

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlul de manuscris

C.Z.U:663.222:634.853.06:543.544.5:339.13(478)(043.3)

WANG FEI

ARGUMENTAREA ITINERARIILOR DE PRODUCERE STRUGURI-VIN

ADAPTATE LA CERINȚELE PIETELOR DE DESFACERE

253.03 - TEHNOLOGIA BĂUTURILOR ALCOOLICE ȘI NEALCOOLICE

Teză de doctor în științe inginerești

Conducător științific:



ARPENTIN Gheorghe
dr. hab., conf. univ.

Comisiei de îndrumare:

TARAN Nicolae
dr. hab., prof. univ.

BALANUȚĂ Anatol
dr., prof. univ.

SOLDATENCO Eugenia dr. hab., conf. cerc.

Autor:



WANG Fei

CHIȘINĂU 2026

©WANG FEI, 2026

CUPRINS

ADNOTARE	7
LISTA TABELELOR	10
LISTA FIGURILOR	12
LISTA ABREVIERILOR	14
INTRODUCERE	15
1. TERROIR ȘI IDENTITATEA AROMATICĂ A VINURILOR: FUNDAMENTE ȘTIINȚIFICE ȘI ORIENTĂRI STRATEGICE PENTRU ADAPTAREA LA PIETELE INTERNAȚIONALE	21
1.1 Complementaritatea sectorului vitivinicol China-Moldova și premisele strategice pentru accesul pe piața chineză	21
1.1.1 <i>Dinamica pieței vinului în China și perspectivele de integrare ale vinurilor moldovenești</i>	21
1.1.2 <i>Tendențele de consum și strategiile de segmentare și poziționare pe piața vinului din China</i> ..	24
1.2 Indicațiile geografice protejate din Republica Moldova și expresia terroirului prin soiul Fetească Neagră	25
1.2.1 <i>Sistemul indicațiilor geografice protejate și rolul lor în definirea terroirului moldovenesc</i>	25
1.2.2 <i>Soiul Fetească Neagră - expresie identitară a terroirurilor moldovenești</i>	29
1.3 Maturarea strugurilor și acumularea aromelor.....	32
1.3.1 <i>Etapete de dezvoltare a strugurilor și impactul asupra calității vinului</i>	32
1.3.2 <i>Compușii organici volatili din struguri și impactul asupra profilului senzorial al vinului</i>	34
1.3.3 <i>Variația compușilor organici volatili în diferite soiuri de struguri pe parcursul maturării</i>	36
1.4 Influența terroirului asupra aromelor strugurilor	37
1.5 Progresul metodelor instrumentale în analiza compușilor organici volatili	42
1.6 Concluzii la capitolul 1	47
2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE	50
2.1 Obiectul de studiu și puncte de prelevare	50
2.2 Metoda de clasificare climatică multicriterială	51
2.3 Metode de studiu pedologic	52
2.4 Protocolul de microvinificare.....	53

2.5 Metoda de analiza a compușilor organici volatili GC-IMS	55
2.6 Analiza fizico-chimică a vinurilor.....	56
2.7 Evaluare senzorială a vinurilor	57
2.8 Analiza statistică	57
2.8.1 Analiza varianței	58
2.8.2 Analiza componentelor principale	59
2.8.3 Metoda Analizei Multifactoriale	60
2.8.4 Calculul corelației Spearman.....	61
2.9 Concluzii la capitolul 2	63
3. REZULTATELE STUDIULUI COMPONENTELOR AGRO-PEDO-CLIMATICE A REȚELEI PARCELELOR EXPERIMENTALE DE FETEASCĂ NEAGRĂ	64
3.1. Analiza caracteristicilor pedologice ale parcelelor din trei parcele IGP	64
3.1.1 Analiza pedologică a parcelelor din cadrul IGP Codru	64
3.1.2 Analiza pedologică a parcelelor din cadrul IGP Valul lui Traian	67
3.1.3 Analiza pedologică a parcelelor din cadrul IGP Ștefan Vodă	70
3.1.4 Analiza diferențelor în proprietățile solului din cele șapte parcele de Fetească Neagră din Republica Moldova	71
3.2 Analiza caracteristicilor climatice ale parcelelor experimentale.....	73
3.2.1 Analiza caracteristicilor climatice a parcelelor din cadrul IGP Codru	73
3.2.2 Analiza caracteristicilor climatice a parcelelor din cadrul IGP Valul lui Traian.....	76
3.2.3 Analiza caracteristicilor climatice a parcelelor din cadrul IGP Ștefan Vodă.....	78
3.2.4 Analiza climatică geovitică multicriterială aplicată parcelelor experimentale.....	80
3.3 Concluzii la capitolul 3	83
4. STUDIUL COMPOZIȚIEI VOLATILE ȘI AL PROFILULUI SENZORIAL AL VINURILOR ROȘII SECI OBȚINUTE DIN SOIUL FETEASCĂ NEAGRĂ	85
4.1 Compușii organici volatili (COV) ai vinurilor roșii seci Fetească Neagră din parcele experimentale	85
4.1.1 Clasificarea compușilor organici volatili (COV) din vinurile roșii seci Fetească Neagră din parcele experimentale	85
4.1.2 Distribuția compușilor organici volatili în cadrul vinurilor roșii seci Fetească Neagră din	

<i>parcele experimentale</i>	94
4.1.3 <i>Contribuția compușilor organici volatili la profilul aromatic al vinurilor roșii seci Fetească Neagră</i>	98
4.1.4 <i>Analiza proprietăților fizico-chimice și a conținutului de acizi organici în vinurile roșii seci din Fetească Neagră</i>	102
4.2 <i>Influența factorilor de terroir asupra compoziției și expresiei compușilor organici volatili din vinurile Fetească Neagră</i>	104
4.3 <i>Concluzii la capitolul 4</i>	106
5. VALORIFICAREA PRACTICĂ A REZULTATELOR CERCETĂRII: APLICAȚII TEHNOLOGICE ÎN VINIFICAȚIA SOIULUI FETEASCĂ NEAGRĂ (ROȘII SECI)	109
5.1 <i>Aplicarea rezultatelor în cadrul Vinăriei Purcari - Seria „Academia Fetească Neagră”</i>	110
5.2 <i>Aplicarea rezultatelor în cadrul Vinăriei Didactice Leova - vin de tip „destinat consumului rapid”</i>	113
5.3 <i>Concluzii privind transferul tehnologic și relevanța aplicativă a rezultatelor</i>	116
5.4 <i>Concluzii la capitolul 5</i>	118
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI PRACTICE	119
BIBLIOGRAFIE	122
ANEXE	140
Anexa 1. <i>Caracteristicile claselor chimice ale compușilor organici volatili din vinuri</i>	140
Anexa 2. <i>Evoluția temperaturii și a densității mustului în timpul fermentației alcoolice (soiul Fetească Neagră, 7 parcele)</i>	142
Anexa 3.1A. <i>Evoluția temperaturilor medii lunare (°C) în parcela IGP Codru pentru perioada anul 2019-2023, comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016)</i>	143
Anexa 3.1B. <i>Precipitații lunare (mm) înregistrate în parcele IGP Codru în perioada anul 2019-2023 și abaterea față de media multianuală (pentru anii 1980-2016)</i>	145
Anexa 3.2A. <i>Evoluția temperaturilor medii lunare (°C) în parcela IGP Valul lui Traian pentru perioada anul 2019-2023, comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016)</i>	147
Anexa 3.2B <i>Precipitații lunare (mm) înregistrate în parcele IGP Valul lui Traian în perioada anul 2019-2023 și abaterea față de media multianuală (pentru anii 1980-2016)</i>	149
Anexa 3.3A. <i>Evoluția temperaturilor medii lunare (°C) în parcela IGP Ștefan vodă pentru perioada anul</i>	

2019-2023, comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016)	151
Anexa 3.3B. Precipitații lunare (mm) înregistrate în parcele IGP Ștefan vodă în perioada anul 2019-2023 și abaterea față de media multianuală (pentru anii 1980-2016).....	152
Anexa 4.1. Concluzii privind transferul tehnologic și relevanța aplicativă a rezultatelor purcari	153
Anexa 4.2. Concluzii privind transferul tehnologic și relevanța aplicativă a rezultatelor SP Leova	154
Anexa 5. Harta solurilor a domeniului Purcari	155
Anexa 6.1 Certificat de participare la conferința CASEE CONFERENCE 2023 “Smart Life Sciences and Technology for Sustainable Development”, Chisinau, Moldova.....	156
Anexa 6.2. Certificat de prezentare științifică al celui de-al 45-lea Congres Mondial al Viei și Vinului, Dijon, Franta. 2024	157
Anexa 6.3. Certificat de OIV International Ampelography Course Montpellier, France. 2022.....	158
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII.....	159
CURRICULUM VITAE.....	160

ADNOTARE

WANG FEI „Argumentarea itinerariilor de producere struguri-vin adaptate la cerințele piețelor de desfacere”, teză de doctor în științe inginerești, Chișinău, 2025.

Teza constă din introducere, 5 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie ce include 221 titluri, 6 anexe, 121 pagini de conținut de bază, 20 tabele, 17 figuri. Rezultatele au fost expuse în 10 publicații.

Cuvinte-cheie: Fetească Neagră, terroir, compușii organici volatili, GC-IMS.

Domeniul de studiu: 253.03 - Tehnologia băuturilor alcoolice și nealcoolice.

Scopul lucrării: dezvoltarea unui model tehnologic de vinificare pentru Fetească Neagră prin corelarea terroirului cu datele GC-IMS, orientat spre adaptarea profilului aromatic la cerințele pieței.

Obiectivele cercetării: studiul influenței condițiilor pedoclimatice asupra profilului aromatic al vinurilor Fetească Neagră, prin analiza GC-IMS a compușilor organici volatili și modelarea statistică multivariată, în vederea elaborării unor direcții de vinificare orientate spre cuvintele pieței.

Noutatea și originalitatea științifică: lucrarea introduce o abordare inovatoare, corelând datele GC-IMS privind expresia aromatică a vinurilor Fetească Neagră cu parametri pedoclimatici, în vederea dezvoltării unor stiluri de vin orientate spre piață.

Rezultatele obținute care contribuie la soluționarea unei probleme științifice importante: studiul clarifică mecanismele prin care terroirul influențează formarea compușilor organici volatili în vinurile Fetească Neagră și oferă o bază științifică pentru definirea stilurilor regionale și adaptarea acestora la cerințele piețelor internaționale.

Semnificația teoretică: cercetarea aprofundează relațiile dintre factorii de terroir, compoziția chimică și expresia senzorială a vinurilor obținute.

Valoarea aplicativă: studiul oferă cramelor instrumente decizionale și soluții tehnologice pentru segmentarea stilistică și elaborarea unor vinuri diferențiate, cu potențial de export, cu aplicabilitate directă în strategiile comerciale și de branding ale producătorilor.

Implementarea rezultatelor științifice: rezultatele cercetării au fost implementate parțial în activitățile de cercetare-dezvoltare ale vinăriei Purcari, fiind utilizate în realizarea vinificărilor parcelare ale soiului Fetească Neagră și fundamentarea gamei iconice Academia. Totodată, direcții de vinificare orientate spre obținerea vinurilor destinate consumului rapid au fost testate în parcela Școlii Profesionale Leova, confirmând aplicabilitatea practică a concluziilor studiului.

АДНОТАЦИЯ

Ван Фэй. «Обоснование технологических маршрутов производства винограда и вина, адаптированных к требованиям рынков сбыта». Докторская диссертация по инженерным наукам, Кишинёв, 2025.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов и рекомендаций, библиографии (221 источников), 6 приложений, 121 страниц основного текста, 20 таблиц и 17 рисунков. Результаты исследования опубликованы в 10 работах.

Ключевые слова: Fetească Neagră, терруар, летучие органические соединения, GC-IMS.

Область исследования: 253.03-Технология алкогольных и безалкогольных напитков.

Цель работы: разработка технологической модели виноделия для сорта Fetească Neagră на основе корреляции факторов терруара с данными GC-IMS, направленной на адаптацию ароматического профиля вин к требованиям рынка.

Задачи исследования: изучение влияния почвенно-климатических условий на ароматический профиль вин Fetească Neagră на основе анализа летучих органических соединений методом GC-IMS и многомерного статистического моделирования с целью разработки направлений виноделия, ориентированных на рыночные предпочтения.

Научная новизна и оригинальность: заключаются в корреляции данных GC-IMS, характеризующих ароматическую экспрессию вин Fetească Neagră из семи виноградных участков Республики Молдова, с конкретными почвенно-климатическими параметрами и в выявлении региональных ароматических маркеров.

Полученные результаты, способствующие решению важной научной проблемы: Полученные результаты уточняют механизмы влияния терруара на формирование летучих органических соединений и создают научную основу для определения региональных стилей красных вин и их адаптации к требованиям международных рынков.

Теоретическая значимость: исследование углубляет понимание взаимосвязи между факторами терруара, химическим составом и сенсорной экспрессией вин.

Практическая ценность: предоставлении винодельческим предприятиям инструментов и технологических решений для производства дифференцированных вин, ориентированных на экспорт.

Внедрение научных результатов: Результаты исследования частично внедрены в деятельность винодельни Purcăi при проведении поучастковых виноделий сорта Fetească Neagră и формировании иконической линейки вин «Academia», а также апробированы на участке Профессионального училища г. Леова.

ABSTRACT

WANG FEI “Substantiation of technological pathways for grape and wine production adapted to market requirements”, doctoral thesis in engineering sciences, Chişinău, 2025.

The dissertation comprises an introduction, 5 chapters, conclusions and recommendations, a bibliography including 221 references, 6 appendices, 121 pages, 20 tables and 17 figures. The results have been published in 10 papers.

Keywords: Fetească Neagră, terroir, volatile organic compounds, GC-IMS.

Field of study: 253.03 - Technology of alcoholic and non-alcoholic drinks

Goals of the work: development of a technological winemaking model for Fetească Neagră through the correlation of terroir factors with GC-IMS data, aimed at adapting the aromatic profile to market requirements.

Objectives: investigation of the influence of pedoclimatic conditions on the aromatic profile of Fetească Neagră wines by means of GC-IMS analysis of volatile organic compounds and multivariate statistical modelling, in order to elaborate winemaking directions oriented toward market preferences.

Scientific originality and novelty: the study introduces an innovative approach by correlating GC-IMS data describing the aromatic expression of Fetească Neagră wines with specific pedoclimatic parameters, enabling the development of market-oriented wine styles.

The scientific problem: the research clarifies the mechanisms through which terroir influences the formation of volatile organic compounds in Fetească Neagră wines and provides a scientific basis for defining regional wine styles and adapting them to the requirements of international markets.

Theoretical significance: the research deepens the understanding of the relationship between terroir factors, chemical composition and the sensory expression of wines.

Practical value: the study provides wineries with decision-making tools and technological solutions for the production of differentiated wines, oriented toward export and adapted to market requirements.

Implementation of scientific results: the research findings have been partially implemented in the research and development activities of the Purcari winery, being applied in parcel-based vinifications of the Fetească Neagră variety and in substantiating the iconic *Academia* wine range. In addition, winemaking strategies aimed at producing wines intended for easy consumption were tested on the plot of the Leova Vocational School, confirming the practical applicability of the study's conclusions.

LISTA TABELELOR

Tabelul 2.1. Informații privind punctele de prelevare a probelor	50
Tabelul 2.2. Formulele de calcul și explicațiile parametrilor utilizați	51
Tabelul 2.3. Metode de analize și determinări	53
Tabelul 2.4. Parametrii tehnologici ai strugurilor Fetească Neagră la recoltă în diferite terroiruri viticole ale Republicii Moldova	54
Tabelul 3.1. Indicatorii geomorfologici a parcelelor cercetate	64
Tabelul 3.2. Caracteristica profilelor solului din cele trei parcele ale regiunea IGP Codru	65
Tabelul 3.3. Conținutul mediu ponderat al indicatorilor fizici, fizico-chimici și chimici în stratul 0 - 60 cm pentru cele trei parcele la regiunea IGP Codru	66
Tabelul 3.4. Caracteristica profilelor solului din cele trei parcele ale regiunea IGP Valul lui Traian.....	68
Tabelul 3.5. Conținutul mediu ponderat al indicatorilor fizici, fizico-chimici și chimici în stratul 0 - 60 cm pentru cele trei parcele din regiunea IGP Valul lui Traian	69
Tabelul 3.6. Caracteristica profilului solului din parcelă Purcari la regiunea IGP Ștefan Vodă.	70
Tabelul 3.7. Conținutul mediu ponderat al indicatorilor fizici, fizico-chimici și chimici în stratul 0 - 60 cm pentru parcelă Purcari din regiunea IGP Ștefan Vodă.....	71
Tabelul 3.8. Rezultatele indicilor bio-climaterici a parcelelor experimentale	80
Tabelul 4.1. Compușii organici volatili (COV) identificați în vinurile roșii seci Fetească Neagră prin tehnica GC-IMS și principalele lor caracteristici fizico-chimice	86
Tabelul 4.2. Concentrația a compușilor organici volatili determinați în vinurile roșii seci Fetească Neagră obținute din diferitele terroiruri ale Republicii Moldova.....	91
Tabelul 4.3. Raportul dintre concentrația și pragul olfactiv (OAV) al compușilor organici volatili în vinurile roșii seci Fetească Neagră din diferite parcele ale Republicii Moldova.....	99
Tabelul 4.4. Parametrii fizico-chimici ai vinurilor roșii seci din soiul Fetească Neagră, obținute din diferite parcele ale Republicii Moldova	103
Tabelul 4.5. Concentrația în masă a acizilor organici în vinurile roșii seci din soiul Fetească Neagră, provenite din cele șapte parcele	104

Tabelul 4.6. Corelarea expresiei senzoriale, a compușilor organici volatili dominanți și a strategiilor de vinificare recomandate pentru vinurile roșii seci Fetească Neagră din principalele parcele ale Republicii Moldova.....	107
Tabelul 5.1. Parametrii fizico-chimici ai vinului - Seria „Academia Fetească Neagră” din Vinăriei Purcari	112
Tabelul 5.2. Parametrii fizico-chimici ai vinului de tip destinat consumului rapid din Vinăriei Didactice Leova.....	115

LISTA FIGURILOR

Figura 1.1. Harta principalelor indicații geografice protejate (IGP) ale Republicii Moldova, conform delimitării zonelor vitivinicole: Valul lui Traian, Codru și Ștefan Vodă (Laboratorul Ecologie și Proiectare, ISPHTA, Chișinău, 2016 și ONVV, 2018)	26
Figura 1.2. Schema de principiu a funcționării sistemului GC-IMS.	43
Figura 2.1. Echipamentul GC-IMS utilizat pentru analiza compușilor organici volatili (FlavourSpec®, G.A.S., Germania) cu sistem automat de injectare CTC-PAL 3.....	55
Figura 3.1. Analiza Heatmap a corelațiilor dintre parametrii edafici (solului) și parcelele experimentale de Fetească Neagră din diferite terroiruri viticole ale Republicii Moldova.	72
Figura 3.2. Evoluția temperaturilor medii lunare în perioada 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în trei parcele din IGP Codru.	74
Figura 3.3. Variația precipitațiilor lunare în perioada 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în trei parcele din IGP Codru.	75
Figura 3.4. Evoluția temperaturilor medii lunare în perioada 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în trei parcele din IGP Valul lui Trian.	77
Figura 3.5. Variația precipitațiilor lunare în perioada 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în trei parcele din IGP Valul lui Trian..	78
Figura 3.6. Evoluția temperaturilor medii lunare în perioada 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în parcelă Purcari din IGP Ștefan Vodă.....	79
Figura 3.7. Variația precipitațiilor lunare în perioada 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în parcelă Purcari din IGP Ștefan Vodă.....	80
Figura 4.1. Analiza Heatmap a compușilor organici volatili identificați în vinurile Fetească Neagră, provenite din diferite parcele ale Republicii Moldova	94
Figura 4.2. Spectre bidimensionale GC-IMS ale compușilor organici volatili identificați în vinurile Fetească Neagră din cele șapte parcele experimentale GC-IMS ale celor șapte parcele	95
Figura 4.3.(A) - Componentelor principale ale compușilor organici volatili din vinurile Fetească Neagră provenite din șapte parcele ale Republicii Moldova; (B) - Proiecția variabilelor (compuși organici volatili) pe primele două componente principale pentru vinurile Fetească Neagră.....	97

Figura 4.4. Analiza factorială multiplă a corelațiilor dintre descriptorii senzoriali și vinurile roșii seci Fetească Neagră din șapte parcele	101
Figura 4.5. Corelațiile Spearman dintre factorii de terroir și compușii organici volatili (COV) identificați în vinurile roșii sec Fetească Neagră ($p < 0,05$)	105
Figura 5.1. Schema de implementare a vinuri în cadrul Vinăriei Purcari-Seria, „Academia Fetească Neagră”	111
Figura 5.2. Schema de implementare a vinuri în cadrul Vinăriei didactice Leova - vin destinat consumului rapid	114

LISTA ABREVIERILOR

- CI - Indicele temperaturilor nocturne
- DI - Indicele de ariditate
- ETP - Evapotranspirație potențială
- GC-MS - Cromatografie Gazoasă cu Spectrometria de masă
- HI - Indicele heliometric Huglin
- LAB - Bacteriile malo-lactice
- OTU - Unităților Taxonomice Operaționale
- PCA - Analiza Componentelor Principale
- UV - Ultraviolete
- COV - Compuși organici volatili
- OAV - Valoarea Activității Olfactive
- FN - Fetească Neagră
- LDA - Linear Discriminant Analysis
- GC-IMS - Cromatografie Gazoasă cu Spectrometrie de Mobilitate Ionică
- HTC - Coeficientul hidrotermal
- GST - Temperatura sezonului de creștere
- HCA - analiza clusterelor ierarhice
- DA - analiza discriminantă
- PLSR - regresia parțială pe cele mai mici pătrate
- TDN - 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalenă
- WI-GDD - Indicele Winkler
- BVI - Indicatorii viticulturii bio-climatice
- MFA - Metoda Analizei Multifactoriale
- VAO - Valoarea de activitate olfactivă
- IGP - Indicația Geografică Protejată
- GC-O-MS - Cromatografie Gazoasă olfactivă mass spectrometria

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța problemei abordate. În contextul restructurării accelerate a comerțului global cu vin, piețele tradiționale de consum tind să atingă un nivel de saturație, în timp ce piețele emergente, în special China, devin centre strategice ale industriei vitivinicole mondiale. Conform datelor OIV (2024), China se menține printre cele mai importante piețe globale, cu un consum de aproximativ 550 milioane litri, iar importurile de vin au înregistrat în anul 2024 o revenire semnificativă, atingând 2,8 milioane hectolitri ($\approx 1,5$ miliarde EUR), vinurile îmbuteliate reprezentând peste 90% din valoarea totală a importurilor [1]. În paralel, producția internă se află într-un declin constant, ceea ce consolidează rolul vinurilor importate, în special în segmentul mediu și premium, relativ stabil în marile centre urbane. Pe fondul schimbărilor generaționale și al transformării stilului de viață, preferințele consumatorilor chinezi evoluează de la modele elitiste, bazate pe prestigiu și origine consacrată, către o logică orientată spre experiență senzorială, individualitate și expresie aromatică. Vinurile cu profil fructat și floral, corp moale și caracter destinat consumului rapid câștigă o popularitate crescândă în rândul consumatorilor urbani cu vârste între 25 și 40 de ani, în special în rândul femeilor [2]. Totodată, interesul sporit pentru identitatea culturală și povestea regiunilor viticole favorizează afirmarea unor origini considerate anterior „atipice” pe piața chineză, precum Georgia, a cărei pondere în importuri a depășit pragul de 6% în anul 2023 [3].

În acest context, vinurile din Republica Moldova prezintă avantaje competitive clare. În anul 2023, exporturile totale de vin au atins aproximativ 110 milioane litri, cu o creștere de 12,3% față de anul precedent, iar exporturile de vin îmbuteliat către China au înregistrat una dintre cele mai ridicate rate de creștere din Europa Centrală și de Est [4]. Orientarea industrială spre export, conformitatea cu normele tehnologice ale Uniunii Europene și capacitatea de adaptare la cerințele pieței favorizează integrarea Moldovei în lanțurile de consum asiatice. Totodată, poziționarea prețurilor în intervalul aproape 6,0-18,30 euro (aproape 50-150 CNY) per sticlă corespunde segmentului-cheie al pieței chineze și asigură un raport calitate-preț competitiv [5].

Din perspectiva consumului, vinurile moldovenești beneficiază de un patrimoniu genetic valoros de soiuri autohtone, care permit o exprimare stilistică autentică și diferențiată [6], iar notorietatea încă redusă pe piața chineză creează un context favorabil de tip „ocean albastru”. În acest cadru, valorificarea expresiei aromatice devine esențială pentru construirea unei relații coerente între terroir, tehnologia de vinificare și cerințele pieței, constituind motivația fundamentală a prezentei cercetări. Din punct de vedere senzorial, aroma reprezintă factorul cu impactul cel mai direct asupra acceptării consumatorului și un vehicul de legătură între mediul

natural și percepțiile culturale ale pieței [7]. Aceasta este determinată de compoziția și interacțiunea compușilor organici volatili (COV), a căror structură influențează caracterul aromatic, complexitatea, echilibrul și recognoscibilitatea senzorială a vinului [8].

Numeroase studii demonstrează că sinteza și expresia COV sunt extrem de sensibile la factorii de terroir. Amplitudinea termică zilnică favorizează acumularea alcoolilor C6 și a terpenelor, conferind vinului prospețime și complexitate aromatică [9]. Stresul hidric moderat stimulează căile metabolice dependente de acetyl-CoA, favorizând sinteza esterilor fructați, precum 3-metilbutil-etanoatul și acetatul de feniletil [10]. Dezechilibrele minerale ale solului sau valorile necorespunzătoare ale pH-ului pot afecta activitatea enzimelor implicate în transformarea precursorilor aromatici [11].

Într-un context în care industria vitivinicolă acordă o importanță tot mai mare originii geografice și recognoscibilității senzoriale, terroirul devine nu doar un simbol cultural al identității regionale, ci și o bază tehnologică pentru construirea unor structuri aromatice previzibile și controlabile [12]. Implementarea, în Republica Moldova, a sistemului Indicației Geografice Protejate (IGP), cu delimitarea regiunilor Codru, Ștefan Vodă și Valul lui Traian, oferă un cadru instituțional clar pentru studierea diferențelor de terroir și a impactului acestora asupra expresiei aromatice a vinurilor [13].

În acest studiu, soiul autohton Fetească Neagră ocupă un rol central. Datorită plasticității sale metabolice, potențialului aromatic ridicat și capacității de adaptare la condiții pedoclimatice variate, acest soi reprezintă un model adecvat pentru investigarea mecanismelor de formare a compușilor organici volatili în relație cu terroirul și tehnologia de vinificare. Analiza sistematică a expresiei aromatice a soiului Fetească Neagră în diferite unități de terroir, corelată cu cerințele pieței, în special ale pieței chineze, reprezintă o direcție de cercetare actuală, relevantă și cu o valoare aplicativă certă.

Scopul și obiectivele lucrării. Această lucrare are ca scop elaborarea unui model tehnologic de vinificare pentru soiul autohton Fetească Neagră, care să permită valorificarea expresiei terroirului în corelație cu orientarea către cerințele pieței de desfacere, prin integrarea factorilor pedoclimatici și a caracteristicilor compoziției aromatice a vinurilor obținute.

Scopul a fost realizat prin executarea următoarelor obiective:

- studiul influenței condițiilor pedoclimatice specifice din șapte podgorii reprezentative ale Republicii Moldova asupra expresiei aromatice a vinurilor obținute din soiul Fetească Neagră;
- analiza compoziției compușilor organici volatili ai vinurilor din soiul Fetească Neagră prin aplicarea tehnicii GC-IMS, în vederea evidențierii particularităților aromatice determinate de terroir;

- evaluarea relației dintre factorii de terroir și profilul aromatic al vinurilor din soiul Fetească Neagră, în contextul mecanismelor de formare și diferențiere a expresiei senzoriale;
- identificarea și fundamentarea unor strategii de vinificare diferențiate, adaptate condițiilor de terroir studiate;
- elaborarea recomandărilor tehnologice pentru producerea vinurilor din soiul Fetească Neagră orientate spre creșterea valorii comerciale și poziționarea diferențiată pe piețele internaționale.

Ipoteza de cercetare: calitatea și identitatea vinurilor roșii pot fi optimizate prin elaborarea unui model tehnologic integrat, care îmbină logica exprimării terroirului cu orientarea spre piață. Având ca obiect de studiu soiul autohton Fetească Neagră, expresia sa aromatică este determinată de condițiile pedoclimatice regionale și de itinerariile tehnologice aplicate. Adaptarea proceselor de vinificare la particularitățile fiecărui terroir și la preferințele pieței chineze va permite obținerea unor vinuri cu profil aromatic diferențiat, compoziție fizico-chimică echilibrată și competitivitate ridicată pe piața internațională.

Sinteza metodologiei de cercetare. Cercetările prezentului studiu au vizat analiza influenței condițiilor de terroir asupra expresiei aromatice a vinurilor obținute din soiul autohton Fetească Neagră. Obiectele cercetării au fost vinuri provenite din șapte podgorii reprezentative ale Republicii Moldova, încadrate în cele trei Indicații Geografice Protejate, elaborate în condiții tehnologice unificate pentru asigurarea comparabilității rezultatelor.

Caracterizarea terroirului a fost realizată prin analiza integrată a factorilor pedoclimatici și a parametrilor fizico-chimici esențiali ai solului, utilizând indicatori bioclimatici consacrați, care permit evaluarea resurselor termice și hidrice și diferențierea unităților teritoriale studiate.

Profilurile compușilor organici volatili au fost determinate prin cromatografie gazoasă cu spectrometrie de mobilitate ionică (GC-IMS), metodă utilizată pentru evidențierea amprentelor aromatice și a diferențelor regionale. Interpretarea datelor a fost realizată prin metode statistice multivariate, în vederea identificării markerilor aromatici și a relațiilor dintre terroir și compoziția aromatică a vinurilor.

Corelarea analizelor chimice cu datele pedoclimatice și evaluarea senzorială a permis elucidarea mecanismelor de asociere dintre terroir și expresia aromatică a vinurilor din soiul Fetească Neagră, constituind baza elaborării unui model de adaptabilitate aromatică cu aplicabilitate tehnologică și de piață.

Noutatea și originalitatea științifică. Pentru prima dată, în Republica Moldova, a fost realizată o analiză integrată a expresiei aromatice a vinurilor roșii obținute din soiul autohton Fetească Neagră provenite din șapte podgorii viticole reprezentative, încadrate în cele trei regiuni geografice ale țării, corelând compoziția compușilor volatili cu parametrii pedoclimatici specifici terroirului.

Prin aplicarea tehnicii moderne de analiză GC-IMS, au fost determinate profilurile compușilor organici volatili și au fost obținute amprente aromatice caracteristice vinurilor Fetească Neagră din diferite unități de terroir. Pe baza modelării statistice multivariate au fost identificați markeri aromatici regionali, relevanți pentru diferențierea și caracterizarea vinurilor roșii obținute din acest soi autohton.

Originalitatea lucrării constă în abordarea orientată spre piață, care integrează analiza științifică a terroirului cu formularea unor recomandări tehnologice de vinificare, în vederea dezvoltării unor stiluri de vin adaptate preferințelor de consum și poziționării diferențiate a vinurilor moldovenești pe principalele piețe internaționale.

Aprobarea rezultatelor

Rezultatele științifice obținute în cadrul cercetării au fost prezentate și discutate în cadrul următoarelor manifestări științifice internaționale: Congresul Mondial al Viei și Vinului, ediția a 44-a, Jerez de la Frontera, Spania, 05-09 iunie 2023; Congresul Mondial al Viei și Vinului, ediția a 45-a, Dijon, Franța, 14-18 octombrie 2024; Congresul Mondial al Viei și Vinului, ediția a 46-a, Chișinău, Republica Moldova, 16-20 iunie 2025; precum și în cadrul conferinței internaționale CASEE conference 2023 „Smart Life Sciences and Technology for Sustainable Development”, Chișinău, Republica Moldova.

Publicațiile. Rezultatele cercetărilor la tema tezei sunt reflectate în 10 de lucrări științifice: 2 articole în reviste internaționale cu factor de impact; 2 articole în revistă națională de categoria B+; 1 articole în reviste naționale de categoria B; 18 participări la conferințe științifice naționale și internaționale.

Sumarul compartimentelor tezei. Teza de doctor este expusă pe 156 pagini de text dactilografiat, include 20 tabele, 17 figuri, 6 anexe și este structurată în 5 capitole.

Introducerea cuprinde argumentarea actualității și importanța problemei abordate, prezentarea rezultatelor cercetărilor anterioare referitoare la tema aleasă, noutatea științifică,

formularea obiectivelor, a ipotezei și a problemelor de cercetare propuse spre realizare, precum și sinteza metodologiei de cercetare.

Capitolul 1 - „Terroir și identitatea aromatică a vinurilor: fundamente științifice și orientări strategice pentru adaptarea la piețele internaționale” prezintă o analiză a publicațiilor științifice de specialitate, care reflectă următoarele aspecte: rolul compușilor organici volatili în definirea profilului aromatic al vinului; influența factorilor de terroir asupra expresiei aromatice și identității senzoriale; metodele moderne de analiză a compușilor volatili; precum și tendințele actuale de consum pe piețele internaționale, cu accent pe piața chineză. Totodată, sunt prezentate conceptele fundamentale ale indicațiilor geografice protejate (IGP) și importanța acestora în diferențierea și poziționarea vinurilor pe piața internațională. Capitolul se finalizează cu concluzii și cu direcțiile principale de cercetare abordate în capitolele următoare.

Capitolul 2 - „Materiale și metode de cercetare” prezintă obiectele de cercetare, materialele și metodele utilizate pentru asigurarea veridicității și reproductibilității rezultatelor. Sunt descrise selectarea parcelelor reprezentative din cele trei regiuni cu Indicație Geografică Protejată (IGP) ale Republicii Moldova, procedurile de colectare a probelor și procesul unificat de vinificare aplicat în condiții experimentale. Metodologia de cercetare reprezintă un ansamblu de metode tradiționale și moderne, adaptate scopului studiului, incluzând determinări chimice și fizico-chimice ale vinurilor, evaluarea senzorială și aplicarea metodelor statistice pentru prelucrarea și interpretarea datelor experimentale.

Capitolul 3 - „Rezultatele studiului privind componentele agro-pedo-climatice ale rețelei parcelelor experimentale de Fetească Neagră” reflectă rezultatele cercetărilor privind caracterizarea condițiilor de terroir ale parcelelor experimentale și influența acestora asupra potențialului aromatic al soiului Fetească Neagră. Capitolul corespunde primei ipoteze de cercetare și prezintă o analiză sistematică a factorilor agro-pedo-climatici din principalele regiuni viticole ale Republicii Moldova. Sunt realizate analize comparative ale parametrilor climatici, pedologici și topografici pentru șapte parcele reprezentative din zonele cu Indicație Geografică Protejată (IGP), precum și calculul indicilor bioclimatici relevanți. Rezultatele evidențiază existența unui gradient clar de terroir și a variabilității regionale, oferind fundament științific pentru diferențierea stilistică și poziționarea vinurilor Fetească Neagră.

Capitolul 4 - „Studiul compoziției volatile și al profilului senzorial al vinurilor roșii seci din soiul Fetească Neagră (a.r. 2022)” reflectă rezultatele cercetărilor privind caracterizarea compușilor organici volatili și a profilului senzorial al vinurilor Fetească Neagră din regiunile cu Indicație Geografică Protejată (IGP) ale Republicii Moldova. Capitolul analizează influența condițiilor de terroir asupra expresiei aromatice și diferențierii regionale a vinurilor. Analiza se bazează pe determinări GC-IMS, evaluări senzoriale și metode statistice multivariate, permițând identificarea compușilor aromatici-cheie și fundamentarea unor orientări de vinificație diferențiate, adaptate specificului terroirului și cerințelor pieței de consum.

Capitolul 5 - „Valorificarea practică a rezultatelor cercetării: aplicații tehnologice în vinificația soiului Fetească Neagră” include rezultatele privind transferul și aplicarea practică a concluziilor științifice obținute, în vederea validării influenței terroirului asupra compoziției chimice și expresiei senzoriale a vinurilor din soiul Fetească Neagră. Sunt prezentate modele de valorificare practică a rezultatelor prin integrarea profilului aromatic regional, a parametrilor pedoclimatici și a compoziției volatile în procesele de vinificare. Capitolul evidențiază impactul aplicativ al cercetării asupra dezvoltării unor stiluri de vin diferențiate, adaptate cerințelor pieței de consum, precum și rolul transferului tehnologic și educațional. Capitolul se finalizează cu concluzii privind relevanța practică și contribuția rezultatelor la competitivitatea internațională a vinurilor moldovenești..

Teza se încheie cu **concluzii generale și recomandări**. Astfel, lucrarea prezintă o cercetare complexă și coerentă, care pornește de la analiza condițiilor de terroir, continuă cu studiul expresiei aromatice și senzoriale a vinurilor din soiul autohton Fetească Neagră și se finalizează cu valorificarea practică a rezultatelor în procese tehnologice de vinificație, având drept scop îmbunătățirea calității și consolidarea competitivității vinurilor moldovenești pe piețele de desfacere.

1. TERROIR ȘI IDENTITATEA AROMATICĂ A VINURILOR: FUNDAMENTE ȘTIINȚIFICE ȘI ORIENTĂRI STRATEGICE PENTRU ADAPTAREA LA PIEȚELE INTERNAȚIONALE

1.1 Complementaritatea sectorului vitivinicol China-Moldova și premisele strategice pentru accesul pe piața chineză

1.1.1 Dinamica pieței vinului în China și perspectivele de integrare ale vinurilor moldovenești

Conform raportului din 2024 al OIV (Organizația Internațională a Viei și Vinului), China și Moldova prezintă un grad ridicat de complementaritate în ceea ce privește structura industriei vinului, poziționarea pe piață și strategiile de dezvoltare, oferind astfel un fundament solid și o oportunitate strategică pentru pătrunderea vinurilor moldovenești pe piața chineză [1,14]. Din perspectiva producției, Moldova este o țară cu o orientare tipică spre exportul de vin, având 115,000 de hectare de viță de vie, clasându-se pe locul 16 la nivel mondial. În 2024, producția anuală de vin a fost de aproximativ 110 milioane de litri, în scădere cu 39,7 % față de anul precedent (a treia cea mai scăzută producție din anul 2000 încoace), dar menținând, pe termen lung, o capacitate medie stabilă de aproximativ 135 de milioane de litri [15]. Moldova beneficiază de o tradiție consolidată în vinificație și de conformitatea cu standardele Uniunii Europene, având un indice de intensitate a exportului de aproape 90 %, semnificativ mai ridicat decât media globală de 35 % [16], ceea ce indică o orientare majoritară către piețele internaționale. Pe de altă parte, China este al treilea cel mai mare cultivator de viță de vie din lume, deși producția internă de vin a înregistrat un declin continuu după 2015, ajungând în 2024 la 260 de milioane de litri, consumul total rămâne ridicat, situându-se la 550 de milioane de litri, dintre care 280 de milioane reprezintă vinuri importate. Importurile de vin îmbuteliat au crescut cu 43,8 %, atingând o valoare de 1,5 miliarde de euro, reprezentând 90 % din totalul importurilor [17]. Aceste date reflectă o redresare rapidă a cererii structurale pentru vinuri de calitate superioară pe piața chineză, iar revenirea din 2024, după șase ani de declin consecutiv, indică un semnal clar de revigorare a pieței [18].

Mai important, structura surselor de import ale vinurilor în China suferă o transformare substanțială. Piața chineză a înregistrat o tendință clară de tranziție de la țările tradiționale producătoare de vin (precum Franța, Italia și Spania) către regiuni emergente sau considerate de nișă (precum Chile, Georgia, Africa de Sud, Argentina etc.) [19]. Franța rămâne principalul furnizor de vinuri importate în China, cu o valoare a exporturilor către această piață de 753 de milioane de dolari în 2021, în creștere cu 48% față de anul anterior, și un volum total exportat de 1,15 miliarde de litri, consolidându-și poziția dominantă. În mod special, regiunea Bordeaux s-a

remarcat printr-un export de 54 de milioane de sticle de vin AOP către China, reprezentând 67% din exporturile franceze de vinuri AOP către această piață. Italia și Spania urmează imediat în clasament, cu cote de piață de 9,8% și respectiv 8,6%, și cu creșteri anuale ale valorii exporturilor de 43,7% și 49,3%. Aceste țări își mențin rolul central pe piața chineză datorită recunoașterii solide a brandului, reputației legate de originea geografică și eforturilor active de promovare-precum campaniile de degustare și turneele organizate de Italia în mai multe orașe importante din China [20].

Totuși, poziția dominantă a regiunilor tradiționale producătoare de vinuri se confruntă cu provocări. Australia a fost pentru o scurtă perioadă, în 2019, cel mai mare furnizor de vinuri importate în China, însă, începând cu sfârșitul anului 2020, ca urmare a tensiunilor comerciale bilaterale, vinurile australiene au fost supuse unor taxe antidumping de până la 218%. Această măsură a dus la o prăbușire de 97% a valorii exporturilor către China în 2021, iar volumul exporturilor a scăzut cu 93%. Cota de piață a Australiei a scăzut dramatic, de la aproape 40% la mai puțin de 4%, ceea ce a determinat retragerea sa aproape completă din piața chineză măiestream. Acest vid de piață a creat o fereastră de oportunitate pentru alte țări. Regiunile viticole emergente din „Lumea Nouă”, reprezentate în special de Chile, au profitat rapid de această oportunitate, beneficiind de avantajele Acordului de Liber Schimb China-Chile și de poziționarea pe segmentul de produse cu un raport calitate preț ridicat. În 2021, valoarea exporturilor de vin chilian către China a atins 256 milioane USD, în creștere cu 38,1%, iar volumul exportat a ajuns la 176 milioane de litri, reprezentând o cotă de piață de aproximativ 19,6%. Imaginea vinurilor chiliene a evoluat de la „alegeri accesibile” spre „produse premium”, iar piața chineză a devenit un pilon strategic pentru dezvoltarea sa. Prețul mediu de export al vinurilor chiliene a înregistrat o creștere constantă. În plus, Chile este și cel mai mare furnizor de vinuri vrac pentru China, acoperind aproximativ 59% din acest segment, extinzându-și astfel acoperirea atât în piața de masă, cât și în segmentul mediu [21,22].

Pe lângă Chile, Georgia o regiune viticolă de nișă a reușit, de asemenea, să obțină progrese remarcabile pe piața chineză. Considerată una dintre leagănele civilizației vinului, Georgia a înființat încă din 2015 un centru de promovare a vinurilor la Beijing și a valorificat inițiativa „Belt and Road” împreună cu Acordul de Liber Schimb dintre China și Georgia pentru a-și intensifica eforturile de promovare pe piața chineză. Aceste inițiative au dat roade: în decurs de un deceniu, valoarea exporturilor georgiene de vin către China a crescut de 30 de ori. În primele zece luni ale anului 2021, Georgia a exportat 4,55 milioane de sticle către China, în creștere cu 13% față de anul precedent, ajungând temporar pe locul patru în topul furnizorilor de vinuri importați în China (după

numărul de sticle). China a fost desemnată oficial piață strategică pentru vinurile georgiene. Produsele distinctive din patrimoniul viticol georgian, cum ar fi vinul de chihlimbar („orange wine”) au început să câștige recunoaștere în rândul consumatorilor tineri chinezi, demonstrând potențialul regiunilor de nișă în promovarea culturii viticole și a vinurilor cu specificitate locală. În plus, țări producătoare de vinuri considerate non-tradiționale, precum Africa de Sud, Statele Unite ale Americii, Argentina și Noua Zeelandă, au înregistrat în 2021 creșteri semnificative de ordinul zecilor sau chiar sutelor de procente în exporturile către China. De exemplu, volumul exporturilor din Africa de Sud a crescut cu 193%, iar valoarea exporturilor americane a crescut cu 75%, în ciuda faptului că o parte dintre ele au fost încă afectate de taxe vamale. Aceste date demonstrează că tot mai mulți consumatori chinezi sunt dispuși să încerce vinuri din regiuni non-tradiționale, acordând o importanță crescută noțiunilor de „origine inedită”, „poveste culturală” și „raport calitate-preț”, ceea ce indică o schimbare de paradigmă de la o preferință exclusivă pentru regiuni consacrate la o orientare spre calitate, diversitate și descoperire [23,24,25].

Tocmai în acest context de transformare structurală, Moldova o țară producătoare de vinuri aflată în vecinătatea Uniunii Europene, dar încă puțin cunoscută pe piața chineză deține un avantaj natural de „jucător întârziat”. Pe de o parte, Moldova se bucură de o tradiție vinicolă îndelungată, are un sistem industrial aliniat cu standardele europene, iar vinurile sale se remarcă prin expresivitate aromatică, claritate a terroirului și un excelent raport calitate preț toate calități care răspund perfect cererii chineze pentru vinuri de import de înaltă calitate. Pe de altă parte, gradul scăzut de penetrare și recunoaștere a brandurilor moldovenești pe piața chineză lasă loc unui potențial substanțial de creștere. Comparativ cu experiența Georgiei, care în ultimul deceniu a reușit o pătrundere semnificativă printr-o promovare sistematică și strategică, Moldova are șansa de a-și valorifica propriile caracteristici de terroir, completându-le cu eforturi susținute de construire a brandului, marketing cultural și adaptare la contexte specifice de consum (precum asocierea cu bucătăria chineză sau consumul în rândul tinerilor). Astfel, Moldova ar putea trece de la statutul de „actor invizibil” la cel de „regiune în creștere structurală” în cadrul celei de-a doua celei mai mari piețe de vinuri din lume.

