikacije vrlo slični. Većina istraživanja se slaže da sirovina najprije mora biti oprana s vodom iz slavine ili kloriranim vodom kako bi se uklonile površinske nečistoće i svi drugi mogući tragovi nepoželjnih mikroorganizama ili čak pesticida. Zatim se mora temeljito osušiti na sobnoj temperature za kasniju upotrebu (Coelho i sur., 2017.).

Na području Hrvatske najpoznatiji je voćni ocat koji se proizvodi od jabuka. Jabuka se tako prvo prerađuje u jabučni sok koji se zatim preradi u jabučno vino, a nakon toga to se vino podvrgava octenom vrenju. Proizvodne operacije jabučnog octa redom su prijem octa, pranje i ispiranje vodom, mljevenje jabuka, prešanje, taloženje dobivenog soka, alkoholno vrenje, bistrenje jabučnog vina, octeno vrenje te za kraj sami ocat. Potrebno je pratiti tijekom alkoholnog vrenja kako bi se kvasac i cjelokupna količina šećera pretvorila u etanol jer se kasnije ne bi koristio. Osim toga, pravilna izvedba alkoholnog vrenja rezultira boljom učinkovitošću i boljom kvalitetom konačnog proizvoda. Bakterije mliječne kiseline razgrađuju šećer i stvaraju mliječnu i octenu kiselinu koja daje miris i okus mješavini octa i mlijeka.

Kvasci su redovito prisutni u voćnom soku i mogu izazvati alkoholno vrenje. U ponekim slučajevima može doći do spontane fermentacije u nepoželjnom procesu kada se i kvasci i bakterije razvijaju u isto vrijeme. Stoga, kako bi se osigurala čista, brza i učinkovita alkoholna fermentacija, voćnom soku treba dodati aktivne selekcionirane kvasce. Za suzbijanje nepoželjnih bakterija tijekom alkoholnog vrenja soka od jabuke ponekad se koristi sumporna kiselina kao kod grožđa. Ovdje je važno dodati samo toliko SO₂ da ga u slobodnom obliku bude u tragovima u jabučnom vinu jer inaktivira octene bakterije.

Voćni ocat sadrži ekstrakt bez šećera i pepeo kao i vinski ocat. Osim octene, sadrži i nehlapljive voćne kiseline, glicerol, fosforu kiselinu i još neke hlapljive sastojke. Kao što i vino od grožđa sadrži sve potrebne sastojke za vrenje i rad octenih bakterija, tako ih sadrži i voćno vino stoga ih nije potrebno dodavati.

Kod vinskog i voćnog octa ne cijeni se samo njihova snaga, nego i aromatičnost i druga svojstva. Vinski i voćni ocat sadrže sve sastojke vina stoga su cjenjeniji od alkoholnog octa. Kao najkvalitetniji ocat smatra se jabučni ocat (Slika 2.). Cijenjen je po organoleptičkim svojstvima i po kemijskom sastavu. Vinski je ocat zauzeo drugo mjesto po kvaliteti (Nikićević i Paunović, 2013.).



Slika 2. Jabučni ocat (Izvor: <https://www.konzum.hr/web/products/kisko-jabucni-ocat-1-1>)

2.2.3. Alkoholni ocat

Alkoholni ocat dobiva se octenom fermentacijom razrijeđenog etanola koji se može fermentirati. Etanol se najčešće proizvodi od melase šećerne repe i šećerne trske, kukuruza, krumpira i nekih drugih isplativih sirovina i to kako bi proizvodna cijena rafiniranog etanola bila niža. U usporedbi sa cijenom etanola iz grožđa i voća, uglavnom se proizvodi alkoholni ocat iako je kvalitetom niži od vinskoga i voćnoga octa. Ponekad su se za proizvodnju alkoholnog octa djelomično ili čak u potpunosti koristile sekundarne frakcije, tzv. prednji i stražnji tok odvojeni u proizvodnji rafiniranog etanola. Tako proizveden ocat lošeg je mirisa i

okusa pa se potpuno izostavlja. Sada se u proizvodnji alkoholnog octa uglavnom koristi rafinirani etanol s koncentracijom etanola od 96% (Aykin i sur., 2014.).

Alkoholni je ocat bezbojan te se ponekad oboji karamelom do blago žute boje. Uglavnom se koristi za konzerviranje povrća, dok se vinski i jabučni ocat koriste za salate (Nikićević i Paunović, 2013.).

2.2.4. Aromatizirani ocat

Aromatizirani ocat je proizvod koji je dobiven od alkoholnog, vinskog ili voćnog octa s dodatkom ekstrakata prirodnih začina, aromatičnog bilja, povrća, odnosno prirodnih i prirodno istovjetnih aroma. Aromatizirani ocat mora imati izraženu karakterističnu aromu po kojoj se i deklarira. Aromatizirati se mogu sve vrste octa, no najviše se aromatizira alkoholni ocat koji poboljšava njegovu aromu i okus.

Za aromatiziranje octa često su korištene sljedeće aromatične biljke ili njihovi dijelovi: vanilija, klinčić, menta, papar, cimet, muškadni oraščić, origano, majčina dušica, kamilica, češnjak, kim, hren, lovor, borovica, limun, đumbir i drugi.

