

## PRIDELAVA PENEČIH VIN IN VPLIV PODNEBNIH SPREMENB NA ZNAČAJ IN KAKOVOST PENEČIH VIN

Mateja Colarič Bajc<sup>1</sup>, Julij Nemanič<sup>2, \*</sup>

### Povzetek

Globalne vremenske razmere se negativno odražajo na rasti vinske trte. Višje temperature vplivajo na zgodnejše dozorevanje in kemijsko sestavo grozdja. Spreminjata se kakovost in senzorični značaj vin v večini vinorodnih območij sveta. Vina imajo večje vsebnosti dejanskega alkohola, z manj svežine in ravnotežja v okusu. A zadnjih nekaj let so bolj iskana harmonična vina z manj alkohola. Vina s premalo skupnih kislin in visokimi vrednostmi pH so tudi bolj občutljiva in zorenje takih vin je izpostavljeno večjim tveganjem. Zgodnejše trgatve so lahko samo delna rešitev, ker dajo vina brez zelenega ravnotežja in pričakovanega značaja. Med vinskimi kategorijami so verjetno najbolj ogrožena peneča vina. Otežen je postopek pridelave od zagotavljanja osnovnega vina preko vseh stopenj do stekleničenja. Idealna vsebnost sladkorja v grozdju ob trgatvi za peneča vina naj bi zagotavljala osnovno vino z alkoholom blizu 10,5 vol. %. Da bi peneče vino ohranilo svežino in imelo potencial za zorenje, je nujno, da ima nizko vrednost pH (2,8 do 3,3). V obstoječih vremenskih razmerah je celo v prislovično »hladni« Šampanji težko pridelati osnovno vino z idealnim razmerjem med alkoholom in kislino. Znanost in stroka intenzivno iščeta rešitve za običajno uspevanje vinske trte in v čim večji meri za ohranitev tradicionalnega značaja vin.

**Ključne besede:** podnebne spremembe, značaj penečih vin, dozorevanje grozdja, alkohol, skupne kisline, vrednosti pH, alkoholna fermentacija v steklenici, klasična metoda

## SPARKLING WINES PRODUCTION AND THE IMPACT OF CLIMATE CHANGES ON THE CHARACTER AND QUALITY OF SPARKLING WINES

### Abstract

Global weather conditions have a negative impact on grapevine growth. Higher temperatures affect earlier ripening and the chemical composition of grapes. The quality and sensoric character of wines are changing in most wine-growing regions of the world. Wines have higher alcohol content, with less freshness and balance in taste. But in the last few years, harmonious wines with less alcohol have been more sought after. Wines with insufficient acidity and high pH values are also more sensitive and the maturation of such wines is exposed to more risks. Earlier harvests can only be a partial solution because they produce wines without the desired balance and expected character. Among the wine categories, sparkling wines are probably the most threatened. The production process, from providing the basic wine through all stages to bottling, is made more difficult. The ideal sugar content in grapes at harvest for sparkling wines should provide a base wine with an alcohol content close to 10.5 vol. %. In order for sparkling wine to retain its freshness and have the potential to mature, it is essential that it has a relatively low pH value (2.8 to 3.3). In the current weather conditions, even in the proverbial "cold" Champagne, it is difficult to produce a basic wine with an ideal ratio between alcohol and acid. Science and the profession are intensively searching for solutions for the normal growth of the vine and for preserving the traditional character of the wines to the greatest extent possible.

**Keywords:** climate changes, character of sparkling wines, grape ripening, alcohol, total acids, pH values, alcoholic fermentation in the bottle, classic method

<sup>1</sup> Grm Novo mesto – center biotehnike in turizma, Sevno 13, 8000 Novo mesto

<sup>2</sup> Visoka šola za upravljanje podeželja Grm Novo mesto, Ljubljanska cesta 28, 8000 Novo mesto

\* Corresponding author: Assist. Prof. Dr. Julij Nemanič, E-mail address: julij.nemanic@a1mail.si

## 1 UVOD

»Več je filozofije v steklenici vina kot v vseh knjigah« (Louis Pasteur).

V zadnjih 20 letih se je zelo povečalo povpraševanje po penečih vinih. Vzporedno je rastla pridelava in leta 2021 dosegla 21 Mhl, kar pomeni povečanje v tem obdobju za 66 %. Pred letom 2008 je znašal delež penečih vin v svetu približno 5 %, danes med 7 do 8 %. Več kot polovica teh prazničnih vin prihaja iz Italije (32 %), sledi Francija (19 %). Največja koncentracija proizvajalcev je v EU, približno 70 do 80 % svetovne proizvodnje. Nemčija pa prednjači v nacionalnem deležu, saj so predstavljala peneča vina leta 2021 kar 33 % vse ponudbe nemških vin (Delgrosso, Nakagawa, & Moulliet, 2022, str. 60).

Svetovna poraba penečih vin je leta 2021 dosegla 19,5 Mhl, kar je 65 % povečanje glede na leto 2002. Eden od vzrokov višje potrošnje penečih vin je tudi v fenomenu, da se ne uživajo več samo ob praznikih, dobrodošla so v vseh letnih časih. Postala so najbolj popularen aperitiv.

Splošno je znano, da se trga grozdje, namenjeno za peneča vina, kak teden prej kot za mirna vina. Najboljša osnovna vina za dodelavo v peneča naj bi imela alkohola do 11 vol. % in visoke kisline. Zaradi dviga temperature dozoreva grozdje hitreje in v Šampanji ugotavljajo, da trgajo 20 dni prej kot v 70. letih prejšnjega stoletja (Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2022, str. 46). Podobno je drugod in tudi v Sloveniji (Čuš, Potisek, Šuklje, Jež Krebelj, & Jakša, 2023, str. 124). Višje temperature pospešujejo zorenje in grozdje prehitro dozoreva. Sladkorne stopnje so previsoke, vsebnost skupnih kislin se je preveč znižala. V nekaterih letih ni več možno pridelati optimalno dozorelega grozdja za osnovno mirno vino, namenjeno peničenju. Vpliv vremena zadnjih 15 let na dozorevanje grozdja, ki je bil doslej nesluten, je ocenjen z več in več netipičnimi letniki, z različnih vidikov. Spremembe kakovosti grozdja (sestava in fizikalne značilnosti) vzpodbujajo vinogradnike in vinarje k spremembam tehnik in postopkov pri pridelavi in predelavi grozdja.

Vinogradniška panoga preživlja težko obdobje, primerljivo s koncem 19. stoletja, ko je trtna uš (filoksera) opustošila evropske vinograde. V Franciji so že sprejeli nacionalno strategijo za prilagajanje vinske trte različnim dejavnikom (vinorodna območja, pogoji pridelave, sadilni material, enološke prakse, obvladovanje trga) (Meistermann & Froehly, 2022, str. 13). Če se bo tako vroče in sušno podnebje nadaljevalo, ukrepi v vinogradu ne bodo dovolj. Dovoljeni popravki moštov in vin v kletih zadevajo ob težave. Oprema za delno odstranjevanje alkohola (de-alkoholizacijo vin) iz vin je draga, morebitno dokisanje bo treba navesti na etiketi, ohlajevanje kleti povečuje stroške energije. V Franciji so zelo konzervativni glede trsnega izbora.

Kako sedaj? Poznejše sorte? Odporne sorte? V nadaljevanju prikazujemo dognanja, zlasti novejših raziskav, glede penečih vin.

## 2 METODE IN POSTOPKI PRIDELAVE PENEČIH VIN

### 2.1 Tradicionalna (šampanjska) metoda

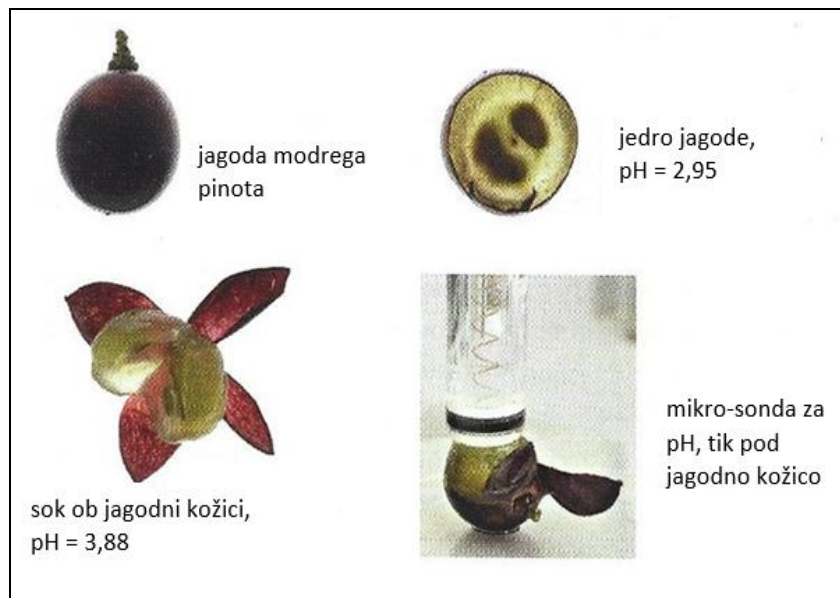
Tradicionalno metodo sestavljajo različne, natančno definirane stopnje, ki omogočajo spreminjanje mirnega v peneče vino visoke kakovosti, simbol odličnosti in znanja peničarjev v Šampanji ter drugod po svetu. Poudarjajo, da je vseh šest stopenj, ki tvorijo klasični postopek pridelave penečih vin, ključnih za kakovost in dolgoživost vin.

Do današnjih dni se skorajda ni spremenila tehnika pridelave šampanjcev od prvotnih metod konec 17. stoletja. Izboljšave so samo zaradi splošnega tehničnega napredka in novih enoloških znanj (Liger-Belair, 2022b, str. 31).

Najboljša peneca vina so večinoma proizvedena po tradicionalni metodi. Glavna značilnost te metode je, da poteka sekundarna alkoholna fermentacija vina, ki jo imenujejo v Šampanji »prise de mousse« (ustvarjanje mehurčkov), v steklenici sami in vino ostane v njej vse do postrežbe penecnega vina.

### 2.1.1 Postopek stiskanja grozdja v Šampanji

Mošt je ključen za kakovost osnovnega, mirnega vina. Ob upoštevanju znanih meril za kakovost in transport grozdja, za stiskanje celega grozdja, je ločevanje samotoka in naslednjih frakcij (prešancev) izjemnega pomena za sestavo in kakovost penecnega vina (Slika 1).