În concluzie, dependența structurală a Chinei de vinurile de import, tendința de diversificare a surselor de aprovizionare de la regiuni tradiționale spre țări emergente precum și aprofundarea în rândul consumatorilor chinezi a noțiunii de calitate și explorare a originii, converg spre o oportunitate istorică majoră pentru dezvoltarea vinurilor moldovenești. În contextul mai larg al reconfigurării structurii globale a consumului de vin, Republica Moldova ar trebui să valorifice golul structural existent pe piața chineză și tendințele culturale în plină diversificare[26], prin

consolidarea imaginii de ansamblu a regiunilor sale viticole și o promovare coerentă a brandurilor, deschizând astfel un canal sustenabil de creștere pe piața chineză și trecând strategic de la statutul de „mic exportator orientat spre exterior” la cel de „nouă regiune cu influență globală în sectorul vinului”.

1.1.2 Tendințele de consum și strategiile de segmentare și poziționare pe piața vinului din China

Pe fondul transformării structurale a pieței vinului din China și al diversificării surselor de import, evoluția preferințelor consumatorilor evidențiază oportunități favorabile pentru vinurile moldovenești. Deși vinurile roșii continuă să domine consumul total, se observă o orientare progresivă către stiluri mai ușoare, mai aromatate și mai accesibile, cu o creștere a interesului pentru vinurile cu profil fructat, în special în rândul tinerilor și al consumatorilor urbani [14]. Această tendință este asociată cu promovarea consumului responsabil și cu implicarea tot mai activă a femeilor în deciziile de cumpărare, preferințele acestui segment fiind orientate către vinuri cu structură catifelată, aromă fructată pronunțată și echilibru gustativ.

La nivel senzorial, piața chineză favorizează vinurile caracterizate prin fructuozitate intensă, aciditate moderată și taninuri moi, preferință confirmată de studii senzoriale realizate la nivel național [27]. În contrast, vinurile cu aciditate ridicată, structură tanică dură sau influență lemnoasă accentuată sunt mai puțin acceptate de segmentul consumatorilor debutanți. Această orientare spre vinuri expresive și ușor de consumat este compatibilă cu stilistica multor vinuri moldovenești, care se remarcă prin echilibru, prospețime și accesibilitate senzorială.

Comportamentul de cumpărare pe piața chineză este influențat predominant de brand, preț și povestea de origine, în timp ce anul de recoltă joacă un rol secundar, în special în segmentul de masă [14]. Pentru regiuni emergente, precum Republica Moldova, aflate într-un stadiu incipient de recunoaștere, această structură a cererii constituie un avantaj strategic. Totodată, în segmentele premium se observă un interes crescând pentru terroir și calitatea anului de recoltă, fără a diminua atractivitatea regiunilor noi care oferă un raport favorabil calitate-preț.

Preferințele de consum diferă semnificativ între regiunile Chinei, ceea ce impune o abordare diferențiată de poziționare. Piețele din estul țării favorizează vinuri mai complexe, cele din nord preferă stiluri robuste, iar sudul și sud-vestul se orientează către vinuri catifelte și fructate [28]. Această segmentare regională oferă repere clare pentru adaptarea stilistică a vinurilor moldovenești în funcție de specificul fiecărei piețe.

În contextul schimbărilor demografice, implicarea tot mai activă a tinerilor și a femeilor în consumul de vin accentuează importanța dimensiunii culturale și a autenticității produsului. Originea est-europeană, tradiția viticolă și specificitatea terroirului conferă vinurilor moldovenești

un potențial narativ relevant, care poate fi valorificat prin strategii coerente de poziționare și comunicare pe piața chineză [29].

În ultimii ani, preferințele consumatorilor chinezi au evoluat de la stiluri uniforme și regiuni consacrate către o diversificare a gusturilor, a originii și a experiențelor senzoriale, ceea ce a creat oportunități pentru regiuni vitivinicole emergente, inclusiv Republica Moldova [30]. În acest context, indicațiile geografice protejate (IGP) dobândesc un rol strategic în comunicarea valorii terroirului, în standardizarea stilurilor de vin și în consolidarea încrederii consumatorilor.

Sistemul IGP oferă un cadru instituțional care permite integrarea specificității geografice, climatice și pedologice cu cerințele pieței, facilitând dezvoltarea unor expresii senzoriale distincte și o poziționare clară a produselor. Într-un peisaj global competitiv și orientat spre consumator, capacitatea de a corela autenticitatea cu adaptabilitatea devine esențială. În acest sens, Republica Moldova, beneficiind de un sistem IGP funcțional, dispune de premisele necesare pentru protejarea soiurilor autohtone, controlul calității și valorificarea identității vinurilor sale pe piețele internaționale.

1.2. Indicațiile geografice protejate din Republica Moldova și expresia terroirului prin soiul Fetească Neagră

1.2.1. Sistemul indicațiilor geografice protejate și rolul lor în definirea terroirului moldovenesc

În domeniul vinificației, Indicațiile Geografice (IG) reprezintă un concept crucial și complex, având un rol esențial în păstrarea identității și caracteristicilor unice ale vinului bazate pe originea sa geografică [31]. Acest sistem nu doar că subliniază unicitatea geografică a regiunii, dar servește și ca mecanism de protejare și promovare a tradițiilor viticole, precum și a moștenirii culturale și istorice din acea zonă [32].

Esența indicației geografice constă în recunoașterea unicii geografice ale unei regiuni, incluzând compoziția solului, diferențele climatice și caracteristicile de relief [33], factori care influențează profund creșterea viței de vie și, implicit, proprietățile senzoriale ale vinului produs. Conceptul de terroir se referă la combinația unică a elementelor naturale ale unei regiuni specifice, iar acest concept leagă strâns vinul de terenul său de origine, făcând ca indicațiile geografice să fie o componentă indispensabilă a industriei viticole [34,35].

Unul dintre rolurile importante ale indicațiilor geografice este de a conferi unicitate și protecție vinurilor dintr-o anumită regiune prin intermediul legislației, asigurând astfel diferențierea clară a acestora față de vinurile din alte regiuni. De exemplu, indicația geografică Bordeaux nu doar că semnifică originea geografică a strugurilor, dar și respectarea standardelor și tradițiilor stricte pe parcursul procesului de producție a vinului [36].

Pe lângă protecția legală, indicațiile geografice promovează și un sentiment de autenticitate și unicitate. Acestea încurajează vinificatorii să respecte și să transmită tradițiile regionale în procesul de producție, creând vinuri care nu doar că au valoare de consum, dar și reprezintă moștenirea culturală a regiunii [37]. Interacțiunea complexă dintre soiul de struguri și mediul local contribuie la formarea caracteristicilor unice ale vinurilor cu indicație geografică, inclusiv aromele, gustul și textura acestora.

În prezent, Republica Moldova a stabilit 4 regiuni de producție de vinuri cu IGP: Codru, Ștefan Vodă, Valul lui Traian și Divin. Fiecare dintre aceste regiuni este administrată de asociații de producători de vinuri cu IGP [38]. Toate cele patru asociații au fost înregistrate la agenția de stat pentru proprietatea intelectuală (AGEPI) în anul 2013, iar cele patru IGP sunt protejate atât la nivel național (Republica Moldova - 2012), cât și la nivelul Uniunii Europene (2016) [39,40].



Figura 1.1. Harta principalelor indicații geografice protejate (IGP) ale Republicii Moldova, conform delimitării zonelor vitivinicole: Valul lui Traian, Codru și Ștefan Vodă (Laboratorul Ecologie și Proiectare, ISPHTA, Chișinău, 2016 și ONVV, 2018)

Particularitățile parcelor viticole IGP Codru

Regiunea vitivinicolă IGP Codru se caracterizează printr-un relief puternic fragmentat, dominat de dealuri și versanți cu înclinații reduse până la moderate, favorabile viticulturii. Diversitatea reliefului contribuie la o bună expunere a plantațiilor și la formarea unor microclimate variate.

Clima este temperat-continentală, cu ierni relativ blânde și veri calde, asigurând condiții echilibrate pentru maturarea strugurilor. Regiunea dispune de un potențial termic moderat și de un regim pluviometric adecvat pentru obținerea vinurilor cu aciditate bună și expresie aromatică fină. Solurile sunt dominate de cernoziomuri, în special de tip carbonatic și levigat, completate de soluri brune și cenușii, oferind un suport pedologic favorabil pentru viticultură de calitate. Această combinație de sol și climă conferă regiunii un potențial ridicat pentru producerea vinurilor albe seci și a vinurilor spumante.

Tipicitatea vinurilor din IGP Codru este definită de prospețime, finețe aromatică și echilibru acid, regiunea fiind orientată preponderent spre cultivarea soiurilor cu bob alb. Reglementările specifice IGP asigură respectarea densității de plantare, purității soiurilor și autenticității produselor, consolidând identitatea și valoarea vinurilor din această zonă vitivinicolă reprezentativă a Republicii Moldova.

Particularitățile parcelor viticole IGP Ștefan Vodă

Teritoriul Regiunea vitivinicolă IGP Ștefan Vodă se caracterizează printr-un relief cu fragmentare medie, dominat de versanți cu înclinații moderate, favorabili acumulării termice și maturării avansate a strugurilor. Prezența fluviului Nistru și a râurilor interioare contribuie la modelarea microclimatelor locale și la diversificarea condițiilor de expunere.

Clima regiunii este mai caldă și mai aridă comparativ cu zonele centrale ale Republicii Moldova, fiind specifică unei zone pedoclimatice cu umiditate insuficientă. Regimul termic ridicat, durata lungă a perioadei de vegetație și numărul mare de zile însorite creează condiții favorabile pentru obținerea strugurilor cu concentrații ridicate de zaharuri și compuși fenolici. Solurile regiunii au o structură geologică stratificată, cu alternanță de argile, nisipuri și sedimente marine vechi, care conferă un drenaj variabil și un nivel moderat al resurselor nutritive. Această diversitate pedologică, combinată cu climatul cald, favorizează producerea vinurilor roșii concentrate și bine structurate.

Tipicitatea vinurilor din IGP Ștefan Vodă este definită de intensitate aromatică, corpolență și potențial de învechire, regiunea fiind recunoscută în mod tradițional pentru vinurile roșii de soi și de cupaj. Structura sortimentală este orientată preponderent spre soiuri cu bob negru, iar reglementările specifice IGP stabilesc cerințe stricte privind amplasarea plantațiilor, calitatea materiei prime și limitele tehnologice admise, asigurând autenticitatea și stabilitatea stilistică a vinurilor produse.

Particularitățile parcelor viticole IGP Valul lui Traian

Regiunea vitivinicolă IGP Valul lui Traian se caracterizează printr-un relief puternic

fragmentat, dominat de dealuri, văi adânci și versanți cu înclinații variate, favorabile viticulturii pe versanți. Prezența fluviului Prut și a rețelei hidrografice locale contribuie la diversificarea microclimatelor, iar delimitarea în subregiuni distincte (Câmpia Bugeacului, Codrii Tigheciului și Terasele Prutului) accentuează heterogenitatea terroirului.

Clima este temperat-continentală, cu influențe ale Mării Negre, caracterizată printr-un regim termic ridicat, insolație abundentă și un nivel de umiditate redus. Brizele maritime și influența masivelor forestiere ale Codrilor Tigheciului atenuază parțial temperaturile ridicate, creând condiții favorabile pentru maturarea completă a strugurilor, în special a soiurilor cu bobul negru. Solurile aparțin predominant zonei de stepă și silvostepă sudică, fiind dominate de cernoziomuri carbonatic, obișnuite și levigate, cu texturi luto-argiloase și lutoase. Această structură pedologică asigură un echilibru între reținerea apei și drenaj, favorizând acumularea compușilor fenolici și stabilitatea maturării.

Tipicitatea vinurilor din IGP Valul lui Traian este definită de intensitate aromatică, maturitate fenolică și structură robustă, regiunea fiind orientată preponderent spre producerea vinurilor roșii, rosé și a unor stiluri spumante și licoroase. Structura sortimentală este dominată de soiuri cu bobul negru, completate de soiuri albe adaptate condițiilor de climă caldă. Reglementările IGP asigură controlul amplasării plantațiilor, al structurii sortimentale și al parametrilor tehnologici, consolidând identitatea stilistică și valoarea vinurilor produse în această regiune vitivinicola distinctă a Republicii Moldova.

Republica Moldova a început producția de vinuri protejate prin indicație geografică (IGP) în 2015, iar acest proces este reglementat de Oficiu Național al Viei și Vinului al Moldovei (ONVV). Până în 2022, suprafața plantațiilor viticole IGP a crescut la 10,058 hectare, înregistrând o creștere de 67,65 % față de 2015. În 2022, 87 de producători IGP au produs 10,590 hectolitri de vin IGP, excluzând vin pentru divin [41].

Din punct de vedere al suprafeței plantate, IGP Valul lui Traian conduce cu 3,614 hectare, reprezentând 36 % din suprafața totală a plantațiilor IGP. IGP Codru urmează cu 2,688 hectare, respectiv 27 %, iar IGP Ștefan Vodă deține 1 249 hectare, echivalente cu 12 %. IGP Divin se întinde pe 2,507 hectare, reprezentând 28 % din suprafața totală.

În ceea ce privește numărul de producători și volumul producției de vin, IGP Valul lui Traian înregistrează 44 de producători, cu o producție de 5,890 hectolitri în anul 2022. IGP Ștefan Vodă ocupă locul al doilea, cu 13 producători și o producție de 2,720 hectolitri. IGP Codru numără 25 de producători, cu un volum de producție de 1 980 hectolitri.

În acest context, cele trei regiuni IGP stabilite de Republica Moldova oferă o bază structurală ideală pentru exprimarea diferențiată a caracteristicilor de terroir și pentru dezvoltarea unor stiluri adaptate piețelor internaționale. Dintre numeroasele soiuri cultivate, Fetească Neagră, soi autohton moldovenesc, se remarcă prin adaptabilitatea sa excepțională la o varietate de condiții pedoclimatice. Datorită capacității sale de a exprima sensibil influențele terroirului, acest soi joacă un rol central în strategia de construire a identității vinului autohton și demonstrează un potențial considerabil pentru crearea unor vinuri cu personalitate distinctă și recognoscibilitate ridicată pe piețe exigente, precum cea chineză.

1.2.2. Soiul Fetească Neagră - expresie identitară a terroirurilor moldovenești

Fetească Neagră - soi cu origini străvechi, considerat un soi dacic, care probabil este o selecție din *Vitis silvestris*. Cunoscut și cultivat din timpuri foarte îndepărtate în vechile parcele din Moldova, unde producea alături de soiurile locale negre, vestitul vin de Uricani [42]. Face parte din *Proles orientalis-subproles caspica*. Are 35 de sinonime agreate, printre care Poama fetei neagră, Păsărească neagră, Coadă rândunicii ș.a. [43]. În prezent, suprafața cultivată în Moldova este de 423 de hectare [44]. Suprafața cultivată în România este de 3,300 de hectare [45].

Soiul Fetească Neagră (*Vitis vinifera* Linné subsp. *sativa* (De Candolle)), Hegi, codul ampelografic 4120) este un soi hermafrodit normal de struguri. Frunzele sunt de mărime medie, cu formă cuneiformă, de culoare verde deschis, și au o formă tri-lobată sau pentri-lobată (cu lobul final triunghiular și alungit) și margini serate. Strugurii sunt de mărime medie, conici, de obicei cu aripi sau dublu-aripe, cu boabele sunt dispersate. Greutatea medie a unui strugure este între 190-230 grame. Boabele sunt de mărime medie, cu pieliță groasă, de culoare albastru-negru, acoperită de pruină abundentă, iar semințele sunt mici, cu formă ovoidă. Soiul prezintă cerințe moderate spre ridicate față de căldură (resurse helioterme), fiind recomandat pentru zone viticole cu expoziție sudică și regim termic favorabil acumulării de compuși fenolici [42,46].

Soiul Fetească Neagră are o rezistență puternică la îngheț în condiții normale de cultivare, fiind capabil să reziste la înghețuri ușoare. Cu toate acestea, atunci când temperatura scade sub -22 °C până la -24 °C, poate apărea dăunare din cauza înghețului, în special în condiții climatice extreme. În plus, acest soi prezintă caracteristici bune de rezistență la secetă [46].

Perioada de maturare a strugurilor este de durată medie spre scurtă, aproximativ 150-160 de zile. Soiul Fetească Neagră își maturează strugurii destul de devreme, (în a doua decadă a lunii septembrie), dar care diferă însă cu zona în care se cultivă. Producțiile sunt foarte mici 6-8 t/ha, însă cu posibilități mari de acumulare a zaharurilor. Acumulează în medie peste 200g/l zaharuri și 240 g/l la suprasaturare, iar aciditatea totală a mustului prezintă valori optime cuprinse între 4,5-5,7 ‰.

În Republica Moldova perioada de la dez mugurire până la maturarea deplină a strugurilor durează 125-140 de zile, suma temperaturilor active fiind de 2700-2800 °C. Maturarea lăstarilor atinge valori de 85-90 %, iar recolta medie este de 7,5-9,5 t/ha [47].

Vița de vie Fetească Neagră este foarte bine adaptată climatului continental din Moldova, acest tip de climă fiind favorabil pentru cultivarea soiurilor târzii, ajutând strugurii să dezvolte arome și gusturi complexe. Vinul roșu obținut din strugurii Fetească Neagră este de calitate superioară, având caracteristici aromatice unice. Aciditatea este destul de ridicată, iar vinurile tinere tind să fie mai acide din cauza compușilor fenolici, însă pe măsură ce vinul se maturează, devine mai echilibrat și mai concentrat. Acest vin poate fi produs monovarietal sau amestecat cu alte soiuri, având o culoare roșu rubiniu intens și o aromă complexă și bogată. Caracteristicile de gust ale vinului Fetească Neagră sunt de obicei dominate de aromele fructelor negre precum prunele uscate, murele, cireșele negre, dar pot include și nuanțe de condimente, plante aromatice și, ocazional, note florale [48]. Taninurile din vinul Fetească Neagră sunt de intensitate medie spre ridicată, conferind vinului o structură solidă și un potențial de învechire excelent.

Fetească Neagră poate produce o gamă variată de vinuri, de la vinuri destinate consumului rapid, cu arome fructate intense, până la vinuri complexe, potrivite pentru maturare pe termen lung. Conform unor studii recente, timpul de maturare influențează semnificativ compușii volatili principali. Rezultatele analizei au indicat că, pe măsură ce timpul de maturare crește, concentrațiile de alcool, aldehide și esteri se măresc, ceea ce îmbogățește complexitatea vinului. Compuși organici volatili joacă un rol esențial în calitatea finală a vinului, iar studiile au demonstrat că vinurile maturate timp de 3 luni au un profil aromatic mai complex și mai variat comparativ cu vinurile maturate doar 1,5 luni [49].

Conform unor studii recente, practicile viticole pot fi utilizate pentru îmbunătățirea calității fenolice a vinurilor roșii. Pentru soiul Fetească Neagră, diferențe pozitive în compoziția fenolică și proprietățile biochimice sunt demonstrate a fi induse atât de cultura organică, cât și de rărirea ciorchinilor în podgorie. În general, vinurile din struguri cultivați organic prezintă o concentrație a substanțelor fenolice mai mare în comparație cu cele din struguri cultivați în mod convențional, efectul crescând atunci când se folosește rărirea ciorchinilor pe lângă cultivarea organică. Compuși fenolici precum acidul p-cumaric, rutina, trans-resveratrol, prezentând diferențe semnificative la strugurii cultivați organic [50].

Studiile efectuate asupra vinurilor Fetească Neagră provenite din diferite regiuni viticole ale României, precum Valea Călugărească, Pietroasa și Odobești, au evidențiat caracteristici aromatice distincte determinate de variabilitatea condițiilor locale de terroir. Condițiile de terroir

au un impact semnificativ asupra calității vinurilor Fetească Neagră [51].

Analiza realizată de cercetători din domeniul oenologiei asupra a 32 de vinuri Fetească Neagră a arătat că, în condiții de an favorabil și tehnologii de vinificație bune, acest soi prezintă un potențial remarcabil. Fetească Neagră împărtășește anumite asemănări cu alte soiuri, dar prezintă și diferențe semnificative [52]. Aceste diferențe subliniază diversitatea enormă a soiului, dar pot conduce, de asemenea, la lipsa unui caracter distinctiv puternic, ceea ce face ca, în anumite cazuri, să fie dificil de diferențiat de alte soiuri.

Fetească Neagră are o semnificație culturală profundă în Republica Moldova, fiind considerată o componentă esențială a tradiției viticole a țării. Pentru ca Fetească Neagră să devină un soi cu adevărat reprezentativ pentru Moldova, este necesar să se definească mai clar identitatea sa unică și să se consolideze caracteristicile sale aromatice.

Având în vedere preferințele tot mai accentuate ale consumatorilor în special pe piața chineză pentru vinuri cu arome intense, expresie directă și ușor de perceput, importanța compușilor organici volatili devine din ce în ce mai evidentă. Aceștia nu doar determină calitatea senzorială a vinului, ci influențează în mod semnificativ și gradul de acceptare pe piață. Soiul autohton Fetească Neagră deține un potențial remarcabil de a genera un spectru aromatic complex și divers de la fructe negre coapte la note de condimente și chiar florale reprezentând astfel un avantaj competitiv semnificativ. Totuși, expresia aromatică a unui vin nu este dictată exclusiv de soi, ci rezultă dintr-o interacțiune complexă între factori genetici, condițiile de terroir și strategiile de gestionare a podgoriei.

În acest context, cercetările recente realizate în Republica Moldova, în special în cadrul Universității Tehnice a Moldovei și al Institutului Științifico-Practic de Horticultură și Tehnologii Alimentare, au contribuit semnificativ la fundamentarea științifică a relației dintre compoziția chimică și expresia senzorială a vinurilor din soiuri autohtone. O direcție majoră de cercetare o constituie analiza compoziției fenolice a vinurilor roșii din soiurile locale, în special Fetească Neagră, prin determinarea indicelui polifenolic total, a conținutului de antocieni și proantocianidine[53], precum și prin identificarea antocienilor monomerici prin metoda HPLC[54]. Aceste studii au permis evidențierea diferențelor structurale dintre soiuri și stabilirea rolului dominant al malvidin-3-glucozidului în determinarea culorii și stabilității oxidative a vinurilor roșii.

Totodată, rezultatele obținute au demonstrat influența semnificativă a factorilor de terroir asupra profilului fenolic și asupra expresiei senzoriale a vinurilor, chiar și în condițiile aplicării aceleiași tehnologii de vinificație[55]. Diferențele pedoclimatice, vârsta plantației, încărcătura

butucilor și tipul solului au fost identificate drept variabile determinante pentru tipicitate și autenticitate, în special în cazul soiului Fetească Neagră, recunoscut pentru adaptabilitatea sa ecologică ridicată. În ansamblu, cercetările locale reflectă o consolidare a cadrului științific privind interdependența dintre compoziția chimică, tehnologia de vinificație, terroir și expresia senzorială, contribuind la fundamentarea identității tipologice și la creșterea competitivității vinurilor moldovenești pe piața internațională.

1.3. Maturarea strugurilor și acumularea aromelor

Vița de vie este o plantă perenă lemnoasă (arbuști sau liane lemnoase), al cărei proces de creștere poate fi divizat în două cicluri majore: ciclul de dezvoltare individuală (ciclul de viață) și ciclul anual [46]. În cadrul ciclului anual, vița de vie trece printr-o serie de stadii fenologice, inclusiv: Plânsul, Dezmușuritul, Înfloritul, Creșterea boabelor, Maturarea boabelor, Căderea frunzelor.

Înțelegerea aprofundată a caracteristicilor fenologice ale viței de vie este esențială pentru viticultori, contribuind la gestionarea științifică a plantațiilor viticole, menținerea sănătății viței de vie și obținerea unor struguri de calitate superioară [56,57] ceea ce, în final, se reflectă în producerea unor vinuri de înaltă calitate [58].

În condițiile climatului temperat-continental din Republica Moldova, perioada de creștere a viței de vie începe, de obicei, în martie/aprilie și se extinde până în octombrie/noiembrie [59]. Această perioadă este crucială pentru dezvoltarea viței de vie și maturarea fructelor. Capacitatea strugurilor de a atinge maturitatea optimă la sfârșitul sezonului de creștere influențează direct calitatea finală a vinului. Majoritatea soiurilor viticole destinate vinificației necesită o perioadă fără îngheț de 155-200 de zile pentru a ajunge la maturitatea optimă de recoltare.

Fiecare etapă fenologică din timpul sezonului de creștere este corelată cu manifestări specifice ale viței de vie, ce pot fi observate prin caracteristici morfologice [60]. O înțelegere detaliată a fiecărui stadiu fenologic sprijină viticultorii și oenologii în elaborarea unor strategii de management precise, optimizarea calității strugurilor și, implicit, îmbunătățirea profilului aromatic și a calității generale a vinului.

1.3.1. Etapele de dezvoltare a strugurilor și impactul asupra calității vinului

Complexitatea etapelor de dezvoltare a strugurilor a limitat, pentru o lungă perioadă de timp, explorarea aprofundată a acestui domeniu, în parte din cauza presupunerii eronate conform căreia compușii produși sau absorbiți în această fază au un impact redus asupra caracteristicilor senzoriale ale vinului. Cu toate acestea, studii anterioare au demonstrat că, pe măsură ce crește volumul boabelor de struguri, diverse compușii se acumulează progresiv, atingând valori maxime

semnificative în perioada premergătoare și ulterioară schimbării de culoare (Creșterea boabelor) [61,62].

Dintre acești compuși, acizii organici merită o atenție deosebită: acidul tartric se acumulează predominant în pieliță strugurilor în fazele incipiente, în timp ce acidul malic se acumulează în pulpă înainte și după schimbarea de culoare [63]. Acești acizi organici nu doar că pot juca un rol ecologic în prevenirea consumului fructelor de către prădători [52], dar sunt și factori esențiali în determinarea acidității vinului, contribuind la echilibrul și calitatea finală a acestuia [64,65].

Pe lângă acizii organici, acizii hidroxicinamici se acumulează în principal înainte de pârgă și sunt distribuiți pe scară largă în pieliță și pulpă [66,67]. Aceștia sunt importanți datorită participării lor la reacțiile de brunificare și rolului de precursori ai fenolilor volatili [68].

Acumularea taninurilor are loc, de asemenea, în această etapă, fiind concentrată în principal în pieliță și semințe, cu o prezență neglijabilă în pulpă. Taninurile reprezintă principala sursă a senzațiilor amare și astringente în vinurile roșii [69] și joacă un rol crucial în stabilitatea cromatică a vinului.

Pe lângă compuși menționați la această etapă sunt implicați și elementele minerale, aminoacizii, micronutrienții, precum și anumiți precursori ai aromelor [70,71], cum ar fi metoxipirazinele. Este important de menționat că mulți dintre compușii generați în această etapă nu dispar complet în perioada de maturare. Deși concentrația lor poate scădea odată cu creșterea volumului boabelor, aceștia continuă să aibă un impact semnificativ asupra calității generale a vinului final.

Creșterea boabelor: acumularea zaharurilor și formarea compușilor organici volatili. În timpul fazei de creștere a boabelor (pîrgă), strugurii încep să acumuleze zaharuri, în principal prin absorbția zaharozei fotosintetizante și hidrolizarea acesteia în glucoză și fructoză [72]. Simultan, calea glogolică este reglată în jos, iar acidul malic acumulat devine substratul respirator principal [73].

Concentrația finală a zaharurilor în struguri este influențată de multiple variabile, inclusiv producția viței, dimensiunea coronamentului, starea de sănătate a plantei, gradul de hidratare și perioada de persistență a strugurilor pe viță [74]. În plus, factori esențiali în definirea calității vinului sunt stabiliți progresiv pe parcursul maturării, printre care:

Compușii organici volatili (ex. terpenele, care conferă arome distincte soiurilor Riesling și Muscat). Precursori compușii organici volatili, prezenți în principal sub formă de glicozide, ce eliberează compuși volatili în timpul maturării și învechirii vinului [75,76].

Coombe au descris această etapă ca un „perioadă de gestație” [77], în care strugurii încep să acumuleze compuși cheie ce vor deveni precursori ai substanțelor volatile în timpul învechirii vinului. Acești compuși organici volatili sunt concentrați în special în pieliță boabelor, iar sinteza pigmentilor care determină culoarea soiurilor roșii se intensifică în această fază, rămânând în principal limitată la țesutul epidermei

Maturarea: variația concentrației compușilor și optimizarea calității. Deși mulți dintre compușii acumulați în perioada de creștere pot suferi diluare pe măsură ce strugurii se maturează, în anumite cazuri, concentrația lor absolută poate, de asemenea, să scadă. De exemplu:

Acidul malic suferă o degradare semnificativă în climatul cald, ceea ce determină o aciditate mai scăzută a strugurilor cultivați în astfel de condiții, comparativ cu cei din regiunile mai răcoroase [78].

Metoxipirazinele, compuși responsabili de aromele „vegetale” caracteristice soiurilor Cabernet Sauvignon [79] și Sauvignon Blanc [80], scad în concentrație odată cu creșterea expunerii la soare a ciorchinilor. Dacă aceste note vegetale sunt considerate indezirabile (conform tendințelor actuale), ele pot fi gestionate prin tehnici adecvate de conducere a pieritului vegetal [81].

Taninurile din semințe se reduc în principal datorită proceselor oxidative, care determină interacțiunea acestora cu tegumentul semințelor, contribuind astfel la diminuarea senzației amare în vin [82].

Taninurile din pieliță suferă, de asemenea, o scădere a concentrației și modificări structurale, inclusiv polimerizare și interacțiuni cu pectinele și antocienii, influențând astfel textura și stabilitatea culorii vinului [83].

În ansamblu, strugurii experimentează transformări chimice complexe de-a lungul întregului ciclu de creștere. Compușii cheie generați în fiecare etapă nu doar că determină gradul de maturitate al strugurilor, ci influențează profund profilul aromatic, textura și potențialul de învechire al vinului final.

1.3.2. Compușii organici volatili din struguri și impactul asupra profilului senzorial al vinului

Deși în timpul fermentației drojdiile pot transforma compușii non-volatili în molecule aromatice sau pot genera noi compuși organici volatili prin derivarea precursorilor în timpul maturării vinului, numeroși compuși volatili sunt deja prezenți în struguri și suferă doar modificări minore sau rămân aproape neschimbați în timpul vinificației. Acești compuși constituie aroma varietală a vinului [84].

Totuși, termenul „aromă varietală” nu implică faptul că fiecare soi de struguri conține compuși volatili exclusivi. De fapt, anumiți compuși volatili sau precursorii acestora sunt întâlniți

în sucul și vinul mai multor soiuri. Caracterul distinctiv al fiecărui soi provine dintr-o combinație complexă de compuși organici volatili [85].

Studiile au identificat sute de compuși organici volatili în struguri, iar acumularea acestora nu este întotdeauna corelată direct cu concentrația de zaharuri [86,87]. Cei mai importanți compuși responsabili pentru aroma și gustul vinului includ: acizii organici, proantocianidinele (taninurile), terpenele (monoterpene, sesquiterpene și derivați ai carotenoidelor C13), aldehidele aromatice, esterii, tiolii și precursorii acestora [88].

Se pare că strugurii nu dispun de structuri anatomice dedicate stocării compușilor organici volatili liposolubili, motiv pentru care aceștia sunt depozitați, în general, sub formă de glicozide hidrosolubile sau legați de aminoacizi, precum cisternă [89,90]. În timpul fermentației, acești precursori hidrosolubili sunt eliberați prin acțiunea glucosidazelor și peptidazelor, influențând semnificativ profilul aromatic și gustativ al vinului [91].

Terpenele: componente esențiale ale aromelor specifice soiului. Terpenele reprezintă una dintre cele mai studiate clase de compuși organici volatili varietală din *vitis vinifera* [92,93] (vezi anexa 1).

Acțiunea sinergică a acestor compuși conferă vinurilor note fructate (citrice) și florale, însă unele terpenene, precum α -pinenul, *p*-octen-3-olul, sclareolul și farnesolul, prezintă și nuanțe rășinoase [94]. Printre cele mai reprezentative terpenene se numără: lavandulolul, α -terpineolul, nerolul, geraniolul, citronelolul, hotrienolul [95].

Deși monoterpenele sunt prezente în mod natural în majoritatea soiurilor de struguri și vinuri, ele se regăsesc în concentrații mai ridicate în soiurile Muscat [96] și Riesling [97], conferindu-le aromele lor florale și fructate caracteristice.

Derivații carotenoidelor C13 (Norisoprenoizi): o altă sursă majoră de aromă a strugurilor. Derivații carotenoidelor C13, cunoscuți și sub denumirea de norisoprenoizi, reprezintă o clasă importantă de compuși organici volatili derivați din carotenoizii prezenți în struguri. Deși concentrațiile acestora sunt la nivel de urme, acești compuși au praguri olfactive extrem de scăzute [98], ceea ce le conferă un impact semnificativ asupra potențialului aromatic al unor soiuri precum Chardonnay [99], Sauvignon Blanc, Sémillon, Cabernet Sauvignon și Syrah [94]. De exemplu: β -iononă : 700 ng/L, β -damascenonă: 200 ng/L [100].

Rolul terpenelor în aroma vinului a devenit mai clar odată cu progresele în tehnologia de măsurare și capacitățile de chimie analitică ale grupurilor de cercetare arome din întreaga lume, inclusiv utilizarea de rutină a standardelor etichetate cu izotopi, GC-MS, LC-MS și MS-MS multidimensionale, precum și aplicarea mai largă a analizei senzoriale și a testării preferințelor

consumatorilor.

Similar terpenelor, mulți dintre norisoprenoizi sunt prezenți în struguri sub formă de glicozide non-volatile și sunt eliberați prin hidroliză în timpul fermentației și maturării vinului. Din punct de vedere chimic, acești compuși se împart în două categorii majore [101]:

Sesquiterpenoizi, acești compuși includ: β -damascenonă, β -iononă, 3-oxo- α -ionol, β -damascen, 3-hidroxi- β -damascenonă.

Norisoprenoizi non-sesquiterpenici, această categorie include compuși cu arome variate, specifice unor soiuri de vin: TDN (1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalenă) conferă vinurilor Riesling aroma caracteristică de kerosen [102]. TPB ((E)-1-(2,3,6-trimetilfenil)-1,3-butadienă) contribuie la nuanțele erbacee din vinurile Sémillon [103].

Acești compuși joacă un rol esențial în definirea caracterului aromatic al vinului și sunt factori-cheie în complexitatea buchetului acestuia.

1.3.3. Variația compușilor organici volatili în diferite soiuri de struguri pe parcursul maturării

Compoziția și modelele de acumulare ale compușilor organici volatili diferă semnificativ între diferitele soiuri de struguri, acești compuși fiind esențiali în definirea profilului aromatic varietală al vinului [104, 105].

Soiuri de struguri roșii. Cabernet Sauvignon: În etapele timpurii ale ciclului de creștere, predomină esterii și terpenele (ex. eucaliptol, β -cariofilen), care conferă note fructate și erbacee. În faza intermediară, începe acumularea aldehydelor, contribuind la o complexitate aromatică mai mare. În etapa finală, domină alcoolii, care au praguri olfactive ridicate și pot interacționa cu acizii carboxilici pentru a forma esteri cu arome fructate [106].

Baga: În timpul maturării, compușii organici volatili dominanți sunt sesquiterpene (ex. aromadendren, cariofilen, longifolen), reprezentând 56 - 80 % din suprafața cromatografică în analiza prin cromatografie de gaze [107].

Monastrell: În a cincea săptămână de maturare, compușii volatili cu caracter plăcut (acetat de etil, terpene, 2-fenetil alcool) ating concentrațiile maxime. În paralel, compușii responsabili de notele erbacee (compușii C6) scad treptat [108,109].

Soiuri de struguri albi. Airén, Macabeo și Chardonnay (soiuri spaniole): Aldehidele și alcoolii C6 ating valori maxime la diferite niveluri de zahăr (Baumé). Terpenele cresc progresiv odată cu maturarea [110].

Fernão Pires: Monoterpenele și terpenele C13 ating concentrația maximă la aproximativ 3 săptămâni după veraison, urmate de o scădere rapidă. Acest fenomen indică faptul că momentul optim de recoltare pentru acest soi poate fi determinat pe baza raportului zahăr aciditate [111].

Müller-Thurgau, Muscat Ottonel, Gewürztraminer: Macerarea peliculară și recoltarea întârziată pot duce la o creștere a conținutului de terpene, intensificând astfel aromele fructate. Soiurile Muscat, în mod obișnuit, o concentrație ridicată de glicozide terpenici. Recoltarea întârziată poate duce la o creștere a conținutului de terpene libere, intensificând astfel caracterul floral al vinului [112].

Modelele de acumulare a compușilor organici volatili variază între diferitele soiuri de struguri, influențând caracterul aromatic al vinului și strategiile de maturare. Terpenele, esterii, aldehidele și alcoolii se manifestă diferit în fiecare soi, determinând intensitatea aromelor fructate, florale, erbacee și complexitatea generală a vinului. Alegerea optimă a momentului recoltării și a tehnicilor de vinificare poate contribui la evidențierea caracteristicilor varietală și la îmbunătățirea calității vinului.

1.4. Influența terroirului asupra aromelor strugurilor

Conceptul conform căruia vița de vie trebuie să sufere pentru a produce fructe de calitate superioară este bine înrădăcinat în tradițiile viticole. Creșterea viței de vie este limitată de condițiile locale, iar în regiunile unde aceste constrângeri sunt accentuate prin managementul viticol, se obțin vinuri de calitate superioară [113]. Astfel, există o relație strânsă între regiunea de producție și calitatea produsului final, în special în cazul vinului. Această legătură între locul de origine și expresia senzorială a produselor agricole poate fi urmărită încă din Antichitate și este formalizată în conceptul de terroir. Organizația Internațională a Viei și Vinului (OIV) definește terroirul viticol ca fiind cunoștințele colective despre interacțiunea dintre factorii fizici și biologici identificabili și practicile viticole aplicate într-o anumită regiune, oferind produselor origine din acea zonă caracteristici unice. terroirul include factori precum: tipul de sol, relieful, climatul, caracteristicile peisagistice, biodiversitatea [114].

Înțelegerea influenței terroirului nu doar că ajută viticultorii să îmbunătățească calitatea producției în regiunile viticole tradiționale, dar permite și extinderea rațională a viticulturii către noi teritorii, contribuind astfel la diversificarea expresiei aromatice a vinului [115,116].

Conform studiului realizat de Robinson et al., localizarea geografică are cel mai mare impact asupra evaluărilor senzoriale și compoziției vinului [117], fiind urmată de gestionarea pieritului vegetal [118]. Un factor esențial pentru obținerea strugurilor de calitate superioară îl constituie fertilitatea moderată spre redusă a solului, care limitează creșterea vegetativă și favorizează direcționarea resurselor fotosintetice către maturarea fructelor și sinteza compușilor organici volatili. Solurile bine drenate, cu porozitate ridicată, induc un stres hidric moderat, stimulează acumularea metaboliților secundari și îmbunătățesc microclimatul din jurul viței de vie.

Aceste condiții reduc riscul de deteriorare a boabelor și de infecții fitopatogene, contribuind, în corelație cu practicile viticole adecvate, la expresia aromatică a strugurilor și la calitatea generală a vinului [119].

O altă caracteristică considerată favorabilă pentru calitatea strugurilor este cantitatea moderată până la redusă de precipitații. Condițiile de secetă sporesc rezistența viței de vie la numeroși agenți patogeni [120]. Deși stresul hidric trebuie evitat în primăvară și la începutul verii (până la pîrgă), condițiile de secetă ulterioare contribuie, de obicei, la îmbunătățirea calității fructelor și la favorizarea maturării, din motivele menționate anterior [121]. Deoarece vița de vie are, în mod obișnuit, un sistem radicular profund, în perioada de maturare seceta nu generează, în general, un stres hidric sever în straturile profunde ale solului (sistemul radicular adânc poate, de asemenea, preveni deficiențele nutriționale în solurile sărace prin absorbția nutriților din zonele inferioare ale solului) [122]. Vița de vie este una dintre puținele culturi care se dezvoltă bine în soluri relativ sărace. În cazul vinului Nero d'Avola, creșterea salinității solului a fost asociată cu o intensitate mai mare a culorii, nuanțe purpurii accentuate, o notă minerală mai pronunțată, precum și cu arome de citrice și fructe [123].

Calitatea aromatică a strugurilor este rezultatul interacțiunii complexe dintre factori pedoclimatici și practici agrotehnice, care influențează atât acumularea precursorilor compuși organici volatili, cât și transformarea lor în timpul proceselor fiziologice și tehnologice.

Influența climatului. S-a demonstrat că un climat răcoros contribuie la menținerea acidității fructelor, ceea ce îmbunătățește stabilitatea microbiologică și stabilitatea culorii vinului. De asemenea, climatul temperat pare să favorizeze formarea și retenția compușilor organici volatili ai strugurilor, însă influențele variază în funcție de locație [124]. De exemplu, în Valea Ronului, vinurile obținute din Grenache cultivat în solurile cele mai sudice și mai calde ating maturitatea mai devreme și prezintă cele mai ridicate concentrații de β -roseol și geraniol, în timp ce vinurile produse din struguri cultivați în soluri unde maturarea este întârziată conțin mai puțin β -roseol, dar concentrații mai mari de β -ionol [125]. De asemenea, s-a observat că strugurii Traminette cultivați în zone răcoroase dezvoltă concentrații mai ridicate de aldehide C6, în timp ce în locațiile mai calde se acumulează mai multe monoterpene [126]. Cu toate acestea, cultivarea viței de vie la altitudini mari crește riscul de daune cauzate de îngheț și pierdere a recoltei, din cauza sezonului de vegetație mai scurt. Prin urmare, terenurile situate pe pante sau în apropierea unor mari suprafețe de apă sunt considerate mai favorabile.

Influența tipului de sol asupra compușilor organici volatili din vin. Deși influența tipului de sol asupra aromei strugurilor a fost considerată mult timp mai puțin importantă decât cea a

climatului și a soiului, studiile au demonstrat că solul poate influența independent acumularea compușilor organici volatili ai strugurilor prin retenția apei, drenaj, reglarea microclimatului și disponibilitatea nutrițiilor [127]. Solurile argiloase au o capacitate ridicată de retenție a apei și un nivel mai mare de umiditate volumetrică, favorizând maturarea lentă a strugurilor și creșterea complexității aromatice. Solurile nisipoase prezintă un drenaj rapid, ceea ce determină o maturare accelerată, dar poate duce la o scădere a acumulării compușilor organici volatili [119]. Solurile calcaroase, care combină un drenaj eficient cu o capacitate moderată de reținere a apei, sunt considerate benefice pentru creșterea conținutului de compuși volatili din vin. Solurile pietroase (cu pietriș), caracterizate prin o bună aerare și drenaj, sunt frecvente în Bordeaux și contribuie la reducerea concentrației de metoxipirazinele (responsabile de notele erbacee), ceea ce conferă vinului un profil aromatic mai fructată [128].

Tipul de sol nu influențează doar creșterea viței de vie, ci determină și caracteristicile compușilor organici volatili ai vinului prin gestionarea apei, aportul de minerale și reglarea microclimatului. Solurile argiloase și calcaroase favorizează, de obicei, o concentrație mai mare a compușilor organici volatili, în timp ce solurile nisipoase și pietroase influențează expresia anumitor arome, reducând nuanțele erbacee și intensificând profilul fructate. Alegerea unor strategii adecvate de gestionare a solului poate optimiza expresia aromatică a vinului, îmbunătățind astfel calitatea sa senzorială [129].

Influența expunerii la soare asupra compușilor organici volatili din struguri. Expunerea la soare are un impact complex asupra metabolismului strugurilor și formării compușilor organici volatili [130], putând induce atât stres prin creșterea temperaturii și deshidratare, cât și stimularea fotosintezei, influențând acumularea precursorilor compuși organici volatili. De exemplu, la strugurii albi, lumina solară favorizează sinteza carotenoizilor, care sunt precursori ai norisoprenoizilor C13 [131,132].

Expunerea la soare poate, de asemenea, crește concentrația glicozidelor de terpenoli și compuși fenolici. Reduce compușii fotosensibili precum metoxipirazinele, diminuând astfel intensitatea aromelor erbacee [133,134]. Influențează temperatura, modificând metabolismul fructelor de struguri și, implicit, compoziția compușilor organici volatili.

În soiurile Muscat (Muscat de Alexandria și Muscat Rosada), experimentele privind diferite niveluri de expunere la soare au arătat că strugurii expuși la 50 % umbrire prezintă cea mai mare concentrație de terpenoli, în special linalool [135]. Atât expunerea completă, cât și umbrirea totală (90 %) au condus la scăderea concentrației compușilor terpenici.

În Muscat de Frontignan, compoziția compușilor organici volatili din strugurii umbriți

natural de frunze este similară cu cea a strugurilor expuși la soare, însă umbrirea artificială de 90 % a condus la scăderea concentrației de monoterpenole și norisoprenoizi C13 [131].

