

REZUMAT

Maturarea vinului nu este doar o tehnică de vinificație, cât și o tradiție veche, care a fost utilizată de numeroase civilizații de-a lungul istoriei. Vinificația modernă a evoluat continuu prin adoptarea diverselor tehnici și tehnologii, orientate spre îmbunătățirea calității vinului. Procesul de vinificație modern a progresat constant prin utilizarea diferitelor tehnici și tehnologii pentru a îmbunătăți calitatea vinului (Dündar, 2017). Maturarea vinului implică un proces extins, care contrastează ocazional cu cerințele consumatorilor și, în consecință, atrage costuri ridicate. Pentru a atenua aceste provocări, este necesar să se ia în considerare intervenții strategice pentru a accelera procesele de vinificație, menținând în același timp standardele necesare de calitate a vinului (Natolino și Celotti, 2022).

Ca urmare a tendințelor actuale de optimizare a procesului de maturare, dezvoltarea unor metode alternative de maturare, teza de doctorat cu titlu „Cercetări privind caracteristicile vinurilor albe din podgoria Iași obținute prin diferite procedee de maturare folosind produse pe bază de lemn de stejar” își propune să studieze impactul asupra calității vinurilor albe maturate cu fragmente din lemn de stejar. Prezenta cercetare se focusează pe evaluarea efectelor diferitelor metode de maturare, care să contribuie la îmbunătățirea calității vinurilor albe, dar și la optimizarea procesului de maturare.

Pentru concretizarea scopului general al cercetării, au fost stabilite și realizate următoarele obiective specifice: studierea literaturii de specialitate și selectarea unei baze de date relevante; stabilirea planului experimental și realizarea probelor conform metodologiei stabilite; determinarea și optimizarea dozelor optime de produse pe bază de lemn de stejar; analiza influenței procedeele de maturare asupra proprietăților fizico-chimice ale vinurilor obținute; monitorizarea evoluției principalilor compuși volatili și fenolici în timpul maturării; studiul influenței procedurilor de maturare asupra modificărilor senzoriale ale vinurilor; interpretarea și analiza statistică a rezultatelor experimentale în raport cu afirmațiile din literatura de specialitate.

În vederea îndeplinirii obiectivelor stabilite, au fost analizați parametrii fizico-chimici de bază ai probelor obținute, profilul compușilor fenolici și volatili și a caracteristicilor senzoriale. Datele au fost interpretate statistic, fiind urmărite efectele diferitelor metode de maturare asupra calității probelor. Administrarea fragmentelor din lemn de stejar a generat diferențe semnificative statistic ($p < 0,05$) pentru majoritatea compușilor analizați.

Pentru atingerea obiectivelor specifice ale prezentei cercetări, au fost utilizate vinuri obținute din soiurile Fetească regală și Sauvignon blanc. Alegerea s-a bazat pe larga lor răspândire în cele mai reprezentative podgorii din România, precum și pe potențialul lor de a interacționa favorabil cu compușii eliberați din fragmentele de lemn de stejar.

Strugurii au fost recoltați la maturitate deplină, manual, cu o concentrație de zaharuri de 240 g/L, manual, respectând normele sanitare optime în anul 2021. Strugurii au fost zdrobiți parțial și desciorchinați cu ajutorul unui zdrobitor-desciorchinător tip Delta E2, iar mustuiala rezultată a fost supusă unei macerării prefermentative timp de 5 ore. Zdrobirea ușoară a boabelor a favorizat eliberarea precursorilor de aromă și a limitat transferul compușilor chimici responsabili de apariția unor caracteristici senzoriale nedorite, precum astringența și notele erbacee. După acest proces, mustul a fost separat și limpezit gravitațional timp de 24 de ore.