Slika 1. Razlike v vrednostih pH med jagodnim sokom v sredini jagode (samotok) in ob jagodni kožici (prešanci). Povprečno je za vzorec 15 jagod razlika v vrednostih pH za 0,93 (prirejeno po Marchal, Salmon, Vrineau, Barbier, & Robillard, 2022, str. 27)

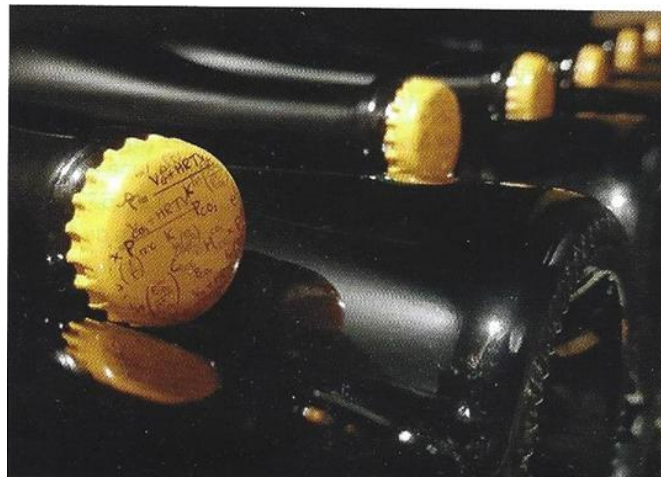
Po pravilih o izplenu za šampanjce je dovoljeno iz 4.000 kg grozdja iztisniti do 2.550 l mošta za razsluzenje. Ob večjem izplenu se mošt nameni za druga vina (Marchal, Salmon, Vrineau, Barbier, & Robillard, 2022, str. 26).

Osnovno mirno vino, namenjeno peničenju, ima v Šampanji povprečno vsebnost alkohola blizu 11 vol. %. Da bi peneca vino ohranilo značilnosti, svežino in sposobnost staranja, so bistveni nizek pH (2,8 do 3,3) in višje vsebnosti skupnih kislin (Cisilotto, Vivian Schwarz, & Echeverrigaray, 2023, str. 43). Po končani alkoholni fermentaciji mošta sledi tipizacija osnovnega mirnega vina, ki je ključna faza za kakovost. Išče se ravnotežje vina, saj se redko zgodi, da je vino iz istega letnika, iste parcele in iste sorte odlično uravnoreženo. V Šampanji uporabijo za tipizacijo približno do 10 vin različnih letnikov, vinorodnih leg, sort. Poudarjajo, da ta stopnja zahteva izjemno osredotočenost pokaševalcev in veliko znanja, ker se peneca vina pripravljajo za veliko let in je potrebno predvideti njihov varen razvoj (Liger-Belair, 2022b, str. 32). V osnovnem vinu pred sekundarno alkoholno fermentacijo je idealna vsebnost

prostelega SO<sub>2</sub> manj kot 10 mg/l. Pri tej nizki vsebnosti SO<sub>2</sub> je večje tveganje, da bo stekla spontana jabolčno-mlečnokislinska fermentacija, ki ni vedno načrtovana. Druga težava, s katero je potrebno računati, je dvig alkoholne stopnje v osnovnem vinu za 1 vol. % (iz 10,5 % na 11,5 %). Tako povišanje lahko izzove škodljiv sinergični učinek med SO<sub>2</sub> in etanolom, kar je stresno za kvasovke med postopkom sekundarne alkoholne fermentacije (Cisilotto, Vivian Schwarz, & Echeverrigaray, 2023, str. 43).

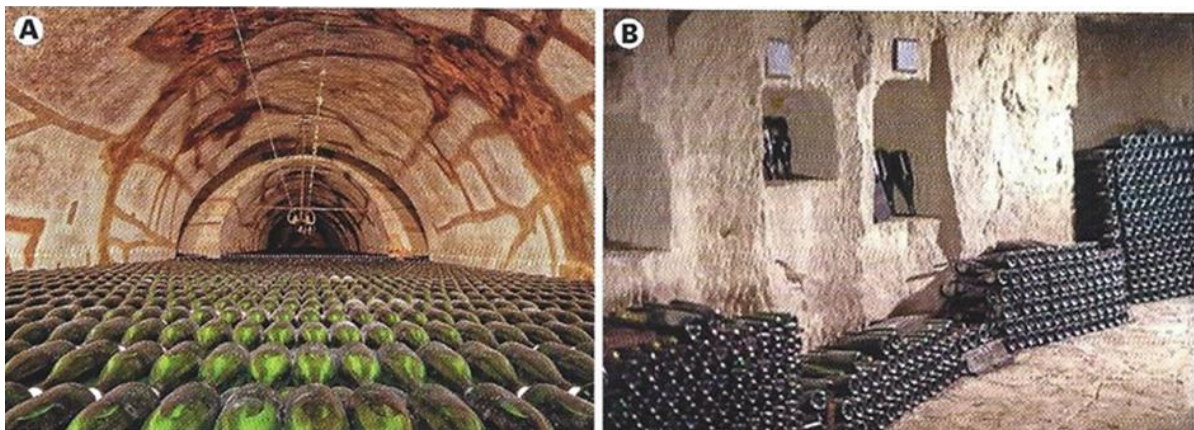
### 2.1.2 Sekundarna alkoholna fermentacija v steklenici

Osnovno vino se v cisterni, po končani tipizaciji, obogati s sladkorjem (24 do 25 g/l, za 6 do 8 barov tlaka v steklenici), doda kvasovke, izenači z mešanjem, pretoči v steklenice, zamaši s kronsko zaporko definirane kakovosti (Slika 2), položi v ustrezne zabojnike v hladno klet (temperature od 12 do 14 °C), kjer vlada izenačena in stalna zračna vlaga (Slika 3).



Slika 2. Osnovno vino začenja sekundarno alkoholno fermentacijo (rojevanje mehurčkov) v kupu steklenic, zamašenih s kronsko zaporko (Liger-Belair, 2022b, str. 31)

Pogoji za začetek počasne sekundarne alkoholne fermentacije v steklenici so zagotovljeni. V vinu se razvijeta iz dodanega sladkorja etanol (od 1,4 do 1,5 vol. %) in ogljikov dioksid (12 g/l), ki z iskrenjem (mehurčki) prispevata k nepogrešljivemu (za kakovost obveznemu), enkratnemu značaju penečih vin. Tlak CO<sub>2</sub> v steklenici znaša pri temperaturi 5 °C približno od 4 do 5 barov, pri temperaturi 20 °C pa 8 barov (Liger-Belair, 2022b, str. 33).



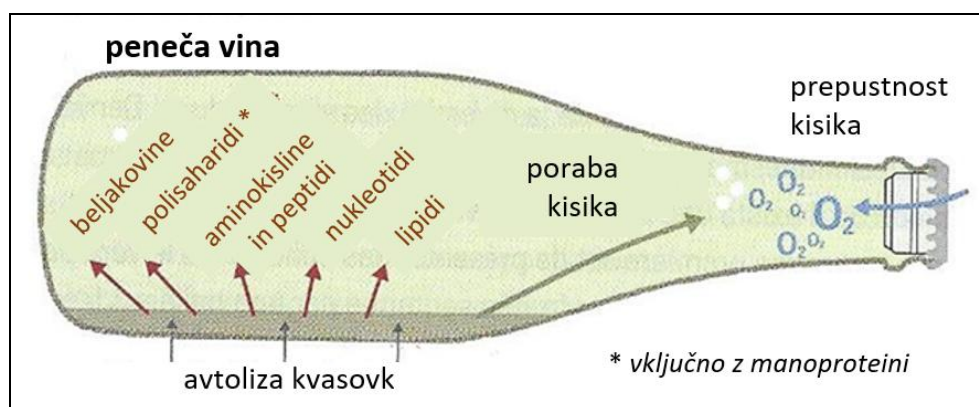
Slika 3. Steklenice A - šampanjca in B - penečega vina Crémant de Loire med potekom sekundarne alkoholne fermentacije in zorenja na odmrlih kvasovkah (Cilindre et al., 2023, str. 25)

Na seznamu obveznih pogojev za pridelavo šampanjcev in penečih vin Crémant de Loire ni navedena predpisana temperatura za sekundarno alkoholno fermentacijo, niti relativna vlaga ne. V pravilnikih Zveze vinskih kleti Šampanje je pojasnilo: »Sekundarna alkoholna fermentacija v steklenici je ključna za kakovost vin, prehitra fermentacija ustvari debelejšje mehurčke, ki niso obstojni, počasna fermentacija, ob konstantni temperaturi in v hladni kleti, pa drobne in obstojne mehurčke« (Cilindre et al., 2023, str. 25).

### 2.1.3 Zorenje na odmrlih kvasovkah

Kvasovke sekundarne alkoholne fermentacije v steklenici, ki se konča v nekaj tednih, ne preživijo, temveč počasi odmrejo. V Šampanji je predpisano, da mora šampanjec v hladni kleti zoreti na kvasovkah najmanj 15 mesecev. V mirujoči steklenici se sproži proces avtolize kvasovk, le-te se počasi spreminjajo v droži (Slika 3).

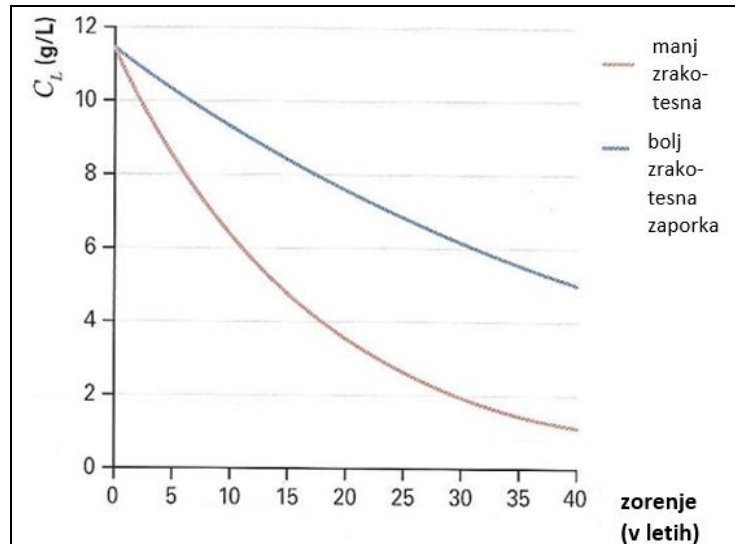
Avtoliza kvasovk pomeni degradacijo njihove celične strukture, kar sprošča številne substance, med njimi aminokisliline, peptide, proteine, lipide, nukleotide, manoproteine, polisaharide, arome ... (Slika 4). Navedene snovi spodbujajo integracijo CO<sub>2</sub>, kar izboljšuje zaznavo iskrenja v ustih in povečuje stabilnost pene. Še več, te snovi so znanilci arom in prispevajo k zaznavi petega osnovnega okusa v vinu, t. i. »umami« (Pons-Mercadé et al., 2023, str. 44).



