

PROIZVODNJA VOĆNOG OCTA KORIŠTENJEM TRADICIONALNIH METODA

PRODUCTION OF FRUIT VINEGAR USING TRADITIONAL METHODS

T. Soldo, Jasmina Mladenović, Mirela Mezak Matijević

SAŽETAK

Voćni ocat fermentirani je proizvod dobiven dvostupanjskim biološkim procesom koji uključuje alkoholnu fermentaciju šećera pomoću kvasaca i naknadnu octeno-kiselinsku fermentaciju etanola pomoću bakterija octene kiseline. Ovaj rad donosi pregled metoda proizvodnje octa s naglaskom na tradicionalne metode proizvodnje, kao i utjecaj kvalitete sirovine, vrste mikroorganizma i tehnoloških postupaka na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva konačnog proizvoda. Detaljno su opisane metode acetifikacije, uključujući površinsku (npr. Orleansku, Schützenbachovu) i potopljenu fermentaciju, te njihova učinkovitost u komercijalnoj proizvodnji. Istaknuta je važnost polifenolnog sastava sirovina za antioksidativnu aktivnost octa, kao i zdravstveni učinci konačnog proizvoda.

Cilj je rada naglasiti potencijal voćnog octa kao funkcionalne hrane i važnog proizvoda, osobito iz aspekta zdravlja. Integracijom tradicionalnih metoda proizvodnje i tehnoloških inovacija moguće je postići visoku kvalitetu proizvoda te povećati njegovu ekonomsku isplativost, što može doprinijeti održivom razvoju ruralnih gospodarstava.

Ključne riječi: voćni ocat, alkoholna fermentacija, octena fermentacija Orleanska metoda, Schützenbachova metoda, tradicionalne metode

ABSTRACT

Fruit vinegar is a fermented product obtained through a two-stage biological process involving the alcoholic fermentation of sugars by yeast, followed by acetic acid fermentation of ethanol by acetic acid bacteria. This paper provides an overview of the methods of vinegar production, emphasizing traditional techniques, and evaluates the effect of raw material quality, microbial species,

and technological processes on the physicochemical and sensory properties of the final product. Detailed descriptions of acetification methods, including surface fermentation (e.g., Orleans and Schützenbach methods) and submerged fermentation, and their efficiency in commercial production, are given. The importance of the polyphenolic composition of the raw materials for the antioxidant effect of the vinegar, and the associated health benefits, is emphasised.

This overview aims to emphasise the potential of fruit vinegar as a functional food and valuable product, especially from a health perspective. By integrating traditional production methods with technological innovations, high product quality can be achieved and economic profitability improved, contributing to the sustainable development of the rural economy.

Keywords: fruit vinegar, alcoholic fermentation, acetic fermentation, Orleans method, Schützenbach method, traditional methods

UVOD

Ocat je sastavni dio ljudske prehrane te se od davnina naširoko koristio kao konzervans, začim, aromatizator, zdravo piće te u drevnoj medicini zbog svojih ljekovitih svojstava (Solieri i Giudici, 2009.). Babilonci su ocat pripremali od soka palme datulje, vina od datulja, vina od grožđica te od piva. Može se dobiti od bilo kojeg izvora ugljikohidrata, škrobnog ili šećernog supstrata kroz dvije uzastopne fermentacije: alkoholnu, koja se provodi uz pomoć kvasaca, i octenu fermentaciju s octenim bakterijama kao protagonistima (Luzón-Quintana i sur., 2021.).

Tradicionalna proizvodnja octa dugo se provodila u drvenim bačvama, a posljednjih 200 godina stalno se unaprjeđuje uvođenjem bržih i učinkovitijih metoda proizvodnje (Hailu i sur., 2012.). Proizvodnja voćnog octa, kao način iskorištavanja voćnih nusproizvoda predstavlja opciju koja se široko koristi u prehrambenoj industriji, budući da se višak ili druga klasa voća može koristiti bez ugrožavanja kvalitete konačnog proizvoda (Luzón-Quintana i sur., 2021.).

Voćni ocat sastoji se od raznih organskih kiselina, aminokiselina i hlapljivih spojeva te je prepoznat kao funkcionalna hrana s mnogim zdravstvenim prednostima. Sirovine za njegovu proizvodnju dolaze isključivo iz poljoprivrede, a fermentacija se odvija prirodnim putem uz kontrolirane uvjete. Ocat ima širi značaj u prehrani, zdravlju i zaštiti okoliša, čime se izdvaja od konvencionalnih proizvoda.

Tradicionalni ocat proizvodi se u dvama uzastopnim procesima vrenja: alkoholnim vrenjem i octeno-kiselim vrenjem. Tijekom alkoholnog vrenja, kvasac *Saccharomyces cerevisiae* pretvara fermentabilne šećere u različitim sirovinama u alkohol etanol, a zatim se uvode bakterije octene kiseline prilikom čega etanol oksidira u octenu kiselinu (Chen i sur., 2016.). Luzón-Quintana i sur. (2021.) navode kako priprema i proizvodnja soka za preradu octa različitim postupcima, kao i različiti uvjeti i načini alkoholne i octene fermentacije, značajno utječu na konačne karakteristike proizvedenog octa. Kod alkoholne fermentacije, izbor između spontanog ili inokuliranog postupka, zajedno s mikroorganizmima prisutnim u procesu, ima poseban značaj, dok je za octenu fermentaciju vrsta korištenog sustava acetifikacije (površinski ili potopljeni) jedan od najbitnijih čimbenika za konačna fizikalno-kemijska svojstva voćnog octa (Luzón-Quintana i sur., 2021.). Isti autori navode kako uporaba komercijalnih inicijatora za pokretanje octene fermentacije, termotolerantnih bakterija koje bi omogućile provođenje octene fermentacije na višim temperaturama, te uporaba inovativnih tehnologija kao što su visoki hidrostatski tlak, ultrazvuk, mikrovalovi i pulsirajuće električno polje, mogu biti učinkoviti u proizvodnji visokokvalitetnog voćnog octa.