2.3. Octena fermentacija

Octena fermentacija je mikrobiološki proces u kojemu se etanol oksidira u octenu kiselinu u aerobnim uvjetima. Bakterije mogu oksidirati različite spojeve u produkte koji su bogati octenom kiselinom ili prelaze u CO₂ i H₂O. Oksidaciju uzrokuju respiratorni enzimi koji pretvaraju vodik u molekularni kisik. Da bi se postigla što bolja pretvorba alkohola u octenu kiselinu potrebno je osigurati što povoljnije uvjete za rad bakterija octene fermentacije kao što su hranjiva podloga, temperatura, zrak i tako dalje. Octene bakterije su jaki aerobi pa se u svim tehnološkim procesima proizvodnje octa teži povećanju oksidacijske površine i ravnomjernoj opskrbi octenih bakterija kisikom. Temperatura je jedan od važnih čimbenika za aktivnost octenih bakterija. Optimalna temperatura je 28-34°C. Octene bakterije koje stvaraju ovojnica na površini tekućine i s njom proizvode octenu kiselinu zahtijevaju više hranjivih tvari od bakterija koje ne stvaraju ovu ovojnica. Međutim, alkoholni ocat proizvode bakterije koje ne stvaraju ovojnica pa nije opravdano dodavati više hranjivih tvari nego što je potrebno. U proizvodnji octa najbolja je obična voda iz slavine, odnosno voda s 100 mg/l mineralnih soli, poput CaO. Ako se teški metali nakupljaju u komini, smanjuje se proizvodnja octenih bakterija.

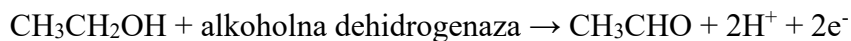
Toksičnost metala je sljedećim redom: olovo, bakar, željezo, cink i kositar (Nikićević i Tešević, 2009.).

Oksidacija alkohola u octenu kiselinu je reakcija koja ovisi o prisutnosti kisika, stoga, kako količina kisika opada tokom alkoholne fermentacije, nakon što šećer nestane, koncentracija kisika mora ponovno biti povećana kako bi se odvila octena fermentacija (Castro i sur., 2021.).

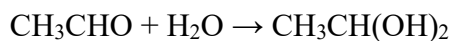
2.3.1. Biokemijski put stvaranja octene kiseline

Proces proizvodnje octa temelji se na oksidaciji etanola u octenu kiselinu pod djelovanjem fermentacijskog sustava bakterija octenog vrenja. Elektroni vodika i sam vodik prenose se na molekularni kisik (sustav citokroma). Ovaj se proces odvija u fazama, a čiji je glavni međuprodukt acetaldehid i može se predstaviti sljedećim reakcijama:

1) Stvaranje acetaldehida:



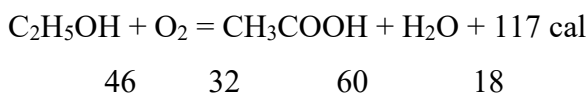
2) Hidratacija acetaldehida:



3) Dehidratacija hidratiziranog acetaldehida:



Stehiometrijski omjer dobivanja octene kiseline je sljedeći:

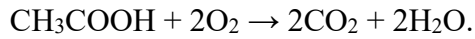


Kao što se može vidjeti, 46 grama etanola teoretski oksidira 60 grama octene kiseline, odnosno 100 kilograma etanola daje 130,4 kilograma octene kiseline. Budući da jedna litra 100%-tnog etanola teži 0,7942 kilograma, on teoretski daje sljedeće:

$$0,7942 \times 1,304 = 1,04 \text{ kg CH}_3\text{COOH.}$$

Kako se na izgradnju bakterijskih stanica, na oslobođeni CO₂, na neizreagirani acetaldehid i tako dalje izgubi oko 2% etanola, u praksi je 100%-tno iskorištavanje nedostižno. Uz te biološke gubitke, uvijek postoje i tehnički gubici koji nastaju zbog rukovanja i isparavanja. Ovim se gubicima priključuje i oko 0,3% etanola koji ostaje u octu za esterifikacije (Nemeth i Vidra, 2018.).

U nedostatku etanola u octu, bakterije superoksidacije mogu koristiti i octenu kiselinu kao izvor energije koji oksidiraju u CO₂ i H₂O:



To je još jedan od razloga zašto se u gotovom octu uvijek ostavlja oko 0,3% neiskorištenog etanola. Uzimajući sve u obzir, iskorištenost je do 95% u najboljem slučaju. Budući da rad octenih bakterija, a time i proizvodnja najviše ovisi o primijenjenom tehnološkom postupku i danim uvjetima proizvodnje, iskorištenost znatno varira i obično se kreće u granicama od 65% do 95% (Nikićević i Tešević, 2009.).

Iskorištenost etanola predstavlja omjer stvarno proizvedene količine octene kiseline u kilogramima i teoretski moguće od utrošenog volumena etanola, izraženog u litrama. Primjerice, ako je proizvedeno 2808 kilograma 100%-tne octene kiseline iz 3000 litara 100%-tnog etanola, tada je:

$$\text{iskorištenost} = 2808/1,04 \times 3000 \times 100 = 90\%.$$

2.3.2. Promjene sastojaka tijekom acetifikacije

Kemijski je sastav octa gotovo isti kao i kemijski sastav vina od kojega se proizvodi, osim nekih sastojaka koji su karakteristični za octeno vrenje, poput octene kiseline i nekih drugih. Octena je kiselina osnovni sastojak te je tipična za fermentaciju octa. Uočeno je da se tijekom industrijskog procesa, u cilju racionalizacije tehnologije vina, vrijednosti sastojaka pojedinih frakcija koji mogu biti hlapljivi ili nehlapljivi u odnosu na ocat ostaju nepromijenjene u odnosu na oba u vinu koje je podvrgnuto acetifikaciji. Dakle, postoje razlike koje se ne mogu mjeriti.