Slika 4. Vpliv avtolize kvasovk na kemijsko sestavo penečih vin (prirejeno po Pons-Mercadé et al., 2023, str. 44)

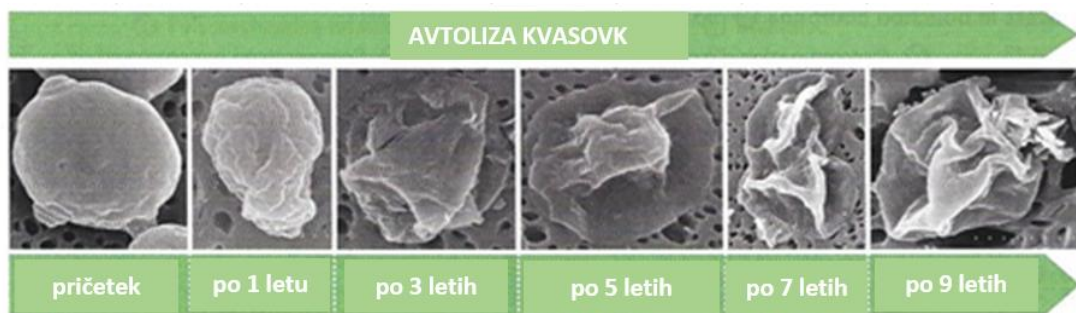
Ta faza (zorenje vina na odmrlih kvasovkah) lahko traja več let, lahko več deset let za najuglednejše šampanjce. Če traja zelo dolgo, kvasovke celo popolnoma izginejo iz steklenice. Po 20 letih stika z drožmi se pojavijo v penečih vinih arome po ožganem, praženem, po 30–35 letih po praženi kavi, tartufih (Liger-Belair, 2022b, str. 33). Po tolikih letih zorenja penečih vin se polagoma zmanjšuje pritisk v steklenici, saj so zamaški za pline rahlo propustni (Slika 5).

Nižanje tlaka v steklenici se lahko odrazi pri pokušanju penečih vin v obliki manjše intenzivnosti iskrenja in večjega premera mehurčkov (Liger-Belair, 2022b, str. 39).



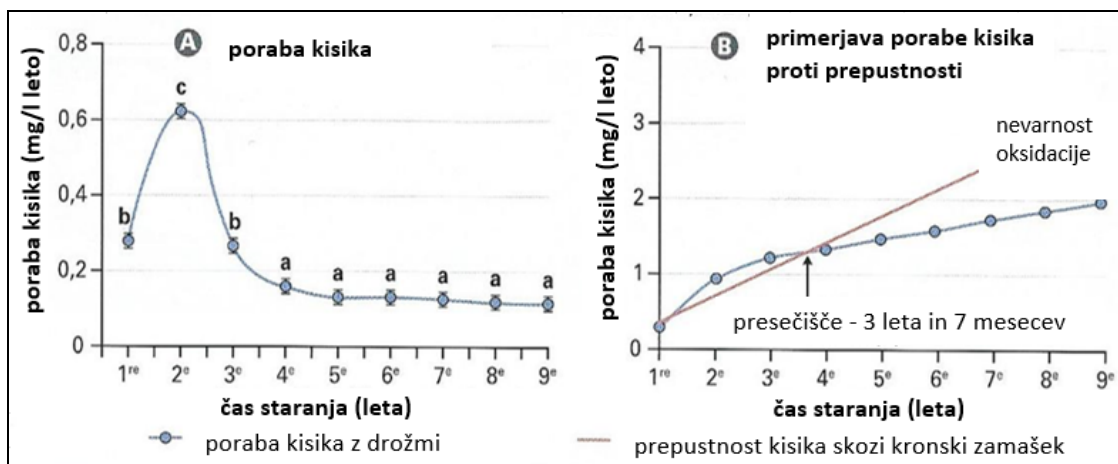
Slika 5. Glede na prepustnost kronskih zapork (ki manj tesnijo ali bolj tesnijo) je možno predvideti časovno spreminjanje koncentracije CO<sub>2</sub>, raztopljenega v šampanjcu, med zorenjem na odmrlih kvasovkah, ki mu je bilo dodano pred sekundarno alkoholno fermentacijo 24 g/l sladkorja (prirejeno po Liger-Belair, 2022b, str. 33)

Z raziskavo je bilo tudi ugotovljeno, da droži kvasovk delujejo antioksidativno. To je razloga, zakaj peneča vina na splošno lahko dlje časa zorijo kot bela mirna vina. Avtoliza spodbuja kakovost penečih vin najmanj prvo leto. Vzporedno pa tečejo drugi procesi, oksidacija arom, sprememba barve, lahko tudi poudarjanje (eksces) arom droži, kar lahko pripelje do neželenih sprememb kakovosti vina. Zato je dilema, koliko časa (let) naj bo peneče vino na kvasnih drožeh, da se izboljšuje njegova kakovost (Slika 6).



Slika 6. Slike kvasovk v teku avtolize (elektronski mikroskop) (prirejeno po Pons-Mercadé et al., 2021, v Pons-Mercadé et al., 2023, str. 48)

V vseh vzorcih raziskave Pons-Mercadéja in sodelavcev (Slika 7) se je pokazalo, da imajo droži zmogljivost porabiti raztopljeni kisik. V drugem letu dvakrat več kot v prvem, v tretjem letu pa zmožnost drastično pade. Ugotovili so, da po treh letih in sedmih mesecih zorenja droži kvasovk nimajo več sposobnosti varovati kakovost penečega vina pred kisikom, ki prihaja v steklenico skozi kronsko zaporko (Pons-Mercadé et al., 2023, str. 47).

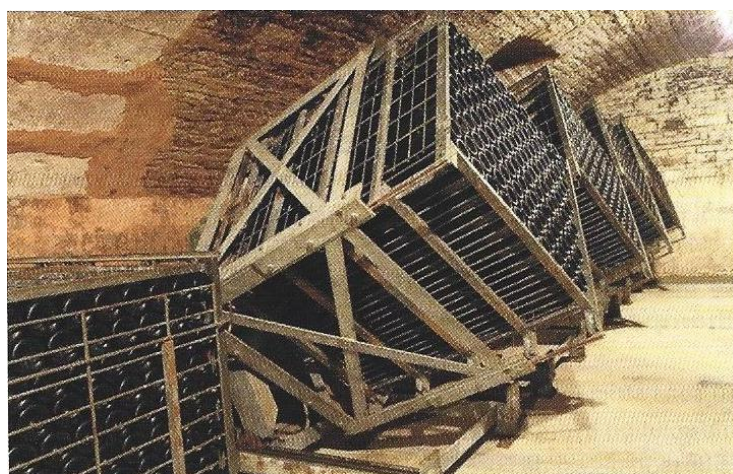


Slika 7. Prikaz porabe kisika s strani kvasovk, ekstrahiranih iz penečih vin, v različnih časovnih obdobjih (A) in primerjava med kisikom, ki se je akumuliral zaradi prepustnosti kronske zaporke B (prirejeno po Pons-Mercadé et al., 2021, v Pons-Mercadé et al., 2023, str. 47)

### 2.1.4 Proces ločevanja odmrlih kvasovk od vina

Odstranjevanje usedline iz steklenice je tudi ključna stopnja, izvorno imenovana remuage, in je enološko in tehnično zahtevna. Ko je zorenje na drožeh doseglo pričakovano kakovost, je potrebno ločiti odmrle kvasovke od penečega vina. Uspešno ločevanje odmrlih kvasovk in ostalih usedlin je odvisno od več dejavnikov. V veliki meri je odvisno od kakovosti osnovnega vina, katerega sestava se spreminja z razvojem podnebja (višja vsebnost alkohola, nižja vsebnost skupnih kislin, višje vrednosti pH). Ti parametri spreminjajo fizikalno-kemijsko ravnotežje vina in s tem mobilnost usedline v vinu. Dober potek sekundarne alkoholne fermentacije v steklenici tudi prispeva, da je popolna odstranitev usedline iz steklenice uspešnejša (Morge, Wehrung, & Francois, 2023, str. 21).

Velja poudariti, da so postopek odstranjevanja usedline mrtvih kvasovk iz steklenice po klasični proizvodnji razvili okoli leta 1816 v slavni šampanjski kleti Veuve Clicquot. Zasluge za odkritje stojala za stresanje steklenic, fr. pupitre, pripisujejo njeni lastnici, vdovi Barbe-Nicole Clicquot-Ponsardin in kletarju. Za vizionarstvo in perfekcionizem so vdovi Clicquot podelili častni naziv velika dama šampanjca (Gerbelle, 2012).



Slika 8. Od nekdanj samo ročno, danes se obračajo steklenice na žiro-paletah avtomatsko (Liger-Belair, 2022b, str. 33)

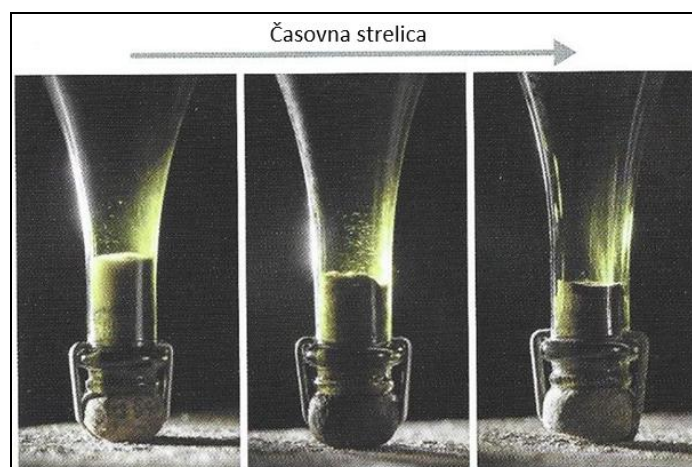
Tehnično je bil storjen velik napredek v odstranjevanju usedline iz steklenice, saj so se že leta 1973 pojavile in zelo uveljavile »žiropalette« (Slika 8), na katerih uspeva usedlino vina (kvasovke, beljakovine ...) samo v nekaj dneh ujeti v grlu steklenice (Liger-Belair, 2022b, str. 33). Ročni postopek na stojalih je trajal od 6 tednov do dva meseca (Slika 9). Odstranjevanje usedline iz steklenice je bila in ostaja ključna stopnja v procesu pridobivanja klasičnih penin (Morge, Wehrung, & Francois, 2023, str. 23).



Slika 9. Stojalo, fr. pupitre, za ročni postopek obračanja steklenic (Koželj – Hiša dobrih vin, 2025)

### 2.1.5 Odpiranje (degoržiranje) steklenic

Steklenice se z vratom navzdol potopijo za nekaj cm v hladilno tekočino, pri  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Slika 10), in usedline, zbrane v grlu steklenice, zamrznejo. Ob odpiranju steklenice pritisk izvrže ledeni »zamašek« in v steklenici ostane samo bistro vino. Ta postopek so opravljali včasih ročno, danes strojno. Majhna količina vina se izgubi, potrebno jo je nadoknaditi, kar se stori istočasno z doziranjem, ki je zadnja stopnja pridelave peničih vin.



Slika 10. Podaljšano zorenje na drožeh omogoča odmrlim kvasovkam, da se dobesedno razgradijo in stopijo v vino, kar prinese peničemu vinu fineso in kompleksne arome (prirejeno po Liger-Belair, 2022b, str. 33)

### 2.1.6 Doziranje

Pri tej operaciji se za popolnoma suho peneče vino (brut nature) samo nadoknadi izgubljena količina vina ob degoržiranju. Za vinske sloge penečih vin, ki vsebujejo sladkor, od stopnje izredno suho (extra brut) do stopnje sladko (doux), se doda kategoriji ustrezna količina likerja (zmes zrelega mirnega vina in sladkorja) (Liger-Belair, 2022b, str. 34).

