

REZUMAT

Domeniul vinurilor spumante este în perpetuă metamorfozare și dezvoltare. Bazele acestui domeniu au fost puse de Pierre Pérignon (1638-1715) din cele 3 soiuri de struguri: Pinot noir, Pinot meunier și Chardonnay constituit astfel bazele vinului spumant. În afara regiunii Champagne s-au dezvoltat spumante din diferite soiuri precum în Spania, Cava din soiurile Macabeo, Xarello, Parellada și Chardonnay și Italia cu Asti din Moscato Bianco.

Producerea vinului spumant începe cu recoltarea strugurilor la maturitate tehnologică însemnând un potențial alcoolic cuprins între 10 și 11% vol. alcool și o valoare a pH-ului cât mai scăzută. Ajunși în cramă, se extrage mustul printr-o presare care să aibă o influență cât mai mică asupra valorilor pH. După operațiile de deburbare și înoculare cu levuri, mustul aflat în fermentație este monitorizat până la atingerea pragului de sec pentru a definitiva procesul de fermentație primară urmând transvazări și menținerea cât mai îndelungată a masei de lichid în contact cu drojdiile în suspensie. Următoarele operații presupun filtrarea și stabilizarea tartrică a vinului materie primă pentru spumant obținut. Din acest moment se conturează o dihotomie a metodelor de obținere a vinurilor spumante.

Metoda *Champenoise*, cunoscută și sub denumirea de metodă tradițională, care presupune realizarea celei de-a doua fermentații direct în sticle de sticlă, urmată de etapele de maturare, remuaj și degorjare. Această tehnică este destinată producerii spumantelor ce necesită o perioadă îndelungată de învechire pe depozitul de drojdie rezultat după fermentația secundară, ceea ce conferă complexitate și finețe produsului final.

Cea de-a doua metodă este *Charmat-Martinotti*, caracterizată prin efectuarea fermentației secundare în cisterne izobare. Avantajul acestei tehnologii constă în posibilitatea filtrării vinului spumant obținut, cu condiția utilizării unei linii de prelucrare izobare. Această abordare permite reducerea timpului de producție și o eficiență mai ridicată, menținând în același timp prospețimea și expresia fructată a vinului.

Din cele două metode principale de obținere pentru vinuri spumante s-au dezvoltat ulterior *metoda ancestrală*, care implică transvazarea vinului în fermentație în sticle și definitivarea procesului sub presiune și *metoda asti* care impune procesarea mustului și executarea unei singure fermentații în cisterne izobare.

Soiurile utilizate în producția de spumante capătă diversitate utilizându-se diferite soiuri neconvenționale. În Brazilia de utilizează soiuri precum Moscato Embrapa, Villenave, Nigaramm Goethe și Manzini Bianco. În Italia se folosesc soiuri precum Maresco și Grillo în Spania, Albariño, Franța Voltis și China Meili.

Din punct de vedere microbiologic, levurile utilizate în producerea vinului spumant prezintă o diversificare semnificativă pentru atingerea diferitelor cerințe

impuse de piață și consumatori. Pentru fermentația alcoolică se folosesc levuri din genul *Saccharomyces cerevisiae* însă în ultimii ani s-au studiat alte tipuri de levuri fie în co-inoculare fie de sine stătătoare. Utilizarea biocapsulelor prezintă o modalitate de a testa și studia co-inocularea (Peinado ș.a., 2006, p.79–84).

Utilizarea levurilor de tip non-*Saccharomyces* este o arie în plină dezvoltare. Tulpini de levuri precum *Torulaspora delbrueckii*, *Metchnikowia pulcherrima* și *Pichia kluyveri* au fost supuse co-inoculării cu *Saccharomyces cerevisiae* și au condus la concentrații mai ridicate de alcool totali, lactone, ester majori și ester minori prezentând în același timp concentrații mai reduse de acetaldehidă, lactat de etil, decanoat și octanoat de etil. (Comitini ș.a., 2017, p.44–49). *Torulaspora delbrueckii* utilizată împreună cu *Saccharomyces cerevisiae* au capacitatea de a crește conținutul de proteine din vinul spumant precum și îmbunătățirea proprietăților de spumare (Velázquez ș.a., 2019, p. 134–144). Conținutul de compuși volatili precum popionatul de etil, acidul izobutiric și butanoic au înregistrat valori ridicate din utilizarea combinată a celor două levuri. *T. delbrueckii* a fost testată ca derivat de drojdie pentru amplificarea maturării și reducerea timpului necesar acestui proces. După o perioadă de 9-18 luni s-a constatat că notele fructate din spumantele obținute din Chardonnay în Chile, și-au păstrat calitățile, observându-se o scădere în conținutul de proteine, după 18 luni de păstrare, fără a cauza brunificarea produsului finit.

