

IOSUD – UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI

Școala doctorală de Științe fundamentale și ingineresti



TEZĂ DE DOCTORAT

(REZUMAT)

PERSPECTIVE INOVATIVE DE PROCESARE A STRUGURILOR NEGRI DIN AREALUL TERASELE DUNĂRII

Doctorand,

Ing. Bogdan BOCĂNEALĂ

Conducător științific,

Prof. univ. dr. ing. Gabriela RÂPEANU

Seria I 7: Ingineria produselor alimentare Nr. 26

GALAȚI

2025

IOSUD – UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI

Școala doctorală de Științe fundamentale și ingineresti



TEZĂ DE DOCTORAT

**PERSPECTIVE INOVATIVE DE PROCESARE A STRUGURILOR NEGRI DIN AREALUL
TERASELE DUNĂRII**

Doctorand

Ing. Bogdan BOCĂNEALĂ

Președinte

Prof. univ. dr. ing. BAHIM Gabriela-Elena
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Conducător de doctorat

Prof. univ. dr. ing. RÂPEANU Gabriela
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Referent oficial

Prof. univ. dr. COPOLOVICI Dana-Maria
Universitatea „Aurel Vlaicu” din Arad

Referent oficial

Prof. univ. dr. ing. POIANĂ Mariana-Atena
Universitatea de Științe Vieții „Regele Mihai I” din Timișoara

Referent oficial

Prof. univ. dr. ing. CROITORU Constantin
Academia de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu-
Șișești, București

Seria I 7: Ingineria produselor alimentare Nr. 26

GALAȚI

2025

Seriile tezelor de doctorat susținute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:

Domeniul fundamental ȘTIINȚE INGINEREȘTI

- Seria I 1: **Biotehnologii**
- Seria I 2: **Calculatoare și tehnologia informației**
- Seria I 3: **Inginerie electrică**
- Seria I 4: **Inginerie industrială**
- Seria I 5: **Ingineria materialelor**
- Seria I 6: **Inginerie mecanică**
- Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**
- Seria I 8: **Ingineria sistemelor**
- Seria I 9: **Inginerie și management în agricultură și dezvoltare rurală**

Domeniul fundamental ȘTIINȚE SOCIALE

- Seria E 1: **Economie**
- Seria E 2: **Management**
- Seria E 3: **Marketing**
- Seria SSEF: **Știința sportului și educației fizice**
- Seria SJ: **Drept**

Domeniul fundamental ȘTIINȚE UMANISTE

- Seria U 1: **Filologie- Engleză**
- Seria U 2: **Filologie- Română**
- Seria U 3: **Istorie**
- Seria U 4: **Filologie - Franceză**

Domeniul fundamental MATEMATICĂ ȘI ȘTIINȚE ALE NATURII

- Seria C: **Chimie**

Domeniul fundamental ȘTIINȚE BIOMEDICALE

- Seria M: **Medicină**
- Seria F: **Farmacie**

CUPRINS

TITLUL SECȚIUNII	PAGINA
INTRODUCERE	8
INTRODUCTION	10
I. STUDIUL DOCUMENTAR	
Strugurele privit ca sursă de compuși fenolici – elemente morfologice, biochimice și tehnologice în contextul macerării	12
CAPITOLUL 1. Strugurii, materie primă pentru vinificație: caracteristici morfologice și compoziționale relevante în contextul calității vinurilor	13
1.1. Structura și compoziția strugurelui cu relevanță pentru vinificație	13
1.1.1. Organizarea morfologică a strugurelui și implicațiile sale tehnologice	13
1.1.2. Componentele chimice ale strugurelui și relevanța acestora în procesul tehnologic	14
1.1.3. Activitatea biochimică și rolul enzimelor în vinificație	16
1.1.4. Componenta microbiologică a strugurilor	17
1.2. Relația dintre caracteristicile strugurilor și stilurile de vin obținute	18
1.3. Referințe bibliografice	18
CAPITOLUL 2. Studiul documentar privind compușii fenolici din struguri și vin	23
2.1. Clasificarea compușilor fenolici: structură și funcționalitate	23
2.2. Biosinteza și localizarea compușilor fenolici în boabele de struguri	24
2.3. Rolul compușilor fenolici în calitatea, stabilitatea și valoarea biologică a vinului	25
2.4. Factori care influențează extracția și evoluția compușilor fenolici în timpul vinificării	26
2.4.1. Macerarea și temperatura – factori esențiali pentru extracția compușilor fenolici	27
2.4.2. Morfologia strugurilor și influența maturității fenolice asupra extractibilității	27
2.4.3. Influența drojdiilor și a operației tehnologice de fermentare asupra extracției și evoluției compoziției fenolice	28
2.4.4. Efectul enzimelor, al dioxidului de sulf și al altor adaosuri enologice asupra extracției și evoluției compușilor fenolici	28
2.5. Stabilitatea compușilor fenolici în must și vin: mecanisme, limitări și soluții tehnologice	29
2.6. Referințe bibliografice	30
CAPITOLUL 3. Operația de macerare – intervenție tehnologică cheie în vinificație	36
3.1. Rolul macerării în vinificație și poziționarea procesului de macerare în fluxul tehnologic	36
3.2. Tipuri de macerare aplicabile vinurilor rosé și roșii	38
3.3. Relevanța pielitei și a semințelor în transferul compușilor fenolici (factori intrinseci/morfologici)	38
3.4. Factori tehnologici care influențează eficiența procesului de macerare (factori extrinseci)	39
3.5. Legătura dintre macerare și compoziția fenolică	41
3.6. Decizia tehnologică privind macerarea – factor diferențiator între stiluri de vin	42
3.7. Referințe bibliografice	42

II. STUDIUL EXPERIMENTAL	
Cercetări privind corelarea maturității strugurilor și a tehnologiilor de macerare cu expresia fenolică și stilistică a vinurilor din Fetească Neagră	47
CAPITOLUL 4. Evoluția parametrilor fizico-chimici și a conținutului în compuși fenolici în timpul maturării strugurilor din soiul Fetească Neagră	48
4.1. Introducere	48
4.2. Obiectivele studiului	55
4.3. Materiale și metode	56
4.3.1. Strugurii – materie primă	56
4.3.2. Prelevarea boabelor de struguri	57
4.3.3. Pregătirea probelor în laborator	57
4.3.4. Determinarea maturității tehnologice a boabelor de struguri	58
4.3.5. Determinarea maturității fenolice a boabelor de struguri	59
4.3.6. Analiza statistică	61
4.4. Rezultate și discuții	61
4.4.1. Maturitatea tehnologică a strugurilor	61
4.4.2. Maturitatea fenolică a strugurilor	78
4.4.3. Date privind alegerea momentului recoltării strugurilor și implicațiile tehnologice	89
4.5. Concluzii parțiale	97
4.6. Referințe bibliografice	100
CAPITOLUL 5. Îmbunătățirea tehnologiei de obținere a vinurilor rosé din soiul Fetească Neagră utilizând tehnica saignée	108
5.1. Introducere	108
5.1.1. Probleme și provocări actuale	111
5.1.2. Soluții găsite de către industrie – noi provocări	111
5.2. Obiectivele studiului	113
5.3. Materiale și metode	114
5.3.1. Strugurii – materie primă	114
5.3.2. Procedeele de vinificație	114
5.3.3. Variantele tehnologice luate în analiză	116
5.3.4. Determinarea compoziției chimice a vinurilor	116
5.3.5. Determinarea culorii vinurilor	116
5.3.6. Determinarea parametrilor cromatici folosind metoda CIELab	116
5.3.7. Analiza senzorială	118
5.3.8. Analiza statistică	120
5.4. Rezultate și discuții	123
5.4.1. Determinarea compoziției chimice a vinurilor	123
5.4.2. Determinarea parametrilor de culoare ai vinurilor	136
5.4.3. Determinarea parametrilor de culoare cu ajutorul cromametrului – metoda CIELab	151
5.4.4. Analiza senzorială	161
5.5. Concluzii parțiale	175
5.6. Referințe bibliografice	178

CAPITOLUL 6. Influența unor parametri tehnologici asupra extracției compușilor fenolici în timpul macerării strugurilor din soiul Fetească Neagră	185
6.1. Introducere	185
6.1.1. Context	185
6.1.2. Stadiul actual al cercetărilor privind metodele neconvenționale de macerare	186
6.2. Obiectivele studiului	187
6.3. Materiale și metode	187
6.3.1. Strugurii – materie primă	187
6.3.2. Realizarea etapei de macerare în condiții prestabilite	188
6.3.3. Monitorizarea gradului de extracție a compușilor polifenolici	189
6.3.4. Evaluarea activității antioxidante – parte a potențialului biologic activ al mustului de struguri	191
6.3.5. Determinarea indicilor cromatici	192
6.4. Rezultate și discuții	192
6.4.1. Caracterizarea fitochimică a musturilor provenite din macerarea mustuielii prin diverse tehnici la soiul Fetească Neagră	192
6.4.2. Analiza cromatică a musturilor	201
6.5. Concluzii parțiale	207
6.6. Referințe bibliografice	210
CAPITOLUL 7. Concluzii finale	217
CAPITOLUL 8. Contribuții originale și perspective de continuare a studiilor	220
CAPITOLUL 9. Valorificarea rezultatelor	224
CAPITOLUL 10. Anexe	227
Anexa 1. Lista figurilor	227
Anexa 2. Lista tabelelor	229

Cuvinte cheie: Fetească Neagră, vinuri rosé, vinuri roșii, maturitate fenolică, tehnica Saignée, macerare prefermentativă, termomacerare, ultrasunete, compuși fenolici, activitate antioxidantă, profil senzorial.

INTRODUCERE

Vinul este mai mult decât o simplă băutură fermentată. Este rezultatul unei construcții biologice, chimice și culturale, în care știința și tradiția conlucrează pentru a modela un produs cu identitate profundă. În mod particular, vinurile roșii se disting printr-o complexitate chimică remarcabilă, dată în mare măsură de compoziția lor fenolică – familie de compuși cu impact direct asupra culorii, structurii gustative, potențialului antioxidant și capacității de învechire a vinului. În această matrice de interacțiuni, macerarea, în calitate de proces de extracție controlată a acestor compuși din pielea și semințele strugurelui, se impune ca etapă esențială în conturarea calității vinului.

În ultimele decenii, cercetarea oenologică s-a concentrat din ce în ce mai mult pe înțelegerea proceselor care guvernează transferul compușilor fenolici în timpul macerării, precum și pe dezvoltarea unor strategii tehnologice care să permită adaptarea extractibilității la specificul fiecărui soi sau stil de vin. Această direcție devine cu atât mai relevantă în contextul actual, marcat de schimbări climatice, diversificarea pieței de consum și presiunea calității competitive. În acest cadru, se conturează nevoia unei vinificații de precizie, capabilă să optimizeze extracția, să reducă pierderile și să potențeze expresia varietală.

În această ecuație, soiul Fetească Neagră ocupă o poziție centrală. Considerat cel mai valoros soi roșu autohton, Feteasca Neagră a devenit în ultimele decenii un veritabil etalon al vinificației românești moderne. Caracterizat printr-un potențial fenolic ridicat, echilibru natural între zaharuri și aciditate și o capacitate remarcabilă de adaptare la stiluri diverse – de la vinuri rosé fine, până la roșii extractive, pretabile la învechire –, acest soi oferă premisele ideale pentru cercetarea relației dintre tehnologia de macerare și compoziția fenolică a vinului. Cu toate acestea, literatura de specialitate rămâne insuficientă în ceea ce privește studierea comportamentului acestui soi în contextul unor variante tehnologice diferențiate, ceea ce justifică pe deplin oportunitatea acestei lucrări.

Lucrarea de față își propune să investigheze rolul macerării ca factor de modelare a compoziției fenolice și, implicit, a stilului vinului, prin aplicarea unor strategii diferențiate asupra strugurilor de Fetească Neagră, cultivați în arealul viti-vinicol Terasale Dunării. Dincolo de obiectivul științific central – acela de a corela deciziile tehnologice din etapa de macerare cu structura chimică a vinului – studiul își propune și o finalitate aplicativă: formularea unor linii directoare pentru optimizarea procesului tehnologic, în funcție de stilul de vin vizat (rosé sau roșu).

Structura lucrării reflectă această dublă dimensiune – teoretică și experimentală – și urmărește o succesiune logică de idei. Primele trei capitole constituie studiul documentar, necesar pentru înțelegerea cadrului morfologic (**Capitolul 1**), chimic și bioactiv (**Capitolul 2**), respectiv tehnologic (**Capitolul 3**) în care se desfășoară macerarea. Astfel, cititorul este familiarizat mai întâi cu structura strugurelui și cu particularitățile metabolice ale componentelor fenolice, pentru ca ulterior să fie introdus în complexitatea procesului de extracție și a parametrilor care îl influențează. Această parte nu este pur descriptivă, ci selectivă și orientată spre fundamentarea structurii practice a cercetării.

Partea a doua a lucrării (capitolele 4–6) reprezintă componenta experimentală propriu-zisă. În **Capitolul 4**, sunt prezentate datele de caracterizare a strugurilor de Fetească Neagră în trei ani consecutivi de studiu, cu accent pe dinamica maturării tehnologice și fenolice, în scopul identificării momentului optim de recoltare. Această etapă este esențială, deoarece determină baza compozițională inițială a materiei prime, cu impact direct asupra eficienței macerării. În **Capitolul 5**, este evaluată aplicabilitatea tehnicii saignée în producerea vinurilor rosé din

Fetească Neagră, demonstrându-se modul în care o intervenție timpurie poate orienta profilul senzorial al vinului. În fine, **Capitolul 6** explorează în profunzime influența unor regimuri diferențiate de macerare (convențională, prefermentativă, termică și asistată de ultrasunete) asupra extractului fenolic, activității antioxidante și indicilor cromatici ai vinurilor roșii rezultate.

Această abordare progresivă – de la analiza materiei prime, la testarea unor strategii pentru vinuri rosé, și apoi aprofundarea pe segmentul roșu extractiv – oferă o imagine coerentă și completă asupra macerării ca proces modelator. În final, capitolele de sinteză (7–10) sintetizează **concluziile** obținute, evidențiază **contribuțiile originale** și trasează **perspectivele de valorificare a rezultatelor și de continuare a cercetărilor**.

Prin urmare, această lucrare nu este doar o explorare tehnologică punctuală, ci o încercare de a contribui la construcția unei vinificații moderne, bazate pe știință, adaptabilitate și respect pentru potențialul soiurilor românești. În mod particular, Feteasca Neagră este abordată aici nu doar ca obiect de cercetare, ci ca simbol al capacității vinificației autohtone de a genera vinuri autentice, competitive și adaptate cerințelor contemporane.

Teza de doctorat cuprinde 229 de pagini, în care sunt incluse 30 de figuri și 5 tabele. Studiul documentar reprezintă 10% iar partea experimentală 90%.

Lucrarea de față s-a realizat sub coordonarea științifică a doamnei prof. univ. dr. ing. Gabriela RÂPEANU, în calitate de conducător de doctorat și a comisiei de îndrumare alcătuită din doamnele prof. univ. dr. ing. Nicoleta STĂNCIUC, prof. univ. dr. ing. Iuliana APRODU, conf. univ. dr. ing. Oana Emilia CONSTANTIN (Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați), alături de domnul Ș.I. dr. ing. Sergiu Erich PALCU (Universitatea „Aurel Vlaicu” din Arad).

II. STUDIUL EXPERIMENTAL

Cercetări privind corelarea maturității strugurilor și a tehnologiilor de macerare cu expresia fenolică și stilistică a vinurilor din Fetească Neagră

CAPITOLUL 4. Evoluția parametrilor fizico-chimici și a conținutului în compuși fenolici în timpul maturării strugurilor din soiul Fetească Neagră

4.1. Introducere

Determinarea momentului optim de recoltare a strugurilor destinați vinificației este esențială pentru asigurarea calității vinurilor, acest moment fiind influențat de o multitudine de factori naturali și antropici. În acest context, monitorizarea maturării strugurilor presupune urmărirea evoluției parametrilor fizico-chimici reprezentativi (zaharuri, aciditate, pH), fenolici și aromatici, precum și a caracteristicilor fizice ale boabelor. Maturitatea strugurilor este un concept complex, cuprinzând mai multe dimensiuni – biologică, tehnologică, fenolică și aromatică – fiecare având roluri distincte în dinamica coacerii și în decizia de recoltare.

În special pentru strugurii negri, maturitatea fenolică, asociată cu acumularea de antociani și taninuri, este esențială pentru obținerea vinurilor roșii de calitate. Aceasta nu coincide întotdeauna cu maturitatea tehnologică, ceea ce impune luarea unor decizii de compromis în practică. De asemenea, maturitatea aromatică, cu o importanță în creștere, este adesea afectată de schimbările climatice, ceea ce poate compromite tipicitatea soiului. Factorii macro- și micro-climatici, meteorologici, edafici și antropici determină ritmul și calitatea maturării, influențând direct acumularea compușilor de interes enologic. În acest context, o abordare integrată a acestor factori este esențială pentru înțelegerea procesului de coacere și pentru luarea deciziilor tehnologice optime în vinificație.

4.2. Obiectivele studiului

Studiul a urmărit analiza comparativă a maturității tehnologice și fenolice a strugurilor din soiul Fetească Neagră în timpul procesului de coacere, pe parcursul a trei ani consecutivi, într-un areal viticol caracterizat de condiții climatice aride. Obiectivele principale au vizat identificarea și monitorizarea parametrilor definitorii pentru cele două tipuri de maturitate – respectiv, zaharuri, aciditate totală, pH și masa a 100 de boabe pentru maturitatea tehnologică, precum și conținutul în polifenoli și antociani pentru maturitatea fenolică – și corelarea acestora cu variațiile climatice specifice fiecărui an agricol (2021–2023).

Totodată, cercetarea a avut ca scop stabilirea momentului optim de recoltare în funcție de destinația vinului (rosé sau roșu), prin corelarea stadiilor de maturare cu cerințele tehnologice specifice fiecărui tip de vin. Studiul a inclus și evaluarea impactului stresului hidric, în absența intervenției umane prin irigare, asupra ritmului de coacere, cu scopul de a identifica tendințe utile în luarea deciziilor de recoltare. Rezultatele obținute sunt menite să fundamenteze recomandări aplicabile în practică, cu potențial de integrare în ghiduri tehnologice și strategii adaptative în contextul schimbărilor climatice.

4.3. Materiale și metode

4.3.1. Strugurii – materie primă

Experimentele au fost realizate pe struguri din soiul Fetească Neagră (*Vitis vinifera* subsp. *vinifera*), recoltați în trei ani consecutivi (2021–2023) din arealul viticol „Terasale Dunării”, una

dintre cele mai aride regiuni vitivinicole din România. Acest areal extins, situat de-a lungul malului stâng al Dunării, cuprinde atât podgorii majore (Ostrov și Greaca), cât și centre viticole independente (Giurgiu, Zimnicea, Fetești, Însurăței) și este caracterizat printr-un climat continental excesiv, cu veri toride și precipitații reduse și neuniform distribuite.

Condițiile pedoclimatice, precum relieful în terase cu expoziții favorabile și solurile fertile (în principal cernoziomuri cambice și argiloiluviale), favorizează acumularea de compuși cu valoare enologică ridicată (zaharuri, polifenoli, taninuri). Totodată, absența sistemelor de irigare, amplitudinile termice ridicate și riscurile de eroziune sau cloroză induc o serie de vulnerabilități care necesită intervenții agro-tehnice specifice. Printre acestea se numără irigarea moderată, fertilizarea foliară, intervențiile în verde și utilizarea portaltoilor adaptați.

Prin urmare, deși regiunea prezintă un potențial remarcabil pentru obținerea strugurilor ajunși la maturitate tehnologică și fenolică optimă, succesul viticulturii în acest areal depinde în mod esențial de aplicarea unei strategii integrate de gestionare a factorilor de stres abiotic. Această abordare contribuie decisiv la obținerea unor vinuri expresive, specifice terroir-ului și soiului Fetească Neagră.

4.3.2. Prelevarea boabelor de struguri

Prelevarea probelor s-a realizat pe baza unui protocol standardizat, menit să asigure omogenitatea și reprezentativitatea acestora. Recoltările s-au desfășurat la intervale regulate (inițial la cinci zile, apoi la trei zile), de la butuci selectați aleatoriu, dar uniform distribuiți în plantație. Transportul s-a făcut în condiții controlate, iar analizele au fost realizate în aceeași zi sau, în cazuri excepționale, după păstrarea la rece (+4°C). Metodologia aplicată a asigurat condiții optime pentru monitorizarea fidelă a parametrilor de maturare în cei trei ani analizați.

4.3.3. Pregătirea probelor în laborator

Pentru pregătirea probelor, boabele de struguri au fost separate manual de ciorchini cu ajutorul forfeculelor de laborator, prin tăiere atentă deasupra buretelului, pentru a preveni pierderea mustului. Ulterior, au fost selectate doar boabele sănătoase, excluzându-le pe cele deteriorate sau afectate de mucegai, în vederea asigurării integrității analitice. În caz de recoltare ulterioară unor ploi, boabele au fost zvântate și uscate pentru a elimina excesul de apă de pe suprafață.

4.3.4. Determinarea maturității tehnologice a boabelor de struguri

Determinarea maturității tehnologice a boabelor de struguri implică analiza unor parametri fundamentali, precum masa boabelor, conținutul în zaharuri, aciditatea totală și pH-ul (Rouxinol et al., 2023; Segade et al., 2008; Terblanche, 2019). Fiecare dintre acești indicatori oferă informații valoroase despre stadiul de maturare al strugurilor și contribuie la caracterizarea potențialului lor tehnologic, esențial pentru obținerea produselor vitivinicole de calitate (Ortega-Regules et al., 2008).

Maturitatea tehnologică a strugurilor a fost evaluată prin determinarea masei a 100 de boabe, a conținutului de zaharuri, acidității totale și pH-ului mustului. Pentru determinarea masei a 100 de boabe, probele au fost cântărite cu precizie după selectarea acestora, oferind informații utile despre gradul de dezvoltare al boabelor și acumularea substanțelor organice.

După zdrobirea unei fracțiuni din boabe, mustul obținut a fost limpezit și utilizat pentru determinările fizico-chimice. Conținutul de zaharuri, esențial pentru stabilirea potențialului alcoolic și al gradului de maturare, a fost analizat prin metoda refractometrică. Aciditatea totală, exprimată în echivalenți de acid tartric, a fost determinată titrimetric, folosindu-se albastru de bromtimol ca indicator. Pe baza valorilor obținute pentru conținutul de zaharuri și aciditate totală, s-a calculat

indicele gluco-acidimetric, un parametru integrator important în aprecierea gradului de maturare a strugurilor. pH-ul, reflectând aciditatea reală a mustului, a fost măsurat cu ajutorul unui pH-metru calibrat, oferind informații privind echilibrul acido-bazic și stabilitatea microbiologică.

4.3.5. Determinarea maturității fenolice a boabelor de struguri

Maturitatea fenolică este esențială pentru stabilirea calității strugurilor și influențează direct culoarea, structura și potențialul de învechire al vinurilor roșii. În cadrul acestui studiu, evaluarea maturității fenolice a implicat determinarea cantității de antociani și estimarea conținutului de polifenoli totali (IPT), compuși cu rol major în caracterul cromatic și antioxidant al vinurilor.

Conținutul de antociani a fost determinat prin metoda Puissant-Léon, pe extracte obținute din piețele a 50 de boabe, iar absorbția s-a citit la 520 nm. IPT-ul a fost calculat prin metoda ITV, prin macerarea a 200 de boabe într-un mediu hidroalcoolic acid, urmată de citirea absorbției la 280 nm. Acești parametri oferă informații relevante pentru stabilirea momentului optim de recoltare în funcție de destinația oenologică a strugurilor.

4.3.6. Analiza statistică

Rezultatele obținute au fost exprimate ca medii $\pm$ abaterea standard, pe baza determinărilor efectuate în duplicat. Pentru evaluarea diferențelor semnificative dintre valorile medii ale parametrilor analizați s-a aplicat analiza varianței (ANOVA), iar testul Tukey a fost utilizat post-hoc pentru comparații multiple, la un nivel de semnificație de $p < 0,05$.

4.4. Rezultate și discuții

4.4.1. Maturitatea tehnologică a strugurilor

Masa a 100 de boabe

Evoluția masei a 100 de boabe de struguri, monitorizată în perioada de coacere pentru anii 2021, 2022 și 2023, a evidențiat variații semnificative determinate de condițiile climatice specifice fiecărui an. Anul 2021 a fost caracterizat de cele mai ridicate valori, atribuite unui regim pluviometric echilibrat și lipsei fenomenelor extreme, favorizând acumularea constantă de biomasă. În schimb, anii 2022 și mai ales 2023 au reflectat impactul negativ al secetei, prin reducerea masei boabelor și încetinirea ritmului de acumulare spre finalul perioadei analizate.

Diferențele interanuale au evidențiat o relație clară între disponibilitatea apei și dezvoltarea boabelor, subliniind influența directă a stresului hidric asupra acestui parametru. Astfel, valorile maxime au fost de 194 g (2021), 165 g (2022) și 154 g (2023). Măsuri agro-tehnice precum irigarea moderată în anii secetoși sau recoltarea în verde pot contribui la menținerea unui echilibru între randament și calitate.

În plus, comparația cu datele din literatura de specialitate indică o medie superioară a masei boabelor pentru Fetească Neagră ($171 \pm 16,9$ g) comparativ cu soiuri internaționale precum Merlot și Cabernet Sauvignon, evidențiind potențialul ampelografic și o influență semnificativă a factorilor genetici, pedoclimatici și tehnologici. Rezultatele susțin importanța acestui indicator în definirea momentului optim de recoltare, precum și în strategiile de adaptare la schimbările climatice din arealele viticole afectate de stres hidric. Distribuția comparativă a masei boabelor în perioada de coacere, în funcție de anul de recoltă, este ilustrată în Figura 4.1.

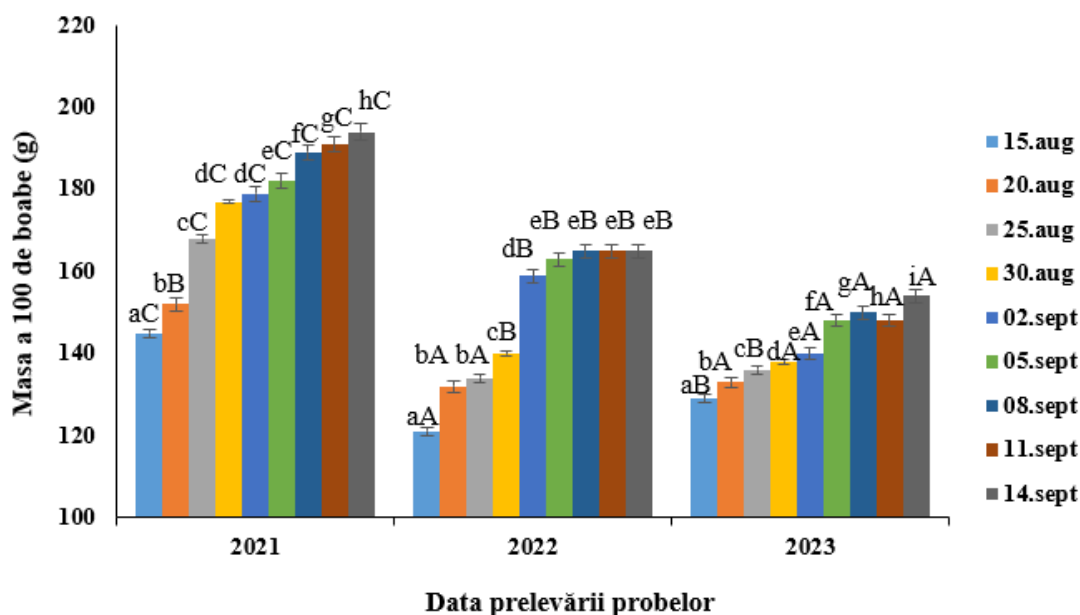


Figura 4.1. - Evoluția masei a 100 de boabe pentru recoltele din anii 2021, 2022 și 2023. Literele mici diferite indică diferențe semnificative ($p < 0,05$) între determinările realizate în cadrul aceluiași an, la momente diferite. Literele mari diferite indică diferențe semnificative ($p < 0,05$) între ani de recoltă, pentru același moment de determinare.