PROIZVODNJA VOĆNOG OCTA

1. Odabir sirovine

Sirovine koje se koriste za proizvodnju octa imaju važnu ulogu u konačnim karakteristikama gotovog proizvoda. U Hrvatskoj se uglavnom proizvodi vinski ocat, što je razumljivo budući da smo zemlja sa značajnim površinama i tradicijom u proizvodnji vina. U posljednje je vrijeme prisutan trend proizvodnje octa od raznih vrsta kontinentalnog voća, poput octa proizvedenog od jabuka, krušaka te jagodastog voća. Jedan od razloga tog trenda jest i činjenica da voće sadrži brojne bioaktivne i zdravstveno korisne spojeve, poputaminokiselina, organskih kiselina, polifenola, vitamina i mineralnih tvari (Sengun i sur., 2019.). Dobar izvor polifenola je jabuka (*Malus domestica* L.). Juhart i sur. (2022.) navode kako su plodovi jabuke bogati polifenolima poput kvercetina, kvercetin-3-glukozida, kvercetin-3- O- galaktozida, cijanidin-3-galaktozida, epikatehina, katehina, galna te hidroksibenzojeve kiseline. Brusnica (*Vaccinium subg. Oxycoccus* L.) sadrži fenolne kiseline (benzojeva kiselina, p -kumarinska kiselina, kofeinska kiselina) i flavonoide (cijanidin-3-O-galaktozid, miricetin, peonidin-3-O-galaktozid i kvercetin) (Wang i sur., 2011.). Ove informacije potvrđuju važnost kemijskog sastava početne sirovine za konačnu kvalitetu voćnih octova.

2. Fermentacija

Voćni ocat proizvodi se alkoholnom fermentacijom različitih voćnih sirovina, nakon čega slijedi octeno-kiselinska fermentacija, a detaljni se procesi uvelike razlikuju ovisno o različitim načinima proizvodnje (Shin i sur., 2021.). Tijekom alkoholnog vrenja, kvasac *Saccharomyces cerevisiae* pretvara fermentabilne šećere iz voćne sirovine u alkohol etanol, a zatim se uvode bakterije octene kiseline i etanol se oksidira u octenu kiselinu (Chen i sur., 2016.).

Voćni ocat proizvodi se brzim ili sporim procesima fermentacije. U sporom ili prirodnom procesu, bačve s voćnim vinima ostavljaju se otvorene na sobnoj temperaturi, te tijekom razdoblja od nekoliko mjeseci voćni sokovi fermentiraju u alkohol, a zatim oksidiraju u octenu kiselinu. Spore metode koriste se u tradicionalnoj proizvodnji, a fermentacija se odvija polako, tijekom tjedana ili čak mjeseci. Dulje razdoblje fermentacije omogućuje nakupljanje netoksične sluzi koja se sastoji od bakterija octene kiseline i topljive celuloze, poznate i kao "majka octa" (Hailu i sur., 2012.). Fermentacija je ključni proces u proizvodnji voćnih octova, tijekom kojeg se mnogi hlapljivi spojevi, polifenoli i organske kiseline mijenjaju kemijskim i mikrobnim djelovanjem (Luzón-Quintana i sur., 2021.).

3. Alkoholna fermentacija

U prvom stupnju proizvodnje octa, šećeri glukoza i fruktoza prisutni u voćnom soku u anaerobnim se uvjetima podvrgavaju alkoholnoj fermentaciji, koja se odvija uz pomoć kvasaca, a kao rezultat procesa nastaju etilni alkohol i CO₂. U pravilu su to kvasci iz roda *Saccharomyces*, koji pripadaju porodici *Saccharomycetaceae*. Najčešće se vrenje izvodi s nekim od selekcija vrste *Saccharomyces cerevisiae*. Joshi i sur. (2002.) proučavali su proizvodnju vina od jabuke pomoću sojeva kvasaca koji pripadaju vrstama *Saccharomyces cerevisiae* i *Saccharomyces bayanus* te zaključili da bi odabir soja kvasca mogao utjecati na profil okusa fermentiranog vina. Određeni soj kvasca može utjecati na brzinu fermentacije, sadržaj etanola, šećera, tanina, estera, metanola i hlapljivih kiselina. Istraživanje Kawa-Rygielske i sur. (2018.) pokazuje da upotreba vrste *Saccharomyces bayanus* za provođenje alkoholne fermentacije soka crvenog drijena (*Cornus mas L.*) značajno povećava sadržaj biološki aktivnih spojeva i antioksidativno djelovanje.