Posebno se može istaknuti sljedeće:

- suhi ekstrakt može pretrpjeti određeno smanjenje zbog nesrazmjera ukupne količine pada (redukcije) pojedinih sastojaka (nehlapljive kiseline, taninske tvari, glicerin). Ovo se smanjenje može zaustaviti u onim slučajevima kada se radi o nepotpunom izgaranju ili kada je potpuno izgaranje kompenzirano drugim oksidacijama kako bi došlo do promjena u sastojcima ekstrakta.
- sadržaj pepela i alkalnost pepela polagano se smanjuju kako bi sudjelovali u stvaranju neotopljenih soli alkalijskih i zemnoalkalijskih metala.
- konstantna kiselost ima tendenciju smanjenja zbog stvaranja neotopljenih soli ili zbog dekarboksilacije nekih kiselina ili zbog sudjelovanja u pretvaranju di-karboksilnih i tri-karboksilnih kiselina u jednovalentne komplekse. Međutim, primijećeno je da su promjene u normalnom sastavu izvan uobičajenih granica te ih je potrebno promatrati

neovisno o primarnom procesu acetifikacije i na određeni način staviti pod specifične pojave uslijed prirodnih promjena sa štetnim djelovanjem

- kemijski (u slučaju željeza, olova itd.), enzimski (oksidacija, peroksidacija, dismutacija itd.), fermentivne, kao što je fermentacija glicerida. Osim toga, neki postupci (bistrenje, dekolorizacija) mogu utjecati na koncentraciju nekih sastojaka koji su im potrebni za prijenos drugih tvari (kalcij, cink itd.). Zatim fizikalni proces adsorpcije bentonitom, ugljikom, fosilnim ostacima itd., gdje su promjene unutar 10-15% (Nikićević i Paunović, 2013.).

2.3.3. Bakterije octene fermentacije

Skupina bakterija koje uzrokuju octeno vrenje označava se generičkim nazivom “octene bakterije” (Slika 3.), a danas su okupljene u skupinu pod nazivom acetobacter koja uključuje oko 15 vrsta.



Slika 3. Octena bakterija, *Acetobacter aceti*

(Izvor: <https://www.sciencephoto.com/media/11858/view/acetobacter-bacteria-sem>)

2.3.4. Klasifikacija octenih bakterija

Klasifikacija octenih bakterija sa stajališta industrijske mikrobiologije najčešće se dijeli u 4 skupine po sirovinama na kojima se najčešće nalaze:

1. octene bakterije iz šire regije (*Bacterium oxidans, industrum*),
2. octene bakterije iz piva (*Bacterium aceti, acetosum, pasterianum, kutzingien, rancens*),
3. octene bakterije iz vina (*Bacterium ascendens, xilinoides*),

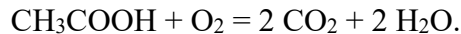
4. octene bakterije brze proizvodnje octa (*Bacterium acetigenum, schutzenbachi, curvum*).

Njihova se razlika uglavnom temelji na:

- a) obliku i prirodi membrane na površini tekućine,
- b) obliku stanica,
- c) tendenciji i mogućnosti acetifikacije,
- d) toleranciji na etanol i octenu kiselinu.

Ovisno o vrsti, octene bakterije pokazuju različitu otpornost, primjerice na sadržaj etilnog alkohola u vinu, što se odnosi na octenu kiselinu u octu. Tako neke vrste ne podnose sadržaj etanola, ne iznad 4-5%, druge vrste mogu podnijeti 9-10% etanola, a ponekad i više. Što se tiče octene kiseline, neke vrste podnose ukupnu kiselost 2-3%, dok ostali 7-9%. Posebnim je tehnikama moguće prilagoditi octene bakterije različitim koncentracijama etanola i octene kiseline (Nikićević i Paunović, 2013.).

Octene su bakterije sposobne oksidirati različite spojeve, a dobiveni proizvodi mogu biti bogati energijom, no neke bakterije poput *Acetobacter roncens, xylinum* i dr. također vrše potpunu oksidaciju octene kiseline u CO₂ i H₂O, prema jednadžbi:



2.3.5. Octene bakterije

Bakterije octene kiseline nalaze se posvuda u prirodi. Različitu ulogu imaju u prehrambenoj industriji. Nepoželjne su u proizvodnji alkoholnih pića, dok u proizvodnji octa predstavljaju radni organizam.

Bakterije octene kiseline su strogi aerobi koji pripadaju *Alphaproteobacteria* i imaju sposobnost djelomične oksidacije ugljikovih izvora u odgovarajući organski spoj, kao što je etanol u octenu kiselinu. Ova karakteristika ih čini vrijednim biokatalizatorima za niz korisnih primjena, ali istovremeno su i organizmi koji mogu prouzrokovati propadanje u nekim procesima fermentacije (Canonica i sur., 2014.).

Octene se bakterije razvijaju na površini tekućine za fermentaciju, pri čemu brzo troše velike količine kisika iz zraka. Tamo tvore površinsku membranu karakterističnu za različite vrste. Ova membrana može biti manje ili više (naborana) baršunasta ili čvrsta i sluzava. Povećava se

dok se ne potopi u tekućinu, stvarajući “octenu maticu” jer se na površini stvara nova membrana i tako se nastavlja (Nikićević i Paunović, 2013.).

S obzirom na sirovine na kojima nastaju, mogu se podijeliti na:

- a) octene bakterije žitne komine i sladovine,
- b) octene bakterije piva,
- c) octene bakterije vina,
- d) octene bakterije brze proizvodnje octa.

Prve dvije skupine octenih bakterija pojavljuju se kao kontaminanti u objektima za preradu žitne sirovine. One mogu zakiseliti kominu i sladovinu prije ili na samom početku alkoholnog vrenja, odnosno te bakterije mogu proizvesti octenu kiselinu iz šećera. S obzirom na to da se na taj način proizvode male količine octene kiseline, te bakterije nemaju značaj za industrijsku proizvodnju octa. Među njima su najvažnije *Acetobacter industrium* i *Acetobacter oxydans*.

U pivovarama se pojavljuju bakterije koje mogu zakiseliti gotovo pivo, kao što su: *Acetobacter pasterianus* i *Acetobacter aceti*. Ove bakterije mogu oksidirati octenu kiselinu u CO₂ i H₂O.