Mustul a fost fermentat în tancuri din oțel inoxidabil, folosind levuri din genul *Saccharomyces cerevisiae*, pentru soiul Sauvignon blanc, din gama Excellence® FTH, iar pentru soiul Fetească regală din gama Excellence® B2, achiziționate de la Lamothe-Abiet®. La ambele vinuri, doza de levuri a fost de 20 g/hL, după recomandările producătorului. Fermentația alcoolică s-a desfășurat la o temperatură controlată de 14 °C. După finalizarea fermentației alcoolice, vinul a fost separat de pe depozitul grosier sedimentat. După stabilizarea vinului, acesta a fost împărțit și pus în vase de sticlă de 5 L, în care s-au adăugat doze diferite de fragmente de stejar (tip chips și granulat) cu trei grade diferite de prăjire (*light*, *fresh* și *medium*) pentru două perioade de timp, 10 și 20 de zile. Pentru comparație, au fost utilizate probe tratate cu aceleași

doze de fragmente de lemn, supuse apoi tratamentului cu ultrasunete, timp de 15 minute. Echipamentul cu ultrasunete utilizat a fost un model Bandelin Sanorex RK 1028 C, care are o putere termică de 1450 de W și o frecvență ultrasonică de 35 de kHz. Pe toată durata tratamentului, temperatura a fost controlată, menținându-se o temperatură constantă de 20 °C.

Fragmentele de lemn de stejar utilizate în experiment au fost cele din specia *Quercus robur* (stejar francez), utilizate sub formă de fragmente tip chips și granule (*fresh*, *light* și *medium*). În vederea realizării obiectivelor propuse au fost utilizate cele două tipuri de fragmente din lemn de stejar, fiecare cu trei grade de prăjire diferite, cu scopul de a analiza influența tratamentelor termice aplicate lemnului asupra compoziției chimice a vinului și a profilului său organoleptic. Comparativ, a fost aplicată și tehnologia cu ultrasunete, cu scopul de a intensifica extracția compușilor lemnului și de a accelera procesele de maturare. Probele de vin obținute au fost păstrate în condiții controlate, la o temperatură de 8 °C, umiditate relativă de 70-80 % și ferite de lumină.

Rezultatele analizelor fizico-chimice ale variantelor experimentale se încadrează în limitele admise de reglementările Organizației Internaționale a Viei și Vinului (OIV, 2020). Având în vedere că toate probele au fost obținute din același vin-bază, diferențele observate între variante se datorează exclusiv tratamentelor aplicate, respectiv adaosului de fragmente de lemn de stejar (sub formă de granule sau chips-uri), dozelor și timpilor de contact diferiți, precum și utilizării tratamentului cu ultrasunete, care a accelerat procesele de maturare. În cazul probelor de Sauvignon blanc, aciditatea totală variază în intervalul 7,03-7,95 g/L acid tartric (SVG12-SVG7US), cu o tendință de creștere în cazul probelor cu doze mai mari de lemn (2 g/L), în special la variantele cu fragmente tip chips *medium* prăjite, care favorizează o extracție mai intensă pentru compușii fenolici. Probele supuse maturării timp de 20 de zile (SVG7-SVG12 și SVG19-SVG24) arată tendințe mai evidente de creștere a acidității totale, până la 7,80 g/L acid tartric, și o ușoară scădere a pH-ului, comparativ cu variantele supuse maturării timp de 10 zile. Creșterea dozei de lemn de stejar determină o intensificare a acidității volatile la probele SVG13-SVG18 (0,38-0,39 g/L), aspect asociat cu aportul suplimentar de oxigen și cu amplificarea procesului de oxidare neenzimatică, ce are loc pe parcursul maturării. Conținutul de SO₂ liber și total a scăzut ușor în variantele tratate cu ultrasunete, astfel concentrația minimă de SO₂ liber s-a înregistrat în proba SVG12US (40 mg/L), comparativ cu proba martor SVG (48 mg/L).

În cazul probelor obținute din soiul Fetească regală, aciditatea totală a înregistrat variații ușoare între probe, însă se observă o tendință de creștere la variantele cu maturate cu fragmente de lemn de stejar tip chips și la cele cu 2 g/L (FER13-FER19), comparativ cu proba martor. Aciditatea volatilă are cea mai scăzută valoare în proba martor și crește progresiv, odată cu intensificarea tratamentelor, atingând cele mai ridicate valori în probele cu 2 g/L și la un timp de contact de 10 de zile, în special în cazul celor maturate cu fragmente tip chips *light* sau *medium* prăjite (FER13-FER18). De asemenea, prezența fragmentelor de lemn de stejar tip chips poate influența echilibrul chimic prin eliberarea unor compuși fenolici, care pot interacționa cu componentele vinului, modificând pH-ul și potențând formarea acizilor volatili. În ceea ce privește SO₂, atât cel total, cât și cel liber au prezentat tendințe de scădere, în special în variantele cu prăjire medie și în cele tratate cu ultrasunete.