Trajanje alkoholne fermentacije ovisi o sadržaju šećera u voćnom soku, koji izražavamo u Brixu, a o njemu ovisi i količina alkohola u budućem voćnom

vinu (Leonés i sur., 2019.). Znatniji utjecaj na trajanje alkoholne fermentacije ima i odabir kvasaca. Vrijeme fermentacije ovisi i o upotrijebljenom voću, njegovom fizičkom stanju, koncentraciji mikroorganizama, kao i temperaturi fermentacije (Luzón-Quintana i sur., 2021.). Alkoholna fermentacija može se provesti spontanom fermentacijom ili korištenjem starter-kultura, što također utječe na trajanje fermentacije i svojstva konačnog proizvoda (Ubeda i sur., 2013.). Osim etanola, tijekom alkoholne fermentacije nastaju i brojni nusproizvodi, uključujući glicerol, koji je nakon etanola drugi najvažniji alkohol koji bakterije octene kiseline koriste. Višak glicerola može smanjiti prinos etanola tijekom proizvodnje vina. Glicerol može znatno pridonijeti kvaliteti vina, dajući mu slatkoću i punoću, a djeluje i kao izvor ugljika za vrste iz roda *Acetobacter*, istovremeno štiteći ih od nepovoljnih uvjeta kao što je visoka pH vrijednost (Ribéreau-Gayon i sur., 2006.). Na taj način bakterije octene kiseline mogu dulje preživjeti i rasti u mediju koji sadrži glicerol. Omjer etanol glicerol ključan je parametar za kvalitetu octa. Za optimalan tijek acetifikacije poželjan je visok omjer etanola i glicerola. Neke od znanstvenih istraživačkih studija koje uključuju omjer etanola i glicerola proveo je Lea (1989.) gdje je u jabučnom octu glicerol bio prisutan u koncentraciji od 0,23–0,56 %.

4. Octena fermentacija

Bakterije octene kiseline su gram-negativne, elipsoidne do štapičaste stanice koje imaju aerobni metabolizam s kisikom kao završnim akceptorom elektrona (Gonzales i sur., 2004.). Sun (2019.) navodi da one mogu preživjeti i u anaerobnim uvjetima te u uvjetima s nižim koncentracijama kisika, jer umjesto kisika mogu koristiti i kinone kao akceptore elektrona. Visoka koncentracija etanola u početnim fazama fermentacije i visoka pH vrijednost u srednjoj i završnoj fazi fermentacije upućuju na to da većina prisutnih bakterija pripada bakterijama octene kiseline, pa biotransformaciju etanola u octenu kiselinu obično obavljaju upravo te bakterije (Luzón-Quintana i sur., 2021.). *Acetobacter aceti* najzastupljenija je vrsta octene bakterije koja se koristi za proizvodnju octa i optimalno djeluje na temperaturi od 28 °C uz dobru aeraciju. Najniža temperatura koju može podnijeti iznosi 20 °C, a najviša 33 °C. Ispod i iznad tih temperatura ne dolazi do pretvorbe alkohola u octenu kiselinu (Hailu i sur., 2012.). Ipak, postoje istraživanja koja pokazuju da određeni izolirani i kultivirani sojevi iz roda *Acetobacter* mogu djelovati i pri višim temperaturama. Tako su Maal i sur. (2010.) izolirali i opisali novi soj *Acetobacter* iz iranske breskve, koji je uspješno kultiviran u modificiranom Carrovom mediju s 2,5 i 5 % etanola na visokim temperaturama od 34 do 40 °C nakon 96 sati.

Oksidacija etanola u octenu kiselinu egzotermna je reakcija, stoga visoke temperature mogu inhibirati octene bakterije i povećati isparavanje hlapljivih spojeva poput etanola ili octene kiseline, što umanjuje kvalitetu i prinos octa. Stoga je potrebno osigurati tehničke mogućnosti kojima bi se tijekom fermentacije kontrolirala temperatura u svim fazama proizvodnje octa. U proizvodnji octa još se uvijek najviše koristi spontana fermentacija u odnosu na uporabu selekcioniranih octenih bakterija i korištenje starter-kultura, što je razumljivo uzimajući u obzir visoku cijenu starter-kultura i relativno nisku cijenu proizvodnje octa spontanom putem. Sve je više istraživanja koja potvrđuju pozitivne učinke korištenja starter-kultura na konačnu kvalitetu octa. Sastav voćnog octa ovisi o soju bakterija octene kiseline koje provode vrenje, a brža fermentacija te cjelovita kontrola procesa može se postići uporabom startera. Na taj se način mogu proizvesti proizvodi poznatog sastava i organoleptičkih svojstava i za proizvođača i za potrošača (Luzón-Quintana i sur., 2021.). Chen i sur. (2022.) u svom istraživanju zaključuju kako je octena fermentacija uz pomoć starter kultura poboljšala kvalitetu i antioksidativnu aktivnost octa od crnog čaja. Vrste bakterija octene kiseline određuju kvalitetu octa, iako je konačna kvaliteta kombinirani rezultat tehnološkog procesa, kontakta s drvom i starenja (Mas i sur., 2014.).

Za sada postoji još malo podataka o različitim sojevima bakterija octene kiseline i posljedicama njihove primjene u proizvodnji voćnog octa, pa bi taj segment mogao biti predmet budućih istraživanja. Time bi se mogli proizvesti voćni octi od iste sirovine s različitim senzorskim svojstvima, čime bi se povećala raznolikost octenih proizvoda dostupnih za komercijalizaciju (Luzón-Quintana i sur., 2021.).

METODE ACETIFIKACIJE

Metode acetifikacije možemo u osnovi podijeliti prema načinu na koji bakterije dolaze u kontakt s medijem, na metode površinske kulture i metode potopljene (uronjene) kulture. Metodu površinske kulture ili fermentacije karakteriziraju bakterije octene kiseline koje obilno rastu na površini medija, na granici između tekućine i plina, u zoni gdje je prisutna najveća koncentracija kisika zbog aerobnog metabolizma bakterija. Ova se metoda smatra statičkom metodom, gdje je prisutnost bakterija ograničena iz fizičkih razloga (Luzón-Quintana i sur., 2021.). Primjeri takvih metoda proizvodnje su tradicionalna spontana fermentacija koja može trajati mjesecima. Ovdje pripada i poznata orleanska metoda, u kojoj se fermentacija odvija u donekle kontroliranim

uvjetima, a proces proizvodnje je kontinuiran. Vrijednosti octene kiseline dobivene octenom fermentacijom u površinskim kulturama nisu visoke. Ōzen i sur. (2020.) koristili su metodu površinske kulture za proizvodnju octa od trešanja iz svježeg i koncentriranog soka, postižući vrijednost kiselosti iznad 4,6 %. Površinske metode fermentacije tradicionalno se smatraju prikladnima za proizvodnju kvalitetnog octa. Turhan i sur. (2016.) su metodom površinske kulture dobili više vrijednosti kiselosti i sadržaja hlapljivih spojeva, te su izvjestili o značajnim razlikama samo za miris etil acetata i intenzitet arome, koji je bio veći dok su ostali deskriptori bili su značajno slični za oba istraživana sustava acetifikacije.