Najčešće kontaminirajuće bakterije u vinarijama su *Acetobacter ascendus* i *Acetobacter xylinum* koje lako kisele vina s niskim udjelom etanola. Bakterije koje su karakteristične za vino i koje često uzrokuju spontanu oksidaciju vina u ocat su iz roda *Acetobacter*: *Acetobacter orleanense* i *Acetobacter xylinoides*. Prethodno navedene dvije bakterije koriste se u pogonima za proizvodnju vinskog octa (Nikićević i Paunović, 2013.).

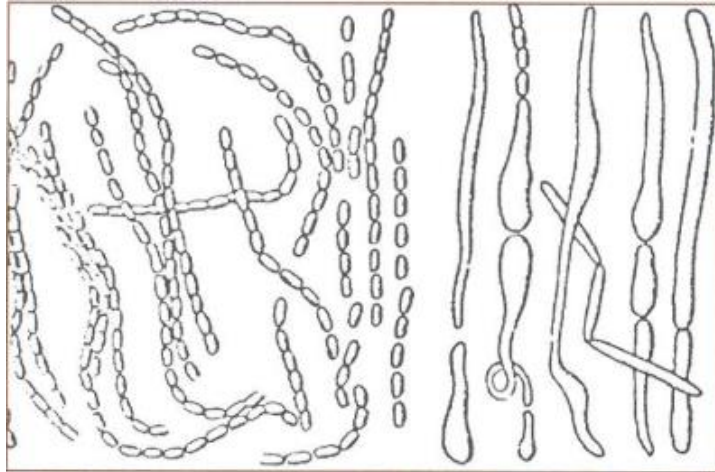
Mali broj bakterija ima zadovoljavajuće karakteristike za industrijsku proizvodnju octa. U industrijskoj proizvodnji octa koriste se posebno izolirane i odabrane bakterije koje imaju sljedeća svojstva:

- 1) brzo se razmnožavaju i lako rastu u sirovini sa 8-12% etanola u vodi i odgovarajućim hranjivim tvarima,
- 2) stvaraju tanku prevlaku na površini podloge koja lako tone na dno,
- 3) brzo proizvode octenu kiselinu s visokim prinosima,
- 4) formiraju sluzaste materije samo u neznatnim količinama.

Najčešće spominjane vrste u industrijskoj proizvodnji octa jesu sljedeće: *Acetobacter curvum*, *Acetobacter acetigenum*, *Acetobacter rancens*, *Acetobacter tobacter schutzenbachii*, *Acetobacter mesoxydans*. Sve ove vrste također su sposobne za peroksidaciju kojom oksidiraju

octenu kiselinu u CO₂ i H₂O. Neke od navedenih bakterija mogu oksidirati octenu kiselinu u pristunosti etanola, a što pak može uzrokovati smanjenje prinosa.

Razlike među octenim bakterijama (Slika 4. i Slika 5.) najčešće se temelje na obliku i prirodi membrane na površini tekućine, obliku stanica, sposobnosti i sklonosti stvaranja octene kiseline te na toleranciji koncentracija etanola i octene kiseline (Nikićević i Paunović, 2013.).



Slika 4. *Bact. posteuranum* Hansen: normalne stanice, nepravilne stanice i hipertrofične
(Izvor: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-proizvodnje-sirceta>)



Slika 5. Morfološki izgled *Bact. xylanum* Brown
(Izvor: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-proizvodnje-sirceta>)

2.4. Procesi proizvodnje octa

2.4.1. Stari način

Stari način proizvodnje octa je dugotrajan način, a služi za dobivanje vinskoga octa s 3% do 5% octene kiseline. U brojnim vinogradarskim krajevima i danas se vinski ocat proizvodi na ovaj način. Vino se najčešće ostavlja u bačvama na suncu, na prikladnom toplom mjestu. Proces proizvodnje octa na ovaj način odvija se sporo i moguće je dobiti kvalitetan ocat, a iskoristivost se kreće od 40% do 50%. Bolji se rezultati postižu zagrijavanjem jednog dijela vina do vrenja koji se onda dodaje ostatku vina čime se stvaraju povoljniji uvjeti u kojima se aktiviraju octene bakterije i čime se ubrzava proces octene fermentacije. Suština procesa je stvaranje opne od octenih bakterija na mirnoj površini vina.

2.4.2. Orleanski način

Orleanski ili francuski način najstariji je način proizvodnje octa, poznat još od 1670. godine. Ovaj način bio je jedini način za dobivanje čistog vinskog octa i bio je najbolji postupak za proizvodnju visokokvalitetnog stolnog octa (Akhtar i sur. 2014.). Sastoji se od sporog procesa fermentacije octa u vinskoj bačvi koja je smještena u toplim prostorijama kako bi se komina održala na temperaturi od 24°C. Kvaliteta octa i iskoristivost do 80% ovise o kvaliteti vina i uvjetima proizvodnje. Proces bi se trebao voditi na način da ostane dovoljna količina neprerađenog etilnog alkohola, što omogućuje naknadne procese esterifikacije, pri čemu nastaju esteri koji octu daju aromu.