Determinarea conținutului de zaharuri

Evoluția conținutului de zaharuri în perioada maturării strugurilor, ilustrată în Figura 4.2, a evidențiat variații semnificative între cei trei ani de recoltă, în strânsă corelație cu regimul climatic. În 2021, acumularea a fost constantă și moderată, atingând 227,01 g/L la finalul perioadei analizate, reflectând condiții climatice echilibrate, favorabile unei maturări progresive. Anul 2022 a fost marcat de un ritm accelerat de acumulare, atingând 259,13 g/L, în contextul unui climat mai secetos și al unei maturări mai precoce. În schimb, 2023 s-a distins printr-o întârziere inițială, urmată de o acumulare rapidă în ultimele etape, atingând un maxim de 269,31 g/L, valoare asociată unui proces accentuat de concentrare cauzat de stresul hidric și deshidratarea boabelor. Comparativ, anul 2021 a oferit cele mai echilibrate condiții, 2022 a favorizat o coacere rapidă, iar 2023 a generat o acumulare forțată spre final, indicând o maturare afectată de seceta severă.

În plus, analiza comparativă cu date dintr-un areal diferit (regiunea Ștefănești, 2017) a subliniat influența majoră a condițiilor pedo-climatice asupra nivelului și ritmului de acumulare a zaharurilor. Regiunea Terasale Dunării a înregistrat valori semnificativ superioare, reflectând influența unui climat sudic, arid, cu insolație accentuată și precipitații scăzute. Această diferențiere evidențiază impactul cumulativ al microclimatului, regimului hidric și al anului agricol asupra acestui parametru cheie pentru stabilirea momentului optim de recoltare și determinarea potențialului oenologic al strugurilor (Onache, 2017).

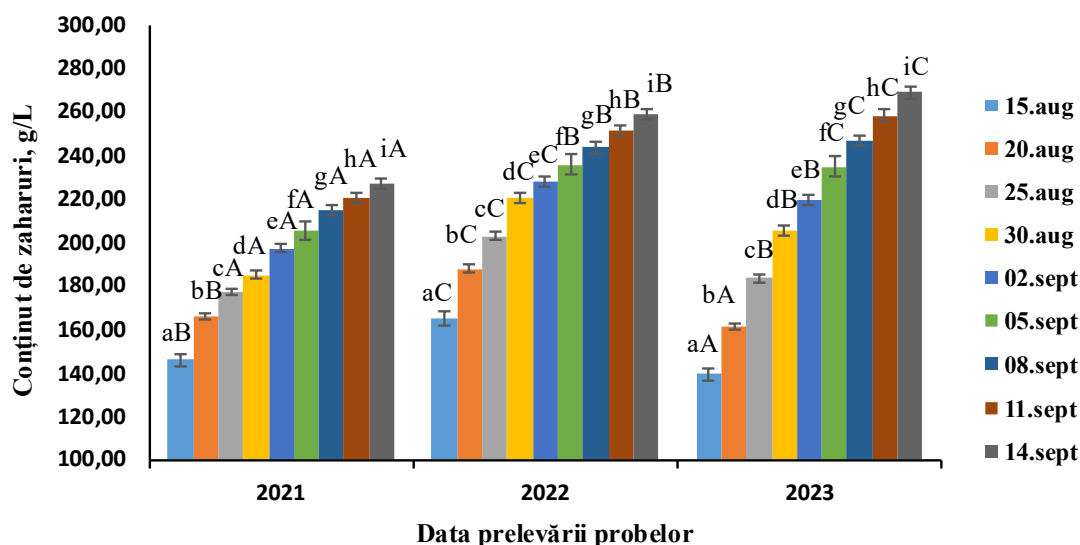


Figura 4.1 - Evoluția conținutului de zaharuri în perioada de maturare a strugurilor (2021–2023).

Literele mici diferite indică diferențe semnificative ($p < 0,05$) între determinările realizate în cadrul aceluiași an, la timpuri diferite. Literile mari diferite indică diferențe semnificative ($p < 0,05$) între ani de recoltă, pentru același moment de determinare.

Determinarea acidității totale

Evoluția acidității totale în perioada maturării strugurilor este prezentată în Figura 4.3, reliefând diferențe importante între cei trei ani de recoltă, influențate în principal de condițiile climatice. În 2021, aciditatea a scăzut constant de la 13,40 g/L la 6,70 g/L, reflectând un an echilibrat, cu o degradare firească a acidului malic urmată de reducerea treptată a acidului tartric. Anul 2022 s-a remarcat printr-o aciditate inițial mai scăzută (9,65 g/L) și un declin mai accelerat până la 6,01 g/L, ceea ce indică o maturare forțată de temperaturi ridicate și deficit hidric. În 2023, scăderea inițială rapidă (de la 12,80 g/L la 9,72 g/L) a fost urmată de o aparentă stabilizare între 6,56–7,60 g/L. Evoluția generală în acest an a fost cauzată de stresul hidric accentuat care a afectat ritmul fiziologic al maturării.

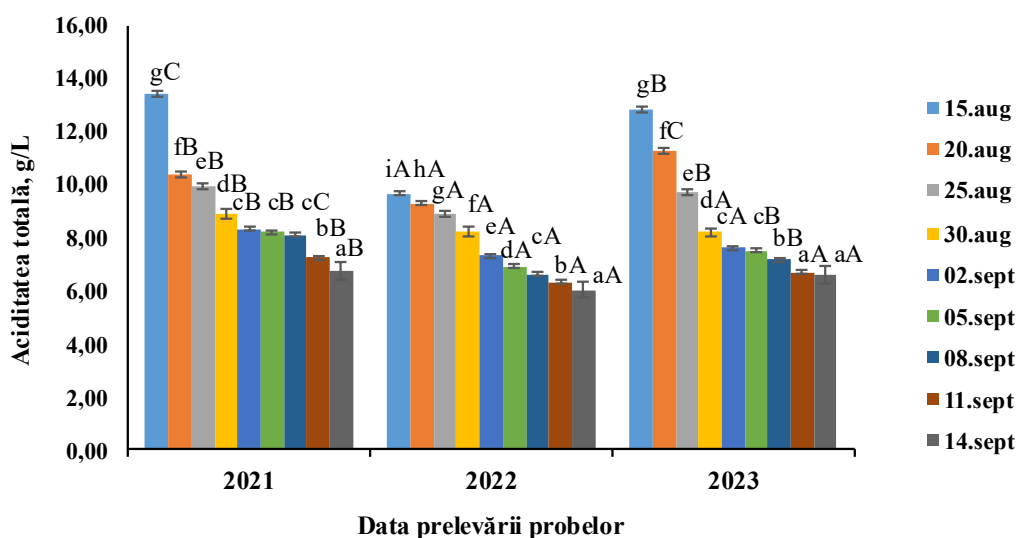


Figura 4.2 - Evoluția acidității totale în perioada de maturare a strugurilor (2021-2023). Literile mici diferite indică diferențe semnificative ($p < 0,05$) între valorile înregistrate în cadrul aceluiași an, la momente diferite. Literile mari diferite indică diferențe semnificative ($p < 0,05$) între ani de recoltă, pentru aceeași dată de determinare.

Diferențele interanuale evidențiază impactul direct al temperaturilor, regimului pluviometric și disponibilității apei asupra metabolismului acizilor organici, reflectându-se ulterior în echilibrul gustativ al vinului. Comparativ, anul 2021 a avut o evoluție tipică și echilibrată, 2022 a condus la vinuri cu aciditate mai scăzută și potențial aromatic crescut, iar 2023 a generat o maturare dezechilibrată cu riscuri pentru prospețimea și stabilitatea vinului.

În paralel, comparația cu regiunea Ștefănești (2017) a demonstrat că aciditatea totală poate varia semnificativ și în funcție de arealul pedo-climatic. Aici, valorile au fost considerabil mai mari (peste 20 g/L la jumătatea lunii august), datorită unei coaceri mai lente, favorizată de temperaturi mai scăzute, expunere redusă și soluri calcaroase. Acest contrast întărește importanța adaptării strategiilor viticole și a momentului de recoltare în funcție de particularitățile locale (Onache, 2017).

Determinarea indicelui gluco-acidimetric

Evoluția indicelui gluco-acidimetric în perioada maturării strugurilor, ilustrată în Figura 4.4, evidențiază variații clare între cei trei ani analizați. În 2021, valorile au crescut progresiv de la 10,91 (15 august) la 33,88 (14 septembrie), indicând o maturare echilibrată, fără dezechilibre majore între zaharuri și aciditate. Anul 2022 s-a remarcat printr-un ritm mai alert de creștere, cu atingerea valorii de 43,12 la finalul perioadei, ceea ce reflectă o maturare accelerată, favorizată de secetă și temperaturi ridicate. Pragul de maturitate deplină a fost atins cu circa o săptămână mai devreme decât în 2021. În 2023, deși debutul a fost moderat, seceta severă a dus la o creștere bruscă a indicelui până la 41,05, în condițiile unei pierderi accentuate de apă din boabe.

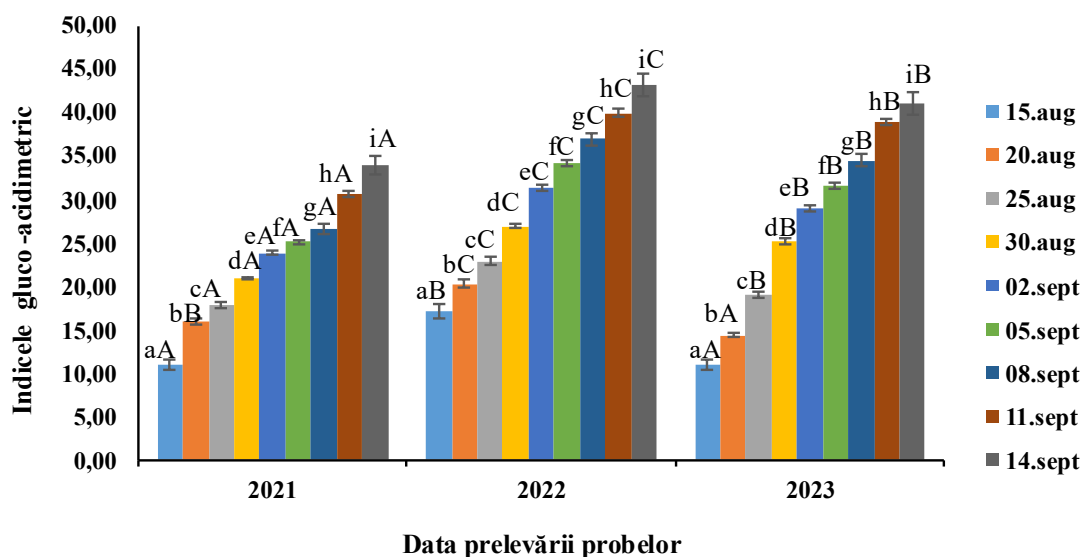


Figura 4.3 - Evoluția indicelui gluco-acidimetric în perioada 2021–2023. Valorile obținute pentru același an de recoltă, dar la timpuri diferite, care au litere mici diferite, sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$). Valorile obținute pentru ani de recoltă diferiți, dar recoltate în același timp, care au litere mari diferite, sunt de asemenea semnificativ diferite ($p < 0,05$).

Corelarea evoluției indicelui cu masa a 100 de boabe și conținutul de zaharuri a evidențiat diferențele fiziologice și tehnologice dintre ani. Anul 2021 a oferit un echilibru favorabil, cu o recoltare flexibilă; în schimb, 2022 și 2023 au impus decizii rapide, din cauza maturării rapide și a riscului de dezechilibru structural și senzorial. Comparația cu regiunea Ștefănești (2017) a relevat o maturare întârziată, valorile indicelui Z/A fiind semnificativ mai mici, datorită climatului mai răcoros și a unui ritm lent de acumulare a zaharurilor (Onache, 2017).

În ansamblu, determinarea indicelui gluco-acidimetric s-a dovedit un instrument esențial pentru caracterizarea maturității tehnologice, adaptarea momentului de recoltare și anticiparea calității vinului rezultat, în funcție de particularitățile anului și ale arealului viticol.

Determinarea pH-ului

Valorile pH-ului în perioada de maturare a strugurilor (2021–2023), prezentate în Figura 4.5, evidențiază diferențe semnificative între anii de recoltă, reflectând influența condițiilor climatice asupra acidității reale a mustului. În 2021, pH-ul a evoluat gradual de la 2,90 la 3,30, indicând o maturare echilibrată, fără fluctuații bruște și o bună stabilitate chimico-microbiologică. În 2022, creșterea a fost mai accelerată (3,15 → 3,46), iar în 2023, cel mai rapidă (2,99 → 3,49), pe fondul secetei și al pierderii apei din boabe.

Valorile mai ridicate ale pH-ului din 2022 și 2023 au implicat riscuri oenologice mai crescute, inclusiv fermentații mai lente, instabilitate microbiologică și oxidări fenolice accentuate, necesitând corecții tehnologice în vinificație. În schimb, anul 2021 a oferit un profil favorabil vinurilor cu potențial de învechire, păstrând pH-ul în limite optime.

Comparațiile cu alte areale, precum Ștefănești sau Cahul (Rep. Moldova), au evidențiat influența *terroir*-ului asupra acestui parametru, cu variații clare în funcție de climat, sol și soi. Valorile mai reduse ale pH-ului în regiuni colinare confirmă maturarea mai lentă și aciditatea mai persistentă, caracteristici ce favorizează stiluri de vin mai proaspete și stabile în timp (Onache, 2017; Scrifos et al., 2019).

Astfel, pH-ul s-a dovedit un indicator esențial al maturității tehnologice și al calității potențiale a vinului, completând analiza compozițională a strugurilor și orientând deciziile privind momentul optim de recoltare.

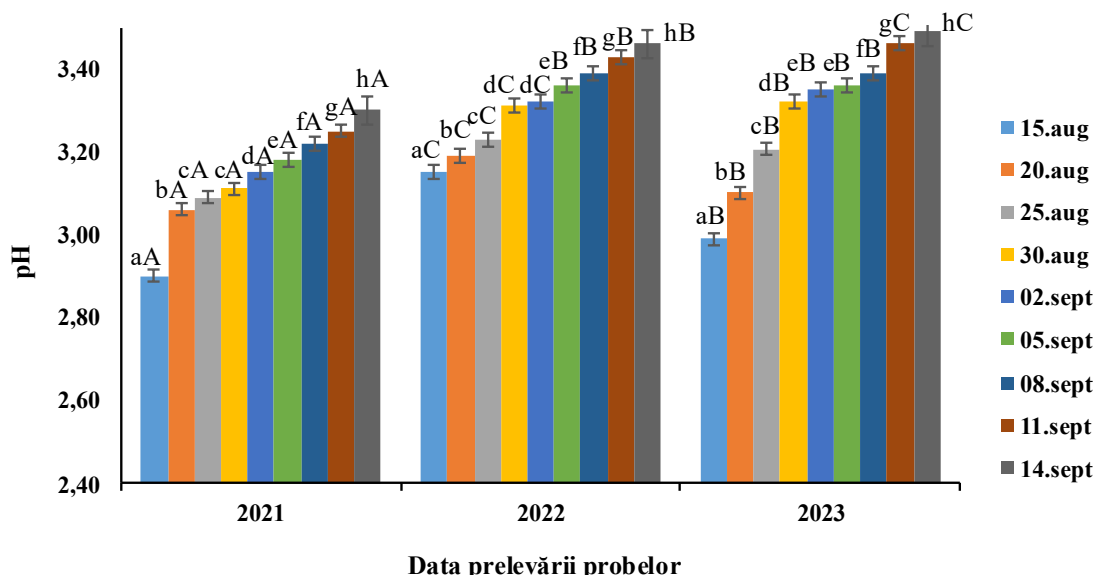


Figura 4.4 - Evoluția valorilor pH-ului în perioada 2021-2023. Valorile obținute pentru același an de recoltă, dar la momente diferite, care au litere mici diferite sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$).

Valorile obținute în ani de recoltă diferiți, dar la aceleași date de analiză, care au litere mari diferite, sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$).

4.4.2. Maturitatea fenolică a strugurilor

Determinarea maturității fenolice a strugurilor reprezintă un aspect esențial al evaluării calității acestora, având un impact direct asupra caracteristicilor cromatice, structurale și senzoriale ale vinului obținut. În special pentru vinurile roșii, compoziția fenolică joacă un rol determinant în stabilitatea culorii, respectiv, structura și potențialul de învechire al vinului (Bai et al., 2023; Mazarrón & Cañas, 2023; de Oliveira et al., 2024). Spre deosebire de maturitatea tehnologică, care vizează echilibrul dintre zaharuri și aciditate, maturitatea fenolică reflectă gradul de extracție al pigmentilor și, în general, al polifenolilor din pielele și semințele strugurilor, indicând astfel momentul optim al recoltării pentru obținerea unui vin bine structurat și complex (Garrido & Borges, 2013; Gutiérrez-Escobar et al., 2021; Oliveira et al., 2006).

Compușii fenolici, în special antocianii și taninurile, sunt responsabili pentru astringența, corpolența și stabilitatea vinului (Garrido & Borges, 2013; Gutiérrez-Escobar et al., 2021). Aceștia se acumulează progresiv în pielele și semințele boabelor, iar eliberarea lor în must este influențată de gradul de maturare celulară și de interacțiunile cu enzimele implicate în procesele biochimice ale strugurilor. Pe măsură ce strugurii ajung la maturitate fenolică, structura pielilor se modifică, iar pigmentii antocianici devin mai ușor extractibili, contribuind astfel la intensitatea și stabilitatea culorii vinului. În paralel, taninurile din semințe suferă transformări chimice, diminuându-și astringența și contribuind la rotunjimea gustului vinului (de Oliveira et al., 2024; Oliveira et al., 2006; Țârdea et al., 2000). Evaluarea maturității fenolice este esențială nu doar pentru definirea calității recoltei, ci și pentru optimizarea procesului tehnologic de vinificare. Momentul recoltării influențează decisiv nivelul de extracție a acestor compuși, iar o cunoaștere detaliată a parametrilor fenolici permite ajustarea tehnicilor de macerare-fermentare pentru maximizarea calității vinului (Baiano et al., 2009; Garrido & Borges, 2013; Ghanem et al., 2014). Totodată, maturitatea fenolică este strâns corelată cu potențialul de învechire al vinului, determinând stabilitatea acestuia în timp și evoluția caracteristicilor organoleptice (Bai et al., 2023; Mazarrón & Cañas, 2023; Meléndez et al., 2013).

În cadrul acestui studiu, analiza maturității fenolice s-a realizat prin determinarea a doi parametri fundamentali: cantitatea de antociani și indicele polifenolic total (IPT). Acești doi indicatori permit o caracterizare și o previzionare a potențialului cromatic și structural al vinurilor ce urmează a fi obținute.

Determinarea antocianilor din struguri

Determinarea conținutului de antociani în struguri reprezintă un indicator fundamental al maturității fenolice, influențând direct intensitatea și stabilitatea culorii vinurilor roșii. În studiul de față, s-a analizat evoluția acestor pigmenți pentru soiul Fetească Neagră în perioada 2021–2023, observându-se variații semnificative influențate de condițiile climatice anuale.

În anul 2021, acumularea de antociani a fost constantă și echilibrată, atingând un maxim de 776 mg/kg, asociat cu o maturare fenolică progresivă și predictibilă. Anul 2022 a înregistrat cele mai ridicate valori (950 mg/kg), cu o acumulare accelerată datorată temperaturilor ridicate și secetei moderate, dar cu riscul degradării precoce a pigmentilor. În schimb, anul 2023, marcat de un stres hidric sever, a avut cele mai scăzute valori maxime (692 mg/kg), indicând o sinteză antocianică afectată și un potențial cromatic redus.

Comparațiile cu alte studii românești (Ștefănești, Drăgășani, Oltenia) și internaționale evidențiază variații importante între regiuni și ani. În zonele propice vinurilor roșii, precum Oltenia, Feteasca Neagră a atins valori chiar peste 1300 mg/kg, spre deosebire de nivelurile mai reduse

din regiunile mai reci sau cu expunere solară limitată (Muntean & Stoica, 2009; Onache, 2017; Stoica et al., 2024; Tutulescu & Popa, 2020). Literatura de specialitate subliniază că, mai ales în cazul soiurilor internaționale intens studiate, precum Cabernet Sauvignon sau Merlot, acumularea de antociani este ridicată în condiții pedoclimatice favorabile, dar sensibilă la stresul termic și hidric, evidențiind o variabilitate semnificativă interanuală și interregională (Casassa et al., 2013; Jones & Davis, 2000; Souza Gonzaga et al., 2022).

Studiul subliniază nevoia monitorizării anuale a maturității fenolice, întrucât decalajul dintre aceasta și maturitatea tehnologică variază în funcție de an și regiune. Valorificarea optimă a potențialului coloristic și aromatic al strugurilor depinde de momentul recoltării și de măsurile tehnologice adaptate fiecărui context viticol.

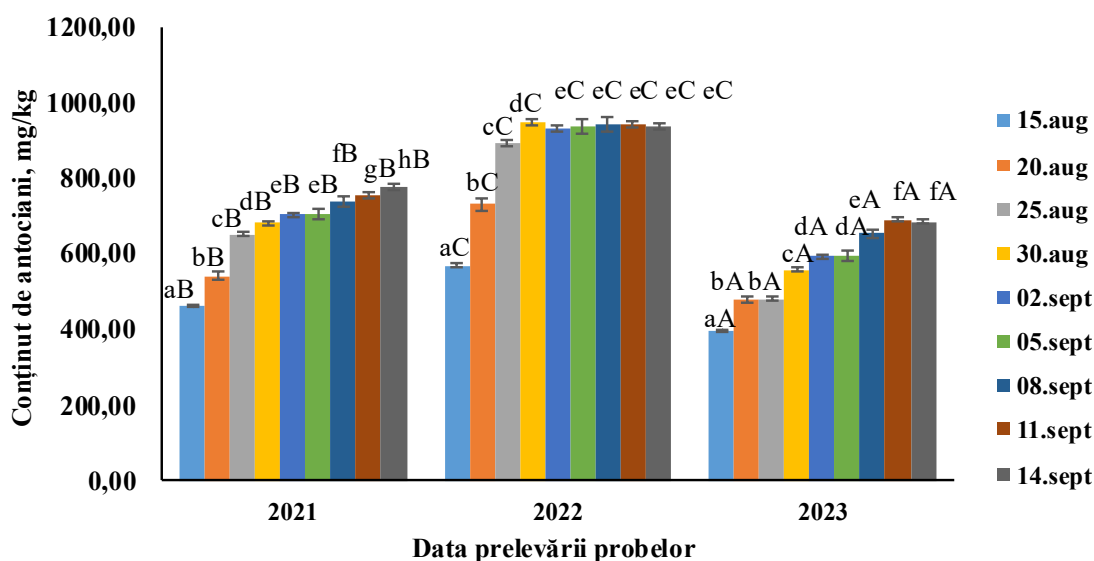


Figura 4.5 - Evoluția conținutului de antociani în perioada de maturare a strugurilor (2021-2023). Valorile din același an de recoltă, determinate la momente diferite și marcate cu litere mici distincte, prezintă diferențe semnificative ($p < 0,05$). Majusculele diferite indică diferențe semnificative între anii de recoltă, la aceleași momente de analiză ($p < 0,05$).

Determinarea indicelui polifenolic total

Determinarea indicelui polifenolic total (IPT) a oferit o imagine de ansamblu esențială asupra maturității fenolice a strugurilor, corelându-se cu parametri climatici și de compoziție fiziologică ai fiecărui an de recoltă. În 2021, IPT a urmat o evoluție echilibrată, atingând un maxim de 52,30, indicând o maturare fenolică armonioasă și un potențial enologic bun. În 2022, s-au înregistrat cele mai ridicate valori ale IPT (65,10), reflectând o acumulare accelerată de compuși fenolici, favorizată de stresul hidric moderat și temperaturile ridicate. În schimb, anul 2023 a fost cel mai defavorabil din punct de vedere al acumulării polifenolilor, cu un maxim de doar 46,20, în contextul unui stres hidric sever și al temperaturilor extreme, care au limitat biosinteza și extractibilitatea fenolilor.

Diferențele între ani au evidențiat sensibilitatea compușilor fenolici la factorii climatici, dar și stabilitatea relativă a taninurilor comparativ cu antocianii. În toate cazurile, valorile IPT s-au corelat cu evoluția masei a 100 de boabe și cu dinamica acumulării zaharurilor și a scăderii acidității. În raport cu alte regiuni viticole din România, valorile obținute în zona Terasale Dunării

(în special în 2022) au fost net superioare, confirmând influența favorabilă a microclimatului local asupra acumulării fenolilor (Figura 4.7).

În Dealu Mare (Valea Călugărească), o zonă renumită pentru vinurile roșii, IPT-ul a fost de 42,00 în 2022, reflectând o acumulare moderată, deși superioară regiunii Ștefănești (Barbu et al., 2022; Onache, 2017). De asemenea, diferențele observate între soiuri confirmă datele din literatura de specialitate: soiul Cabernet Sauvignon a prezentat un IPT mai ridicat comparativ cu Feteasca Neagră (45,96 vs. 33,21), datorită particularităților sale morfologice și a conținutului său crescut în antociani și taninuri (Souza Gonzaga et al., 2022; Ortega-Regules et al., 2008). În plus, studii recente indică o scădere semnificativă a valorilor IPT în cazul infecțiilor virale sau al stresului biotic, cu diminuări de până la 42%, confirmând rolul esențial al sănătății viței-de-vie în biosinteza fenolilor (Armijo et al., 2016; Tuladhar et al., 2021). Aceste comparații evidențiază faptul că regiunea Terasale Dunării prezintă un potențial ridicat de acumulare a compușilor fenolici, comparabil sau chiar superior altor areale viticole consacrate.

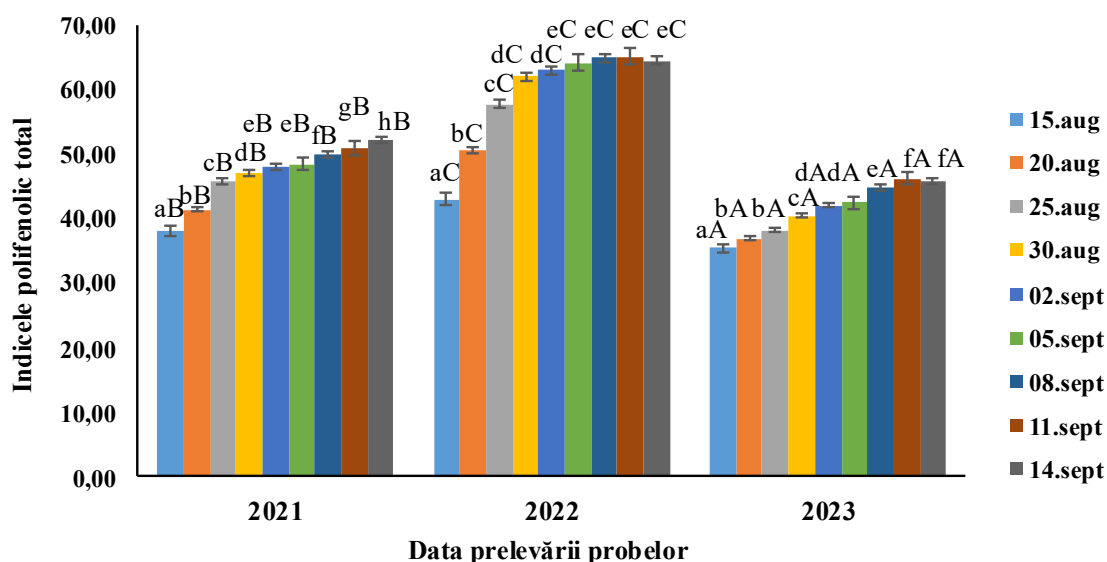


Figura 4.6 - Evoluția indicelui polifenolic total în perioada de maturare a strugurilor (2021–2023). Valorile din același an de recoltă, determinate la momente diferite și marcate cu litere mici distincte, sunt semnificativ diferite statistic, în timp ce majusculele diferite indică diferențe semnificative între anii de recoltă, pentru aceleași date calendaristice ($p < 0,05$).