Saccharomyces ludwigii a fost utilizată concomitent cu *Saccharomyces cerevisiae* pentru desăvârșirea fermentației alcoolice datorită toleranței ridicate la dioxid de sulf precum și capacității sale de a produce cantități mari de glicerol, acetat de izoamil, polizaharide și β -glucozidaze (Ivit ș.a., 2018, p.73).

Probele supuse cercetării au fost efectuate din soiuri autohtone românești și anume: Fetească regală, Tămâioasă românească și Fetească albă din regiunea Dealu Mare. Acestea au urmat un protocol de vinificație similar precum și o utilizare similară a produselor oenologice atât ca și compoziție dar și cantitativ. Probele au fost supuse maturării pe diferite perioade. S-a supus cercetării și un sortiment de spumant cu levuri în suspensie (care nu a trecut prin procesele de remuaj și degorjare). Acest lucru a contribuit și la crearea unei imagini mai clare asupra produsului finit, fiecare probă având o variantă cu levuri în suspensie în completare.

Determinările fizico-chimice pentru probele de must au reliefat un potențial alcoolic calculat cuprins între 10,70 și 11,58 % vol. alcool, o aciditate totală cuprinsă între 7,21 și 7,90 g/L având un nivel de pH cuprins între 2,92 și 3, 31.

În urma fermentației primare și a operațiunilor de stabilizare, vinul materie primă pentru vinul spumant a prezentat o concentrație alcoolică cuprinsă între 11,20 și 11,95 % vol. alcool. Nivelurile de aciditate au scăzut față de cele din must, valorile fiind între 6,37 și 6,85 g/L acid tartric.

În urma etapelor tehnologice aplicate - fermentația secundară, remuajul și, după caz, degorjarea - vinurile spumante obținute au prezentat o concentrație alcoolică cuprinsă între 13,03 și 13,53 % vol. Acest interval se încadrează în limitele considerate optime pentru spumante de calitate, asigurând echilibrul dintre structură și finețe. Nivelul de alcool nu este excesiv, ceea ce favorizează păstrarea caracterului proaspăt și a efervescenței specifice acestor vinuri. Aciditatea totală, situată între 6,00 și 6,53 g/L acid tartric, indică o prospețime ridicată și o bună capacitate de învechire. Valorile din acest interval sunt conforme recomandărilor Organizației Internaționale a Viei și Vinului (OIV) pentru vinurile spumante, conferind produsului final un gust vioi și echilibrat. În plus, aciditatea ridicată joacă un rol esențial în stabilitatea microbiologică și în dezvoltarea caracteristicilor aromatice complexe în timpul maturării pe drojdii. pH-ul, cuprins între 3,03 și 3,39, reflectă un mediu acid favorabil atât păstrării prospețimii, cât și protecției împotriva oxidării premature. Un pH mai scăzut (în jur de 3,0) asigură o stabilitate crescută și o expresie mai pronunțată a notelor citrice și florale, în timp ce valorile mai apropiate de 3,4 sugerează o structură ușor mai rotundă și mai catifelată.

În ansamblu, combinația dintre alcoolul moderat, aciditatea totală ridicată și pH-ul echilibrat demonstrează că probele analizate respectă cerințele tehnologice și de calitate pentru vinurile spumante. Aceste caracteristici contribuie la un profil senzorial armonios, unde prospețimea, finețea bulelor și complexitatea aromatică răspund cerințelor consumatorului modern și standardelor internaționale. Profilarea cantitativă a compușilor volatili a dezvăluit diferențe substanțiale între cele trei grupuri de vinuri, fiecare prezentând o semnătură chimică distinctă, reflectând practicile și condițiile sale oenologice.

Grupa FA (FA21d, FA21) a prezentat un profil fermentativ distinctiv, marcat diferit față de celelalte grupe. Caracteristicile cheie au inclus absența aproape totală a compusului tetrahidro-5-metil-2-furanmetanol (0,00–0,61 mg/L), asociat în mod tipic cu fermentația convențională; concentrații ridicate de alcool izobutolic (5,49–6,52 mg/L); și niveluri notabile de acizi grași cu lanț mediu, cum ar fi acidul octanoic (0,80–0,99 mg/L) și acidul decanoic (0,34–0,53 mg/L).

În spectru opus, grupul FR a prezentat un profil chimic caracteristic unei manipulări și maturări oxidative controlate. Au fost observate concentrații crescute de indicatori oxidativi: soleron (0,81–1,56 mg/L), conferind nuanțe picante, asemănătoare curry-ului; acetaldehidă (54,81–89,29 mg/L), și 3-metilbutanal (0,85–2,65 mg/L), contribuind la note malțoase și de ciocolată. Acest profil sugerează aplicarea intenționată a maturării pe depozitul de drojdie pentru a promova complexitatea fără a genera defecte. Efectele au fost evidente, vinurile din FR19 prezentând trăsături oxidative mai pronunțate, în timp ce probele din FR21 și-au păstrat un profil mai proaspăt, dominat de fructe. Aceste diferențe subliniază influența condițiilor climatice și posibilele ajustări ale protocoalelor de vinificație.