În strugurii de Syrah, concentrația de glicozide (în special glicozide fenolice și norisoprenoizi C13) a fost mai mică în cazul umbrii frunzelor sau al tratamentului cu pungi de umbrire de 90%, comparativ cu strugurii complet expuși la soare [132]. O umbrire excesivă a condus la scăderea concentrației de β -damascenonă și TDN, reducând în același timp intensitatea culorii, conținutul de antocieni și taninuri, ceea ce a afectat astringența, fructuozitate și persistența gustativă a vinului [136].

Sistemele de conducere a viței de vie. Modul de conducere a viței de vie și gestionarea pieritului vegetal influențează expunerea la soare, reglând astfel acumularea compușilor organici volatili din struguri. Totuși, din cauza diferențelor între soiuri, vârsta viței, metodele de management și condițiile de mediu, există puține studii care să fi comparat în mod sistematic impactul diferitelor sisteme de conducere asupra compoziției aromatice și gustative, în condiții echitabile [137,138].

Expunerea la soare influențează acumularea compușilor organici volatili din struguri, putând atât crește concentrația de terpene, compuși fenolici și TDN, intensificând aromele, cât și reduce anumiți compuși organici volatili din cauza stresului termic excesiv. Umbrirea moderată (ex. 50 % transmisie luminoasă) poate optimiza concentrația de terpenoli, în timp ce expunerea completă sau umbrirea excesivă poate inhiba formarea compușilor organici volatili. Sistemele de conducere a viței de vie și gestionarea coronamentului sunt factori esențiali în reglarea expunerii la soare și optimizarea acumulării compușilor organici volatili ai strugurilor[139].

Irigarea. Starea hidrică are un impact semnificativ asupra calității vinului, iar un stres hidric moderat contribuie, de obicei, la intensificarea culorii, aromei și compușilor organici volatili [140,141]. Totuși, răspunsul la disponibilitatea apei variază în funcție de soi, fiecare având cerințe specifice privind regimul hidric.

Cabernet Sauvignon: Atunci când potențialul hidric al frunzelor este mai mare de -1,6 MPa, lipsa irigației determină o intensificare a aromelor fructate (fructe roșii/negre, gem, fructe coapte și uscate), concomitent cu reducerea astringenței și a notelor erbacee și picante (piper verde) [142]. În schimb, strugurii proveniți din vițe irigate săptămânal cu 32 - 64 L nu au prezentat aceste caracteristici aromatice. În Grecia, restricționarea aportului de apă a crescut potențialul aromatic al Cabernet Sauvignon altoit pe portaltoi 1103P și SO4 [143].

Sauvignon Blanc: Un stres hidric moderat determină o creștere a concentrației precursorilor compuși organici volatili cisteinilați, contribuind astfel la intensificarea profilului aromatic al

vinului. Totuși, un stres hidric excesiv poate avea un efect negativ asupra acumulării compușilor organici volatili [144].

Restricționarea apei în cazul soiului Agiorgitiko a crescut concentrația glicozidelor compușilor organici volatili, îmbunătățind astfel scorurile senzoriale generale ale vinului [145].

În cazul soiului Merlot, furnizarea a doar 35% din necesarul de evaporare al culturii poate crește concentrația de β -damascenonă, guaiacol și derivatele acestora în vin, fără a afecta însă concentrația esterilor și a terpenelor [146].

În contrast cu aceste rezultate, un studiu realizat pe Chardonnay în Ontario a constatat că irigația a îmbunătățit aromele de mere, citrice și flori, reducând în același timp notele de sol [113]. Aceste descoperiri sugerează că, în anumite condiții, irigația poate fi benefică atât pentru aroma vinului, cât și pentru randamentul recoltei .

La nivel molecular, stresul hidric influențează calele metabolice. Chardonnay: Lipsa de apă activează metabolismul carotenoizilor și al fenilpropanoidelor, crescând astfel concentrația de flavonoide și compuși organici volatili, dar reducând nivelul acidului abscisic (ABA) după recoltare. Cabernet Sauvignon: Stresul hidric crește concentrația de ABA, în timp ce crește conținutul de zahăr, prolina și antocian, activând și lipoxigenaza și peroxidaza, influențând astfel generarea compușilor organici volatili ai strugurilor.

Fertilizarea cu azot. Managementul fertilizării cu azot influențează creșterea viței de vie, performanțele fermentației și expresia aromatică a vinului final. Totuși, aplicarea excesivă de azot poate duce la creșterea excesivă a viței de vie și poate crește riscul de apariție a bolii cenușii (*Botrytis cinerea*).

În cazul Sauvignon Blanc, creșterea aportului de azot poate îmbunătăți concentrația precursorilor de cisternă în must. Aplicarea întârziată a îngrășămintelor (în perioada de legare a boabelor) ajută la creșterea nivelului de glutatation (îmbunătățind stabilitatea aromatică) și la reducerea compușilor fenolici. Aplicarea de fertilizante foliar cu azot a dus la creșterea concentrației de tioli și glutatation în vin, în special atunci când azotul și sulful sunt aplicate simultan [147]. În cazul Riesling, utilizarea îngrășămintelor cu azot influențează compușii volatili din vin: reduce concentrațiile de alcooli și 2-fenetil alcool, dar crește conținutul de butan-1-ol, trans-3-hexanol, benzile alcool și majoritatea esterilor [148]. Diferitele doze de azot au un impact semnificativ asupra caracteristicilor senzoriale ale vinului [149,150].

Atunci când conținutul de azot din must este suficient, suplimentarea suplimentară cu aminoacizi nu duce la o creștere semnificativă a compușilor organici volatili, indicând faptul că metabolismul azotului este utilizat în principal pentru alte procese celulare, mai degrabă decât

pentru sinteza compușilor organici volatili [151,152].

1.5. Progresul metodelor instrumentale în analiza compușilor organici volatili

Analiza compușilor organici volatili din alimente poate fi împărțită în două părți: analiza senzorială și analiza instrumentală. Analiza senzorială se referă la percepția compușilor organici din alimente prin intermediul simțurilor umane, iar rezultatele acesteia sunt de obicei subiective și nu permit explorarea la nivel molecular. Însă, combinarea evaluării senzoriale subiective cu analiza instrumentală obiectivă poate oferi o înțelegere mai profundă a relației dintre componentele chimice ale aromei alimentului și experiența senzorială a acestuia, ajutând la înțelegerea mecanismelor de formare a unei arome [153]. Astfel, au fost dezvoltate mai multe tehnici de analiză instrumentală pentru identificarea compușilor organici volatili de aromă din alimente [154].

În prezent, cele mai utilizate instrumente pentru analiza compușilor organici volatili includ cromatografia gazoasă mass spectrometria (GC-MS), cromatografia gazoasă olfactivă mass spectrometria (GC-O-MS) și nasul electronic. GC-MS este tehnologia preferată pentru analiza compușilor organici volatili și este utilizată pe scară largă [155]. Cu toate acestea, din cauza complexității matricei alimentare, este necesară de obicei o prelucrare preliminară complexă înainte de analiză, iar timpul de detecție relativ lung poate să nu îndeplinească cerințele pentru detecția rapidă a multor analitici. În plus, mediul de vid necesar pentru analiza prin spectrometrie de masă limitează portabilitatea GC-MS, iar rezultatele sale nu pot distinge întotdeauna între izomeri și izomeri de compoziție similară [156].

Cromatografia gazoasă bidimensională (GC × GC) reprezintă un instrument analitic puternic, datorită capacității sale îmbunătățite de separare, fiind utilizată pe scară largă în cercetarea mostrelor alimentare complexe care conțin o varietate de compuși volatili de aromă [157]. Deși această tehnologie a evoluat rapid în ultimele 10 decenii, ea rămâne o tehnologie, care necesită îmbunătățiri suplimentare. GC-O-MS poate identifica eficient compușii cu activitate olfactivă din amestecuri complexe, însă necesită muncă repetitivă și consumatoare de timp, cum ar fi analiza diluției extractului de aromă (AEDA), pentru a identifica substanțele cheie de miros din alimente [158]. Prin urmare, această metodă nu este potrivită pentru caracterizarea rapidă a compușilor organici volatili din alimente. Nasul electronic oferă o metodă ieftină și în timp real, fără a necesita prelucrare preliminară, dar prezintă încă multe limitări, cum ar fi utilizarea materialelor de membrană, tehnologia de fabricație imatură și limitările metodelor de procesare a datelor .

Unele tehnologii noi au fost, de asemenea, dezvoltate pentru a studia eliminarea compușilor

organici volatili în analiza aromei alimentelor, cum ar fi spectrometria de masă cu reacție de transfer de protoni (PTR-MS), spectrometria de masă cu ionizare chimică la presiune atmosferică (APCI-MS) [159] și spectrometria de masă cu tub de flux de ioni selectivi (SIFT-MS) [160]. Cu toate acestea, din cauza capacității de separare limitate a acestor metode, atunci când sunt utilizate pentru analiza matricei alimentare complexe, ele continuă să prezinte anumite limite [161].

Cromatografia gazoasă cuplata cu spectrometria de mobilitate a ionilor (GC-IMS) reprezintă o nouă tehnologie de separare și detecție a gazelor. Această tehnologie combină capacitatea de separare superioară a GC cu capacitatea rapidă de răspuns a spectrometriei de mobilitate a ionilor (IMS) și a fost utilizată pe scară largă în domenii precum detecția substanțelor medicamentoase [162], monitorizarea bolilor [163], protecția mediului [164], și mai ales în analiza aromei alimentelor [165].

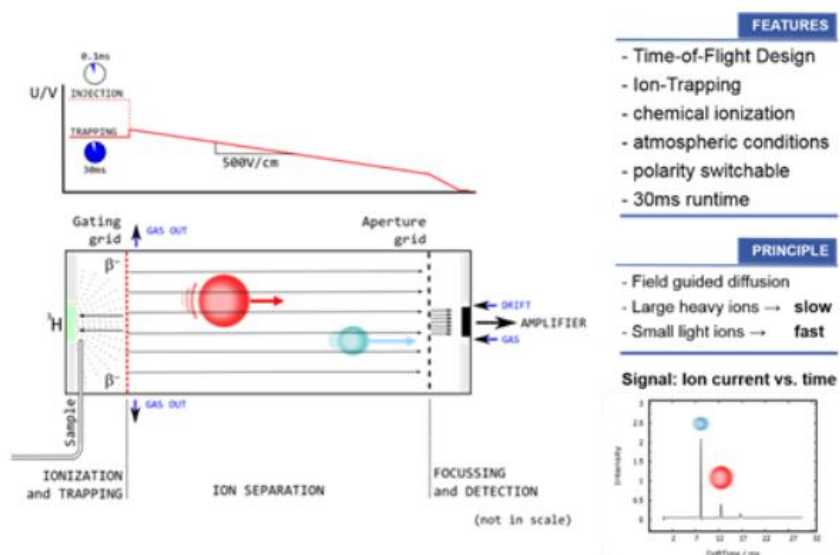


Figura 1.2. Schema de principiu a funcționării sistemului GC-IMS[166].

IMS (spectrometria de mobilitate a ionilor) este o tehnologie utilizată pentru detectarea urmelor de compuși organici volatili și semivolatili (la nivel de ppb) în diverse matrice (figura 1.2). Instrumentele IMS oferă o răspuns rapid și sensibilitate înaltă la presiune atmosferică, fiind capabile să separe ioni pe baza mobilității acestora într-un gaz tampon neutru aplicând un câmp electric [167]. În ultimele decenii, această tehnologie a fost utilizată pe scară largă în diverse domenii, cum ar fi detecția explozibililor, analiza mediului, analiza petrochimică, diagnosticul medical și analiza calității aerului [168].

Principiul de bază al IMS este ilustrat în figura de mai sus. Tubul de derivație este componentul central a sistemului IMS, fiind împărțită în zona de ionizare și zona de separare. Proba este mai întâi încălzită și evaporată, apoi transferată în zona de ionizare prin intermediul

unui gaz purtător. Aici, moleculele neutre ale probei și moleculele gazului purtător sunt ionizate de către sursa de ionizare, formând ioni de produs cu timpuri de derivație diferite. Acești ioni de produs se mișcă sub influența câmpului electric, iar datorită diferenței în mobilitatea lor în gazul de derivație, sunt detectați la momente diferite, oferind informații despre tipul și concentrația analiticului [169]. În gazul inert, timpul în care ionii derivă în câmp electric slab uniform este direct legat de mobilitatea ionilor. Sub condiții de câmp scăzut, coeficientul de mobilitate K al fiecărui ion poate fi calculat cu ajutorul următoarei ecuații:

$$v_d = \frac{L}{t_d}$$

$$K = \frac{v_d}{E}$$

Unde: V_d reprezintă viteza de derivație, L (cm) este lungimea zonei de derivație, t_d (s) este timpul de derivație al ionilor, iar E (V/cm) este intensitatea câmpului electric. Pentru a obține valorile mobilității într-un mediu diferit, coeficientul de mobilitate redusă K_0 este raportat, iar formula de calcul este:

$$K_0 = \left(\frac{L}{Et_d}\right) \left(\frac{273.15}{T}\right) \left(\frac{P}{760}\right)$$

Unde: T (K) reprezintă temperatura tubului de derivație, iar P (Torr) este presiunea mediului. Astfel, K_0 poate fi calculat pe baza timpului de derivație al ionilor și comparat cu valoarea standard pentru a efectua analiza calitativă.

Pe lângă IMS, există și alte spectrometre de masă similare utilizate pentru separarea ionilor prin mobilitate. Spectrometria de masă cu mobilitate diferențială, cunoscută și sub denumirea de spectrometrie de masă cu mobilitate ionică asimetrică în câmp (FAIMS), are cea mai largă aplicație. Probe ionizate sunt transportate de un gaz într-o zonă de separare care conține două electrozi paralele, generând un câmp electric cu variație verticală. Apoi, se aplică o tensiune de compensare pe unul dintre electrozi pentru a neutraliza câmpul electric, iar ionii cu o mobilitate specifică pot ajunge la placa de detecție, în loc să se miște către electrod [169,170]. Dacă ionii sunt asemănători între ei, precum izomerii, FAIMS poate oferi o separare mai bună prin aplicarea unui câmp electric foarte puternic. În al doilea rând, IMS-ul de inhalare (AIMS) este o variantă simplificată a FAIMS, care utilizează un câmp electric vertical constant pentru a direcționa ionii către un electrod care servește și ca detector [171]. În al treilea rând, IMS-ul cu undă de mers (TW-IMS) se efectuează de obicei la presiuni scăzute, aplicând o tensiune care face ca tubul de derapaj să oscileze sinusoidal. Datorită condițiilor de presiune scăzută, TW-IMS este de obicei combinat cu spectrometria de masă [172].

Deși IMS a demonstrat un potențial semnificativ în analize, există încă anumite limitări

care pot afecta aplicarea sa în alte domenii, cum ar fi analiza aromelor alimentare. De exemplu, problemele legate de sensibilitatea la interferențele matricei și efectele umidității pot duce la acoperirea probelor de către compușii matricei, ceea ce împiedică detectarea acestora și afectează mobilitatea și concentrația ionilor [173]. Recent, progresele în combinarea cromatografiei cu IMS au creat noi tehnologii care nu doar că îmbunătățesc capacitatea de separare, dar și sporesc cantitatea de informații obținute despre analit [174]. Cromatografia gazoasă (GC) este utilizată pentru a separa compușii complexași într-un singur component printr-o coloană capilară înainte de a intra în sistemul IMS, reducând astfel ionizarea competitivă, permițând cuantificarea compușilor organici volatili și semi-volatili pe o gamă largă de concentrații [175]. În plus, amestecurile complexe, după separarea pe coloană cromatografică, sunt mai întâi evaporate prin injectorul GC, fiecare compus neutru fiind transportat într-un interval de timp diferit în zona de ionizare a IMS-ului, ceea ce ajută la identificare datorită timpului de retenție obținut prin GC. Datele GC-IMS includ o dimensiune suplimentară de separare, iar datele analitice GC-IMS includ atât timpul de retenție, cât și timpul de derapaj, oferind astfel un cromatogram bidimensională, ceea ce sporește acuratețea analizei calitative. În plus, atât GC, cât și IMS funcționează la presiune atmosferică, ceea ce face ca interfața GC-IMS să fie simplă și de cost redus, permițând miniaturizarea echipamentului. Toate aceste aspecte evidențiază avantajele combinației dintre GC și IMS [176].

În prezent, instrumentele comerciale GC-IMS includ FlavourSpec® și BreathSpec® [177], ambele provenind de la GAS (G.A.S. Gesellschaft für analytische Sensorsysteme mbH, Dortmund, Germania). FlavourSpec® este cel mai popular și demonstrează o capacitate analitică remarcabilă. Acest instrument include un injector automat de spațiu capului, care permite analiza compușilor organici volatili din mostre lichide și solide fără a necesita pretratarea probelor. Echipamentul este dotat cu o bază de date și funcții automate de colectare a datelor. În concluzie, GC-IMS oferă analize rapide, sensibilitate ridicată și injecții de volum variabil, fără a necesita pretratarea probelor. A fost aplicat în analiza aromelor alimentelor și poate fi utilizat în diverse domenii de cercetare alimentară [178].

În analiza vinului, tehnologia GC-IMS are o valoare semnificativă de aplicare, în special în analiza aromei [179] și buchetului vinului. Aroma și buchetul vinului sunt compuse dintr-o varietate complexă de compuși volatili, care influențează direct experiența senzorială generală a vinului [180]. Deși metodele tradiționale de analiză sunt eficiente, ele sunt adesea limitate de matricea complexă, suprapunerea analitică și timpul îndelungat de detectare, necesitând în plus pretratarea complexă a probelor. Tehnologia GC-IMS, prin combinarea avantajelor cromatografiei de gaz și spectrometriei de masă cu mobilitate ionică, permite o analiză rapidă și cu sensibilitate

ridicată la presiune atmosferică, fără a necesita pretratarea probelor. În aplicarea specifică în vin, GC-IMS poate separa și identifica eficient compușii volatili din vin, precum alcoolii, esteri, cetone, terpeni și sulfuri, compuși esențiali pentru caracteristicile de aromă ale vinului [181]. Prin GC-IMS, analiștii pot capta profiluri complexe de aromă formate în timpul procesului de vinificație, iar combinarea timpilor de retenție cromatografică și timpilor de derapaj oferă o analiză mai precisă atât calitativă, cât și cantitativă. Această tehnologie nu doar că permite analiza componentelor aromatice din vin, dar poate și să identifice eficient substanțele de aromă asociate cu diferite regiuni viticole [182], soiuri de struguri și tehnici de vinificație, ceea ce joacă un rol esențial în controlul calității vinului și în dezvoltarea unor arome distinctive.

De exemplu, GC-IMS poate ajuta la identificarea și analiza cantitativă a compușilor cheie care influențează aroma vinului, cum ar fi acidul citric, etil-acetat și diferite compuși fenolici, ale căror concentrații și proporții variază în funcție de sursa strugurilor, condițiile climatice și tehnicile de vinificație utilizate. Prin analiza acestor compuși volatili, GC-IMS oferă producătorilor de vin un instrument precis pentru a asigura stabilitatea și calitatea aromei fiecărei sticle de vin, garantând astfel o experiență consistentă și de înaltă calitate pentru consumatori.

Pe măsură ce tehnologiile de producție a vinului continuă să evolueze, GC-IMS oferă industria vinului metode de analiză mai avansate, care nu doar că îmbunătățesc eficiența și acuratețea analizei aromelor, dar deschid și noi posibilități pentru explorarea și crearea unor noi caracteristici de aromă ale vinului [183]. Aceasta face ca GC-IMS să devină una dintre tehnologiile esențiale în cercetarea vinului, controlul calității și dezvoltarea inovativă.

Deși au fost realizate numeroase cercetări privind influența factorilor terroir asupra aromei vinului, există încă multe lacune în studiile privind adaptabilitatea soiului Fetească Neagră, compoziția sa aromatică și factorii cheie care o influențează. Cercetările anterioare s-au concentrat în mare parte asupra influenței unor variabile de mediu individuale (cum ar fi clima [184], solul sau managementul umidității asupra aromei vinului, iar analiza efectelor combinate ale acestor factori a fost mai puțin considerată, în special într-o analiză sistematică în condiții specifice de terroir. În plus, cercetările dedicate soiului Fetească Neagră sunt mai puține, literatura existentă fiind mai mult orientată către soiuri internaționale de vârf (cum ar fi Cabernet Sauvignon [185], Chardonnay [186] sau Sauvignon Blanc [187], iar studiile asupra compoziției sale aromatice și mecanismelor de formare a acestora rămân insuficient de detaliate.

În ceea ce privește determinarea compușilor organici volatili, metodele tradiționale, precum GC-MS, oferă o rezoluție ridicată, dar încă prezintă limitări în ceea ce privește eficiența de detecție, interpretarea datelor și capacitatea de a discrimina între compușii complexe ai aromei.

În schimb, GC-IMS (spectrometria de masă cu mobilitate ionică în fază gazoasă), ca tehnologie emergentă, nu doar că permite analiza eficientă a profilului aromatic al vinului, dar poate identifica și compușii organici volatili la concentrații scăzute, oferind astfel o caracterizare mai completă a caracteristicilor de aromă ale vinului Fetească Neagră. Totuși, aplicarea acestei tehnologii în studiile terroir ale Fetească Neagra este încă limitată.

Pe de altă parte, datorită diferențelor în tehnologiile de vinificație, multe cercetări întâmpină dificultăți în compararea directă a caracteristicilor aromatice ale vinurilor din diferite regiuni viticole, ceea ce face ca influența factorilor terroir să fie greu de cuantificat cu precizie. Prin urmare, în acest studiu, am utilizat aceeași metodă de vinificație, controlând strict variabilele tehnice care influențează aroma în timpul procesului de producție, cum ar fi alegerea drojdiei, temperatura de fermentație, timpul de macerare și condițiile de maturare în butoaie de stejar, pentru a elimina interferențele variabilelor tehnice și a asigura că rezultatele cercetării reflectă exclusiv influența factorilor terroir asupra aromei vinului.

Acest studiu se bazează pe o rețea de șapte parcele experimentale din cadrul proiectului „Struguri de Calitate” (ONVV) și situate în cele trei regiuni geografice din Republica Moldova. Rețeaua parcelor experimentale (echipate cu stații meteo) ne-a permis evaluarea caracteristicilor terroirului prin intermediul Sistemului de Clasificare Climatică Geo viticolă Multicriterială, analizelor pedologice și caracteristica fizico-chimică a profilurilor reprezentative. Vinurile elaborate din strugurii acestor parcele au fost folosite la construirea profilurilor aromatice utilizând tehnologia GC-IMS și analiza senzorială. Diverse metode statistice (cum ar fi analiza componentelor principale (PCA), analiza discriminantă (DA), regresia parțială pe cele mai mici pătrate (PLSR) etc.) au fost utilizate pentru a selecta markeri responsabili de aromă caracteristica, iar modelarea PLSR a fost aplicată pentru a dezvălui factorii cheie ai terroir care influențează substanțele volatile centrale. Acest studiu nu doar că adâncește înțelegerea adaptabilității terroir a Fetească Neagră, dar oferă și baze științifice pentru industria vinului din Moldova, susținând promovarea și dezvoltarea brandului acestui soi pe piața internațională.

1.6. Concluzii la capitolul 1

De față oferă o analiză sistematică asupra originii, factorilor de influență și metodelor de cercetare privind compoziția aromatică a vinului, subliniind faptul că aroma nu este doar o componentă esențială a profilului senzorial, ci și o variabilă cheie care influențează preferințele consumatorilor, gradul de acceptare pe piață și potențialul de valorizare comercială al produsului. Într-un context global în care industria vinului se orientează tot mai mult spre diversificarea gusturilor și accentuarea calității, complexitatea compușilor organici volatili și expresivitatea

geografică devin puncte centrale ale cercetării și inovației.

Pornind de la complementaritatea structurală dintre industriile vitivinicole din China și Moldova, este analizată oportunitatea strategică a vinurilor moldovenești pe piața chineză. Moldova, ca țară tipic orientată spre export, este recunoscută pentru vinurile sale cu raport calitate preț ridicat, profil fructat și stil lejer caracteristici care se aliniază perfect cu preferințele actuale ale consumatorilor chinezi pentru vinuri destinate consumului rapid și cu „arome pronunțate”, mai ales în rândul tinerilor și femeilor. Această complementaritate între potențialul de producție al Moldovei și cererea pieței chineze justifică orientarea cercetării spre înțelegerea factorilor de terroir și a mecanismelor aromatice care definesc atractivitatea vinurilor moldovenești.

Capitolul evidențiază, de asemenea, rolul sistemului IGP din Moldova în protejarea expresiei terroirului, creșterea valorii de brand și standardizarea cadrului de reglementare. Cele trei regiuni IGP, Codru, Ștefan Vodă și Valul lui Traian, oferă un cadru natural pentru studii comparative asupra expresiei aromatice, datorită diferențelor lor pedoclimatice semnificative. Acest sistem permite producătorilor să coreleze mai eficient particularitățile locale cu cerințele piețelor-țintă, în special cu preferințele consumatorilor chinezi pentru vinuri fructate și expresive. Soiul autohton Fetească Neagră, cel mai reprezentativ soi roșu al Moldovei, este introdus ca studiu de caz. Cultivat pe scară largă în toate cele trei regiuni IGP, acest soi prezintă o adaptabilitate remarcabilă la diferite terroiruri și un potențial stilistic versatil. Fetească Neagră se distinge nu doar prin arome intense de fructe negre, structură polifenolică complexă și potențial de învechire, ci și prin capacitatea de a reflecta diferențiat condițiile de cultură. Această diversitate naturală transformă Fetească Neagră într-un model ideal pentru investigarea relației dintre terroir și compoziția aromatică a vinurilor roșii.

Aroma vinului reprezintă nu doar expresia terroirului, ci și un instrument strategic pentru consolidarea identității vinurilor moldovenești pe piața globală. Înțelegerea mecanismelor de formare a aromelor, a factorilor de influență și a percepției senzoriale contribuie la dezvoltarea unei vinificații bazate pe știință și comunicare culturală integrată. Acest capitol fundamentează etapele următoare ale lucrării, care vor aborda acumularea precursorilor compuși organici volatili în timpul maturării, influența condițiilor de terroir asupra profilului volatil și analiza caracteristicilor aromatice ale vinurilor Fetească Neagră prin tehnici GC-IMS.

Pe baza analizei efectuate, în cadrul acestei lucrări au fost stabilite următoarele obiective:

- Caracterizarea condițiilor pedoclimatice din principalele regiuni viticole și evaluarea influenței acestora asupra potențialului aromatic al vinurilor elaborate din soiul autohton Fetească Neagră;

- Determinarea profilului compușilor organici volatili (COV) ai vinurilor Fetească Neagră prin cromatografie gazoasă cuplată cu spectrometrie de mobilitate ionică (GC-IMS) și identificarea diferențelor dintre vinurile provenite din diverse parcele viticole;
- Aplicarea metodelor statistice multivariate pentru analiza relației dintre variabilele de terroir și amprenta aromatică a vinurilor Fetească Neagră;
- Elaborarea unor strategii de vinificare orientate spre stiluri de vinuri roșii compatibile cu preferințele la cerințele piețelor internaționale.

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

Studiul a fost realizat pe soiul Fetească Neagră, de pe parcelele din rețeaua experimentală ONVV și amplasate în trei regiuni cu Indicație Geografică Protejată (IGP) din Republica Moldova: Codru, Ștefan Vodă și Valul lui Traian, având ca obiectiv caracterizarea factorilor de terroir specifici fiecărei plantații.

Experimentele de micro-vinificație au fost desfășurate în laboratorul Departamentului de Oenologie al Universității Tehnice a Moldovei. Analiza solului a fost realizată în laboratorul Institutului de pedologie DIMO din Republica Moldova. Analizele fizico-chimice ale vinurilor au fost efectuate în cadrul laboratorului oenologic Laco-Alfatec (Moldova) și laboratoarele Centrului de Cercetări Oenologice, Facultatea Tehnologie Alimentelor a Universității Tehnice a Moldovei, iar analiza GC-IMS a compușilor organici volatili a fost realizată în parteneriat cu laboratorul Haineng Technology, China.

Experimentele pe cale industrială au fost realizate în cadrul Vinăriei Purcari și vinăriei didactice din cadrul Școlii profesionale, aplicând protocolul de vinificație pentru fiecare stil de vin cerut pe piața Chinei și a Canadei.

2.1. Obiectul de studiu și puncte de prelevare

În acest studiu, au fost selectate șapte parcele reprezentative plantate cu soiul Fetească Neagră din trei IGP-uri din Republica Moldova (tabelul 2.1): Codru, Ștefan Vodă și Valul lui Traian. Aceste parcele acoperă diferite tipuri de sol, condiții climatice și microhabitate, având ca scop investigarea influenței factorilor de terroir asupra calității vinurilor Fetească Neagră. Coordonatele geografice ale punctelor de prelevare, tipurile de sol, precipitațiile anuale, acumularea de temperatură și alte date meteorologice au fost obținute în cadrul studiului „Struguri de calitate” proiect inițiat de către ONVV.

Tabelul 2.1. Informații privind punctele de prelevare a probelor

Nr.	IGP Zone	Denumire parcele	Clone	Portaltol	Forma butucilor (inițială)	Anul plantării	Coordonatele geografice (Latitudine și Longitudine)
1.	IGP Codru	Mircești	cl.5	SO4	Guyot arcuit unilater.	2014	N47,4008 E27,9883
2.		Nisporeni	cl.5	5BB	Guyot arcuit unilater.	2006	N47,0759 E28,1389
3.		Speia	cl.5	5BB	Guyot obișn. bilateral	2015	N46,9884 E29,2683

Continuare tabelul 2.1

4.	IGP Valul lui Traian	Cuza	cl.5	5BB	Cazenave bilateral	2014	N45,6454 E28,4629
5.		Leova	cl.5	5BB	Guyot arcuit unilater.	2009	N46,4877 E28,2867
6.		Bugeac	cl.5	5BB	Guyot arcuit unilater.	2008	N46,3975 E28,7169
7.	IGP Ștefan Vodă	Purcari	cl.5	SO4	Royat bilateral	2010	N46,5192 E29,8686

2.2. Metoda de clasificare climatică multicriterială

Sistemul de Clasificare Climatică Geo viticolă Multicriterială (MCC Geoviticultural) reprezintă o abordare complexă utilizată pentru evaluarea potențialului viticol al unei regiuni prin integrarea mai multor indici agroclimatice relevanți. Această metodă oferă o discriminare climatică mai precisă comparativ cu sistemele tradiționale de clasificare, deoarece ia în considerare nu doar resursele termice, ci și regimul termic nocturn și disponibilitatea hidrică, factori esențiali pentru acumularea compușilor de calitate în struguri.

În acest studiu au fost utilizați următorii indici climatici: Indicele Winkler (GDD) [188], Indicele heliotermic Huglin (HI)[189], Temperatura medie a sezonului de vegetație (GST) [190], Indicele de secetă (DI) [191], Coeficientul hidrotermal (HTC) [192] și Indicele temperaturilor nocturne (CI) [193]. Formulele de calcul și explicațiile parametrilor utilizați sunt prezentate sintetic în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2. Formulele de calcul și explicațiile parametrilor utilizați

Nr.	Indicii	Formula	Explicații
1.	GDD	$GDD = \sum_{01.03}^{30.09} (T_{avg} - 10), T_{avg} \geq 10$ $T_{avg} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$	T_{max} -temperatura maximă a aerului dintr-o zi T_{min} -temperatura minimă a aerului dintr-o zi
2.	HI	$HI = \sum_{01.04}^{30.09} \frac{[(T-10)+(T_x-10)]}{2} d$	T - temperatura medie a aerului (°C), T_x - temperatura maximă a aerului (°C), d - coeficientul lungimii zile.
3.	GST	$GST = \frac{\sum T_{avg, Apr-Sep}}{N}$	$T_{avg, Apr-Sep}$ - temperatura medie zilnică, (1 aprilie - 30 septembrie), N - numărul de zile.

Continuare tabelul 2.2

4.	DI	$DI=W_0+P-T_v-E_s$ $T_k=ETPk$ $E_s=\frac{ETP}{N}(1-k)JPm$	<p>W_0 -rezerva inițială de apă utilă din sol</p> <p>P - precipitațiile,</p> <p>T_v - transpirația potențială în vie,</p> <p>E_s - evaporarea directă din sol.</p> <p>N - numărul de zile din lună,</p> <p>EPT - numărul de zile de evaporație efectivă din sol pe lună.</p> <p>JPm - precipitația lunară în mm.</p>
5.	HTC	$HTC=\frac{10P}{GDD}$	P - cantitatea de precipitații din perioada de vegetație
6.	CI	CI = temperatura minimă a aerului în septembrie (media de minime), în °C	

Achiziția datelor climatice s-a realizat folosind rețeaua de stațiuni meteo (i-meteos) instalate pe parcelele experimentale cu suportul Oficiului Național al Viei și Vinului cadrul proiectului Struguri de calitate (ng.fieldclimate.com).

2.3. Metode de studiu pedologic

Cercetările au fost efectuate în perioada anul 2017 - 2019 în parteneriat cu colaboratorii laboratorului Sistemul Geo informațional Pedologic și Agricultură de Precizie și laboratorului Ameliorarea și Protecția Solului ale Institutului de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „Nicolae Dimo”.

La elaborarea studiului au fost folosite următoarele materiale:

materialele parametrilor climaterici;

harta pedologică al comunelor unde sunt amplasate parcelele experimentale la scara 1:10000;

harta digitală a învelișului de sol al Republicii Moldova la scara 1:50000 elaborată în anul 2011;

materialele de teledetecție spațială „Orto-Foto” la scara 1:5000 a ARFC;

materialele „Modelul Digital al Terenului (DTM)” a agenției relații funciare și cadastru.

În teren au fost efectuate lucrări de ridicări geodezice pentru delimitarea spațială a parcelelor experimentale și stabilirea coordonatelor geografice a amplasării profilelor de sol.

Investigațiile pedologice au fost efectuate la scara 1:2000 în conformitate cu „Instrucțiunile

privind cercetările pedologice la atribuirea terenurilor pentru necesități de stat și obștești”.

Studiul pedologic în câmp a fost efectuat prin amplasarea a șapte profil principale de sol pentru fiecare contur de sol din cadrul parcelelor. Din profilele de sol au fost prelevate 35 probe pe orizonturi genetice pentru efectuarea analizelor în laboratorul de încercări „Ameliorarea și Protecția Solurilor” al Institutului de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „Nicolae Dimo”. Analizele de laborator au fost îndeplinite conform metodelor standarde (tabelul 2.3) care satisfac cerințele SM SR EN ISO/CEI 17025:2006. Lucrările au fost efectuate în programul MapInfo (2D) și ArcGIS (3D).

Tabelul 2.3. Metode de analize și determinări

Nr.	Denumirea analizei, determinării	Metoda[194, 195]
1.	Pregătirea probelor pentru analiză	Măcinare manuală
2.	Conținutul de apă higroscopică	uscare în etuvă la $t = 1050\text{ }^{\circ}\text{C}$
3.	Conținutul de humus	Tiurin, modificarea Nichitin
4.	Reacția actuală (pH)	Potențiomtria
5.	Aciditatea hidrolitică (Ah)	Kappen
6.	Conținutul de carbonați totali	gaz volumetrică
7.	Conținutul de carbonați activi	Druino-Galle
8.	Conținutul de calciu schimbabil	Tucker , complexonometrică
9.	Conținutul magneziu schimbabil	Idem
10.	Conținutul de sodiu schimbabil	Tucker, fotometrie cu flacără
11.	Conținutul de nitrați (N-NO ₃)	Potențiomtria
12.	Conținutul de amoniac (N-NH ₃)	Nessler
13.	Conținutul de fosfor mobil (P ₂ O ₅)	Machighin
14.	Conținutul de potasiu mobil (K ₂ O)	Machighin
15.	Alcătuirea granulometrică	pipetare, prelucrarea solului cu Na ₄ P ₂ O ₇
16.	Conținutul de bor mobil (B)	extracția cu apă caldă, fotocolorimetric
17.	Conținutul de zinc mobil (Zn)	extracția cu acetat de amoniu (pH-4,8), adsorbție atomică
18.	Conținutul de fer mobil (Fe)	extracția cu acetat de amoniu (pH-4,8), adsorbție atomică
19.	Conținutul de cupru mobil (Cu)	extracția cu acetat de amoniu (pH-4,8), adsorbție atomică
20.	Reziduul uscat	Gravimetrică

2.4. Protocolul de micro vinificare

Toate grupurile experimentale (trei repetiții pentru fiecare parcela experimentală) au fost realizate în condiții identice de vinificare.

Proba medie pentru micro vinificație a fost în cantitate de 3 kg de struguri. Proba medie a fost colectată în parcela experimentală de pe rândurile 5, 10 și 15. La fiecare rânduri, au fost

selecția butucii 15-18-21-24-27, în total 5 butuci, și colectat 1 kg de struguri din fiecare rând.

Strugurii imediat după colectare au fost transportați în condiții controlate ($t = +2...4\text{ }^{\circ}\text{C}$) în hala de micro vinificare a UTM, au fost supuși unei inspecții sanitare, cântăriți, desciorchinați și zdrobiți. Mostre de must au fost prelevate din fiecare vas de fermentare pentru analize chimice, inclusiv concentrația de glucoză-fructoză, pH, aciditatea totală și acizii organici, și sunt prezentate în tabelul 2.3.

Tabelul 2.4. Parametrii tehnologici ai strugurilor Fetească Neagră la recoltă în diferite terroiruri viticole ale Republicii Moldova.

Nr.	IGP Zone	Parcelă	Recolta medie (kg/butuc)	Conținutul de zahărul mustului de struguri (Brix ^o)	pH	Data de recoltarea
1.	Codru	Mircești	2,9	23,4	3,79	01.09.22
2.		Nisporeni	2,8	24,0	3,72	01.09.22
3.		Speia	3,0	24,3	3,67	01.09.22
4.	Valul lui Traian	Cuza	3,5	24,0	3,68	30.08.22
5.		Leova	2,6	23,4	3,61	30.08.22
6.		Bugeac	2,5	22,9	3,61	30.08.22
7.	Ștefan Vodă	Purcari	3,1	24,2	3,56	31.08.22

În mustuală a fost adăugat 100 mg/L de metabisulfid de potasiu (PMS) și inoculat cu o drojdie activă uscată (Lalvin Bourgovin RC212™) la o concentrație de 100 mg/L pentru fiecare variantă. În timpul fermentației alcoolice, gestionarea căciului a fost realizată manual prin scufundare (pigeage) de două ori pe zi pentru a asigura omogenizarea. Progresul fermentației a fost monitorizat zilnic prin măsurarea temperaturii și densității mustului (Anex 2.1. Evoluția temperaturii și a densității mustului în timpul fermentației alcoolice). Temperatura din camera de fermentare a fost menținută la 25 °C cu ajutorul unui sistem de aer condiționat.

Când densitatea mustului a ajuns la aproximativ 1010-1020, mustuală a fost inoculată cu o maie de bacterii malolactică în concentrație de 25 mg/l, în scopul declanșării fermentației malolactice. Dinamica fermentației malolactice a fost monitorizată săptămânal prin analiza cromatografică pe hirte a acidului malic și prin evaluări senzoriale regulate.

După ce zahărul rezidual a scăzut sub 3 g/L, vinul a fost presat folosind o presă hidraulică. După limpezire și separarea de drojdiile sedimentate, vinurile au fost îmbuteliate și tratate cu metabisulfid de potasiu la o concentrație finală de 100 mg/L. Vinurile îmbuteliate au fost păstrate în condiții controlate (+14 - +16 °C) și evaluate organoleptic și fizico-chimic.

2.5. Metoda de analiza a compușilor organici volatili GC-IMS

În cadrul acestui studiu, tehnologia cromatografiei gazoase cuplate cu spectrometru de mobilitate a ionilor (GC-IMS) a fost utilizată pentru analiza componentelor volatile ale vinului Fetească Neagră. Instrumentul utilizat a fost FlavourSpec® (G.A.S., Germania), combinat cu un dispozitiv automat de injectare CTC-PAL 3, pentru a asigura acuratețea și repetabilitatea analizei.



Figura 2.1. Echipamentul GC-IMS utilizat pentru analiza compușilor organici volatili (FlavourSpec®, G.A.S., Germania) cu sistem automat de injectare CTC-PAL 3.

Prelucrarea probelor. Pentru experiment, au fost selectate probe de vin din 7 puncte de prelevare diferite. Fiecare probă a fost cântărită la 1g și plasată într-o sticlă cu un volum de 20mL, la care s-a adăugat un standard intern de 100ppm (2-metil-3-heptanona 10 μ L). După incubația la 60°C timp de 20 de minute, proba a fost introdusă în aparat. Fiecare probă a fost testată de trei ori pentru a crește fiabilitatea datelor.

Parametrii de funcționare GC-IMS. Condițiile cromatografiei gazoase: s-a utilizat o coloană capilară MXT-WAX (30 m \times 0,53 mm, 1,0 μ m). Debitul inițial a fost setat la 2,0 mL/min (azot 99,999 %, menținut timp de 2 minute), apoi a fost crescut linear până la 10,0 mL/min în 8 minute, continuând cu o creștere până la 100,0 mL/min în 10 minute și menținut la această valoare timp de 20 de minute. Timpul total de rulare al cromatografului a fost de 40 de minute.

Condițiile spectrometriei de mobilitate a ionilor: Ionizare cu sursă de tritium (3H), lungimea tubului de mobilitate de 53 mm, intensitatea câmpului electric de 500 V/cm, debitul gazului de derivă (azot 99,999%) de 75,0 mL/min, temperatura de 45°C.

Condițiile de injectare a capului de aer: temperatura de incubație de 60°C, timpul de incubație de 20 de minute, volumul de injectare de 100 μ L, injectare fără deschidere (non-split), temperatura portului de injectare de 85°C.

Prelucrarea datelor. Analiza datelor a fost realizată utilizând software-ul VOCal (0.4.03), prin intermediul bazei de date GC a indicelui de retenție (NIST 2020) și a bazei de date a timpilor de mobilitate IMS pentru analiza calitativă a compușilor organici volatili. Vizualizarea datelor a fost realizată folosind metode precum spectrele tridimensionale, spectrele bidimensionale și hărțile de amprentă.

Pentru analiza cantitativă, se utilizează raportul dintre volumul pic-lui și concentrația cunoscută a standardului intern pentru calcul. Metoda de calcul specifică este următoarea:

$$C_i = C_r \times \frac{V_i}{V_r} \quad (2.9)$$

Unde:

C_i este concentrația compusului volatil țintă ($\mu\text{g/L}$).

V_i este volumul vârfului pentru compusul țintă.

V_r este volumul vârfului pentru standardul intern.

C_r este concentrația cunoscută a standardului intern.

Prin această metodă, se poate efectua o analiză semi-cantitativă a compușilor organici volatili din probele de vin, asigurându-se astfel acuratețea și comparabilitatea datelor.

Calculul valorii OAV

Pentru a evalua contribuția compușilor organici volatili la aroma vinului, a fost calculată valoarea activității olfactive (OAV, Odor Activity Value).

Formula de calcul pentru OAV este următoarea:

$$\text{OAV} = \frac{C_i}{\text{OT}} \quad (2.10)$$

Unde:

C_i este concentrația determinată a compusului țintă ($\mu\text{g/L}$),

OT este pragul olfactiv al compusului ($\mu\text{g/L}$), preluat din literatura de specialitate.

OAV mai mare de 1 indică faptul că acest compus contribuie la aroma vinului, iar cu cât valoarea OAV este mai mare, cu atât intensitatea percepției sale este mai mare. Rezultatele finale sunt utilizate pentru a analiza impactul fiecărui compus volatil asupra caracteristicilor generale ale aromei vinului și, în combinație cu factorii de terroir, pentru a explora mecanismele de formare ale caracteristicilor aromatice.

2.6. Analiza fizico-chimică a vinurilor

Metodele de analiză utilizate la determinarea indicilor fizico-chimici ai vinului [196, 197]:

- Starea sanitară a strugurilor conform SM 84:2023;
- Concentrația în masă a zaharurilor prin metoda areometrică conform SM 84:2023;

- Concentrația în masă a acizilor titrabili conform SM 84:2023;
- Concentrația alcoolică conform GOST R 51135:2012;
- Concentrația în masă a zaharurilor conform SM 84:2013;
- Concentrația în masă a acizilor volatili conform HG nr.245/2024;
- Concentrația în masă a dioxidului de sulf (total/liber) conform SM GOST R 51823:2010;
- Concentrația în masă a extractului sec nereducător conform HG nr.245/2024;
- pH-ul și valoarea potențialului oxido-reducător, prin metoda potențiometriei la HG nr.245/2024;
- Concentrația acizilor organici conform HG nr.245/2024.
- Nota organoleptică, prin metoda la HG nr.280/2023.

2.7. Evaluare senzorială a vinurilor

În cadrul acestui studiu, a fost utilizată metoda Napping® (cunoscută și sub denumirea de „harta senzorială” sau „plasare liberă”) pentru evaluarea senzorială a probelor de vin. Napping® este o tehnică intuitivă de comparare a unui număr mare de probe, în care evaluatorii plasează liber probele pe o coală de hârtie A3, în funcție de percepția lor senzorială: probele similare sunt plasate mai aproape unele de altele, iar cele diferite mai departe, creând astfel un spațiu senzorial bidimensional personalizat.