Mai mult decât atât, analiza comparativă a valorilor IPT din cadrul prezentului studiu evidențiază o variabilitate interanuală mai redusă față de cea observată în cazul antocianilor. Dacă antocianii au înregistrat fluctuații considerabile între anii analizați – de la 950 mg/kg în 2022 la doar 692 mg/kg în 2023 – valorile IPT s-au situat într-un interval relativ mai restrâns (65,10 în 2022 și 46,20 în 2023), ceea ce subliniază o mai mare stabilitate a compușilor fenolici totali în fața condițiilor de stres abiotic sever. Acest fenomen este susținut de literatura de specialitate, care arată că, spre deosebire de antociani – sintetizați în principal în fazele finale ale maturării și puternic afectați de factori precum seceta și temperaturile excesive – taninurile și flavonele sunt acumulate anterior, în stadiile timpurii ale dezvoltării boabelor, și suferă modificări structurale mai degrabă decât cantitative pe măsură ce maturarea avansează (Garrido & Borges, 2013; Ortega-Regules et al., 2008; Ribéreau-Gayon et al., 2006). Astfel, IPT-ul se dovedește un indicator mai robust al potențialului fenolic general, mai puțin influențat de fluctuațiile climatice extreme, ceea

ce îl recomandă ca parametru complementar de bază în evaluarea maturității fenolice, mai ales în contexte climatice instabile sau în ani viticoli dificili. Aceste concluzii sunt susținute și de observațiile realizate în alte regiuni viticole românești, unde diferențele între ani sau soiuri se manifestă mai vizibil în ceea ce privește antocianii decât IPT-ul, tocmai datorită compoziției eterogene și a stabilității mai mari a altor clase de polifenoli.

4.4.3. Date privind alegerea momentului recoltării strugurilor și implicațiile tehnologice

Determinarea momentului optim de recoltare a fost fundamentată pe monitorizarea evoluției maturității tehnologice și fenolice, în corelație cu obiectivele enologice stabilite pentru fiecare stil de vin și în strânsă interdependență cu condițiile climatice ale fiecărui an de recoltă. Anul 2021 s-a caracterizat printr-o evoluție echilibrată a parametrilor de maturare, fără interferențe climatice majore, ceea ce a permis o recoltare eșalonată și strategică: început de septembrie pentru vinurile rosé și roșii lejere, respectiv 14 septembrie pentru vinurile roșii premium, când s-au înregistrat valorile maxime de compuși fenolici (776 mg/kg antociani, 52,3 IPT).

În contrast, anul 2022 a impus o recoltare accelerată, ca urmare a riscurilor climatice iminente, în special ploi abundente, cu potențial distructiv asupra calității boabelor. În acest context, recoltarea a fost decuplată parțial de atingerea maturității fenolice ideale, fiind guvernată de considerente de protejare a recoltei și de optimizare tehnologică. Strugurii destinați vinurilor rosé și roșii lejere au fost culeși la final de august, în timp ce recoltarea celor pentru vinuri roșii de înaltă calitate s-a realizat între 8–11 septembrie, când valorile ridicate ale antocianilor (942 mg/kg) și IPT-ului (65,1) indicau o maturitate fenolică optimă, dar cu taninuri încă nepolimerizate, necesitând o abordare tehnologică atentă.

Anul 2023 a fost marcat de un stres hidric sever și persistent, care a contracarat acumularea normală a pigmentilor și a afectat sincronizarea tipurilor de maturitate. Fereastra de recoltare a fost semnificativ restrânsă, impunând decizii tehnologice rapide. Pentru vinurile rosé, recoltarea s-a realizat în două etape (2 și 5 septembrie), cu scopul de a adapta compoziția mustului la obiectivele senzoriale ale vinului (vin sec, respectiv cu rest de zahăr). În cazul vinurilor roșii, recoltarea s-a desfășurat între 8 și 11 septembrie, dar s-au înregistrat cele mai scăzute valori ale antocianilor (maxim 692 mg/kg) și IPT-ului (44,8), evidențiind sensibilitatea compușilor fenolici colorați la stresul climatic și extractibilitatea lor mai redusă în astfel de condiții. Pentru a compensa dezechilibrul fenolic, s-a aplicat o tehnologie complexă de macerare în trei faze, menită să maximizeze extracția și stabilizarea compușilor esențiali.

Un element suplimentar luat în considerare a fost conținutul de azot asimilabil (YAN), parametru-cheie pentru asigurarea unei fermentații alcoolice complete și fără deviații. Valorile monitorizate la momentul recoltării au prezentat variații notabile între ani și în funcție de data analizei, cu niveluri ridicate în 2023 (până la 208 mg/L), care au corespuns recoltărilor destinate vinurilor rosé, dar și scăderi considerabile în cazul recoltărilor finale din 2022 (102 mg/L), când strugurii erau destinați vinurilor roșii premium. Aceste diferențe reflectă o tendință descrescătoare a YAN pe măsura avansării maturității fenolice, fenomen semnalat și în literatura de specialitate.

Totodată, studii recente au evidențiat o posibilă interacțiune între nivelurile de azot asimilabil și biosinteza antocianilor, fie printr-un efect fiziologic direct, fie prin expunerea simultană a ambelor procese la stresul abiotic comun, precum deficitul hidric sau temperaturile excesive (Delgado et al., 2004; Yamane et al., 2006; Le Menn et al., 2019). Astfel, o disponibilitate crescută de azot poate corespunde uneori unui conținut mai scăzut de pigmenti fenolici, iar evoluția ambilor parametri poate fi alterată în condiții climatice severe. Integrarea acestor informații în procesul decizional a permis optimizarea vinificării și prevenirea riscurilor fermentative, iar valorile sintetice obținute în cei trei ani sunt centralizate în Tabelul 4.1.

Tabelul 4.1 - Caracteristicile fizico-chimice ale strugurilor la momentul recoltării în perioada 2021-2023

Data recoltării	Destinația	Caracteristici fizico-chimice						
		Masa a 100 de boabe, g	Zaharuri, g/L	Aciditate totală, g/L acid tartric	pH	Azot asimilabil, mg/L	Antociani, mg/kg	IPT
Anul de recoltă 2021								
08.09.2021	Rosé sec	189±1,5 ^c	215,55±1,95 ^c	8,08±0,10 ^a	3,22±0,01 ^b	162±5 ^a	739,76±9,40 ^c	50,10±0,05 ^c
11.09.2021	Roșu sec lejer	191±0,9 ^b	221,30±1,30 ^b	7,22±0,14 ^b	3,25±0,04 ^{ab}	148±8 ^b	757,07±7,14 ^b	51,00±0,10 ^b
14.09.2021	Roșu sec superior	194±2,0 ^a	227,00±2,70 ^a	6,70±0,22 ^c	3,30±0,03 ^a	138±6 ^c	776,02±5,24 ^a	52,30±0,10 ^a
Anul de recoltă 2022								
30.08.2022	Rosé/roșu sec lejer	140±1,7 ^b	220,70±2,00 ^b	8,20±0,30 ^a	3,31±0,02 ^b	173±10 ^a	950,00±7,20 ^a	62,10±0,10 ^b
11.09.2022	Roșu sec superior	165±2,8 ^a	251,45±2,45 ^a	6,30±0,22 ^b	3,43±0,04 ^a	102±6 ^b	942,09±6,36 ^b	65,10±0,05 ^a
Anul de recoltă 2023								
02.09.2023	Rosé sec	140±0,9 ^c	219,55±2,55 ^d	7,60±0,18 ^a	3,35±0,02 ^b	208±4 ^a	593,07±4,83 ^c	42,10±0,10 ^c
05.09.2023	Rosé demisec	148±2,4 ^b	235,20±1,20 ^c	7,47±0,10 ^a	3,36±0,01 ^b	167±5 ^b	595,34±3,90 ^c	42,50±0,15 ^c
08.09.2023	Roșu sec lejer	150±1,7 ^a	246,70±0,70 ^b	7,16±0,24 ^a	3,39±0,03 ^{ab}	156±8 ^c	653,33±5,15 ^b	44,80±0,05 ^b
11.09.2023	Roșu sec superior	148±1,3 ^b	258,80±3,50 ^a	6,67±0,13 ^b	3,43±0,03 ^a	149±6 ^d	691,66±6,20 ^a	46,20±0,05 ^a

Valorile medii cu litere diferite pentru fiecare caracteristică fizico-chimică în aceeași coloană și an de recoltă sunt semnificativ diferite ($p<0,05$).

4.5. Concluzii parțiale

Studiul desfășurat în arealul viticol Terasale Dunării pe parcursul a trei ani consecutivi (2021–2023) a evidențiat influența determinantă a condițiilor climatice asupra dinamicii maturării strugurilor de Fetească Neagră, în special în ceea ce privește acumularea compușilor chimici relevanți pentru vinificație. Rezultatele au arătat că, în condiții climatice echilibrate (2021), maturarea a fost progresivă și constantă, favorizând atât dezvoltarea masei boabelor, cât și acumularea compușilor fenolici. În schimb, în anii secetoși, precum 2022 și mai ales 2023, s-au observat procese accelerate de acumulare a zaharurilor și degradare a acidității, conducând la dezechilibre în profilul chimic al mustului, cu impact direct asupra ferestrei optime de recoltare și asupra strategiei tehnologice aplicate.

Comparativ cu antocianii, care s-au dovedit mai sensibili la stresul abiotic și au prezentat variații mai mari între ani, Indicele Polifenolic Total (IPT) a înregistrat o evoluție mai stabilă, sugerând că taninurile și ceilalți compuși fenolici sunt mai rezistenți la variabilitatea climatică. Această stabilitate relativă a IPT-ului îl recomandă drept un indicator valoros pentru estimarea maturității fenolice, în special în condiții climatice extreme.

Totodată, valorile azotului asimilabil (YAN), monitorizate la momentul recoltării, au arătat diferențe importante între ani și între momentele de recoltare. Nivelurile ridicate din 2023, comparativ cu scăderile observate la recoltările finale din 2022, confirmă tendința descrescătoare a YAN odată cu avansarea maturării. Importanța acestui parametru pentru desfășurarea optimă a fermentației alcoolice justifică integrarea sa în decizia tehnologică, iar corelațiile observate cu nivelul de antociani susțin ipotezele din literatura de specialitate privind influențele comune ale stresului abiotic asupra sintezei de azot și compuși fenolici.

În ansamblu, datele obținute evidențiază relevanța monitorizării simultane a parametrilor tehnologici și fenolici pentru adaptarea procesului de vinificare la condițiile fiecărui an viticol, în vederea maximizării calității vinurilor obținute și minimizării riscurilor tehnologice.

CAPITOLUL 5. Îmbunătățirea tehnologiei de obținere a vinurilor rosé din soiul Fetească Neagră utilizând tehnica saignée

5.1. Introducere

Într-un context vitivinicol marcat de diversificarea cererii consumatorilor și de accentuarea efectelor schimbărilor climatice, producerea vinurilor rosé de calitate superioară devine tot mai provocatoare. Deși vinurile rosé au fost tradițional percepute ca produse de nivel secundar, astăzi ele ocupă un loc central în preferințele pieței globale, beneficiind de tehnologii de vinificare dedicate și de un interes crescut din partea consumatorilor și producătorilor ([Comisia Europeană, 2024](#); [Medina-Plaza et al., 2024](#); [OIV, 2024](#)). În acest context, tehnica saignée, aplicabilă în trecut soiurilor negre pentru obținerea vinurilor roșii, oferă o oportunitate valoroasă de a spori expresivitatea aromatică și cromatică a vinurilor rosé, păstrând în același timp un caracter varietal autentic.

Prezentul studiu explorează aplicabilitatea metodei saignée în cazul soiului autohton Fetească Neagră, cultivat în condițiile pedoclimatice restrictive ale regiunii Teraselor Dunării. Alegerea acestui soi reflectă interesul crescut pentru valorificarea patrimoniului viticol național și adaptarea acestuia la exigențele pieței moderne. Totodată, provocările generate de secetă și fenomenele meteorologice extreme impun revizuirea tehnologiilor clasice de vinificare și testarea unor soluții tehnologice capabile să susțină calitatea vinurilor în noile condiții climatice. Prin aplicarea tehnicii saignée, acest capitol își propune să contribuie la consolidarea unui stil rosé competitiv, autentic și adaptat contextului regional, punând în valoare specificul Feteștii Negre într-o formă inovatoare, dar coerentă cu tendințele internaționale.

5.1.1. Probleme și provocări actuale

Una dintre cele mai importante provocări actuale în viticultură și vinificație derivă din desincronizarea maturităților tehnologice, fenolice și aromatice, tot mai frecvent observată în contextul schimbărilor climatice. Dezechilibrele termice și hidrice conduc la acumulări accelerate de zaharuri, scăderi abrupte ale acidității și creșteri ale valorilor pH-ului, fără o coacere fenolică și aromatică corespunzătoare. Această evoluție asimetrică a maturității impune viticultorilor decizii complexe privind momentul optim de recoltare, adesea în detrimentul calității aromatice sau cromatice a vinului ([Bohnert & Martin, 2023](#); [Garbay et al., 2024](#); [Vega-Bayo et al., 2023](#)).

Situațiile în care echilibrul dorit între zaharuri, aciditate și pH este atins înaintea dezvoltării compușilor aromatici sau a pigmentilor antocianici sunt tot mai frecvente, obligând producătorii să apeleze la soluții tehnologice alternative. Aceste intervenții, precum aplicarea tehnicii saignée, sunt menite să compenseze deficiențele cauzate de maturarea incompletă și să conserve caracterul varietal și tipicitatea vinurilor, chiar și în condiții climatice extreme.

5.1.2. Soluții găsite de către industrie – noi provocări

În fața dezechilibrelor generate de schimbările climatice, industria viti-vinicolă a adoptat soluții precum devansarea momentului recoltării, pentru a conserva aciditatea naturală și a limita nivelul alcoolic al vinurilor. Deși eficientă din punct de vedere tehnologic, această practică afectează adesea expresia aromatică și maturitatea fenolică, conducând la vinuri mai austere și mai puțin reprezentative pentru soi ([Rayne & Forest, 2016](#); [Vega-Bayo et al., 2023](#)). În paralel, utilizarea drojdiilor selecționate (*Saccharomyces* și mai ales non-*Saccharomyces*), a enzimelor și a altor aditivi a încercat să compenseze aceste limitări, însă cu implicații în creșterea costurilor,

reducerea stabilității vinurilor și diminuarea potențialului de învechire (Tofalo et al., 2022; Tan et al., 2024).

O soluție complementară a fost recoltarea întârziată, vizând atingerea unei maturități fenolice și aromatice complete, dar cu riscul apariției dezechilibrelor tehnologice – concentrații ridicate de alcool, aciditate scăzută și instabilitate microbiologică (Cui et al., 2024). În acest context, tehnica saignée se poate impune ca o alternativă viabilă, permițând atât concentrarea musturilor roșii în compuși fenolici și coloranți, cât și obținerea unor vinuri rosé cu structură și expresivitate aromatică superioare. Studiile din literatură au evidențiat efecte favorabile asupra conținutului de antociani, taninuri și flavonoide, însă și unele limitări, legate de solubilitatea compușilor fenolici și capacitatea mustului de a-i încorpora eficient (Cheng & Watrelot, 2022; Gardner, 2015; Sacchi et al., 2005).

5.2. Obiectivele studiului

Studiul a avut ca obiectiv principal dezvoltarea și validarea unui protocol alternativ de vinificație rosé pentru soiul autohton Fetească Neagră, prin aplicarea tehnicii saignée, în contextul specific al arealului viticol Terasale Dunării. Scopul a fost compararea acestei metode cu presarea directă din perspectiva parametrilor fizico-chimici, cromatici și senzoriali, în vederea obținerii unui vin echilibrat, cu profil aromatic expresiv, structură fenolică adecvată și viabilitate tehnologică și economică. În același timp, s-a urmărit formularea unui model tehnologic adaptabil și sustenabil, capabil să răspundă tendințelor actuale de consum și să fie transferabil și altor soiuri autohtone sau regiuni viticole din România.

5.3. Materiale și metode

5.3.1. Strugurii – materie primă

În cadrul studiului, s-au utilizat struguri negri din soiul Fetească Neagră, recoltați în anul 2022 din arealul viticol Terasale Dunării. Recoltarea a fost inițiată când strugurii au atins pragurile tehnologice minime necesare pentru vinificația rosé – 220 g/L zaharuri, 7–7,5 g/L aciditate totală (acid tartric) și pH 3.1–3.2. În vederea calibrării procesului tehnologic, au fost efectuate microprobe de laborator pentru evaluarea momentului optim de recoltare și a randamentului de extracție a culorii în funcție de durata contactului mustului cu pielețele.

5.3.2. Procedul de vinificație

Vinificarea strugurilor Fetească Neagră s-a realizat prin două procedee distincte: presare directă (proba P_1) și tehnica saignée (proba P_2), cu scopul evaluării comparative a influenței acestora asupra calității vinurilor rosé. Materia primă, cu un potențial alcoolic ridicat (240 g/L zaharuri), a fost atent selecționată și sortată manual pentru eliminarea componentelor nedorite. După zdrobire și desciorchinare, mustuiala a fost tratată cu dioxid de sulf (100 g/T) și răcită cu gheață carbonică pentru a preveni oxidarea și fermentațiile spontane.

Proba P_1 a fost supusă presării directe într-o presă pneumatică cu atmosferă inertă, în timp ce proba P_2 a fost extrasă (15%) din mustuiala macerată timp de 90 de minute într-un roto-vinificator cu control termic (1–4°C), conform metodei saignée. Ulterior, ambele musturi au fost deburbate și fermentate la temperatură controlată (16–18°C), folosind culturi selecționate de drojdii *Saccharomyces cerevisiae*. Etapele de bâtonnage, pritocire și stabilizare cu bentonită și sulfitare au fost aplicate uniform, vinurile fiind filtrate și îmbuteliate în condiții de maximă protecție față de oxidare.

Procesul a urmărit obținerea unor vinuri rosé proaspete, echilibrate, dar cu o complexitate fenolică și aromatică superioară, integrând totodată o abordare sustenabilă asupra valorificării

Întregii mase de struguri. Schemele detaliate ale procedeelor aplicate sunt prezentate în Figurile 5.1 și 5.2.

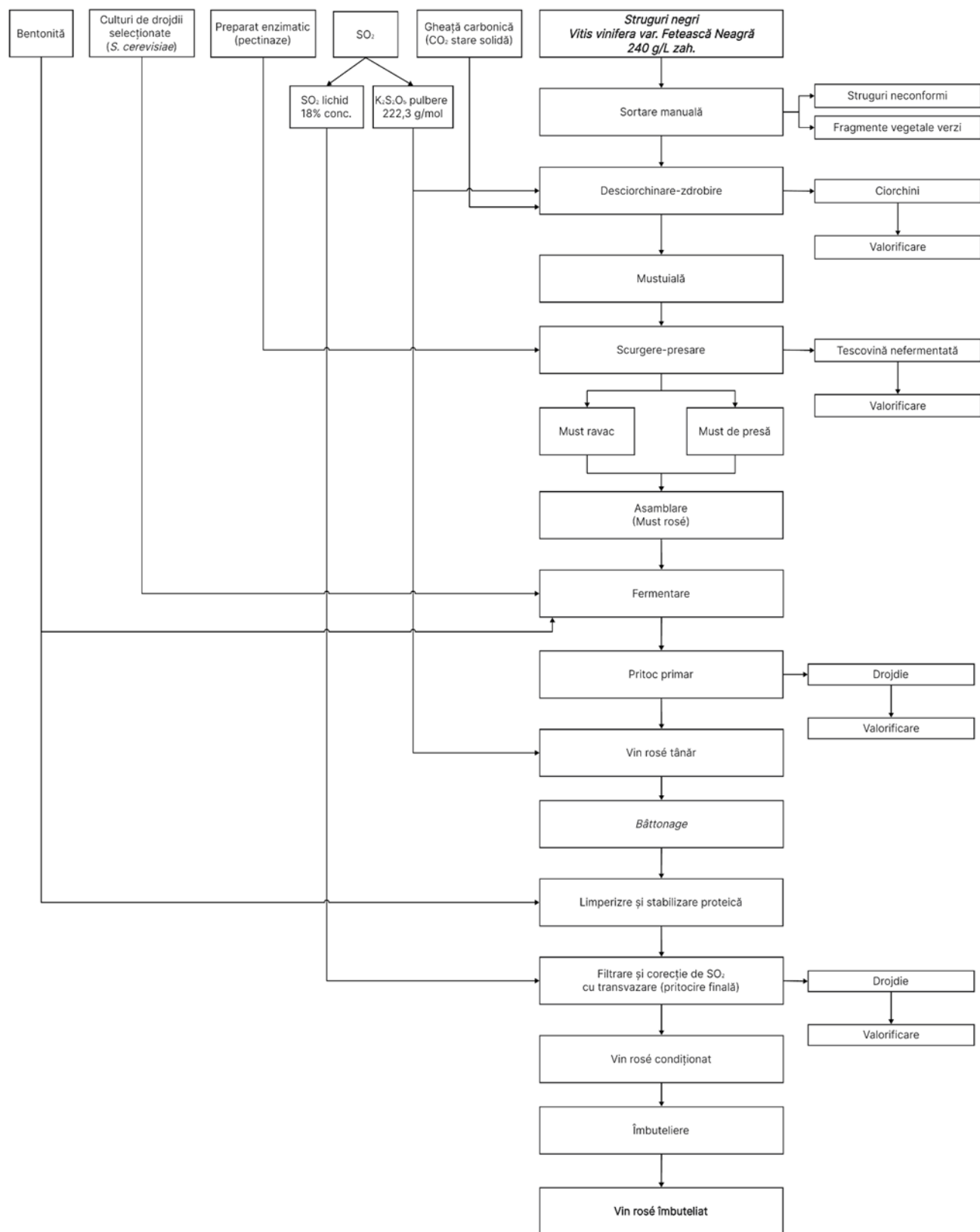


Figura 5.1 - Schema tehnologică de obținere a vinului rosé prin presare directă (P₁)

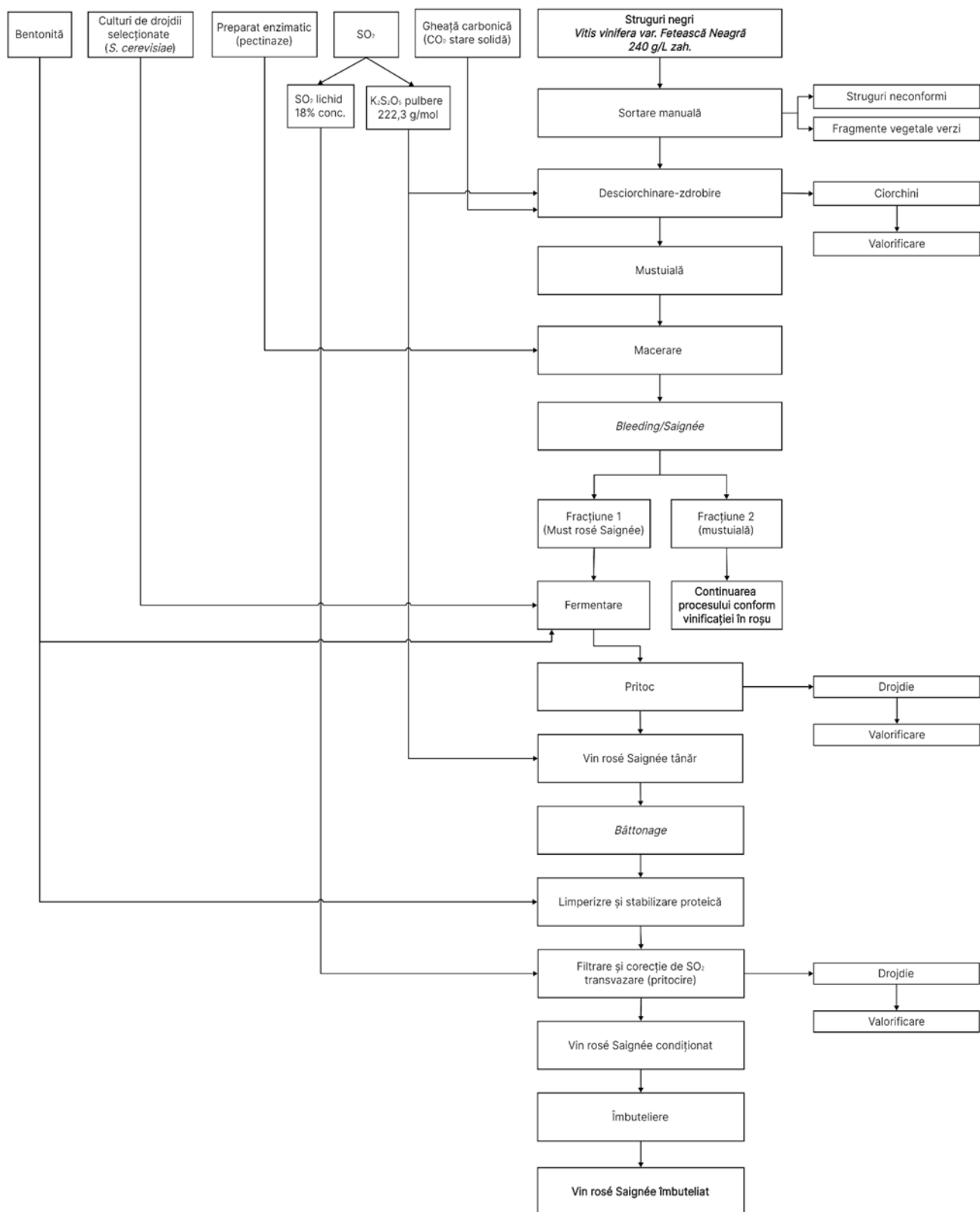


Figura 5.2 - Schema tehnologică de obținere a vinului rosé prin metoda saignée (P₂)

5.3.3. Variantele tehnologice luate în analiză

În cadrul acestui studiu au fost analizate patru probe de vin rosé, corespunzătoare celor două variante tehnologice de vinificare și evoluției lor în timp:

- P_1 – vin rosé obținut prin presare directă a mustuielii;
- P_2 – vin rosé obținut prin tehnica saignée;
- P_1' – varianta P_1 , analizată după 12 luni de învechire în sticlă;
- P_2' – varianta P_2 , analizată după 12 luni de învechire în sticlă.

5.3.4. Determinarea compoziției chimice a vinurilor

Determinările fizico-chimice (conținut în alcool, zahăr rezidual, pH, aciditate totală și volatilă, dioxidul de sulf liber și total, precum și turbiditatea) s-au realizat conform metodelor OIV. Compendium of International Methods of Analysis of Musts and Wines (OIV-MA-INT-00-2020: <http://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/methods-of-analysis/compendium-of-international-methods-of-analysis-of-wines-and-musts-2-vol>).

5.3.5. Determinarea culorii vinurilor

Intensitatea colorantă (IC – eng. *CI* – *Color intensity*) și tenta (*hue/tint*) au fost determinate utilizând metoda dezvoltată și descrisă de Glories (1984). Aceasta reprezintă una dintre metodele consacrate de evaluare a culorii vinurilor și se bazează pe determinări spectrofotometrice, prin citirea absorbției la lungimile de undă de 420, 520 și 620 nm. Alte analize realizate pentru determinarea procentelor de pigmenți monomerici, polimerici și copigmenți, precum și pentru determinarea culorii totale, au fost realizate conform metodei descrise de Mazza et al. (1999), prin citirea la lungimea de undă 520 nm.

5.3.6. Determinarea parametrilor cromatici folosind metoda CIELab

Analiza cromatică prin sistemul CIELab a fost aplicată pentru completarea evaluării spectrofotometrice, oferind o caracterizare obiectivă și perceptibilă vizual a culorii vinurilor. Modelul CIELab, dezvoltat de CIE (Comisia Internațională pentru Iluminat – fr. *Commission internationale de l'éclairage*), exprimă culoarea în termeni tridimensionali: luminozitate (L^*), componenta roșu-verde (a^*) și componenta galben-albastru (b^*). Pe baza acestor coordonate au fost calculați parametri derivați precum croma (C^*), unghiul de nuanță (h°) și diferența globală de culoare (ΔE), oferind informații relevante despre intensitatea, direcția și variațiile de culoare între probe.