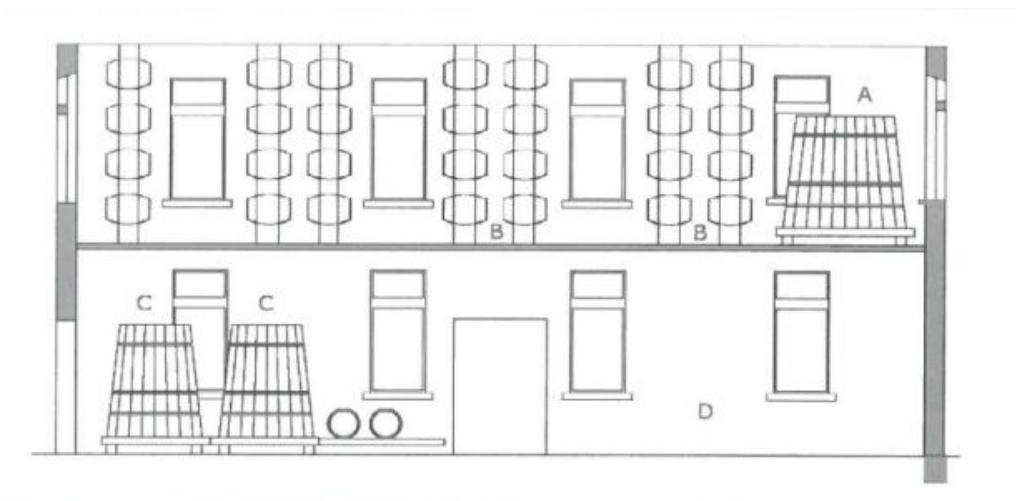
Po orleanskom načinu proizvodnje octa, proizvodnja teče sporo, ali se dobiva najkvalitetniji ocat. Temperatura fermentacije trebala bi biti oko 24°C. Oksidacija se ne odvija ispravno ukoliko je temperatura niža ili viša. Na temperaturi od 7 do 8°C bakterije ne mogu djelovati te time oksidacija prestaje. Sadržaj kiseline ne smije pasti ispod 4% jer tada postoji opasnost od infekcije. Zbog toga ne treba dodavati velike količine vina, već malo po malo i postupno.

U bačvu koja ima oko 230 litara i kojoj su na gornjem dijelu prednjeg i stražnjeg dna izbušene rupe od nekoliko centimetara, a zbog lakšeg dovoda zraka, ulije se do 100 litara dobrog octa. Na taj se ocat nalije samo 2 litre vina. Zatim se nakon 8 dana ulije oko 3 litre i ostavi stajati još 8 dana. Nadalje se vino dodaje u sve većoj količini dok se bačva ne napuni do otvora za zrak. Tijekom rada se na površini stvara ksilinska kožica, matica, nositeljica bakterija. Potrebno je provjeravati čistoću i svojstva te kožice (Slika 6.).

Dva tjedna nakon što je ocat napunjen do otvora, svo vino (komina ili drugi materijal) se ukiselilo i treba ga ocijediti. Tada je ocat gotov. Na dva načina može se ocijediti gotov ocat:

prvi način je da se sve istoči i započne proces ispočetka kao što je opisano. Drugi način je da se ocijedi samo desetak litara octa i da se doda isto toliko vina te se postupak treba ponavljati svakih osam dana.

Oksidacija se odvija brže ukoliko je spremnik plitak, ali dolazi do većeg gubitka zbog isparavanja alkohola i octene kiseline kao i zbog procesa superoksidacije. U većim spremnicima od 230 litara, iskoristivnost je preko 80%. (<https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-proizvodnje-sirceta>)



Slika 6. Proizvodnja octa orleanskim načinom

(Izvor: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-proizvodnje-sirceta>)

2.4.3. Pasteurov način

Pasteur je bio francuski kemičar i biolog koji je otkrio nedostatke orleanskog načina proizvodnje octa te je uveo postupak s pasteriziranim vinom i čistim kulturama octenih bakterija. Uzeo je plitke spremnike složene stepenasto umjesto bačava. Ukazujući na ulogu ovojnice octenih bakterija i činjenicu da ona ne smije tonuti budući da se na njoj površini etilni alkohol oksidira u octenu kiselinu, otklonjeni su nedostaci prethodno navedenih načina proizvodnje octa. Pasteurov postupak proizvodnje octa je tehnički dotjeraniji postupak, fermentacija nije prepuštena slučaju, a sami gotovi proizvodi su puno kvalitetniji (Barja i Bourgeois, 2009.).

Pasteurov način proizvodnje octa (Slika 7.) je usavršeni orleanski način tako što je Pasteur uveo sljedeće:

1. pasterezacija vina,
2. inokulacija čistim kulturama,
3. iskonstruirani spremnik tako da ne može doći do infekcije izvana.

Pasteurov spremnik je plitak i širok (dno je oko 1 m², visina spremnika je oko 30-50 cm). Rupe za zračenje nalaze se iznad mjesta punjenja vina. Te su rupe prekrivene tankim mrežicama od organtina ili neke druge tkanine kako bi se spriječio ulazak mušica i drugih nametnika koji prenose štetne bakterije. Na dnu se nalazi termometar za mjerenje temperature. Također se na dnu nalazi još jedna savijena staklena cijev kroz koju se puni tekućina, a pomoću nje se može kontrolirati i visina tekućine u spremniku. Ona služi za otakanje tako da se okrene prema dolje. Spremnik je s gornje strane zatvoren poklopcem. Unutrašnjost spremnika premazana je venturom (mješavinom kolofonije i parafina).

Postoje i suvremeniji načini proizvodnje octa, a svi se temelje na načelu koje je već uspostavio Pasteur svojim načinom proizvodnje, a to su:

1. prethodna pasterezacija sirovine,
2. inokulacija sirovina čistim kulturama odabranih bakterija octene fermentacije,
3. uklanjanje infekcije koliko god je to moguće,
4. jaka radijacija za najbolju moguću oksidaciju,
5. održavanje povoljne temperature sirovina oko 24°C,
6. kontroliranje te fermentacije pregledom i mikroskopiranjem ovojnice kao nositelja bakterija, kako bi se uvjerali u čistoću kulture i njen pravilan rad.