Toate probele au fost prezentate simultan, la o temperatură constantă de 20°C, iar evaluarea s-a desfășurat individual. În experiment au participat 7 evaluatori (5 bărbați și 2 femei), fiecare realizând plasarea pozițională a celor 7 probe de vin. Vârsta medie a panelului pentru analiza senzorială a fost de 38 ani, cu o experiență în degustarea vinurilor de circa 10 ani. Cei 7 degustători care au participat la evaluarea senzorială provin din diferite segmente ale industriei vinului-oenologi, somelieri și specialiști în vânzări de vinuri.

În timpul evaluării, evaluatorii au fost rugați, de asemenea, să noteze liber termeni descriptivi referitori la aroma fiecărei probe. În etapa de prelucrare a datelor, cercetătorii au utilizat colțul din stânga jos al foii ca origine a sistemului de coordonate și au măsurat valorile coordonatelor fiecărei probe în spațiul bidimensional.

În paralel, toți termenii descriptivi oferiți de evaluatori au fost centralizați, iar frecvența de apariție a fiecărui termen de aromă în dreptul fiecărei probe a fost calculată, pentru a fi utilizată ulterior în analiza de proiecție lexicală.

2.8. Analiza statistică

Toate analizele statistice au fost realizate în limbajul R, analiza varianței (ANOVA) a fost utilizată pentru a testa diferențele semnificative între grupuri de probe. Testul Tukey HSD (Tukey’s

Honest Significant Difference Test) a fost aplicat pentru compararea multiplă și evaluarea diferențelor dintre grupuri.

Analiza componentelor principale (PCA, Principal Component Analysis) a fost utilizată pentru reducerea dimensionalității și explorarea diferențelor în compoziția compușilor organici volatili între probe. Metoda Analizei Multifactoriale (MFA, Multiple Factor Analysis) a fost utilizată pentru analiza datelor obținute din evaluarea senzorială, integrând informațiile privind coordonatele spațiale furnizate de toți evaluatorii și explorând relația dintre termenii descriptivi și distribuția senzorială a probelor.

Analiza corelației Spearman a fost utilizată pentru evaluarea relațiilor neliniare dintre variabile. Regresia cu minime pătrate parțiale (PLSR, Partial Least Squares Regression) a fost utilizată pentru analiza relației dintre compușii volatili și diferitele grupuri de probe.

Nivelul de semnificație statistică pentru toate analizele a fost setat la $p < 0.05$.

2.8.1. Analiza varianței

Analiza de Varianță (ANOVA) a fost aplicată în diverse rezultate pentru a identifica diferențele semnificative între grupuri, iar testul post-hoc Tukey a fost utilizat pentru a determina variabilele în care aceste diferențe sunt semnificative.

ANOVA a fost calculată utilizând următoarele formule:

Calculul gradelor de libertate:

$$df_{\text{intre}} = k - 1 \quad (2.11)$$

$$df_{\text{in}} = N - k \quad (2.12)$$

unde:

k reprezintă numărul grupurilor.

N reprezintă numărul total de eșantioane.

Calculul sumei pătratelor:

$$SS_{\text{intre}} = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2 \quad (2.13)$$

$$SS_{\text{in}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k n_i (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 \quad (2.14)$$

Calculul valorilor medii pătrate:

$$MS_{\text{intre}} = \frac{SS_{\text{in}}}{df_{\text{intre}}} \quad (2.15)$$

$$MS_{\text{in}} = \frac{SS_{\text{intre}}}{df_{\text{in}}} \quad (2.16)$$

Calculul valorii F:

$$F = \frac{MS_{\text{intre}}}{MS_{\text{in}}} \quad (2.17)$$

Calculul valorii p:

$$\Pr(F) = P(F > F_{\text{observate}} | df_{\text{intre}}, df_{\text{in}}) \quad (2.18)$$

unde:

n_i reprezintă numărul de eșantioane din grupul i

\bar{X}_i reprezintă media grupului.

\bar{X} reprezintă media generală.

X_{ij} reprezintă valoarea eșantionului j din grupul i.

Formula pentru analiza post-hoc Tukey:

$$q = \frac{|\bar{x}_i - \bar{x}_j|}{\sqrt{MS_{\text{in}}/n}} \quad (2.19)$$

Pentru analiza semnificației, valoarea q calculată utilizând testul Tukey a fost comparată cu valoarea critică q_{crit} , dacă $|\bar{x}_i - \bar{x}_j| > q_{\text{crit}}$, diferența dintre grupuri este considerată semnificativă.

Grupurilor li s-au atribuit litere de semnificație (ex. a, b, c), unde grupurile care împart aceeași literă nu prezintă diferențe semnificative, iar grupurile cu litere diferite prezintă diferențe statistice semnificative.

Pentru factorii climatici și de tratament al viței de vie, s-a efectuat corelația Pearson pentru a găsi relația și dimensiunea efectului. În plus, interacțiunea între apariția microorganismelor a fost, de asemenea, analizată prin corelație Pearson.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X}) \sum (Y_i - \bar{Y})}} \quad (2.20)$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2.21)$$

$$P = 2 \cdot P(T > |t| | df = n - 2) \quad (2.22)$$

2.8.2. Analiza componentelor principale

PCA este o metodă frecvent utilizată pentru reducerea dimensionalității, care transformă datele dintr-un spațiu de dimensiuni mari într-un spațiu de componente principale printr-o transformare ortogonală, păstrând în același timp cât mai mult posibil varianța inițială a datelor.

În acest studiu, PCA a fost aplicată pentru a analiza diferențele în compoziția compușilor organici volatili dintre diferitele probe. Prin reducerea numărului de variabile și extragerea principalelor caracteristici, PCA permite o reprezentare mai clară a similitudinilor și diferențelor

dintre probe.

Pașii PCA :

Standardizarea datelor (normalizare Z-score): Toate variabilele au fost standardizate utilizând normalizarea Z-score, asigurând astfel o scală uniformă între caracteristici și prevenind influența disproporționată a variabilelor cu unități sau intervale de valori diferite.

$$x'_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} \quad (2.23)$$

În care x_i este valoarea caracteristicii pentru eșantionul i , μ este media, iar σ este deviația standard.

Calculul matricei de covarianță:

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})^T \quad (2.24)$$

În care C este matricea de covarianță între caracteristici, n este numărul de eșantioane, iar x_i este vectorul linie din matricea de date.

Calculul valorilor proprii și al vectorilor proprii:

$$C_v = \lambda v \quad (2.25)$$

În care λ este valoarea proprie, iar v este vectorul propriu.

Selectarea primilor k vectori proprii corespunzători celor mai mari valori proprii pentru construirea matricei de proiecție:

$$W = [v_1, v_2, \dots, v_k] \quad (2.26)$$

Proiectarea datelor în noul spațiu:

$$Z = XW \quad (2.27)$$

În care X este matricea de date inițială, iar Z este matricea de date după reducerea dimensionalității.

PCA este utilizată în principal pentru reducerea dimensionalității și extracția caracteristicilor, fiind potrivită pentru sarcini de învățare nesupravegheată.

2.8.3. Metoda Analizei Multifactoriale

Analiza Multifactorială (MFA, Multiple Factor Analysis) este o metodă de integrare a datelor utilizată pentru a analiza mai multe seturi de variabile care măsoară aceleași obiecte (cum ar fi probele). În evaluarea senzorială, MFA permite combinarea coordonatelor spațiale furnizate de mai mulți evaluatori, extrăgând un spațiu senzorial de consens, în care pot fi proiectați, ca variabile suplimentare, termenii descriptivi senzoriali. Astfel, se pot interpreta semnificațiile senzoriale ale axelor principale din analiza factorială.

Presupunând că există K evaluatori, iar fiecare evaluator oferă coordonate bidimensionale (X, Y) pentru I probe, atunci datele furnizate de evaluatorul k sunt:

$$X^{(k)} \in \mathbb{R}^{I \times 2}, k = 1, 2, \dots, K \quad (2.28)$$

Pentru fiecare grup de variabile se realizează separat o Analiză Principală a Componentelor (PCA), obținându-se valoarea proprie a primei componente principale.

Pentru a echilibra ponderea fiecărui grup, matricea de date a fiecărui grup este standardizată astfel:

$$\tilde{X}^{(k)} = \frac{X^{(k)}}{\sqrt{\lambda_1^{(k)}}} \quad (2.29)$$

Combinarea tuturor matricelor de variabile:

$$\tilde{X}^{(k)} = [\tilde{X}^{(1)} | \tilde{X}^{(2)} | \dots | \tilde{X}^{(K)}] \in \mathbb{R}^{I \times 2K} \quad (2.30)$$

Prin valoarea singulară (SVD) sau decompoziția în valori proprii a matricei de covarianță:

$$\tilde{X} = UDV^T \quad (2.31)$$

Coordonatele de consens ale probelor sunt date de:

$$F = UD \quad (2.32)$$

2.8.4. Calculul corelației Spearman

Analiza corelației Spearman este o metodă statistică neparametrică, utilizată pentru a măsura relația monotonă dintre două variabile, adică dacă o variabilă crește sau scade monoton în raport cu cealaltă.

Această metodă este adecvată pentru date cu distribuție non-normală sau pentru situațiile în care între variabile pot exista relații neliniare, motiv pentru care este larg utilizată în domenii precum agricultura și ecologia.

În acest studiu, analiza corelației Spearman a fost aplicată pentru a explora relațiile neliniare dintre factorii de terroir (de exemplu, temperatura, precipitațiile și radiația solară) și compușii volatili.

Calculul coeficientului de corelație Spearman:

Coeficientul de corelație Spearman (ρ) este calculat pe baza rangurilor variabilelor, în locul valorilor brute. Formula sa este următoarea:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (2.33)$$

În care: d_i reprezintă diferența dintre rangurile fiecărei observații pentru cele două variabile, adică $d_i = R(x_i) - R(y_i)$, unde $R(x_i)$ și $R(y_i)$ sunt rangurile variabilelor x și y .

n este numărul de eșantioane.

Interpretarea coeficientului de corelație Spearman:

$\rho = +1$: Corelație perfect pozitivă, indicând o relație strict monoton crescătoare între cele două variabile.

$\rho = -1$: Corelație perfect negativă, indicând o relație strict monoton descrescătoare între cele două variabile.

$\rho = 0$: Fără corelație, ceea ce sugerează că nu există o relație monotonă între variabile.

$0 < \rho < 1$: Corelație pozitivă, iar valoarea lui ρ mai aproape de 1 indică o corelație mai puternică.

$-1 < \rho < 0$: Corelație negativă, iar valoarea lui ρ mai aproape de -1 indică o corelație mai puternică.

Calculul valorii p :

În analiza corelației Spearman, valoarea p este utilizată pentru a testa semnificația statistică a corelației, verificând ipoteza nulă (H_0): „Nu există corelație între cele două variabile”.

Valoarea p este calculată pe baza statisticii t , având următoarea formulă:

$$t = \rho \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\rho^2}} \quad (2.34)$$

În care:

t urmează o distribuție t cu $n-2$ grade de libertate.

Valoarea t calculată poate fi utilizată pentru a determina valoarea p corespunzătoare.

Interpretarea valorii p :

$p < 0.05$: Corelația este semnificativă la un nivel de încredere de 95%, permițând respingerea ipotezei nule (H_0) și sugerând că există o corelație statistic semnificativă între cele două variabile.

$p < 0.01$: Corelația este semnificativă la un nivel de încredere de 99%, indicând o relație și mai puternică.

$p \geq 0.05$: Nu există suficiente dovezi pentru a concluziona că între cele două variabile există o corelație statistic semnificativă.

2.9. Concluzii la capitolul 2

În calitate de concluzii menționăm ca prezintă în mod detaliat materialele și metodele aplicate în cadrul cercetării, incluzând selectarea parcelelor reprezentative din cele trei regiuni cu Indicație Geografică Protejată (IGP) ale Republicii Moldova, colectarea probelor de struguri și procesul unificat de vinificare experimentală. De asemenea, capitolul descrie metodele utilizate pentru caracterizarea condițiilor pedo-climatice ale parcelelor experimentale, bazate pe monitorizarea parametrilor climatici (temperatură, precipitații, bilanț termic) și pe analiza proprietăților pedologice (textură, conținut de humus, pH, carbonatate, drenaj). În continuare sunt prezentate metodele analitice aplicate pentru determinarea compoziției chimice și fizico-chimice a vinurilor (GC-IMS și FTIR), tehnicile de evaluare senzorială, precum și metodele statistice avansate utilizate pentru prelucrarea și interpretarea datelor (analiza corelației Spearman, analiza componentelor principale - PCA, analiza termografică Heatmap și analiza clusterelor ierarhice - HCA). Prin abordarea integrată a aspectelor pedo-climatice, tehnologice și analitice, capitolul stabilește o bază metodologică solidă pentru interpretarea influenței terroirului asupra compoziției aromatice a vinurilor Fetească Neagră, asigurând totodată coerența și reproductibilitatea cercetării.

3. REZULTATELE STUDIULUI COMPONENTELOR AGRO-PEDO-CLIMATICE ALE REȚELEI PARCELELOR EXPERIMENTALE DE FETEASCĂ NEAGRĂ

Fetească Neagră, fiind un soi autohton important de struguri în Republica Moldova, este cultivat în multiple parcele din cele trei regiuni viticole cu Indicație Geografică Protejată. Aceste parcele prezintă o diversitate de relief, variații semnificative de altitudine, o gamă variată de tipuri de sol și condiții climatice distincte, conturând astfel caracteristici unice de terroir.

Prezenta cercetare investighează șapte parcele experimentale, analizând impactul structurii topografice (latitudine, longitudine, altitudine, înălțime relativă, pantă și expoziție, la tabelul 3.1.), tipului de sol și factorilor climatici (temperatură, precipitații etc.) asupra calității strugurilor destinați vinificației și a stilului vinurilor din diferite regiuni. Printr-o evaluare detaliată a factorilor de terroir ai parcelelor și o analiză integrată a caracteristicilor agroclimatice și pedologice, studiul explorează diferențele de terroir dintre regiuni și parcele. Rezultatele obținute vor contribui la optimizarea calității și adaptabilității soiului Fetească Neagră, oferind o bază științifică pentru dezvoltarea strategică a regiunilor viticole.

Tabelul 3.1. Indicatorii geomorfologici a parcelelor cercetate.

Nr.	Parcelă	Relief	Altitudine, m	Expoziție	Panta, grade
1.	Mircești	versant moderat înclinat	304.10	E, SE	5°-20°
2.	Nisporeni	versant moderat înclinat	121.00	S-V	7°-10°
3.	Speia	versant moderat înclinat	133.31	E	3°-10°
4.	Cuza	versant slab înclinat	70.50	S-V	1°-5°
5.	Leova	versant slab înclinat	163.34	V	1°-3°
6.	Bugeac	versant slab înclinat	151.56	SV	1°-5°
7.	Purcari	versant slab înclinat	120.94	E	1°-7°

3.1. Analiza caracteristicilor pedologice ale parcelelor din trei zone IGP




3.1.1. Analiza pedologică a parcelelor din cadrul IGP Codru

În tabelul 3.2. sunt prezentate profilurile solului din trei parcele experimentale situate în regiunea IGP Codru: Nisporeni, Speia și Mircești. Din punct de vedere al tipului de sol, în parcelă

Nisporeni, solul este de tip cernoziom carbonatic, cu o textură lutoasă. În parcelă Speia, solul este de tip cernoziom levigat, caracterizat printr-un conținut ridicat de materie organică în stratul superior, în timp ce unele minerale solubile pot fi levigate în straturile inferioare. Acest proces poate influența proprietățile chimice ale solului, însă caracteristicile fundamentale de fertilitate și capacitatea de susținere a creșterii culturilor rămân intacte. Textura solului este luto-argilooasă.

În parcelă Mircești, solul este de tip cenușiu tipic, prezentând caracteristicile specifice acestui tip de sol, precum culoarea distinctivă, regimul hidric specific și stratificarea bine conturată. Acest tip de sol se formează de obicei în condiții climatice umede, fiind frecvent întâlnite în zone cu drenaj slab sau exces de umiditate. Structura solului este caracteristică: stratul superior este luto-argilos, iar stratul de bază este format din argilă lutoasă.

Tabelul 3.2. Caracteristica profilelor solului din cele trei parcele din regiunea IGP Codru.

Nr.	Descriere	Parcelă		
		Mircești	Nisporeni	Speia
1.	Morfologică a profilului de sol			
2.	Tipul de sol	subtipul cenușiu tipic, desfundat, slab erodat, luto-argilos pe argilă lutoasă.	cernoziom carbonatic, desfundat, moderat erodat, lutos	cernoziom levigat, desfundat, luto-argilos.

În cadrul regiunii viticole IGP Codru, analiza rocii-mame în cele trei parcele experimentale Mircești, Nisporeni și Speia, evidențiază caracteristici distincte în funcție de adâncimea de apariție și compoziția materialului parental.

În parcelă Mircești, roca-mamă este localizată la o adâncime de 131 - 150 cm, având o culoare galben-verzuie, o structură slab dezvoltată și o textură argilo-lutoasă. Aceasta prezintă pseudomicelii și concrețiuni, cu o consistență compactă și umedă, ceea ce poate influența negativ permeabilitatea aeriană și hidrică a solului.

În parcelă Nisporeni, roca-mamă se găsește la o adâncime de 124 - 140 cm, cea mai mică dintre cele trei parcele studiate. Solul are o culoare galbenă, cu nuanțe brune, și este lipsit de o structură bine definită. Se fragmentează în blocuri, este foarte compact și prezintă porozitate fină,

cu pseudomicelii și concrețiuni carbonatic. Textura solului este luto-argiloasă, iar caracteristicile acestuia pot afecta atât drenajul apei, cât și accesul aerului la rădăcinile plantelor.

În parcelă Speia, roca-mamă este cea mai profundă dintre cele trei locații, fiind situată la o adâncime de 163 - 180 cm. Culoarea predominantă este galbenul, cu nuanțe albastrii, solul fiind fără o structură bine definită, cu blocuri masive și o consistență foarte compactă. Este caracterizat prin prezența carbonatului sub formă de pseudomicelii și printr-o textură luto-argiloasă. Compactitatea ridicată și porozitatea fină pot limita dezvoltarea rădăcinilor și accesul acestora la nutrienți și apă.

Rezultatele analizei proprietăților fizico-chimice ale stratului de sol (0 - 60 cm) din cele trei parcele studiate sunt prezentate în tabelul 3.3.

Tabelul 3.3. Conținutul mediu ponderat al indicatorilor fizici, fizico-chimici și chimici în stratul 0 - 60 cm pentru cele trei parcele din regiunea IGP Codru.

Nr.	Descriere		Parcelă		
			Mircești	Nisporeni	Speia
1.	Textura	Nisip	46.26	43.45	50.30
2.		Aargilă	53.74	56.55	49.70
3.	pH		6.86	8.10	7.05
4.	Conținut în strat 0 - 60 cm, (mg/100g)	Humus.%	2.01	1.50	2.74
5.		N-NO ₃	0.30	0.18	0.17
6.		N-NH ₄	1.63	1.25	1.34
7.		P ₂ O ₅	1.47	1.10	0.85
8.		K ₂ O	23.30	18.50	29.00
9.	Carbonați, %	Totali	-	4.7	-
10.		Activi	-	4.1	-
11.	Conținutul de microelemente în orizontul superficial al solului, (mg/kg)	Zn	7.99	11.69	1.43
12.		Fe	4.83	2.49	0.02
13.		Cu	3.11	3.32	0.34
14.		B	0.46	3.14	1.53

Textura solului: Din punct de vedere al texturii solului, în parcelă Nisporeni se înregistrează cel mai mic conținut de nisip, de 43,45%. La polul opus, în parcelă Speia se observă cel mai ridicat conținut de nisip, de 50,3%.

pH-ului solului: În cele trei parcele, pH-ul variază între 6,86 și 8,1, cu o medie de 7,34. Solul de la parcelă Mircești are un pH de 6,86, iar cel din parcelă Speia are un pH de 7,05, încadrându-se în categoria solurilor neutre. În parcelă Nisporeni, solul are un pH de 8,1, indicând un sol alcalin.

Analiza nutrițiilor: Conținutul mediu de materie organică în cele trei parcele este de 2,08%,

corespunzând categoriei „moderat”. Dintre acestea, parcelă Speia prezintă cel mai ridicat nivel (2,74%), urmată de Mircești (2,01%), în timp ce parcelă Nisporeni înregistrează cel mai scăzut conținut (1,5%), încadrat în categoria „scăzut”. În ceea ce privește azotul, valorile medii pentru N-NH₄ și N-NO₃ sunt de 1,41 mg/100g, respectiv 0,22 mg/100g, ambele fiind clasificate ca „foarte scăzut”, ceea ce indică o necesitate evidentă de fertilizare. Fosforul mobil (P₂O₅) are o concentrație medie de 1,14 mg/100g, încadrată la „scăzut”; parcelă Mircești are cel mai ridicat nivel (1,47 mg/100g), urmat de parcelă Nisporeni (1,1 mg/100g), iar parcelă Speia prezintă cel mai redus conținut (0,85 mg/100g), încadrat în categoria „foarte scăzut”. În schimb, potasiul mobil se situează la un nivel mediu de 23,6 mg/100g, coresponzând categoriei „optim”; cel mai ridicat conținut se înregistrează în parcelă Speia (29 mg/100g), urmată de parcelă Mircești (23,3 mg/100g), iar parcelă Nisporeni are cel mai scăzut nivel (18,5 mg/100g), încadrat în categoria „moderat”.

Analiza microelementelor: Conținutul mediu de zinc (Zn) în solurile analizate indică diferențe notabile între cele trei parcele. În parcelă Nisporeni se înregistrează cel mai ridicat nivel de zinc, de 11,69 mg/kg, urmat de parcelă Mircești, cu un conținut relativ ridicat de 7,99 mg/kg. În schimb, solul din parcelă Speia prezintă un conținut semnificativ mai redus, de doar 1,43 mg/kg. Pentru fierul (Fe), parcelă Mircești înregistrează cea mai mare valoare, de 4,83 mg/kg, semnificativ mai mare comparativ cu celelalte două parcele, în special față de parcelă Speia, unde conținutul este foarte scăzut, de doar 0,02 mg/kg. Conținutul de cupru (Cu) este, de asemenea, variabil: parcelă Mircești (3,11 mg/kg) și parcelă Nisporeni (3,32 mg/kg) prezintă valori relativ ridicate, în timp ce parcelă Speia are un nivel semnificativ mai mic, de 0,34 mg/kg. În ceea ce privește borul (B), conținutul mediu este de 1,71 mg/kg. Parcelă Nisporeni se remarcă prin cea mai mare concentrație (3,14 mg/kg), parcelă Mircești înregistrează un nivel mai scăzut (0,46 mg/kg), iar parcelă Speia prezintă un conținut intermediar, de 1,53 mg/kg.

3.1.2. Analiza pedologică a parcelelor din cadrul IGP Valul lui Traian (VLT)




În tabelul 3.4 sunt prezentate profilurile solului din trei parcele situate în regiunea IGP VLT: Cuza, Bugeac și Leova. Din punct de vedere al tipului de sol, în parcelă Cuza, solul este de tip cernoziom carbonatic, cu o textură lutoasă. În parcelă Bugeac, solul este clasificat ca cernoziom tipic, având o textură luto-argiloasă. În parcelă Leova, solul este de tip cernoziom obișnuit, cu o textură predominant lutoasă.

În parcelă Cuza, roca-mamă este localizată la o adâncime de 119 - 150 cm. Are o culoare galben-brună, este lipsită de o structură bine definită și se fragmentează ușor în blocuri masive. Suprafața materialului parental este ușor umedă, cu o consistență foarte compactă, dar totodată

poroasă, prezentând pori fini care permit reținerea eficientă a apei și a carboanțelor.

În parcelă Leova, roca-mamă se află la o adâncime cuprinsă între 126 - 155 cm. Textura solului este lutoasă, culoarea galben-brun-deschisă, iar materialul parental este lipsit de structură bine definită și se fragmentează ușor în blocuri mari. Suprafața este moderat umedă, cu o consistență mai puțin compactă și o porozitate bine definită. Adâncimea relativ redusă a rocii-mamă favorizează absorbția apei și a nutrienților de către rădăcini, reducând rezistența solului în timpul dezvoltării acestora.

Tabelul 3.4. Caracteristica profilelor solului din cele trei parcele din regiunea IGP VLT

Nr.	Descriere	Parcelă		
		Cuza	Bugeac	Leova
1.	Morfologică a profilului de sol			
2.	Tipul de sol	Cernoziom carbonatic, desfundat, lutos	Cernoziom tipic, desfundat, luto-argilos	Cernoziom obișnuit, desfundat, slab erodat, lutos

În parcelă Bugeac, roca-mamă este cea mai profundă dintre cele trei locații, situată la o adâncime de 157 - 190 cm. Are o culoare galben-deschisă, este lipsită de o structură bine definită, umedă și compactă, cu o porozitate moderată. Adâncimea mare a rocii favorizează extinderea sistemului radicular, facilitând absorbția apei și a nutrienților din straturile profunde ale solului.

Rezultatele analizei proprietăților fizico-chimice ale stratului de sol (0 - 60 cm) din cele trei parcele sunt prezentate în tabelul 3.5.

Textura solului: Din punct de vedere al texturii, parcelă Cuza prezintă cel mai scăzut conținut de argilă, de 33,66%. În schimb, în parcelă Bugeac se înregistrează mai ridicat conținut de argilă, de 43,63%.

pH-ul solului: În cele trei parcele, pH-ul solului variază între 7,3-8,25. În parcelă Bugeac, pH-ul este de 7,3, ambele fiind încadrate în categoria „neutru”. În parcelă Leova pH-ul este de 8,1, și în parcelă Cuza, pH-ul este de 8,25, indicând un sol alcalin.

Analiza nutrițiilor: Conținutul mediu de materie organică variază între parcele, parcelă Bugeac prezentând cel mai ridicat nivel (3,7%), urmat de parcelă Leova (2,1%), în timp ce parcelă

Cuza are cel mai scăzut conținut (1,72%), încadrat în categoria „scăzut”. În ceea ce privește azotul, valorile medii pentru N-NH₄ variază între 1,21 și 1,30 mg/100 g, iar pentru N-NO₃ între 0,19 și 0,22 mg/100 g, ambele încadrate la nivelul „foarte scăzut”, ceea ce indică necesitatea fertilizării. Conținutul de fosfor mobil (P₂O₅) este cel mai ridicat la parcelă Leova (1,78 mg/100 g), urmat de parcelă Bugeac (1,37 mg/100 g), iar parcelă Cuza prezintă cel mai redus nivel (1,22 mg/100 g), încadrat în categoria „foarte scăzut”. În schimb, potasiul mobil este cel mai mare în parcelă Bugeac (40,36 mg/100 g), corespunzând categoriei „optim”. În parcelă Cuza și Leova, valorile sunt similare, de 17,5 mg/100 g și 18,5 mg/100 g, încadrate în categoria „moderat”.

Tabelul 3.5. Conținutul mediu ponderat al indicatorilor fizici, fizico-chimici și chimici în stratul 0 - 60 cm pentru cele trei parcele din regiunea IGP Valul lui Traian.

Nr.	Descriere		Parcelă		
			Cuza	Leova	Bugeac
1.	Textura	Nisip	66.34	58.41	56.37
2.		Argilă	33.66	41.59	43.63
3.	pH		8.25	8.10	7.30
4.	Conținut în strat 0 - 60 cm, (mg/100 g)	Humus.%	1.72	2.10	3.70
5.		N-NO ₃	0.22	0.27	0.19
6.		N-NH ₄	1.21	1.24	1.30
7.		P ₂ O ₅	1.22	1.78	1.37
8.		K ₂ O	17.5	18.5	40.36
9.	Carbonați, %	Totali	2.10	1.30	-
10.		Activi	1.80	1.00	-
11.	Conținutul de microelemente în orizontul superficial al solului, (mg/kg)	Zn	7.42	11.60	1.71
12.		Fe	0.39	1.18	0.43
13.		Cu	0.81	0.30	0.61
14.		B	3.58	3.74	0.35


Analiza microelementelor: Conținutul mediu de zinc (Zn) în solurile analizate evidențiază diferențe semnificative între cele trei parcele. În parcelă Leova se înregistrează cel mai ridicat nivel, de 11,60 mg/kg, urmat de parcelă Cuza cu 7,42 mg/kg. În parcelă Bugeac, conținutul este semnificativ mai scăzut, de doar 1,71 mg/kg. În ceea ce privește fierul (Fe), parcelă Leova înregistrează cea mai mare valoare (1,18 mg/kg), mult mai mare decât în celelalte două parcele, unde valorile sunt apropiate: 0,39 mg/kg în parcelă Cuza și 0,43 mg/kg în parcelă Bugeac. Conținutul de cupru (Cu) variază: în parcelă Cuza (0,81 mg/kg) și parcelă Bugeac (0,61 mg/kg) prezintă valori relativ ridicate, în timp ce parcelă Leova are un nivel mai scăzut, de 0,30 mg/kg. În ceea ce privește borul (B), cel mai ridicat conținut se înregistrează în parcelă Leova (3,74 mg/kg),

urmat de parcelă Cuza (3,58 mg/kg), iar parcelă Bugeac înregistrează un nivel mai scăzut, de 0,35 mg/kg.

3.1.3. Analiza pedologică a parcelelor din cadrul IGP Ștefan Vodă

Profilul solului și roca parentală, în parcelă experimentală din Purcari, regiunea IGP Ștefan Vodă, solul este un cernoziom carbonatic, un subtip caracterizat prin acumularea de calcar și un conținut ridicat de carbonat de calciu. Textura solului este luto-argiloasă pe lutoasă, cu stratul superior format din lut lutos, iar stratul inferior din lutos. Această combinație indică o capacitate bună de reținere a apei și o aerare adecvată, favorabilă dezvoltării sistemului radicular.

Tabelul 3.6. Caracteristica profilului solului din parcelă regiunea IGP Ștefan Vodă

Nr.	Descriere	Parcelă
		Purcari
1.	Morfologică a profilului de sol	
2.	Tipul de sol	subtipul cernoziom carbonatic, desfundat, luto-argilos pe lutos

În parcelă Purcari, roca-mamă este localizată la o adâncime de 170 - 190 cm (tabelul 3.6). Are o culoare brună, este structurată, cu umiditate moderată, compactă, și porozitate fină, și conține carbonați sub formă de pseudomicelii și concrețiuni de beloglasca, având o textură lutoasă.

Rezultatele analizei proprietăților fizico-chimice ale stratului de sol (0 - 60 cm) din parcelă Purcari sunt prezentate în tabelul 3.7.

Textura solului: În parcelă Purcari, analiza stratului superior (0 - 60 cm) a evidențiat următoarele valori: conținutul de nisip este de 51,88%, iar cel de argilă de 48,12%, indicând o textură echilibrată, cu potențial bun de drenaj și reținere a apei.

pH-ul solului: În parcelă Purcari, pH-ul măsurat este de 8,1, ceea ce indică un sol alcalin, specific cernoziomurilor carbonatic și adecvat pentru soiuri de viță de vie tolerante la soluri bazice.

Analiza nutrițiilor: Conținutul de materie organică este de 1,9%, încadrat la nivelul „moderat”. În ceea ce privește azotul, valorile medii sunt de 1,26 mg/100 g pentru N-NH₄ și 0,22 mg/100 g pentru N-NO₃, ambele clasificate ca „foarte scăzut”, indicând necesitatea fertilizării

azotate. Conținutul de fosfor mobil (P_2O_5) este de 1,00 mg/100 g, de asemenea încadrat la „foarte scăzut”. Potasiul mobil are o valoare de 16,80 mg/100 g, corespunzând nivelului „moderat”.

Tabelul 3.7. Conținutul mediu ponderat al indicatorilor fizici, fizico-chimici și chimici în stratul 0 - 60 cm pentru parcelă Purcari din regiunea IGP Ștefan Vodă

Nr.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Descriere	Conținut în strat 0-60 cm, (mg/100 g)								Carbonați, %		Conținutul de microelemente în orizontul superficial al solului, (mg/kg)			
	Textura		pH	Humus, %	N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Totali	Activi	Zn	Fe	Cu	B
	Nisip	Argilă												
Parcelă Purcari	51.88	48.12	8.1	1.9	0.22	1.26	1.0	16.8	4.3	2.5	3.31	2.55	1.79	0.29

Analiza microelementelor: În parcelă Purcari au fost analizate patru microelemente esențiale, cu valorile următoarele: Zinc (Zn) 3,31 mg/kg, Fier (Fe) 2,55 mg/kg, Cupru (Cu) 1,79 mg/kg și Bor (B) 0,29 mg/kg. În general, aceste concentrații sunt încadrate la nivel, ceea ce poate afecta negativ creșterea plantelor și a sănătatea culturilor. Pentru menținerea fertilității solului și a vitalității viței de vie, se recomandă suplimentarea acestor microelemente în cadrul practicilor de management viticol. Astfel de intervenții contribuie la îmbunătățirea sănătății plantelor și la creșterea randamentului. De asemenea, ele ajută la menținerea echilibrului agroecosistemului.

3.1.4 Analiza diferențelor în proprietățile solului din cele șapte parcele de Fetească Neagră din Republica Moldova

Diagrama de tip heatmap (figura 3.1.) evidențiază variația relativă a principalilor parametri pedologici (textură, conținut de humus, pH, macro- și microelemente minerale) în cele șapte parcele experimentale de Fetească Neagră, amplasate în regiunile viticole Codru, Valul lui Traian și Ștefan Vodă. Culoarea albă indică valori reduse ale parametrilor, iar nuanțele de roșu reflectă valori ridicate. Dendrograma asociată grupează parcelele și parametrii în funcție de similaritate, permițând identificarea afinităților pedologice și a diferențierilor între terroiruri.

Conținutul ridicat de humus și raportul mare nisip/argilă din solul de la parcelă Bugeac evidențiază caracteristici favorabile pentru dezvoltarea sistemului radicular. Materia organică abundentă contribuie la îmbunătățirea structurii solului, crește capacitatea de reținere a apei și furnizarea de nutrienți. Astfel, vița de vie beneficiază de un tampon hidric eficient în condiții de

secetă, evitând stresul hidric excesiv și având o aprovizionare constantă cu nutrienți pentru o creștere viguroasă. În plus, solul cu conținut mai ridicat de nisip are o permeabilitate bună și se încălzește rapid, facilitând pătrunderea rădăcinilor în profunzime și grăbind maturarea strugurilor.

Nivelul ridicat de K_2O în solul de la parcelă Bugeac merită, de asemenea, atenție. Potasiul este un element esențial pentru vița de vie, totuși, în cantități excesive, acesta poate fi acumulat în fructe, ceea ce poate determina precipitația tartraților și creșterea pH-ului mustului, reducând aciditatea și stabilitatea culorii vinului.

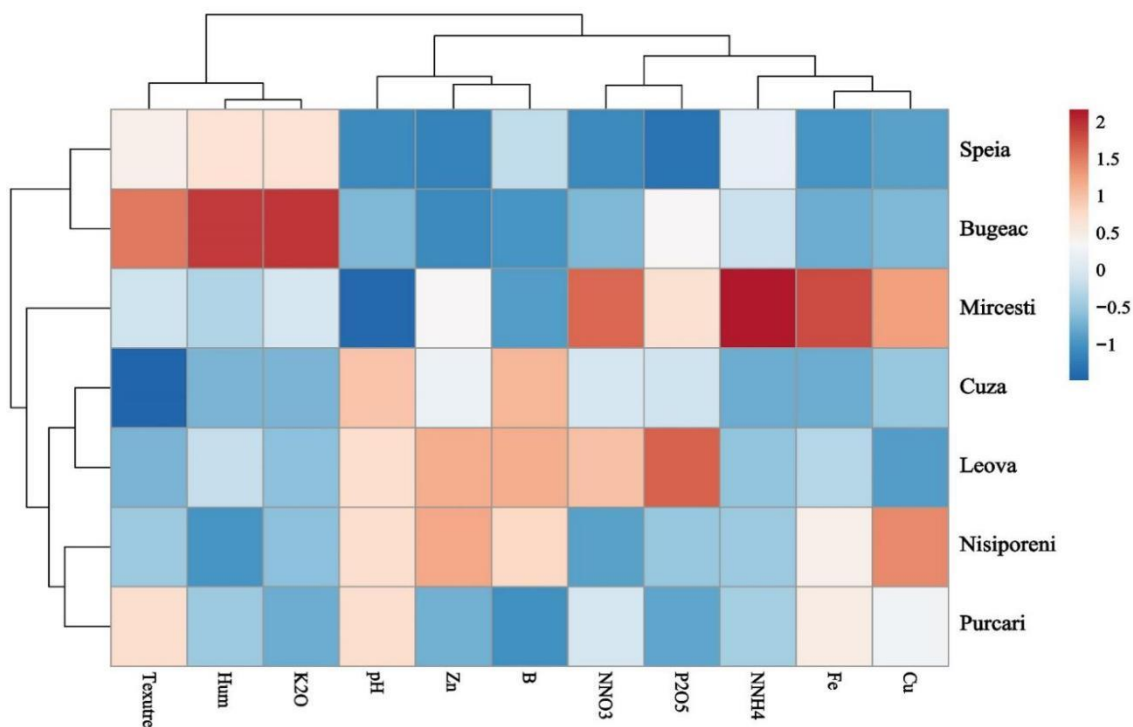


Figura 3.1. Analiza Heatmap a corelațiilor dintre parametrii edafici (solului) și parcelele experimentale de Fetească Neagră din diferite terroiruri viticole ale Republicii Moldova.

Prin contrast, solul din parcelă Mircești se caracterizează printr-un conținut ridicat de azot mineral (NH_4^+ și NO_3^-). Un aport crescut de azot stimulează de regulă creșterea vegetativă a viței de vie, ducând la un aparat foliar mai dens. Totuși, un exces de azot poate favoriza închiderea coronamentului, reducând iluminarea ciorchinilor și frunzelor, ceea ce scade acumularea compușilor fenolici (precum antocienii și terpenele), întârzie maturarea și determină o aciditate crescută, datorită acumulării de acizi organici, în special acid malic.

Textura solului din parcelă Cuza se caracterizează printr-o predominanță a nisipului și o proporție mai scăzută de argilă comparativ cu parcelă Bugeac. Această structură indică un sol mai ușor și mai bine drenat, în timp ce solul din parcelă Bugeac, cu un conținut mai ridicat de argilă, reține eficient apa și nutrienții, însă poate prezenta limitări în drenaj și aerare.

Parcelă Leova se remarcă printr-un conținut ridicat de P_2O_5 (fosfor). Fosforul este un element esențial în metabolismul energetic și dezvoltarea sistemului radicular al viță de vie, favorizând creșterea rădăcinilor, dezvoltarea organelor de reproducere și procesele de maturare.

Solul din parcelă Nisporeni prezintă un conținut ridicat de cupru (Cu), adesea rezultat al acumulării în timp a fungicidelor cuprice (de tip zeamă bordeleză), aplicate repetat în plantațiile vechi de viță de vie.

Spre deosebire de celelalte, parcelă Purcari prezintă un sol sărac, cu niveluri scăzute pentru aproape toți nutrienți analizați. Solurile cu fertilitate redusă determină, de obicei, o vigurozitate mai scăzută și o producție limitată, dar acest lucru nu este neapărat negativ în viticultura de calitate, limitările moderate de apă și nutrienți reduc creșterea vegetativă, permițând redirecționarea resurselor spre creșterea generativă, ceea ce duce la o concentrație mai mare de compuși organici volatili și zaharuri în fructe.

Rezultatele analizei cluster au evidențiat și mai clar asemănările și diferențele dintre soluri: parcele Speia și Bugeac au fost grupate împreună, confirmând similitudinile privind textura solului și conținutul de materie organică.

În schimb, parcelă Mircești s-a dovedit a fi cel mai distinct, fiind izolat în cadrul arborelui de similaritate. Această particularitate reflectă abundența neobișnuită de azot și combinația specifică de oligoelemente, ceea ce impune practici de gestionare specifice, dar totodată poate genera un stil unic de calitate și expresie aromatică a vinului.

3.2 Analiza caracteristicilor climatice ale parcelelor experimentale

3.2.1 Analiza caracteristicilor climatice a parcelelor din cadrul IGP Codru

Conform anexei 3.1a, La parcelă Mircești, temperatura medie anuală pe parcursul perioadei 2019 - 2023 a variat între 9,70 °C și 11,82 °C, cu o valoare medie de 11,06 °C, cu 2,05 °C mai mare decât media multianuală (perioada de referință 1980 - 2016). Temperatura medie anuală minimă a fost înregistrată în anul 2021 (9,70 °C), iar cea maximă în anul 2023 (11,82 °C).

La parcelă Nisporeni, temperatura medie anuală pe parcursul perioadei 2019 - 2023 a variat între 10,34 °C și 12,46 °C, cu o valoare medie de 11,72 °C, cu 2,71 °C mai mare decât media multianuală (perioada de referință 1980 - 2016). Temperatura medie anuală minimă a fost înregistrată în anul 2021 (10,34 °C), iar cea maximă în anul 2020 (12,46 °C).

La parcelă Speia, temperatura medie anuală pe parcursul perioadei 2019 - 2023 a variat între 10,60 °C și 12,73 °C, cu o valoare medie de 12,02 °C, cu 2,57 °C mai mare decât media multianuală (perioada de referință 1980 - 2016). Temperatura medie anuală minimă a fost înregistrată în anul 2021 (10,60 °C), iar cea maximă în anul 2023 (12,73 °C).

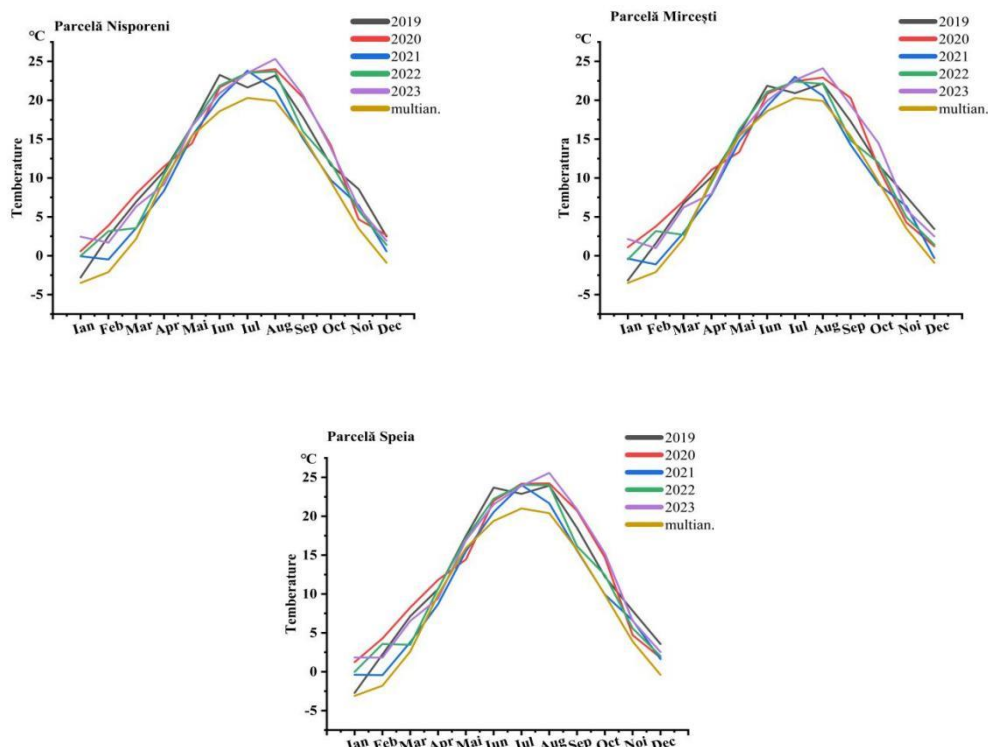


Figura. 3.2. Evoluția temperaturilor medii lunare în perioada 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în trei parcele din IGP Codru.

În ceea ce privește temperatura medie anuală, valorile înregistrate pentru cele trei parcele în ultimii cinci ani au fost cu peste 2,0 °C mai ridicate decât media multianuală. În contextul încălzirii globale, parcelele din Republica Moldova se confruntă, de asemenea, cu o creștere a temperaturilor. Cea mai scăzută temperatură medie anuală comună tuturor celor trei parcele a fost înregistrată în anul 2021, în timp ce cea mai ridicată temperatură medie anuală a fost înregistrată în ani diferiți. La parcelele Mircești și Speia, cea mai ridicată temperatură medie anuală a fost înregistrată în anul 2023, în schimb, la parcelă Nisporeni, această valoare maximă a fost înregistrată în anul 2020.

În figura 3.2 prezintă tendința variației temperaturii medii lunare în parcele Mircești, Nisporeni și Speia în perioada anul 2019 - 2023, subliniind că temperaturile din lunile iunie-septembrie au fost, în general, mai ridicate decât media multianuală (curba galbenă). Această caracteristică climatică poate avea un impact semnificativ asupra fenologiei viței de vie, temperaturile mai ridicate din timpul verii pot accelera procesele de creștere a boabelor, schimbarea culorii (*véraison*) și maturarea, dar, în același timp, pot determina o acumulare prea rapidă a zaharurilor, scăderea acidității și afectarea echilibrului aromatic al strugurilor.