Determinarea ΔE a fost deosebit de utilă pentru cuantificarea diferențelor între probele vinificate prin tehnici distincte (presare directă vs. saignée), dar și pentru evaluarea influenței proceselor tehnologice asupra stabilității cromatice. Prin raportarea la pragurile perceptuale consacrate, s-a putut estima gradul de diferențiere vizuală între vinuri, cu implicații directe în deciziile tehnologice și în standardizarea produselor finale, aspect esențial în contextul competitivității pieței și al cerințelor consumatorilor.

5.3.7. Analiza senzorială

Analiza senzorială a fost structurată pe trei niveluri complementare, vizând evaluarea globală a percepției consumatorilor și profesioniștilor asupra vinurilor obținute. În prima etapă, un panel de 24 de degustători certificați a realizat o analiză hedonică utilizând o scală de apreciere de la 1 la 9, pentru a evalua aspectul vizual, caracteristicile olfactive și gustative, postgustul, echilibrul aromatic și parametri asociați senzației de „mouthfeel” (rotunjime, corpolență, prospețime). Această evaluare a vizat integrarea percepției senzoriale în deciziile tehnologice, în acord cu preferințele pieței actuale, în special pentru vinurile rosé ușoare, proaspete și expresive.

În etapa a doua, s-a efectuat analiza descriptivă calitativă a profilului aromatic, identificându-se principalele note primare, secundare și terțiare, atât la nivel olfactiv, cât și retronazal. Scopul a fost de a diferenția vinurile obținute prin presare directă și tehnica saignée, cu accent pe complexitatea aromatică și expresivitatea soiului Fetească Neagră.

Etapa finală a inclus observațiile libere ale degustătorilor, care au oferit informații subiective privind percepția globală a vinurilor, reliefând impactul preferințelor individuale, al formării culturale și al contextului economic asupra alegerilor de consum. Analiza a subliniat faptul că, dincolo de parametri tehnici, acceptabilitatea vinului este influențată major de factori psihosenzoriali, emoționali și culturali (Hayward & McSweeney, 2020; Wang & Spence, 2019), accentuând importanța unei abordări integrate în proiectarea și poziționarea vinurilor pe piață.

5.3.8. Analiza statistică

Rezultatele sunt prezentate ca valori medii pentru determinările realizate în duplicat, cu abaterea standard indicată $\pm$. Analiza statistică a fost realizată utilizând software-ul Minitab pentru Windows, versiunea 22.1. Pentru a compara diferențele dintre valorile medii, a fost folosit testul de analiză a varianței (ANOVA). În cazurile în care s-au observat variații semnificative, a fost aplicat testul Tukey, cu un interval de încredere de 95%.

5.4. Rezultate și discuții

5.4.1. Determinarea compoziției chimice a vinurilor

Rezultatele obținute în urma realizării analizelor fizico-chimice ale probelor de vin sunt prezentate în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1 - Rezultatele determinărilor fizico-chimice pentru cele patru probe de vin rosé

Proba	Concentrație alcoolică (% v/v)	Zaharuri (g/L)	pH	Aciditate totală (g/L acid tartaric)	Aciditate volatilă (g/L acid acetic)	SO ₂ liber (mg/L)	SO ₂ total (mg/L)	Turbiditate (NTU)
P ₁	13,36 $\pm$ 0,24 ^a	4,52 $\pm$ 0,03 ^b	3,24 $\pm$ 0,01 ^a	6,34 $\pm$ 0,09 ^a	0,21 $\pm$ 0,02 ^b	50,4 $\pm$ 0,1 ^a	117,2 $\pm$ 0,3 ^b	0,50 $\pm$ 0,02 ^b
P ₂	13,28 $\pm$ 0,18 ^a	4,78 $\pm$ 0,02 ^a	3,25 $\pm$ 0,01 ^a	6,00 $\pm$ 0,06 ^{ab}	0,37 $\pm$ 0,03 ^a	47,3 $\pm$ 0,2 ^c	121,0 $\pm$ 0,9 ^a	0,66 $\pm$ 0,01 ^a
P ₁ '	13,36 $\pm$ 0,08 ^a	4,44 $\pm$ 0,06 ^b	3,24 $\pm$ 0,01 ^a	6,28 $\pm$ 0,13 ^a	0,24 $\pm$ 0,01 ^b	48,9 $\pm$ 0,1 ^b	115,6 $\pm$ 0,5 ^b	0,52 $\pm$ 0,02 ^b
P ₂ '	13,27 $\pm$ 0,12 ^a	4,72 $\pm$ 0,02 ^a	3,28 $\pm$ 0,02 ^a	5,89 $\pm$ 0,24 ^b	0,39 $\pm$ 0,03 ^a	46,1 $\pm$ 0,3 ^d	120,3 $\pm$ 1,2 ^a	0,70 $\pm$ 0,03 ^a

Mediile de pe aceeași coloană care nu împărtășesc o literă mică sunt semnificativ diferite la $p < 0,05$

Analiza concentrației alcoolice a vinurilor rosé obținute prin presare directă (P₁) și prin metoda saignée (P₂) a evidențiat valori comparabile, respectiv 13,36% și 13,28% vol., menținute stabil și după 12 luni de la îmbuteliere. Diferențele între cele două probe s-au dovedit nesemnificative, fiind atribuite atât variabilității naturale a boabelor, cât și comportamentului fermentativ specific fiecărui vas. Valorile se încadrează în tendințele actuale ale vinurilor rosé din regiuni calde, similare celor raportate în California sau în sudul Europei (Bohner & Martin, 2023; Medina-Plaza et al., 2024), regiunile din sudul României prezentând tot mai mult caracteristicile unei clime calde.

Menținerea parametrilor post-îmbuteliere confirmă eficiența protecției cu SO₂ și a controlului fermentației. În contextul urmăririi expresivității aromatice și echilibrului senzorial, recoltarea a fost temporizată astfel încât să se atingă o coacere tehnologică, aromatică și fenolică echilibrată, fără a compromite prospețimea. Literatura de specialitate subliniază corelația pozitivă între gradul de maturare a strugurilor și complexitatea aromatică a vinurilor (Casassa et al., 2013;

Sacchi et al., 2005), însă avertizează asupra posibilelor efecte secundare ale corecțiilor tehnologice excesive aplicate vinurilor produse din struguri care fie nu atinseseră nivelul de maturitate optim, fie acesta era depășit.

De asemenea, s-a subliniat influența climatului și a zonei pedoclimatice asupra nivelului alcoolic, precum și percepțiile consumatorilor, adesea marcate de prejudecăți privind vinurile cu tărie alcoolică redusă, în contrast cu exemplul oferit de regiuni consacrate precum Alsacia sau Valea Rinului. Deși piața globală încearcă să dezvolte vinuri cu alcool redus sau dezalcoolizate, România se află într-un stadiu incipient în această direcție, consumul de astfel de produse rămânând neînsemnat (Esteras-Saz et al., 2024; Figueroa Paredes et al., 2023; OIV, 2023). În acest context, valorile moderate ale alcoolului observate în cadrul acestui studiu se aliniază cerințelor de piață și susțin viabilitatea stilului propus pentru vinurile rosé din Fetească Neagră.

Pentru vinurile proaspăt îmbuteliate, conținutul de zaharuri a fost de $4,52 \pm 0,03$ g/L în cazul probei P_1 (presare directă) și de $4,78 \pm 0,02$ g/L în cazul probei P_2 (tehnica saignée). Aceste valori se încadrează în categoria vinurilor seci, conform criteriilor stabilite prin Normele Metodologice din 2016 de aplicare a Legii viei și vinului nr. 164/2015. Este important de menționat că încheierea fermentației alcoolice nu implică obligatoriu eliminarea completă a zaharurilor; pentru atingerea acestui obiectiv pot fi necesare adaosuri suplimentare de culturi de drojdii mai rezistente (ex. *Saccharomyces bayanus*) și de activatori nutritivi (azot organic – ex. fosfat de amoniu, tiamină, minerale etc.).

În cadrul prezentului studiu, s-a urmărit păstrarea unei cantități minime de zaharuri reziduale, cu scopul de a evidenția mai bine profilul aromatic al vinurilor, fără a depăși pragul specific vinurilor seci. La 12 luni de la îmbuteliere, valorile zaharurilor s-au menținut relativ constante: $4,44 \pm 0,06$ g/L pentru P_1 și $4,72 \pm 0,02$ g/L pentru P_2 . Lipsa unor variații semnificative indică o bună stabilitate post-îmbuteliere și confirmă faptul că nu au avut loc procese de refermentare în sticlă, fenomene care ar fi putut fi evidențiate și prin modificări ale turbidității, producere de CO_2 , pe lângă observarea variațiilor în ceea ce privește conținutul alcoolic (Benucci, 2020; Lan et al., 2021; Medina-Plaza et al., 2024).

Comparația cu alte studii internaționale sprijină aceste constatări. Într-un experiment realizat în California pe vinuri rosé din Pinot Noir, recolta 2019, s-a determinat un conținut de zaharuri reziduale semnificativ mai ridicat ($8,26 \pm 0,07$ g/L), ceea ce sugerează fie o întrerupere deliberată a fermentației pentru menținerea echilibrului alcoolic, fie o adaptare tehnologică pentru compensarea profilului aromatic mai discret al soiului (Medina-Plaza et al., 2024). Aceeași intenție este probabilă și în cazul vinului obținut din Grenache, unde s-au înregistrat concentrații chiar mai mari de zaharuri reziduale ($11,55 \pm 0,06$ g/L), soiul fiind recunoscut pentru caracterul său aromatic intens, dar și pentru potențialul alcoolic ridicat.

Literatura de specialitate nu semnalează, în general, modificări semnificative ale concentrației de zaharuri după îmbuteliere, cu excepția cazurilor de fermentație secundară – fie nedorite, din cauza condiționării necorespunzătoare, fie dorite, cum este cazul vinurilor spumante produse prin metoda tradițională (*Champenoise*), în care a doua fermentație este stimulată intenționat (Benucci, 2020; Stefenon et al., 2014; Tofalo et al., 2022).

Valorile pH-ului determinate pentru cele două variante de vin rosé – obținute prin presare directă (P_1) și tehnica saignée (P_2) – s-au situat în intervale optime ($P_1=3,24 \pm 0,01$; $P_2=3,25 \pm 0,01$), confirmând un moment corect de recoltare și o bună gestionare a proceselor tehnologice. Aceste valori indică un echilibru favorabil pentru stabilitatea microbiologică, conservabilitatea și salubritatea vinului pe termen lung. După 12 luni de la îmbuteliere, pH-ul a rămas constant

($P_1'=3,24$; $P_2'=3,28$), ceea ce reflectă o bună stabilitate biochimică și absența riscurilor oxidative sau fermentative.

Literatura de specialitate confirmă faptul că pH-ul vinurilor este influențat de factori precum maturitatea strugurilor, metoda de vinificare sau procesele postrecoltare (precum tehnica *apassimento*) (Bai et al., 2023; Xi et al., 2024). De asemenea, studii comparative au evidențiat creșteri ale pH-ului în cazul macerărilor prelungite, datorate eliberării potasiului și precipitării acidului tartric sub formă de bitartrat de potasiu (Casassa et al., 2021; Vicente et al., 2022). În cazul vinurilor analizate, aceste riscuri au fost minimizate, iar stabilitatea pH-ului este un indicator al eficienței tehnologice (Benucci, 2020; Lan et al., 2021; Medina-Plaza et al., 2024).

Eventuale modificări ușoare ale pH-ului în timp pot apărea din cauza reacțiilor naturale între acizii organici și mineralele din must, dar aceste variații nu s-au manifestat în perioada de observație. În concluzie, valorile și comportamentul pH-ului confirmă profilul stabil al vinurilor rosé obținute din Fetească Neagră, indiferent de tehnica aplicată, susținând caracterul lor tehnologic viabil și stabilitatea acestora.

Aciditatea totală, indicator esențial pentru calitatea și stabilitatea vinurilor, a prezentat în cazul celor două probe valori adecvate ($6,34 \pm 0,09$ g/L pentru vinul obținut prin presare directă și $6,00 \pm 0,06$ g/L pentru vinul obținut prin tehnica saignée), reflectând un moment optim de recoltare și o bună conservare a acidității pe parcursul etapelor fermentative, fără pierderi semnificative sau intervenții corective (de Castro et al., 2024; Cui et al., 2024; Ju et al., 2023). Alegerea de a nu recurge la corectarea acidității prin adaosuri exogene de acizi (tartric, malic, citric etc.) a fost fundamentată pe considerente de autenticitate, sustenabilitate și evitare a dezechilibrelor chimico-senzoriale (Vicente et al., 2022).

Studiile de referință indică faptul că aciditatea poate fi afectată de macerări prelungite, care favorizează precipitarea sărurilor acidului tartric, în special în prezența pielitelor, semințelor sau a rahisului (Casassa et al., 2021). Acest lucru explică diferențele semnificative între aciditatea mustului și cea a vinului final. De asemenea, s-a remarcat influența majoră a momentului recoltării asupra acidității, cu variații anuale de până la 2 g/L, în funcție de condițiile climatice (Casassa et al., 2013).

După 12 luni de păstrare, s-a înregistrat o ușoară scădere a acidității totale – până la $6,28 \pm 0,13$ g/L pentru P_1 și $5,89 \pm 0,24$ g/L pentru P_2 –, fenomen normal, atribuit interacțiunii dintre acidul tartric și ionii de potasiu (Cui et al., 2024). Declinul lent al acidității este legat de stabilitatea vinului și influențează percepția de prospețime, o caracteristică esențială pentru vinurile rosé (Benucci, 2020; Lan et al., 2021; Medina-Plaza et al., 2024).

În cazul vinurilor rosé, profilul aromatic specific se bazează pe prospețime și aciditate naturală, ceea ce face ca păstrarea acestor trăsături – fără intervenții corective – să fie importantă pentru menținerea identității stilistice a vinului. Întrucât acest tip de vin este destinat în general consumului timpuriu, învechirea nu reprezintă un obiectiv prioritar în strategia tehnologică (Garbay et al., 2024; Gil et al., 2019; Ubeda et al., 2022). Totodată, lipsa taninurilor structurante specifice vinurilor roșii nu justifică perioade lungi de maturare (Mazarrón & Cañas, 2023; Rossi et al., 2022). Astfel, scopul nu este obținerea unei evoluții aromatice prin învechire, ci conservarea calităților existente pentru un consum optim în primii 1–2 ani de la producere.

Aciditatea volatilă a vinurilor rosé analizate a reflectat o bună gestionare tehnologică, valorile obținute ($0,21 \pm 0,02$ g/L pentru vinul obținut prin presare directă și $0,37 \pm 0,03$ g/L pentru vinul saignée) situându-se semnificativ sub pragul legal admis (1,08 g/L acid acetic). Aceste rezultate confirmă desfășurarea procesului în condiții igienice și preponderent reductive, cu un

control eficient al oxigenului și utilizarea adecvată a anhidridei sulfuroase (Casassa et al., 2021; Ju et al., 2023; Ubeda et al., 2022).

Evoluția post-îmbuteliere a acidității volatile a fost minimă ($0,24 \pm 0,01$ g/L, respectiv $0,39 \pm 0,03$ g/L după 12 luni), indicând o stabilitate microbiologică și oxidativă bună a vinurilor, susținută de măsuri precum utilizarea azotului la îmbuteliere și condiții adecvate de păstrare (Chidi et al., 2018; Mazarrón & Cañas, 2023; Xi et al., 2024).

Datele se aliniază literaturii de specialitate, care subliniază importanța evitării oxidării în cazul vinurilor rosé pentru menținerea aromelor și culorii, și atrag atenția asupra potențialelor efecte adverse ale proceselor excesiv reductive – inclusiv apariția fenomenului de *wine pinking* (Andrea-Silva et al., 2014; Cosme et al., 2019; Ubeda et al., 2022).

Creșterea acidității volatile este legată, în general, de procese oxidative ireversibile, fermentație acetică sau stres osmotic în timpul fermentației alcoolice – situații întâlnite mai frecvent în vinurile de desert sau cele obținute din struguri deshidratați (Bai et al., 2023; Chidi et al., 2018; Xi et al., 2024). Prevenția rămâne principala strategie, corectarea ulterioară având efecte limitate asupra calității senzoriale finale).

Vinurile rosé obținute au prezentat o sulfurare eficientă, cu valori inițiale ale SO_2 liber de $50,4 \pm 0,1$ mg/L pentru P_1 și $47,3 \pm 0,2$ mg/L pentru P_2 , reflectând aplicarea unei strategii de dozare unică („șoc”) în vin, menită să asigure o protecție microbiologică și antioxidantă imediată și de durată. Diferențele între probe se corelează cu complexitatea chimică a vinului obținut prin metoda saignée, care conține mai mulți compuși reactivi ce pot lega SO_2 (Casassa et al., 2013, 2021; Lan et al., 2021; Xi et al., 2024).

După 12 luni, conținutul de SO_2 liber s-a diminuat ușor ($48,9 \pm 0,1$ mg/L pentru P_1 și $46,1 \pm 0,3$ mg/L pentru P_2), menținând niveluri care asigură protecție pe termen mediu și lung. SO_2 total a fost de asemenea în limitele legal admise ($117,2 \pm 0,3$ mg/L pentru P_1 și $121,0 \pm 0,9$ mg/L pentru P_2), iar proporția de SO_2 aflat în formă liberă a fost ridicată (43% P_1 , 39% P_2), indicând o legare redusă și o bună stabilitate chimică a vinurilor (Benucci, 2020; Medina-Plaza et al., 2024; Ubeda et al., 2022).

Turbiditatea vinurilor a fost foarte scăzută ($0,50 \pm 0,02$ NTU – P_1 ; $0,66 \pm 0,01$ NTU – P_2), menținându-se stabilă după 12 luni, ceea ce indică lipsa activității microbiene, a refermentării sau a instabilităților coloidale. Stabilizarea proteică s-a realizat cu bentonită, iar stabilitatea tartrică a fost susținută prin operațiunea de bâtonnage, fără utilizarea metodelor tehnologice intensive sau aditivilor costisitori, urmărindu-se menținerea autentică a produsului și sustenabilitatea economică (Chidi et al., 2018; Ju et al., 2023; Vicente et al., 2022).

5.4.2. Determinarea parametrilor de culoare ai vinurilor

Rezultatele privind determinarea indicilor de culoare sunt prezentate în figurile 5.3 și 5.4. Analizând datele, se observă o scădere a intensității colorante și o creștere a valorilor tentei în urma păstrării vinurilor timp de 12 luni, tendință prezentă la ambele probe.

Comparând cele două tehnici de vinificație, metoda saignée a condus la valori mai ridicate ale intensității colorante decât presarea directă, însă la valori mai scăzute ale tentei. Acest lucru indică un aport crescut de pigmenti roșii în cazul probei P_2 , rezultat al unei macerații scurte (Casassa et al., 2021; Cheng & Watrelot, 2022; Lukić et al., 2017; Sacchi et al., 2005), în timp ce pigmentii galbeni, mai prezenți în proba P_1 , contribuie mai mult la valoarea tentei (Casassa et al., 2013; Gil et al., 2019; Magrini et al., 2016; Pantani et al., 2014). Evoluția acestor parametri în timp – scăderea intensității colorante și creșterea tentei – reflectă un comportament normal al vinurilor rosé învechite (Babincev et al., 2016; Benucci, 2020; Oliveira et al., 2024; Stávek et al., 2012).

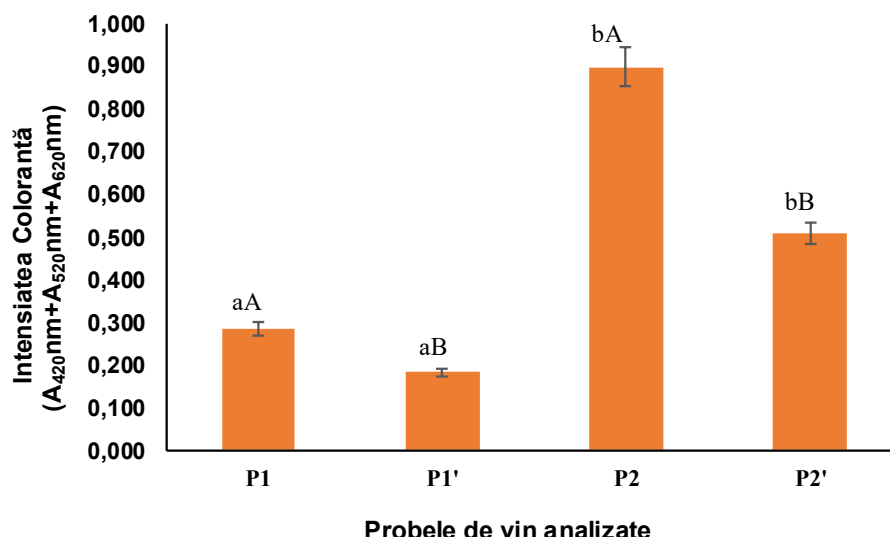


Figura 5.3. - Intensitatea colorantă a probelor de vin la momentul îmbutelierii și după 12 luni. Literele mici indică diferențe semnificative între valorile medii corespunzătoare vinurilor obținute prin proceduri diferite, analizate în același moment. Majusculele diferite indică diferențe semnificative între valorile aceleiași probe de vin, analizate la momente diferite ($p < 0,05$).

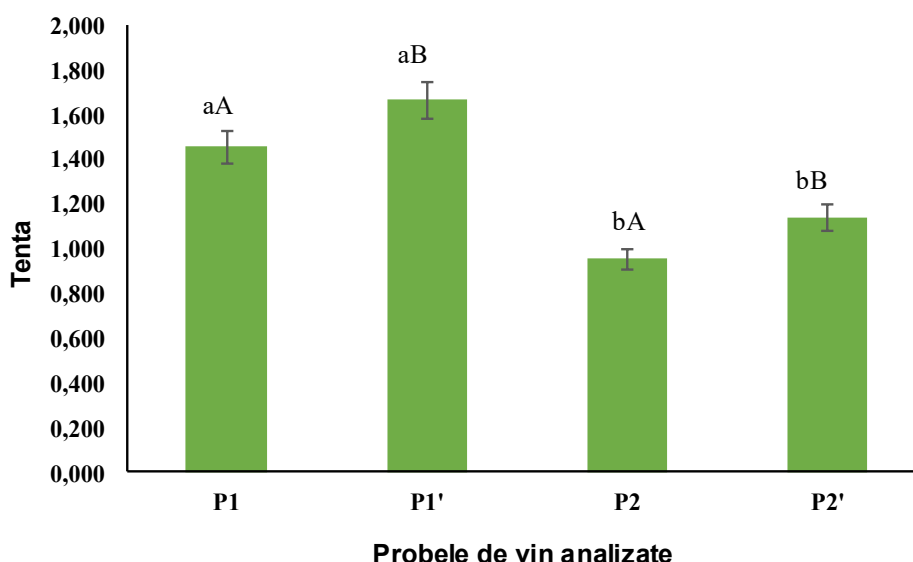


Figura 5.4 - Tenta culorii probelor de vin la momentul îmbutelierii și după 12 luni. Literele mici indică diferențe semnificative între valorile medii ale probelor obținute prin proceduri tehnologice diferite, analizate în același moment, în timp ce literele mari indică diferențe între valorile corespunzătoare vinurilor obținute prin aceeași procedură, în momente diferite ($p < 0,05$).

Această evoluție – reducerea intensității colorante concomitent cu creșterea tentei – este specifică vinurilor roșii și rosé supuse învechirii. Se cunoaște că, spre deosebire de vinurile albe (care tind să capete o culoare mai intensă în timp), vinurile roșii pierd treptat din intensitate, trecând de la roșu-violenț la roșu-cărămiziu. Aceste transformări reflectă degradarea antocianilor și stabilizarea culorii prin reacții cu alți compuși, într-un mediu de păstrare adecvat (Bai et al., 2023; Garrido & Borges, 2013; Guerrini et al., 2019; Mazarrón & Cañas, 2023; de Oliveira et al., 2024).

Totuși, unele studii din literatură raportează evoluții diferite ale culorii. De exemplu, expunerea la lumină UV a vinurilor rosé a determinat o creștere temporară a intensității colorante

și o scădere a tentei, urmate de o stabilizare prin reacțiile dintre compușii fenolici (Lan et al., 2021). În mod similar, temperaturile ridicate (30°C) au favorizat oxidarea flavan-3-olilor și formarea pigmentilor xantiliu, intensificând culoarea (Benucci, 2020).

Aceste fenomene, specifice mai ales vinurilor albe, pot apărea și în vinurile rosé, aflate la intersecția dintre vinurile roșii și cele albe din punct de vedere cromatic. Prin urmare, evoluția culorii vinurilor rosé este una complexă, determinată atât de compoziția pigmentară, cât și de condițiile de depozitare.

Procentele de pigmenți galbeni, roșii și violet care contribuie la culoarea totală a celor 4 probe de vin sunt prezentate în Figurile 5.5-5.7.

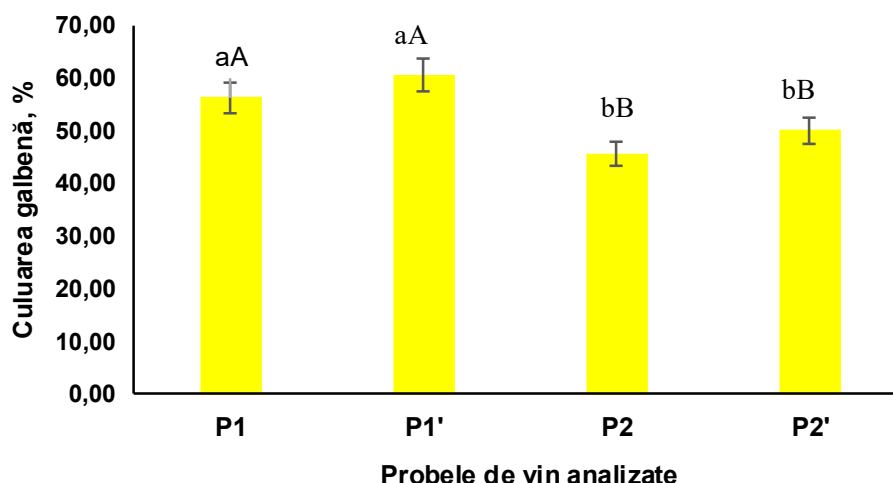


Figura 5.5 - Procentul în care culoarea galbenă contribuie la culoarea totală a probelor de vin. Literele mici diferite indică diferențe semnificative între valorile medii ale probelor obținute prin proceduri tehnologice diferite, analizate la același moment, în timp ce literele mari diferite indică diferențe între valorile obținute prin aceeași procedură, analizate la momente diferite ($p < 0,05$).

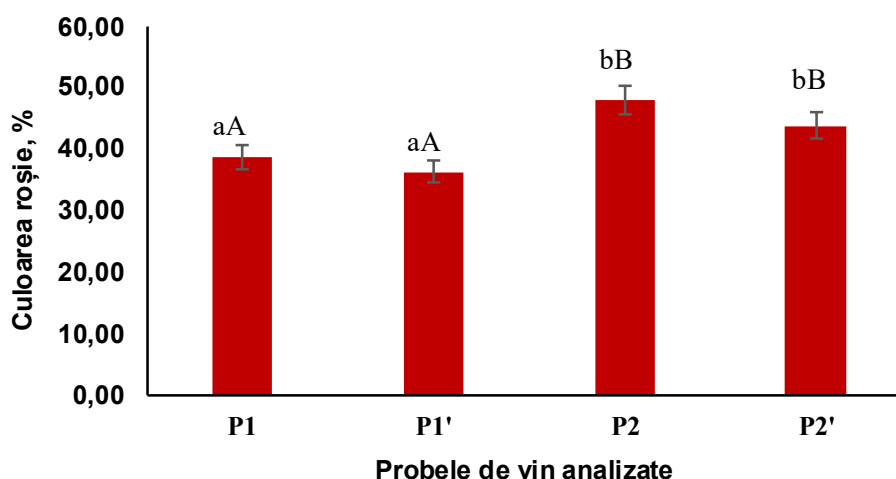


Figura 5.6 - Procentul în care culoarea roșie contribuie la culoarea totală a probelor de vin. Literele mici diferite indică diferențe semnificative între valorile medii ale probelor obținute prin proceduri tehnologice diferite, analizate la același moment, în timp ce literele mari diferite indică diferențe între valorile obținute prin aceeași procedură, analizate la momente diferite ($p < 0,05$).