Sledi takojšnja zamašitev steklenice s plutovinastim zamaškom, ki omogoča hkrati izravnavo termodinamičnega ravnotežja ogljikovega dioksida v zaprti steklenici. V nekaj urah se vzpostavi pritisk plina, ki je delno nižji od pritiska pred odpiranjem steklenice. Po približno dveh mesecih počivanja steklenic se liker v vinu homogenizira in šampanjci so pripravljene za prodajo ter pokušanje (Liger-Belair, 2022b, str. 34).

## 2.2 Charmat metoda

Charmat metoda ali fr. cuve close (zaprta velika posoda) pomeni izvedbo sekundarne alkoholne fermentacije pri pridelavi penečih vin v večji, visokotlačni vinski posodi, ki ni steklenica, velikosti med 50 do 1200 hl (Slika 11). Pridelava penečega vina po Charmat metodi se lahko začne z nefermentiranim moštom, bolj pogosto pa z vinom, ki je delno fermentirano (med 7 in 11 vol. % alk.). V glavnem so to vina z višjimi kislinami, naravnega sladkorja ni dovolj, zato se jih za toliko obogati s saharozo pred končno alkoholno fermentacijo, da so dosežene zelene vsebnosti alkohola, ogljikovega dioksida in ostanka sladkorja (Basquiat, Florida, & Cicco, 2022, str. 43).



Slika 11. Izobarična, ležeča cisterna velikosti 600 hl, v njej poteka sekundarna alkoholna fermentacija in zorenje na kvasovkah. Ležeča oblika cisterne pospešuje optimalni stik kvasovk z vinom. Termoregulacija je zagotovljena s 30 cm debelo plastjo steklene volne, skrito za zunanjo kovinsko lupino (Marchal, 2023, str. 40)

Leta 2019 je bila predstavljena pametna nadgradnja cistern, ki s pomočjo umetne inteligence avtomatsko vodi proces sekundarne alkoholne fermentacije. S to tehnologijo je možno sprti analizirati aktivnost in vitalnost kvasovk, prilagajati temperaturo, zagotavljati zeleno ravnotežje med alkoholom, CO<sub>2</sub> in ostankom sladkorja. Uravnava se lahko celo zadostna

-----

biomasa kvasovk za zorenje peničnega vina na drožeh. Ta nadgradnja je bistveno zmanjšala stroške pridelave, saj prihrani številne ure nadzora nad potekom sekundarne alkoholne fermentacije (Basquiat, Florida, & Cicco, 2022, str. 43).

Posode imajo opremo za termoregulacijo in vgrajeno mešalo za mešanje kvasovk. Po končani sekundarni fermentaciji vino zori na drožeh od enega meseca do enega leta. Glede na zakonska pravila v posameznem vinorodnem območju sledi bistrenje, po potrebi filtracija in morebiten dodatek sladkorja (likerja). Vinske posode (cuves) so lahko pokončne ali horizontalne, slednje omogočajo večji stik vina z drožmi. Pred stekleničenjem se vino pod pritiskom in pri nizki temperaturi (od 14 do 16 °C) prečrpa iz posode, v kateri je fermentiralo, skozi filter (tangencialni) v drugo posodo. Ob stekleničenju se pogosto vino še zadnjič filtrira. Vse te operacije se izvajajo v izobarometričnih pogojih (Marchal, 2023, str. 39).

Priprava osnovnega vina za sekundarno alkoholno fermentacijo se pri Charmat metodi ne razlikuje od klasične metode. Proizvajalci teh peničnih vin se zavedajo, da s Charmat metodo ni mogoče proizvesti peničnih vin enakovredne kakovosti in ugleda kot po klasičnem postopku. Toda tudi s Charmat metodo se lahko proizvedejo zelo kakovostna penična vina, kar je najbolj odvisno od kakovosti osnovnega vina (Marchal, 2023, str. 40).

### **3 VLOGA PLUTOVINASTEGA ZAMAŠKA PRI OHRANJANJU KAKOVOSTI PENEČIH VIN**

Zapiranje peničnih vin s pluto je zelo zahtevna in daljnosežno načrtovana stopnja v proizvodnji peničnih vin. Zamašek je lahko lepljen ali mikroaglomeriran, ima eno ali več ploščic; izvedbe so različne. Pri izbiri se odloča med estetiko, kakovostjo plute in ceno. Se pa zgodi, da informacije o propustnosti plinov niso zadostne. Penična vina so manjša tržna niša, glavni poudarek ostaja pri zamaških za mirna vina. Skratka, težke so odločitve pri izbiri primerne zamaška, panoga je budna, vsaj v Šampanji, kjer intenzivno raziskujejo kakovost plutovinastih zamaškov (Villedéy, Collas, & Descôtes, 2022, str. 50).

#### **3.1 Merilna metoda pod pritiskom**

Glavni poudarek pri preverjanju kakovosti plutovinastega zamaška je na propustnosti kisika skozi zamašek v vino. Razvijajo metode za merjenje prepustnosti plute za zrak v steklenico, ki je pod pritiskom ogljikovega dioksida. Ugotovili so, da se v stiku z zamaškom vino obogati s polifenoli, ki delujejo kot antioksidanti, konzumirajo kisik in tako spreminjajo rezultate meritev. Zaradi tega francoska organizacija Comité Champagne, ki združuje pridelovalce, zadruge in trgovce, predlaga novo metodologijo, ki z nadpritisom CO<sub>2</sub>, brez ostankov tekočine steklenico inertira s suhim ledom (CO<sub>2</sub>) (Villedéy, Collas, & Descôtes, 2022, str. 50).

#### **3.2 Po zapiranju steklenic**

Po zapiranju steklenic sta bistveni dve fazi prehajanja kisika skozi zamašek:

- desorpcija – pomeni vnos 3 mg kisika/steklenico prvih 100 dni,
- propustnost – pomeni počasen vnos kisika, v prvih dveh letih 1 mg/steklenico na leto.

Prehod kisika skozi plutovinasti zamašek je drugačen kot pri kronski zaporki. Takoj po zapiranju steklenice je pretok kisika skozi zamašek velik. Kasneje, ko se doseže določen ustaljen režim, pa se pretok zmanjša. Vnos kisika prvih 100 dni pomeni pravi oksidativni šok

-----

za vino ali začasno neravnotežje kljub uporabi inertnih plinov v grlu steklenice pred zapiranjem (Villedéy, Collas, & Descôtes, 2022, str. 52).

Z raziskavami zadnjih let so, pod okriljem organizacije Comite Champagne, uspeli spremeniti zračnost zamaška in s tem ukiniti vnos kisika v vino med zapiranjem steklenic. Nadgradnja strojev za zapiranje, opremljenih za izpodrivanje zraka v grlu steklenice z inertnim plinom pred zamašitvijo, prepreči desorbcijo kisika v steklenico. Ni več oksidativnega šoka. S to tehniko se zmanjša potreba po SO<sub>2</sub> in poveča potencial za zorenje penečih vin. Seveda je vloga matrice (osnovno vino) tu velika. To preverjanje je še v eksperimentalni fazi, odpira pa možnost za izdelavo zamaškov z malo ali nič desorbicije (Villedéy, Collas, & Descôtes, 2022, str. 52).

## **4 PREGLED ENOLOŠKIH TEŽAV V PRIDELAVI PENEČIH VIN ZARADI VEČJE VSEBNOSTI ALKOHOLA IN MANJŠE VSEBNOSTI SKUPNIH KISLIN V OSNOVNEM VINU TER POJAVA KRIPTOGAMNIH BOLEZNI V VINOGRADIH**

### **4.1 Glavne napake penečih vin**

Na svetovni ravni več kot tri četrtine vinogradnikov ugotavlja spremembe podnebja, višje temperature poleti in pozimi, več suš poleti in manj padavin pozimi. V Šampanji so trgatve zgodnejše za približno 20 dni od tistih v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja, potencialni alkohol se je dvignil za približno 1 vol. %, skupne kisline so se v obdobju 40 let znižale za 2,3 g/l. Težave v vinogradih, predvsem s kisló gnilobo grozdja in kriptogamnimi boleznimi, ocenjujejo za zelo kritične (Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2022, str. 46).

Tudi v Sloveniji imamo podatke o zgodnejšem dozorevanju grozdja in spremembah podnebnih parametrov. Vršič in sodelavci (2023, str. 116) ugotavljajo, da so bile temperaturne spremembe v vinorodni deželi Podravje od leta 1990 večje kot v obdobju od 1961 do 1990 (referenčno obdobje). Povprečna temperatura v vegetaciji se je močno povečala, in sicer za 0,4 °C na desetletje. Grozdje je po letu 2010 pri vseh sortah (ranina, chardonnay, sauvignon, modra frankinja, laški rizling in šipon) dozorelo prej za 32, 27, 26, 27, 35 oziroma 34 dni kot v obdobju 1980-1990. Kljub zgodnejši trgatvi je opazno izrazito zniževanje vsebnosti skupnih kislin, kar lahko pripišemo višjim temperaturam v obdobju rasti in zorenja grozdnih jagod.

Čuš, Potisek, Šuklje, Jež Krebelj in Jakša (2023, str. 127) navajajo, da so povprečne vrednosti za vsebnosti ekstrakta brez sladkorja pogosteje bolj oddaljene od mediane, kot pri vsebnosti dejanskega alkohola, na podlagi česar bi lahko sklepali, da so vsebnosti ekstrakta brez sladkorja še bolj odvisne od letnika, kot je to pri vsebnosti dejanskega alkohola v vinu.

V kletih je, poleg tveganja spremembe vinskih stilov, porušeno ravnotežje osnovnega vina, ki so ga bili enologi vajeni. Pogoste so težave z alkoholno fermentacijo, zaradi višjega alkohola, nižjih skupnih kislin in zaradi pomanjkanja kvasovkam dostopnega dušika. Pojavlja se beljakovinska in koloidna nestabilnost vin. Znatno je tudi pojav vinskih napak (po plesni, tleh, svežih glivah), saj sivo grozdno plesen (*Botrytis cinerea*) pred trgatvijo spremlja, sedaj v drugačnih podnebnih razmerah, več vrst gliv (Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2022, str. 46).

To so nove težave, tudi za mirna vina, ki jim enologi pozorno sledijo. Nestabilnost tartratov je vezana predvsem na kalcijev tartrat, koloidna nestabilnost pa na glivične bolezni, povzročitelje arom po svežih glivah (Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2022, str. 46).

#### 4.1.1 Nestabilnost kalcijevega tartrata

Ta negotovost je posebno stresna za enologe. Ni strahu pred kalijevim bitartratom (vinski kamen), kar se uspešno rešuje v procesu priprav vin, temveč pred nasičenostjo s kalcijevim tartratom. V Šampanji ugotavljajo poleg dviga sladkorja za 10 g/l znižanje jabolčne kisline za 20 %, je pa očitno zvišanje vinske kisline in dvig kalcija za 25 %. Kalcij in vinska kislina sta glavna povzročitelja kristalizacije. Vrednost pH je v Šampanji relativno stabilna, narašča pa hitreje v drugih vinorodnih območjih Francije. Znano je, da jabolčna kislina zavira kristalizacijo kalcijevega tartrata in vsako njeno zmanjševanje povečuje tveganje nestabilnosti. Biološki razkis dviga vrednosti pH in zmanjšuje jabolčno kislino. Mlečna kislina je pri zaviranju kristalizacije manj učinkovita. Vse naštetu, na kar vpliva tudi segrevanje planeta, je vredno pozornosti enologov, ki proizvajajo peneča in mirna vina (Barbier, Dumoulin & Marchal, 2023, str. 33).