Compușii fenolici din vin pot proveni atât din strugurii materie primă, cât și din surse externe, prin transferul din lemnul butoaielor, pluta dopurilor folosită la îmbuteliere sau ca urmare a diferitelor tratamente enologice aplicate pe parcursul procesului de vinificație. Analiza compușilor fenolici, efectuată pe probele obținute din soiul Sauvignon blanc, determină o scădere ușoară a concentrațiilor de catechină și epicatechină, în funcție de tratamentul aplicat cu lemn, tendință care corespunde comportamentului flavonoidelor în timpul maturării tradiționale a vinului. Acidul siringic a fost identificat în concentrații mai ridicate în variantele maturate cu lemn *medium* prăjit, cu o valoare de 0,12 μg/mL (SVG15), dar nu a fost detectat în proba martor (SVG). Acidul galic a variat în funcție de tipul de lemn utilizat, cu valori mai ridicate în variantele maturate cu fragmente tip chips *fresh* și granule *light* prăjite. Cele mai mari valori ale acestui compus au de 4,29 μg/mL (SVG20) și 3,77 μg/mL (SVG22). În plus, esculetinul a fost prezent și în variantele tratate cu ultrasunete, evidențiind faptul că are loc ruperea legăturilor celulare și extracția mai eficientă a compușilor fenolici minoritari. Valoarea detectată a esculetinului în probele analizate a fost

foarte scăzută, 0,01 µg/mL (SVG8, SVG14). Analiza datelor experimentale evidențiază variații semnificative ale concentrației de siringaldehidă în funcție de tipul tratamentului aplicat. Cea mai ridicată valoare a fost înregistrată în varianta SVG24 de 1,43 µg/mL, unde s-au utilizat fragmente tip chips *medium* prăjite, în doză de 2 g/L, timp de 20 de zile.

Cele mai ridicate valori ale acidului caftaric au fost înregistrate la SVG2US de 27,21 µg/mL, iar cea mai scăzută valoare a fost determinată în proba martor SVG de 24,80 µg/mL. Această diferență evidențiază eficiența tratamentului cu ultrasunete, care poate contribui la o mai bună extracție a compușilor fenolici existenți, prin perturbarea pereților celulari și creșterea transferului de masă.

În cazul probelor obținute din soiul Fetească regală, epicatechina a înregistrat cea mai mare valoare în proba martor (FER), cu o concentrație de 0,67 µg/mL și scade semnificativ în variantele maturate, 0,44 µg/mL în proba FER9. Acidul galic, care are cel mai mare potențial antioxidant dintre compușii analizați, a înregistrat o variație de la 1,54 µg/mL în proba martor (FER) la 4,41 µg/mL în varianta FER20, maturată cu granule *medium* prăjite, doză de 2 g/L, timp de 20 de zile. Aldehida siringică a prezentat cea mai mare concentrație în varianta FER9 de 1,44 µg/mL, în timp ce în proba martor a fost nedetectabilă, iar acidul caftaric a înregistrat valori între 36,31 µg/mL (FER) și 37,97 µg/mL (FER2US), ceea ce indică o variație redusă în urma tratamentelor aplicate.

Compușii volatili sunt esențiali pentru calitatea vinului, determinând în mod direct profilul său aromatic și gustativ. Compuși volatili analizați în variantele experimentale au fost în număr de: 7 alcooli, 13 esteri, 15 acizi volatili și alți 33 de compuși (cetone, furanone, aldehide și lactone, ect.).