Analiza comparativă a compoziției cromatice a celor două vinuri rosé obținute prin tehnici diferite – presare directă (P_1) și saignée (P_2) – a evidențiat o distribuție distinctă a pigmentilor galbeni, roșii și violet, cu evoluții specifice în timpul păstrării. La momentul îmbutelierii, vinul P_1

prezenta o culoare dominată de pigmenți galbeni (61,5%), urmați de cei roșii (33,2%) și violeti (5,3%). În schimb, vinul obținut prin metoda saignée (P_2) avea o structură cromatică mai echilibrată, cu un aport de 48,1% galben, 45,5% roșu și 6,3% violet.

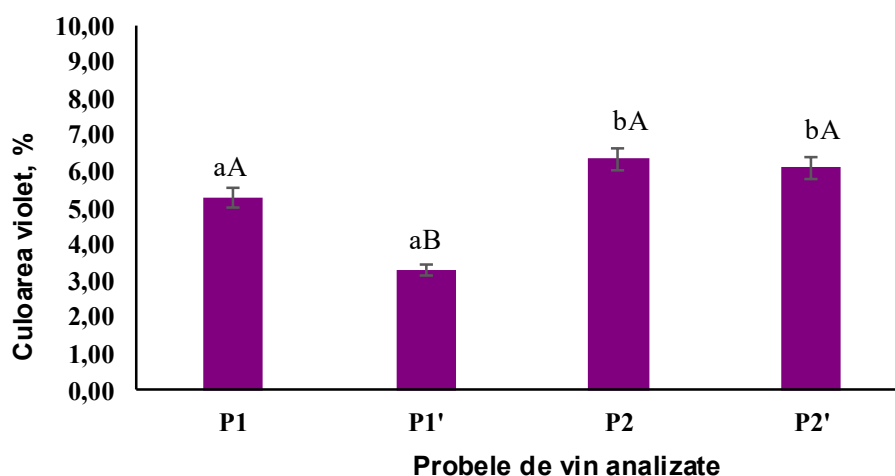


Figura 5.7 - Procentul în care culoarea violet contribuie la culoarea totală a probelor de vin. Literele mici diferite indică diferențe semnificative între valorile medii ale probelor obținute prin proceduri tehnologice diferite, analizate la același moment, în timp ce literele mari diferite indică diferențe între valorile obținute prin aceeași procedură, analizate la momente diferite ($p < 0,05$).

După 12 luni de învechire, ambele probe au suferit modificări evidente. În cazul P_1 , procentul de culoare galbenă a crescut la 67,4%, în timp ce pigmentarea roșie a scăzut la 29,3%, iar violetul s-a redus semnificativ la 3,3%. Pentru P_2 , evoluția a fost mai moderată: culoarea galbenă a crescut la 54,0%, roșul a coborât la 39,9%, iar violetul a rămas relativ stabil (6,1%).

Aceste modificări reflectă tendințele tipice ale învechirii vinurilor rosé, unde pigmenții antocianici (responsabili pentru culoarea roșie și violetă) suferă procese de polimerizare, copigmentare și precipitare, în timp ce pigmenții galbeni, în special flavonele și pigmenții de oxidare, devin mai proeminenți. Rezultatele sunt în concordanță cu cele raportate în literatura de specialitate, care subliniază această dinamică pigmentară ca fiind o consecință firească a maturării chimice a vinului, influențată semnificativ de condițiile de depozitare (temperatură, lumină, tip de sticlă) și de tratamentele tehnologice aplicate (Benucci, 2020; Cheng & Watrelot, 2022; de Oliveira et al., 2024).

Persistența pigmenților violet în cazul vinului P_2 sugerează o extracție mai eficientă a antocianilor în etapa de macerare, dar și o stabilitate cromatică sporită a acestora în timp, posibil favorizată de formarea pigmenților copigmentați sau polimerici. În cazul vinului P_1 , absența unei macerări reale a dus la o prezență limitată a pigmenților roșii și violeti, care s-au degradat mai rapid în timpul păstrării, făcând ca pigmentarea galbenă să devină dominantă.

Această evoluție a distribuției pigmentare influențează direct aspectul vizual al vinurilor rosé – de la nuanțe trandafirii sau roz intens către tonuri somon, galben-oranj sau chiar maronii. Din punct de vedere senzorial și comercial, aceste schimbări sunt esențiale, întrucât culoarea este principalul criteriu de selecție pentru consumatori, în special în cazul vinurilor rosé, unde decizia de achiziție este adesea intuitivă și bazată vizual.

Prin urmare, stabilitatea și evoluția proporțiilor dintre pigmenții galbeni, roșii și violeti pot fi interpretate nu doar ca indicatori ai calității tehnologice, ci și ca factori predictivi ai potențialului de comercializare. Din acest punct de vedere, tehnica saignée s-a dovedit superioară în

menținerea unei culori echilibrate și atractive, cu pierderi minime ale pigmentului violet – un rezultat ce validează eficiența acestui procedeu în obținerea unor vinuri rosé cu stabilitate cromatică ridicată.

Studiul evoluției pigmentilor colorați în cele două vinuri rosé analizate (P_1 – presare directă și P_2 – tehnica saignée) a evidențiat diferențe notabile în ceea ce privește compoziția cromatică inițială, stabilitatea pigmentilor și dinamica culorii în timpul învechirii.

Conform datelor prezentate în Figura 5.8, proba P_2 , obținută prin tehnica saignée, a înregistrat inițial un conținut mai ridicat de pigmenti monomerici (39,92%) comparativ cu proba P_1 (33,18%), diferență datorată scurtei perioade de macerare (aprox. 90 minute) aplicate în cazul saignée. Chiar dacă diferența procentuală este moderată (~6%), aceasta este perceptibilă vizual, influențând nu doar intensitatea cromatică, ci și nuanțele specifice unui vin tânăr, cu tonuri de roz și roșu deschis mai pronunțate în cazul P_2 .

După 12 luni de învechire, s-a constatat o scădere semnificativă a pigmentilor monomerici: cu aproximativ 65% în cazul P_1 și 50% în cazul P_2 . Această reducere este un fenomen firesc în evoluția vinului, prin care antocianii fie se polimerizează, devenind mai stabili, fie formează compuși copigmentați, așa cum indică și literatura de specialitate (Babincev et al., 2016; Cheng & Watrelot, 2022; Gil et al., 2019; Gutiérrez-Escobar et al., 2021).

Un aspect suplimentar este adus de un studiu realizat pe vinul Sangiovese (Guerrini et al., 2019), care a evidențiat sensibilitatea pigmentilor monomerici la lumină, mai ales în cazul recipientelor din sticlă transparentă. În astfel de condiții, s-a observat o degradare accelerată a pigmentilor colorați, mai pronunțată decât în sticlele de culoare verde sau maro. Aceste efecte pot contribui și la reducerea pigmentilor polimerici, atât indirect, cât și direct, inclusiv prin destabilizarea legăturilor deja formate, iar procesele sunt similare celor observate și în cazul taninurilor (Cáceres-Mella et al., 2014).

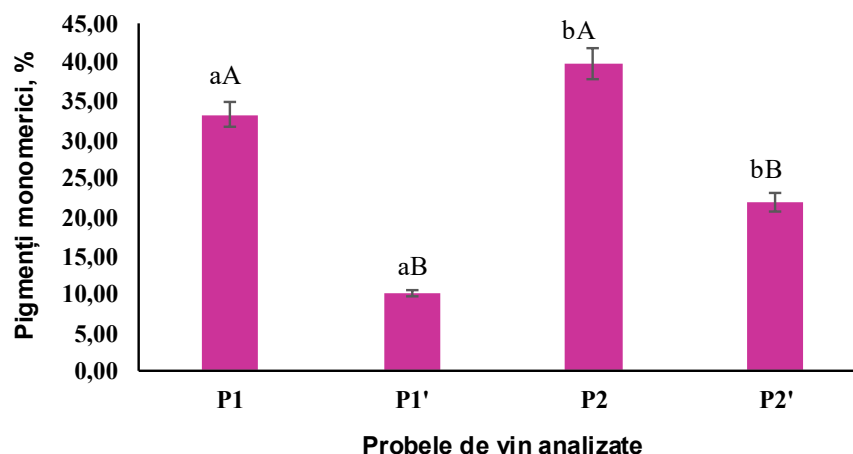


Figura 5.7 - Procentele de pigmenti monomerici din fiecare probă. Literele mici diferite indică diferențe semnificative între valorile medii ale probelor obținute prin proceduri tehnologice diferite, evaluate în același moment, iar literele mari diferite indică diferențe semnificative între valorile probelor obținute prin aceeași procedură, analizate în momente diferite ($p < 0,05$).

Figura 5.9 ilustrează evoluția pigmentilor polimerici pentru cele două probe de vin rosé, evidențiind diferențele semnificative între acestea. La momentul îmbutelierii, proba P_2 (tehnica saignée) a prezentat un procent inițial de pigmenti polimerici mult mai ridicat (45,26%) comparativ cu P_1 (18,96%), diferență ce sugerează o extracție mai eficientă a compușilor colorați stabili în

cazul saignée. Această observație este aliniată cu literatura de specialitate, care asociază această metodă cu un profil fenolic mai robust și o stabilitate cromatică superioară.

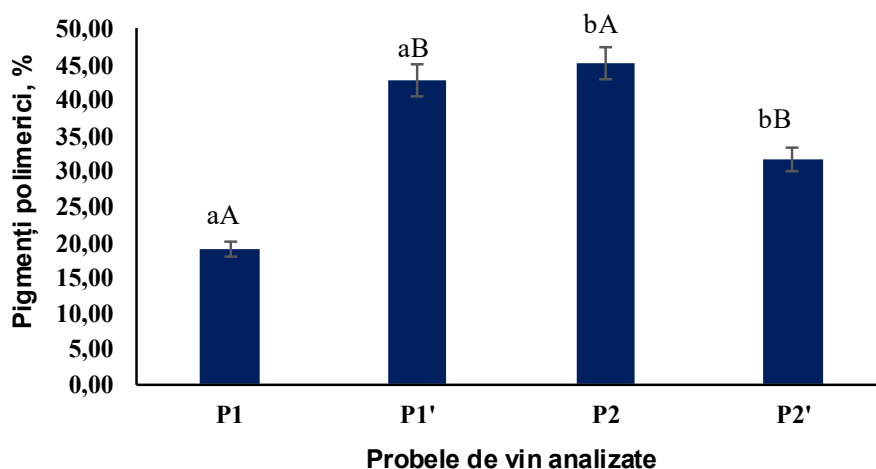


Figura 5.8 - Procentele de pigmenți polimerici din fiecare probă. Literele mici diferite indică diferențe semnificative între valorile medii ale probelor obținute prin proceduri tehnologice diferite, evaluate în același moment, iar literele mari diferite indică diferențe semnificative între valorile probelor obținute prin aceeași procedură, analizate în momente diferite ($p < 0,05$).

După un an de învechire, evoluțiile au fost divergente: în cazul P_1 , conținutul de pigmenți polimerici aproape s-a dublat (42,73%), indicând transformarea treptată a pigmentilor monomerici în forme stabile prin procese de polimerizare. Aceste modificări corespund fenomenului de „maturare a culorii”, reflectat spectrofotometric prin scăderea absorbției la 520 nm și creșterea valorilor la 420 și 620 nm. Ele se produc prin combinația antocianilor cu taninuri (proantocianidine), generând compuși colorați mai rezistenți în timp (Cheng & Watrelot, 2022; Gil et al., 2019; Gutiérrez-Escobar et al., 2021).

În schimb, P_2 a înregistrat o scădere notabilă a pigmentilor polimerici după un an, de la 45,26% la 31,65%. Această diminuare aparent paradoxală poate fi explicată prin lipsa unui aport suficient de taninuri, întrucât timpul scurt de macerare nu a permis extracția acestora din pielețele și semințele strugurilor. Astfel, o parte din pigmentii antocianici s-a legat de alte componente polifenolice mai reactive, formând pigmenți copigmentați – colorați, dar mai puțin stabili în timp. Situația este confirmată de faptul că recoltarea manuală, sortarea și desciorchinarea atentă au redus prezența părților vegetale ce pot contribui cu taninuri suplimentare.

Literatura de specialitate oferă multiple exemple care susțin aceste comportamente. De exemplu, studiul realizat de Babincev et al. (2016) asupra unor vinuri roșii din soiuri precum Merlot, Cabernet Sauvignon, Gamay, Vranac și Prokupac a demonstrat că procentul de pigmenți polimerici crește constant în timpul învechirii, de regulă cu aproximativ 20%, iar valorile inițiale mai ridicate sunt asociate cu un potențial cromatic crescut. De asemenea, studiul realizat de Cheng & Watrelot (2022) a subliniat faptul că tratamentele cu bentonită pot reduce semnificativ antocianii monomerici și, implicit, influențează negativ formarea pigmentilor polimerici. În plus, combinația tratamentului cu tehnica saignée poate amplifica această tendință în anumite soiuri.

Temperatura este un alt factor determinant: valorile mai ridicate în timpul macerării și fermentării favorizează transformarea antocianilor în pigmenți polimerici (Muche et al., 2018; Sacchi et al., 2005). De asemenea, adaosurile de SO_2 în doze mari (>100 mg/L) pot împiedica polimerizarea antocianilor, exercitând inclusiv efecte de decolorare. În contrast, termovinificația sau tratamentele enzimatice aplicate pe soiuri cu pieleță groasă pot spori stabilitatea pigmentilor.

Un studiu recent realizat pe vinuri rosé (Lan et al., 2021) a arătat o creștere cu 71% a pigmentilor polimerici după doar 160 de zile de depozitare, confirmând că și în cazul vinurilor rosé apar fenomene similare celor din vinurile roșii, deși, uneori, în forme mai atenuate.

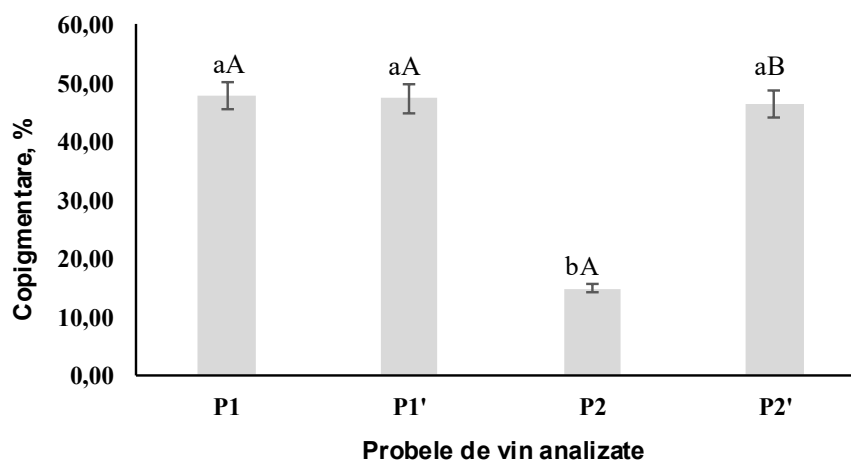


Figura 5.9 - Procentele de pigmenți copigmentați din fiecare probă. Literele mici diferite indică diferențe semnificative între valorile medii ale probelor obținute prin proceduri tehnologice diferite, evaluate în același moment, iar literele mari diferite indică diferențe semnificative între valorile probelor obținute prin aceeași procedură, analizate în momente diferite ($p < 0,05$).

Figura 5.10 evidențiază evoluția pigmenților copigmentați în cele două probe, cu diferențe notabile în comportamentul post-îmbuteliere. Proba P_1 nu a prezentat modificări semnificative (47,87% → 47,27%), ceea ce indică o structură pigmentară stabilă, modificările cromatice fiind generate în principal de trecerea pigmenților monomerici în forme polimerizate, fenomen tipic pentru vinurile roșii și rosé.

În contrast, proba P_2 (tehnica saignée) a înregistrat o creștere semnificativă a procentului de pigmenți copigmentați (de la 14,82% la 46,52%), în paralel cu scăderea pigmenților polimerici. Această evoluție atipică – inversă celei întâlnite de regulă în timpul învechirii – sugerează o intensificare a proceselor de copigmentare, cu formarea de culori vii, dar instabile chimic. Literatura de specialitate confirmă faptul că aceste forme copigmentate, deși contribuie la nuanțe intense (inclusiv tente violacee), sunt susceptibile la degradare sau pot, dimpotrivă, trece în timp către forme mai stabile (Bai et al., 2023; Boulton, 2001; Gutiérrez-Escobar et al., 2021; Oliveira et al., 2006; Xi et al., 2024).

Această transformare este confirmată și de evoluția componentei violet, care s-a menținut în cazul probei P_2 , evidențiind rolul copigmentării în accentuarea nuanțelor violacee. Acest comportament este rar întâlnit în vinurile rosé clasice, care conțin cantități mai mici de antociani. Diferențele evidențiate între P_1 și P_2 în privința compoziției pigmenților se reflectă și în culoarea totală a vinurilor, așa cum se observă în Figura 5.11.

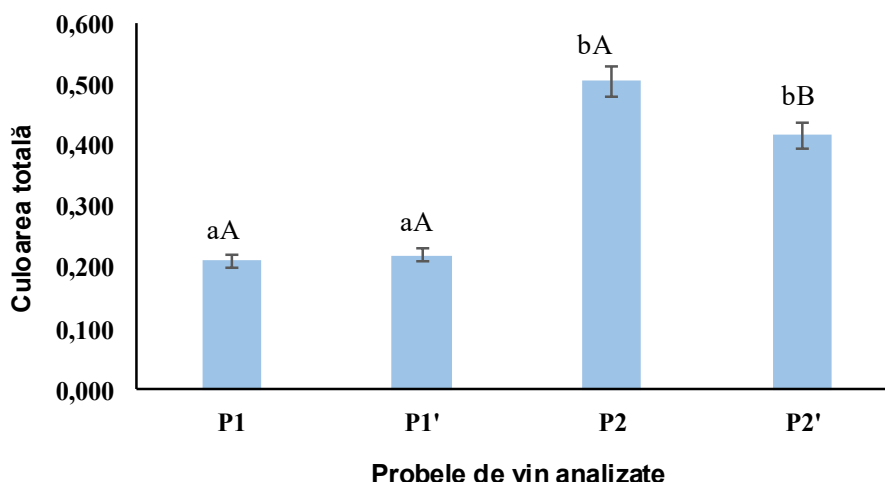


Figura 5.11 - Culoarea totală specifică fiecărei probe. Literele mici diferite indică diferențe semnificative între valorile medii ale probelor obținute prin proceduri tehnologice diferite, evaluate în același moment, iar literele mari diferite indică diferențe semnificative între valorile probelor obținute prin aceeași procedură, analizate la momente diferite ($p < 0,05$).

Proba P_2 a înregistrat valori mai mari ale culorii totale, atât inițial, cât și după un an de depozitare, ceea ce confirmă un potențial cromatic superior. În schimb, P_1 a păstrat o culoare totală relativ constantă, deși structura pigmentilor s-a modificat. Acest rezultat susține ideea că vinurile rosé obținut prin presare directă se comportă cromatic mai apropiat de cele albe, în timp ce cele obținute prin saignée manifestă o evoluție pigmentară mai apropiată de vinurile roșii, lipsindu-le, în schimb, structura taninică ce permite desfășurarea reacțiilor de polimerizare.

Literatura confirmă faptul că tehnica de vinificare influențează semnificativ structura pigmentară și dinamica cromatică a vinurilor. Studiul lui [Oliveira et al. \(2024\)](#) a demonstrat că în vinurile roșii învechite timp de 36 de luni, pigmentii copigmentați scad treptat, în timp ce cei polimerici cresc, cu rate variabile în funcție de soi. De asemenea, tipul de portaltoi și condițiile de mediu influențează biosinteza compușilor colorați. Alți autori, precum [Martínez-Moreno et al. \(2021\)](#), au evidențiat impactul regimului de irigare și al compoziției chimice a apei asupra intensității culorii în vinuri obținute din soiul Monastrell, indicând că factorii agronomici pot modifica profund potențialul cromatic al vinului.

5.4.3. Determinarea parametrilor de culoare cu ajutorul cromametrului – metoda CIELab

Analiza cromatică realizată cu ajutorul cromametrului a evidențiat diferențe semnificative între cele două vinuri rosé obținute prin metode tehnologice distincte – presare directă (P_1) și tehnica saignée (P_2) – atât inițial, cât și după 12 luni de învechire. Aceste rezultate sunt prezentate în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2 - Rezultatele determinărilor efectuate cu cromametrul pentru fiecare probă de vin rosé

Proba de vin	L*	a*	b*	c*	h*	ΔE
P_1	46,78±0,08 ^b	2,63±0,04 ^c	6,23±0,02 ^b	6,76±0,04 ^d	1,17±0,00 ^b	-
P_1'	47,92±0,47 ^a	2,05±0,07 ^d	8,25±0,94 ^a	8,50±0,90 ^c	1,33±0,03 ^a	2,46±0,60
P_2	39,50±0,04 ^d	11,18±0,12 ^a	8,11±0,07 ^a	13,81±0,14 ^a	0,63±0,00 ^d	-
P_2'	43,05±0,11 ^c	7,03±0,09 ^b	8,37±0,05 ^a	10,92±0,10 ^b	0,87±0,00 ^c	5,46±0,02

Mediile de pe aceeași coloană care nu împărtășesc o literă mică sunt semnificativ diferite la $p < 0,05$

Luminozitatea (L^*) a fost semnificativ mai mare în cazul vinului obținut prin presare directă, atât la momentul inițial (46,78 pentru P_1 față de 39,50 pentru P_2), cât și după 12 luni (47,92 pentru P_1' vs. 43,05 pentru P_2'), confirmând tendința vinurilor rosé deschise la culoare de a prezenta valori mai ridicate ale luminozității și o stabilitate mai mare pe termen scurt.

Parametrul a^* , asociat cu nuanțele de roșu (având valori pozitive), a prezentat valori inițiale net superioare în cazul probei P_2 (11,18) față de P_1 (2,63), evidențiind impactul macerării scurte asupra extracției de pigmenți roșii. După 12 luni, s-a constatat o scădere proporțională a valorilor, mai accentuată la vinul obținut prin saignée (7,03), dar care a rămas totuși cromatic mai intens decât P_1' (2,05). Acest lucru evidențiază atât eficiența metodei saignée în extracția pigmentilor antocianici, cât și dinamica lor specifică în timpul învechirii.

Parametrul b^* , asociat cu culoarea galbenă, a înregistrat valori apropiate între cele două probe, dar ușor mai mari în cazul vinului saignée (8,11 pentru P_2 vs. 6,23 pentru P_1). După un an, ambele probe au înregistrat o creștere (8,25 pentru P_1' și 8,37 pentru P_2'), evoluție ce se corelează cu rezultatele analizelor precedente.

Parametrul c^* , care exprimă saturația sau puritatea culorii vinului, a evidențiat diferențe semnificative între probele analizate, reflectând nivelul de pigmentare și intensitatea cromatică determinată de tehnologia de vinificație utilizată. La momentul inițial, vinul obținut prin tehnica Saignée (P_2) a prezentat o valoare semnificativ mai mare (13,81) comparativ cu vinul obținut prin presare directă (P_1) (6,76), indicând o culoare mai saturată și mai intensă pentru P_2 , datorată extracției sporite de pigmenți din piețele strugurilor.

După 12 luni de învechire, s-a constatat o creștere a valorii c^* în cazul vinului P_1 (8,50), asociată cu acumularea de pigmenți polimerici și intensificarea componentei galbene. În schimb, în cazul vinului P_2 , s-a înregistrat o scădere până la 10,92, corelată cu diminuarea pigmentării roșii (scăderea valorii a^*) și un echilibru fragil între antociani și flavone. Totuși, P_2 a rămas superior din punct de vedere cromatic față de P_1 .

Studiile complementare susțin observațiile obținute în cadrul prezentei cercetări privind comportamentul parametrului c^* . Astfel, [Bai et al. \(2023\)](#) au evidențiat creșteri ale valorii c^* în urma aplicării procedurii de deshidratare post-recoltare a strugurilor, variațiile înregistrate fiind dependente de durata tratamentului și de capacitatea pigmentilor extrași de a se stabili în timp. [Arapitsas et al. \(2020\)](#) au demonstrat, în schimb, că depozitarea vinurilor în sticle transparente determină o scădere rapidă a saturației culorii (parametrul c^*), subliniind astfel rolul esențial al ambalajului în menținerea caracteristicilor cromatice. [Wu et al. \(2017\)](#) au raportat o ușoară diminuare a parametrului c^* după 12 luni de învechire în cazul unor vinuri roșii obținute prin tehnica saignée, valorile rămânând însă semnificativ mai mari decât cele specifice vinurilor rosé, datorită compoziției pigmentare superioare. În fine, [Portu et al. \(2023\)](#), analizând impactul macerației carbonice în cazul vinurilor din regiunea Rioja, au constatat valori ridicate ale parametrului c^* , mai ales pentru fracțiile de presă, ceea ce confirmă eficiența tehnicii în obținerea unor vinuri cu o culoare mai intensă, saturată și expresivă.

Parametrul h^* , ce exprimă unghiul nuanței și descrie tenta dominantă a culorii, a evidențiat diferențe clare între cele două probe de vin rosé. La momentul inițial, valoarea convertită în grade pentru P_1 (rosé clasic) a fost 67,10°, iar pentru P_2 (rosé saignée), 35,97°, indicând o culoare mai apropiată de galben pentru proba P_1 și una mai apropiată de roșu pentru P_2 , în acord cu proporția mai mare de flavone în prima și de antociani în cea de-a doua. După un an de învechire, valorile h^* au crescut pentru ambele probe (75,93° pentru P_1' , respectiv 49,98° pentru P_2'), semnalând

tendința naturală a vinurilor rosé de a migra spre tonuri galbene în timp, prin pierderea pigmentilor roșii și violet.

Aceste evoluții sunt susținute de literatura de specialitate. [Bai et al. \(2023\)](#) au raportat valori inițiale scăzute ale parametrului h^* pentru vinurile rosé obținute din struguri deshidratați, cu o creștere ulterioară în timpul învechirii. [Cáceres-Mella et al. \(2014\)](#) au arătat că expunerea la lumină artificială accelerează creșterea valorii h^* , chiar și în sticle colorate. [Portu et al. \(2023\)](#) au raportat variații ale acestui parametru în funcție de soiul folosit pentru vinificare prin macerație carbonică. În schimb, [Gil et al. \(2017\)](#) au observat o scădere a h^* în urma tratamentului cu PVPP, pe fondul reducerii pigmentilor galbeni, demonstrând capacitatea acestuia de a reîmprospăta vizual vinurile oxidate.

Parametrul ΔE , ce reflectă diferențele de culoare perceptibile vizual între două probe, a evidențiat contrastul cromatic dintre vinurile rosé analizate. Valoarea ΔE de 2,46 pentru proba P_1' vs. P_1 indică o modificare sesizabilă, dar discretă, după 12 luni de învechire, pe când valoarea de 5,46 pentru proba P_2' față de P_2 (vinul saignée) sugerează o schimbare evidentă și ușor de distins. Diferențele se datorează compoziției pigmentare distincte, reacțiilor de stabilizare mai intense și conținutului mai mare de antociani în proba P_2 . În schimb, P_1 , având un aport mai mare de pigmenti galbeni și o saturație cromatică mai redusă, a suferit o modificare mai puțin accentuată.

ΔE -ul inițial între cele două vinuri (11,38) confirmă diferențele evidente de culoare la momentul îmbutelierii, diferență care, deși s-a redus după un an ($\Delta E = 7,00$), rămâne semnificativă vizual. Aceste valori sunt influențate nu doar de intensitatea pigmentilor, ci și de stabilitatea acestora și de interacțiunile cu taninurile, flavonele sau SO_2 . De aceea, interpretarea ΔE nu poate fi izolată, ci trebuie corelată cu valorile c^* și h^* , mai ales în zonele spectrale unde percepția vizuală este sensibilă.