Ubrzo se od najjednostavnijih načina acetifikacije, pri kojima su alkoholni mediji statični i gdje je mala oksidacijska površina između medija i kisika, prešlo na postupke u kojima se alkoholni mediji prelijevaju preko različitih materijala nosača bakterijskih kultura. Time se povećava površina za oksidaciju i omogućuje znatno ubrzanje procesa acetifikacije. Za povećanje oksidacijske površine koriste se različiti materijali, najčešće drvene strugotine koje služe kao nosači octenih bakterija i povećavaju njihov kontakt s kisikom. Na taj način funkcionira i Schützenbachova metoda, kao i proizvodnja octa upotrebom Fringsova generatora.

Fermentacija pomoću uronjene kulture temelji se na prisutnosti kultura bakterija slobodno uronjenih u tekućinu koja se fermentira (Luzón-Quintana i sur., 2021.). U toj se metodi kisik dovodi u fermentaciju kako bi se ubrzala industrijska proizvodnja octa bez postojanja nosača bakterijskih kultura (Budak i sur. 2014.). Za takve metode koriste se acetifikatori, koji su obično automatizirani i osiguravaju visok protok kisika (Luzón-Quintana i sur., 2021.). Vrijeme fermentacije pri korištenju potopljene kulture obično je znatno kraće u odnosu na vrijeme fermentacije u površinskoj kulturi. Cejudo-Bastante i sur. (2018.) usporedili su brzinu površinske i potopljene fermentacije na istom alkoholnom mediju i utvrdili da je površinska fermentacija trajala šest tjedana, dok je potopljena trajala samo 22 sata, što jasno prikazuje velike razlike u brzini octene fermentacije između dviju metoda. Za ove metode proizvodnje octa koriste se acetifikatori, koji su obično automatizirani, osiguravaju visoki protok kisika te daju veće prinose octa u odnosu na prinose ostvarene površinskom fermentacijom.

1. Orleanska metoda

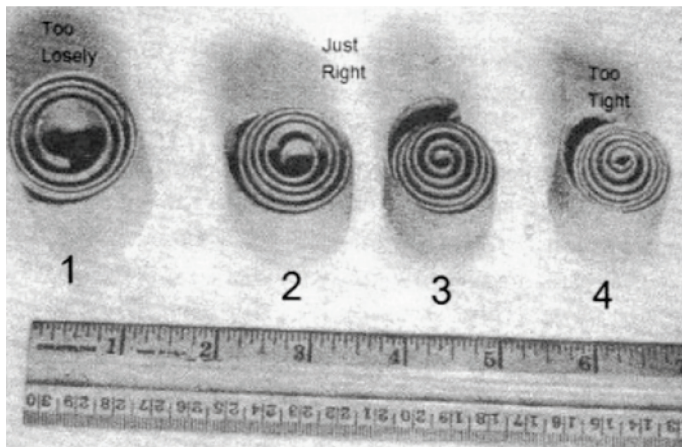
Orleanska metoda acetifikacije vina koristi se u Francuskoj još od 1670. godine, a poznata je i kao francuski ili orleanški postupak. Tada je to bio jedini način dobivanja čistog vinskog octa te se smatrao najboljim postupkom za proizvodnju kvalitetnog octa (Bhat i sur., 2014.). Proces proizvodnje započinje tako da se drvene bačve napune alkoholnim medijem do otprilike 3/4 volumena, nekoliko centimetara ispod rupa koje su izbušene na krajevima bačvi radi omogućavanja bolje aeracije površine alkoholnog medija. Te se rupe prekrivaju finim materijalom koji sprečava ulazak insekata i nečistoća, a omogućuje pristup zraku. Jedan od problema s kojima se susrećemo kod ove metode jest dodavanje nove tekućine u bačvu bez poremećaja plutajućeg bakterijskog sloja. To se može prevladati korištenjem staklene cijevi koja doseže do dna bačve (Hailu i sur., 2012.).

Dodavanjem svježeg octa postiže se zakiseljavanje tekućine do razine pogodne za optimalan rast bakterija octenog vrenja (Cruess, 1958.). Bakterije octa talože se u zoni intenzivnog dodira zraka i površine alkoholnog medija, stvarajući želatinozni sloj sluzi poznat kao "majka octa" (Peppler i Beaman, 1967.).

Fermentacija alkoholnog medija traje od jednog do tri mjeseca pri temperaturi od 21 do 30 °C (Hickey i Vaughn, 1954). Nakon tog vremena otprilike 1/3 octa odvaja se kao zreli proizvod, a dodaje se nova količina alkoholnog medija. Budući da je riječ o kontinuiranom procesu, izvori alkohola moraju se redovito nadopunjavati kako ne bi došlo do oksidacije octene kiseline (Cruess, 1958.). Maaza i Murooka (2009.) navode da se proces oslanja na prirodne bakterije prisutne u sirovini ili na kulturu iz prethodne proizvodnje. Utvrđeno je da bakterije iz "majke octa" pripadaju vrsti *Acetobacter xylinum*. Difuzija gotovog octa odvija se prema dnu bačve, dok se alkohol kreće prema bakterijsko-celuloznoj podlozi. Ocat proizveden ovom metodom ima visoku kvalitetu zbog sporog procesa fermentacije koji pogoduje razvoju aroma i okusa (Raspor i Goranović, 2008.).