Kristalčki kalcijevega tartrata so drobni in disperzirani, včasih se jih težko odstrani skupaj s kvasovkami, kar se kaže tudi z bolj intenzivnim penjenjem ob degoržiranju. Na osnovi večletnih raziskav (Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2023, str. 31) priporočajo preverjanje stabilnosti s pomočjo podatkov, navedenih v spodnji tabeli (Tabela 1).

Tabela 1. Ocena tveganja kristalizacije kalcijevega tartrata na osnovi vsebnosti vinske kisline, kalcija in pH (vrednosti se nanašajo na osnovna vina za šampanjce) (prirejeno po Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2023, str. 31)

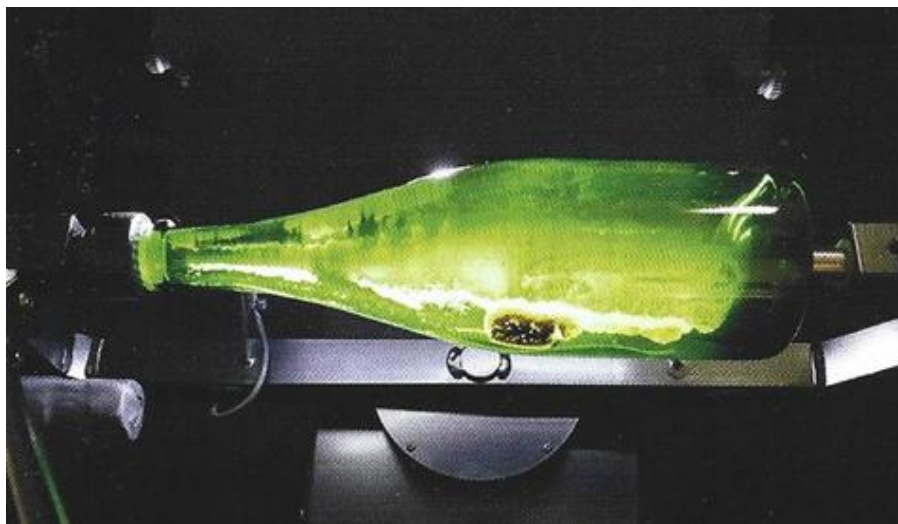
Ocenjeno tveganje kristalizacije kalcijevega tartrata na podlagi vsebnosti osnovnih elementov, ki sodelujejo pri tem tveganju.			
Ca (mg/l)	Vinska kislina (g/l)	Vrednost pH	Tveganje
≤ 70	≤ 2,5	≤ 3,1	Nobeno ali zelo nizko
≥ 70 in < 100	≤ 2,5	> 3,0 in < 3,1	Zelo nizko do nizko
~ 100	≤ 2,5	> 3,0 in < 3,1	Srednje
> 100	≤ 2,5	> 3,2	Srednje do visoko
≤ 70	≥ 2,5	≤ 3,1	Nobeno do zelo nizko
≥ 70 in < 100	≥ 2,5	> 3,0 in < 3,1	Nizko do srednje
~ 100 in več	≥ 2,5	> 3,0 in < 3,1	Srednje do visoko
≥ 70 in < 100	≥ 2,5	> 3,1 in < 3,2	Srednje
~ 100	≥ 2,5	≥ 3,2 in < 3,3	Srednje do visoko
> 100	≥ 2,5	> 3,3	Visoko

Možnosti za zmanjšanje tveganja je več: dodatek metavinske kisline, elektrodializa, ionska izmenjava. Proučujejo še dodajanje kalijevega poliaspartata (OIV ga je odobril za stabilizacijo tartratov) ter tudi z gumiarabiko. Dodajanje organskih kislin je tudi ena od rešitev. Biološka alternativa, uporaba kvasovk vrste *Lachancea thermotolerans*, ki je sposobna iz sladkorja proizvesti več gramov mlečne kisline in tako znižati vrednosti pH. Uporaba bio-enoloških sredstev ni prva varianta za stabilizacijo na tartrate, bolj prispeva k senzoriki (Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2023, str. 31).

#### 4.1.2 Beljakovinska in koloidna nestabilnost

Bistrost je za peneča in za mirna bela vina osnovna zahteva kupcev vin. Beljakovinska nestabilnost ostaja stalno tveganje, zaradi podnebnih sprememb je še bolj rizična. Višji pH

povečuje občutljivost na oksidacijo, mošti so bogatejši s proteini, ki so dejavnik nestabilnosti. V Šampanji niso nikoli imeli težav s koloidno motnostjo vin, toda se pripravljajo na to težavo, ki je skoraj neizbežna. Kombinacija časa in temperature sprožata včasih kosmiče, ki jih najdejo v steklenicah (Slika 12). Ta težava je zapletena, ker je teh kosmičev zelo malo in še ni odgovora, zakaj. Vina nekaterih sort so bolj občutljiva: dišeči traminec, sauvignon, chenin, na srečo chardonnay v manjši meri. Novejše raziskave kažejo, da višja temperatura in manj dežja povečujeta tveganje. Za sorto chardonnay ugotavljajo, da je vsebnost proteinov v korelaciji s stopnjo zrelosti grozdja. Rezultati tudi opogumljajo, ker je tradicionalni postopek že delno rešitev za to tveganje (Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2022, str. 47).



Slika 12. Izgled usedline: lahka usedlina na robovih, težja v sredini (Morge, Wehrung, & Francois, 2023, str. 23)

Več metod je bilo že razvitih, s katerimi se ugotavlja verjetnost beljakovinske nestabilnosti. Raziskovali so uporabnost toplotnega testa (Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2023, str. 32) glede na vremenske razmere in ugotovili, da so nižje temperature, in sicer pri 50 °C, bolj primerne in zanesljive za testiranje kot pri 80 °C. Test pri 80 °C je primernejši, če se preverja tudi koloidna nestabilnost (Tabela 2). V spodnji tabeli so zajete samo vrednosti vzorcev, ki so bili občutljivi ali nestabilni, 14 vzorcev drugih vin ni kazalo nestabilnosti – ne glede na prvi ali drugi test so bili vzorci vsakič stabilni.

Tabela 2. Ocena beljakovinske nestabilnosti osnovnega vina za peneča vina (trgatve 2020 in 2021) glede na dva različna toplotna testa (segretje na 80 °C za 30 minut ali na 50 °C za 90 minut, prirejeno po Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2023, str. 32)

Število vzorcev	Motnost (NTU) pred segrevanjem (npr.)	Razlika v motnosti NTU pri 80 °C/30 min (npr.)	Stabilnost ocenjena s testom pri 80 °C	Razlika v motnosti NTU pri 50 °C/90 min (npr.)	Stabilnost ocenjena s testom pri 50 °C
14	0,31 (0,2)	0,4 (0,1)	Stabilno	0,3 (0,1)	Stabilno
1	0,36	18,6	Nestabilno	1,4	Stabilno
1	0,43	9,2	Občutljivo	4,3	Stabilno
1	0,69	5,0	Občutljivo	1,2	Stabilno
1	0,49	13,3	Nestabilno	5,4	Občutljivo
1	1,1	15,4	Nestabilno	5,5	Občutljivo
1	0,3	6,8	Občutljivo	4,1	Stabilno

-----

V Šampanji so ugotavljali vpliv stiskanja na beljakovinsko nestabilnost in ugotovili, da je s samotokom manj tveganja in več s prešanci. Enološko sredstvo karboksilmetilceluloza (CMC) se naj ne bi obneslo (Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2023, str. 31).

V zgornji tabeli (Tabela 2) je prikazano (letnik 2020) testiranje osnovnega vina na beljakovinsko stabilnost pred sekundarno alkoholno fermentacijo. Glede na rezultate testa so od testiranih tri vina potencialno nestabilna. Toda, kot je bilo že navedeno, tradicionalni postopek, brez posebne obdelave vina, zmanjša možnosti za beljakovinsko motnost. Kar se tiče preventive, ostaja praksa pri osnovnem vinu uporaba bentonita, med ali po alkoholni fermentaciji. Vsekakor se bo potrebno veliko bolj poglobljeno, kot smo se do sedaj, posvečati preventivi.

#### 4.1.3 Težave z aromo po svežih glivah

Leta 2000 se je pojavila aroma po svežih glivah in je postala težava, zlasti pri penečih vinih. Kemijski markerji (geosmin, 2-metilisoborneol (2-MIB), 2-izopropil-3-metoksipirazin) so znanilci te nesreče. Kljub 20-letnim številnim raziskavam niso o tej napaki odkrite vse podrobnosti. Nedavno so nedvoumno potrdili, da je povzročitelj gliva *Crustomyces subabruptus*, ki se pojavlja ob *Botrytis cinerea* in proizvede vonj po svežih glivah. Navajajo, da je tega vonja več v nerazsluzenem moštu (Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2022, str. 48).

Laboratoriji razvijajo metode za določanje prevelike koncentracije omenjenih kemijskih markerjev. Danes je število laboratorijev v Franciji, ki to zmorejo, majhno, od 3 do 5. Poskusi tretiranja moštov, okuženih z glivo *Botrytis cinerea*, z enološkimi sredstvi: aktivno oglje, proteini iz graha, derivati hitina, formulacije iz PVPP, bentoniti, rastlinski proteini, so pokazali določen rezultat, toda takšne obravnave vina prizadenejo strukturo in arome. Ostaja preciznost dela v vinogradu, pri napadenem grozdju striktna izbira zdravih jagod. Toda včasih je gniloba skrita v notranjosti grozdja (Barbier, Dumoulin, & Marchal, 2023, str. 33).

Podnebne spremembe, kot so naraščanje povprečne letne temperature, pomanjkanje padavin, večja osončenost in ekstremni vremenski pojavi, se odražajo tudi v Sloveniji (Čuš et al., 2024) v še večji dovzetnosti vinske trte za bakterijske, glivične in virusne bolezni, kar predstavlja dodatno gospodarsko težavo. Podobno tudi v spremenjeni kemijski in aromatski sestavi mošta in vina ter njegovi kakovosti. Posledično narekujejo podnebne spremembe prilagojene vinogradniške in enološke tehnološke ukrepe za izboljšanje pridelave grozdja in vina ob sočasnih spremenjenih potrebah trga.