Alte studii prezintă rezultate relevante privind acest parametru: [Gil et al. \(2017, 2019\)](#) au raportat valori ΔE între 2,79 și 5,96 în urma tratamentului cu PVPP în vinuri rosé, iar [Portu et al. \(2023\)](#) au evidențiat diferențe semnificative între fracțiunile ravac și de presă ($\Delta E = 8,44$) după macerație carbonică. [Paredes et al. \(2024\)](#) au arătat că dezalcoolizarea prin pervaporare determină modificări vizibile ale culorii (ΔE până la 5,77), iar [Kumar et al. \(2022\)](#) au subliniat efectul antocianilor și taninurilor asupra ΔE , prin relații inverse: antocianii cresc ΔE , taninurile o stabilizează.

În concluzie, analiza parametrului ΔE completează coerent tabloul cromatic al celor două vinuri rosé și subliniază importanța compoziției pigmentare, a tehnologiei aplicate și a proceselor postfermentative asupra stabilității vizuale a vinului. Totodată, deschide direcții de cercetare practică privind optimizarea stabilizării culorii prin ajustarea concentrației de taninuri sau recurgerea la baricare pentru vinuri rosé de nișă.

5.4.4. Analiza senzorială

Analiza senzorială a evidențiat diferențele percepute între vinul rosé clasic (P_1) și cel obținut prin tehnica saignée (P_2), printr-o evaluare complexă (vizuală, olfactivă, gustativă), completată cu scoruri pentru aspecte precum rotunjime, corpolență, prospețime și percepție globală (Figura 5.12).

Componenta vizuală a fost similar apreciată pentru ambele vinuri, ambele fiind clare, strălucitoare și lipsite de defecte. Totuși, P_1 a primit un scor ușor superior, datorită culorii sale mai deschise – o caracteristică tot mai valorizată de piața contemporană, unde vinurile rosé palide

sunt percepute ca moderne și elegante. Această preferință este însă culturală și nu reflectă în mod obiectiv o calitate superioară. Interesul în creștere pentru rosé-uri mai intens colorate sugerează o revalorizare a stilurilor tradiționale, în paralel cu tendința generală de reducere a intervențiilor tehnologice corective.

Mirosul (analiză ortonazală) a diferențiat clar cele două probe: P_2 a prezentat o intensitate și complexitate aromatică mai mare, cu arome mai bine definite și mai plăcute, aspect explicat prin conservarea pigmentilor și compușilor volatili în timpul vinificării reductive. În plus, s-a remarcat o tipicitate mai pronunțată pentru soiul Fetească Neagră în cazul vinului saignée.

Gustul a confirmat impresia olfactivă și chiar a adăugat profunzime. Vinul P_2 a fost considerat mai expresiv pe palat, oferind o progresie aromatică completă, cu note suplimentare ce nu au fost percepute anterior la nivelul nasului. Acest aspect indică un profil senzorial de calitate superioară, întrucât complexitatea și persistența aromatică în etapele succesive de evaluare sunt semnele unui vin echilibrat și bine structurat.

Percepția retronazală (aroma) a accentuat și mai mult diferențele dintre probe. Vinul obținut prin tehnica saignée a fost mai intens și mai expresiv, susținând aprecierea mai mare de la nivelul gustului. Tot în această etapă a fost apreciată mai clar tipicitatea aromatică, P_2 fiind mai fidel profilului soiului, în timp ce P_1 , deși corect, a fost perceput ca mai neutru.

Postgustul a fost mai lung și mai complex pentru vinul saignée, cu note persistente și plăcute. P_1 a avut un final mai scurt, cu o senzație mai simplă, mai apropiată de profilul clasic al rosé-urilor tinere și lejere.

Rotunjimea a fost superioară pentru vinul P_2 , sugerând un echilibru mai bun între componentele structurale (aciditate, alcool, zaharuri, chiar și taninuri – prezente în concentrație mai mică decât în cazul vinurilor roșii), dar și o integrare armonioasă a acestora cu profilul aromatic. Vinul a fost perceput ca fiind complet și coerent, fără dezechilibre evidente.

Corpolența, de asemenea, a fost mai bine evaluată în cazul vinului saignée. Acesta a fost perceput ca având o textură mai densă, lucru corelat cu tehnica de vinificare și structura sa fenolică ușor mai bogată. P_1 a fost perceput ca mai lejer, în linie cu stilul rosé-urilor „de vară”, fără complexitatea structurală a probei P_2 .

Prospețimea a fost punctată mai bine în cazul vinului P_1 , aspect legat în principal de aciditatea sa resimțită mai accentuat la nivel senzorial și de notele citrice din profilul aromatic. P_2 , deși având niveluri similare în privința acidității, fiind și echilibrat, a lăsat o impresie mai rotundă și moale, ceea ce a diminuat percepția de prospețime în favoarea celei de catifelare.

Percepția globală, care integrează toate celelalte caracteristici senzoriale, a fost superioară pentru vinul obținut prin tehnica saignée. Acesta a fost perceput ca fiind mai expresiv, echilibrat și plăcut, iar degustătorii au declarat o mai mare probabilitate de achiziție și recomandare a acestuia.

După cum se poate observa în graficul din Figura 5.12, ambele vinuri au fost apreciate foarte bine, vinul obținut prin procedeul saignée fiind preferat celui obținut prin presare directă.

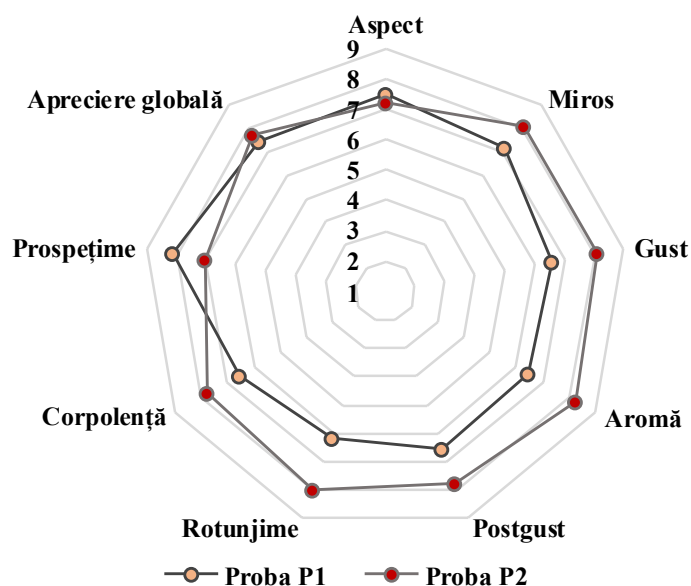


Figura 5.10 - Analiza senzorială cu descriptori pentru probe de vin analizate

Pentru aprofundarea diferențelor senzoriale dintre cele două vinuri rosé analizate – obținute prin presare directă (P_1) și prin tehnica saignée (P_2) – s-a aplicat Analiza Componentelor Principale (ACP/PCA – Principal Component Analysis). Scopul acestei analize a fost de a evidenția relațiile dintre descriptorii senzoriali și de a înțelege distribuția eșantioanelor în funcție de aceștia (Figura 5.13).

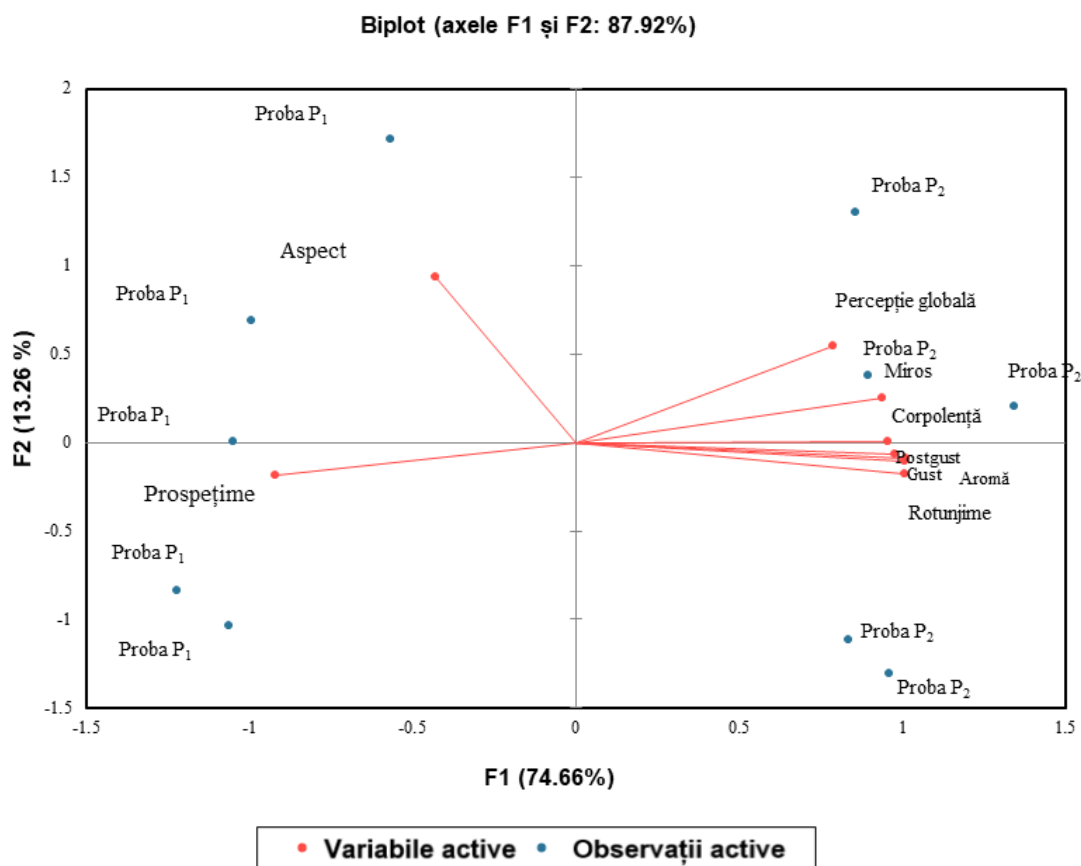


Figura 5.11 - Corelarea descriptorilor senzoriali prin analiza componentelor principale (PCA)

Reprezentarea eşantioanelor în planul determinat de primele două componente principale (F_1 și F_2) ale analizei PCA reține 87,92% din variabilitatea totală, ceea ce oferă o imagine fidelă asupra diferențelor senzoriale dintre vinuri. Axa F_1 , cu o contribuție de 74,66%, reflectă în principal diferențierea generală, în timp ce F_2 (13,26%) adaugă informație complementară.

Vinul obținut prin tehnica saignée (P_2) este poziționat clar în proximitatea descriptorilor gust, aromă, postgust, rotunjime, corpolență, miros și apreciere globală, indicând un profil senzorial bogat, echilibrat și apreciat. Convergența acestor variabile validează percepția sa ca vin complex și armonios.

Vinul obținut prin presare directă (P_1) apare în partea opusă a graficului, în asociere cu prospețimea – caracteristică pozitivă pentru stiluri de consum ușor și estival, dar izolată față de restul descriptorilor, ceea ce denotă un profil mai simplu și mai puțin expresiv.

Vectorul aspect are o influență redusă asupra diferențierii principale, confirmând că ambele vinuri au fost corect prezentate vizual, fără impact decisiv asupra aprecierii globale.

În concluzie, analiza PCA confirmă superioritatea senzorială a vinului saignée, punând în evidență avantajele acestei tehnologii pentru obținerea de vinuri rosé mai complexe și mai expresive. Alegerea metodei de vinificare influențează decisiv percepția finală și poate deveni un instrument strategic pentru diferențierea produsului pe o piață competitivă..

Cea de-a doua etapă a analizei senzoriale a avut ca obiectiv identificarea și compararea notelor primare și secundare ale celor două probe de vin rosé (P_1 – presare directă; P_2 – saignée), în scopul evidențierii impactului tehnologic asupra diversității și complexității aromelor. Fiind vorba de vinuri proaspete, aromele terțiare nu au fost investigate.

Notele primare, specifice soiului și terroir-ului, au fost comune ca origine, dat fiind că vinurile au fost produse din același soi (Fetească Neagră), din aceeași parcelă, recoltate în aceeași zi. Astfel, diferențele aromatice se explică prin tehnica de vinificare.

În cazul vinului P_1 , predomină aromele de fructe (45%), urmate de note florale, minerale și vegetal-ierboase. Pentru P_2 , structura aromatică este similară ca ordonare, însă se remarcă o intensificare a notelor fructate (46%) și florale (27%), cu o ușoară apariție a aromelor de condimente (detectate de doi degustători), semn al unui plus de extracție datorat macerării scurte. Notele minerale (11%) și cele vegetale-ierboase (12%) sunt ușor diminuate la P_2 , posibil datorită „acoperirii” de către aromele fructate și florale mai intense. Contrar așteptărilor, notele ierboase nu s-au intensificat în cazul saignée, ceea ce confirmă că perioada scurtă de macerare nu a fost suficientă pentru extragerea semnificativă a taninurilor.

Aprofundând categoriile de fructe regăsite în notele celor două vinuri, P_1 se remarcă prin note citrice și de fructe roșii (coacăze roșii, merișoare, vișine, căpșune), cu un caracter mai acid și mai „verde”. În schimb, P_2 exprimă note mai coapte și dulci (fragi, cireșe, zmeură, prune roșii), dar și note de fructe negre (mure, prune coapte) – rare în rosé, dar posibile datorită soiului și climatului. Notele citrice, mai întâlnite în vinurile albe, au fost dominante în P_1 (caracter fresh, acid), dar reduse în P_2 (10%). În schimb, fructele negre (13%) și roșii (61%) domină vinul saignée, subliniind complexitatea sa aromatică. Notele de fructe tropicale (8%) și fructe cu sămburi au fost prezente în ambele probe, influențate de climatul cald și de controlul temperaturii în vinificare.

Notele secundare, provenite din procesele fermentative și bâtonnage, au fost mai evidente în P_2 , sub forma unor arome de patiserie (biscuiți, brișe), datorate contactului cu drojdiile și repunerii acestora în suspensie. Deși ambele vinuri au urmat același tratament

tehnologic, structura mai robustă a P₂ a permis o integrare mai armonioasă a acestor arome. Notele specifice fermentației malolactice nu au fost prezente în P₁, dar în P₂ s-au remarcat nuanțe subtile de vanilie și frișcă, semn al unei conversii malolactice parțiale, posibil spontane. Aceasta este susținută de ușoara reducere a acidității în P₂ comparativ cu P₁ (6,00 g/L vs. 6,34 g/L acid tartric). Note specifice maturării în barrique nu au fost detectate, deoarece niciunul dintre vinuri nu a fost maturat în lemn.

Ultima etapă a analizei senzoriale a inclus observațiile libere ale degustătorilor, vizând exprimarea percepțiilor personale, imposibil de captat în cadrul unui protocol standardizat. Această abordare este valoroasă din două perspective: oferă acces la experiența individuală a evaluatorilor specializați și, totodată, furnizează indicii despre modul în care vinul ar putea fi receptat de consumatori reali, în contexte cotidiene. Vinul, ca produs cultural și senzorial, activează adesea memoria, emoțiile și preferințele afective, făcând ca judecățile subiective să aibă o greutate semnificativă din punct de vedere comercial (Ferguson, 2011; Tavoulari et al., 2015; Verbeek & Van Campen, 2013). În această etapă, degustătorii au oferit comentarii libere, grupate ulterior în funcție de proba evaluată.

Vinul P₁ a fost în general preferat de consumatorii tineri, în special pentru culoarea deschisă și prospețimea sa, atribute asociate cu vinuri ușor de băut, potrivite pentru consum estival. A fost adesea descris ca un vin „revigorant”, cu un profil simplu, dar agreabil, chiar dacă unii degustători l-au considerat mai „lipsit de arome”. Acest lucru este explicabil prin absența contactului cu pielețele, ceea ce limitează extragerea compușilor aromatici și fenolici. Notele ușor „verzi” și o ușoară percepție a taninurilor au fost menționate, deși nu în sens negativ, ci ca o trăsătură ce accentuează aciditatea și contribuie la prospețime. Degustătorii din zona HoReCa au remarcat versatilitatea gastronomică a acestui vin: potrivit pentru salate, brânzeturi ușoare, pește sau carne albă, în special în meniuri de vară.

Vinul P₂ a generat reacții mai intense și mai variate, fiind perceput ca având un caracter complex și echilibrat, cu o paletă aromatică bogată – în special note de fragi, cireșe și vanilie. Culoarea mai intensă a fost adesea corelată afectiv cu amintiri sau experiențe senzoriale plăcute, în special de către degustătoare. Pentru unii, acest vin nu a fost perceput doar ca o băutură, ci ca o experiență senzorială completă, evocatoare, în care notele aromatice au fost asociate cu contexte concrete – de exemplu, un picnic în natură, înconjurat de flori, alături de o tartă cu mere și vanilie sau o beza. Dincolo de profilul tehnic remarcabil, P₂ a fost descris de unii degustători prin termenul de „vin gastronomic”, reflectând nu doar aprecierea senzorială, ci și multiplele asocieri cu preparatele culinare la care se pretează.

Structura mai amplă a vinului și integrarea armonioasă a componentelor au sugerat un potențial de evoluție în timp, iar unii au propus chiar testarea unei baricări de scurtă durată, în butoaie ce nu se află la prima trecere, pentru a adăuga un strat suplimentar de complexitate, fără a masca aromele primare.

5.5. Concluzii parțiale

Studiul comparativ realizat asupra celor două vinuri rosé obținute din Fetească Neagră prin presare directă (P₁) și prin tehnica saignée (P₂) a evidențiat influența semnificativă a metodei de vinificație asupra caracteristicilor fizico-chimice, cromatice și senzoriale ale produsului final. Deși ambele vinuri au prezentat stabilitate microbiologică și chimică în timpul învechirii, vinul saignée s-a remarcat printr-un conținut mai mare de pigmenți colorați, o intensitate cromatică superioară și o saturație mai accentuată a culorii. Evoluția parametrilor CIELab și analiza spectrofotometrică au confirmat o diferențiere cromatică clară între probe, cu păstrarea unei tente

violet distinctive în cazul P₂, asociată unui profil vizual și aromatic mai intens și mai expresiv, specific formelor copigmentate. În timp ce vinul obținut prin presare directă a fost apreciat pentru prospețime și lejeritate, cel elaborat prin saignée a demonstrat o complexitate aromatică sporită, un echilibru senzorial și o versatilitate superioară, fiind perceput ca un vin cu potențial gastronomic și capacitate de evoluție în timp.

Analiza senzorială a confirmat preferința generală a degustătorilor pentru vinul saignée, susținută atât de scorurile obținute în evaluările standardizate, cât și de reacțiile spontane în etapa de observații libere. Aromele de fructe roșii coapte, notele florale și condimentate, alături de prezența subtilă a unor arome secundare, au contribuit la o percepție hedonică superioară. În același timp, culoarea sa intensă a fost adesea asociată afectiv cu experiențe senzoriale pozitive, mai ales în rândul degustătoarelor, dar și al unui public tânăr și matur deopotrivă, ceea ce sugerează un potențial de atracție larg și un caracter integrator, capabil să răspundă unor gusturi diverse și să creeze punți între preferințe. Astfel, vinul saignée s-a conturat nu doar ca o alternativă tehnologică eficientă, ci și ca un produs autentic, capabil să răspundă exigențelor actuale de consum și să valorifice mai profund potențialul soiului și al *terroir*-ului.

CAPITOLUL 6. Influența unor parametri tehnologici asupra extracției compușilor fenolici în timpul macerării strugurilor din soiul Fetească Neagră

6.1. Introducere

6.1.1. Context

Industria vitivinicolă actuală este marcată de provocări tehnologice și climatice care au determinat adoptarea unor metode alternative de vinificare, inclusiv tehnici neconvenționale de macerare precum macerarea la rece, termică sau asistată de ultrasunete. Acestea promit optimizarea calităților senzoriale și sanogene ale vinurilor, însă efectele lor asupra compoziției fenolice și stabilității culorii nu sunt încă pe deplin cunoscute. În acest context, studiul de față propune o evaluare comparativă a patru metode de macerare aplicate soiului românesc Fetească Neagră – un soi valoros, dar puțin investigat din această perspectivă – cu scopul de a analiza impactul asupra conținutului de polifenoli, antociani, flavonoide, parametri cromatici și activitate antioxidantă. Cercetarea, realizată pe struguri din arealul Teraselor Dunării, urmărește să ofere o bază științifică solidă pentru alegerea celei mai eficiente variante tehnologice, contribuind la valorificarea potențialului enologic și funcțional al acestui soi autohton, în cadrul unei abordări moderne și responsabile față de sănătate și consum.

6.1.2. Stadiul actual al cercetărilor privind metodele neconvenționale de macerare

Cercetarea oenologică recentă s-a concentrat pe optimizarea metodelor de macerare, vizând creșterea eficienței tehnologice, expresivității senzoriale și potențialului biologic activ al vinurilor. În acest context, tehnicile neconvenționale de macerare, precum macerarea la rece, tratamentele cu ultrasunete sau macerarea în atmosferă de azot, s-au impus ca alternative promițătoare. Macerarea la rece este apreciată pentru favorizarea extracției precoce a antocianilor și conservarea aromelor, deși rezultatele variază în funcție de mai mulți factori. Tratamentele cu ultrasunete accelerează difuzia compușilor fenolici, în timp ce macerarea în azot oferă o alternativă cu rezultate superioare în ceea ce privește concentrația de pigmenți. Noile tehnologii „soft” precum ADCF™ și AIR MIX™ contribuie, de asemenea, la o extracție mai eficientă și un consum energetic redus. În ansamblu, aceste metode reflectă direcțiile moderne ale cercetării oenologice, care îmbină performanța extractivă cu sustenabilitatea și diversificarea stilistică, adaptând procesele la specificul soiului și al materiei prime.

6.2. Obiectivele studiului

Studiul a urmărit evaluarea comparativă a patru tehnici de macerare – convențională, la temperatură joasă, termică și asistată de ultrasunete – aplicate strugurilor din soiul Fetească Neagră, în vederea identificării strategiilor tehnologice optime pentru maximizarea valorii enologice și biologice a musturilor.

Obiectivele specifice au vizat analiza influenței regimului termic și a duratei macerării asupra extracției compușilor fenolici (polifenoli totali, flavonoide, antociani monomerici), evaluarea modificărilor cromatice (intensitate colorantă, tentă, proporții galben-roșu-violet) și stabilirea relației dintre conținutul fenolic și activitatea antioxidantă (prin metoda DPPH). De asemenea, a fost urmărit efectul combinat al ultrasunetelor și temperaturii asupra eficienței extracției, precum și identificarea avantajelor și limitărilor fiecărui tratament prefermentativ. Pe

baza rezultatelor, s-au formulat recomandări tehnologice pentru optimizarea macerării în scopul obținerii unor vinuri roșii cu profil senzorial și biologic superior.

6.3. Materiale și metode

6.3.1. Strugurii – materie primă

Pentru realizarea experimentului s-au utilizat struguri din soiul Fetească Neagră, recoltați în 2021 din arealul viticol cu indicație geografică „Terasale Dunării”. Această regiune, situată în sudul României, beneficiază de un climat continental excesiv, cu veri calde și secetoase, amplitudini termice ridicate și o resursă heliotermică considerabilă, condiții ce favorizează acumularea de zaharuri și polifenoli, dar pot influența variabil și sinteza acestora în cazul stresului termic sau hidric sever.

Relieful de terasă, expozițiile sudice și diversitatea solurilor (cernoziomuri, soluri argiloiluviale și loessoide) contribuie la un terroir favorabil vinurilor roșii cu structură, intensitate colorantă și expresivitate aromatică specifice soiului..

Reactivii

Pentru determinările analitice s-au folosit: soluție DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), reactiv Folin-Ciocalteu, soluție Na_2CO_3 20% (m/v), soluție NaNO_2 5% (m/v), soluție AlCl_3 10% (m/v), soluție NaOH 1 M, soluții tampon KCl 0,025 M (pH=1) și CH_3COONa 0,4 M (pH=4), precum și metanol de puritate HPLC (Sigma-Aldrich, Steinheim, Germania).

6.3.2. Realizarea etapei de macerare în condiții prestabilite

Pregătirea strugurilor și obținerea mustuielii

Strugurii destinați experimentului au fost recoltați manual, cu atenție, și transportați în laborator în pungi de plastic, utilizând genți frigorifice pentru a preveni încălzirea sau zdrobirea accidentală a boabelor.

În laborator, pregătirea probelor a început prin separarea boabelor de ciorchini. Boabele intacte au fost ulterior inspectate vizual și selecționate, fiind eliminate cele deteriorate sau afectate biologic (zdrobite, mucegăite, fermentate). În cazul recoltării în condiții de umiditate ridicată, boabele au fost zvântate cu hârtie de filtru și uscate ușor, la temperatura camerei.

După selecție, boabele sănătoase au fost cântărite și zdrobite manual, evitându-se ruperea semințelor. Mustul a fost separat prin scurgere liberă, constituind fracția lichidă utilizată în determinările inițiale. Mustuiala, reprezentând amestecul dintre partea lichidă și fază solidă (piele, pulpă, semințe), a fost ulterior supusă mai multor variante experimentale de macerare, detaliate în subsecțiunile următoare.

Realizarea variantelor experimentale de macerare

Pentru evaluarea impactului diferitelor tehnici asupra extracției compușilor din mustuială, au fost aplicate mai multe variante experimentale, utilizând probe de câte 100 g de mustuială pentru fiecare tratament, prezentate succint în cele ce urmează.

Macerarea la temperatură scăzută (V_1) a fost realizată prin menținerea probelor la 4°C, pe durate de 2, 4 și 6 zile.

Macerarea convențională (V_2), utilizată ca tratament de referință, s-a realizat la temperatura de 25°C, pentru perioade de 2 și 4 zile.

În cazul **macerării la temperatură crescută (termomacerării) (V_3)**, probele au fost supuse unui tratament termic prin încălzire la 70°C, timp de 30 de minute, utilizând un dispozitiv cu control digital al temperaturii (Stuart, United Kingdom). După aplicarea tratamentului termic, o probă a fost separată pentru a permite evaluarea efectului exclusiv al încălzirii (V_3') la momentul t_0 , în timp ce proba principală a fost ulterior macerată în condiții convenționale, similare variantei V_2 , pe durate de 2, 4 și 6 zile.

Pentru testarea **macerării asistate de ultrasunete (V_4)**, probele au fost tratate cu ultrasunete la frecvența de 40 kHz, timp de 30 de minute, utilizând o baie de ultrasunete (Smart Sonic, MRC LTD, Israel). Efectul temperaturii în timpul aplicării acestui procedeu a fost evaluat prin realizarea a trei variante distincte: tratament la 5–10°C (V_{41}), la 30°C (V_{42}), respectiv la 60–65°C (V_{43}).

6.3.3. Monitorizarea gradului de extracție a compușilor polifenolici

Compoziția fenolică are un rol esențial în definirea calității vinurilor roșii, influențând culoarea, structura, astringența și potențialul de învechire. Acești compuși, localizați predominant în pielețele și semințele strugurilor, sunt extrași în principal în timpul macerării, etapă crucială a procesului de vinificație.

Eficiența extracției este determinată de factori precum durata și temperatura macerării, tehnologia utilizată (ex. tratamente termice, enzime, ultrasunete), dar și caracteristicile soiului și ale materiei prime. Astfel, monitorizarea compușilor fenolici în funcție de condițiile aplicate permite evaluarea impactului tehnologic asupra compoziției și stabilității polifenolilor extrași.

În cadrul acestui studiu, gradul de extracție a fost evaluat prin determinarea conținutului de polifenoli totali, flavonoide totale și antociani monomerici. Aceste analize au oferit o imagine integrată a modului în care fiecare variantă de macerare influențează profilul fenolic și potențialul calitativ al produsului final.).

Conținutul de antociani monomerici a fost determinat conform metodei AOAC (2005.02), pe baza diferenței de absorbție la pH 1 și pH 4,5, măsurată la 520 și 700 nm. Rezultatele au fost exprimate în mg echivalenți cianidin-3-glucozid/L.