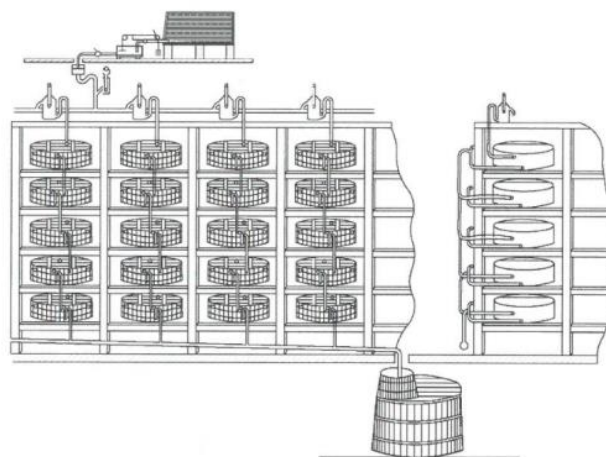
Orleanska i Pasteurova metoda proizvodnje octa daju najbolji ocat, ali radi se sporo i proizvodni kapacitet je mali. Zato se u većim destilerijama koriste druge metode poput modificirane Boerhaaveove metode.

Proizvedeni ocat treba skladištiti u za to pripremljene bačve. Bačve se moraju održavati u zdravom i čistom stanju sumporenjem. Sumporenje se vrši svaka 1-2 mjeseca.

Od zdravog i dobrog vina može se proizvesti dobar ocat. Iz toga razloga je potrebno vino čuvati od kvarenja. Od pokvarenog vina također se može napraviti ocat, no prethodno bi se moralo pasterezirati, a nakon toga trebala bi se provesti inokulacija čistim kulturama. Ako je vino u potpunosti pokvareno, od njega se ne može napraviti ocat (Bekatorou, 2019.).

Ocat će biti mutan ukoliko je zaražen jeguljom. Filtriranjem se može popraviti takav ocat. Octene jegulje brzo ugibaju i padaju na dno u zatvorenoj i punoj bačvi pa se može otočiti i odvojiti od taloga čim se ocat izbistri.

Ocat je bolje kvalitete što dulje stoji. Alkohol s octenom kiselinom stvara estere koji octu daju ugodan i blag miris, a oštar i jak miris octene kiseline sve više zamjenjuje fini miris estera. Da bi se taj proces sazrijevanja završio, potrebno je da ocat netaknut odleži u bačvama dva do tri mjeseca. Prirodno čišćenje octa ponekad ide dosta sporo. Potrebno je prvo ocat razbistriti. Mutnoća u octu dolazi iz različitih mehaničkih, kemijskih i bioloških uzroka. Veće čestice uklanjaju se bistrenjem (najčešće želatinom), a manje čestice uklanjaju se filtriranjem. Ti se poslovi obavljaju istim sredstvima kao i kod vina. Ako se u octu pojavi zamućenje zbog prisutnosti spojeva željeza, tada se zamućenje može ukloniti plavim bistrenjem (<https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-proizvodnje-sirceta>).

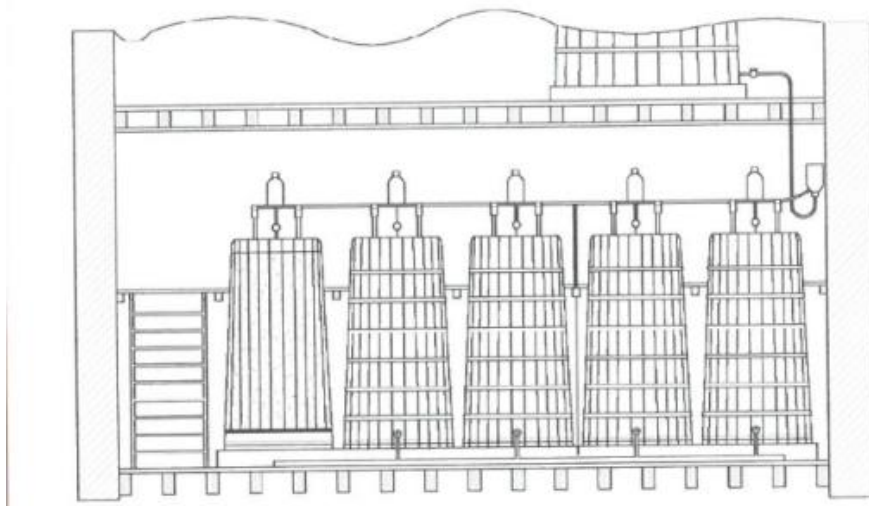


Slika 7. Proizvodnja octa Pasteurovim načinom

(Izvor: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-proizvodnje-sirceta>)

2.4.4. Boerhaaveov način

Na taj su način unesene značajne promjene kako u spremnike tako i u vođenje samog procesa octene fermentacije. Uvođenjem spremnika punjenih rastresitim materijalima i povremenim prebacivanjem komine iz jednog spremnika u drugi proces se ubrzava i postižu se bolji rezultati nego orleansovom metodom i Paustеровom metodom. Ovaj proces je dugotrajan, a rezultati znatno zaostaju u odnosu na rezultate brzih postupaka (Slika 8.).



Slika 8. Proizvodnja octa Boerhaaveovim načinom

(Izvor: <https://supremevinegar.com/quickly-make-vinegar-semi-quick-process-making-vinegar-boerhaave-process/>)

2.4.5. Brzi postupci

Schützenbach je uveo brzu metodu pogodnu za korištenje sirovina s nižim sadržajem ekstraktivnih tvari pa se uglavnom koristi za proizvodnju octa iz razrijeđene otopine etilnog alkohola. Međutim, vina sadrže mnogo ekstraktivnih tvari pa se tako ne može proizvesti čisti vinski ocat jer se u spremnicima stvara sluz. Po potrebi se može koristiti mješavina vina i etilnog alkohola. Spremnici su ispunjeni spiralama od bukovog drva (Slika 9.) radi povećanja oksidacijske površine. Na 1 m³ zapremnine spremnika stavlja se oko 200 kg bukovih spirala. Spremnici su drveni, u obliku porubljene čaše. Radom u jednom spremniku može se dobiti 8-10 %-tni ocat, a ocat s 10-12%-tnom octenom kiselinom dobiva se radom u 2 ili više spremnika. Naizmjenično kruže povratni, novonastali ocat i alkoholna komina. Tijekom normalnog rada performanse se postižu na ovaj način, odnosno prerada 2,5 litara 100%-tnog etilnog alkohola na 1 m³ oksidacijskog prostora.