#### 4.2 Vpliv podnebnih sprememb na sekundarno alkoholno fermentacijo

Globalna sprememba podnebja je dejstvo, ki se mu je potrebno prilagoditi. Več vinogradniških in enoloških študij kaže možne posledice, a tudi alternative, kako se jim izognemo. Da bi peneče vino ohranilo značilnosti, svežino in sposobnost staranja, je bistveno, da ima osnovno vino nizek pH (od 2,8 do 3,3) in višje vsebnosti skupnih kislin. Kako z enološkimi posegi vzdrževati in povečati skupne kisline v moštih? Možnosti so: zgodnejša trgateg, frakcioniranje mošta med stiskanjem, dodajanje organskih kislin, preprečevanje biološkega razkisa (BR), uporaba kationskih izmenjevalcev. V bolj hladnih predelih, recimo v Šampanji, je odločitev za BR bolj vprašanje sloga njihovih šampanjcev. V številnih drugih območjih je to stvar tehnike, s katero se ga preprečuje. Mnogi uporabijo višje doze SO<sub>2</sub>, kationske izmenjevalce, ki znižajo pH, a tudi puferno kapaciteto. To poveča frakcijo

-----

molekularnega SO<sub>2</sub>. O tem se ob rutinskih postopkih v kletah ne razmišlja. Je pa nujno imeti pregled nad količino žvepla v osnovnem vinu. Povečani SO<sub>2</sub> v sinergiji z etanolom izzove močan stres za kvasovke. Taki dejavniki otežijo sekundarno alkoholno fermentacijo (Cisilotto, Vivian Schwarz, & Echeverrigaray, 2023, str. 43).

Tiražni liker je ključen v procesu peničenja. Dodane kvasovke, raztopljene v novem miljeju, ki so odgovorne za sekundarno fermentacijo, imajo malo hranil, čaka jih tudi neprijazno okolje, veliko inhibitorjev, kratka težka naloga. Latentna faza je ključna, zato je pomembno inokulum predhodno privajati na novo okolje. Novi milje z dvema sestavinama, etanolom in SO<sub>2</sub>, ki sinergično ovirata kvasovke, bistveno prizadene vitalnost in poveča odmiranje kvasovk. Kvasovke začnejo delati šele, ko se večina prostega SO<sub>2</sub> veže. Prisotnost etanola in SO<sub>2</sub> vzpodbujata kvasovke, da se v večji meri uveljavijo geni s toleranco na sulfite (Cisilotto, Vivian Schwarz, & Echeverrigaray, 2023, str. 44).

Pred sekundarno alkoholno fermentacijo je nujno upoštevati omenjene tehnične detajle. Obstaja več možnosti, da se preseže ali prepreči podobne težave. Recimo zgodnejša trgatev, uporaba različnih kvasovk, ki niso iz rodu *Saccharomyces*, nanofiltracija, inverzna ozmoza. Za preprečitev BR se lahko uporabi lizocim ali membransko filtracijo. Tipizacija osnovnega vina, z različno vsebnostjo SO<sub>2</sub>, lahko zniža prosti SO<sub>2</sub> z oksidacijo in razredčitvijo. Tehnike adaptacije kvasnega nastavka ali dodatek dušičnih hranil lahko pozitivno vplivajo na začetek sekundarne alkoholne fermentacije. Podaljševanje latentnega stanja kvasovk, zaradi visoke koncentracije SO<sub>2</sub> in etanola, lahko pripelje do nerešljivih tehnoloških zapletov. Uravnotežena vsebnost SO<sub>2</sub> in etanola ne zmanjšuje samo stresa kvasovkam, ampak je izrednega pomena tudi za enologe, zadolžene za pridelavo penečih vin (Cisilotto, Vivian Schwarz, & Echeverrigaray, 2023, str. 45).

## 5 PREDLOG ALTERNATIV ZA PRILAGAJANJE V VINOGRADIH

### 5.1 Introdukcija odpornih sort

Prednost imajo pozne sorte. V letnikih 2019 in 2020 so bile za peneča vina Crémant d'Alsace preizkušane naslednje sorte: voltis, floréal, artaban, vidoc, opalor in selenor, pridobljene v vinogradih francoskega raziskovalnega inštituta INRAE v Colmarju, Alzacija. V raziskavi so bile vključene kot čiste sorte, a tudi v zvrsteh s klasičnimi sortami: chardonnay, beli pinot, auxerrois. Trgatev so izvedli, ko je bilo sladkorja za 11 vol. % alkohola. Uporabili so samo samotok pri izplenu 50 %. Alkoholna fermentacija je potekala v 100 l cisternicah z dodatkom selekcioniranih kvasovk in bakterij za biološki razkis. Tipizacijo so izvedli po hladni stabilizaciji vina, tik pred dodatkom tiražnega likerja za sekundarno alkoholno fermentacijo (Meistermann, Froehly, Lemarquis, & Batot, 2022, str. 15).

Degustacije tipizacij z 10 % odpornih sort so potekale po trikotnem testu, v primerjavi z vini 100 % klasičnih sort. V zaključkih navajajo, da je 10 % delež odporne sorte senzorično neopazen v značilnostih vina (Meistermann, Froehly, Lemarquis, & Batot, 2022, str. 17).

### 5.2 Pozna zimska rez

Pridelava grozdja za peneča vina se postopoma že seli v hladnejša območja, ker so v tradicionalnih vinorodnih območjih težave z neugodnimi vremenskimi razmerami. Običajno

-----

se je obrezovalo trte na severni polobli med novembrom in marcem. S študijami zadnjih 50 let preverjajo vpliv pomladanske rezi na zadrževanje brstenja, na nižjo sladkorno stopnjo in višjo titracijsko kislino grozdja. Novejše študije kažejo, da pozna rez zmanjšuje sladkorno stopnjo grozdja, na manj sončnih legah dozori kasneje, kar je pa še bolj pomembno, skupnih kislin v grozdju je več, zniža se vrednost pH in zviša vsebnost jabolčne kisline (Bovet, Barmapa, & Pirez, 2022, str. 22).

V osrednji Italiji (nadmorska višina 385 m) proučujejo tudi vpliv dolge in kratke rezi vinske trte na upočasnenje vegetacije in poznejše brstenje. Pri pozni rezi je kasnilo brstenje za 18 dni in dozorevanje grozdja za 8 dni. Poznejša rez zadržuje fenološki razvoj, zniža pridelek grozdja za 35 % in grozdje ohrani več skupnih kislin. Več rezultatov kaže, da se bomo uspešno zoperstavliali podnebnemu segrevanju z novimi postopki, ki se razvijajo v vinogradih in v enologiji (Bovet, Barmapa, & Pirez, 2022, str. 22). Dejstvo pa je, da bodo najbolj prizadeta tradicionalna vinorodna območja v Franciji (Šampanja), Španiji (Cava) in Italiji (Franciacorta), ker imajo uzakonjenih vrsto pravil, meril, ki definirajo pogoje in postopke, kot so specifične sorte, razmejitve območij in številne druge.

### 5.3 Namakanje in obdelava tal

Kljub skromnosti trte in sposobnostim prilagajanja so nove podnebne razmere tako kritične, da se sedaj mnogi vinogradi namakajo, toda s priporočilom racionalnega koriščenja vodnih virov. Poudarek je na obdelavi tal, da le-ta ohranijo čim več vlage (zatravljanje, organska snov). Z namakanjem se je dokazalo, da se ne ohranja le ustrezne rasti trte in pridelek, temveč tudi z biosintezo sladkorna stopnja in kislost. Učinek je tudi na fenolni in aromatski zrelosti grozdja (Ghiglieno et al., 2022, str. 19).

#### 5.3.1 Genetska izbira

Bolj ali manj je odpornost trte na sušo odvisna tudi od genotipa. Izbira pa naj vključuje tudi kombinacijo sorte in podlage (Ghiglieno et al., 2022, str. 19, 20).

Tudi v Sloveniji (Čuš, Potisek, Šuklje, Jež Krebelj & Jakša, 2023, str. 133) ugotavljajo, da je odziv preučevanih sort laški rizling in chardonnay na podnebne spremembe sortno specifičen, kar lahko pripišemo razlikam med obema sortama (čas dozorevanja, različen čas trajanja posameznih fenofaz, različna sposobnost nalaganja sladkorjev in kislin) in pa tudi odvisen od vinorodnega okolja. Zaključujejo, da bodo ob nadaljevanju trenda podnebnih sprememb potrebne številne prilagoditve vinogradniških in vinarskih praks za blaženje omenjenih vplivov in ohranjanje tipičnosti vin naših tradicionalnih sort.

### 5.4 Zasenčenje grozdja

Primerjali so popolnoma odkrito grozdje sort chardonnay in modri pinot: nezasenčeno, zasenčeno z eno plastjo folije, z dvema plastema in nerazlistane trte s folijo. Trgali so, ko je bilo sladkorja za 10,5 % alkohola, in spremljali parametre: sladkorje, skupne kisline, vrednost pH, antociane in sestavo polifenolov. Ugotovili so, da zasenčenje zadrži dozorevanje in ohranja višjo kislost mošta (Ghiglieno et al., 2022, str. 20, 21).

## 6 KAKO RAZUMETI KAKOVOST PENEČIH VIN?

»Eno glavnih meril za ocenjevanje kakovosti penečih vin pri pivcih je, brez vsakega dvoma, iskrenje« (Cilindre et al., 2023, str. 25).

Tabela 3. Enološki parametri in koncentracija raztopljenega CO<sub>2</sub> v vinih A in C, merjeno na steklenicah, degoržiranih dva tedna po končani sekundarni alkoholni fermentaciji (prirejeno po Cilindre et al., 2023, str. 26)

Fizikalno-kemijski parametri	A13	A20	C13	C20
Vol. % alkohola	11,95	11,95	12,00	12,10
Ostanek nepovretega sladkorja	1,90	1,50	2,20	1,20
Skupne kisline	4,30	4,30	4,40	4,50
Vrednost pH	3,06	3,06	3,14	3,12
Hlapne kisline	0,32	0,30	0,30	0,29
Skupni SO <sub>2</sub>	54,00	51,00	51,00	49,00
Prosti SO <sub>2</sub>	4,00	4,00	4,00	4,00
Motnost (NTU)	0,52	0,55	1,67	0,69
Populacija kvasovk (10 <sup>6</sup> celic/ml)	A13	A20	C13	C20
Celokupne kvasovke (žive in odmrle)	5,03	9,16	4,94	8,88
Žive kvasovke	2,78	0	2,81	0
Raztopljeni CO <sub>2</sub> (g/l)	A13	A20	C13	C20
C steklenica	9,65 ± 0,07	9,60 ± 0,08	9,38 ± 0,08	9,52 ± 0,09
C kozarec	6,50 ± 0,23	6,37 ± 0,18	6,32 ± 0,16	6,30 ± 0,08

Legenda: Rezultati analiz se nanašajo na dvoje vin: A- peneče vino z območja reke Loire (Crémant de Loire), C – šampanjec. Sekundarna alkoholna fermentacija je potekala pri obeh vinih pri 13 °C in 20 °C (približno 30 dni).