În cadrul analizelor efectuate asupra vinurilor din soiul Sauvignon blanc, cei mai relevanți compuși din această clasă au fost 2,3-butan diol (ambii izomeri), 1-butanol, 3-metil (izobutanol), feniletanol și alcooli cu lanț lung, precum decanoli și octanoli substituiți. Izobutanolul, produs în timpul metabolismului aminoacizilor, a fost prezent în toate probele, cu variații foarte apropiate între cele două tratamente de maturare. Se remarcă însă concentrații mai ridicate în probele maturate cu granule de stejar de tip *fresh* (SVG1). Tratamentele cu ultrasunete nu au determinat creșteri semnificative ale concentrațiilor alcoolilor superiori, ceea ce sugerează că extracția acestora este influențată de tipul și doza de lemn folosită. Creșterea dozei fragmentelor de stejar, de la 1 g/L la 2 g/L, determină o scădere semnificativă a concentrației izobutanolului până la 57%. Valorile relevante au fost înregistrate pentru lactatul de etil, unde s-a observat o variație de la un minim de 1,46 % (SVG2) la un maxim de 3,61 % (SVG1), probă maturată cu granule *fresh*, în doză de 1 g/L, timp de 10 zile. Octanolul de etil a fost detectat în concentrație mai scăzută în majoritatea variantelor, atingând valori minime în proba SVGUS. Conservarea compușilor volatili de tip ester în vinurile analizate este favorizată de maturarea pe o perioadă scurtă de timp (10 zile), de dozele mici aplicate (1 g/L), cu grad redus de prăjire, dar și utilizarea ultrasunetelor ca metodă tehnologică emergentă. Acidul acetic, cel mai frecvent acid volatil din vin, a înregistrat valori între 2,68 % (SVG2) și 7,93 % (SVG1). Această variație evidențiază impactul maturării asupra proceselor microbiologice și biochimice care au loc în vin. În variantele experimentale butirolactona a fost detectată în intervalul cuprins între 0,55 % (SVG15) și 2,47 % (SVG7). Aceste valori indică extracția în urma contactului prelungit cu lemnul, care facilitează degradarea ligninei în compuși de aromă. Timpul îndelungat de contact, 10 și 20 de zile, permite o extracție progresivă.

Analiza variației (ANOVA) aplicată pe majoritatea compușilor, a evidențiat diferențe semnificative între probe ($p < 0,05$). Pentru probele cu un contact prelungit cu lemnul, a determinat creșteri evidente pentru lactona (VC9), succinat dietilic (VC12) și succinat de monoetil (VC17), asociate cu note mai intense de vanilie, fructe coapte și complexitate aromatică. Probele tratate cu ultrasunete au prezentat niveluri mai ridicate de izobutanol (VC1) și o reducere a acidului acetic (VC6), ceea ce susține păstrarea prospețimii și a notelor fructate.

Pentru soiul Fetească regală, adaosul de fragmente de lemn, cât și a ultrasunetelor au determinat modificări în structura compușilor volatili. Analiza a evidențiat prezența izobutanolului (1-butanol, 3-metil) în toate probele, cu concentrații cuprinse între 3,15 % (FER3US) și 50,21 % (FER9), astfel maturarea clasică accelerată poate favoriza acumularea acestui compus. Esteri, precum lactatul de etil au prezentat

concentrații între 0,70 % (FER23) și 3,73 % (FER8), cu o ușoară creștere observată în probele supuse ultrasunetelor, iar din categoria lactonelor compusul dominat identificat a fost butir lactona, cu valori cuprinse între 0,60 % (FER23) și 1,62 % (FER16). Din analiza graficului mediilor LS (Figura 6.4), principalii compuși volatili ai vinurilor obținute din soiul Fetească regală, se evidențiază diferențe nete între probele maturate doar cu adaos de lemn de stejar și cele supuse ultrasunetelor. Vârfurile majore observate pentru VC1(1-butanol, 3-metil) și VC12 (succinat dietilic) în probele maturate timp de 10 și 20 de zile zile a favorizat acumularea acestor compușilor. În schimb, pentru probele supuse tratamentului cu ultrasunete, amplitudinea acestor vârfuri este semnificativ redusă, ceea ce indică o extracție incompletă datorată timpului scurt de contact (15 minute). De asemenea, compușii precum VC7 și VC17 prezintă concentrații mai mari în variantele maturate doar cu adaos de fragmente de lemn de stejar, datorită eliberării progresive în urma interacțiunii prelungite a vinului cu lemnul. În probele cu ultrasunete, distribuția concentrațiilor este mai uniformă și dominată de valori moderate, remarcându-se o selecție preferențială pentru compușii cu coeficient de difuzie ridicat și polaritate favorabilă solubilizării.