Pentru evaluarea flavonoidelor totale s-a aplicat metoda colorimetrică bazată pe reacția cu $AlCl_3$, adaptată după [Bajčan et al. \(2017\)](#), măsurând absorbția la 510 nm și exprimând rezultatele în mg echivalenți catechină/L, utilizând o curbă de calibrare standard.

Conținutul total de polifenoli a fost analizat prin metoda Folin-Ciocalteu (OIV-MA-AS2-10), considerată standard în analiza compușilor fenolici vegetali. Absorbanța a fost citită la 765 nm, iar rezultatele au fost exprimate în mg echivalenți acid galic/L, pe baza unei curbe de calibrare specifice.

6.3.4. Evaluarea activității antioxidante – parte a potențialului biologic activ al mustului de struguri

Activitatea antioxidantă a mustului a fost evaluată prin metoda DPPH-RSA, care se bazează pe capacitatea compușilor antioxidanți de a reduce radicalul stabil DPPH, determinând o scădere a absorbției la 515 nm. Gradul de inhibiție al radicalului DPPH, exprimat procentual, reflectă eficiența mustului în neutralizarea radicalilor liberi. Această activitate a fost analizată în relație cu conținutul total de compuși fenolici, în special antociani și flavonoide totale, responsabili pentru potențialul antioxidant al produsului.

Această activitate antioxidantă are implicații tehnologice (asigurarea stabilității vinului în timp) și sanogene (posibile beneficii pentru sănătate), fiind un indicator util pentru aprecierea calității și valorii funcționale a vinului.

6.3.5. Determinarea indicilor cromatici

Profilul cromatic al vinurilor roșii este un indicator esențial al calității percepute, fiind influențat de compoziția fenolică, gradul de maturare al strugurilor și tehnologia de vinificare, în special macerarea. Evaluarea indicilor cromatici oferă date relevante privind intensitatea, stabilitatea și distribuția componentelor de culoare (galbenă, roșie și violetă), reflectând natura pigmentilor extrași și potențialul evolutiv al vinului.

Determinările au fost realizate conform metodei propuse de [Delsart et al. \(2012\)](#), prin măsurarea absorbanței la 420 nm (componenta galbenă), 520 nm (componenta roșie), 620 nm (componenta violetă), și suplimentar la 280 nm pentru estimarea globală a conținutului de polifenoli. Pe baza acestor valori, au fost calculați parametrii principali: intensitatea colorantă, tenta culorii și procentul fiecărei componente cromatice, oferind o imagine completă asupra impactului tratamentelor de macerare asupra profilului vizual și fenolic al produsului.

6.4. Rezultate și discuții

6.4.1. Caracterizarea fitochimică a musturilor provenite din macerarea mustuielii prin diverse tehnici la soiul Fetească Neagră

Valorile parametrilor polifenolici analizați, respectiv conținutul total de polifenoli, flavonoide și antociani monomerici, sunt prezentate în Tabelul 6.1 pentru variantele experimentale V₁ (macerare la rece), V₂ (macerare convențională) și V₃ (termomacerare), iar în Tabelul 6.2 pentru variantele V₄₁, V₄₂ și V₄₃ (macerări asistate de ultrasunete la diferite temperaturi). Aceste date oferă o bază comparativă relevantă pentru evaluarea influenței fiecărei tehnici asupra extracției compușilor fenolici majori din soiul Fetească Neagră.

Tabelul 6.1. - Valorile parametrilor polifenolici și a activității antioxidante pentru probele V₁, V₂ și V₃

Probă	Polifenoli totali, mg EAG/L	Flavonoide, mg EC/L	Antociani, mg C3G/L	Inhibiție, %
Valori obținute după 2 zile de macerare				
V ₁	468,5±0,87 ^c	130,4±0,73 ^c	293,3±0,10 ^c	78,70±0,36 ^b
V ₂	682,2±2,54 ^b	190,4±0,12 ^b	623,0±0,35 ^b	82,47±0,90 ^{ab}
V ₃	809,6±1,58 ^a	224,2±0,02 ^a	760,3±0,31 ^a	84,62±1,56 ^a
V _{3'}	482,4±0,58 ^c	102,5±0,42 ^d	324,1±0,50 ^c	81,46±2,53 ^{ab}
Valori obținute după 4 zile de macerare				
V ₁	502,4±0,83 ^c	132,4±0,15 ^c	561,5±0,16 ^b	86,68±0,03 ^a
V ₂	685,1±1,54 ^b	169,6±0,32 ^b	344,2±0,11 ^c	83,61±0,89 ^b
V ₃	742,8±1,46 ^a	200,5±0,02 ^a	665,1±0,33 ^a	85,95±0,82 ^a
Valori obținute după 6 zile de macerare				
V ₁	491,5±1,12 ^b	124,5±0,44 ^b	321,0±0,25 ^b	81,01±0,04 ^b
V ₃	673,4±0,46 ^a	164,8±0,42 ^a	558,7±0,24 ^a	86,21±0,71 ^a

Mediile de pe aceeași coloană care nu împărtășesc o literă mică sunt semnificativ diferite la p<0,05

Caracterizarea compozițională a fracțiunilor fenolice și evaluarea activității antiradicalice – indicator al potențialului biologic activ

→ Macerarea la temperatură joasă (*cold maceration*) (V₁ 4°C)

Macerarea la rece a mustuielii din Fetească Neagră a evidențiat o extracție lentă, dar selectivă a compușilor fenolici. Polifenolii totali au crescut ușor până în ziua a patra, apoi au scăzut ușor, indicând atingerea unui echilibru extractiv. Flavonoidele au arătat o evoluție similară, cu stagnare și scădere ușoară, datorată probabil solubilității lor reduse în mediu apos. În schimb, antocianii monomerici au cunoscut o creștere semnificativă până în ziua a patra, urmată de o scădere accentuată în ziua a șasea, explicată prin procese de adsorbție, copigmentare sau posibile reacții de polimerizare.

Eficiența ridicată de extracție a antocianilor în primele zile este asociată stabilității acestora la temperaturi scăzute, în timp ce regresul ulterior subliniază necesitatea optimizării duratei tratamentului pentru a evita pierderile. Comportamentul observat este confirmat de literatura de specialitate pentru mai multe soiuri roșii, consolidând ipoteza că majoritatea compușilor fenolici sunt extrași în primele zile, în special din pielețe. De exemplu, studiul realizat de [Gómez-Míguez et al. \(2007\)](#) pe soiul Syrah a arătat o extracție progresivă a antocianilor urmată de o scădere, în condiții de macerare la 15°C timp de 7 zile. La rândul lor, [Frangipane și De Santis \(2010\)](#) au subliniat extracția mai rapidă a antocianilor față de alți polifenoli în medii reci, datorată stabilității termice superioare a acestor pigmenți. De asemenea, [Panprivech et al. \(2015\)](#) au semnalat un maxim de extracție urmat de scădere, asociat în special cu procese de adsorbție și nu cu degradare prin polimerizare, aspect susținut și de [Sacchi et al. \(2005\)](#) și [Romero-Cascales et al. \(2005\)](#). Nu în ultimul rând, [Aleixandre-Tudo și Du Toit \(2018\)](#) au indicat că cea mai mare parte a compușilor fenolici difuzează în must în primele zile de macerare, cu excepția taninurilor din semințe, ceea ce susține eficiența precoce a macerării la rece în extracția antocianilor.

Astfel, macerarea la rece poate oferi un avantaj în obținerea unei intensități colorante ridicate, în funcție de soiul supus operației, cu condiția unui control strict asupra duratei de extracție. Totuși, în cazul soiului Fetească Neagră, datele obținute în studiul de față nu confirmă această ipoteză în mod deplin, indicând faptul că atingerea unui potențial cromatic optim ar putea necesita includerea altor etape tehnologice, precum fermentația alcoolică, pentru a asigura extracția și stabilizarea completă a pigmentilor antocianici și observarea stabilității compușilor extrași pe o perioadă mai lungă de timp.

→ Macerarea convențională (*stricto sensu*) (V₂ 25°C)

Macerarea convențională aplicată mustuielii de Fetească Neagră la 25°C a condus la o extracție eficientă a polifenolilor în primele zile, cu o concentrație inițială ridicată (682,2 mg AG/L), care s-a menținut relativ constant până în ziua a patra. Flavonoidele și antocianii, însă, au prezentat o scădere semnificativă în acest interval, indicând o instabilitate crescută în condiții termice moderate. Diminuarea antocianilor este explicată prin procese de oxidare, activitate enzimatică, reacții de copigmentare și fenomene de readsorbție, în special în absența etanolului și a dioxidului de sulf. În timp ce degradarea antocianilor a fost accentuată, polifenolii totali au continuat să crească ușor, posibil datorită extracției progresive a proantocianidinelor din semințe. Aceste constatări, susținute de literatura de specialitate ([Aleixandre-Tudo & du Toit, 2018](#); [Garrido & Borges, 2013](#); [Sacchi et al., 2005](#)), evidențiază faptul că eficiența inițială a metodei convenționale este contrabalansată de instabilitatea fracțiunii antocianice, subliniind importanța monitorizării duratei procesului în raport cu obiectivele oenologice.

→ **Macerarea la temperatură ridicată (Termomacerația) (V_3 70°C)**

Termomacerația aplicată mustuielii de Fetească Neagră a demonstrat o capacitate superioară de extracție rapidă a compușilor fenolici, cu valori ridicate încă din momentul t_0 (ex. 482,4 mg EAG/L polifenoli și 324,1 mg C3G/L antociani), comparabile cu cele obținute prin alte metode după câteva zile de macerare. Tratatul termic a facilitat eliberarea fenolicilor din vacuolele celulelor epidermice și a inactivat enzimele și microorganismele epifite, prevenind reacții nedorite.

După două zile, s-au înregistrat maxime pentru polifenoli (809,6 mg EAG/L), flavonoide (224,2 mg EC/L) și antociani (760,3 mg C3G/L), urmate de scăderi semnificative până la finalul celei de-a șasea zile, reflectând degradarea termică, posibile reacții de polimerizare și fenomene de adsorbție. Activitatea antiradicalică a fost de asemenea maximă în faza incipientă (84,62%), în corelație cu conținutul fenolic, dar a prezentat o tendință descrescătoare ulterior.

Studiile confirmă acest comportament, atribuind scăderile fenolice proceselor de adsorbție (Sacchi et al., 2005; Watrelot et al., 2013), instabilității compușilor în absența alcoolului (Liu et al., 2021) și unor reacții chimice complexe (Cheynier et al., 2010; Garrido & Borges, 2013). Deși percepută uneori negativ de practicieni, literatura arată eficiența termomacerației în îmbunătățirea intensității colorante, extracției de taninuri și a expresivității aromatice (Berger & Cottureau, 2000; Baiano et al., 2016; Ghanem et al., 2014).

În concluzie, termomacerația prezintă avantaje notabile în ceea ce privește extracția rapidă și eficientă a compușilor bioactivi, dar implică riscuri de degradare dacă nu este atent gestionată. Eficiența sa, în termeni de activitate antioxidantă, depinde de un echilibru optim între regimul termic și durata tratamentului.

→ **Macerarea asistată de ultrasunete (40 kHz, 30' - V_{41} 5-10°C; V_{42} 30°C; V_{43} 60-65°C)**

Rezultatele obținute în urma aplicării tratamentului de macerare asistată de ultrasunete asupra mustuielii provenite din soiul Fetească Neagră, în condiții termice diferențiate, sunt prezentate în Tabelul 6.2 pentru variantele experimentale V_{41} (5–10°C), V_{42} (30°C) și V_{43} (60–65°C). Aceste variante au urmărit investigarea influenței regimului termic asupra profilului fitochimic al mustului, în contextul utilizării unei metode moderne de extracție – cavitația generată de ultrasunete – care a presupus o durată redusă de tratament (30 de minute) și o frecvență constantă de 40 kHz.

Tabelul 6.2 – Influența regimului termic aplicat în timpul macerării asistate de ultrasunete asupra conținutului unor compuși polifenolici și a activității antiradicalice în probele de mustuală din soiul Fetească Neagră (V_{41} – 5-10°C; V_{42} – 30°C; V_{43} – 60-65°C)

Probă	Polifenoli totali, mg EAG/L	Flavonoide, mg EC/L	Antociani, mg C3G/L	Inhibiție, %
V_{41}	419,7±0,29 ^c	142,6±0,76 ^c	93,0±0,54 ^c	66,82±0,31 ^c
V_{42}	676,3±0,79 ^b	200,7±0,17 ^b	600,1±0,08 ^b	85,35±0,36 ^b
V_{43}	1056,5±0,46 ^a	306,5±0,07 ^a	985,8±0,10 ^a	83,60±0,75 ^a

Mediile de pe aceeași coloană care nu împărtășesc o literă mică sunt semnificativ diferite la $p < 0,05$

Prin natura sa, această metodă permite o destructurare eficientă a pereților celulari din pielele boabelor de struguri, facilitând eliberarea compușilor fenolici, în special a antocianilor, localizați preponderent în vacuolele celulelor epidermice (Garrido & Borges, 2013; Lapuente et

al., 2021). În literatura de specialitate, se sugerează că efectul ultrasunetelor poate fi amplificat atunci când acestea sunt asociate cu un aport termic moderat, conducând la o posibilă sinergie între acțiunea mecanică (cavitațională) și cea termică, însă validarea acestei ipoteze necesită o analiză atentă a rezultatelor experimentale (Ghafoor et al., 2009; Morata et al., 2021).

Macerarea asistată de ultrasunete aplicată mustuielii de Fetească Neagră, timp de 30 de minute la 40 kHz, a evidențiat o eficiență remarcabilă în extracția compușilor fenolici, cu variații semnificative în funcție de regimul termic aplicat. Creșterea temperaturii a potențat semnificativ efectul cavitației, ducând la o extracție progresiv mai eficientă: de la valori scăzute la 5–10°C (V_{41}), până la maxime absolute la 60–65°C (V_{43}), unde conținutul de polifenoli (1056,5 mg EAG/L), flavonoide (306,5 mg EC/L) și antociani (985,8 mg C3G/L) au depășit semnificativ valorile obținute prin metodele convenționale.

Varianta V_{42} (30°C) a oferit un echilibru optim între extracția eficientă și conservarea compușilor bioactivi, atingând o activitate antiradicalică (85,35%) comparabilă cu metodele clasice în doar 30 de minute. Eficiența crescută este atribuită fenomenului de cavitație, care favorizează destructurarea peretelui celular și eliberarea rapidă a compușilor vacuolari, în special antociani. Comparativ cu termomacerația sau macerarea convențională, aplicarea ultrasunetelor permite scurtarea duratei tehnologice, menținând totodată un profil fitochimic bogat, ceea ce oferă avantaje tehnologice, senzoriale și economice relevante.

6.4.2. Analiza cromatică a musturilor

Evoluția indicilor cromatici în musturile din Fetească Neagră a reflectat eficiența extracției și stabilitatea pigmentilor în funcție de varianta de macerare aplicată. Au fost analizați parametri precum intensitatea colorantă, tenta culorii și proporția componentelor galben, roșu și violet, corelați cu compoziția fenolică și procesele fizico-chimice din mustuală. De asemenea, s-a avut în vedere indicele polifenolic total (IPT), determinat prin absorbția la 280 nm, ca indicator global al conținutului fenolic și al potențialului colorant și antioxidant. Compararea acestor parametri între variantele clasice (V_1 – V_3) și cele asistate de ultrasunete (V_{41} – V_{43}) permite o evaluare integrativă a eficienței tehnologice în etapa pre-fermentativă.

❖ Evaluarea indicilor cromatici în funcție de variantele tehnologice aplicate

Evoluția intensității colorante (IC) și a tentei culorii în musturile din Fetească Neagră a variat în funcție de regimul de macerare (Figurile 6.1a și 6.1b). În varianta V_1 (macerare la rece), s-a observat o extracție lentă, dar progresivă, cu creșteri ușoare ale IC și ale antocianilor. În varianta V_2 (macerare convențională), IC și tenta au scăzut semnificativ, indicând instabilitatea pigmentilor în absența alcoolului. Varianta V_3 (termomacerație) a avut valori inițiale ridicate ale IC, dar cu o ușoară scădere ulterioară, menținând o intensitate cromatică superioară celorlalte două variante.

Pentru variantele asistate de ultrasunete (V_{41} – V_{43}) – Figurile 6.2 a) și b) –, IC a crescut odată cu temperatura, de la 6,31 (V_{41} , 5–10°C) la 11,35 (V_{43} , 60–65°C). Tenta culorii a arătat o dominanță a componentelor roșii și violet în special la temperaturi moderate și ridicate. Indicele polifenolic total (IPT) a avut un maxim în V_{42} (30°C), scăzând în V_{43} , posibil din cauza degradării termice. În ansamblu, macerarea asistată de ultrasunete, în special la 30°C, a oferit extracție eficientă și stabilitate cromatică superioară, într-un timp scurt.

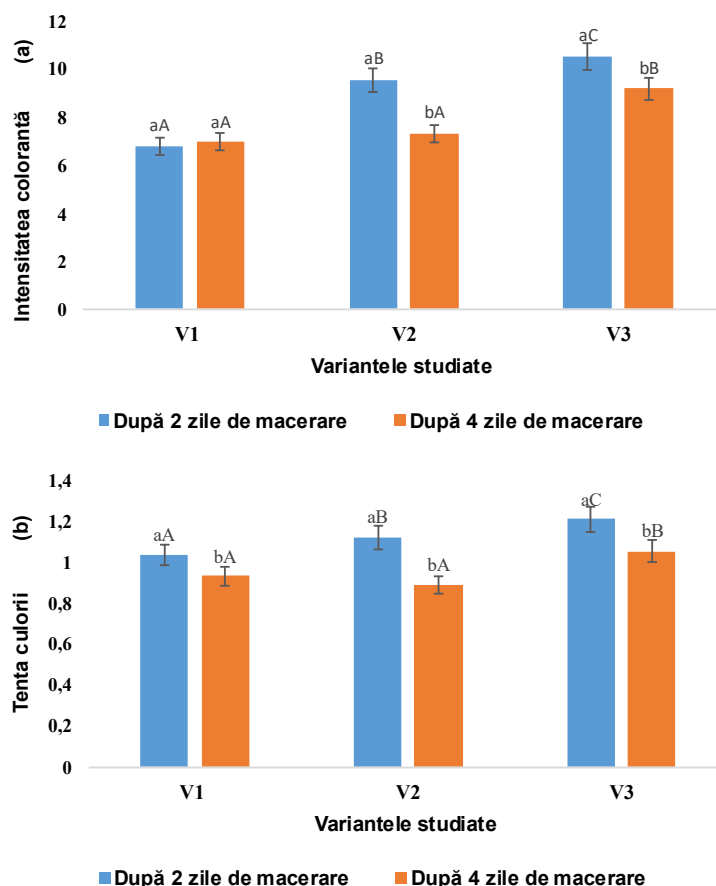


Figura 6.1 - Valorile intensității colorante (a) și ale tentei culorii (b) pentru variantele experimentale V₁, V₂ și V₃. Literele mici diferite indică diferențe semnificative între valorile medii obținute pentru aceeași variantă tehnologică la momente de analiză diferite, în timp ce literele mari diferite semnalează diferențe semnificative între variante tehnologice distincte, evaluate în același moment ($p < 0,05$).

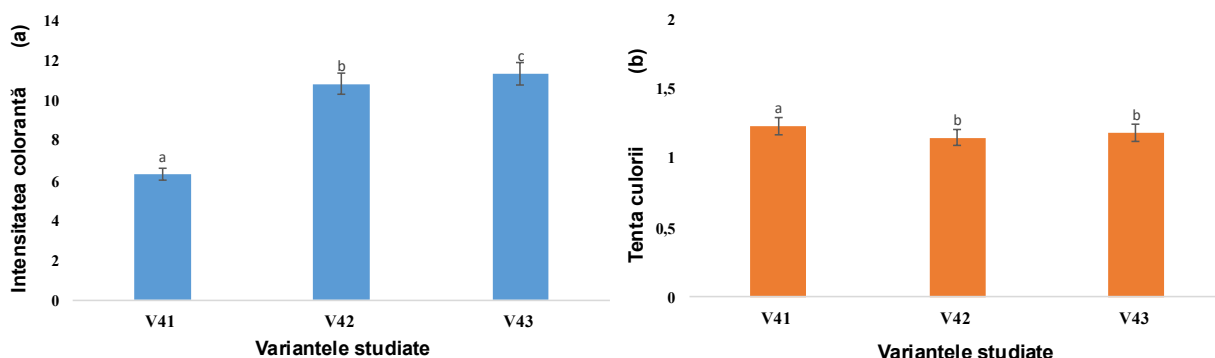


Figura 6.2 - Valorile intensității colorante (a) și ale tentei culorii (b) pentru variantele experimentale supuse macerării asistate de ultrasunete – V₄₁, V₄₂ și V₄₃. Literele diferite indică existența unor diferențe semnificative statistic între valorile medii ale probelor obținute prin aceeași procedură tehnologică, dar la temperaturi diferite de procesare ($p < 0,05$).

❖ Evaluarea comparativă a distribuției procentuale a culorilor galben, roșu și violet

Distribuția procentuală a componentelor cromatice (galben, roșu, violet) variază în funcție de regimul termic și durata tratamentului aplicat, oferind indicii privind eficiența extracției pigmentilor în etapa prefermentativă (Fig. 6.3 a–d).

Culoarea roșie s-a manifestat preponderent în musturile obținute prin macerare la rece și convențională de durată (V_1 , V_2 – 4 zile), evidențiind o extracție lentă, dar eficientă a antocianilor sub formă de cation flavinic. În schimb, variantele asistate de ultrasunete (V_{41} – V_{43}), deși caracterizate printr-o extracție rapidă, au înregistrat valori procentuale mai reduse pentru această componentă, în special datorită aportului suplimentar obținut pe alte componente de culoare.

Componenta galbenă a prezentat o scădere relativă treptată în timpul macerării convenționale, în principal ca urmare a creșterii aportului de pigmenți de culoare roșie. În variantele cu ultrasunete, scăderea procentuală a galbenului s-a produs odată cu creșterea temperaturii, dar și în acest caz rezultatele nu reflectă neapărat o pierdere de flavone, ci mai degrabă o creștere relativă a pigmentilor roșii și violet.

Culoarea violet a atins cele mai ridicate valori în varianta V_{43} (ultrasunete la 60–65°C), depășind chiar și variantele termomaceratei clasice. Această eficiență este atribuită efectului sinergic dintre cavitație și tratamentul termic, care favorizează extracția bazelor chinoidale responsabile de nuanțele violet.

Per ansamblu, Fig. 6.3 confirmă că tratamentele convenționale susțin acumularea progresivă a pigmentilor roșii, în timp ce ultrasunetele aplicate la temperaturi ridicate favorizează extragerea pigmentilor roșii și violet într-o proporție semnificativ mai mare. Aceste diferențe oferă posibilitatea ajustării profilului cromatic în funcție de obiectivele enologice și de particularitățile soiului.

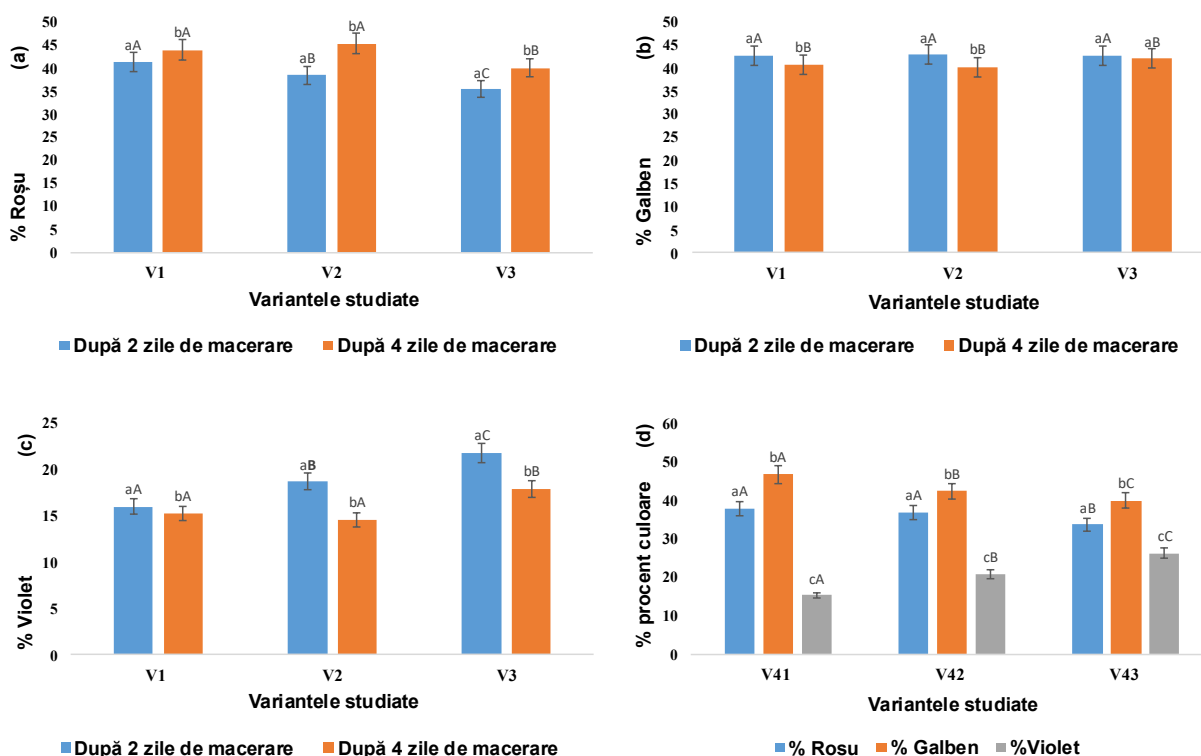


Figura 6.3 - Distribuția procentuală a componentelor cromatice roșu, galben și violet în funcție de variantele tehnologice studiate și durata macerării prefermentative. Literele mici indică diferențe semnificative între valorile medii corespunzătoare probelor obținute prin aceeași procedură la momente diferite, în timp ce literele mari diferite indică diferențe între valorile probelor obținute prin aceleași proceduri, la același moment de analiză ($p < 0.05$).

6.5. Concluzii parțiale

Analiza comparativă a variantelor experimentale – macerare convențională (V_1 , V_2 , V_3) și macerare asistată de ultrasunete (V_{41} , V_{42} , V_{43}) – a evidențiat impactul semnificativ al regimului termic, duratei tratamentului și tehnologiei aplicate asupra compoziției fitochimice, profilului cromatic și potențialului antioxidant al musturilor de Fetească Neagră.

Macerarea convențională a evidențiat diferențe clare în funcție de regimul termic: varianta la 4°C (V_1) a asigurat o extracție lentă, dar o bună stabilitate cromatică, în timp ce varianta la 25°C (V_2) a oferit o extracție inițial eficientă, dar cu pierderi ulterioare semnificative din cauza instabilității pigmentilor. Termomacerarea (V_3) a generat un randament ridicat și o intensitate colorantă mare pe termen scurt, dar cu riscul degradării termice a compușilor sensibili.

Tratamentul cu ultrasunete a demonstrat eficiență sporită în extragerea pigmentilor violeti, în special în variantele la temperaturi moderate (V_{42}) și ridicate (V_{43}). V_{42} a oferit un echilibru optim între extracție și stabilitate, în timp ce V_{43} a produs cele mai intense culori, dar cu potențial risc de degradare. Variantele la temperatură joasă (V_{41}) s-au dovedit mai puțin eficiente decât celelalte două variante.

Analizele cromatice și valorile IPT au confirmat superioritatea variantelor V_{42} și V_{43} în ceea ce privește extracția pigmentilor și potențialul antioxidant. Cu toate acestea, avantajele obținute în etapa prefermentativă trebuie validate în etapele ulterioare ale vinificării, pentru a asigura stabilitatea și expresia finală a compușilor fenolici în vinul matur.

Interpretarea integrată a datelor experimentale a permis formularea unor recomandări preliminare privind optimizarea tehnologică a proceselor de extracție și stabilizare a compușilor fenolici, în acord cu specificul soiului și obiectivele enologice moderne. Aceste direcții vor fi dezvoltate ulterior în Capitolul 8 – Contribuții originale și perspective de continuare a studiilor.