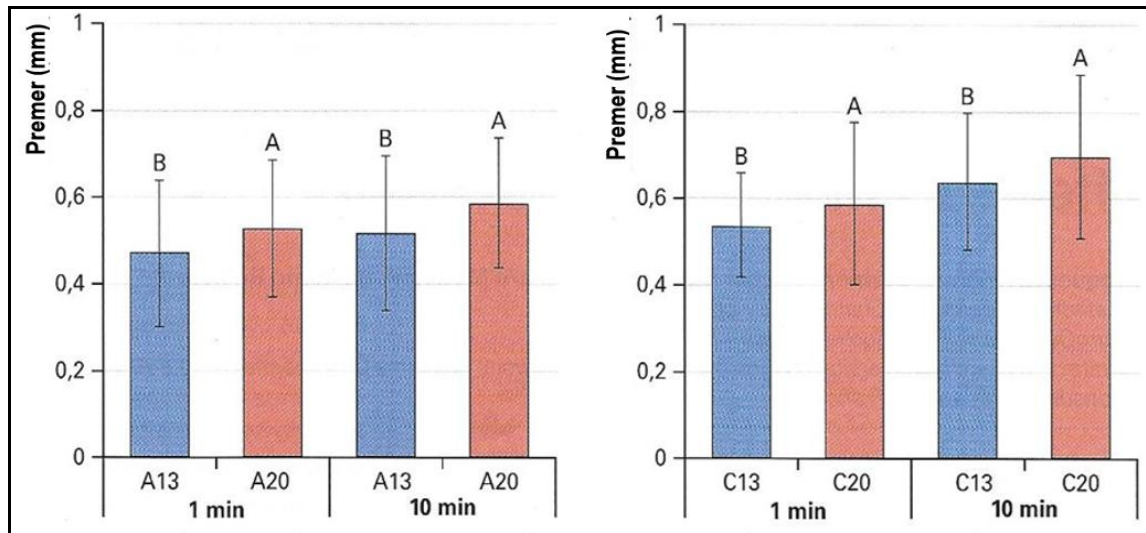
Kemijska sestava vina se razlikuje od terroirja do terroirja, od letnika do letnika, a tudi od kakovosti in optimalne dozorelosti grozdja. Spreminja se tudi med zorenjem na kvasovkah. V Tabeli 3 so predstavljeni fizikalno-kemijski in mikrobiološki podatki povprečnega penečega vina iz doline reke Loire in šampanjca. Le-ti se razlikujejo od osnovnega vina po višjem alkoholu, po zmanjšani vsebnosti proteinov, po sladkorju v vinih, ki so (ne vedno) dozirani, in vsebnosti raztopljenega CO<sub>2</sub>, ki mu daje največ ugleda.

Kvasovke igrajo tudi po zaključeni sekundarni alkoholni fermentaciji pomembno vlogo pri zorenju penečih vin, saj sodelujejo pri številnih biokemijskih reakcijah in sproščajo dragocene sestavine. Vino se obogati z makromolekulami, ki prispevajo h kakovosti penečih vin (Guilloux-Benatier, 2006, v Kemp, Alexandre, Robillard, & Marchal, 2015, str. 25).

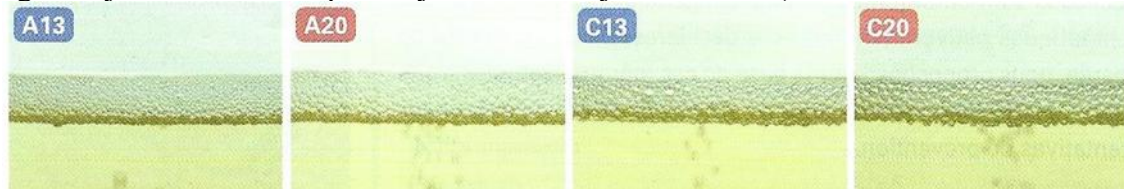
Čeprav še nimamo znanstvenega dokaza, da je kakovost okusa in vonja penečega vina odvisna od finese (debeline) mehurčka, ljubitelji in profesionalci poudarjajo, da čim bolj drobni so mehurčki, tem boljše je vino. Ta trditev temelji tudi na estetiki. Čim manjši so mehurčki, počasnejši so in lažje se jim sledi z očmi. Tako kot pritegne plamen ognja, da ga zatopljeno opazujemo, je ples mehurčkov čudovit prizor in ima za poglobljenega pivca vina magično, hipnotično moč. Cilindre s sodelavci (2023, str. 25–29) so v raziskavi želeli ugotoviti vpliv različnih temperatur sekundarne alkoholne fermentacije (pri 13 °C in 20 °C) na iskrenje in penjenje penečih vin, porekla Šampanja in dolina reke Loire.

Pri vinu Crémant de Loire in šampanjcu so mehurčki manjši pri nižji temperaturi sekundarne fermentacije (glej Sliko 13 in Sliko 14). S črko A je označeno vino iz doline Loare, s črko C iz Šampanje. Kemijska sestava vina, predvsem narava in vsebnost proteinov ter polisaharidov, ki ustvarjajo napetost površine, so dejavniki, ki prispevajo k uspešnemu iskrenju, višini pene in stabilnosti t. i. ogrlice mehurčkov (Guilloux-Benatier, 2006, v Kemp, Alexandre, Robillard, & Marchal, 2015, str. 25).

Slika 13. Povprečni premer mehurčkov v »ogrlici« (prikazano s standardnim odklonom), izmerjen 1 minuto in nato še 10 minut po serviranju vina A in C. Načini, ki niso povezani z enakimi črkami, so statistično značilno različni ( $p < 0,05$ ) (prirejeno po Cilindre et al., 2023, str. 29)



Slika 14. Podrobna fotografija »ogrlice« pene v kozarcu, posneta v naravnih pogojih ob degustaciji vina, 10 minut po zaključku serviranja vin A in C (Cilindre et al., 2023, str. 29)



Legenda: Pri vinih A in C je potekala sekundarna alkoholna fermentacija, bodisi pri 13 °C ali pri 20 °C.

## 6.1 Tvorba mehurčkov v kozarcu

Nujni pogoji za kakovostno degustacijo so: kozarci, temperatura in volumen vina. Vse navedeno ima pomemben vpliv na sproščanje raztopljenega CO<sub>2</sub>, ki se odraža v penjenju in iskrenju. Večji je premer kozarca, več plina uide iz vina. In kar 80 % ogljikovega dioksida izpuhti na površini ter samo približno 20 % v obliki vidnih mehurčkov. Teorija nastajanja mehurčkov ('nucleation') nam razjasni, da se ne morejo rojevati svobodno v tekočini, ki je nasičena s plinom. Pogosto so zaslužne za nastajanje mehurčkov, poleg nevidnih drobcov vinskega kamna ipd., tudi nevidne nitke celuloze, ki so v zraku in sedejo v kozarec, ali tudi ostanki krp, s katerimi se kozarce čisti. Preden se znajdejo ti delci v penečem vinu, so v zraku in zaradi nepravilnih oblik shranili zrak v majhnih »žepkih«, ki so zaslužni za mehurčke. Ti žepki zraka so večji od 0,3 μm, kar je kritični premer. Mehurčki se na poti do površine v kozarcu povečujejo, to vidimo s prostim očesom. Če sprožajo mehurčke ti majhni delci, prihaja do ponavljanja, kar se kaže v lepih verižicah (Liger-Belair, 2022b, str. 35).

## 6.2 Gravirani kozarci

Nekateri steklarji priporočajo lasersko graviranje dna kozarca. Ko se penina nataka, se v ohlajenih vdolbinicah na dnu kozarca ujame zrak, ki kasneje kontinuirano sproža mehurčke. To je umetno iskrenje, ki je drugačno od naravnega. Opravičilo za tako »ponarejeno« iskrenje je zaradi strojnega pranja kozarcev. Strojno umite kozarce se večinoma postavi na glavo in ne osuši s krpo. Na stenah teh kozarcev tudi ni drobnih celuloznih vlaken iz zraka, ki bi vzpodbujala naravno iskrenje (Liger-Belair, 2022b, str. 36).

## 6.3 Aerosol kapljic, obložen z aromami

V nekaj minutah pokušanja penečih vin se silovito požene navzgor več 10.000 minimehurčkov (kapljic) in se razpočijo nekaj cm nad robom kozarca ter sprostijo arome. Ta aerosol penečega vina naj bi prinesel desetkrat več arom, kot jih lahko zazna pokuševalec s površine vina v kozarcu. Uživalcem penečih vin se ponuja priložnost za več arome, ki je naj ne spregledajo (Liger-Belair, 2022b, str. 36).

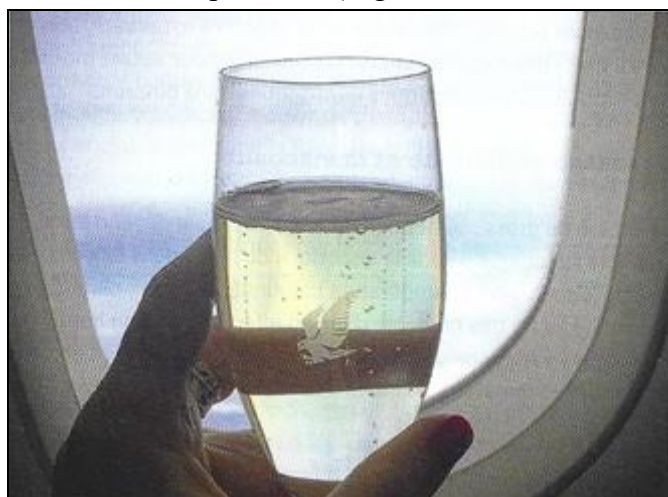
## 6.4 Finesa mehurčkov v penečem vinu, je to jamstvo kakovosti?

V trenutku, ko se mehurček v vinu sprosti, dobi energijo za vertikalni pogon (Arhimedov zakon). Med dviganjem pobira sproti z difuzijo molekule CO<sub>2</sub>. Hitrost mehurčkov v kozarcu je 15 do 20 cm/s, kar je 0,5 km/h. Od rojstva mehurčka do površine se premer mehurčka poveča za približno 100-krat, volumen pa za okrog milijonkrat (Liger-Belair, 2022a, str. 37).

## 6.5 Tlak v prostoru

Tlak v prostoru ima delni vpliv na premer mehurčkov v kozarcu. Na višini morske gladine znaša zračni tlak 1 bar. Ta pritisk se zmanjšuje z nadmorsko višino. Alpinisti na višini 4.807 m, kjer je zračni tlak samo 0,5 bara, so bili začudeni nad večjo hitrostjo in premerom mehurčkov. Dobro poučen potnik v letalu bo opazil drugačne mehurčke in iskrenje v kozarcu penine (Slika 15). Nasprotno – v prostoru z višjim tlakom so mehurčki v penečih pijačah manjši (Liger-Belair, 2022a, str. 39).

Slika 15. V kabini potniškega letala je zračni tlak približno 0,75 bara, kar vpliva na velikost mehurčkov, ki so povečani (Liger-Belair, 2022a, str. 39)



## 6.6 Temperatura in pokušanje

Pri enaki temperaturi volumen in viskoznost zelo zmerno vplivata na obnašanje mehurčkov. V razponu med 6 °C in 12 °C se hitrost mehurčkov poveča za 40 %. Pokušanje penin pri nižjih temperaturah zagotavlja manjše mehurčke (Liger-Belair, 2022a, str. 40).