Conform anex 3.1b, la parcelă Mircești, precipitațiile pe parcursul perioadei 2019 - 2023 au variat între 349,40 mm și 637,00 mm, având o medie de 443,36 mm, fiind cu 169,64 mm mai

mici decât media multianuală (perioada de referință 1980 - 2016). Cantitatea maximă de precipitații a fost înregistrată în anul 2021 (637,00 mm), iar cea minimă în anul 2020 (349,40 mm).

La parcelă Nisporeni, precipitațiile pe parcursul perioadei 2019 - 2023 au variat între 324,20 mm și 845,60 mm, având o valoare medie de 465,28 mm, fiind cu 147,72 mm mai mici decât media multianuală (perioada de referință 1980 - 2016). Cantitatea maximă de precipitații a fost înregistrată în anul 2021 (845,60 mm), iar cea minimă în anul 2022 (324,20 mm).

La parcelă Speia, precipitațiile pe parcursul perioadei 2019 - 2023 au variat între 349,40 mm și 583,40 mm, având o valoare medie de 423,53 mm, fiind cu 85,47 mm mai mici decât media multianuală (perioada de referință 1980 - 2016). Cantitatea maximă de precipitații a fost înregistrată în anul 2021 (583,40 mm), iar cea minimă în anul 2022 (349,40 mm).

Pentru toate cele trei parcele, cel mai mare volum de precipitații din perioada analizată a fost înregistrat în anul 2021, în timp ce valorile cele mai scăzute au fost observate în ani de recoltă diferiți. În parcelele Nisporeni și Speia cel mai redus volum de precipitații au fost în anul 2022, în schimb, la parcela Mircești, acest minim a fost înregistrat în anul 2020.

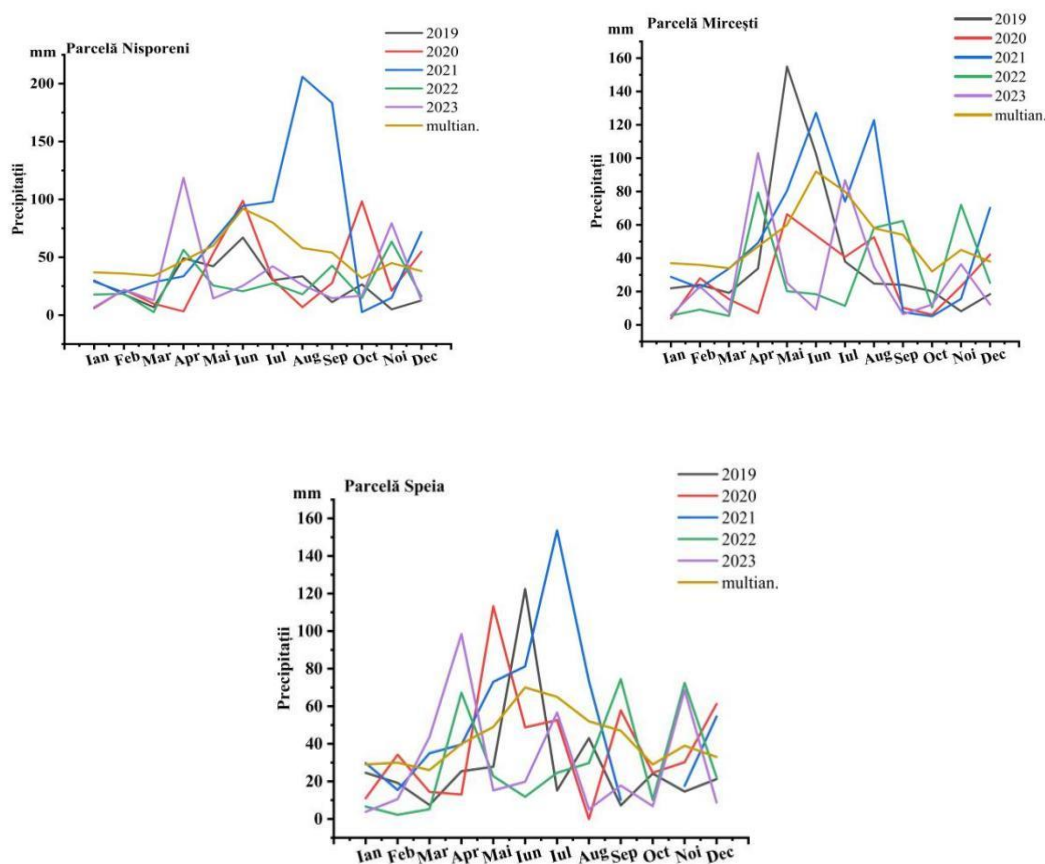


Figura. 3.3. Variația precipitațiilor lunare în perioada anul 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în trei parcele din IGP Codru.

Din figura 3.3 se observă că precipitațiile medii lunare în parcelele Mircești, Nisporeni și Speia, în perioada 2019 - 2023, au prezentat fluctuații semnificative între ani, în special în primăvară (aprilie-mai) și vară (iunie-august), având un impact important asupra fenologiei viței de vie. Perioada de înflorire (mai-iunie) necesită precipitații stabile și moderate pentru a asigura aprovizionarea solului cu apă, însă ploi excesive (de exemplu, mai 2021 la Mircești) pot afecta polenizarea și rata de prindere a fructelor. În perioada de creștere a boabelor (iunie-iulie), precipitațiile sunt esențiale, dar cantitățile excesive de ploaie (cum ar fi iulie 2021 la Speia) pot cauza crăparea boabelor sau apariția bolilor (precum putregaiul cenușiu), afectând calitatea fructelor. Cerințele de apă ale viței de vie diferă în funcție de fenofază: perioadele de dez mugurire și creștere a boabelor necesită mai multă apă, în timp ce înflorirea și maturarea sunt mai bine susținute de condiții mai uscate. Diferențele semnificative în regimul precipitațiilor impun implementarea unor strategii flexibile de gestionare a parcelelor, precum drenajul, irigarea și controlul bolilor, pentru a contracara efectele potențiale și a asigura calitatea strugurilor.

3.2.2 Analiza caracteristicilor climatice a parcelelor din cadrul IGP Valul lui Traian

După cum este prezentat în anexei 3.2a temperatura medie anuală la parcelă Cuza, pe parcursul perioadei 2019 - 2023 au variat între 11,15 °C și 12,89 °C, cu o valoare medie de 12,06 °C, depășind media multianuală (9,98 °C, perioada de referință 1980 - 2016) cu 2,28 °C. Cea mai scăzută temperatură medie anuală a fost înregistrată în anul 2021 (11,15 °C), iar cea mai ridicată în anul 2023 (12,89 °C).

La parcelă Bugeac, temperatura medie anuală pe parcursul perioadei 2019 - 2023 au variat între 10,65 °C și 12,69 °C, cu o valoare medie de 12,01 °C, fiind mai mare decât media multianuală (9,93 °C, perioada de referință 1980 - 2016) cu 2,08 °C. Cea mai scăzută temperatură medie anuală s-a înregistrat în anul 2021 (10,65 °C), iar cea mai ridicată în anii 2020 și 2023, ambele cu 12,69 °C.

La parcelă Leova, temperatura medie anuală pe parcursul perioadei 2019 - 2023 au variat între 10,56 °C și 12,70 °C, cu o valoare medie de 11,94 °C, depășind media multianuală (9,68 °C, perioada de referință 1980 - 2016) cu 2,26 °C. Cea mai scăzută temperatură medie anuală a fost în anul 2021 (10,56 °C), iar cea mai ridicată în anul 2023 (12,70 °C).

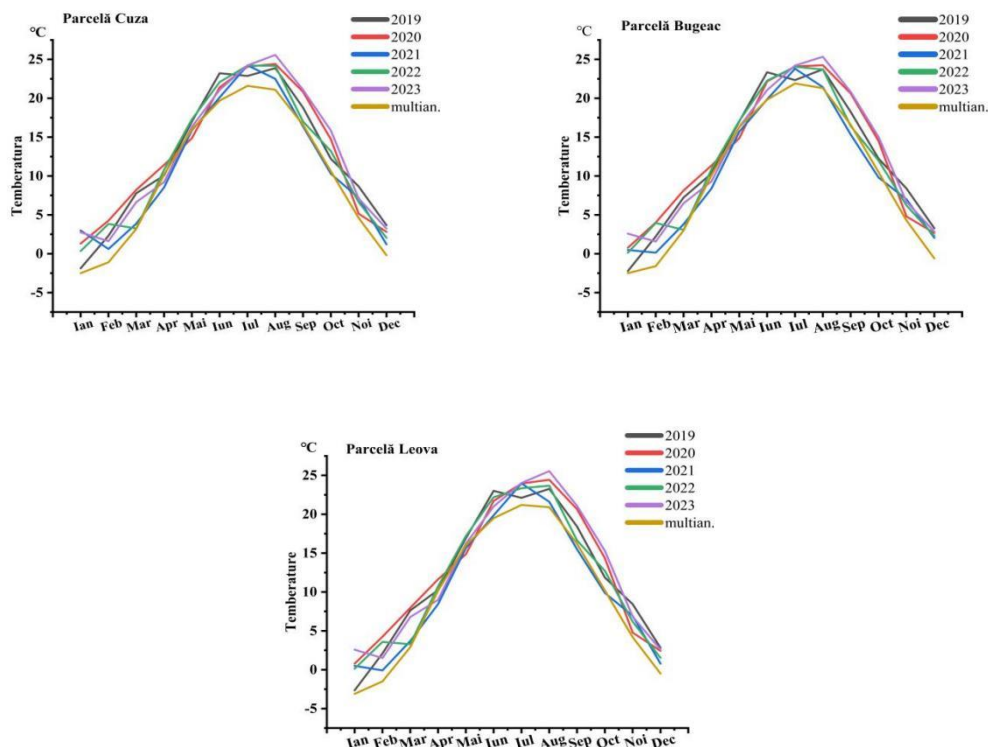


Fig. 3.4. Evoluția temperaturilor medii lunare în perioada anul 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în trei parcele din IGP Valul lui Traian.

Temperatura medie anuală cea mai scăzută în cei 5 ani la toate cele trei parcele s-a înregistrat în vintage-ul 2021, în timp ce cea mai ridicată temperatură a fost înregistrată în vintage-urile 2020 și 2023. Analiza celor trei grafice indică faptul că temperatura medie lunară în parcelele Bugeac, Cuza și Leova, în perioada anul 2019 - 2023 (figura 3.4), prezintă fluctuații sezoniere evidente, similare cu tendința observată în regiunea Codru.

Conform anexei 3.2b, cantitatea totală anuală de precipitații la parcelă Cuza, în perioada 2019 - 2023, a variat între 331,00 mm și 517,60 mm, cu o medie de 427,52 mm, cu 93,48 mm mai mică decât media multianuală (521,00 mm, perioada de referință 1980 - 2016) . Cea mai mare cantitate de precipitații a fost înregistrată în anul 2019, cu 517,60 mm, iar cea mai mică în anul 2022, cu 331,00 mm.

La parcelă Bugeac, cantitatea totală anuală de precipitații în perioada 2019 - 2023 a variat între 244,60 mm și 656,40 mm, cu o medie de 428,00 mm, cu 51 mm mai mică decât media multianuală (479,00 mm, perioada de referință 1980 - 2016). Cea mai mare cantitate de precipitații a fost înregistrat în anul 2021 (656,40 mm), iar cea mai mică în anul 2022 (244,60 mm).

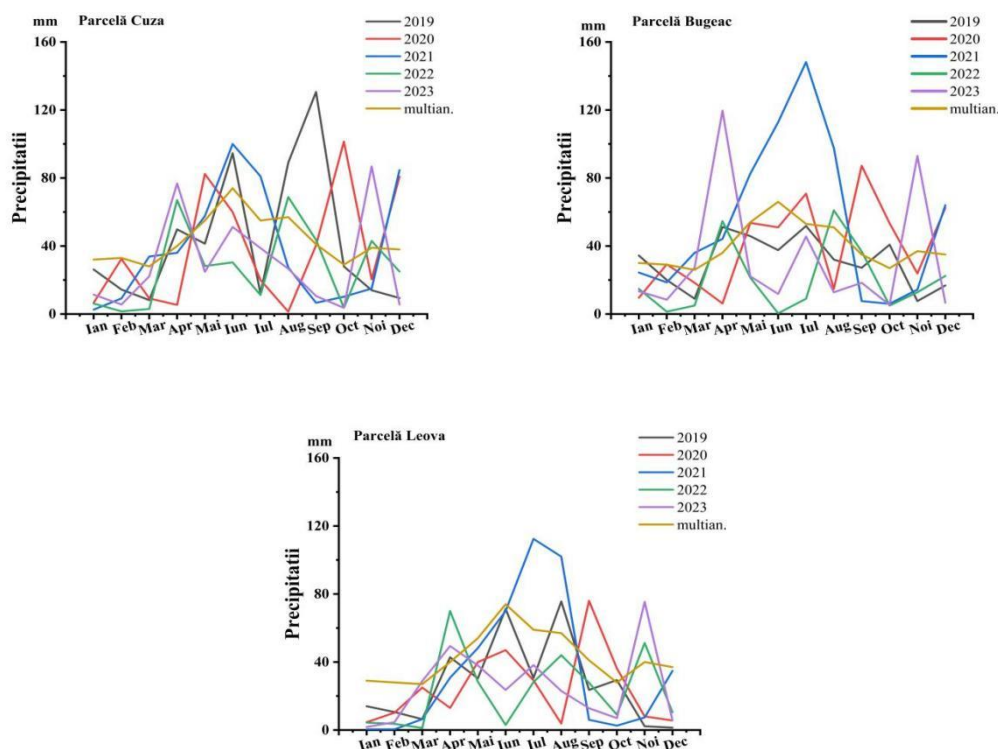


Figura 3.5. Variația precipitațiilor lunare în perioada anul 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în trei parcele din IGP Valul lui Traian.

La parcelă Leova, cantitatea totală anuală de precipitații în perioada 2019 - 2023 a variat între 281,20 mm și 421,40 mm, cu o medie de 329,52 mm, cu 90,47 mm mai mică decât media multianuală (514,00 mm, perioada de referință 1980 - 2016). Cea mai mare cantitate de precipitații a fost înregistrată în anul 2021, cu 421,40 mm, iar cea mai mică în anul 2022, cu 281,20 mm.

Cantitatea anuală de precipitații în perioada analizată pentru cele trei parcele (figura 3.5), a înregistrat cele mai mari valori în anul 2021, cu excepția parcele Cuza, unde vârful a fost în anul 2019. Cele mai mici valori ale precipitațiilor anuale au fost înregistrate în toate parcele în anul 2022.

3.2.3 Analiza caracteristicilor climatice a parcelelor din cadrul IGP Ștefan Vodă

În cadrul IGP Ștefan Vodă, a fost selectată parcelă Purcari ca locație experimentală, conform distribuției prezentate în figura 3.6.

Conform anexei 3.3a temperatura medie anuală la parcelă Purcari în perioada 2019 - 2023 au variat între 11,00 °C și 13,01 °C, cu o medie de 12,26 °C, cu 2,68 °C mai mare decât media multianuală (9,58 °C, perioada de referință 1980 - 2016). Cea mai scăzută temperatură medie anuală a înregistrat în anul 2021 (11,00 °C), iar cea mai ridicată în anul 2020 (13,01 °C).

La fel ca în celelalte două regiuni, cel mai scăzută temperatura medii anuale din perioada

2019 - 2023 a înregistrat în anul 2021, iar cea mai ridicată în anul 2020. Din perspectiva temperaturii medii anuale, valorile medii pentru toate cele trei parcele au fost cu peste 2,0 °C mai mari decât media multianuală.

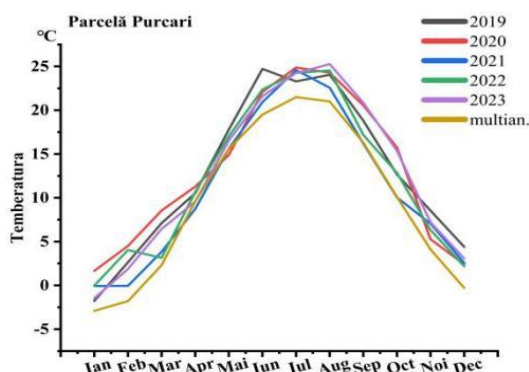


Figura. 3.6. Evoluția temperaturilor medii lunare în perioada 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în parcelă Purcari din IGP Ștefan Vodă.

Din perspectiva temperaturilor medii lunare, tendința generală este de creștere, însă variațiile sezoniere necesită atenție deosebită. În perioada anul 2019 - 2023 au fost observate ierni mai calde, veri caniculare și primăveri mai reci, ceea ce impune monitorizarea atentă a impactului acestor schimbări asupra creșterii viței de vie.

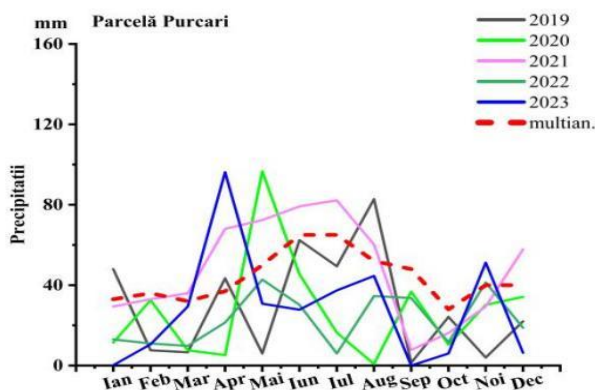


Figura 3.7. Variația precipitațiilor lunare în perioada 2019-2023 comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016) în parcelă Purcari din regiunea Ștefan Vodă.

Anexa 3.3b prezintă precipitațiile anuale și media multianuală la parcelă Purcari în perioada anul 2019 - 2023. În cei cinci ani analizați, cantitatea totală anuală de precipitații a variat între 274,2 mm și 571,6 mm, cu o medie de 374,36 mm, fiind cu 151,64 mm mai puțin decât media multianuală (perioada de referință 1980 - 2016). Cea mai mare cantitate anuală de precipitații a fost înregistrată în anul 2021, atingând 571,6 mm, în timp ce cea mai mică a fost în anul 2022, cu 274,2 mm.

În IGP Ștefan Vodă, cantitatea medie anuală de precipitații din perioada anul 2019 - 2023 a fost, în general, inferioară mediei multianuale, cu excepția anului de recoltă 2021 (figura 3.7.).

Din perspectiva variației cantității anuale de precipitații, se observă o tendință generală de reducere a cantității totale anuale comparativ cu media multianuală, cu excepția unor ani excepționali. În contextul unei cantități anuale mai scăzute de precipitații, distribuția lunară a acestora este extrem de neuniformă.

3.2.4. Analiza climatică geo viticolă multicriterială aplicată parcelor experimentale

Caracteristicile climatice ale diferitelor regiuni viticole din Republica Moldova joacă un rol determinant în creșterea, maturarea și stilul final al vinului Fetească Neagră. Pentru a analiza în profunzime aceste influențe, acest studiu utilizează indicatori bio-climatici (HI, DI, CI, WI-GDD, GST, HTC). Acești parametri sunt utilizați pentru a evidenția diferențele în acumularea termică între diferitele regiuni și pentru a evalua impactul acestora asupra maturității, dezvoltării aromatice și potențialului oenologic al soiului Fetească Neagră.

Din datele prezentate în tabel 3.8 se observă diferențe interanuale și regionale semnificative între parcele în perioada anilor 2019 - 2023, diferențe ce reflectă interacțiunile complexe dintre temperaturile nocturne, acumularea de căldură și condițiile de umiditate pe parcursul sezonului de vegetație a viței. Mai precis, indicele de căldură Huglin (HI), WI-GDD și temperatura medie a sezonului de vegetație (GST) reflectă, în principal, nivelul de acumulare a căldurii în timpul zilei, în timp ce indicele temperaturilor nocturne (CI) relevă condițiile de temperatură nocturnă. Coeficientul hidrotermic (HTC) și indicele de secetă (DI) descriu, respectiv, echilibrul dintre apă și căldură și balanța dintre precipitații și evapotranspirație. În general, în majoritatea anilor (de exemplu, 2019, 2020, 2022, 2023) indicatorii de temperatură diurnă pentru majoritatea parcelor se situează la niveluri ridicate (HI și WI-GDD sunt ridicate, iar GST se află frecvent între 18 - 19 °C), favorizează acumularea suficientă de zaharuri și compuși fenolici în Fetească Neagră, susținând astfel un corp de vin bogat și o structură plină; însă temperaturile de nocturne (CI) în anul 2020 și 2023 sunt, în general, ridicate (peste 20 °C), ceea ce poate accelera pierderea unor compuși organici volatili, afectând astfel formarea aromelor florale și fructate fine.

În contrast cu indicatorii de temperatură, condițiile de umiditate sunt evaluate prin HTC și DI. Datele HTC indică că, în majoritatea anilor, condițiile sunt moderate spre ușor umede, în timp ce DI relevă o situație mai complexă a aprovizionării cu apă.

Tabelul 3.8. Rezultatele indicilor bio-climaterici a parcelor experimentale.

Nr.	IGP	Vintage	Parcelă	HI (°C)	DI (mm)	CI (°C)	WI-GDD (°C)	GST (°C)	HTC (mm/°C)
1.	CODRU	2019	Mircești	2104	176.01	17.28	1592	18.02	2.38
2.		2020	Mircești	1995	75.19	20.29	1480	18.48	1.56
3.		2021	Mircești	1801	257.30	14.26	1376	16.61	3.35
4.		2022	Mircești	2017	82.66	14.83	1518	17.68	1.65
5.		2023	Mircești	2114	68.95	19.35	1632	18.26	1.63
6.		2019	Nisporeni	2397	80.39	17.8	1707	18.91	1.37
7.		2020	Nisporeni	2486	17.88	20.35	1735	19.25	1.27
8.		2021	Nisporeni	2062	373.81	15.04	1477	17.37	4.60
9.		2022	Nisporeni	2344	17.26	15.98	1678	18.71	1.14
10.		2023	Nisporeni	2463	64.63	20.65	1792	19.37	1.35
11.		2019	Speia	2504	7.27	18.51	1850	19.52	1.30
12.		2020	Speia	2509	67.29	20.72	1810	19.56	1.58
13.		2021	Speia	2058	121.24	15.6	1528	17.67	2.82
14.		2022	Speia	2372	-13.41	16.15	1767	19.05	1.31
15.		2023	Speia	2482	-28.41	20.89	1857	19.71	1.15
16.	VALUL LUI TRAIAN	2019	Cuza	2628	36.10	19.12	1899	19.85	1.56
17.		2020	Cuza	2670	-53.03	20.82	1888	20.04	1.05
18.		2021	Cuza	2355	87.47	16.76	1689	18.54	1.90
19.		2022	Cuza	2653	34.24	17.94	1922	19.99	1.52
20.		2023	Cuza	2655	-38.27	21.47	1927	20.11	0.98
21.		2019	Bugeac	2486	43.42	18.25	1769	19.17	1.39
22.		2020	Bugeac	2524	53.45	20.63	1778	19.56	1.60
23.		2021	Bugeac	2107	243.39	15.34	1494	17.42	3.30
24.		2022	Bugeac	2447	77.51	16.43	1747	19.07	1.05
25.		2023	Bugeac	2534	102.84	20.82	1826	19.51	1.26
26.		2019	Leova	2407	256.60	18.43	1775	19.00	1.54
27.		2020	Leova	2510	160.17	20.66	1831	19.54	1.14
28.		2021	Leova	2061	370.46	15.5	1514	17.51	2.44
29.		2022	Leova	2394	194.61	16.64	1781	18.96	1.13
30.		2023	Leova	2456	---	21.08	1886	19.48	0.98
31.	ȘTEFAN VODĂ	2019	Purcari	2511	-28.00	18.81	1904	19.86	1.29
32.		2020	Purcari	2481	-28.90	20.56	1844	19.67	1.09
33.		2021	Purcari	2112	121.43	16.19	1591	18.10	2.32
34.		2022	Purcari	2418	-19.47	17.19	1826	19.34	0.92
35.		2023	Purcari	2471	38.90	20.86	1886	19.68	1.26

* „---” lipsuri în setul de date

De exemplu, parcelele din Mircești, Nisporeni, Bugeac și Leova prezintă, în majoritatea anilor, valori DI care se încadrează în zona umedă ($DI > 50$), însă în anul 2021 DI crește semnificativ, atingând câteva sute de milimetri, ceea ce indică un exces de apă. Pe de altă parte, parcelele din Speia și Cuza, în anumite ani (precum parcelă Speia în anul 2022 și 2023 și parcelă Cuza în anul 2020 și 2023) prezintă valori negative ale DI, indicând o lipsă severă de apă. La parcelă Purcari fluctuațiile DI sunt deosebit de evidente, variind de la condiții extrem de uscate la cele umede, reflectând instabilitatea aprovizionării cu apă [44].

Această interacțiune între temperatură și umiditate poate avea un impact direct asupra formării compușilor organici volatili în Fetească Neagră. Temperaturile ridicate și acumularea suficientă de căldură (HI, WI-GDD, GST ridicate) promovează, de regulă, sinteza zaharurilor și a compușilor fenolici, contribuind la obținerea unui vin cu un corp bogat și o culoare stabilă. Totuși, dacă aceste condiții sunt însoțite de temperaturi nocturne ridicate (CI ridicat), poate apărea pierderea unor compuși organici volatili, cum ar fi esterii și terpenii, ceea ce simplifică profilul aromatic al vinului. În schimb, temperaturile mai scăzute și nopțile răcoroase (așa cum se observă la toate parcele în anul 2021) favorizează păstrarea acidității și a precursorilor compușilor organici volatili, permițând obținerea unor vinuri cu arome florale și fructate proaspete și stratificate, deși acumularea insuficientă de zaharuri poate conduce la un corp de vin ceva mai ușor.

În ceea ce privește condițiile de umiditate, o aprovizionare moderată cu apă este benefică pentru creșterea optimă a viței de vie, însă excesul de umiditate (așa cum indică valorile DI din anumite parcele în anul 2021) poate dilua compoziția strugurilor, reducând concentrarea compușilor organici volatili. În schimb, lipsa severă de apă (observată la parcele din Speia și Cuza în anumite ani) poate favoriza concentrarea compușilor, dar induce stres hidric și afectează uniformitatea maturării.

Diferențele dintre parcele sunt evidente. La parcelă Cuza, condițiile climatice sunt relativ stabile, cu temperaturi zilnice mereu ridicate, deși fluctuațiile DI indică posibilitatea apariției unor perioade de secetă severă în anumite ani. Parcele a Mircești, Nisporeni, Bugeac și Leova prezintă, în anii normali, temperaturi ridicate și condiții umede, însă în anul 2021 se remarcă temperaturi scăzute și exces de umiditate. Parcelă Speia se distinge prin fluctuații accentuate de umiditate, manifestând condiții extrem de uscate în anul 2022 și 2023, iar parcelă Purcari este caracterizată

prin variații puternice ale DI.

Acest diferențe climatice între parcele evidențiază importanța ajustării managementului în teren (irigații, tăieri, momentul recoltării etc.) pentru obținerea unui vin Fetească Neagră de înaltă calitate. Rezultatele oferă astfel o bază solidă pentru investigarea mecanismelor prin care clima influențează formarea aromelor în struguri și pentru dezvoltarea strategiilor de viticultură și vinificație adaptate condițiilor regionale.

3.3. Concluzii la capitolul 3

A corespunde primei ipoteze de cercetare și descrie în mod sistematic condițiile de terroir ale principalelor regiuni viticole din Republica Moldova, utilizând o varietate de indicatori bioclimatici și parametri pedologici de bază. Analiza are ca scop evidențierea influenței factorilor pedoclimatici asupra potențialului aromatic al soiului Fetească Neagră.

A prezintă o caracterizare comprehensivă a terroirului, reliefului, solului și climei celor șapte parcele de Fetească Neagră situate în principalele regiuni geografice ale Republicii Moldova, subliniind influențele potențiale asupra procesului de maturare a strugurilor, acumulării compușilor organici volatili și expresiei stilistice a vinului. Regiunile studiate prezintă diferențe semnificative în ceea ce privește aportul termic, temperaturile din sezonul de creștere, indicele de ariditate și balanța hidrotermic, conturând un gradient clar de terroir, accentuat de variațiile interanuale.

Parcelă Mircești se află într-o zonă cu climat răcoros spre moderat ($HI \approx 2000 \text{ }^\circ\text{C}$, $GST \approx 17,5 \text{ }^\circ\text{C}$) și un coeficient hidrotermic (HTC) ridicat. Solul este alcătuit dintr-un strat superior luto-argilos și unul inferior argilo-lutos, cu permeabilitate moderată și conținut ridicat de azot. Aceste condiții favorizează conservarea aromelor fine și delicate, fiind comparabile cu cele din regiunile Villány (Ungaria) sau Burgenland (Austria).

În contrast, parcele din Cuza și Speia se află în zone foarte calde ($HI > 2400 \text{ }^\circ\text{C}$, atingând $> 2600 \text{ }^\circ\text{C}$ la parcelă Cuza), cu un HTC scăzut ($< 1,3$) și un regim pluviometric deficitar. Solurile sunt compacte, predominant argiloase, cu structură grea și drenaj limitat. Deși parcelă Speia dispune de un conținut ridicat de materie organică și potasiu, ambele terroiruri prezintă curențe în microelemente precum fier, zinc și fosfor. Aceste condiții sunt similare celor din Paso Robles (California) sau Puglia (Italia continentală), necesitând o gestionare atentă a irigației și a echilibrului nutrițional.

Parcelă Purcari, situată în IGP Ștefan Vodă, se caracterizează printr-o ariditate accentuată ($HTC < 1$) și un nivel foarte redus al precipitațiilor. Solurile au o bună structură (lut argilos peste lutos), însă conținutul de macro- și microelemente este scăzut. Tocmai această austeritate,

combinată cu un control riguros al randamentelor, conferă un potențial ridicat pentru obținerea vinurilor roșii de înaltă calitate, cu capacitate de învechire, similare celor din Ribera del Duero (Spania) sau Mendoza (Argentina, regiuni înalte).

În parcelă Leova, parte a IGP Valul lui Traian, predomină un climat cald (HI 2400 - 2500 °C) cu ariditate moderată (HTC \approx 1,0). Solul este un cernoziom cu permeabilitate bună și conținut ridicat de fosfor, bor și zinc. Aceste condiții susțin obținerea vinurilor echilibrate și fructate, comparabile cu cele din Alentejo (Portugalia) sau Chianti (Italia).

Parcelă Bugeac se remarcă printr-o acumulare termică ridicată (HI \approx 2500 °C) și o variabilitate mare a indicelui de secetă. Solurile luto-argiloase prezintă un raport nisip/argilă favorabil aerării, cu conținut foarte ridicat de potasiu, dar deficiențe în zinc, bor și fier. Zona este potrivită pentru vinuri cu profil fructat intens, necesitând atenție în menținerea acidității. Condițiile climatice sunt apropiate de cele din Navarra (Spania) sau Tracia interioară (Grecia).

Parcelă Nisporeni se caracterizează printr-un climat temperat (HI \approx 2300 °C), dar cu variabilitate mare a indicelui de ariditate și a regimului pluviometric. Solul, un cernoziom carbonatic cu structură densă și conținut scăzut de materie organică, conține totuși niveluri ridicate de cupru. Aceste caracteristici, asociate unei maturări bune a fructelor, permit obținerea unor vinuri fructuoase, comparabile cu cele din Rioja Baja (Spania).

Integrarea acestor caracteristici pedoclimatice și compararea lor cu terroiruri internaționale similare oferă o bază solidă pentru formularea unor strategii diferențiate de cultivare și vinificare, precum și pentru definirea poziționării stilistice a vinurilor Fetească Neagră în raport cu preferințele piețelor-țintă.

4. STUDIUL COMPOZIȚIEI VOLATILE ȘI AL PROFILULUI SENZORIAL AL VINURILOR ROȘII SECI OBȚINUTE DIN SOIUL FETEASCĂ NEAGRĂ

Acest capitol este dedicat studiului caracteristicilor senzoriale și compoziției chimice ale vinurilor roșii seci Fetească Neagră (anul de roadă 2022), cu un accent special pe compușii organici volatili (COV) care determină profilul aromatic al acestora. Prin combinarea analizei instrumentale cu GC-IMS, evaluărilor senzoriale și corelațiilor cu factorii de terroir, se urmărește o înțelegere sistematică a modului în care acești compuși contribuie la expresia gustativă a vinului.

Având în vedere cerințele piețelor de desfacere, în materie de vinuri, studiul acordă o atenție deosebită rolului condițiilor de terroir (precum climatul și solul), alături de tehnologiile de vinificație, în construirea unui stil aromatic „ușor de perceput”. Obiectivul este de a oferi un fundament științific solid pentru dezvoltarea de produse adaptate cerințelor pieței și pentru comunicarea eficientă a caracterului senzorial al vinurilor moldovenești.

4.1. Compușii organici volatili (COV) ai vinurilor roșii seci Fetească Neagră din parcele experimentale

În vin, compușii organici volatili (COV) joacă un rol crucial în definirea profilului său aromatic și gustativ. Soiul Fetească Neagră, cel mai reprezentativ soi de struguri roșii din Republica Moldova, prezintă un potențial ridicat pentru exprimarea aromelor fructate.

În acest studiu, s-a aplicat în mod unitar o tehnologie de vinificație fără utilizarea butoaielor de stejar, pentru a evita influențele aromatice de tip lemnos și structurile excesiv de puternice, cu scopul de a conserva cât mai bine expresia fructată proprie soiului. Această abordare are ca obiectiv formularea unor recomandări de vinificare adaptate cerințelor pieței.

4.1.1. Clasificarea compușilor organici volatili (COV) din vinurile roșii seci Fetească Neagră din parcele experimentale

În cadrul acestui studiu, s-a recurs la tehnica GC-IMS (Cromatografie Gazoasă-Spectrometrie de Mobilitate Ionică) pentru a analiza compușii organici volatili din șapte vinuri roșii seci Fetească Neagră, cultivate în șapte parcele viticole situate în trei zone cu Indicație Geografică Protejată (IGP) din Republica Moldova (Codru, Ștefan Vodă și Valul lui Traian). În total, au fost detectate 44 de vârfuri de semnal GC-IMS, dintre care majoritatea au fost atribuite compușilor organici volatili aparținând unor clase chimice precum esteri, alcoolii superiori, aldehide, acizi volatili, cetone, compuși terpenici și compuși cu sulf.

Cele 44 de vârfuri identificate în cadrul acestui studiu sunt prezentate în tabelul 4.1, împărțiți după cum urmează: esteri (12 compuși), precum acetatul de etil și 3-metilbutil-etanoat,

care reprezintă principalii contribuitori la aromele fructate și florale din vin. Aceștia se formează în timpul fermentației și al perioadei de învechire, prin reacții de esterificare între acizi și alcooli. Alcooli superiori (9 compuși), de exemplu hexan-1-ol și 3-metilbutan-1-ol, care au un rol semnificativ în amplificarea complexității tactile („mouthfeel”) a vinului. Aldehyde (4 compuși), precum octanalul, asociate cu arome de fructe proaspete și note ierboase. Acizi (1 compus), de exemplu acid acetic, care influențează aciditatea și echilibrul general al vinului. Cetone (3 compuși), cum este pentan-2-onă, ce pot proveni din procese de oxidare. Terpene (1 compus), precum terpinolena, care contribuie la notele florale și ierboase caracteristice vinului. Compuși cu sulf (1 compus), sulfat de dimetil, care, în concentrații reduse, pot spori complexitatea, dar pot genera note nedorite dacă sunt prezenți în exces.

În plus, au fost depistați încă doi compuși care nu au putut fi încă încadrați cu exactitate într-o anumită clasă chimică. Deși 3-hidroxi-2-butanonă aparține categoriei „hidroxicetonelor” și deține proprietăți atât de alcool, cât și de cetonă, în contextul vinului rolul său aromatic derivă în principal din conversia în diacetil, nefiind reprezentativ pentru funcția clasică de alcool sau cetonă. În schimb, γ -butirolactona (GBL) face parte din clasa lactonelor și a fost detectată anterior ca o componentă naturală a vinului și a unor băuturi [198]. Totuși, includerea ei în categoria „esteri” din tabel poate fi ușor confuză, deoarece aici se face referire, în mod obișnuit, la esterii cu structură liniară sau ramificată, și nu la lactone.

Concentrația acestor compuși volatili variază între diferitele probe de vin, contribuind la diversitatea și profilul aromatic specific fiecărei regiuni viticole și, în acest fel, evidențiind influența terroirului asupra caracterului final al vinului.

Tabelul 4.1. Compușii organici volatili (COV) identificați în vinurile roșii seci Fetească Neagră prin tehnica GC-IMS și principalele lor caracteristici fizico-chimice.

Nr.	Denumirea compușilor volatili	Formula moleculară	Masa moleculară (g/mol)	Indicele de retenție	Timpul de retenție(s)	Timpul de derivație(s)
1.	γ -Butirolactona	C ₄ H ₆ O ₂	86.1	1720.5	2016.961	1.09249
2.	Feniletanonă	C ₈ H ₈ O	120.2	1720.3	2016.456	1.20485
3.	Acid acetic	C ₂ H ₄ O ₂	60.1	1509.6	1278.873	1.15744
4.	Octanoat-M de etil	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172.3	1462.8	1155.942	1.49214
5.	Octanoat-D de etil	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172.3	1462.2	1154.366	2.02767
6.	(E)-hex-2-en-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	100.2	1410.6	1032.574	1.32225
7.	(Z)-hex-3-en-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	100.2	1410.2	1031.615	1.24315
8.	Lactat-M de etil	C ₅ H ₁₀ O ₃	118.1	1367.9	941.534	1.14236
9.	Lactat-D de etil	C ₅ H ₁₀ O ₃	118.1	1367.9	941.534	1.53785

Continuare tabelul 4.1

10.	Hexan-1-ol-M	C6H14O	102.2	1379.0	964.533	1.33118
11.	Hexan-1-ol-D	C6H14O	102.2	1377.7	961.658	1.64119
12.	Terpinolene	C10H16	136.2	1306.0	823.661	1.21126
13.	Octanal	C8H16O	128.2	1305.4	822.573	1.40112
14.	Hexanoat-M de etil	C8H16O2	144.2	1255.5	742.174	1.34641
15.	Hexanoat-D de etil	C8H16O2	144.2	1255.5	742.174	1.80050
16.	3-Metilbutan-1-ol-M	C5H12O	88.1	1230.8	705.804	1.24902
17.	3-Metilbutan-1-ol-D	C5H12O	88.1	1230.4	705.166	1.48865
18.	1-Penten-3-ol	C5H10O	86.1	1182.5	631.148	0.94264
19.	Butan-1-ol-M	C4H10O	74.1	1168.6	601.796	1.26543
20.	Butan-1-ol-D	C4H10O	74.1	1169.2	603.072	1.38799
21.	3-Metilbutil-etanoat-M	C7H14O2	130.2	1146.1	557.130	1.31358
22.	3-Metilbutil-etanoat-D	C7H14O2	130.2	1146.7	558.406	1.75236
23.	2-Metilpropanol-1-M	C4H10O	74.1	1116.9	504.169	1.25559
24.	2-Metilpropanol-1-D	C4H10O	74.1	1117.3	504.807	1.36829
25.	3-Metilbutanoatul de etil-M	C7H14O2	130.2	1095.6	469.075	1.27091
26.	3-Metilbutanoatul de etil-D	C7H14O2	130.2	1095.6	469.075	1.66154
27.	2-Metilbutanoatul de etil-M	C7H14O2	130.2	1079.2	447.38	1.25449
28.	2-Metilbutanoatul de etil-D	C7H14O2	130.2	1079.2	447.38	1.65278
29.	1-Propanol	C3H8O	60.1	1065.1	429.514	1.24793
30.	Butanoat de etil	C6H12O2	116.2	1064.1	428.237	1.56415
31.	Acetat-M de 2-metilpropil	C6H12O2	116.2	1040.5	400.162	1.33875
32.	Acetat-D de 2-metilpropil	C6H12O2	116.2	1041.1	400.8	1.61339
33.	Pentan-2-onă	C5H10O	86.1	1012.3	368.896	1.35625
34.	Pentanal	C5H10O	86.1	1006.3	362.515	1.41315
35.	Acetat de propil	C5H10O2	102.1	1005.7	361.877	1.48209
36.	2-Metil-1-propanol	C6H12O2	116.2	997.0	352.944	1.56525
37.	Propanoat de etil	C5H10O2	102.1	989.0	346.563	1.45801
38.	Etanol	C2H6O	46.1	957.6	323.592	1.12319
39.	Acetat de etil	C4H8O2	88.1	918.0	296.792	1.34094
40.	Acetat de metil	C3H6O2	74.1	861.5	262.336	1.1965
41.	Acetonă	C3H6O	58.1	852.5	257.231	1.11225
42.	Propanal	C3H6O	58.1	832.7	246.384	1.06301
43.	sulfat de dimetil	C2H6S	62.1	810.9	234.898	0.95796
44.	3-Hidroxi-2-butanonă	C4H8O2	88.1	1305.7	823.211	1.07067
45. ^a	2-Metilheptan-3-onă-M	C8H16O	128.2	1186.3	639.443	1.2906
46. ^b	2-Metilheptan-3-onă-D	C8H16O	128.2	1186.6	640.081	1.69655

*: a,b: substanță standard internă. M-forma monomerică (monomer), D-forma dimerică (dimer).

În tabelul 4.2 prezintă conținutul compușilor volatili și analiza diferențelor dintre cele șapte parcele.

Aciditate volatilă (aciditate volatilă totală). Componenta principală a acidității volatile din vin este acidul acetic, a cărui concentrație tipică variază în intervalul 0,2 - 0,6 g/L, deși poate atinge valori mai mari în anumite condiții [199,200]. Conform Organizației Internaționale a Viei și Vinului [201], pragul maxim acceptat pentru aciditatea volatilă în majoritatea vinurilor este de 1,2 g/L (exprimat în echivalent de acid acetic). Concentrația de acid acetic are o influență semnificativă asupra echilibrului acid și asupra profilului aromatic al vinului.

În rândul tuturor probelor analizate, conținutul de acid acetic a fost semnificativ mai ridicat în vinuri din parcele Bugeac ($8792,02 \pm 1014,88 \mu\text{g/L}$) și Leova ($8098,95 \pm 336,85 \mu\text{g/L}$), în timp ce vinuri din parcelă Mircești ($6240,7 \pm 338,24 \mu\text{g/L}$) au înregistrat cea mai scăzută valoare. Valorile obținute pentru vinuri din parcele Nisporeni, Speia, Cuza și Purcari au fost relativ apropiate, situându-se între 7207,77 și 7451,37 $\mu\text{g/L}$.

O cantitate moderată de acid acetic poate spori complexitatea vinului, însă nivelurile excesive pot induce note neplăcute, asemănătoare oțetului, și pot genera gust amar [202]. În cadrul acestui studiu, concentrația de acid acetic a rămas mult sub pragul de siguranță, asigurând astfel absența oricăror defecte senzoriale în vinurile analizate.

Alcoolii superiori (conținut total de alcoolii superiori). Alcoolii superiori se formează în timpul procesului de fermentație a vinului. Sinteza lor începe cu transformarea glucozei prin intermediul glicolizei, care conduce la formarea piruvatului. Sub acțiunea acetohidroxiacid-sintazei, piruvatul este implicat în calea de biosinteză a aminoacizilor, generând intermediari de tip α -cetoacid. Acești intermediari sunt ulterior reduși de anumite enzime, rezultând alcoolii superiori corespunzători [203].

În cadrul vinurilor din șapte parcele studiate, conținutul mediu de alcoolii superiori a fost relativ ridicat (între 278.231,23 $\mu\text{g/L}$ și 338.222,31 $\mu\text{g/L}$), deși s-au înregistrat unele variații între regiuni. Diferențele generale au fost totuși relativ mici. Cel mai mare conținut total de alcoolii superiori a fost observat în vinuri din parcelă Bugeac ($338.222,31 \pm 21.854,68 \mu\text{g/L}$), semnificativ peste valorile altor regiuni, sugerând că vinurile din această zonă pot prezenta arome fructate mai intense și o structură mai pronunțată a corpului [204].

În schimb, vinuri din parcelă Mircești au înregistrat cel mai scăzut conținut de alcoolii superiori ($278.231,23 \pm 1.483,73 \mu\text{g/L}$), ceea ce poate conduce la o intensitate aromatică și o complexitate mai reduse în vinurile obținute din această regiune. Regiunile rămase (vinuri din parcele Nisporeni, Speia, Cuza, Leova și Purcari) au prezentat niveluri relativ similare ale

alcooolilor superiori, situate în intervalul 293.690,42 - 304.513,31 µg/L.

Aldehide și cetone. Aldehidele au un rol esențial în dezvoltarea aromelor vinului, contribuind frecvent la note fructate, ierboase sau de nuci. Conținutul total de aldehide a variat între 1.841,82 µg/L (vinuri din parcelă Mircești) și 3.380,68 µg/L (vinuri din parcelă Leova), cu valori semnificativ mai mari în vinuri din parcele Cuza și Leova în comparație cu celelalte probe.