2. Schützenbachova metoda

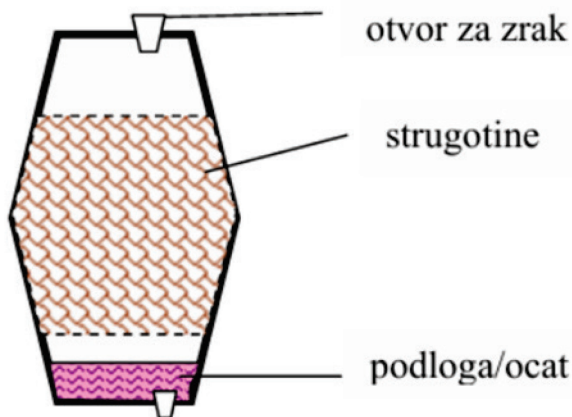
Njemački kemičar Schützenbach razvio je 1832. godine sustav za proizvodnju octa poznat kao kapajuća metoda, u kojoj se octene bakterije uzgajaju na nosačima poput bukovih strugotina, drvenog ugljena ili koksa (Peppler i Beaman, 1967). Time je značajno povećana površina izložena kisiku, a najčešće korišteni nosači bili su upravo bukove strugotine. (Slika.1).



Slika 1. Bukove strugotine
Photo 1 Beech wood shavings
Izvor/Source: Peppler i Beaman, 1967.

Alkoholni medij raspršuje se po vrhu reaktora, kaplje preko strugotina i skuplja se na dnu, dok se zrak istovremeno upuhuje iz donjeg dijela kako bi se održala visoka koncentracija kisika. U proizvodnji se koriste uspravne drvene bačve (Slika 2.), unutar kojih su postavljene drvene rešetke, a prostor između ispunjen je nosačima bakterijskih kultura.

Na početku fermentacije, bačva se puni prethodno proizvedenim octom do 1/4 volumena, te se u njega dodaje 5 - 10 % vina. Bačva se okreće nekoliko puta dnevno, čime se mješavina filtrira preko strugotina. Svakim okretanjem, medij postaje bogatiji octenom kiselinom. Proces se ponavlja dok se ne postigne željena koncentracija. Ova metoda omogućuje polukontinuiranu proizvodnju, a kao glavni nedostatak navodi se ograničen vijek trajanja drvenih elemenata (Horvat, 2010.).



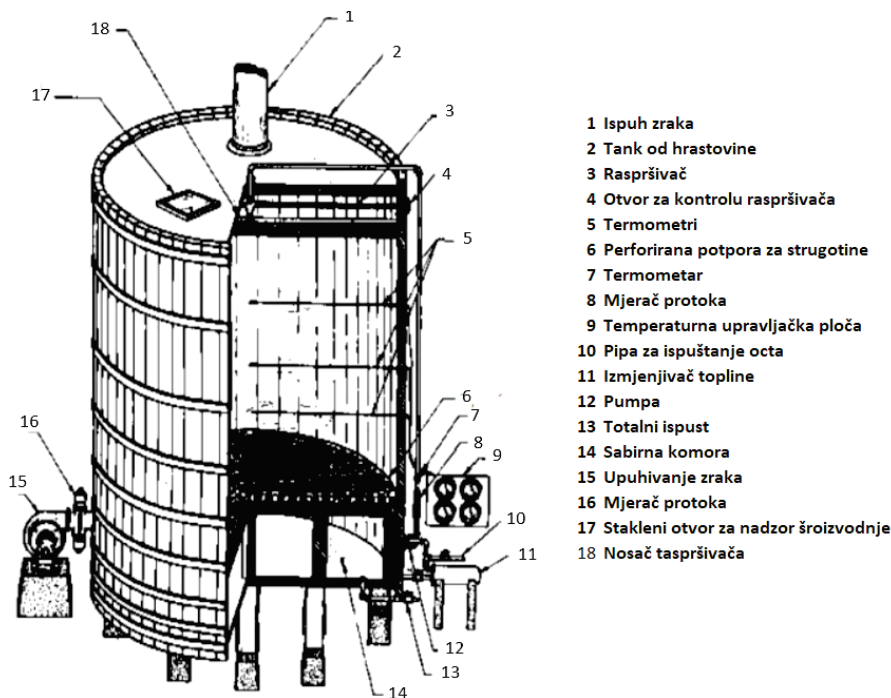
Slika 2. Shema Schützenbachovog bioreaktora

Photo 2 Schützenbach bioreactor scheme

Izvor/Source: Horvat, 2010.

3. Generatorska metoda

Generatorska metoda temelji se na načelima Schützenbachove metode. Generator (Slika 3.) sastoji se od drvenog cilindričnog spremnika s perforiranim lažnim dnom na kojem se nalaze strugotine bukve ili sličan materijal. Na dnu se nalazi otvor za upuhivanje zraka i slavina za ispuštanje medija. Sustav uključuje izmjenjivač topline, pumpu, termometre i uređaj za hlađenje. Početna mješavina matičnog octa i alkoholnog medija raspršuje se na vrhu spremnika i zatim kaplje preko strugotina. Sakuplja se na dnu, a potom se pumpom vraća na vrh, čime se povećava oksidacija. Postupak se ponavlja do postizanja željene jakosti octa. Fermentacija se provodi na temperaturama od 27 do 30 °C, a kako bi se spriječilo pregrijavanje, koristi se zavojnica za hlađenje (Raspor i Goranović, 2008.). Nedostaci metode uključuju rizik od začepjenja zbog nakupljanja bakterijske celuloze, odumrlih bakterija i pojave octenih jegulja (Tesfaye i sur., 2002.). Također je zabilježen relativno visok gubitak etanola isparavanjem, što otežava proizvodnju octa s visokom koncentracijom octene kiseline.