## 6.7 Raztopljeni CO<sub>2</sub> in letnik vina

Vsebnost raztopljenega plina ima bistveni vpliv na hitrost in velikost mehurčkov. Več je raztopljenega plina, hitreje se povečujejo mehurčki. Toda, ko se zmanjšuje nasičenost s plinom, se mehurčki manjšajo in so počasnejši, kar se opazi na koncu pokušnje. V penicnih vinih, ki dolga leta zorijo, se zaradi počasnega uhajanja CO<sub>2</sub> iz steklenice koncentracija plina znižuje. Zato je v starih steklenicah nižji pritisk. In ker so namenjena zorenju le najboljše vina (letniki), je logično, da so po toliko letih, zaradi znižanega pritiska v steklenici, mehurčki bolj fini in počasnejši (Liger-Belair, 2022a, str. 40).

## 6.8 Učinek višine kozarca

Mehurčki se povečujejo z višino vina v kozarcu. Če izhajata dve verižici iz različnih višin v kozarcu, postanejo večji tisti, ki so sproženi bolj spodaj. Primerjava iskrenja v starih kozarcih (coupe) in novejših višjih (flute) pokaže, da so v venčku manjši mehurčki v nižjem kozarcu. Torej, nižji kozarec ima tudi prednosti pred visokim (Liger-Belair, 2022a, str. 41).

## 6.9 Uživanje penicnih vin poleg estetskih užitkov nudi še veliko hedonističnih

»Umetnost in vino združujeta ljudi« pravi J. W. Goethe.

Količino plina v ustih zaznamo kot diskretno, prijetno ali grobo. Brez mehurčkov bi peniče vino izgubilo svoj poseben značaj, svojo dušo. Značilnosti penicnih vin tankovske (Charmat) metode so svežina, sadni značaj, lahkotnost, pitnost, skratka, vina za hipne užitke.

Aroma penicnih vin klasične metode je izražena preko vonjev kvasovk, ki spominjajo na sredico kruha, piškote, sveže maslo ... Zorenje vin razvije arome po medu, vosku, breskvi, pojavljajo se tudi začimbe. Odvisno od tipizacij osnovnega vina, starosti in porekla, se lahko pahljača arom še razširi (Casamayor, 2005, str. 85).

Nadaljujemo z enakim postopkom ocenjevanja v ustih kot pri mirnih vinih: ravnotežje med kislimi in sladkimi ter taninskimi snovmi. Kislina (kislost) vina mora delovati osvežilno in samo za spoznanje ostro. Vino se označi od mehkega, svežega, živahnega. Sledi ocena strukture, telesa vina. Penina, ki izvira iz bele sorte, ima po navadi lažjo strukturo. Penina iz rdečih sort je praviloma krepkejša struktura. Sladkost ocenimo kot dobro odmerjeno, uravnoteženo, harmonično ali, nasprotno, presladko. Arome v ustih se oceni po intenzivnosti, finesi in po njihovi naravi. Za konec še obstojnost arome, ki polagoma v ustih izginja, je pa pomemben element za končno oceno peničega vina (Casamayor, 2005, str. 85).

## 7 ZAKLJUČKI

»Pri nas bi morali biti ljudje bolj srečni in veseli kot sicer, ker so rojeni v deželi dobrih vin«, je izrekel Leonardo Da Vinci.

Posebnost vinogradniško-vinarske panoge je tudi v dolgi »verigi« dejavnikov, ki se začne z vinorodno lego, sortami vinske trte, obdelavo, zaščito pred boleznimi in škodljivci, predelavo grozdja, pridelavo, nego, prodajo in potrošnjo vina. Veliko elementov je vključenih v uspešno ohranjanje vinogradov, razvoj vinskih blagovnih znamk in uspešno prodajo. Po uspešno premagani trsni uši konec 19. stoletja je panoga vse do nedavnega delovala predvidljivo in se uspešno posodabljala in razvijala.

Spreminjanje podnebja je zelo prizadelo običajno uspevanje vinske trte. Skrajnosti, od pomladanskih pozeb do izjemno vročih obdobj in neenakomerno razporejenih padavin, močno vplivajo na kakovost grozdja. Enologi se pogosto soočajo s sestavo grozdja, ki ne more zagotavljati pričakovanega značaja mirnih in penečih vin: previsok sladkor, enako previsoke vrednosti pH, spreminja se struktura kislin, makromolekul itd. Analizirajo se nova dejstva, povezana s spremembo podnebja, iščejo se novi, prilagojeni tehnološki pristopi, preventivni, kurativni (vinogradništvo) in korektivni (enologija). V zadnjih 100 letih ni bilo za panogo tako aktualnih izzivov kot v sedanjem obdobju.

Kakšne možnosti imamo za ohranitev penečih vin v novih globalnih podnebnih razmerah? »Vse kaže, da je napočil čas za mobilizacijo kolektivne inteligence v celotni vinogradniško-vinarski panogi, da bi spoznali velikansko zmogljivost prilagoditve vinske trte na posamezne terroirje« (Arnould & Boulbes, 2022, str. 7).

**Slovenske penine so zelo kakovostne. Konkurenčnost bomo ohranili s pravočasno prilagoditvijo postopkov v vinogradih in kletih.**

### References

- Arnould, H.-L., & Boulbes, C. (2022). Quels défis pour l'élaboration des vins effervescents de demain? Adaptation ou innovation face au changement climatique. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 7.
- Barbier, J.-E., Dumoulin, M., & Marchal, R. (2022). Les principaux défauts émergents pour les vins effervescents. Partie 1/2: description, facteurs accélérateurs et conséquences. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 46–48.
- Barbier, J.-E., Dumoulin, M., & Marchal, R. (2023). Les principaux défauts émergents pour les vins effervescents. Partie 2/2: diagnostiquer et corriger des défauts des vins effervescents (de la compréhension à la prévention des phénomènes). *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 50(186), 30–33.
- Basquiat, M., Florida, G., & Cicco, G. (2022). L'intelligence artificielle pour la régulation proactive des processus Charmat. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 43–45.

- 
- Bovet, J., Barmpa, D. M., & Pirez, F. J. (2022). Adapter la taille d'hiver pour augmenter l'acidité et réduire le sucre pour la production de vins effervescents de qualité. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 22–24.
- Casamayor, P. (2005). *L' école de la dégustation: Le vin en 100 leçons*. Hachette Pratique: Vanves CEDEX, France. 272 p.
- Cilindre, C., Liger-Belair, G., Henrion, C., Coquard, L., Poty, B., Barbier, J.-E., & Robillard B. (2023). La température de la prise de mousse a-t-elle un impact sur le dégazage et la taille des bulles des vins effervescents? *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 50(186), 25–29.
- Cisilotto, B., Vivian Schwarz, L., & Echeverrigaray, S. (2023). Effet de synergie entre SO<sub>2</sub> et éthanol sur les levures au début de la prise de mousse. Impact du changement climatique sur la seconde fermentation alcoolique. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 50(187), 43–45.
- Čuš, F. et al. (2024, 30. september). CRP projekt: Smernice za prilagoditev pridelave grozdja in vina podnebnim spremembam in zahtevam trga. *Kmetijski inštitut Slovenije*. Pridobljeno na: [https://www.kis.si/Domaci\\_OSVV/Smernice\\_za\\_prilagoditev\\_pridelave\\_grozdja\\_in\\_vina\\_podnebnim\\_spremembam\\_in\\_zahtevam\\_trga](https://www.kis.si/Domaci_OSVV/Smernice_za_prilagoditev_pridelave_grozdja_in_vina_podnebnim_spremembam_in_zahtevam_trga)
- Čuš, F., Potisek, M., Šuklje, K., Jež Krebelj, A., & Jakša, M. (2023). Vpliv podnebnih sprememb na kakovost vina v Sloveniji v obdobju 2001-2021. V S. Vršič (ur.), *6. slovenski vinogradniško-vinarski kongres: zbornik prispevkov, Ptuj, 21. – 22. april 2023* (str. 122–134). Ptuj: Kmetijsko gozdarski zavod Ptuj.
- Delgrosso, G., Nakagawa, M., & Moulliet, C. (2022). Évolution du marché mondial des vins effervescents. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 59–61.
- Gerbelle, A. (2012). Arrêt sur remuage. *La Revue du vin de France*. Pridobljeno na <https://www.larvf.com/,vins-champagne-veuve-clicquot-publicite-remuage-tire-bouche-antoine-gerbelle,2001104,4245451.asp>
- Ghiglieno, I., Mattivi, F., Cola, G., Trionfini, D., Perenzoni, D., Simonetto, A., ... & Valenti, L. (2022). Effets de l'effeuillage et de l'ombrage artificiel sur la composition et la qualité des raisins et des moûts des vins de base en méthode champenoise. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 19–21.
- Kemp, B., Alexandre, H., Robillard, B., & Marchal, R. (2015). Effect of production phase on bottle-fermented sparkling wine quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(1), 19–38.
- Koželj – Hiša dobrih vin (2025, 15. avgust). Bjana. Pridobljeno na <https://www.kozelj.si/blagovna-znamka/bjana>.
- Liger-Belair, G. (2022a). La finesse des bulles d'un vin effervescent est-elle un gage de qualité? *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 37–42.

- 
- Liger-Belair, G. (2022b). La méthode traditionnelle en Champagne : du terroir à la bulle. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 31–36.
- Marchal, R., Salmon, T., Vrigneau, C., Barbier, J.-E., & Robillard, B. (2022). Fractionnement des jus au cours du pressurage. Conséquences sur la qualité des moûts – Exemple des pinots noir et pinots meunier de la région Champagne. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 25–29.
- Marchal, R. (2023). Charmat et la méthode Charmat. Partie 2/2 – Aspects techniques et regard sur les vins produits en cuve close. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 50(186), 39–43.
- Meistermann, É., & Froehly, A. (2022). Impact et enjeux du changement climatique sur la composition et la vinification des moûts destinés à l'élaboration des vins effervescents. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 13–14.
- Meistermann, É., Froehly, A., Lemarquis, G., & Batot, P. (2022). Intérêt des nouvelles variétés de vignes résistantes aux maladies pour l'élaboration de vins effervescents. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 15–18.
- Morge, C., Wehrung, F., & Francois, N. (2023). Le remuage. Histoire, techniques et défis futurs. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 50(186), 21–23.
- Pons-Mercadé, P., Giménez, P., Vilomara, G., Conde, M., Cantos, A., Rozès, N., ... Zamora, F. (2023). Nouvelles connaissances sur l'influence de l'autolyse des levures dans la composition et la qualité des vins mousseux. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 50(186), 44–48.
- Villedey, B., Collas, S., & Descôtes, A. (2022). Le bouchage liège des vins effervescents: Enjeux et perspectives du point de vue des transferts d'oxygène. *Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 49(185 S), 50–52.
- Vršič, S., Vodovnik-Plevnik, T., Gregorič, L., Pulko, B., Perko, A., & Valdhuber, J. (2023). Reakcije vinske trte na podnebne spremembe v vinorodni deželi Podravje. V S. Vršič (ur.), *6. slovenski vinogradniško-vinarski kongres: zbornik prispevkov, Ptuj, 21. – 22. april 2023* (str. 112–121). Ptuj: Kmetijsko gozdarski zavod Ptuj.