Grupa TR a prezentat cea mai mare eterogenitate, în mare parte datorată diferențelor de an de recoltă. Vinurile TR19 au împărtășit caracteristici de maturare cu grupul FR, inclusiv cea mai mare concentrație măsurată de soleron (2,12 mg/L) și o expresie redusă a aromelor varietale. În contrast, vinurile TR21 au demonstrat o intensitate aromatică pronunțată, definită de concentrații ridicate de monoterpene precum linaloolul (0,30–0,44 mg/L) și terpinolenul (0,00–3,13 mg/L), generând profiluri florale și citrice.

Analizele claselor de compuși au oferit informații suplimentare. Alcoolii superiori, cum ar fi 1-pentanolul (62,67–106,81 mg/L), au apărut ca principali contribuitori la aromă. Aldehidele au fost dominate de acetaldehidă (54,81–89,29 mg/L), 3-metilbutanalul variind în corelație cu intensitatea oxidativă. Analiza monoterpenelor a confirmat caracterul floral puternic al probelor TR21 prin niveluri ridicate de linalool, α -Terpineol și terpinolen. Alcoolul feniletic (0,16–0,46 mg/L), constant peste pragul său de percepție, a contribuit cu note de trandafir în toate vinurile.

Profilul sensorial al probelor de spumant supuse cercetării au reliefat un complex și variat spectru aromatic pentru Fetească regală, aceasta prezentându-se în formă matură din FR19 și variantele proaspete de FR21. Tămâioasa românească a fost apreciată pentru notele intense de soc în combinație cu o bază de toast și drojdie pentru proba TR19 și o floralitate aparte pentru proba TR21. Un echilibru între notele fructate și florale a fost reprezentat de Fetească albă care prezintă un potențial mare de vinificare în metoda Champenoise

Analiza componentelor principale a fost aplicată atât seturilor de date pentru caracteristicile fizico-chimice, cât și celor senzoriale, permițând validarea rezultatelor univariate și dezvăluind structuri latente în cadrul datelor. Analiza componentelor principale (PCA) a compoziției chimice a identificat prima componentă principală (F1) ca fiind axa dominantă de discriminare, reprezentând cea mai mare varianță. F1 a fost încărcat pozitiv de compuși asociați cu aroma primară și caracterul fermentativ, inclusiv esteri fructați (hexanoat de etil – 0,777 mg/L; caprilat de etil - 0,737 mg/L), monoterpene florale (linalool - 0,914 mg/L; α -terpineol - 0,914 mg/L) și acizi grași cu lanț mediu (acid octanoic 0,808 mg/L; acid hexanoic 0,774 mg/L). Proiecția probelor în planul F1–F2 a dezvăluit o discriminare clară a grupurilor: FA21 și TR21 au obținut scoruri mari pe partea pozitivă, reflectând o expresie aromatică intensă, în timp ce vinurile FR și probele TR19 s-au grupat negativ, în concordanță cu stilurile oxidative.

Analiza PCA pentru metoda senzorială a dat un rezultat congruent cu modelul chimic. Axa senzorială F1 a corelat pozitiv cu „Pâine prăjită” (0,959) și „Drojdie” (0,923), și negativ cu „Măr” (-0,868) și „Vegetal” (-0,870). Alinierea vinurilor FR19 cu attribute oxidative, prăjite și a vinurilor FR21 cu note mai proaspete, fructate a confirmat corespondența dintre markerii chimici și percepția

senzorială. Axe suplimentare au surprins nuanțe precum căile de esterificare, maturitatea fructelor, aciditatea și intensitatea florală, subliniind în continuare multidimensionalitatea percepției vinului.

Integrarea rezultatelor PCA chimice și senzoriale a oferit informații cruciale, în special pentru grupul TR. Deși TR21 s-a grupat cu vinurile FA în ceea ce privește compușii aromatici, separarea pe axele secundare a evidențiat nivelurile ridicate de acizi grași cu lanț mediu, explicând coexistența aromelor atractive cu potențiale defecte. În mod similar, poziția unică a probelor FA în spațiul multivariat a validat paradigma lor distinctă de fermentație.

Această abordare combinată a profilării chimice cantitative și a statisticii multivariabile oferă perspective semnificative asupra determinantilor compoziției, tipicității și calității vinului. Oferă dovezi solide despre modul în care variația chimică se traduce în diferențe perceptibile, contribuind astfel atât la înțelegerea științifică, cât și la aplicațiile practice în vinificație.