Slika 9. Bukove spirale

(Izvor: https://www.researchgate.net/publication/334747819_Vinegar_Engineering_a_Bioprocess_Perspective)

2.4.6. Fringsov način

Glavne karakteristike Fringsovog načina proizvodnje octa su veliki kapacitet, kontinuirani rad i brzina te mogućnost promjene tempa proizvodnje (Slika 10.). Kako je orleanski proces spor, ovaj postupak je prilagođen kako bi pokušali ubrzati proces. Ovaj postupak koristi uspravan generator napunjen piljevinom od bukovine i opremljen uređajima koji omogućavaju alkoholnoj otopini da kaplje niz piljevinu u kojoj žive bakterije octene kiseline (Admassu i sur., 2012.). U praksi se koriste dva osnovna tipa uređaja ovog sustava: poluautomatski strojevi s dnevnom preradom od 25 do 100 litara 100%-tnog etilnog alkohola i potpuno automatski strojevi s većim kapacitetima. Kako bi se normalno odvijao proces proizvodnje octa u aparatu, nužna je priprema (kao i kod Schützenbachova postupka) koja se sastoji u tzv. zakiseljavanju. U tu se svrhu uzima najkvalitetniji, svježe proizvedeni ocat s kojim se praktički unose bakterije octene fermentacije potrebne za dobar rad. Priprema se sastoji u kruženju octa kroz bukove spirale tijekom 8-10 dana. Proces proizvodnje sastoji se od kontinuirane cirkulacije alkoholne komine koja se pumpa u uređaj. Sastav komine ovisi o vrsti octa koja se proizvodi. Za proizvodnju alkoholnog octa s 10% octene kiseline služi komina s 11 vol.% etilnog alkohola. Kroz kružni razvodnik, koji se nalazi iznad prostora s bukovim spiralama, komina se neprestano prelijeva, a zrak se ventilatorom potiskuje u suprotnom smjeru. Količina protoka komine i zraka regulira se na temelju stanja procesa i temperaturnog režima te održavanja optimalnih temperatura cirkulacijom i hlađenjem komine. Kod poluautomatskih uređaja količina protoka komine i zraka, kao i hlađenje, reguliraju se ručno na temelju iskustva, a kod automatskih uređaja hlađenje se regulira kontaktnim termometrima preko kojih se regulira i protok komine, automatski u skladu s odvijanjem procesa (www.tehnologijahrane.com, 2023.)



Slika 10. Fringsovi generatori

(Izvor: <https://www.biologydiscussion.com/industrial-microbiology-2/vinegar-fermentation-process/submerged-vinegar-fermentation-using-frings-acetator-industrial-microbiology/86558>)

Prethodno navedeni brzi postupci služe samo u proizvodnji alkoholnog octa.

2.4.7. *Submerzni postupci*

Ove postupke karakterizira velika brzina octene fermentacije u takozvanim acetatorima, odnosno spremnicima jednostavne konstrukcije. Tijekom ovih postupaka ne povećava se oksidacijska površina i mogu se proizvesti sve vrste octa, što se ranijim načinima nije moglo postići. Octene bakterije nisu u mogućnosti uzimati kisik iz plinovite faze zraka pa je osnovni uvjet ovih postupaka propuštanje dobro raspršenog zraka kroz otopinu alkohola kako bi se kisik iz zraka otopio. Ovim postupkom moguće je oksidirati 20 litara 100%-tnog etanola po 1 m³ u 24 sata. Zbog velike osjetljivosti bakterija na prekid dovoda kisika, uz acetator potreban je i generator za proizvodnju električne energije. Najbolja temperatura za proizvodnju octa ovakvom metodom jest 30°C (Tan, 2005.).

Za sve navedene procese proizvodnje octa, osim submerznog, karakteristično je da se odvijaju na površini alkoholne tekućine pa učinak proizvodnje octa ovisi o veličini površine. Naime, na površini alkoholne tekućine do koje dopire zrak postižu se aerobni uvjeti potrebni za vitalne funkcije octenih bakterija, odnosno za fermentaciju octa. Stoga se povećanjem oksidacijske površine ubrzava, odnosno povećava proizvodnja octa. To su razni autori koristili za uvođenje

novih načina proizvodnje pa je proces u kojemu alkoholne tekućine miruju prešao na procese s prelijevanjem, što je povećalo površinu za oksidaciju i omogućilo ostvarenje velikih proizvodnih kapaciteta. Različiti materijali koriste se za povećanje oksidacijske površine.

2.5. Kontrola kvalitete

Kvaliteta octa ovisi o kvaliteti i vrsti sirovine, ali i o načinu i uvjetima proizvodnje. Tako se, primjerice, brzom oksidacijom vina u automatskim uređajima gube hlapljive tvari, a dobiveni vinski ocat sadrži manje sastojaka bukea. Obično se na taj način dobiva ocat svjetlije boje, no tržište traži crni vinski ocat, što znači da se za proizvodnju trebaju koristiti ružičasta, pa i crna vina, jer propisi ne dopuštaju naknadno bojenje. Submerznim postupkom u acetatorima dobiva se vinski ocat koji po kvaliteti ne zaostaje za dobrim vinskim octom proizvedenim klasičnim postupcima u komini.

Kvaliteta voćnog octa ne zaostaje za kvalitetom vinskog octa ako se proizvodi submerznim načinom u acetatorima. Sve vrste octa proizvedene octenom fermentacijom osim octene kiseline i odgovarajućeg ekstrakta sadrže i određene količine aminokiselina korisnih u ljudskoj ishrani.