Conform unor studii, un nivel mai ridicat al aldehydelor poate fi asociat cu gradul de coacere a strugurilor și cu parametrii de fermentație [205]. Printre aldehide, pentanalul (aldehida cu cinci atomi de carbon) a prezentat variații majore între regiuni: vinuri din parcelă Leova au înregistrat cea mai ridicată valoare ($331,58 \pm 2,03$ µg/L), în timp ce vinuri din parcelă Mircești au avut cel mai mic nivel ($58,48 \pm 0,81$ µg/L).

De asemenea, au fost detectate și cetone (precum acetonă și pentan-2-onă). Conținutul total de cetone s-a situat între 3.075,79 µg/L (vinuri din parcelă Speia) și 3.714,82 µg/L (vinuri din parcelă Bugeac), sugerând posibile influențe ale proceselor oxidative în timpul fermentației și maturării vinurilor.

Esteri (conținut total de esteri). Esterii se formează în principal în timpul fermentației, o proporție mai mică rezultând în faza de învechire [206]. În vin, esterii sunt de regulă fie esteri etilici, obținuți prin reacția de condensare dintre etanol și acizi grași, fie esteri acetici, formați prin condensarea etanolului cu acid acetic. Acești compuși exercită o influență directă asupra caracteristicilor aromatice și a percepției senzoriale a vinului.

Dintre toți esterii detectați, vinuri din parcele Bugeac (78.565,46 µg/L) și Cuza (78.128,13 µg/L) au prezentat cele mai mari valori ale conținutului total de esteri [207], deși diferențele între regiuni nu au fost semnificative din punct de vedere statistic. În schimb, vinuri din parcelă Mircești (62.598,56 µg/L) s-au remarcat prin cel mai scăzut nivel de esteri, semnificativ mai mic decât în celelalte zone analizate.

În total, au fost identificați 13 compuși esterii, dintre care acetatul de etil a fost cel mai abundent, cu variații de la $24.360,81 \pm 101,75$ µg/L (vinuri din parcelă Mircești) până la $32.334,03 \pm 2.491,84$ µg/L (vinuri din parcelă Bugeac). Esterii cu lanț mediu, precum etil hexanoat, etil octanoat și acetat de propil, contribuie la note de ananas, măr verde și alte arome fructate în vin.

Compuși cu sulf (conținut total de sulf). Dintre compușii cu sulf detectați, singurul prezent a fost sulfat de dimetil. Acest compus se regăsește în numeroase băuturi și alimente, iar în funcție de concentrația sa, poate constitui fie un defect, fie un factor ce intensifică aroma. Sulfat de dimetil are roluri diferite în produsele alimentare de origine animală, în fructele citrice, pepeni, roșii și sparanghel fiert.

În bere, concentrațiile de sulfat de dimetil depășesc de regulă pragul de percepție, iar principalii precursori sunt s-metilmationina (SMM) și dimetil sulfoxidul (DMSO) din malț. Sulfatul de dimetil este prezent și în majoritatea vinurilor, cu valori raportate de la niveluri de ordinul $\mu\text{g/L}$ până la mg/L .

În studiul de față, vinuri din parcelă Cuza au prezentat cel mai ridicat conținut de sulfat de dimetil ($1684,67 \mu\text{g/L}$), în timp ce vinuri din parcelă Mircești au înregistrat cea mai redusă valoare ($549,28 \mu\text{g/L}$). Totuși, sursa sulfatului de dimetil în vin nu este la fel de bine înțeleasă precum în cazul berii.

Cercetări anterioare au evidențiat că drojdiile pot elibera sulfat de dimetil în timpul fermentației, fie din diverși aminoacizi și derivații acestora, fie prin reducerea sulfat de dimetil. Cu toate acestea, vinurile proaspăt îmbuteliate prezintă, în general, niveluri scăzute de DMSO, concentrația acestuia crescând în timp, pe parcursul învechirii, în funcție de temperatura de stocare. Conform ipotezei actuale, sulfat de dimetil poate fi produs în faza de maturare la sticlă prin reducerea DMSO sau prin degradarea SMM, fapt ce explică și eliberarea sulfat de dimetil din must și din vin în urma tratamentelor termice și alcaline. Rămâne însă nedovedit dacă SMM constituie un precursor direct al sulfat de dimetil în vin [208].

În vin, concentrația sulfatului de dimetil depășește deseori pragul de percepție ($27 \mu\text{g/L}$ în vinurile roșii) [209], mai ales după perioada de învechire. Efectul sulfatului de dimetil asupra aromei vinului poate fi favorabil sau nefavorabil, în funcție de concentrație și de soi.

Terpene (conținut total de compuși terpenici). Dintre cei 33 de compuși volatili analizați, doar terpinolena a fost clasificată drept compus terpenic. Acest rezultat este remarcabil întrucât, în general, terpenele se regăsesc în cantități mai mari la soiurile de struguri albi aromate, fiind prezente în concentrații reduse la soiurile roșii [210].

În studiile privind vinurile roșii italiene, compușii terpenici au fost depistați în principal. Terpinolena a fost raportată doar la câteva soiuri de struguri, precum Montepulciano și Cannonau [98], unde contribuie la arome ierboase, citrice și cu note de rășină de pin.

De asemenea, cercetările asupra vinurilor din soiurile Corvina și Sangiovese au evidențiat faptul că, deși alți compuși terpenici (e.g., linalool, geraniol) sunt relativ abundenți, nivelurile de terpinolenă rămân în general reduse [98].

În cadrul acestui studiu, terpinolena a fost singurul terpen identificat în vinurile de Fetească Neagră, iar concentrația sa, foarte superioară valorilor raportate anterior pentru alte vinuri roșii, indică o trăsătură distinctivă a acestui soi.

Vinuri din parcele Mircești ($480,18 \pm 34,74 \mu\text{g/L}$) și Cuza ($426,23 \pm 32,28 \mu\text{g/L}$) au

înregistrat cele mai ridicate concentrații de terpinolenă, sugerând că condițiile climatice sau pedologice pot favoriza formarea acestui compus. Vinuri din parcele Speia ($202,74 \pm 8,45 \mu\text{g/L}$) și Purcari ($205,28 \pm 15,91 \mu\text{g/L}$) au prezentat cele mai scăzute niveluri de terpinolenă, în timp ce vinuri din parcelă Bugeac ($278,11 \pm 24,76 \mu\text{g/L}$), Leova ($245,9 \pm 24,98 \mu\text{g/L}$) și Nisporeni ($237,49 \pm 21,79 \mu\text{g/L}$) au înregistrat concentrații intermediare, sugerând un grad variabil de influență a factorilor de mediu asupra producției de terpinolenă [211].

Tabelul 4.2. Concentrația a compușilor organici volatili determinați în vinurile roșii seci Fetească Neagră obținute din diferitele terroiruri ale Republicii Moldova.

Nr.	Descriere	Parcelă						
	Compușii volatili ($\mu\text{g/L}$)	Mircești	Nisporeni	Speia	Cuza	Bugeac	Leova	Purcari
	1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Acid acetic	6240.7 \pm 338.24b	7207.77 \pm 508.34ab	7416.91 \pm 895.43ab	7451.37 \pm 465.51ab	8792.02 \pm 1014.88a	8098.95 \pm 336.85a	7262.73 \pm 603.75ab
2.	Aciditatea volatilă totală	6240.7 \pm 338.24b	7207.77 \pm 508.34ab	7416.91 \pm 895.43ab	7451.37 \pm 465.51ab	8792.02 \pm 1014.88a	8098.95 \pm 336.85a	7262.73 \pm 603.75ab
3.	(E)-hex-2-en-1-ol	344.22 \pm 8a	312.95 \pm 17.58a	269.17 \pm 4.52b	313.27 \pm 19.27a	267.61 \pm 6.71b	185.49 \pm 10.78d	218.94 \pm 2.84c
4.	(Z)-hex-3-en-1-ol	354.57 \pm 5.68ab	365.51 \pm 13.28a	327.69 \pm 18.44ab	342.94 \pm 17.13ab	344.29 \pm 25.81ab	284.56 \pm 2.74c	313.97 \pm 0.7bc
5.	Hexan-1-ol	742.35 \pm 40.11e	851.98 \pm 14.3cd	904.27 \pm 8.93c	821.05 \pm 19.29d	1119.81 \pm 16.88a	984.98 \pm 24.98b	880.83 \pm 38.14cd
6.	3-Metilbutan-1-ol	23848.41 \pm 493.76c	26006.53 \pm 438.83b	25724.42 \pm 82.35bc	25047.86 \pm 352.17bc	28334.9 \pm 1444.52a	25194.75 \pm 379.08bc	26723.57 \pm 1019.79ab
7.	1-Penten-3-ol	105.85 \pm 2.87a	79.92 \pm 2.84de	82.3 \pm 1.33d	94.96 \pm 3.1bc	85.81 \pm 3.32cd	98.06 \pm 5.97ab	71.07 \pm 3.31e
8.	Butan-1-ol	2543.99 \pm 49.75e	3793.06 \pm 51.43bc	3149.15 \pm 23.28d	4741.81 \pm 91.57a	3913.4 \pm 60.03b	3942.79 \pm 136.89b	3619.31 \pm 111.27c
9.	2-Metilpropanol	26666.19 \pm 345.65bc	27544.12 \pm 425.45bc	27600.45 \pm 146.16bc	26047.42 \pm 225.15c	30387.18 \pm 1396.71a	28468.94 \pm 642.38ab	28675.44 \pm 981.23ab
10.	1-Propanol	8703.35 \pm 52.96d	11382.57 \pm 213.92bc	11002.05 \pm 137.93c	11315.28 \pm 135.68bc	12793.11 \pm 761.44a	11897.31 \pm 200.29abc	12057.17 \pm 445.23ab
11.	Etanol	214922.3 \pm 1882.3b	232032.54 \pm 6058.37b	233573.75 \pm 6165.19b	235788.72 \pm 5465.51b	260976.21 \pm 18453.57a	222633.54 \pm 3134.57b	230722.5 \pm 8670.48b
12.	Alcooli superiori total	278231.23 \pm 1483.73b	302369.16 \pm 6621.46b	302633.24 \pm 6507.46b	304513.31 \pm 5940.63b	338222.31 \pm 21854.68a	293690.42 \pm 3364.47b	303282.8 \pm 11239.23b

Continuare tabelul 4.2

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
13.	Octanal	73.02± 3.63a	48.27± 1.41cd	41.22± 3.45d	54.4± 1.77bc	58.89± 4.43b	48.15± 6.1cd	47.13± 1.72cd
14.	Pentanal	58.48± 0.81e	212.18± 8.51cd	192.42± 4.36d	285.91± 2.31b	227.89± 13.07c	331.58± 2.03a	224.94± 9.63c
15.	Propanoat de etil	1238.61 ±15.5d	2406.2± 50.33b	2103.34± 26.21c	2683.03± 43.01a	2327.36± 166.67bc	2674.37± 28.3a	2333.03± 116.63b
16.	Propanal	471.71± 13.71a	204.59± 18.91c	221.31± 8.51c	237.02± 15.74c	311.52± 2.42b	326.58± 26.16b	322.56± 15.79b
17.	Aldehyde total	1841.82 ±15.62d	2871.24± 77.01b	2558.29± 40.76c	3260.36± 54.94a	2925.66± 185.23b	3380.68± 52.43a	2927.66± 141.51b
18.	Octanoat de etil	1096.77 ±84.17e	1571.59± 57.42bc	1670.05± 30.86b	2422.21± 47.13a	1311.57± 86.68d	1460.57± 50.79cd	1122.39± 82.42e
19.	Lactat de etil	5208.78 ±160.56 c	5623.82± 247.91abc	5511.45± 370.74bc	6482.67± 387.71ab	6711.65± 902.02a	5474.84± 164.34bc	6052.74± 274.12abc
20.	Hexanoat de etil	1306.3± 1.84f	1980.53± 12.54c	2215.21± 9.76b	2800± 17.55a	1823.25± 75.67d	1821.62± 53.55d	1602.47± 55.99e
21.	3-Metilbutil- etanoat	11470.27 ±137.11b	12002.9± 27.71ab	12601.91 ±64.86ab	12944.03 ±144.9a	13009.58± 944.88a	11868.79± 246.12ab	11543.74 ±461.48b
22.	3-Metilbutan- 1-ol	1935.71 ±52.27c	2742.33± 72.88a	2347.13± 65.11b	2356.73± 61.1b	2247.79± 228.07b	2270.13± 69.19b	2667.56± 117.27a
23.	2-Metilbutan- 1-ol	2201.72 ±41.14c	2917.84± 58.93a	2714.88± 72.51ab	2376.72± 63.03c	2457.52± 243.52bc	2478.77± 55.87bc	2905.8± 123.65a
24.	Butanoat de etil	2140.65 ±34.3d	3105.73± 38.7b	3123.93± 39.87b	4331.05± 67.68a	3190.11± 244.94b	2987.39± 60.35b	2577.23± 105.63c
25.	Acetat de 2- metilpropil	3114.8± 53.8e	3651.84± 44.38bc	3558.15± 38.41cd	3331.31± 46.75de	3889.65± 238b	4439.7± 72.57a	3614.15± 148bcd
26.	Acetat de propil	55.43± 1.4d	240.7± 2.21b	188.92± 4.86c	401.12± 8.34a	251.91± 11.51b	415.13± 10.28a	257.88± 10.44b
27.	2-Metil-1- -propanol	6122.59± 75.06ab	6411.87± 66.26ab	6348.74± 83.89ab	5961.75± 74.82b	5989.34± 434.43b	6645.66± 87.76a	6630.39± 278.06a
28.	Acetat de etil	24360.81 ±101.75c	29325.3± 427.18b	29107.01 ±370.02b	30481.29± 322.74ab	32334.03± 2491.84a	30873.9± 399.91ab	29535.57± 1159.86ab
29.	Acetat de metil	3584.75 ±29.11c	4362.61± 53.34b	4568± 43.78b	4239.25± 34.03b	5349.06± 407.9a	4556.22± 48.61b	4591.7± 178.21b
30.	Esteri total	62598.56 ±462.52b	73937.07± 751.35a	73955.38± 1160.99a	78128.13 ±1130.8a	78565.46± 6162.39a	75292.73± 1162.15a	73101.64± 2990.06a

Continuare tabelul 4.2

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
31.	Feniletanonă	426.38± 31.6c	559.5± 44.87bc	583.73± 62.16abc	566.08± 23.81bc	743.45± 63.98a	587.17± 62.58abc	615.57± 88.94ab
32.	Pentan-2-onă	174.35± 1.08a	86.88± 4.92cd	77.8± 2.44d	145.43± 9.9b	101.21± 5.31c	147.77± 5.15b	100.63± 5.91c
33.	Acetonă	2749.65 ±61.36	2469.34± 84.8	2414.26± 74.8	2749.48± 43.66	2870.16± 496.12	2433.79± 22.66	2455.67± 107.26
34.	Cetone total	3350.38± 59.94ab	3115.72± 82.04ab	3075.79± 139.01b	3460.99± 64.67ab	3714.82± 539.99a	3168.73± 41.89ab	3171.87± 193.76ab
35.	Sulfură de dimetil	549.28± 9.27d	1172.28± 22.58b	744.69± 10.54cd	1684.67± 17.56a	1365.62± 218.36b	1205.42± 38.05b	914.71± 39.65c
36.	Sulf total	549.28± 9.27d	1172.28± 22.58b	744.69± 10.54cd	1684.67± 17.56a	1365.62± 218.36b	1205.42± 38.05b	914.71± 39.65c
37.	Terpinolene	480.18± 34.74a	237.49± 21.79bc	202.74± 8.45c	426.23± 32.28a	278.11± 24.76b	245.9± 24.98bc	205.28± 15.91c
38.	Terpenoide totale	480.18± 34.74a	237.49± 21.79bc	202.74± 8.45c	426.23± 32.28a	278.11± 24.76b	245.9± 24.98bc	205.28± 15.91c
39.	γ-Butirolactona	606.8± 15.35b	854.26± 14.93ab	854.93± 95.72ab	718.5± 52.7ab	1000.68± 193.91a	841.15± 17.4ab	914.75± 164.67a
40.	3-Hidroxi-2-butanonă	124.72± 3.31a	79.95± 7.48bc	66.9± 6.5c	97.39± 10.67b	85.03± 11.74bc	82.58± 7.9bc	76.31± 0.89bc
41.	Altele total	731.51± 15.97b	934.21± 15.97ab	921.84± 100.99ab	815.89± 63.14ab	1085.71± 201.27a	923.73± 9.51ab	991.06± 165.45ab

Analiza compușilor volatili din vinurile studiate evidențiază variații semnificative între parcele, reflectând influența terroir asupra profilului aromatic. Aciditatea volatilă, dominată de acidul acetic, s-a menținut în limitele admise, fără a genera defecte senzoriale, deși diferențele regionale indică o contribuție variabilă la echilibrul gustativ. Alcoolii superiori au prezentat valori relativ ridicate, cu concentrații maxime în vinurile din Bugeac, sugerând o potențială intensificare a notelor fructate și a structurii corpului, în timp ce nivelurile mai reduse în Mircești pot fi asociate cu o expresie aromatică mai delicată. Aldehidele și cetonele au demonstrat variații regionale marcante, în special în cazul pentanalului, indicând posibile influențe ale gradului de coacere și ale parametrilor fermentativi. Esterii, în special acetatul de etil și esterii etilici ai acizilor grași cu lanț mediu, au contribuit decisiv la notele fructate (ananas, măr verde), cu valori superioare în Cuza și Purcari, consolidând profilul aromatic pozitiv al acestor vinuri. Dintre compușii cu sulf, sulfatul de dimetil a fost singurul identificat, cu variații considerabile între

regiuni și cu potențial dual, favorabil sau nefavorabil, în funcție de concentrație și etapă de maturare. În mod remarcabil, terpinolena a fost singurul compus terpenic detectat, prezentând concentrații neobișnuit de ridicate pentru un soi roșu, ceea ce sugerează o particularitate chimică distinctivă a soiului Fetească Neagră și o posibilă influență pronunțată a terroirului asupra biosintezei sale [212]. În ansamblu, rezultatele confirmă că profilul volatil al vinurilor analizate este rezultatul interacțiunii complexe dintre fermentație, compoziția materiei prime și factorii de mediu, contribuind la definirea identității aromatice și a tipicității regionale.

4.1.2 Distribuția compușilor organici volatili în cadrul vinurilor roșii seci Fetească Neagră din parcele experimentale

Pentru a înțelege mai bine distribuția compușilor organici volatili în vinurile roșii seci Fetească Neagră (a.r. 2022), figura 4.1 prezintă o hartă de tip heatmap, care ilustrează vizual asemănările și deosebirile dintre cele șapte parcele analizate. Rezultatele analizei de grupare oferă informații esențiale cu privire la modul în care diferitele parcele influențează profilul aromatic al vinurilor.

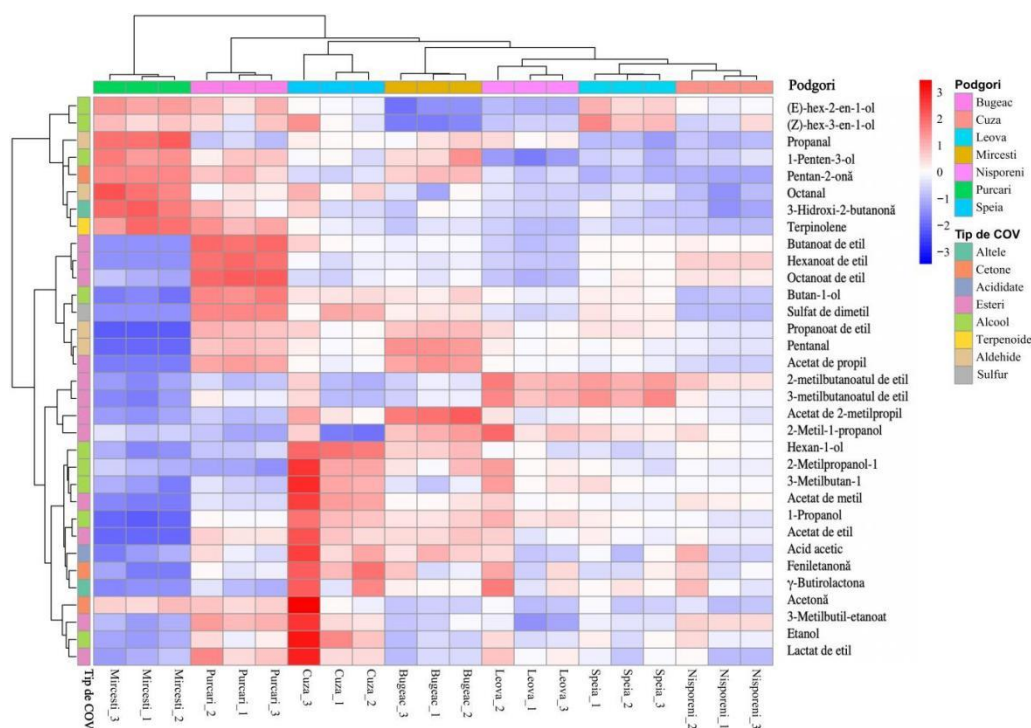


Figura 4.1. Analiza Heatmap a compușilor organici volatili (COV) identificați în vinurile roșii seci Fetească Neagră, provenite din diferite parcele ale Republicii Moldova.

Rezultatele analizei arată că vinurile din parcelă Mircești formează o ramură distinctă în cadrul clusteringului, indicând un profil volatil semnificativ diferit. Vinurile din această zonă se remarcă prin concentrații ridicate de propanal, 1-penten-3-ol și pentan-2-onă, în timp ce conținutul

de esteri este în general redus, conturând un stil aromatic proaspăt, vegetal și ușor astringent, caracteristic vinurilor din climate răcoroase.

În contrast, vinurile din parcelă Purcari prezintă un profil aromatic complet diferit. Acestea sunt marcate de niveluri ridicate de octanoat de etil, butanoat de etil, hexanoat de etil, butan-1-ol, propanoat de etil și sulfat de dimetil. Profilul rezultat conturează un stil fructat, rotund, cu note minerale, o complexitate aromatică ridicată și potențial de învechire pronunțat.

Vinurile din parcelă Leova se caracterizează prin conținuturi ridicate de 2-metil-1-propanol, 2-metilbutanoatul de etil și 3-metilbutanoatul de etil, conferind vinurilor o aromă fructată, intensă și ușor dulceagă. Vinurile din parcelă Speia prezintă un profil similar, în special în ceea ce privește esterii menționați, sugerând o comparabilitate senzorială între cele două zone. Vinurile din parcelă Nisporeni, situată tot în cadrul IGP Codru ca și parcelă Speia, manifestă o compoziție similară de esteri, întărind coerența expresiei aromatice în această zonă.

Vinurile din parcelă Cuza se disting prin concentrații ridicate de propanol, acetat de etil, 2-metilpropanol-1, etanol, feniletanonă, 3-metilbutan-1, acetat de metil, lactat de etil și acid acetic. Acești compuși conferă vinurilor note fermentative accentuate și un corp bine definit. Totodată, nivelul crescut de sulfat de dimetil contribuie la o recunoaștere aromatică distinctivă.

Vinurile din parcelă Bugeac prezintă un profil echilibrat între clasele de compuși, cu niveluri medii spre ridicate de esteri precum 2-metilpropanol-1, hexan-1-ol, propanoat de etil și pentanal, ceea ce reflectă o structură aromatică armonioasă și un stil stabil.

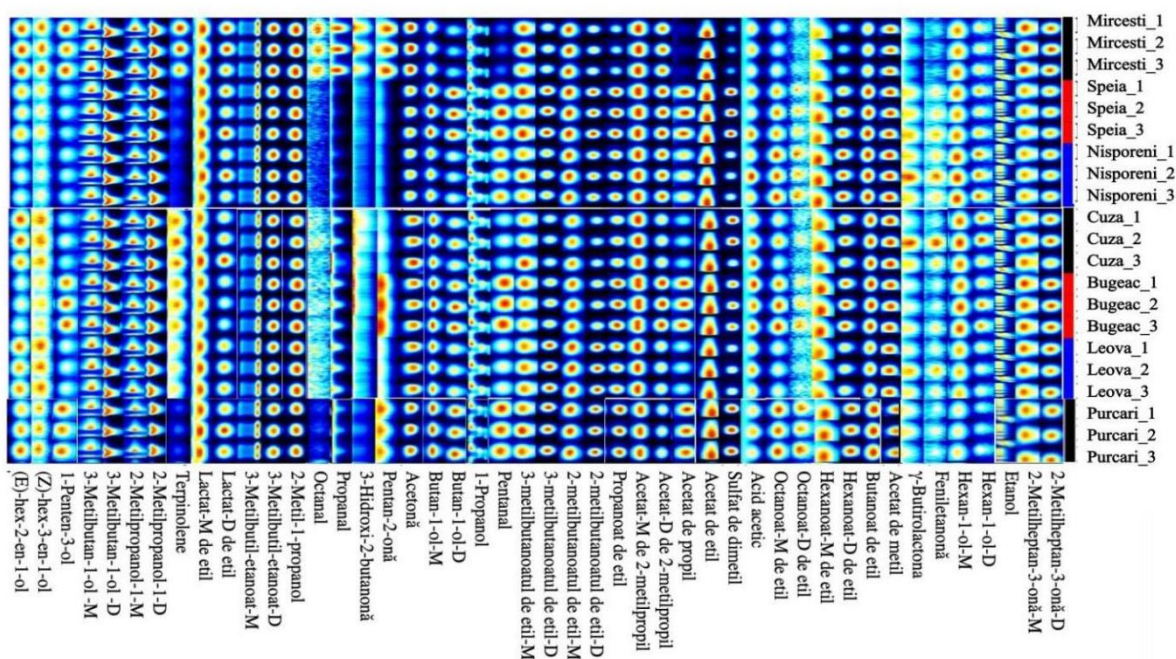


Figura 4.2. Spectre bidimensionale GC-IMS ale compușilor organici volatili (COV) identificați în vinurile roșii seci Fetească Neagră din cele șapte parcele experimentale.

Vinurile din parcelele analizate se corelează foarte bine cu amprentele GC-IMS (figura 4.2.), confirmând că, în condiții de vinificare unificate, vinurile Fetească Neagră din diferite regiuni prezintă profiluri aromatice regionale clare și ușor de diferențiat.

În figura 4.2 prezintă topogramele GC-IMS corespunzătoare compușilor organici volatili identificați în vinurile Fetească Neagră provenite din șapte terroiruri reprezentative: Mircești, Speia, Nisporeni, Cuza, Bugeac, Leova și Purcari. Pe axa orizontală sunt reprezentați compușii volatili identificați (nume și izomeri principali), iar pe axa verticală probele analizate din fiecare parcele (trei replici per regiune). Intensitatea culorii și dimensiunea spoturilor reflectă concentrația relativă a fiecărui compus (albastru - concentrație scăzută; roșu - concentrație ridicată).

Modelul GC-IMS permite compararea vizuală a amprentelor aromatice (fingerprints) ale probelor și evidențiază diferențele specifice de compoziție volatilă între terroiruri, oferind o bază solidă pentru analiza multivariate ulterioară (PCA, HCA, Heatmap).

Pentru a aprofunda înțelegerea diferențelor în compoziția compușilor organici volatili ai vinurilor Fetească Neagră din șapte parcele, s-a efectuat o analiză a componentelor principale (PCA).

În figura 4.3A, reprezentare PCA tip scatter plot, primele două componente principale (CP1 și CP2) sunt utilizate pentru a vizualiza variațiile compușilor organici volatili între probe.

CP1 (44,13 %) explică cea mai mare parte din variație, captând cele mai semnificative diferențe chimice dintre probe. CP2 (18,83 %) reprezintă a doua cea mai importantă sursă de variație, reflectând diferențe secundare între eșantioane. Împreună, CP1 și CP2 explică aproximativ 63 % din varianța totală.

Aceste componente corespund, probabil, unor tendințe chimice specifice. De exemplu, CP1 poate fi asociată cu concentrația globală a unor anumiți compuși (de exemplu, esteri sau alcooli), în timp ce CP2 evidențiază variații ale altor compuși volatili specifici.

Poziționarea vinurilor din parcelă Mircești în analiza PCA. Din diagrama PCA (figura 4.3A), se observă că Mircești se află în cadranul stânga-sus, la o distanță considerabilă față de celelalte probe, indicând diferențe semnificative în compoziția compușilor organici volatili față de celelalte vinuri. Analiza diagramei de loadings (figura 4.3B) sugerează că această separare se datorează, în principal, concentrațiilor mai mari de propanal în vinurile din parcelă Mircești.

Poziționarea vinurilor din parcelă Purcari în analiza PCA. Vinurile din parcelă Purcari formează un cluster distinct în partea inferioară a graficului, evidențiindu-se clar față de alte parcele viticole. Conform diagramei de loadings, această diferențiere se explică în principal prin nivelurile ridicate de butanoat de etil, octanoat de etil, hexanoat de etil și sulfat de dimetil în vinurile din parcelă Purcari, susținând astfel rezultatele anterioare privind complexitatea aromatică ridicată a acestor vinuri.

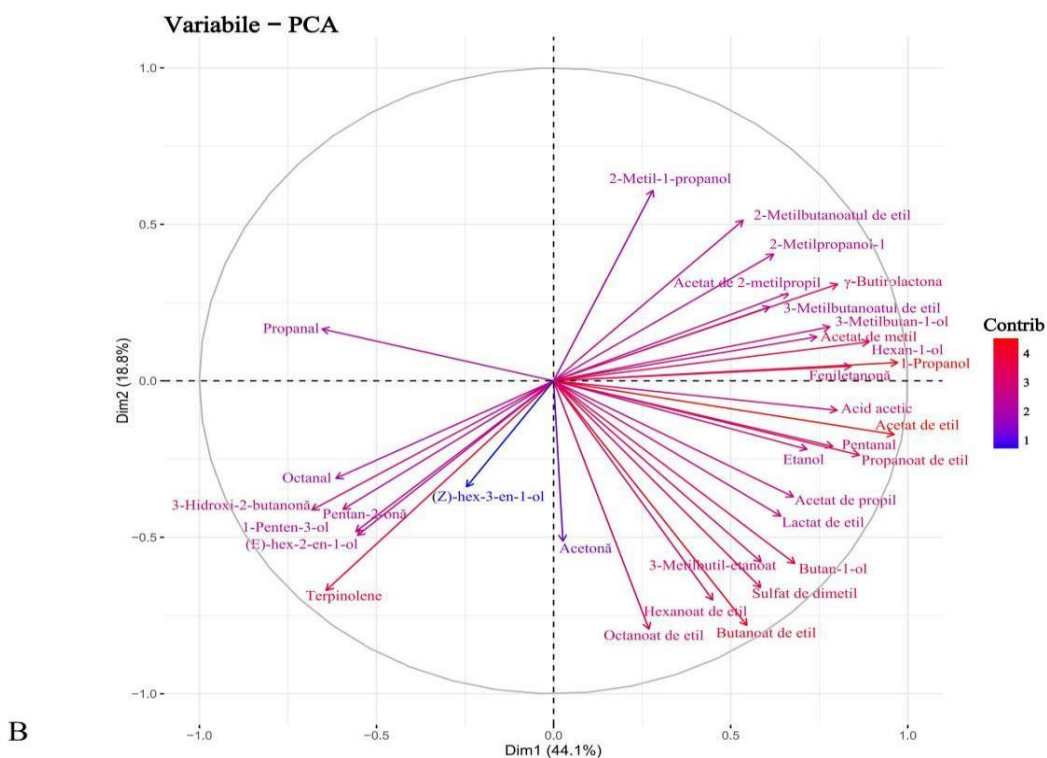
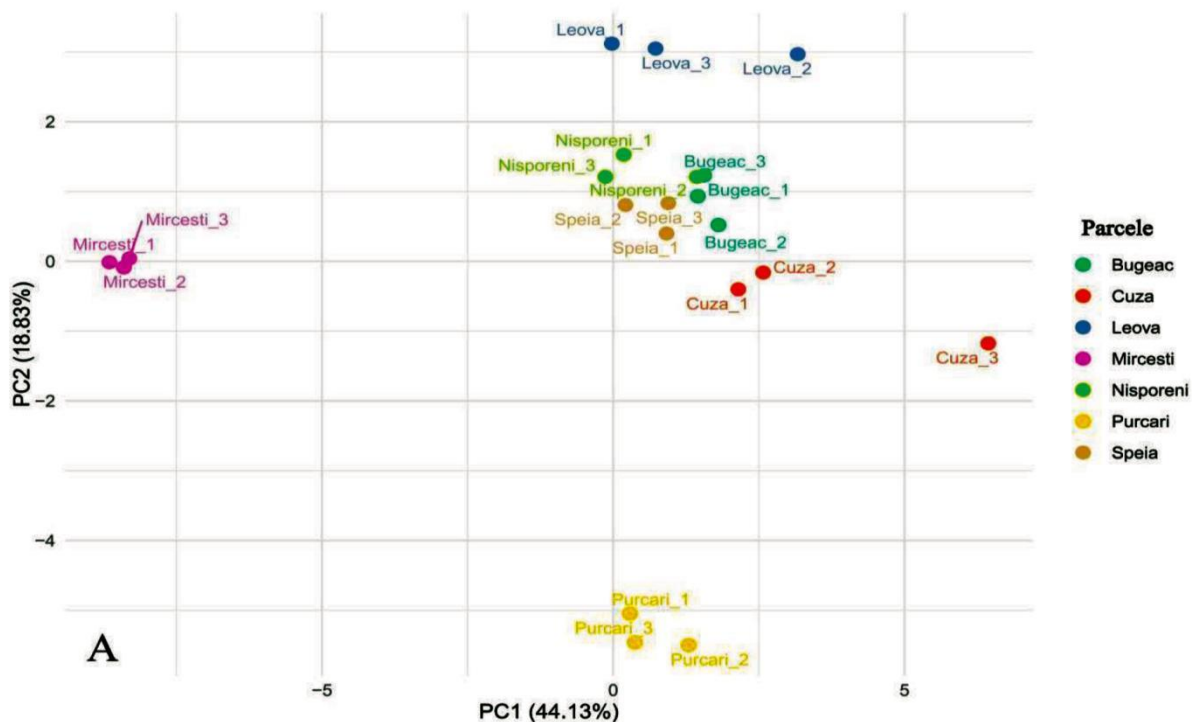


Figura 4.3 A. - Componentelor principale ale compușilor organici volatili din vinurile Fetească Neagră provenite din șapte parcele ale Republicii Moldova; B. - Proiecția variabilelor (compuși organici volatili) pe primele două componente principale pentru vinurile Fetească Neagră.

Grupul de vinurilor din parcelele Bugeac, Nisporeni și Speia. În diagrama PCA (figura 4.3A), aceste vinuri formează un grup compact, sugerând un profil de compuși volatili asemănător și caracteristici senzoriale similare între ele.

Concluzii pe baza analizei PCA. Faptul că vinurile din parcelele Purcari și Mircești se detașează independent accentuează unicitatea compozițiilor chimice și sugerează o influență distinctă a terroirului în aceste două regiuni.

4.1.3 Contribuția compușilor organici volatili la profilul aromatic al vinurilor roșii seci Fetească Neagră

Deși în fiecare probă de vin au fost detectați numeroși compuși volatili, nu toți influențează semnificativ profilul aromatic global al vinului [213].

Pentru a evalua contribuția diferiților compuși volatili la profilul olfactiv al vinurilor, în acest studiu s-a calculat Valoarea Activității Olfactive (OAV) pe baza concentrațiilor medii determinate analitic și a pragurilor de percepție raportate în literatura publicată. Informațiile detaliate sunt prezentate în tabelul 4.3.

În general, doar compușii cu un $OAV > 1$ sunt considerați ca având o contribuție semnificativă la aroma vinului.

Rezultatele evidențiază faptul că un total de 15 compuși organici volatili au înregistrat valori OAV mai mare de 1 (tabel 4.3), sugerând că acești compuși-cheie joacă un rol esențial în profilul aromatic al vinului.

Dintre acești 15 compuși, esterii etilici au predominat, dintre care 8 au înregistrat valori OAV mai mari de 1. Esterii etilici sunt considerați contribuabili esențiali la aroma vinului datorită caracterului lor proaspăt și fructat [214]. În timpul fermentației alcoolice, drojdia formează esterii etilici prin esterificarea acizilor grași, alcătuiind astfel unul dintre cele mai extinse și importante grupuri de compuși organici volatili din băuturile fermentate.

Studiile atestă că vinurile conțin, de regulă, aproximativ 14 esterii etilici, incluzând esterii ai acizilor grași cu lanț simplu sau ramificat și anumiți esterii ai acizilor hidroxicilici. Acești esterii joacă un rol crucial în definirea aromelor fructate, iar în cadrul acestui studiu, următorii compuși au înregistrat valori OAV peste 1, 3-metilbutanoatul de etil, hexanoat de etil, butanoat de etil, 2-metilbutanoatul de etil și 2-metil-1-propanol.

În rândul acestor esterii etilici, 3-metilbutan-1-ol de etil a înregistrat cea mai mare valoare OAV, depășind 600 în toate parcelarele studiate și atingând un maxim de 914,11 în vinurile din parcelă Speia, sublinindu-i astfel rolul esențial în generarea aromelor fructate. Această observație se coroborează cu rezultatele evaluării senzoriale (figura 4.4.), din care reiese că vinurile din

parcelă Speia se poziționează în zona asociată cu aromele de fructe roșii și negre, confirmând influența majoră a acestui compus asupra profilului aromatic.

De asemenea, etil hexanoatul a menținut valori OAV ridicate în toate parcelarele studiate, atingând un vârf de 560,02 în vinuri din parcelă Purcari, mult peste pragul său de percepție senzorială. Acest compus este frecvent asociat cu arome de fruct copt și constituie un factor-cheie pentru caracterul proaspăt fructat în vinurile tinere.

Table 4.3. Raportul dintre concentrația și pragul olfactiv (OAV) al compușilor organici volatili în vinurile roșii seci Fetească Neagră din diferite parcele ale Republicii Moldova.

Nr.	Descriere		Parcelă						
	Denumirea compusilor volatili	Pragul olfactiv, $\mu\text{g/L}$	Mircești	Speia	Nisporeni	Purcari	Cuza	Bugeac	Leova
1.	Octanoat de etil	580	1.89	2.71	2.88	4.18	2.26	2.52	1.93
2.	Terpinolene	200	2.40	1.19	1.01	2.13	1.38	1.23	1.02
3.	Octanal	30	2.43	1.61	1.37	1.81	1.96	1.60	1.57
4.	Hexanoat de etil	5	261.26	396.13	443.06	560.02	364.18	364.28	319.71
5.	3-Metilbutil-etanoat	30	382.33	400.09	420.05	431.43	432.20	395.57	383.79
6.	3-Metilbutanoatul de etil	3	645.23	914.08	782.19	785.42	745.75	756.57	886.78
7.	2-Metilbutanoatul de etil	18	122.31	162.10	150.79	132.01	135.90	137.70	161.00
8.	Butanoat de etil	20	107.03	155.27	156.18	216.53	158.93	149.35	128.52
9.	Acetat de 2-metilpropil	1600	1.95	2.28	2.22	2.08	2.42	2.77	2.25
10.	2-Metil-1-propanol	15	408.15	427.41	423.20	397.41	397.95	443.00	440.85
11.	Propanoat de etil	1080	1.15	2.23	1.95	2.48	2.15	2.48	2.15
12.	Etanol	95000	2.26	2.44	2.46	2.48	2.74	2.34	2.42
13.	Acetat de etil	12300	1.98	2.38	2.37	2.48	2.62	2.51	2.40
14.	Propanal	81	5.82	2.52	2.73	2.93	3.84	4.03	3.97
15.	Sulfură de dimetil	27	20.34	43.41	27.58	62.39	50.94	44.63	33.79

Butanoatul de etil și 2-metilbutanoatul de etil au prezentat diferențe de concentrație între areale, însă valorile OAV au rămas peste pragul senzorial, subliniindu-le rolul suplimentar în diversificarea caracterului fructat al vinului.

Pe lângă esterii etilici, sulfat de dimetil s-a remarcat drept un alt compus esențial, cu valori OAV peste 1 în toate parcelele, variind între 20,34 în vinurile din parcelă Mircești și 62,39 în vinurile din parcelă Purcari.

Calitatea vinurilor roșii este puternic asociată cu prezența aromelor de fructe roșii și negre, care rezultă din interacțiunile dintre esteri și alți compuși. De exemplu, sulfat de dimetil, tiolele polifuncționale și alte substanțe olfactive esențiale joacă un rol cheie în reglarea acestor caracteristici senzoriale [215]. Pineau și colab. [216] au demonstrat că distribuția esterilor are o influență semnificativă asupra caracterului aromatic de tip „fructe de pădure”.

Vinurile cu un conținut mai ridicat de esterii etilici cu lanț liniar tind să prezinte arome de fructe roșii de pădure. Vinurile în care predomină esterii etilici cu lanț ramificat dezvoltă în special note aromatice de mure.

Chiar și variații minore de concentrație (de exemplu, o creștere de 3 $\mu\text{g/L}$ la 2-metilbutanoatul de etil) pot determina modificări semnificative în percepția senzorială, ilustrând faptul că aportul esterilor etilici la aroma vinului nu se rezumă la o simplă sumă, ci este puternic influențat de efecte sinergice și hiperaditive.

Totuși, numeroase studii au evidențiat faptul că focalizarea exclusivă pe esterii etilici nu este suficientă pentru a explica pe deplin profilul aromatic al vinurilor roșii [217]. De pildă, adaosul de esteri într-un vin aromatizat nu reușește, în multe cazuri, să amplifice semnificativ percepția fructată, sugerând că aceasta depinde nu doar de prezența esterilor, ci și de compuși suplimentari, precum sulfatul de dimetil, care pot acționa ca potențiatori ai percepției fructate la nivel senzorial. Mai exact, chiar dacă sulfatul de dimetil se află sub pragul său de percepție (27 $\mu\text{g/L}$), el poate spori complexitatea globală a aromei prin interacțiuni cu esterii etilici.

De asemenea, interacțiunile dintre esterii etilici și alți compuși organici volatili sunt influențate de efectele matricei. Cercetările au arătat că un conținut mai ridicat de etanol poate reduce semnificativ percepția aromelor fructate, explicând de ce modelele aromatice bazate exclusiv pe concentrațiile de esteri etilici nu reușesc uneori să anticipeze cu precizie caracteristicile senzoriale ale vinurilor roșii [218].

Pe de altă parte, fiind un compus sulfurat volatil, rolul sulfatului de dimetil în definirea aromei vinului este amplificat de efectele de matrice. De exemplu, adăugarea de sulfat de dimetil într-un vin inițial dezaromatizat generează, de regulă, note asociate sulfului; totuși, atunci când este prezent împreună cu compuși organici volatili fructați, sulfatul de dimetil poate accentua complexitatea globală, contribuind la percepții de fructe dulci și măslin verzi. Conform tabelului 4.2. vinurile din parcelele Purcari și Cuza, care înregistrează cele mai ridicate concentrații de sulfat de dimetil, se regăsesc într-o poziție relativ centrală, sugerând un echilibru aromatic mai nuanțat. Rezultatele evaluării senzoriale confirmă că sulfatul de dimetil exercită un efect de reglare asupra caracterului fructat în profilul aromatic al vinurilor Fetească Neagră.

Terpinolena, deși este prezentă în anumite vinuri roșii, rareori a fost raportată la niveluri care să depășească pragul senzorial; totuși, aceste concluzii pot fi influențate de metodele diferite de detecție. În general, se consideră că terpinolena conferă arome de rășină de pin, însă în figura 4.4 nu apare acest descriptor. Cu toate acestea, din tabelul inițial de evaluare senzorială reiese că, în afară de vinurile din parcelele Speia și Cuza, toți degustătorii au menționat o nuanță „cedru”, care ar putea fi asociată tocmai cu terpinolena.

În ceea ce privește octanalul, o aldehydă saturată tipică asociată cu note citrice și cerate, acesta are un prag senzorial relativ scăzut (~25 μg/L), devenind astfel un contribuitor semnificativ la aroma vinului [219]. În cadrul prezentului studiu, valorile OAV pentru octanal au variat între 1,37 și 2,43, în funcție de areal, vinurile din parcelă Mircești atingând cea mai mare valoare (2,43). Această concentrație ridicată sugerează note mai evidente de citrice și ceară în vinurile din parcelă Mircești, iar la evaluarea senzorială s-a consemnat că unii degustători au remarcat un caracter distinct („protocol”) în acest eșantion, confirmând aportul octanalului la conturarea profilului aromatic.

În plus, se știe că octanalul interacționează cu alți compuși volatili, precum esterii (hexanoat de etil și octanoat de etil) și alcoolii (alcoolul izoamilic). Aceste interacțiuni pot spori complexitatea aromatică globală și pot influența echilibrul senzorial. Mai mult, octanalul poate contribui la mascarea anumitor arome nedorite, precum notele oxidative cauzate de concentrații ridicate de acetaldehydă[220], care nu au fost detectate în acest studiu.