Slika 3. Cilindrični drveni tank

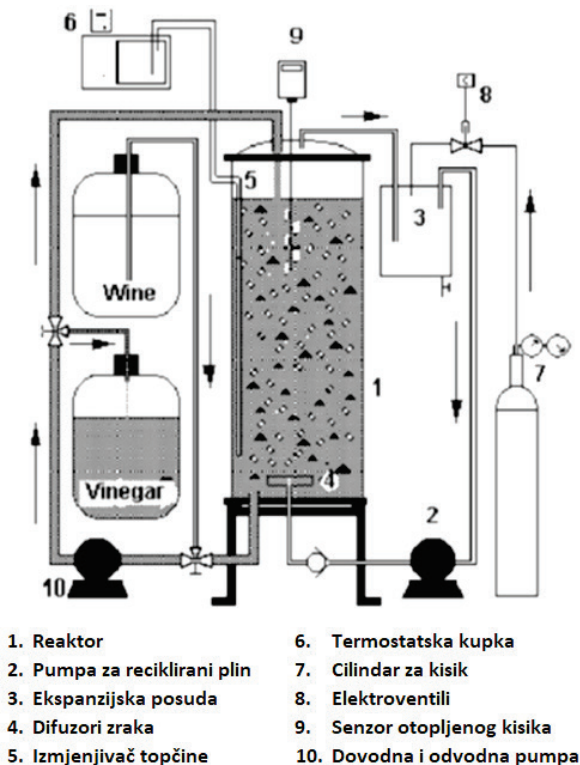
Photo 3 Cylindrical wooden tank

Izvor/Source: prilagođeno prema Cruess, 1958.

4. Metode potopljene fermentacije

Kada govorimo o metodama potopljene fermentacije, razlikujemo tri načina rada: kontinuirani, polukontinuirani i diskontinuirani. Najčešće se koriste acetatori za polukontinuirani način rada, pri kojem se fermentor ne prazni u cijelosti nakon završetka acetifikacije, već se ispušta samo dio gotovog octa, dok se preostali dio koristi kao starter za sljedeći ciklus fermentacije. Jedan takav fermentor razvili su De Ory i sur. (1999.) (Slika 4.). Volumen pražnjenja može varirati, ali obično iznosi između polovice i dvije trećine ukupnog volumena fermentora (Luzón-Quintana i sur., 2021). U diskontinuiranom sustavu ocat se proizvodi u serijama, pri čemu se nakon završetka acetifikacije alkoholni medij u potpunosti ispušta iz fermentora (Bhat i sur., 2014.). Kontinuirani sustav temelji se na održavanju konstantnog sastava medija i

uvjeta u kojima su bakterije u fazi eksponencijalnog rasta. Time se omogućuje proizvodnja octa s koncentracijom octene kiseline od 8 - 9 % u roku od 24 do 48 sati (García-García i sur., 2009.).



Slika 4. Shema polukontinuiranog acetatora
Photo 4 Diagram of a semicontinuous acetator
Izvor/Source: Prilagođeno prema De Ory i sur., 1999.

ZDRAVSTVENA VRIJEDNOST OCTA

Budak i sur. (2014.) navode da terapijski učinci octa proizlaze iz konzumacije njegovih prirodno prisutnih bioaktivnih sastavnica, uključujući octenu kiselinu, galnu kiselinu, katehin, epikatehin, klorogensku kiselinu, kafeinsku kiselinu, p-kumarinsku kiselinu i ferulinsku kiselinu. Te tvari pokazuju antioksidativno, antidijabetičko, antimikrobno, antitumorsko, antipiretilno, antihipertenzivno djelovanje te pridonose snižavanju kolesterola.

Uglavnom su polifenoli i organske kiseline aktivne tvari sadržane u voćnim octima, a odgovorne su za njihovo antioksidativno djelovanje. Prema Liu i sur. (2019.), najčešće detektirani fenolni spojevi u voćnim octima bili su: galna kiselina, protokatehinska kiselina, klorogenska kiselina, kafeinska kiselina i p-kumarinska kiselina, dok su među najzastupljenijim organskim kiselinama bile vinska, jabučna, mliječna, limunska i jantarska kiselina. Leeman i sur. (2005.) izvijestili su da ocat ima antiglikemijski učinak i smanjuje glikemijski indeks obroka, što može donijeti zdravstvene prednosti osobama oboljelima od dijabetesa. Östman i sur. (2005.) navode da se ocat može koristiti za liječenje rana, čireva, artritisa, povišene razine šećera i kolesterola u krvi, infekcija mokraćnog sustava i gljivičnih oboljenja. Različiti voćni octi razlikuju se u svom polifenolnom sastavu i sadržaju zbog razlika među voćnim sirovinama, kao i razlika u tehnološkim postupcima proizvodnje. Stoga je polifenolni profil još jedan važan čimbenik u procjeni kvalitete voćnog octa.

ZAKLJUČAK

Voćni ocat funkcionalna je namirnica bogata bioaktivnim spojevima s dokazanom zdravstvenom vrijednošću, a njegova kvaliteta uvelike ovisi o sirovini, mikrobiološkim sojevima i primijenjenim tehnološkim postupcima.