Prirodni ocat treba sadržavati najmanje 4%, a najviše 15% octene kiseline. Ukoliko ocat sadrži više od 15% octene kiseline, ne može se nazvati prirodnim octom. Budući da octene bakterije ne mogu stvoriti veće koncentracije octene kiseline od 15%, u tom se slučaju kiselina dodaje umjetno. Prirodni ocat treba biti dobiven fermentacijom dobrih octenih bakterija, a ne smije sadržavati octene jegulje, niti razne nečistoće (<https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-proizvodnje-sirceta>).

3. METODE RADA

Ovaj završni rad pripada kategoriji preglednih radova. Napisan je korištenjem stručne literature iz pripadnog područja. U ovom su radu korišteni izvori poput stručnih i znanstvenih članaka te su korišteni i razni internetski izvori. Prilikom izrade ovoga rada najviše korištena metoda izrade jest povijesna metoda koja je korištena kod navođenja podataka o tradicionalnim metodama proizvodnje octa. Također, prilikom zaključivanja korištena je induktivna metoda.

4. ZAKLJUČAK

Ocat zauzima vrlo važno mjesto u proizvodima ljudske prehrane. Nezamjenjivi je dodatak zbog svoje nutritivne vrijednosti. Za najkvalitetniji ocat smatra se jabučni ocat, dok je vinski ocat zauzima drugo mjesto po kvaliteti. Iako je tehnologija u proizvodnji octa znatno napredovala, te se ubrzao proces proizvodnje i povećala kvaliteta proizvoda, može se zaključiti da je za postizanje vrhunske kvalitete voćnog octa od sirovina sa puno ekstrakta, dobro koristiti starije tradicionalne metode proizvodnje. Ovim metodama se produžuje vrijeme oksidacije alkoholnih sirovina i kada imamo sirovine bogate ekstraktom, poput jabučnog vina, postizemo maksimalno očuvanje hlapivih spojeva pa tako i sastojaka koje posebno pozitivno doprinose buke-u proizvoda. Budući smo zemlja sa tradicijom proizvodnje vina i voća postoje značajne mogućnosti za širenjem proizvodnje kvalitetnog octa proizvedenog u malim pogonima na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima.

5. POPIS LITERATURE

1. Hailu, S., Admassu, S., Jha, Y. K. (2012.): Vinegar production Technology. Department of Chemical Engineering, P.O.Box:385, Addis Ababa Institute of Technology (AAiT), Addis Ababa University, Ethiopia, <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09196-x>
2. Akhtar, R., Amin, T., Bhat, S. V. (2014.): An Overview on the Biological Production of Vinegar. Department of Food Technology, Islamic University of Science & Technology, Awantipora, J&K, India 1921 22, <http://dx.doi.org/10.5958/2321-712X.2014.01315.5>
3. Allgeier, R.J., Connor, H.A., Nickol, G.B. (1974.): Vinegar: History and development. Food Prod. Dev., 69-71, <https://doi.org/10.3311/PPch.11004>
4. Aykin, E., Budak, N.H., Greene, A.K., Guzel-Seydim, Z.B., Seydim, A.C. (2014.): Functional Properties of Vinegar. Institute of Food Technologists, <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12434>
5. Barja, F., Bourgeois, J. F. (2009.): The history of vinegar and of its acetification systems. *Arch. Sci* 62: 147-160., <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12440>
6. Bekatorou, A. (2019.): Advances in Vinegar Production. Contemporary Food Engineering Series, Ireland, <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02328-w>
7. Budak, H.N., Guzel-Seydim, Z.B. (2010.): Antioxidant activity and phenolic content of wine vinegars produced by two different techniques. *Science of Food and Agriculture*, <https://doi.org/10.1002/jsfa.4047>
8. Canonico, M., Gullo, M., Verzelloni, E. (2014.): Aerobic submerged fermentation by acetic acid bacteria for vinegar production: Process and biotechnological aspects. Department of Life Sciences, University of Modena and Reggio Emilia, Italy, <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.07.003>
9. Castro, R., Duran-Guerrero, E., Luzon-Quintana, L. M. (2021.): Biotechnological Processes in Fruit Vinegar Production. Analytical Chemistry Department, Faculty of Sciences-IVAGRO, Agrifood Campus of International Excellence, University of Cadiz, Spain, <https://doi.org/10.3390/foods10050945>
10. Coelho, E., Genisheva, Z., Oliveira, J.M. (2017.): Vinegar production from fruit concentrates: effect on volatile composition and antioxidant activity. *J Food Sci Technol* 54, 4112–4122, <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2783-5>
11. Fazry, S., Ho, C.W., Lazim, A.M., Lim, S.J., Zaki, U.K. (2016.): Varieties, production, composition and health benefits of vinegars. School of Chemical Sciences and Food Technology, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.128>
12. Garcia-Parrilla, M., Mas, A., Torija, M. J., Troncoso, A. M. (2014.): Facultad de Enología, Universitat Rovira i Virgili, Spain, <https://doi.org/10.1155/2014/394671>

13. Kulkarni, S.J. (2015.): Research and Studies on Vinegar Production. Chemical Engineering Department, Int J Sci Res Sci Tech, 146-148, <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6659-1>
14. Nemeth, A., Vidra, A. (2018.): Bio-produced Acetic Acid. Periodica Polytechnica Chemical Engineering, <https://doi.org/10.3311/PPch.11004>
15. Nikićević, N., Paunović R. (2013.): Tehnologija jakih alkoholnih pića. Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1257.
16. Nikićević N., Tešević V. (2009.): Jaka alkoholna pića (analitika i praksa). Univerzitet u Beogradu, Beograd, 410.
17. Tan, S.C. (2005.): Vinegar fermentation. University of Louisiana at Lafayette, <https://ucfoodsafety.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk7366/files/inline-files/192137.pdf>
18. Tehnologija hrane. <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-proizvodnje-sirceta> (pristup:04.09.2023.)