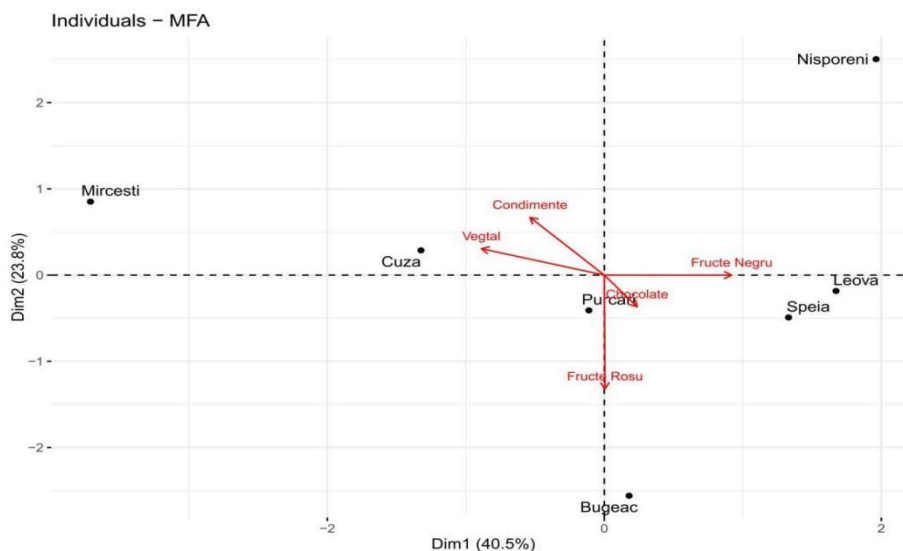


Figura 4.4. Analiza factorială multiplă a corelațiilor dintre descriptorii senzoriali a vinurilor roșii seci Fetească Neagră din șapte parcele.

După cum se arată în figura 4.4, rezultatele analizei multifactoriale (MFA) evidențiază diferențe semnificative în profilul senzorial al probelor provenite din cele șapte parcele. Primele

două dimensiuni principale (Dim1 și Dim2) explică împreună 64,3 % din varianța totală, cu o contribuție de 40,5 % pentru Dim1 și 23,8 % pentru Dim2. Distribuția spațială a eșantioanelor în planul MFA reflectă clar tendințele de diferențiere senzorială între regiunile viticole analizate.

Vinurile din parcelă Nisporeni se situează în extremitatea primului cadran, aliniindu se strâns cu vectorul descriptorului „fructe negre”, ceea ce indică o expresie aromatică pronunțată de fructe negre. Vinurile din parcelele Leova și Speia se află, de asemenea, în partea dreaptă a graficului, în apropierea descriptorilor „fructe negre” și „ciocolată”, sugerând un profil senzorial dominat de fructe coapte și note de cacao.

În contrast, vinurile din parcelă Bugeac apar în zona inferioară a graficului, aproape de vectorul „fructe roșii”, ceea ce reflectă un stil aromatic mai proaspăt, bazat pe fructe roșii de pădure. Vinurile din parcelă Cuza sunt orientate către vectorii „condimente” și „vegetal”, sugerând o tendință senzorială spre note vegetale sau condimentate.

Vinurile din parcelă Purcari sunt situate în zona centrală a graficului, ușor orientate către „fructe roșii” și „ciocolată”, exprimând un stil senzorial echilibrat și complex. În schimb, vinurile din parcelă Mircești sunt localizate în cadranul stânga sus, formând un unghi mare față de toți vectorii descriptivi, ceea ce indică un profil senzorial distinct, semnificativ diferit față de celelalte regiuni, fiind interpretat ca un eșantion cu identitate aromatică aparte sau cu un stil independent.

4.1.4 Analiza proprietăților fizico-chimice și a conținutului de acizi organici în vinurile roșii seci din Fetească Neagră

Determinarea proprietăților fizico-chimice ale vinurilor roșii seci din Fetească Neagră a avut ca scop evaluarea echilibrului tehnologic și a particularităților compoziționale generate de terroir. Parametrii analizați tăria alcoolică, aciditatea totală și volatila, pH-ul, extractul sec nereducător și conținutul de acizi organici, constituie indicatori esențiali pentru definirea stilului vinului și pentru înțelegerea relației dintre condițiile pedoclimatice și expresia finală a vinului.

Diferențe semnificative ($p < 0.05$) au fost detectate între parcele pentru majoritatea parametrilor fizico-chimici (tabelul 4.4). Vinurile din parcelă Cuza au prezentat cel mai ridicat conținut de alcool (14.38 ± 0.08 %), în timp ce vinurile din parcelă Mircești au înregistrat cel mai scăzut (12.68 ± 0.14 %). Aciditatea volatilă a variat de la un maxim de 0.68 ± 0.03 g/L în vinurile din parcelă Bugeac până la un minim de 0.52 ± 0.02 g/L în vinurile din parcelă Leova. Concentrația de extract sec a fost, de asemenea, cea mai mare în vinurile din parcelă Cuza (31.09 ± 0.27 g/L), sugerând un corp potențial mai plin. Aceste constatări evidențiază influența semnificativă a originii viei asupra compoziției chimice de bază a vinurilor.

Este de remarcă că parcelă Cuza este amplasat la cea mai mică altitudine (70,5 m deasupra nivelului mării), în timp ce parcelă Mircești este situată la cea mai mare altitudine (304,1 m). Diferențele observate în nivelurile de alcool și extract între aceste două vii sugerează un posibil efect al altitudinii, unde altitudinile mai mari pot limita acumularea de zahăr și concentrația compușilor extractivi din cauza aportului termic redus și a maturării mai lente. Observații similare au fost raportate într-un studiu comparativ al viilor din Argentina, Spania și Portugalia, unde o vie situată la altitudine mare în Argentina (2400 m) a produs vinuri cu un conținut semnificativ mai mic de alcool, dar cu profiluri volatile mai concentrate, comparativ cu regiunile situate la altitudini mai joase.

Tabelul 4.4. Parametrii fizico-chimici ai vinurilor roșii seci din soiul Fetească Neagră, obținute din diferite parcele ale Republicii Moldova.

Nr.	Parcelă	Concentrația alcoolilor%, vol.	Concentrația în masă a (g/dm ³)			pH	Concentrația în masă a extractul sec nereducător, g/dm ³
			zahărului rezidual,	aciditatea totali,	aciditatea volatili		
1.	Mircești	12.68±0.14c	2.04±0.05c	6.06±0.11d	0.57±0.02bcd	3.99±0.02a	27.57±0.43b
2.	Nisporeni	14.03±0.14b	2.43±0.10ab	5.66±0.08e	0.59±0.02bc	3.87±0.02b	26.32±0.25c
3.	Speia	14.35±0.07ab	2.28±0.14abc	6.22±0.11c	0.51±0.03d	3.84±0.02bc	25.79±0.19c
4.	Cuza	14.38±0.08a	2.17±0.08bc	5.48±0.14e	0.60±0.02b	4.01±0.03a	31.09±0.27a
5.	Leova	12.97±0.12c	2.20±0.10abc	7.10±0.11a	0.52±0.02cd	3.75±0.03d	27.87±0.44b
6.	Bugeac	12.86±0.12c	2.50±0.20a	6.58±0.08b	0.68±0.03a	3.79±0.02cd	25.58±0.29c
7.	Purcari	14.03±0.14b	2.11±0.08bc	6.47±0.14bc	0.53±0.04cd	3.74±0.03d	26.28±0.47c

Diferențe semnificative ($p < 0,05$) au fost observate în concentrațiile a cinci acizi organici de vinuri între cele șapte parcele (tabelul 4.5). Conținutul de acid malic a variat de la $0,18 \pm 0,02$ g/L (vinurile din parcelă Purcari) până la $0,74 \pm 0,01$ g/L (vinurile din parcelă Mircești). Acidul lactic a variat între $1,18 \pm 0,03$ g/L (vinurile din parcelă Leova) și $1,80 \pm 0,05$ g/L (vinurile din parcelă Mircești). Nivelurile de acid succinic au fost cele mai scăzute în vinurile din parcelă Mircești ($0,62 \pm 0,02$ g/L) și cele mai ridicate în vinurile din parcelă Cuza ($0,87 \pm 0,04$ g/L).

Concentrațiile de acid citric au variat între $0,12 \pm 0,01$ g/L (vinuri din parcelă Purcari) și $0,27 \pm 0,01$ g/L (vinuri din parcelă Cuza). Conținutul de acid tartric a fost cel mai ridicat în vinuri din parcelă Bugeac ($5,02 \pm 0,16$ g/L) și cel mai scăzut în vinuri din parcelă Mircești ($3,36 \pm 0,12$

g/L).

Este interesant de remarcat că parcela Mircești, situată la cea mai mare altitudine dintre toate parcelele (304,1 m), a înregistrat cele mai ridicate niveluri atât de acid malic, cât și de acid lactic. Această tendință sugerează că parcelele amplasate la altitudine, cu condiții de creștere mai răcoroase și maturare întârziată, pot favoriza retenția acidului malic și conversia malolactică.

Tabelul 4.5. Concentrația în masă a acizilor organici în vinurile roșii seci din soiul Fetească Neagră, provenite din cele șapte parcele.

Nr.	Parcelă	Concentrația în masă a aciditatea, g/dm ³				
		Malic	Lactic	Succinic	Citric	Tartric
1.	Mircești	0.74±0.01a	1.80±0.05a	0.62±0.02c	0.16±0.02c	3.36±0.12e
2.	Nisporeni	0.60±0.01b	1.28±0.06c	0.83±0.02ab	0.16±0.01c	3.55±0.08de
3.	Speia	0.37±0.02d	1.32±0.07bc	0.84±0.02ab	0.21±0.01b	4.63±0.15b
4.	Cuza	0.22±0.01e	1.48±0.06b	0.87±0.04a	0.27±0.01a	3.79±0.09cd
5.	Leova	0.41±0.01c	1.18±0.03c	0.78±0.03b	0.21±0.01b	4.13±0.08c
6.	Bugeac	0.35±0.02d	1.20±0.09c	0.76±0.02b	0.14±0.01cd	5.02±0.16a
7.	Purcari	0.18±0.02f	1.44±0.06b	0.80±0.04ab	0.12±0.01d	5.00±0.17a

Efecte similare ale altitudinii și temperaturii asupra profilului acizilor organici au fost raportate și în studii anterioare, unde parcelele situate la altitudini mari au produs vinuri cu aciditate totală și concentrații mai mari de acid lactic, datorită maturării mai lente și degradării respiratorii reduse a acizilor pe parcursul maturării.

4.2 Influența factorilor de terroir asupra compoziției și expresiei compușilor organici volatili din vinurile Fetească Neagră

În figura 4.5 sunt prezentate coeficienții de corelație Spearman semnificativi din punct de vedere statistic ($p < 0,05$), relațiile care nu au atins pragul de semnificație nu sunt afișate. Per ansamblu, s-au evidențiat corelații semnificative între diferiți factori climatici, edafici (solului), topografici, pe de o parte, și compuși volatili cheie, pe de alta parte.

Panta amplasării viei a prezentat corelații negative semnificative cu mai mulți compuși volatili, inclusiv butan-1-ol, pentanal, acetat de propil, propanoat de etil, acetat de etil și sulfat de dimetil, sugerând că viile situate pe pante mai joase favorizează acumularea acestor compuși.

De asemenea, latitudinea a corelat negativ cu un set similar de compuși organici volatili, precum acid acetic, butan-1-ol, pentanal, acetat de propil, acetat de etil și sulfat de dimetil, confirmând astfel influența poziționării geografice asupra distribuției compușilor organici volatili din vin.

Dintre variabilele climatice, coeficientul hidrotermic (HTC) a prezentat o corelație pozitivă cu (E)-hex-2-en-1-ol, dar negativă cu hexan-1-ol, 3-metilbutan-1-ol, 2-metilpropanol-1, 1-propanol și acetat de metil.

Indicele temperaturilor nocturne (CI) a fost pozitiv corelat cu butan-1-ol, pentanal, acetat de propil și propanoat de etil, indicând că temperaturile mai scăzute pe timp de noapte favorizează formarea acestor compuși volatili.

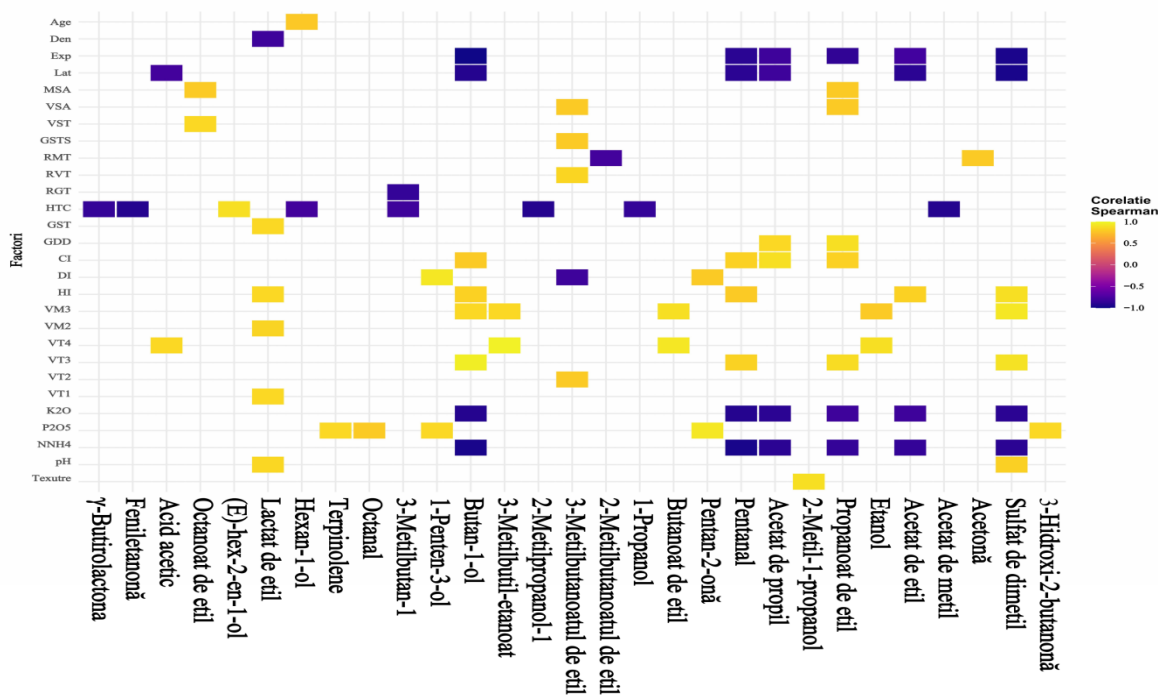


Figura 4.5. Corelațiile Spearman dintre factorii de terroir și compușii organici volatili (COV) identificați în vinurile roșii sec Fetească Neagră ($p < 0,05$).

Indicele de secetă (DI) a fost corelat pozitiv cu 1-penten-3-ol și pentan-2-onă, dar negativ corelat cu acetat de 3-metilbutanoatul de etil. Indicele Huglin (HI) a arătat corelații pozitive cu lactat de etil, butan-1-ol, pentanal, acetat de etil și sulfat de dimetil.

Amplitudinea medie zilnică a temperaturii în perioada de maturare (VM3) s-a corelat pozitiv cu butan-1-ol, 3-metilbutil-etanoat, butanoat de etil, etanol și sulfat de dimetil, în timp ce amplitudinea medie zilnică în perioada de pârgă (VT4) a fost negativ corelată cu acidul acetic, 3-metilbutil-etanoat, butanoat de etil și etanol.

Indicele de temperaturi extreme în perioada de pârgă (VT3) adică numărul de zile cu temperaturi maxime ce depășesc 35 °C, a prezentat corelații negative semnificative cu butan-1-ol, pentanal, 2-metilpropanol-1 și sulfat de dimetil.

În ceea ce privește proprietățile solului, conținutul de K_2O și NH_4^+ a corelat negativ cu butan-1-ol, pentanal, propanoat de propil, acetat de propil, acetat de etil și sulfat de dimetil. În timp ce pH-ul solului s-a corelat pozitiv cu lactat de etil și sulfat de dimetil.

4.3 Concluzii la capitolul 4

Capitolul 4 abordează ipoteza principală a cercetării prin analiza profilurilor compușilor organici volatili (COV) și a proprietăților fizico-chimice ale vinurilor Fetească Neagră provenite din diferite parcele ale Republicii Moldova. Prin aplicarea metodelor analitice avansate, studiul urmărește identificarea variațiilor vinurilor regionale și a caracteristicilor aromatice specifice fiecărui terroir. În același timp, sunt evaluate corelațiile statistice dintre factorii naturali ai terroirului și compoziția aromatică a vinurilor, utilizând metode multivariate (PCA, HCA, MFA) pentru a evidenția modul în care 19 factori pedoclimatici influențează expresia senzorială a soiului.

Cercetarea contribuie, de asemenea, la formularea unei direcții de vinificație adaptate terroirului și preferințelor pieței chineze, vizând dezvoltarea unui stil distinct de vin roșu bazat pe potențialul aromatic al soiului Fetească Neagră.

Capitolul prezintă analiza vinurilor obținute din Fetească Neagră cultivate în șapte parcele reprezentative ale Republicii Moldova. Prin utilizarea tehnicii GC-IMS, a valorilor de activitate olfactivă (OAV) și a evaluării senzoriale, au fost evidențiate diferențele interzonale în compoziția compușilor organici volatili și în percepția aromatică. Rezultatele arată că substanțele aromatice dominante includ, în principal alcoolii C6, esterii etilici, aldehide și terpene, a căror expresie este controlată de o combinație complexă de factori de terroir: altitudine, acumulare termică, temperaturi nocturne și conținut nutritiv al solului.

Dintre cele șapte parcele studiate, vinurile Fetească Neagră din parcelă Mircești s-au remarcat printr-o structură aromatică elegantă, răcoroasă și cu aciditate ridicată, dominată de note erbacee și florale (precum *(E)-hex-2-en-1-ol* și *terpinolenă*). În contrast, vinurile din parcele Cuza și Purcari au prezentat un profil mai matur, caracterizat prin tărie alcoolică ridicată, corp pronunțat și complexitate aromatică amplă, aspecte asociate cu un indice Huglin foarte înalt ($HI > 2600$ °C) și un indice de secetă negativ ($DI < 0$).

Corelând analiza senzorială cu distribuția compușilor organici volatili, cercetarea a conturat traiectorii distincte de expresie aromatică pentru fiecare podgorie, oferind totodată recomandări tehnologice specifice pentru vinificare diferențiată. Ținând cont de preferințele consumatorilor chinezi pentru vinurile roșii seci, caracterizate prin fructuozitate intensă, gust catifelat, taninuri rotunde și arome recognoscibile, precum și de tendința recentă de creștere a exigenței gustative, corelată cu un interes redus pentru anul, acest studiu propune direcții de dezvoltare adaptate fiecărei parcele moldovenești pentru piața chineză, sintetizate în tabelul 4.6.

Tabelul 4.6. Corelarea expresiei senzoriale, a compușilor organici volatili dominanți și a strategiilor de vinificare recomandate pentru vinurile roșii seci Fetească Neagră din principalele parcele ale Republicii Moldova.

Nr.	Parcelă	Sumar al caracteristicilor senzoriale	Principalii VOC dominanți	Stiluri de vin recomandate pentru dezvoltare	Direcție de vinificare
1.	Mircești	Arome florale pronunțate, aciditate ridicată, prospețime fructată, note de iarbă verde	(E)-hex-2-en-1-ol, Hexan-1-ol, terpinolenă, propanal	Vin roșu sec lejer sau spumant roșu, dominat de arome fructate/florale	Fermentație la temperatură joasă, macerație scurtă, presare ușoară, păstrarea aromelor erbacee și fructate
2.	Nisporeni	Echilibru, arome dulci de fructe roșii, profil senzorial catifelat	etilat octanoat, etilat propanoat, acetat de etil	Vin roșu tânăr sau vin roșu semisec cu profil fructată	Fermentație la temperatură medie, FML parțială, macerație moderată
3.	Speia	Arome fructate bogate, structură compactă, ușoare note de prăjire	Conținut ridicat de esteri, subproduse fermentative bogate în alcooli superiori	Vin roșu sec fructat, rotund, sau cu ușoară maturare în baric	Fermentație la temperatură rece combinată cu FML, maturare moderată în baric
4.	Cuza	Alcool ridicat, structură puternică, note de nuci și condimente	γ -butirolactonă, acetofenonă, acid succinic	Vin roșu de structură, potrivit pentru învechire	Macerare scurtă la temperatură ridicată, control strict al randamentului, maturare predominantă în baric
5.	Bugeac	Fructe negre, condimente, corp pronunțat	3-Metilbutan-1-ol, terpinolenă, Octanal	Vin roșu intens aromatic din recoltă târzie sau vin sec maturat cu microoxigenare	Recoltare întârziată, maturare cu microoxigenare, baric moderat
6.	Leova	Arome de fructe roșii bine integrate cu note de vanilie și lactate, gust echilibrat	etilat lactat, Butan-1-ol, pentanal	Vin roșu sec modern, cu arome fructate și structură catifelată	Fermentație la temperatură medie, maturare parțială în inox
7.	Purcari	Alcool ridicat, arome complexe, ușoare note minerale	Esteri, octanal, acetofenonă, sulfat de dimetil	Fetească Neagră de top, destinată învechirii	Selecție parcelara a strugurilor, macerări îndelungate, fermentare în vase de lut + maturare în budane, poziționare premium

Prin analiza integrată a compoziției chimice aromatice, a evaluării senzoriale și a factorilor de terroir, acest studiu a aprofundat mecanismele de expresie regională ale soiului Fetească Neagră, demonstrând influența determinantă a condițiilor pedoclimatice asupra profilului volatil și asupra identității senzoriale a vinurilor. Rezultatele obținute constituie o bază științifică solidă pentru poziționarea diferențiată și dezvoltarea direcționată a vinurilor moldovenești pe piața internațională, în special pe cea chineză.

Recomandările privind stilurile de vinificație propuse în cadrul acestui capitol nu se limitează la datele chimice și senzoriale, ci integrează și logica de omologare internațională a terroirurilor, detaliată în Capitolul III. Astfel, caracterul răcoros și echilibrul acid al regiunii Mircești sunt comparabile cu terroirul Burgenland (Austria), climatul cald și uscat al regiunii Cuza este similar cu cel din Riverland (Australia), iar profilul concentrat, cu alcool ridicat și resurse nutritive reduse, al regiunii Purcari prezintă analogii cu Ribera del Duero (Spania).

Această corelare sistematică între terroir, compoziția chimică, percepția senzorială și stilul de vinificație reprezintă un model aplicabil nu doar pentru consolidarea identității vinurilor Fetească Neagră, ci și pentru promovarea unei strategii de exprimare internațională a vinurilor moldovenești, bazată pe evidențe științifice și pe valorizarea specificității regionale.

5. VALORIFICAREA PRACTICĂ A REZULTATELOR CERCETĂRII: APLICAȚII TEHNOLOGICE ÎN VINIFICAȚIA SOIULUI FETEASCĂ NEAGRĂ

Rezultatele obținute în cadrul cercetării au fost valorificate prin aplicare directă în două contexte tehnologice distincte, având drept scop validarea ipotezelor privind influența terroirului asupra compoziției chimice și expresiei senzoriale a vinurilor Fetească Neagră.

Prima direcție de valorificare a constat în producerea vinurilor iconice din seria „Academia Fetească Neagră” în cadrul Vinăriei Purcari, destinate pieței asiatice, în special celei chineze. Acest proiect a urmărit integrarea datelor privind potențialul aromatic și compoziția volatilă a soiului Fetească Neagră în procesele tehnologice de vinificație controlată, cu accent pe extragerea optimă a compușilor organici volatili și fenolici, gestionarea macerației și maturarea diferențiată în vase de lut și stejar.

A doua direcție de aplicare a constat în elaborarea unui vin destinat consumului rapid („ușor de băut”) în cadrul Vinăriei Didactice a Școlii Profesionale din Leova, destinat piețelor Americii de Nord (USA-Canada) utilizând același soi și aceleași loturi de struguri. Scopul acestei activități a fost dezvoltarea unei tehnologii simplificate, reproductibile și adaptabile pentru producerea vinurilor tinere, fructate și echilibrate, destinate formării profesionale și instruirii practice a viitorilor vinificatori.

Cele două aplicații reprezintă două modele complementare de valorificare a rezultatelor cercetării:

- Modelul „Purcari - Academia, Fetească Neagră”, orientat spre vinuri de terroir cu structură complexă, destinate segmentului iconic;
- Modelul „Leova - Vin destinat consumului rapid cu intervenții minimale”, axat pe vinuri accesibile, proaspete și ușor de consumat, orientate către educație și formare tehnologică și tineri consumatori.

Ambele direcții au avut la bază datele generate în capitolele anterioare privind profilul aromatic regional, parametrii pedoclimatici și compoziția chimică volatilă, fiind aplicate în chema tehnologică, pentru a demonstra transferul direct de cunoștințe din cercetare în practică.

Prin aceste activități de valorificare, s-a urmărit:

- verificarea aplicabilității practice a corelațiilor stabilite între terroir, compușii volatili și expresia aromatică;
- adaptarea chemei tehnologice la condițiile specifice fiecărei parcele;

- dezvoltarea unor stiluri de vin coerente cu preferințele pieței-țintă (în special piața chineză, caracterizată prin preferință pentru vinuri roșii rotunde, fructate și cu taninuri moi);
- consolidarea transferului tehnologic și educațional între cercetarea aplicată și formarea profesională în domeniul vitivinicol.

5.1. Aplicarea rezultatelor în cadrul Vinăriei Purcari - Seria „Academia Fetească Neagră”

Implementarea rezultatelor cercetării în cadrul Vinăriei Purcari a avut ca scop valorificarea potențialului pedologic și oenologic al soiului Fetească Neagră prin crearea unui vin de terroir de înaltă expresie, destinat piețelor premium, în special celei chineze. Seria „Academia” reprezintă linia de vinuri iconice a cramei, concepută pentru a reflecta identitatea terroirurilor din sud-estul Republicii Moldova printr-o vinificație diferențiată, bazată pe cunoaștere științifică.

Selecția parcelelor și monitorizarea coacerii

Pe baza rezultatelor cartografierii pedologice și a analizei comparative a unităților de sol, au fost identificate parcelele cu cel mai mare potențial pedologic și oenologic pentru soiul Fetească Neagră (figura 5.1). Strugurii au fost selectați din parcelele de referință Purcari, caracterizate prin acumulare termică ridicată ($HI > 2500^{\circ}\text{C}$) și soluri cernoziom carbonatic, luto-argiloase cu drenaj moderat. Evoluția coacerii strugurilor a fost monitorizată periodic, pe mai multe parcele cu tipuri diferite de sol (cernoziom levigat, cernoziom carbonatic, luto-argilos), pentru a determina momentul optim de recoltare. Recoltarea s-a efectuat manual, în a doua decadă a lunii septembrie, la o maturitate tehnologică optimă (23,5 - 24,5 °Brix, aciditate totală 5,5-6,0 g/L, pH 3,6-3,7).

Recoltare și recepție

Recoltarea a fost efectuată manual, parcelă cu parcelă, în orele dimineții, pentru a evita supraîncălzirea boabelor. După cules, strugurii au fost răciți în camere frigorifice timp de 12 ore la o temperatură controlată de 8 - 10 °C, pentru a reduce activitatea enzimatică și riscul de oxidare. La recepție, strugurii au fost triați riguros, eliminându-se ciorchinii verzi sau boabele neconforme.

Desciorchinarea strugurilor s-a efectuat fără zdrobirea boabelor, pentru a limita extracția taninurilor din semințe și pielețe în fazele inițiale. Mustuiala a fost inertizată în timpul zdrobirii protejată de oxidare prin adăugarea de dioxid de carbon solid (CO_2) și o sulfatare moderată de circa 20 mg/L SO_2 .

Fermentația alcoolică și managementul macerației

Fermentația alcoolică s-a realizat în amfore de lut TAVA, cu o capacitate de 800 - 1000L, ceea ce asigură o microoxigenare naturală și o stabilitate termică constantă. Procesul de fermentare s-a desfășurat la o temperatură de 28 °C, timp de 20 - 21 zile, sub atenta monitorizare a densității și temperaturii.

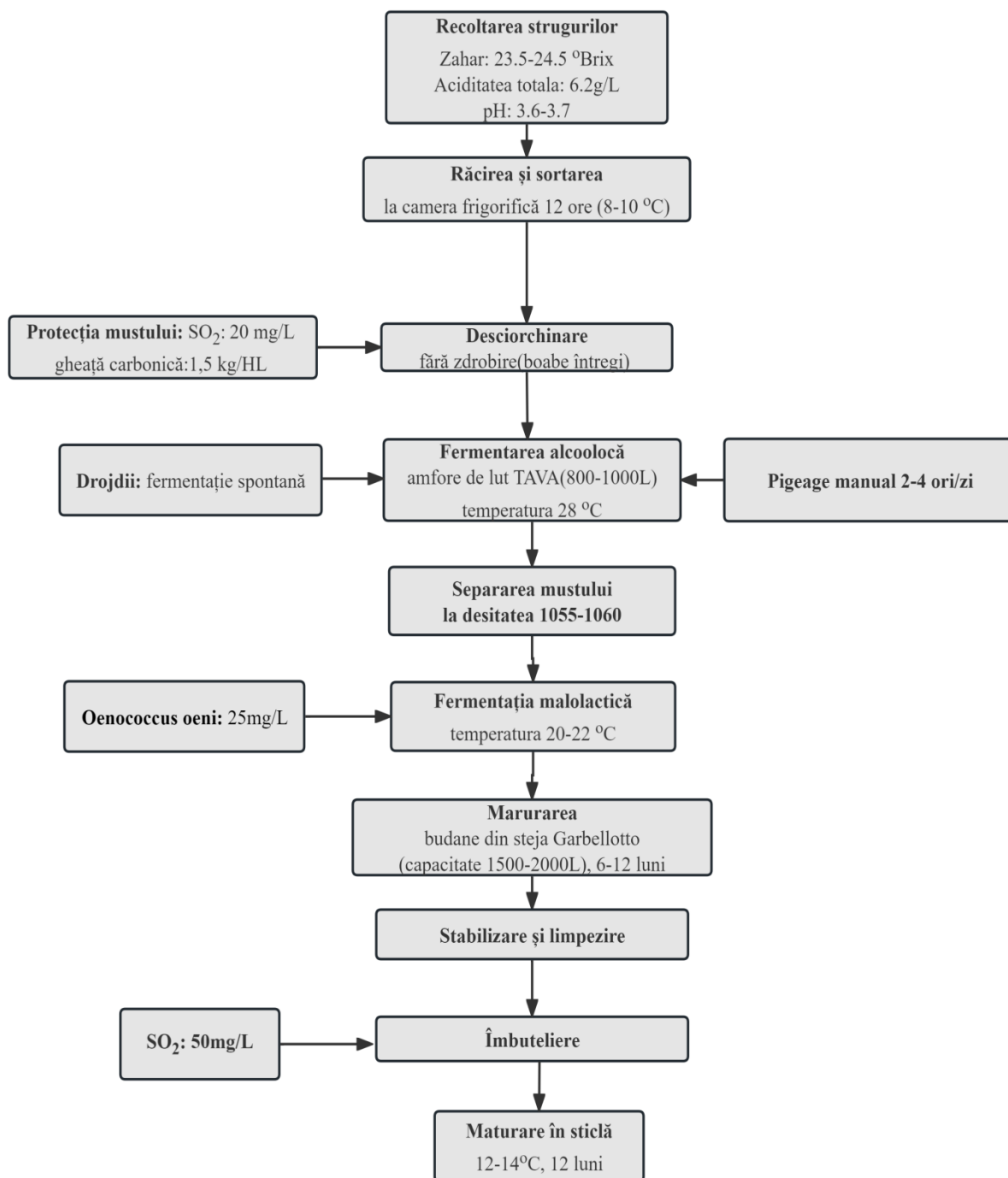


Figura 5.1. Schema de implementare a vinuri în cadrul Vinăriei Purcari-Seria „Academia Fetească Neagră”

Managementul „căciunii” a fost efectuat exclusiv prin scufundare manuală (pigeage) de 2 - 4 ori pe zi, fără remontare mecanică, pentru a păstra finețea compușilor fenolici și a obține o extracție lentă, echilibrată. După finalizarea fermentației alcoolice, presarea a fost realizată cu o presă mecanică de tip coș, care permite o extracție blândă, evitând eliberarea compușilor astringenți.

Fermentația malolactică și maturarea

Fermentația malolactică s-a desfășurat în continuare direct în amfore, la o temperatură constantă de 20 - 22 °C, permițând conversia completă a acidului malic și integrarea echilibrată a componentelor gustative. După tragerea de pe drojdii, vinul a fost transferat în budane de stejar Garbellotto (capacitate 1500 - 2000 L) pentru maturare pe o perioadă de 6 - 12 luni. Această etapă a permis stabilizarea structurii polifenolică și formarea compușilor lactonici și aldehidice care definesc complexitatea aromatică.

După maturare, vinul a fost îmbuteliat și supus unei maturări suplimentare în sticlă timp de 12 luni, pentru integrarea completă a aromelor și rotunjirea taninurilor.

Rezultatele analitice și profilul final al vinului

Vinul *Fetească Neagră Academia* prezintă următorii parametri medii:

Tabelul 5.1. Parametrii fizico-chimici ai vinului - Seria „Academia Fetească Neagră” din Vinăriei Purcari

Nr.	Indicii fizico-chimici	Valoare
1.	Concentrația alcoolică, % vol.	14,5 ± 0,1
2.	Aciditate totală, g/L	5,5 ± 0,1
3.	pH	3,72
4.	Extract sec nereducător, g/L	31,0 ± 0,4
5.	Zaharuri reziduale, g/L	< 2,5
6.	Nota organoleptică, puncte	95

Profilul aromatic este dominat de note de fructe negre (coacăze, prune uscate), nuanțe de ciocolată și condimente dulci, completate de accente balsamice fine. Analiza senzorială evidențiază un vin cu structură amplă, taninuri catifelate, echilibru gustativ și o bună intensitate aromatică. Finalul este lung și armonios, iar stilul general reflectă caracterul specific terroirului Purcari, cu un potențial foarte bun de învechire.

Concluzii tehnologice

Vinificarea seriei Fetească Neagră Academia demonstrează că terroirul poate fi transpus tehnologic prin selecție parcelară, control riguros al coacerii, fermentație în amfore și maturare în lemn de stejar de mare capacitate. Rezultatul este un vin cu o identitate aromatică clară, echilibru structural și o expresie elegantă a originii Purcari, adaptat cerințelor pieței premium asiatice.

Acest model de vinificare reprezintă o simbolică sinteză între tradiția meșteșugului oenologic și abordarea științifică modernă, oferind un exemplu concret de transfer al cunoașterii din cercetare în producția vitivinicolă de elită.

5.2. Aplicarea rezultatelor în cadrul Vinăriei Didactice Leova - vin destinat consumului rapid

A doua direcție de valorificare a rezultatelor cercetării a fost implementată în cadrul Vinăriei Didactice a Școlii Profesionale din Leova, având ca obiectiv producerea unui vin tânăr, proaspăt și consum rapid („facile à boire”), obținut din struguri același soi Fetească Neagră culeși de pe parcela experimentală din cadrul studiului. Scopul acestui demers a fost dublu: (i) validarea ipotezelor cercetării în condiții tehnologice simplificate și (ii) formarea competențelor practice ale elevilor în aplicarea metodelor moderne de vinificație orientate către calitate și expresia terroirului.

Selecția și prelucrarea strugurilor

Strugurii proveniți din parcela experimentală Leova, caracterizată prin climat cald-moderat ($HI \approx 2400^{\circ}\text{C}$, $HTC \approx 1,0$) și soluri de tip cernoziom cu drenaj bun, au fost recoltați manual la maturitate tehnologică deplină (23,0 °Brix; aciditate totală 6,2 g/L; pH 3,75). După recepție, masa de struguri a fost desciorchinați și zdrobită, (adaugă 20% ciorchini întregi + 80% must obținut din struguri desciorchinați și zdrobiți), se utilizează 1,5 kg/HL de gheață carbonică [221], urmată de sulfatare ușoară (20 mg/L SO_2) și transfer imediat în vase de fermentare de 300 dal din inox alimentară.

Fermentația alcoolică

Fermentația a fost condusă cu tulpina activă de levuri *Saccharomyces cerevisiae* (QA23), selecționată pentru producerea vinurilor roșii cu profil fructată. Temperatura de fermentare a fost menținută la 25 °C, iar durata totală a procesului fermentare - macerare a fost de 4 - 5 zile, cu două remontări ușoare zilnice. Separarea mustului în fermentare sa efectuat la densitatea de 1055 - 1060 g/cm³. În continuare mustul a fost fermentat la temperatură de +18...+20 °C. S-a urmărit păstrarea prospețimii și a notelor aromatice primare prin limitarea extracției fenolice și reducerea contactului mustuielii cu pielețele. Densitatea mustului a fost monitorizată zilnic, iar finalizarea fermentației a fost confirmată la 0,995 g/cm³ și prin determinarea zaharurilor reziduale a glucozei și fructozei.

Fermentația malolactică și stabilizarea

Fermentația malolactică a fost realizată parțial, timp de 8-10 zile, la temperatura de 19-20 °C, pentru a păstra o parte din aciditatea naturală și a conferi echilibru gustativ. După limpezirea naturală prin decantare gravitațională, vinul a fost stabilizat prin răcire și filtrare lentă cu plăci sterile (0,8 μm). Nu s-au aplicat tratamente cu bentonită sau cleiuri proteice, pentru a conserva intensitatea aromatică naturală.

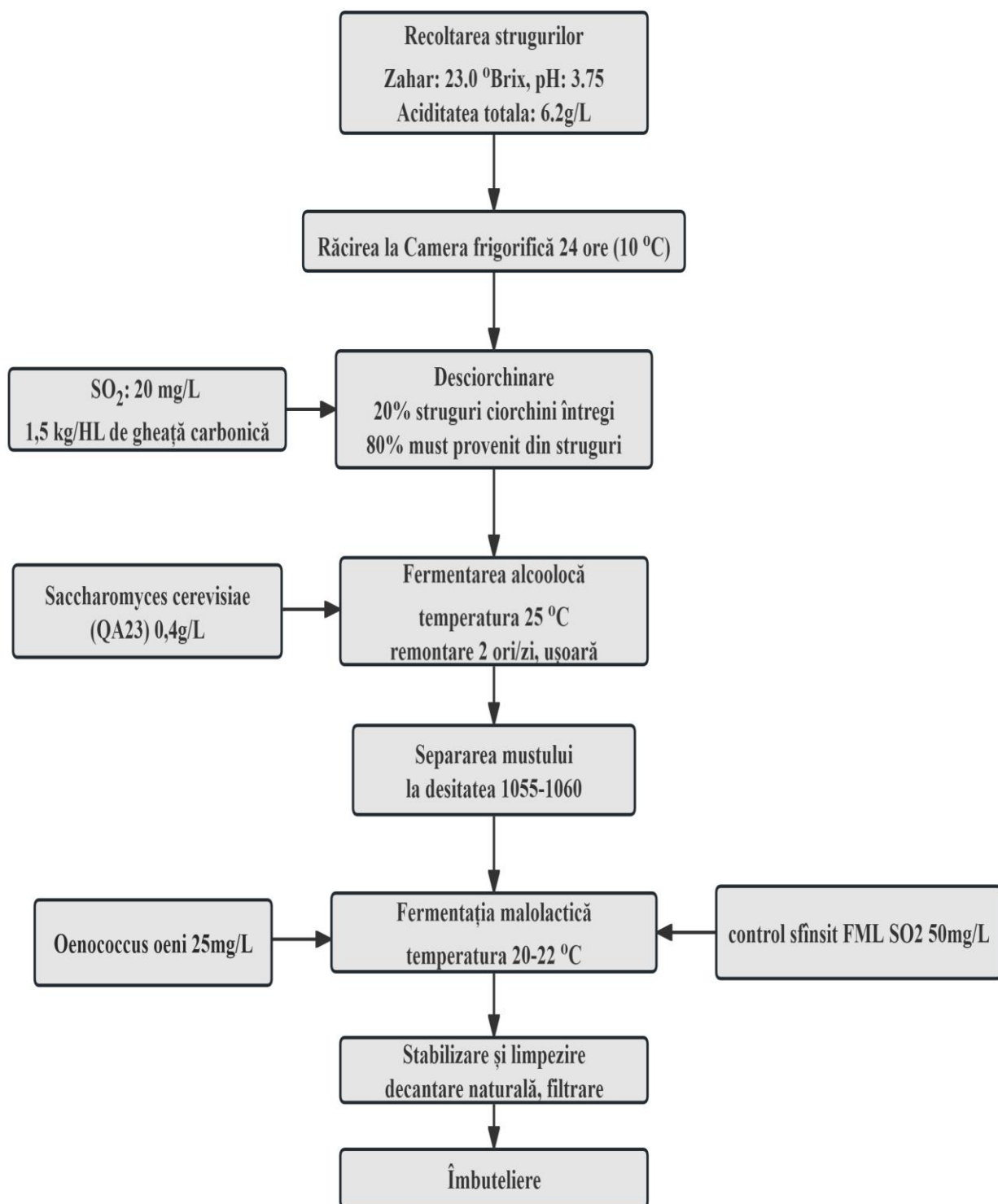


Figura 5.2. Schema de implementare a vinuri în cadrul Vinăriei didactice Leova - vin destinat consumului rapid.

Rezultatele fizico-chimice și profilul senzorial

Vinul obținut prezintă următorii parametri medii:

Tabelul 5.2. Parametrii fizico-chimici ai vinului destinat consumului rapid din Vinăriei Didactice Leova

Nr.	Indicii fizico-chimici	Valoare
1.	Concentrația alcoolică, % vol.	13,0 ± 0,2
2.	Aciditate totală, g/L	6,0 ± 0,1
3.	pH	3,62
4.	Extract sec nereducător, g/L	26,8 ± 0,3
5.	Zaharuri reziduale, g/L	< 3,0
6.	Nota organoleptică, puncte	86

Profilul aromatic/senzorial este dominat de note de fructe roșii (zmeură, vișină, coacăză) și nuanțe florale discrete, datorate prezenței compușilor hexanol, hexenal, etil-lactat și 3-metilbutil-acetat, identificați prin GC-IMS. Analiza senzorială a confirmat un gust echilibrat, catifelat, cu taninuri moi și o prospețime intensă, ceea ce îl face potrivit pentru consum imediat.

Vinurile obținute în cadrul vinificației experimentale de la Leova au prezentat o stabilitate fizico-chimică bună și un profil aromatic atractiv, ceea ce a permis școlii didactice Leova să le includă într-un lot pilot destinat exportului către Canada, prin intermediul monopolului de stat SAQ .

Această etapă a reprezentat nu doar o confirmare practică a calității vinului elaborat în condiții didactice, ci și o validare internațională a potențialului comercial al soiului Fetească Neagră, demonstrând aplicabilitatea cercetării în dezvoltarea de produse exportabile, conforme cu cerințele tehnice și senzoriale ale piețelor nord-americe.

Particularități didactice și de formare profesională

Activitatea de vinificare realizată în cadrul Vinăriei Didactice a avut un caracter didactic și experimental, implicând elevii în etapele-cheie ale procesului: recoltare, controlul fermentației, determinări fizico-chimice și degustare analitică.

Acest model de vinificare simplificată a permis transpunerea în practică a conceptului de vin de terroir într-un context educațional, demonstrând că și la scară mică pot fi obținute vinuri de calitate care exprimă identitatea regională a soiului Fetească Neagră.

Concluzii tehnologice

Procesul aplicat la vinăria didactică a școlii profesionale din Leova a demonstrat că, printr-o gestionare adecvată a fermentației la temperaturi moderate și a extracției limitate, se pot obține vinuri tinere, echilibrate, cu profil fructat și accesibil. Acest tip de vinificare oferă un model

reproductibil pentru micile crame și pentru instituțiile de formare profesională, contribuind la diseminarea rezultatelor cercetării și la formarea competențelor tehnologice necesare generației emergente de vinificatori.

5.3. Concluzii privind transferul tehnologic și relevanța aplicativă a rezultatelor

Rezultatele cercetării privind influența factorilor de terroir asupra compoziției chimice și senzoriale a vinurilor roșii sec Fetească Neagră au fost valorificate cu succes în două contexte tehnologice complementare, demonstrând fezabilitatea aplicării practice a cunoștințelor științifice și capacitatea de transfer al inovației oenologice din mediul de cercetare spre producție și educație.

Prin implementarea proceselor experimentale în cadrul vinăria Purcari (pentru seria de vinuri „Academia”) și în cadrul vinăria didactică a școlii profesionale din Leova, s-a realizat validarea practică a modelelor tehnologice diferențiate în funcție de terroir, confirmând că particularitățile pedoclimatice și compoziția aromatică pot fi traduse în decizii tehnologice concrete.

Valorificare industrială - modelul „Purcari - Academia”

Aplicarea rezultatelor științifice în contextul producției vinurilor premium a demonstrat că parametrii climatici și edafici pot orienta alegerea duratei de macerație, a temperaturii de fermentare și a tipului de maturare. Prin integrarea datelor GC-IMS și a indicatorilor bioclimatici, s-au definit trasee tehnologice optimizate care maximizează expresia compușilor organici volatili specifici terroirurilor calde din regiunile Cuza și Purcari.

Seria de vinuri „Academia” a devenit un exemplu de vin de terroir modern, în care cercetarea științifică este direct convertită în produs de piață.