Tradicionalne metode, poput orleanske i Schützenbachove, iako vremenski zahtjevnije, doprinose razvoju složenih senzorskih svojstava, dok suvremene potopljene metode omogućuju veću učinkovitost i standardizaciju proizvodnje.

Optimalna fermentacija zahtijeva preciznu kontrolu uvjeta, a primjena inovativnih tehnologija i selekcioniranih mikroorganizama otvara mogućnosti za poboljšanje kvalitete i proširenje asortimana.

Korištenjem voća lošije kvalitete u proizvodnji octa doprinosimo održivosti prehrambenog sustava te omogućavamo ekonomski gledano povećanje dohodovnosti malih obiteljskih gospodarstava u ruralnom prostoru.

Potrebna su dodatna istraživanja radi bolje standardizacije i komercijalne valorizacije voćnih octova

LITERATURA

1. Bhat, S., Akhtar, R., Amin, T. (2014.) An overview on the biological production of vinegar. *International Journal of Fermented Foods*, 3(2), 139-155., url:https://www.researchgate.net/publication/340816450_An_Overview_on_the_Biological_Production_of_Vinegar.
2. Budak, N. H., Aykin, E., Seydim, A. C., Greene, A. K., Guzel-Seydim, Z. B. (2014.) Functional properties of vinegar. *Journal of food science*, 79(5), R757–R764. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12434>
3. Cejudo-Bastante, C., Durán-Guerrero, E., García-Barroso, C., Castro-Mejías, R. (2018.) Comparative study of submerged and surface culture acetification process for orange vinegar. *Journal of the science of food and agriculture*, 98(3), 1052–1060. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8554>
4. Chen, H., Chen, T., Giudici, P., Chen, F. (2016.) Vinegar functions on health: constituents, sources, and formation mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 1124-1138. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12228>
5. Chen, C., Wu, S., Li, Y., Huang, Y., Yang, X. (2022.) Effects of different acetic acid bacteria strains on the bioactive compounds, volatile compounds and antioxidant activity of black tea vinegar. *LWT*, 171, 114131. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114131>
6. Cruess, W. V. (1958.) Commercial fruit and vegetable products: Chapter 21 – Vinegar manufacture. 1st ed. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc., pp. 681-707., url:<https://ndpublisher.in/admin/issues/IJFFV3N2d.pdf>
7. De Ory, L., Romero, L. E., Cantero, D. (1999.) Maximum yield acetic acid fermenter. *Bioprocess Engineering*, 21, 187-191., url:https://www.academia.edu/113362595/Maximum_yield_acetic_acid_fermenter
8. Garcia-Garcia, I., Santos-Duenas, I. M., Jimenez-Ot, C., Jimenez-Hornero, J. E., Bonilla-Venceslada, J. L. (2009.) Vinegar engineering. In: Solieri, L., Giudici, P. (Eds.) *Vinegars of the World*, pp. 97-120. Italy: Springer-Verlag., url:https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-88-470-0866-3_6
9. González, A., Hierro, N., Poblet, M., Rozès, N., Mas, A., Guillamón, J. M. (2004.) Application of molecular methods for the differentiation of acetic acid bacteria in a red wine fermentation. *Journal of Applied Microbiology*, 96(4), 853-860. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02220.x>
10. Hailu, S., Shimelis, A., Yogesh, K. J. (2012.) Vinegar production technology – An overview. *Beverage and Food World*, 29-32., url:https://www.researchgate.net/publication/280722745_Vinegar_Production_Technology_-_An_Overview

11. Hickey R. J., Vaughn R. H. (1954.) Industrial fermentation: Chapter 17-acetic acid (vinegar). Vol 1. New York: Chemical Publishing Co., Inc. p 498-535.,
12. Horvat, P. (2010.) Biotehnološka proizvodnja octa. Sveučilišni udžbenik. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet.
13. Joshi, V. K., Lal, B. B., Kakkar, K. S. (2002) Updating the technique of apple chops making and its utilization. Beverage and Food World, 17(1), 21-24.
14. Juhart, J., Medic, A., Veberic, R., Hudina, M., Jakopic, J., & Stampar, F. (2022.) Phytochemical Composition of Red-Fleshed Apple Cultivar 'Baya Marisa' Compared to Traditional, White-Fleshed Apple Cultivar 'Golden Delicious'. Horticulturae, 8(9),811.,
<https://doi.org/10.3390/horticulturae8090811>
15. Kawa-Rygielska, J., Adamenko, K., Kucharska, A. Z., Piórecki, N. (2018.) Bioactive Compounds in Cornelian Cherry Vinegars. Molecules, 23(2), 379.
<https://doi.org/10.3390/molecules23020379>
16. Lea, A.G.H. (1989.). Cider Vinegar. In: Downing, D.L. (eds) Processed Apple Products. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8225-6_13
17. Leeman, M., Ostman, E., Bjork, I. (2005.): Vinegar dressing and cold storage of potatoes lowers postprandial glycaemic and insulinaemic responses in healthy subjects. European Journal of Clinical Nutrition, 59, 1266–1271., DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602238>
18. Leonés, A., Durán-Guerrero, E., Carbú, M., Cantoral, J. M., Barroso, C. G., Castro, R. (2019.): Development of vinegar obtained from lemon juice: optimization and chemical characterization of the process. LWT, 100, 314-321.,
[url:https://www.researchgate.net/publication/328632979_Development_of_vinegar_obtained_from_lemon_juice_Optimization_and_chemical_characterization_of_the_process](https://www.researchgate.net/publication/328632979_Development_of_vinegar_obtained_from_lemon_juice_Optimization_and_chemical_characterization_of_the_process)
19. Liu, Q., Tang, G.-Y., Zhao, C.-N., Gan, R.-Y., Li, H.-B. (2019.): Antioxidant activities, phenolic profiles, and organic acid contents of fruit vinegars. Antioxidants, 8(4), 78. <https://doi.org/10.3390/antiox8040078>
20. Luzón-Quintana, L. M., Castro, R., Durán-Guerrero, E. (2021.) Biotechnological processes in fruit vinegar production. Foods, 10(5), 945.
<https://doi.org/10.3390/foods10050945>
21. Maal, B. K., Shafiei, R., Kabiri, N. (2010.): Production of apricot vinegar using an isolated Acetobacter strain from Iranian apricot. World Academy of Science, Engineering and Technology, 4, 810-813.,
[url:https://www.researchgate.net/publication/255962334_Production_of_Apricot_Vinegar_Using_an_Isolated_Acetobacter_Strain_from_Iranian_Apricot](https://www.researchgate.net/publication/255962334_Production_of_Apricot_Vinegar_Using_an_Isolated_Acetobacter_Strain_from_Iranian_Apricot)