Analiza senzorială a probelor obținute din soiul Sauvignon blanc evidențiază modul în care tipul de lemn (chips-uri sau granule), gradul de prăjire (*fresh*, *light* și *medium*), doza (1 g/L, 2 g/L) și aplicarea ultrasunetelor a influențat expresia organoleptică și echilibrul gustativ al vinurilor. Analiza comparativă evidențiază că probele la care s-au administrat granule au prezentat o reducere a notelor vegetale și minerale față de proba martor, dar o creștere a texturii și persistenței. Aceste rezultate sugerează un transfer relativ rapid al compușilor aromatici, cu diminuarea notelor vegetale. De asemenea, probele maturate cu fragmente tip chips au avut un profil mai echilibrat, cu note citrice și florale mai bine integrate, o mineralitate menținută și o integrare armonioasă a notelor de vanilie. Aceste caracteristici indică un transfer gradual al compușilor din lemn. Tratamentul cu ultrasunete a determinat o ușoară diminuare a intensității notelor vegetale, păstrând însă prospețimea aromelor fructate (flori de soc, fructe coapte), ceea ce poate fi corelat cu timpul scurt de contact și limitarea extracției compușilor responsabili de notele lemnoase și lactonice. Probele maturate cu fragmente de stejar tip chips au generat un profil aromatic mai echilibrat și mai rotunjit. Intensitățile notelor vegetale sunt mai reduse, iar prezența moderată a notelor de vanilie și caramel reflectă o eliberare controlată a compușilor volatili lemnoși, în timp ce textura și persistența ridicată confirmă aportul pozitiv al componentelor fenolice, asupra structurii gustative.

Din punct de vedere senzorial, profilul aromatic al vinurilor Sauvignon blanc, proba martor (SVG) a păstrat integral caracterul varietal, cu note verzi, citrice și minerale. Maturarea cu fragmente de lemn *fresh* (SVG1, SVG4) a adus arome mai intense de flori de soc și fructe exotice, iar SVG1US a prezentat cea mai pronunțată notă de vanilie, datorită extracției rapide prin ultrasunete. La doza de 2 g/L, SVG13 și SVG22 au oferit un profil mai structurat și persistent, în timp ce SVG10US a combinat prospețimea cu nota de vanilie intensă. Pentru fragmente de lemn *medium*, SVG6 și SVG12 au echilibrat aromele lemnoase cu cele varietale, SVG3 distingându-se prin nota de cafea, pe când SVG12US și SVG9US au extras rapid compușii de suprafață, dar cu note de prăjire mai puțin dezvoltate.

Analiza senzorială a probelor de Fetească regală evidențiază faptul că adaosul de fragmente de lemn de stejar, în diferite grade de prăjire și doze, precum și aplicarea ultrasunetelor, influențează semnificativ expresia aromatică și echilibrul gustativ. Probele martor (**FER**, **FERUS**) au prezentat un profil tânăr, vegetal, cu aciditate ridicată. Adaosul de lemn *fresh* (**FER8**, **FER11**) a redus notele vegetale și a accentuat aromele fructate și florale, în timp ce la doza de 2 g/L, mai ales în combinație cu ultrasunete (**FER8US**, **FER11US**), a intensificat descriptorii de fructe exotice, persistența gustativă și echilibrul aromatic. Fragmente de lemn *light* au oferit un profil mai proaspăt și armonios, cu note de condimente și cocos, în timp ce lemnul *medium* (**FER6**, **FER21**) a adus o complexitate sporită prin note de vanilie, tabac și cafea, însă cu o ușoară reducere a vivacității aromatice.

Datorită faptului că studiul a urmărit utilizarea tratamentului cu ultrasunete și a fragmentelor de lemn de stejar pentru a accelera procesul de maturare a vinurilor albe, rezultatele au demonstrat că aceste metode pot reduce efectele economice și ecologice, menținând în același timp calitatea senzorială și fizico-chimică a vinurilor albe.