CAPITOLUL 7. CONCLUZII FINALE

Lucrarea de față a abordat, într-o manieră integrativă și aplicativă, procesul de macerare ca etapă strategică în vinificația vinurilor rosé și roșii din soiul Fetească Neagră, considerat cel mai reprezentativ soi autohton al României. Printr-o structură care a combinat analiza documentară riguroasă cu experimente aplicative desfășurate pe durata a trei ani consecutivi, studiul a vizat clarificarea mecanismelor prin care macerarea poate influența compoziția fenolică și, implicit, calitatea și stilul vinului. Cele trei direcții majore abordate – evaluarea maturării fenolice, optimizarea tehnologică a vinurilor rosé și experimentarea variantelor de macerare pentru vinurile roșii – au permis formularea unor concluzii consistente și relevante atât științific, cât și practic.

Metodologia a inclus evaluarea maturității fenolice și tehnologice a strugurilor, aplicarea controlată a mai multor variante de macerare (convențională, prefermentativă la rece, termică, asistată de ultrasunete), precum și analizarea diferențiată a vinurilor rosé obținute prin tehnica Saignée de cele obținute prin presare directă. Determinările au inclus indicatori chimici (polifenoli, antociani, flavonoide), cromatici (spectrofotometrici și CIELab), senzoriali și funcționali (capacitate antioxidantă), în vederea corelării factorilor tehnologici cu profilul compozițional și senzorial al vinurilor.

- Soiul Fetească Neagră, cultivat în arealul viti-vinicol Terasale Dunării, a prezentat o variabilitate anuală considerabilă, atât în ceea ce privește maturitatea fenolică, cât și pe plan tehnologic, confirmând necesitatea unei monitorizări anuale riguroase și constante pentru alegerea momentului optim de recoltare și calibrarea corespunzătoare a procesului de vinificație.
- Studiul evoluției maturității tehnologice a strugurilor de Fetească Neagră a arătat o variabilitate importantă între anii de recoltă, reflectată prin diferențele în masa a 100 de boabe, conținutul de zaharuri, aciditatea totală și valoarea indicelui gluco-acidimetric. În special, masa boabelor s-a dovedit un bun indicator al acumulării de apă și substanță uscată și al ritmului de dezvoltare, iar analiza coroborată a parametrilor principali a permis identificarea momentului de echilibru optim între zaharuri și aciditate. În funcție de specificul climatic al fiecărui an, acest moment a variat semnificativ, sugerând o fereastră de recoltare variabilă ca număr de zile, care trebuie adaptată nu doar în funcție de parametrii tehnologici, ci și de obiectivul urmărit.
- Caracterizarea compoziției fenolice a strugurilor și a musturilor (în special în ceea ce privește conținutul de antociani și polifenoli totali) a evidențiat diferențe notabile între anii de recoltă, sugerând că potențialul de extracție fenolică este strâns legat de condițiile agroclimatice și de nivelul de maturare atins de struguri la momentul recoltării. Aceste variații confirmă faptul că expresia fenolică a soiului Fetească Neagră este sensibilă la contextul climatic anual și că strategiile de vinificare trebuie adaptate în consecință. Totodată, din analiza conținutului în antociani și polifenoli totali (IPT) pe parcursul celor trei ani de studiu a reieșit o variabilitate diferențiată între cei doi indicatori fenolici. În timp ce nivelurile de polifenoli totali au prezentat o evoluție relativ constantă, antocianii au manifestat o sensibilitate mai accentuată la condițiile climatice ale anului de recoltă, în special la temperaturile ridicate din perioada de maturare. Această diferență de comportament evidențiază faptul că maturitatea fenolică nu este un parametru unitar, ci

un ansamblu de componente cu dinamici distincte, care trebuie monitorizate separat în vederea unei decizii optime privind momentul recoltării și strategia de macerare.

- Aplicarea tehnicii saignée pentru vinurile rosé a demonstrat că, în ciuda originii sale ca subprodus al vinurilor roșii, aceasta poate constitui o opțiune validă pentru obținerea unor vinuri cu expresie cromatică intensă și structură echilibrată, atunci când este aplicată controlat și corelată cu specificul materiei prime.
- Compararea variantelor de macerare convențională, la rece, termică și asistată de ultrasunete a evidențiat diferențe semnificative în ceea ce privește conținutul de antociani monomerici, polifenoli și capacitatea antioxidantă a musturilor.
- Macerarea prefermentativă la rece (engl. *cold maceration*) a condus la o extracție lentă și selectivă a flavonoidelor solubile (în special flavone) și a unei fracțiuni de antociani liberi, rezultând o activitate antioxidantă ridicată în faza de must. Din punct de vedere cromatic, probele au prezentat culori deschise, cu tentă roșu-violet, dar cu intensitate redusă. Comparativ cu celelalte variante testate, această tehnică a condus la niveluri mai scăzute ale polifenolilor totali și ale parametrilor de culoare, sugerând un potențial limitat de expresie fenolică și o stabilitate cromatică mai redusă. Prin urmare, pentru soiul Fetească Neagră, metoda este adecvată pentru obținerea unor vinuri cu profil proaspăt, destinate consumului timpuriu, sau în completarea macerării realizate simultan cu fermentarea, dar mai puțin potrivită pentru stiluri concentrate sau cu potențial de maturare. Aceste rezultate par a fi în concordanță cu literatura de specialitate, care subliniază faptul că pigmenții extrași în astfel de condiții, în absența unui aport de taninuri adecvat, rămân instabili.
- Macerarea la temperaturi ridicate (termomacerația) a favorizat o extracție intensă și rapidă a compușilor fenolici, în special a antocianilor și taninurilor, generând musturi cu conținuturi ridicate în polifenoli și o activitate antioxidantă accentuată în primele faze ale macerării. Totodată, această tehnică a condus la o intensitate colorantă superioară celorlalte variante testate, dar necesită o gestionare atentă a parametrilor termici pentru a evita degradarea pigmenților sensibili și afectarea profilului aromatic. Analizele cromatice au evidențiat o dominanță a nuanțelor roșu-închis. Din perspectivă tehnologică, termomacerația reprezintă o opțiune eficientă din punct de vedere al costurilor și al timpului de extracție, mai ales comparativ cu tehnicile ce implică răcire sau echipamente specializate. Cu toate acestea, intensitatea procesului generează inevitabil transformări semnificative în plan structural și senzorial, care trebuie corelate cu stilul de vin dorit. Literatura de specialitate confirmă că temperaturile ridicate pot accelera reacțiile de oxidare și conversie a antocianilor, influențând negativ stabilitatea cromatică pe termen lung.
- Tehnica de macerare asistată de ultrasunete a condus la o extracție accelerată și eficientă, indicând un potențial promițător pentru vinificarea modernă a soiurilor de struguri negri. Metoda a permis obținerea unor niveluri ridicate de polifenoli totali și antociani într-un interval de timp redus, însă aplicabilitatea sa depinde de disponibilitatea infrastructurii tehnice adecvate. Rezultatele susțin integrarea sa în procesele de vinificație orientate spre eficiență extractivă în contextul viitor al vinificației.
- Rezultatele obținute au evidențiat diferențe semnificative în ceea ce privește intensitatea colorantă și capacitatea antioxidantă a musturilor în funcție de varianta tehnologică aplicată, sugerând că alegerea metodei de macerare poate influența profilul fenolic și expresia cromatică a vinului. Această variație susține necesitatea unei selecții tehnologice corelate cu stilul dorit și cu caracteristicile materiei prime.

- Rezultatele obținute susțin ipoteza de lucru conform căreia macerarea reprezintă una dintre etapele esențiale în configurarea profilului fenolic al vinului, oferind o marjă largă de intervenție tehnologică. În funcție de strategia aplicată, aceasta poate influența semnificativ structura, expresia cromatică și stilul senzorial final al vinurilor rosé și roșii.
- Lucrarea aduce o contribuție originală în ceea ce privește corelarea factorilor tehnologici de macerare cu expresia fenolică și caracteristicile de soi ale vinurilor din Fetească Neagră și oferă premise pentru elaborarea unor protocoale adaptate condițiilor pedoclimatice ale arealului Terasale Dunării.
- Din perspectiva aplicativă, studiul furnizează date utile pentru vinificatorii interesați de creșterea calității și consistenței stilistice a vinurilor roșii și rosé obținute din soiuri autohtone, în condițiile unei viticulturi sustenabile și orientate spre identitate regională.

Toate aceste rezultate sprijină ideea unei vinificații de precizie, fundamentate științific, în care deciziile legate de macerare nu trebuie privite ca simple opțiuni tehnologice, ci ca veritabile pârghii de configurare a stilului și identității vinului. Prin abordarea integrată a relației dintre compoziția fenolică, condițiile aplicate în timpul macerării și expresia finală a vinului, lucrarea oferă un cadru practic și conceptual pentru adaptarea procesului de vinificație la specificul soiurilor autohtone. În mod particular, pentru Feteasca Neagră – considerat un soi-fanion al României – studiul demonstrează că un control atent al macerării poate duce nu doar la creșterea calității vinurilor, ci și la consolidarea profilului stilistic și a recunoașterii identitare, atât pe plan național, cât și internațional.

CAPITOLUL 8. CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE DE CONTINUARE A STUDIILOR

Teza de doctorat intitulată *Perspective inovative de procesare a strugurilor negri din arealul Terasale Dunării* aduce o contribuție originală substanțială la înțelegerea relației dintre tehnologiile aplicate în faza prefermentativă și expresia fenolică, cromatică și senzorială a vinurilor rezultate. Lucrarea combină o abordare experimentală riguroasă desfășurată pe parcursul a trei ani consecutivi cu o interpretare aplicativă integrată, oferind un model de vinificație adaptată specificului soiului autohton Fetească Neagră în condițiile climatice ale arealului Terasale Dunării.

Contribuții originale ale tezei:

- Caracterizarea integrată a maturității tehnologice și fenolice a strugurilor Fetească Neagră în contextul variabilității climatice multianuale, realizată pentru prima dată în arealul viticol Terasale Dunării, constituie o contribuție originală prin corelarea masei boabelor, zaharurilor, acidității, indicelui gluco-acidimetric și compoziției fenolice, în vederea stabilirii ferestrei optime de recoltare. Lucrarea identifică diferențele dintre anii viticoli în ceea ce privește evoluția acestor parametri, formulând totodată decizii tehnologice strategice privind ajustarea momentului recoltării în funcție de destinația stilistică a vinului (rosé sau roșu). Această abordare multifactorială, aplicată unui soi autohton într-un areal specific, nu a fost anterior documentată în literatura de specialitate și oferă un cadru de referință pentru vinificatori și cercetători.
- Validarea tehnicii saignée ca metodă sustenabilă și eficientă pentru vinificarea rosé, aplicată în premieră în mod documentat pe soiul Fetească Neagră cultivat în arealul Terasale Dunării. Studiul confirmă prin date fizico-chimice, cromatice și senzoriale că vinurile obținute prin această tehnică pot atinge niveluri superioare de expresie fenolică și complexitate aromatică, cu costuri de producție reduse și fără adaosuri enologice majore. În plus, metoda valorifică superior potențialul soiului, susținând diversificarea portofoliului de vinuri autohtone de calitate și deschizând direcții pentru explorări ulterioare în vinificația modernă rosé.
- Aplicarea comparativă a mai multor tehnici de macerare (convențională, prefermentativă la rece, termică și asistată de ultrasunete) asupra soiului Fetească Neagră, cu scopul de a evidenția mecanismele de extracție, avantajele și limitele fiecărei metode și posibilitățile de calibrare tehnologică în funcție de stilul de vin dorit. Studiul reprezintă una dintre primele cercetări sistematice desfășurate pe acest soi în România care include tehnici moderne precum ultrasunetele și le aplică într-un context comparativ riguros, oferind date experimentale utile și replicabile.
- Evidențierea potențialului tehnologiei cu ultrasunete în vinificarea soiului Fetească Neagră, aplicată experimental și în mod inovator în context românesc. Lucrarea demonstrează capacitatea acestei tehnologii de a accelera procesul extractiv al compușilor fenolici (în special antociani și flavonoide) într-un interval de timp redus, menținând totodată o bună capacitate antioxidantă a musturilor. Această direcție de cercetare este rar explorată la nivel național și oferă premise solide pentru elaborarea

unor protocoale tehnologice aplicabile în vinificația industrială ce vor fi cu siguranță utile chiar din viitorul apropiat.

- Corelarea detaliată a compoziției fenolice cu parametrii cromatici (atât spectrofotometrici, cât și CIELab) și cu capacitatea antioxidantă, oferind o imagine complexă și integrativă a modului în care tehnologia influențează caracteristicile vizuale și funcționale ale vinului. Aplicarea sistematică a metodei CIELab – încă rar utilizată în cercetarea oenologică românească, cu atât mai puțin în practica oenologică – a permis caracterizarea diferențiată a vinurilor rosé obținute prin presare directă și prin tehnica Saignée, evidențiind trăsături cromatice specifice și dinamica evoluției acestora în timp.
- Integrarea analizei senzoriale avansate în evaluarea comparativă a vinurilor rosé, folosind un panel de degustători specializați și o abordare metodologică în profunzime. Lucrarea reușește să coreleze datele senzoriale cu parametrii chimici și cromatici, conturând un profil senzorial distinct pentru fiecare variantă tehnologică și oferind o validare practică a alegerilor tehnologice propuse.
- Conceperea unei viziuni aplicate asupra vinificației de precizie pentru soiurile autohtone, în care tehnologiile aplicate în faza prefermentativă (în special macerarea) sunt tratate nu ca simple verigi tehnologice, ci ca instrumente de modelare activă a calității, identității și potențialului comercial al vinului. Deși această idee are ecou în literatura internațională, aplicarea ei concretă, argumentată experimental și contextualizată pentru soiul Fetească Neagră, constituie o contribuție valoroasă pentru sectorul românesc de vinificație.

Perspective de continuare a studiilor:

Având în vedere rezultatele obținute în cadrul acestei cercetări, dar și complexitatea și dinamica procesului de vinificație în contextul actual, se conturează mai multe direcții relevante pentru extinderea și aprofundarea cercetării.

Vinificația, domeniu tradițional profund ancorat în identitate, geografie și tradiție, traversează în prezent o perioadă de schimbări rapide, adesea contradictorii. Deși lumea vinului – în special în Europa – rămâne fidelă mai degrabă unui model conservator, în care inovațiile sunt privite cu precauție și adoptate lent, presiunile externe generate de schimbările climatice, evoluția preferințelor consumatorilor, noile reglementări și nevoia de sustenabilitate determină o reevaluare a unor paradigme considerate până nu demult imuabile.

Astfel, în paralel cu păstrarea expresiei terroir-ului și a tipicității de soi, vinificatorii sunt chemați să îmbrățișeze soluții tehnologice moderne, să regândească strategiile de extracție și conservare a compușilor valoroși, să reducă intervențiile ample sau invazive și să optimizeze procesele în funcție de realități climatice și comerciale în continuă transformare. În acest context, studiile aplicative care investighează impactul direct al tehnologiei asupra compoziției fenolice, a expresiei cromatice și a stabilității vinului devin nu doar relevante, ci esențiale.

Cercetarea de față, realizată pe un soi emblematic românesc, în condițiile concrete ale unui areal cu potențial de creștere (sau revenire, conform paradigmei tradiționaliste), se încadrează în acest cadru internațional emergent – oferind un exemplu de adaptare inteligentă și fundamentată științific a vinificației autohtone la exigențele unei piețe și ale unui climat în schimbare. Pe acest fundal, se conturează următoarele perspective de continuare a studiului:

- Inițierea unor studii multianuale (pe perioade lungi de timp) asupra evoluției coacerii în principalele areale viticole ale României, prin monitorizarea concomitentă a maturității tehnologice și fenolice pentru mai multe soiuri autohtone și internaționale. În contextul modificărilor climatice tot mai accentuate din ultimele decenii, astfel de cercetări ar permite actualizarea datelor privind comportamentul soiurilor în noile condiții agroclimatice, redefinirea momentelor optime de recoltare și recalibrarea strategiilor tehnologice. Aceste date ar putea fundamenta o hartă viticolă actualizată a României, cu implicații directe asupra deciziilor de plantare, vinificare și promovare a vinurilor regionale și ar putea ajuta micii producători care nu dispun de mijloace tehnice, financiare și de cercetare suficiente.
- Testarea tehnicii saignée, a macerării la temperatură scăzută și a celei asistate de ultrasunete pe alte soiuri autohtone (Negru de Drăgășani, Băbească Neagră, Novac) și internaționale (Syrah, Cabernet Sauvignon, Pinot Noir), în condițiile pedoclimatice ale României, pentru a fundamenta protocoale adaptate fiecărui soi de struguri.
- Evaluarea efectelor unei scurte maturări în lemn a vinurilor rosé obținute prin tehnica saignée, în vederea obținerii unor vinuri gastronomice complexe, cu potențial mai mare de păstrare – direcție relativ neexplorată, dar cu potențial de nișă pe piața premium.
- Extinderea studiului privind macerarea, cu includerea altor etape (fermentație alcoolică, fermentație malolactică, maturare), pentru a evalua stabilitatea compușilor extrași, păstrarea caracteristicilor cromatice și menținerea capacității antioxidante până în vinul finit. Aceste etape sunt la rândul lor importante pentru validarea efectivă a eficienței tratamentelor aplicate în faza prefermentativă.
- Extinderea cadrului experimental prin includerea și a altor procedee tehnologice alternative de macerare, precum macerația carbonică sau utilizarea cisternelor de tip Ganimede, macerarea sub vid (*flash détente*) sau macerarea în atmosferă de azot.
- Explorarea unor strategii combinate de extracție fenolică, de tip sinergic (ex: macerare la rece + ultrasunete sau adaosuri de enzime/tratament termic moderat), în vederea maximizării eficienței extractive fără compromiterea stabilității fenolice și cromatice.
- Corelarea compoziției fenolice cu profilul senzorial final, prin studii senzoriale extinse și standardizate, pentru a stabili o legătură clară între intervențiile tehnologice și percepția consumatorului – aspect esențial în strategia de poziționare a vinurilor cu identitate regională sau stilistică.
- Integrarea tehnologiei ultrasunetelor în fluxul industrial, prin definirea unor protocoale clare de lucru pentru unități de producție, cu evaluarea beneficiilor economice și calitative, dar și a limitărilor tehnologice și legislative (acolo unde este cazul).
- O direcție relevantă de extindere a cercetării o reprezintă investigarea influenței tipului de material utilizat în etapa de maturare – comparativ între recipiente din inox, lemn (baricuri, butoaie mari, budane) și amfore ceramice obținute pe bază de argilă poroasă sau din beton –, asupra evoluției compoziției fenolice și a profilului senzorial al vinurilor obținute din soiul Fetească Neagră. Astfel de studii ar putea clarifica rolul interacțiunilor dintre suportul de maturare, oxigenul dizolvat și polimerizarea compușilor fenolici în definirea stilului final al vinului.

- Analiza comportamentului vinurilor în condiții variate de păstrare, post-îmbuteliere (lumină, temperatură, ambalaj), în scopul evaluării durabilității compoziției fenolice și a expresiei cromatice și aromatice în întregul ciclu de viață al vinului.

Prin conturarea acestor direcții de cercetare, se deschide un orizont complex de investigații viitoare, care depășește cadrul unei explorări punctuale și permite articularea unui demers științific continuu, adaptat provocărilor actuale și viitoare ale domeniului viti-vinicol. Integrarea progresivă a inovațiilor tehnologice în vinificația soiurilor autohtone, precum și validarea lor prin studii multianuale și multidimensionale, pot contribui semnificativ la dezvoltarea unei vinificații de precizie, sustenabile și profund conectate la identitatea locului.

În această perspectivă, teza de față, ca orice demers de cercetare, nu marchează un punct final, ci constituie un fundament solid pentru aprofundări ulterioare, în care știința, tradiția și creativitatea pot conlucra pentru a răspunde atât exigențelor pieței moderne, cât și nevoii de conservare și valorizare a patrimoniului viticol românesc.

CAPITOLUL 9. VALORIFICAREA REZULTATELOR

Activitatea de cercetare desfășurată pe parcursul studiilor doctorale s-a reflectat în mod concret printr-o serie de contribuții științifice diseminate în mediul academic național și internațional. Rezultatele obținute au fost valorificate prin publicarea de articole în reviste de specialitate indexate, participarea la manifestări științifice de profil, precum și prin recunoașterea acestora sub forma unor distincții și premii. Toate aceste forme de diseminare au avut ca obiectiv validarea și integrarea contribuțiilor personale în circuitul științific de specialitate, consolidând totodată vizibilitatea cercetării în domeniul oenologiei. În cele ce urmează, sunt prezentate principalele rezultate diseminate, structurate pe categorii relevante: articole publicate, lucrări comunicate la conferințe, premii și alte modalități de valorizare științifică.

I. Articole publicate în reviste cotate WoS

1. Bocăneală, B., Andronoiu, D. G., Constantin, O. E., Aprodu, I., Croitoru, C., Stănciuc, N., & Râpeanu, G. (2024). *The influence of different maceration techniques on the phenolic compounds and color parameters of red grapes Fetească Neagră variety*. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology, 48(2), 74-93.
2. Bocăneală, B., Constantin, O.E., Croitoru, C., Aprodu, I., Stănciuc, N., Mureșan, C., Râpeanu, G.(2025). *Improving the rosé wines quality through the saignée technique*. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI – Food Technology, 49(1), 123-142.
3. Bocăneală, B., Râpeanu, G., Stănciuc, N., Aprodu, I., Constantin, O.E. (2025). *Evolution of physico-chemical parameters and phenolic content during the ripening of Fetească Neagră var. grapes in the Terasale Dunării viticultural area*, Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies, 28(2) (acceptat spre publicare).

II. Participări la conferințe naționale și internaționale

1. Bocăneală, B., Horincar, G., Aprodu, I., Constantin, O.E., Stănciuc, N., Râpeanu, G. *Cold maceration – a strategy for red grapes winemaking*. Lucrare prezentată sub formă de poster în cadrul conferinței SCDS-UDJG 2022 – The 10th Edition, organizată de Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 9–10 iunie 2022, Galați, România.
2. Bocăneală, B., Râpeanu, G., Stănciuc, N., Constantin, O.E., Aprodu, I. *Improving polyphenol extraction in red winemaking through thermo-maceration technique*. Lucrare prezentată sub formă de poster în cadrul conferinței PhD Students’ Days, organizată de Universitatea „Aurel Vlaicu” din Arad, 29–30 mai 2023, Arad, România.
3. Bocăneală, B., Râpeanu, G., Stănciuc, N., Constantin, O.E., Aprodu, I. *Improving rosé winemaking technology in the Oltina region by using the saignée technique*. Lucrare prezentată în cadrul conferinței SCDS-UDJG 2023 – The 11th Edition, organizată de Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 8–9 iunie 2023, Galați, România.
4. Bocăneală, B., Râpeanu, G., Constantin, O.E., Stănciuc, N., Aprodu, I. *The influence of pH on malolactic fermentation dynamics of red wines from Fetească Neagră grapes*. Lucrare prezentată în cadrul COST EuroMicroPH – Open Meeting, organizat de TU Wien – Vienna University of Technology, 18–19 septembrie 2023, Viena, Austria.

5. Bocăneală, B., Râpeanu, G., Stănciuc, N., Constantin, O.E., Aprodu, I. Adapting the rosé winemaking technology to the present climate changes and consumer preferences. *Lucrare prezentată în cadrul PhD Students' Days, ediția a IV-a* organizată de Universitatea „Aurel Vlaicu” din Arad, Facultatea de Ingineria Produselor Alimentare, Turism și Protecția Mediului, 23–24 mai 2024, Arad, România.
6. Bocăneală, B., Râpeanu, G., Stănciuc, N., Constantin, O.E., Aprodu, I. *New challenges in the vine-growing and winemaking sector and a sustainable way to face them*. Lucrare prezentată în cadrul *Multidisciplinary Conference on Sustainable Development – Food Chemistry, Engineering & Technology*, organizată de Universitatea de Științele Vieții „Regele Mihai I” din Timișoara, 30–31 mai 2024, Timișoara, România.
7. Bocăneală, B., Râpeanu, G., Stănciuc, N., Constantin, O.E., Aprodu, I. *Improving winemaking technology for red grapes in the Terasale Dunării IG wine region by using the saignée technique*. Lucrare prezentată în cadrul conferinței *SCDS-UDJG 2024 – The 12th Edition*, organizată de Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 6–7 iunie 2024, Galați, România.
8. Bocăneală, B., Râpeanu, G., Stănciuc, N., Aprodu, I., Constantin, O.E. *Evolution of physico-chemical parameters and phenolic content during the ripening of Fetească Neagră var. grapes in the Terasale Dunării viticultural area*. Prezentare orală în cadrul conferinței internaționale *Agriculture for Life, Life for Agriculture*, organizată de Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară din București, în perioada 5–7 iunie 2025, București, România.
9. Bocăneală, B., Râpeanu, G., Stănciuc, N., Constantin, O.E., Aprodu, I. *Ripening dynamics of Fetească Neagră grapes in response to vintage variability: a three-year study from southern Romania*. Lucrare prezentată în cadrul conferinței *SCDS-UDJG 2025 – The 13th Edition*, organizată de Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 12–13 iunie 2025, Galați, România.
10. Bocăneală, B., Râpeanu, G., Stănciuc, N., Aprodu, I., Constantin, O.E., Palcu, S.E. *Vinificație rosé adaptată schimbărilor climatice: cazul Fetească Neagră și metoda Saignée*. Lucrare prezentată în cadrul Simpozionului științific anual al SCDVV Bujor, organizat de Academia de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu-Șișești” – Secția de Horticultură și Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare pentru Viticultură și Vinificație Bujor, 13 iunie 2025, Târgu Bujor, România.
11. Bocăneală, B., Râpeanu, G., Stănciuc, N., Aprodu, I., Constantin, O.E. *Saignée as a Sustainable Winemaking Strategy Under Climate Stress: A Case Study on Grape Ripening and Rosé Production in Southern Romania*. Lucrare prezentată în cadrul conferinței internaționale *Agriculture & Food – 2025*, organizată de Science & Education Foundation, 11–14 august 2025, Burgas, Bulgaria.

III. Premii

1. Honorable Mention for Poster Presentation, acordată pentru lucrarea științifică *Improving polyphenol extraction in red winemaking through thermo-maceration technique*, în cadrul conferinței PhD Students' Days, organizată de Universitatea „Aurel Vlaicu” din Arad, 29–30 mai 2023, Arad, România.
2. Premiul al II-lea pentru prezentare orală, acordat pentru lucrarea *Adapting the rosé winemaking technology to the present climate changes and consumer preferences*, în cadrul conferinței PhD Students' Days – Ediția a IV-a, organizată de Universitatea „Aurel Vlaicu” din Arad, Facultatea de Ingineria Alimentelor, Turism și Protecția Mediului, 23–24 mai 2024, Arad, România.

3. Mențiune pentru prezentare orală, acordată pentru lucrarea *Improving winemaking technology for red grapes in the Terasale Dunării IG wine region by using the saignée technique*, în cadrul conferinței SCDS-UDJG 2024 – The 12th Edition, organizată de Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 6–7 iunie 2024, Galați, România.
4. Premiul AGIR pentru prezentare orală, acordat pentru lucrarea *Improving winemaking technology for red grapes in the Terasale Dunării IG wine region by using the saignée technique*, în cadrul conferinței SCDS-UDJG 2024 – The 12th Edition, organizată de Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 6–7 iunie 2024, Galați, România.
5. Mențiune pentru prezentare orală, acordată pentru lucrarea *Ripening dynamics of Fetească Neagră grapes in response to vintage variability: a three-year study from southern Romania*, în cadrul conferinței SCDS-UDJG 2025 – The 13th Edition, organizată de Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 12–13 iunie 2025, Galați, România.
6. Premiul profesor Constantin Moraru, acordată pentru lucrarea *Ripening dynamics of Fetească Neagră grapes in response to vintage variability: a three-year study from southern Romania*, în cadrul conferinței SCDS-UDJG 2025 – The 13th Edition, organizată de Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 12–13 iunie 2025, Galați, România.