22. Mas, A., Torija, M. J., García-Parrilla, M. del C., Troncoso, A. M. (2014.): Acetic acid bacteria and the production and quality of wine vinegar. *The Scientific World Journal*, 2014, Article 394671.
<https://doi.org/10.1155/2014/394671>
23. Mazza, S., Murooka, Y. (2009.): Vinegars through the ages. In: Solieri, L., Giudici, P.(Es.) *Vinegars of the World*, pp. 17-39. Italy: Springer-Verlag.,url:https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-88-470-0866-3_2
24. Ostman, E., Granfeldt, Y., Persson, L., Bjork, I. (2005.): Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. *European Journal of Clinical Nutrition* 59:983-988., DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602197>
25. Özen, M., Özdemir, N., Filiz, B. E., Budak, N. H., Kök-Taş, T. (2020.): Sour cherry (*Prunus cerasus* L.) vinegars produced from fresh fruit or juice concentrate: bioactive compounds, volatile aroma compounds and antioxidant capacities. *Food Chemistry*, 309, 125664., DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125664>
26. Peppler, H. J., Beaman, R. G. (1967.): Microbial technology. In: Yeoman, Chapter 13 *Vinegar Fermentation*, 1st ed. Illinois: Reinhold Publishing Corporation, pp. 344-359.
27. Raspor, P. and Goranovič, D. (2008.): Biotechnological applications of acetic acid bacteria. *Critical Reviews in Biotechnology* 28:101-124.
DOI: <https://doi.org/10.1080/07388550802046749>
28. Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., Lonvaud, A. (Eds.) (2006.): *Handbook of Enology, Volume 1: The Microbiology of Wine and Vinifications*. John Wiley & Sons., url:<https://vinumvine.wordpress.com>
29. Sengun, I. Y., Kilic, G., Ozturk, B. (2019.): Screening physicochemical, microbiological and bioactive properties of fruit vinegars produced from various raw materials. *Food Science and Biotechnology*, 29(3), 401–408.
<https://doi.org/10.1007/s10068-019-00678-6>
30. Shin, M., Kim, J.-W., Gu, B., Kim, S., Kim, H. J., Kim, W.-C., Lee, M.-R., Kim, S. R. (2021.): Comparative metabolite profiling of traditional and commercial vinegars in Korea. *Metabolites*, 11(8), 478.
<https://doi.org/10.3390/METABO11080478>
31. Solieri, L., Giudici, P. (2009.): *Vinegars of the World*. Springer Science and Business Media LLC: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 1-16., url:http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/62883/1/2009_Book_VinegarsOfTheWorld.pdf
32. Sun, D.-W. (2019.): *Advances in Vinegar Production*, 1st ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press. ISBN 9781351208475.

33. Tesfaye, W., Morales, M.L., Garcia-Prailla, MC., Troncoso, AM. (2002.): Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 13:12-21., DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00023-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00023-7)
34. Turhan, E. Ü., Canbaş, A. (2016.): Chemical and sensory properties of vinegar from Dimrit grape by submerged and surface method. *Gıda/The Journal of Food*, 41(1), 1-7.
35. Ubeda, C., Callejón, R. M., Hidalgo, C., Torija, M. J., Troncoso, A. M., Morales, M. L. (2013.): Employment of different processes for the production of strawberry vinegars: effects on antioxidant activity, total phenols and monomeric anthocyanins. *LWT-Food Science and Technology*, 52(2), 139-145., DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.04.021>
36. Wang, C., Zuo, Y. (2011.): Ultrasound-assisted hydrolysis and gas chromatography–mass spectrometric determination of phenolic compounds in cranberry products. *Food Chemistry*, 128(2), 562–568. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.066>

Adrese autora – Author's addresses:

Tomislav Soldo, dipl. ing., asistent

e-mail: tsoldo@fttr.hr

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,

Fakultet turizma i ruralnog razvoja u Požegi,

Vukovarska 17, 34000 Požega,

Jasmina Mladenović, dipl. iur., doktorand

e-mail: jmladenovic@fttr.hr

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,

Fakultet turizma i ruralnog razvoja u Požegi,

Vukovarska 17, 34 000 Požega

Sveučilište u Rijeci,

Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu,

Naselje Ika, Primorska 46, 51410 Opatija

dr. sc. Mirela Mezak Matijević

e-mail: mmezakmatijevic@fttr.hr

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,

Fakultet turizma i ruralnog razvoja u Požegi,

Vukovarska 17, Požega, Hrvatska

Primljeno – received:

04.06.2025.

Revidirano – revised:

22.06.2025.

Prihvaćeno – accepted:

30.06.2025.