Rezultatele au arătat că:

-selecția parcelelor viticole cu potențial agronomic și oenologic distinct (harta pedologica a parcelelor);

- stabilirea perioadei optime de recoltare a strugurilor de soiul Fetească Neagră;

- prin controlul curbei de fermentație (max. 28 °C, 10-12 zile) și maturare diferențiată în vase de lut (amfore) și de stejar de diferite dimensiuni, se obține o structură polifenolică stabilă și arome complexe;

- vinurile prezintă o semnătură aromatică distinctă, dominată de esterii etilici și lactone, confirmând aplicabilitatea conceptului de „aromatic fingerprint”;

- adaptarea tehnologică la specificul pieței chineze (profil rotund, fructată, taninuri moi) a permis integrarea rezultatelor cercetării într-un proces comercial strategic.

Această direcție demonstrează că terroirul poate deveni un instrument de marketing

științific fundamentat, iar vinurile obținute pot fi comunicate consumatorului printr-un limbaj bazat pe date obiective, nu doar pe percepții senzoriale.

Valorificare educațională și comercială - modelul „Leova - Vin cu intervenții minimale”

În cadrul vinăriei didactice din școlii profesionale Leova, aplicarea rezultatelor cercetării a permis elaborarea unui protocol tehnologic simplificat pentru obținerea unui vin tânăr, proaspăt și echilibrat, destinat consumului imediat și procesului de instruire profesională. Prin utilizarea fermentației controlate la 25 °C și a macerației scurte (4-5 zile), s-a reușit păstrarea unui profil aromatic dominat de fructe roșii, specific terroirurilor temperate.

Validarea vinului în cadrul exportului pilot către Canada, prin monopolul SAQ, constituie o confirmare externă a calității tehnologice și senzoriale. Această reușită a demonstrat că vinurile experimentale obținute în condiții didactice pot corespunde standardelor internaționale de calitate, reprezentând un exemplu de transfer educațional cu impact economic real.

Pe plan formativ, acest proces a contribuit la:

- instruirea practică a elevilor și tinerilor vinificatori în utilizarea tehnologiilor moderne de fermentație și analiză chimică;
- dezvoltarea competențelor privind interpretarea datelor senzoriale și corelarea acestora cu condițiile pedoclimatice;
- formarea unei culturi tehnologice bazate pe cercetare aplicată, care consolidează puntea dintre școală, industrie și mediul științific.

Impact și relevanță generală

Prin aceste două direcții de valorificare - industrială și educațională - s-a demonstrat că rezultatele cercetării pot fi transpuse eficient în procese de producție și instrumente pedagogice, fără pierderea relevanței științifice. Lucrarea confirmă că modelul soiului Fetească Neagră poate servi drept platformă pentru dezvoltarea unui concept de vinificare diferențiată bazat pe terroir, capabil să genereze:

- produse cu identitate aromatică recunoscută și trasabilitate completă;
- vinuri competitive pe piețele internaționale (China, Canada, UE);
- know-how transferabil altor soiuri autohtone și altor regiuni viticole.

Astfel, rezultatele practice ale cercetării depășesc sfera experimentală, contribuind la:

- modernizarea sectorului vitivinicol prin tehnologii bazate pe date științifice;
- consolidarea imaginii vinului moldovenesc ca produs cu origine demonstrabilă și expresie autentică;
- crearea unui cadru durabil de cooperare între cercetare, producție și educație.

5.4. Concluzii la capitolul 5

Capitolul 5 confirmă că terroirul poate fi nu doar studiat, ci și valorificat tehnologic, iar transferul rezultatelor cercetării către producători și instituții educaționale reprezintă un pas concret spre consolidarea robusteții științifice și economice a sectorului vitivinicol din Republica Moldova. Prin combinarea analizei științifice, a inovației tehnologice și a formării profesionale, studiul stabilește un model de vinificație integrată și responsabilă, capabilă să transforme potențialul natural al soiului Fetească Neagră într-un vector de competitivitate internațională.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI PRACTICE

Prezenta cercetare a avut ca obiectiv analiza sistematică a influenței condițiilor de terroir asupra compoziției compușilor organici volatili și a expresiei senzoriale în vinurile Fetească Neagră provenite din șapte parcele reprezentative ale Republicii Moldova. Prin integrarea analizelor GC-IMS, evaluărilor OAV și testărilor senzoriale, studiul a evidențiat clar diferențele interregionale în ceea ce privește structura aromatică, corpolența vinului și potențialul de poziționare stilistică pe piață. De asemenea, au fost identificați principalii factori pedoclimatici și nutriționali care controlează expresia aromatică a soiului.

1. Clasificarea climatică multicriterială ale parcelelor (subsecțiunea 3.2)

Analiza bioclimatică a permis clasificarea arealelor viticole studiate în patru tipuri majore: Mircești - regiune tipic răcoroasă ($HI \approx 2000$ °C, $GST \approx 17.5$ °C, $HTC > 2$), cu potențial excelent pentru păstrarea acidității și aromelor vegetale-florale;

Nisporeni și Leova - climat temperat-călduros ($HI = 2300 - 2500$ °C), cu variabilitate interanuală și oscilații pluviometrice;

Cuza și Bugeac - climat cald și arid ($HI > 2600$ °C, $DI < 0$), caracterizat de stres hidrotermic accentuat;

Purcari și Speia - climat cald-uscat, cu precipitații moderate și soluri cu fertilitate scăzută.

2. Cadru aromatic și calitate oenologică (subsecțiunea 4.1)

Analiza compușilor organici volatili și evaluarea senzorială au evidențiat o expresie aromatică diversă:

Mircești - profil floral-vegetal, aciditate ridicată, proaspăt;

Cuza - corpolență ridicată, esteri și lactone abundente;

Purcari - structură tananică densă, fructe negre și condimente;

Leova - proapețime și echilibru;

Bugeac - vinuri robuste, potrivite stilurilor gastronomice intense;

Speia - structură rotundă și aromă elegantă;

Nisporeni - catifelare și fructuozitate echilibrată.

3. Influența factorilor de terroir (subsecțiunea 4.2)

Rezultatele confirmă că expresia aromatică a Fetească Neagră este determinată de interacțiunea dintre:

- regimul hidro-termic și diferențele zi/noapte (determinante pentru sinteza esterilor fructatâ);

- structura solului și conținutul în microelemente (care reglează metabolismul levurilor);

- altitudinea și expunerea pantelor (care influențează maturarea polifenolică);
- echilibrul nutrițional al solului, în special raportul K_2O/NH_4^+ .

Această interdependență complexă a permis definirea unui model predictiv al expresiei aromatice regionale, cu aplicabilitate directă în viticultură și vinificație.

4. Recomandări stilistice și poziționare de piață (subsecțiunea 3.3)

Pentru fiecare podgorie s-au formulat direcții tehnologice și de marketing, adaptate profilului aromatic și tendințelor pieței chineze:

Mircești - vin floral și proaspăt, ideal pentru vinuri ușoare sau spumante roșii;

Nisporeni - vin „ready to drink”, fructată și moale, cu ușor rest de zahăr;

Speia - vin sec elegant, baricat moderat;

Cuza - vin emblematic de învechire, maturat în lemn;

Bugeac - vin sec intens, pentru gastronomie condimentată;

Leova - vin accesibil, prietenos, pentru publicul tânăr;

Purcari - vin de referință, de colecție, pentru segmentul premium HoReCa.

5. Concluzii științifice majore

1. Soiul Fetească Neagră exprimă o diversitate aromatică amplă, determinată de terroir (subsecțiunea 4.1.2).

2. Metodele GC-IMS și OAV au permis definirea unei amprente aromatice regionale (subsecțiunea 4.1.3).

3. Factorii climatici și edafici pot fi integrați în modele de gestionare a expresiei aromatice (subsecțiunea 4.2).

4. terroirul moldovenesc oferă un potențial comparabil cu regiuni consacrate precum Ribera del Duero, Villány sau Burgenland (subsecțiunea 3.2.4).

5. Cercetarea a validat experimental posibilitatea de transpunere tehnologică a rezultatelor științifice (subsecțiunea 5.1, 5.2).

6. Valoarea practică și transferul tehnologic

Cercetarea și-a demonstrat valoarea practică prin aplicarea directă a rezultatelor în două contexte complementare: producția vinurilor premium și formarea profesională.

a. Vinăria Purcari - Seria „Academia” (subsecțiunea 5.1)

Rezultatele studiului au fost implementate în procesul tehnologic al seriei Fetească Neagră Academia, unde:

- s-au selectat parcelele cu cernoziom carbonatic pentru maximizarea expresiei terroirului;
- s-a stabilit cu precizie momentul de recoltare prin monitorizarea coacerii;
- fermentația a fost realizată în amfore de lut TAVA, la 28 °C, timp de 20-21 zile, cu pigeage manual;

- vinul a fost maturat în budane Garbellotto 6-12 luni, urmat de 12 luni în sticlă.

Acest proces a condus la un vin cu identitate aromatică unică, taninuri fine și echilibru remarcabil, confirmând rolul științei terroirului în definirea vinurilor de elită.

Seria „Academia” a devenit un exemplu concret de transfer de cunoștințe din cercetare în producția comercială, demonstrând aplicabilitatea directă a ipotezelor tezei.

b. Vinăria Didactică Leova - vin „ready to drink” și „interventii minime” pentru SAQ (Canada) (subsecțiunea 5.2)

În mediul educațional, rezultatele au fost adaptate pentru producerea unui vin tânăr, proaspăt și echilibrat:

- fermentație la 20 - 22 °C cu macerație scurtă (4 - 5 zile).
- FML parțială pentru păstrarea acidității.
- filtrare lentă fără stabilizare agresivă.
- profil fructat, dominat de compuși de etil și 3-metilbutil-etanoat.

Vinul a fost validat prin includerea într-un lot pilot exportat către Canada (SAQ), confirmând fezabilitatea economică și internațională a cercetării.

Astfel, metodologia tezei a generat impact concret asupra formării profesionale, inovării și exportului vinurilor autohtone.

7. Impact și recomandări generale

1. Cercetarea oferă o metodologie replicabilă pentru alte soiuri autohtone (Rară Neagră, Fetească Albă).

2. Se recomandă integrarea analizei GC-IMS și OAV în controlul calității la nivel de cramă.

3. Extinderea parteneriatului între crame, școli profesionale și instituții de cercetare este esențială pentru diseminarea inovării.

4. Se sugerează crearea unei platforme naționale pentru vinurile de terroir, bazată pe trasabilitate și date pedoclimatice.

Lucrarea demonstrează că știința terroirului poate fi transformată în instrument tehnologic și economic, capabil să genereze vinuri cu identitate autentică, competitivitate internațională și valoare educațională. Prin sinergia dintre cercetare, producție și formare profesională, teza confirmă că soiul Fetească Neagră reprezintă un model de integrare a inovației în tradiție, iar Republica Moldova dispune de premise reale pentru afirmarea unei vinificații bazate pe cunoaștere și terroir.

BIBLIOGRAFIE

1. OIV. *State of the world vine and wine sector in 2024* [online]. Dijon, 2024. Disponibil:[https://www.oiv.int/sites/default/files/documents/OIV State of the World Vine-and-Wine-Sector-in-2024.pdf](https://www.oiv.int/sites/default/files/documents/OIV%20State%20of%20the%20World%20Vine-and-Wine-Sector-in-2024.pdf)
2. LIU, X., LU, J., ZHAN, Y. Studiu privind caracteristicile și preferințele consumatorilor de vinuri importate. In: *Sino-Overseas Grapevine & Wine*. 2014, nr.04, pp. 62-67. ISSN 1004-7360.
3. Centrul de promovare a vinurilor georgiene în China. ©2016-2025. Disponibil:<http://www.georgian-wine.cn/>
4. *Wineofmoldova*. Oficiul Național pentru Vie și Vin (ONVV), ©2024. Disponibil:<https://wineofmoldova.com/>
5. LI, J., LI, J. Studiu privind preferințele consumatorilor de vin pentru atributele produsului, pe baza analizei conjoint. In: *Sino-Overseas Grapevine & Wine*. 2024, nr. 05, pp.103-110. ISSN 1004-7360.
6. **WANG, F.**, YAO, M., ARPENTIN, G. Terroir of Fetească Neagră wines from Moldova. In: *BIO Web of Conferences*. 2023, vol. 78, pp. 05003. ISSN 2117-4458. Disponibil:https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/194701
7. CAMPO, R., REINOSO-CARVALHO, F., PIERFELICE, R. Wine experiences: A review from a multisensory perspective. In: *Applied Sciences*. 2021, vol.11, nr. 10, pp. 4488. ISSN 2076-3417.
8. GONZÁLEZ-BARREIRO, C., RIAL-OTERO, R., CANCHO-GRANDE, B., SIMAL-GÁNDARA, J. Wine aroma compounds in grapes: a critical review. In: *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015, vol. 55, nr.2, pp. 202-218. ISSN 1549-7852.
9. ALEM, H., RIGOU, P., SCHNEIDER, R., OJEDA, H., TORREGROSA, L. Impact of agronomic practices on grape aroma composition: a review. In: *Journal of the Society of Chemical Industry*. 2019, vol. 99, nr.3, pp. 975-985. ISSN 0368-4075.
10. ZHU, Y., SUN, M., HARRISON, R., JORDAN, B., CREAMY, G., HOFMANN, R. Effects of UV-B and water deficit on aroma precursors in grapes and flavor release during wine microvinification and consumption. In: *Foods*. 2022, vol. 11, nr. 9, pp. 1336. ISSN 2304-8158.
11. QUIROGA, M.J., OLEGO, M.Á., SÁNCHEZ-GARCÍA, M., MEDINA, J.E., VISCONTI, F., COQUE, J.J.R., GARZÓN JIMENO, J.E. Effects of liming on soil properties, leaf tissue cation composition and grape yield in a moderately acid vineyard soil. influence on must and wine quality. In: *OENO One*. 2017, vol. 51, nr. 4, pp. 343. ISSN 2494-1271.
12. Bedreag, I.C., Cioroiu, I.B., Niculaua, M., Suduc, A-G., Nechita, C.B., Zamfir, C.I., Scutarașu, E.C., Colibaba, L.C., Luchian, C.E., Cotea, V.V. Multiregional Characterization of White Wines Using Odor Activity Values, Aromatic Scores, and LDA Classification. In: *Beverages*. 2026, vol. 12, nr. 20, pp. 1-23. ISSN2306-5710.
13. Cu privire la delimitarea ariilor geografice vitivinicole pentru producerea vinurilor cu indicație geografică protejată. In: *Monitorul Oficial al Republica Moldova, Ministerul Agriculturii și Industriei Alimentare*, 2016, Nr. 32-37 art. 207.

14. *Focus oiv 2023 evolution of world wine production and consumption by colour*. OIV, 2024. Disponibil: https://www.oiv.int/sites/default/files/2024-01/OIV-FOCUS-2023_Evolution_of_the_world_wine_production_and_consumption_by_colour_0.pdf
15. World Wine Production Outlook, OIV First Estimates. 2024.11.29. Disponibil: https://www.oiv.int/sites/default/files/documents/OIV_2024_World_Wine_Production_Outlook1.pdf
16. JOHN, B. State of the global vine and wine sector,oiv press conference. 2025. Disponibil: https://www.oiv.int/sites/default/files/2025_04/OIV_State_of_the_World_Vine_and_Wine_Sector_in_2024_PPT.pdf
17. Ministerul Comerțului al Republicii Populare Chineze. Disponibil: <https://m.mofcom.gov.cn/>
18. Creșterea valorii importurilor de vin indică faptul că economia chinei își revine. 2025.02.28. Disponibil: <http://www.winechina.com>
19. ZHAO, Q., GAN, S. Analiza pe țări și tendințele de dezvoltare ale pieței chineze a vinurilor importate. In: *China Brewing*. 2020, vol. 39, nr. 10, pp. 216-220. ISSN 0254-5071.
20. Raportul 2022 privind performanța importurilor și exporturilor de vin ale chinei. Centrul de promovare a comerțului agricol din cadrul ministerului agriculturii și afacerilor rurale al chinei. 2022. Disponibil: <http://www.mczx.agri.cn/>
21. Departamentul de comerț al provinciei fujian din china. Disponibil: <https://swt.fujian.gov.cn/>
22. Vin Chilian. Disponibil: <https://www.winesofchile.org/>
23. Centrul de cercetare al forumului economic internațional hongqiao al institutului de economie mondială și politică din cadrul academiei chineze de științe sociale. *World Openness Report 2011*. Beijing: Editura Științelor Sociale din China, 2021. 190 p. ISBN 978-7-52039-261-7.
24. YAMENG Z., ZUJIA C., ZIYAN Z. Piața chineză devine cea mai mare oportunitate comercială pentru vinurile roșii georgiene. In: *Guizhou Daily*. 2024, 10 sep, p. 4.
25. Analiza performanței Sauvignon Blanc-ului din Noua Zeelandă pe piața chineză (2022-2024) și perspective de evoluție. Disponibil: <http://www.winechina.com/>
26. DENG, Y., ZHAO, M., JIA, L., LIANG, J., WANG, F., YAO, M., MITINA, I., ZHANG, J., FENG, H., ARPENTIN, G. Exogenous ATP functions in alleviating the decrease in quality of grape (*Vitis vinifera* L.) fruits after harvest. In: *Flavour and Fragrance Journal*, 2025, vol. 40, pp. 417-424. ISSN 0882-5734. Disponibil: <https://ibn.idsi.md/ro/vizualizarearticol/226518>
27. Raportul de insighturi pentru industria alimentelor și băuturilor 2024. Publicat în comun de Xiaohongshu (RED) și Ipsos. 2025. Disponibil: <https://www.ipsos.com>
28. WU, J. Interpretarea „comportamentului de consum” al vinului în rândul publicului larg din China . ProWine China. 2018.11.28. DecanterChina.com
29. Prezentarea regiunilor viticole. Disponibil: <https://www.decanterchina.com>
30. Raport statistic 2020-2024, Administrația generală a vămilor a republicii populare chineze. Disponibil: <http://gdfs.customs.gov.cn/>

31. REINHARDT, T., AMBROGIO, Y. Geographical indications and sustainable viticulture: empirical and theoretical perspectives. In: *Sustainability*. 2023, vol. 15, nr. 23, pp. 1-15. ISSN 2071-1050.
32. CRESCENZIA, R., DE FILIPPIS, F., GIUAC, M., VAQUERO-PIÑEIRO, C. Geographical Indications and local development: the strength of territorial embeddedness. In: *Regional Studies*. 2022, vol. 56, nr. 3, pp. 381-393. ISSN 0034-3404.
33. RIPPON, M.J. What is the geography of Geographical Indications? Place, production methods and Protected Food Names. In: *Area*. 2014, vol. 46, nr. 2, pp. 154-162. ISSN 0004-0894.
34. STEFANIS, C., GIORGI, E., TSELEMPONIS, G., VOIDAROU, C., SKOUFOS, I., TZORA, A., TSIGALOU, C., KOURKOUTAS, Y., CONSTANTINIDIS, T.C., BEZIRTZOGLU, E. Terroir in view of bibliometrics. In: *Stats*. 2023, vol. 6, nr. 4, pp. 956-979. ISSN 2571-905X.
35. GONZAGA, L.S., CAPONE, D.L., BASTIAN, S.E.P., JEFFERY, D.W. Defining wine typicity: sensory characterisation and consumer perspectives. In: *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2021, vol. 27, nr. 2, pp. 139-256. ISSN 1322-7130.
36. BONANNO, A., SEKINE, K., FEUER, H.N. *Geographical indication and global agri-food*. 1st ed. Abingdon: Taylor & Francis Group, 2020. 240 p. ISBN : 978-1-138-60047-8.
37. M.ARNÁIZ, M., B.RODRÍGUEZ, E., H.LUQUE, D. Multifunctional territorialized agri-food systems, geographical quality marks and agricultural landscapes: The case of vineyards. In: *Land*. 2022, vol. 11, nr. 4, pp. 1-28. ISSN 2073-445X.
38. WANG, F., YAO, M., BREAHA, E., ARPENTIN, G. Sensory evaluation of Fetească Neagră wine in Republic Moldova. În: *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 2022, vol. 24(1), 90-94. ISSN 2309-9305. Disponibil: [https://www.repository.utm.md/bitstream/handle/5014/28709/Journal-Magarach-Vinogradstvo-Vinodelie-p90 94.pdf?sequence =1 &isAllowed=y](https://www.repository.utm.md/bitstream/handle/5014/28709/Journal-Magarach-Vinogradstvo-Vinodelie-p90%2094.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
39. Studiu privind căile de îmbunătățire a protecției indicațiilor geografice, denumirilor de origine și specialităților tradiționale garantate în Republica Moldova. In: *AGEPI*. Chișinău, 2013. Disponibil: https://agepi.gov.md/sites/default/files/2017/01/Studiu_IG_SNPI.pdf.
40. Official Journal of the European Union. Decision no. 1/2015 of the EU-Republic of Moldova Geographical Indications Sub-Committee, 15 December 2015, adopting its Rules of Procedure [2016/43]. In: *Official Journal of the European Union*. 2015, vol. L 30/20. ISSN 1977-0677.
41. Conferința Națională a Filierei Vitivinicole, ONVV. 2022, Chisnau, Moldova.
42. STROE, M. *Ampelografie*. București: Editura Ceres, 2012. 333 p. ISBN 978-973-40-0943-5.
43. Vitis International Variety Catalogue (VIVC). Fetească Neagră-variety number 4120. In: *Vitis International Variety Catalogue*. Disponibil: <https://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=4120>.
44. WANG, F., YAO, M., ARPENTIN, G. Exploring the micro and macro terroir of Fetească Neagră wine from moldova. In: *Journal of Engineering Science*. 2024, vol. 31, nr. 1, pp. 97-111. ISSN 2587-3474. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/204369
45. CONSTANTINESCU, G., DUȘA, D., HEIZER, R., HEIZER, M., DOBREI, A., NISTOR, E., DOBREI, A. Fetească Neagră: a successful Romanian wine - tradition and future perspectives.

- In: *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*. 2024, vol. 28, nr. 2, pp. 309-317. ISSN 2066-1797.
46. BUCUR, G.M. *Viticultură*. București: Editura Ceres, 2012, 383 p. ISBN 978-973-40-0946 - 6.
 47. MÎȚU, A. Evidențierea unor fenotipuri ale soiului Fetească Neagră în Republica Moldova. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*. 2016, vol. 61, nr. 1, pp. 24-25. ISSN 1857-3142.
 48. TĂBARANU, G., TUDOR, M., ENACHE, V., CIUBUCĂ, A. Climatic factor influence on Fetească Neagră grape variety behavior under Dealu Bujoru vineyard conditions. In: *Annals of the University of Craiova Biology, Horticulture, Food Products Processing Technology, Environmental Engineering*. 2024, vol. 29, nr. 65, pp. 515-521. ISSN 1435-1275.
 49. DUMITRIU, G.D., COTEA, V.V., LÓPEZ DE LERMA, N., PEINADO, R.A., TEODOSIU, C., NICULAU, M. Characterization of 'Fetească Neagră' red wines aged with oak staves: major volatile compounds, aromatic series and sensory analysis. In: *Mitteilungen Klosterneuburg*. 2018, vol. 68, pp. 97-106. ISSN 0007-5922.
 50. ARTEM, V., ANTOCE, O.A., GEANĂ, E.I., IONETE, R.E. Study of the impact of vine cultivation technology on the Fetească Neagră wine phenolic composition and antioxidant properties. In: *Journal of Food Science and Technology*. 2022, vol. 59, nr. 5, pp. 1715-1726. ISSN 0022-1155.
 51. ANTOCE, O.A., NĂMOLOȘANU, I. The influence of terroir on the sensory profile of Fetească Neagră red wines. In: *Lucrări Științifice USAMVB, Seria B*. 2009, vol. LIII, pp. 528-533. ISSN 2285-5653.
 52. ANTOCE, O.A., NĂMOLOȘANU, I. Particularities of wines of the Romanian variety Fetească Neagră. In: *XXXth World Congress of Vine and Wine (OIV)*, 10-16 June 2007, Budapest, Hungary. Congress Proceedings, 2.1. Oenology, 2/06, 6 pages.
 53. ARSENI, A., NECULA, ., STURZA, R. Analiza compoziției vinurilor roșii seci din soiurile de struguri autohtoni Feteasca neagră și Rara neagră din diferite regiuni geografice ale Republicii Moldova. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, 27-29 martie 2024, Chișinău*. Chișinău, Republica Moldova: „Tehnica-UTM”, 2024, Vol.2, pp. 1047-1050. ISBN 978 9975-64-460-0..
 54. SCORBANOVA, E., TARAN, N., PONOMARIOVA, I., DEGTEARI, Natalia, RÎNDA, P., EFREMOV, E. Studiul compoziției antocienilor monomerici în vinurile roșii din soiurile de struguri autohtone și de selecție nouă prin metoda HPLC. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, 2023, nr. 1(89), pp. 58-62. ISSN 1857-3142.
 55. COVACI, E., CODREAN, A., BALANUȚĂ, A. Fetească Neagră wine quality influenced by terroir in different ecosystems from Republic of Moldova. In: *Modern Technologies in the Food Industry, Ed. 5, 20-22 octombrie 2022, Chișinău*. Chișinău, Republica Moldova: 2022, p. 78. ISBN 978-9975-45-851-1.
 56. ALEM, H., RIGOU, P., SCHNEIDER, R., OJEDA, H., TORREGROSA, L. Impact of agronomic practices on grape aroma composition: a review. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018, pp. 1-54. ISSN 0022-5142.

57. WANG, F. Phenology of the native species Fetească Neagră in Moldova under the background of climate change. In: *Smart Life Sciences and Technology for Sustainable Development, Ed. Ediția 13, 28 iunie 2023, Chișinău*. Chișinău: „Tehnica-UTM”, 2023, Ediția 13, p. 61. ISBN 978-9975-64-363-4. Disponibil: <https://ibn.idsi.md/ro/vizualizarearti ol/194054>.
58. JONES, G.V., WHITE, R.E. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. In: *American Journal of Enology and Viticulture*. 2000, vol. 51, nr. 3, pp.249-261. ISSN 0002-9254.
59. ALEXANDROV, E. Climate change: a necessity in the process of improvement and cultivation of the grapevine. In: *Romanian Journal of Horticulture*. 2024, vol. 5, pp. 149-156. ISSN 2734-8083.
60. KELLER, M. *The Science of Grapevines*. 3rd ed. Cambridge. MA: Elsevier Academic Press, 2020. 541p. ISBN 978-0-12-816365-8.
61. DESTRAC-IRVINE, A., GÉRARD, B., DE RESSEGUIER, L., DUFOURCQ, T., DELOIRE, V., GARCIA DE CORTÁZAR-ATAURI, I., OJEDA, H., SAURIN, N., VAN LEEUWEN, C., DUBOS, É. Measuring the phenology to more effectively manage the vineyard. In: *IVES Technical Reviews*. 2015, nr. 10, pp. 1-2. ISSN 2680-4905.
62. SONNEKUS, N. *Development and change that occurs in table grape berry composition during growth*: tz. de mast. în științe agricole. South Africa, 2015. 103 p.
63. POSSNER, D.R.E., KLIEWER, W.M. The localisation of acids, sugars, potassium and calcium in developing grape berries. In: *VITIS - Journal of Grapevine Research*. 2015, vol. 24, nr. 4, pp. 229-240. ISSN 0042-7500.
64. HERNANI, G., MANUELA, C., SERGE, D. *The Biochemistry of the Grape Berry*. UAE: Bentham Science Publishers. 2018, 304 p. ISBN 978-1-608055-401.
65. MICHELINI, S., TOMADA, S., KADISON, A.E., PICHLER, F., HINZ, F., ZEJFART, M., HAAS, F. Modeling malic acid dynamics to ensure quality, aroma and freshness of Pinot Blanc wines in South Tyrol (Italy). In: *OENO One*. 2021, vol. 55, nr. 2, pp. 159-179. ISSN 2494-1271.
66. CHEN, W., WANG, X., HU, S., GUO, W., MA, N., LIU, J., SUN, B., ZHANG, X. Research progress of tartaric acid stabilization on wine characteristics. In: *Food Chemistry: X*. 2024, vol. 23, pp. 1-13. ISSN 2590-1575.
67. ANLIN, R.L., HRMOVA, M., HARBERTSON, J.F., DOWNEY, M.O. Review: condensed tannin and grape cell wall interactions and their impact on tannin extractability into wine. In: *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2010, vol. 16, nr.1, pp. 173-188. ISSN 1322-7130.
68. BRAIDOT, E., ZANCANI, M., PETRUSSA, E., PERESSON, C., BERTOLINI, A., PATUI, S., MACRÌ, F. Transport and accumulation of flavonoids in grapevine (*Vitis vinifera* L.). In: *Plant Signaling & Behavior*. 2008, vol. 3, nr. 9, pp. 626-632. ISSN 1559-2324.
69. TEIXEIRA, A., EIRAS-DIAS, J., CASTELLARIN, S.D., GERÓS, H. Berry phenolics of grapevine under challenging environments. In: *International Journal of Molecular Sciences*. 2013, vol. 14, pp. 18711-18739. ISSN 1422-0067.

70. ORTEGA-REGULES, A., ROMERO-CASCALES, I., ROS GARCÍA, J.M., BAUTISTA-ORTÍN, A.B., LÓPEZ-ROCA, J.M., FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J.I., GÓMEZ-PLAZA, E. Anthocyanins and tannins in four grape varieties (*Vitis vinifera* L.): evolution of their content and extractability. In: *OENO One*. 2008, vol. 42, nr. 3, pp. 147-156. ISSN 2494-1271.
71. FIGUÉ, A., VIOLLEAU, F., GOSSET, M. Wine amino acids of four autochthonous grape varieties from Southwest France: influencing factors and role in taste perception. In: *OENO One*. 2025, vol. 59, nr. 1, pp. 1-14. ISSN 2494-1271.
72. ZHANG, Y., LI, X., GUO, X., WANG, N., GENG, K., LI, D., WANG, Z. Comparison of methoxypyrazine content and expression pattern of O-methyltransferase genes in grape berries and wines from six cultivars (*Vitis vinifera* L.) in the Eastern Foothill of the Helan Mountain. In: *Plants (Basel, Switzerland)*. 2022, vol. 11, nr. 12, pp. 1-16. ISSN 2223-7747.
73. ROBINSON, S.P., DAVIES, C. Molecular biology of grape berry ripening. In: *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2000, vol. 6, nr. 2, pp. 175-188. ISSN 1322-7130.
74. JORDÃO, A. M., VILELA, A., COSME, F. From sugar of grape to alcohol of wine: sensorial impact of alcohol in wine. In: *Beverages*. 2015, vol. 1, pp. 292-310. ISSN 2306-5710.
75. VAN LEEUWEN, C., BARBE, J.C., DARRIET, P., DESTRAC-IRVINE, A., GOWDY, M., LYTRA, G., THIBON, C. Aromatic maturity is a cornerstone of terroir expression in red wine. In: *OENO One*. 2022, vol. 56, nr. 2, pp. 335-351. ISSN 2494-1271.
76. PONS, A., ALLAMY, L., SCHÜTTLER, A., RAUHUT, D., THIBON, C., DARRIET, P. What is the expected impact of climate change on wine aroma compounds and their precursors in grape?. In: *OENO One*. 2017, vol. 51, nr. 2, pp. 141-146. ISSN 2494-1271.
77. COOMBE, B.G. Research on development and ripening of the grape berry. In: *American Journal of Enology and Viticulture*. 1992, vol. 43, pp. 101-110. ISSN 0002-9254
78. PAYAN, C., GANCEL, A.L., JOURDES, M., CHRISTMANN, M., TEISSEDE, P.L. Wine acidification methods: a review. In: *OENO One*. 2023, vol. 57, nr. 3, pp. 113-126. ISSN 2494-1271.
79. BATTISTUTTA, F., COLUGNATI, G., BREGANT, F., CRESPIAN, G., TONETTI, I., CELOTTI, E., ZIRONI, R. Influence of genotype on the methoxypyrazines content of Cabernet Sauvignon cultivated in Friuli. In: *Acta Horticulturae*. 2000, vol. 526, pp. 407-414. ISSN 0567-7572.
80. SHERMAN, E., YVON, M., GRAB, F., ZARATE, E., GREEN, S., BANG, K. W., PINU, F. R. Total lipids and fatty acids in major New Zealand grape varieties during ripening, prolonged pomace contacts and ethanolic extractions mimicking fermentation. In: *Fermentation*. 2023, vol. 9, nr. 4, pp. 1-20. ISSN 2311-5637.
81. LEI, Y., XIE, S., GUAN, X., SONG, C., ZHANG, Z., MENG, J. Methoxypyrazines biosynthesis and metabolism in grape: a review. In: *Food Chemistry*. 2018, vol. 245, pp. 1141-1147. ISSN 0308-8146.
82. WANG, J., YAO, X., XIA, N., SUN, Q., DUAN, C., PAN, Q. Evolution of seed-soluble and insoluble tannins during grape berry maturation. In: *Molecules*. 2023, vol. 28, nr. 7, pp. 1-15. ISSN 1420-3049.

83. FERRERO-DEL-TESO, S., ARIAS, I., ESCUDERO, A., FERREIRA, V., FERNÁNDEZ-ZURBANO, P., SÁENZ-NAVAJAS, M.P. Effect of grape maturity on wine sensory and chemical features: the case of Moristel wines. In: *LWT - Food Science and Technology*. 2019, vol. 118, nr. 4, pp. 1-18. ISSN 0023-6438.
84. ROMANO, P., BRASCHI, G., SIESTO, G., PATRIGNANI, F., LANCIOTTI, R. Role of yeasts on the sensory component of wines. In: *Foods*. 2022, vol. 11, nr. 13, pp. 1-23. ISSN 2304-8158.
85. HE, Y., WANG, X., LI, P., LV, Y., NAN, H., WEN, L., WANG, Z. Research progress of wine aroma components: a critical review. In: *Food Chemistry*. 2023, vol. 402, pp. 1-20. ISSN 0308-8146.
86. WOOD, A., VARGAS SOTO, S., GAMBETTA, G., SCHOBER, D., JEFFERS, E., COULSON, T. Modelling the climate changing concentrations of key red wine grape quality molecules using a flexible modelling approach. In: *OENO One*. 2024. vol. 58, nr. 4, pp. 1-14. ISSN 2494-1271.
87. COSTA, C., GRAÇA, A., FONTES, N., TEIXEIRA, M., GERÓS, H., SANTOS, J.A. The interplay between atmospheric conditions and grape berry quality parameters in Portugal. In: *Applied Sciences*. 2020, vol. 10, nr. 14, pp. 4943. ISSN 2076-3417.
88. LIU, S., LOU, Y., LI, Y., ZHAO, Y., LAAKSONEN, O., LI, P., ZHANG, J., BATTINO, M., YANG, B., GU, Q. Aroma characteristics of volatile compounds brought by variations in microbes in winemaking. In: *Food Chemistry*. 2023, vol. 420, pp. 1-21. ISSN 0308-8146.
89. CATALDO, E., SALVI, L., PAOLI, F., FUCILE, M., MATTII, G.B. Effect of agronomic techniques on aroma composition of white grapevines: a review. In: *Agronomy*. 2021, vol. 11, nr. 10, pp. 2027. ISSN 2073-4395.
90. RIENTH, M., VIGNERON, N., DARRIET, P., SWEETMAN, C., BURBIDGE, C., BONGHI, C., WALKER, R.P., FAMIANI, F., CASTELLARIN, S.D. Grape berry secondary metabolites and their modulation by abiotic factors in a climate change scenario - a review. In: *Frontiers in Plant Science*. 2021, vol. 12, pp. 643258. ISSN 1664-462X.
91. CLAUS H., MOJSOV K. Enzymes for Wine Fermentation: current and perspective applications. In: *Fermentation*. 2018, vol. 4, nr. 3, pp.52. ISSN 2311-5637.
92. BLACK, C.A., PARKER, M., SIEBERT T.E., CAPONE, D.L., FRANCIS, I.L. Terpenoids and their role in wine flavour: recent advances. In: *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2015, vol. 21, pp.582-600. ISSN 1755-0238.
93. WU, Y., DUAN, S., ZHAO, L., GAO, Z., LUO, M., SONG, S., XU, W., ZHANG, C., MA, C., WANG, S. Aroma characterization based on aromatic series analysis in table grapes. In: *Scientific Reports*. 2016, vol. 6, pp. 1-16. ISSN 2045-2322.
94. CHIGO-HERNANDEZ, M.M., TOMASINO, E. Aroma perception of limonene, linalool and α -terpineol combinations in pinot gris wine. In: *Foods*. 2023, vol. 12, nr.12, pp. 2389. ISSN 2304-8158.
95. MICHLMAYR, H., NAUER, S., BRANDES, W., SCHÜMANN, C., KULBE, K.D., DEL HIERRO, A.M., EDER, R. Release of wine monoterpenes from natural precursors by

- glycosidases from *Oenococcus oeni*. In: *Food Chemistry*. 2012, vol. 135, nr.1, pp. 80-87. ISSN 0308-8146.
96. RUIZ-GARCÍA, L., HELLÍN, P., FLORES, P., FENOLL, J. Prediction of Muscat aroma in table grape by analysis of rose oxide. In: *Food Chemistry*. 2014, vol. 154, pp. 151-157. ISSN 0308-8146.
97. SONG, M., FUENTES, C., TOMASINO E. Chemo-diversity of chiral monoterpenes in different styles of Riesling wine from different regions. In: *OENO One*. 2022, vol. 56, nr.3, pp. 155-165. ISSN 2494-1271
98. SLAGHENAUFU, D., VANZO, L., LUZZINI, G., ARAPITSAS, P., MARANGON, M., CURIONI, A., UGLIANO, M. Monoterpenoids and norisoprenoids in Italian red wines. In: *OENO One*. 2022, vol. 56, nr.3, pp. 185-193. ISSN 2494-1271.
99. BAHENA-GARRIDO, S.M., OHAMA, T., SUEHIRO, Y., HATA, Y., ISOGAI, A., IWASHITA, K., KOYAMA, K. The potential aroma and flavor compounds in *Vitis* sp. cv. Koshu and *V. vinifera* L. cv. Chardonnay under different environmental conditions. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019, vol. 99, nr.4, pp. 1926-1937. ISSN 0022-5142.
100. TOMASINO, E., BOLMAN, S. The Potential Effect of β -Ionone and β -Damascenone on Sensory Perception of Pinot Noir Wine Aroma. In: *Molecules*. 2021, vol. 26, nr.5, pp. 1-9. ISSN 1420-3049.
101. LIN, J., MASSONNET, M., CANTU, D. The genetic basis of grape and wine aroma. In: *Horticulture Research*. 2019, vol. 6, pp. 1-24. ISSN 2052-7276.
102. TARASOV, A., GIULIANI, N., DOBRYDNEV, A., SCHUESSLER, C., VOLOVENKO, Y., RAUHUT, D., JUNG, R. 1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN) sensory thresholds in riesling wine. In: *Foods*. 2020, vol. 9, nr.5, pp. 1-12. ISSN 2304-8158.
103. COX, A., CAPONE, D.L., ELSEY, G.M., PERKINS, M.V., SEFTON, M.A. Quantitative analysis, occurrence, and stability of (e)-1-(2,3,6-trimethylphenyl) buta-1,3-diene in wine. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005, vol. 53, nr.9, pp. 3584-3591. ISSN 0021-8561.
104. ZHANG, X., WANG, K., GU, X., SUN, X., JIN, G., ZHANG, J., MA, W. Flavor chemical profiles of cabernet sauvignon wines: six vintages from 2013 to 2018 from the eastern foothills of the ningxia helan mountains in china. In: *Foods*. 2022, vol. 11, nr.1, pp. 1-14. ISSN 2304-8158.
105. JIANG, B., ZHANG, Z. Volatile compounds of young wines from cabernet sauvignon, cabernet gernischt and chardonnay varieties grown in the loess plateau region of china. In: *Molecules*. 2010, vol. 15, nr.12, pp. 9184-9196. ISSN 1420-3049.
106. GU, X., ZHANG, X., WANG, K., LV, X., LI, R., MA, W. GC-MS untargeted analysis of volatile compounds in four red grape varieties (*Vitis vinifera* L. cv) at different maturity stages near harvest. In: *Foods*. 2022, vol. 11, nr.18, pp. 1-14. ISSN 2304-8158.
107. COELHO, E., ROCHA, S.M., DELGADILLO, I., COIMBRA, M.A. Headspace-SPME applied to varietal volatile components evolution during *Vitis vinifera* L. cv. "Baga" ripening. In: *Analytica Chimica Acta*. 2006, vol. 563, nr.12, pp. 204-214. ISSN 1873-4324.

- 108.PALADINES-QUEZADA, D.F., FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J.I., MORENO-OLIVARES, J.D., BLEDA-SÁNCHEZ, J.A., GÓMEZ-MARTÍNEZ, J.C., MARTÍNEZ-JIMÉNEZ, J.A., GIL-MUÑOZ, R. Application of elicitors in two ripening periods of vitis vinifera l. cv monastrell: influence on anthocyanin concentration of grapes and wines. In: *Molecules*. 2021, vol. 26, nr.6, pp. 1-16. ISSN 1420-3049.
- 109.SZIKSZAI, A.R., ISSA, H.I., CANO-LAMADRID, M., CARBONELL-BARRACHINA, Á.A. Characteristic volatile compounds of Monastrell wines. In: *Beverages*. 2019, vol. 4, nr.2, pp. 1-7. ISSN 2306-5710.
- 110.GARCÍA, E., CHACÓN, J.L., MARTÍNEZ, J., IZQUIERDO, P.M. Changes in volatile compounds during ripening in grapes of airén, macabeo and chardonnay white varieties grown in la mancha region (Spain). In: *Food Science and Technology International*. 2003, vol. 9, nr.1, pp. 33-41. ISSN 1082-0132.
- 111.COELHO, E., ROCHA, S.M., BARROS, A.S., DELGADILLO, I., COIMBRA, M.A. Screening of variety- and pre-fermentation-related volatile compounds during ripening of white grapes to define their evolution profile. In: *Analytica Chimica Acta*. 2007, vol. 597, nr.2, pp. 257-264. ISSN 1873-4324.
- 112.SOKOLOWSKY, M., ROSENBERGER, A., FISCHER, U. Sensory impact of skin contact on white wines characterized by descriptive analysis, time intensity analysis and temporal dominance of sensations analysis. In: *Food Quality and Preference*. 2015, vol. 39, pp. 285-297. ISSN 0950-3293.
- 113.ANDREW G.R. *Managing Wine Quality*. 2nd. Cambridge: Woodhead Publishing, 2022. 882 p. ISBN 978-0081-020-67-8.
- 114.Resolution oiv/viti 333/2010, definition of vitivinicultural “terroir”, oiv. 2010. Disponibil: <https://www.oiv.int/node/3362>
- 115.BONFANTE, A., BRILLANTE, L. Terroir analysis and its complexity. In: *OENO One*. 2022, vol. 56, nr.2, pp. 375-388. ISSN 2494-1271.
- 116.YAO, M., WANG, F., ARPENTIN, G. Studiul microorganismelor strugurilor din podgoriile Republicii Moldova: influența factorilor uman și natural. În: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*, 2023, vol.70, nr.3, pp. 99-106. ISSN 1857-0461. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/191883
- 117.ROBINSON, A.L., ADAMS, D.O., BOSS, P.K., HEYMANN, H., SOLOMON, P.S., TRENGOVE, R.D. Influence of geographic origin on the sensory characteristics and wine composition of vitis vinifera cv. cabernet sauvignon wines from australia. In: *American Journal of Enology and Viticulture*. 2012, vol. 63, nr.4, pp. 467-476. ISSN 0002-9254.
- 118.RETA, K., NETZER, Y., LAZAROVITCH, N., FAIT, A. Canopy management practices in warm environment vineyards to improve grape yield and quality in a changing climate: A review. In: *Scientia Horticulturae*. 2025, vol. 341, pp. 1-15. ISSN 0304-4238.
- 119.VAN LEEUWEN, C., ROBY J.P., DE RESSÉGUIER, L. Soil-related terroir factors: a review. In: *OENO One*. 2018, vol. 52, nr.2, pp. 173-188. ISSN 2494-1271.

- 120.KELLER, M. Climate change impacts on vineyards in warm and dry areas: challenges and opportunities. In: *American Journal of Enology and Viticulture*. 2023, vol. 74, nr.2, pp. 1-9. ISSN 0002-9254.
- 121.GÓMEZ-DEL-CAMPO, M., BAEZA, P., RUIZ, C., LISSARRAGUE, J.R. Effects of water stress on dry matter content and partitioning in four grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.). In: *OENO One*. 2005, vol. 39, nr.1, pp. 1-10. ISSN 2494-1271.
- 122.SAVI, T., PETRUZZELLI, S. F., MORETTI, E., STENNI, B., ZINI, L., MARTELLOS, S., NARDINI, A. Grapevine water relations and rooting depth in karstic soils. In: *Science of The Total Environment*. 2019, vol. 692, pp. 669-675. ISSN 0048-9697.
- 123.SCACCO, A., VERZERA, A., LANZA, C.M., SPARACIO, A., GENNA, G., RAIMONDI, S., DIMA, G. Influence of soil salinity on sensory characteristics and volatile aroma compounds of nero d'avola wine. In: *American Journal of Enology and Viticulture*. 2010, vol. 61, nr.4, pp. 498-505. ISSN 0002-9254.
- 124.DROULIA, F., CHARALAMPOPOULOS, I. A review on the observed climate change in Europe and its impacts on viticulture. In: *Atmosphere*. 2022, vol. 13, nr.5, pp. 1-35. ISSN 2073-4433.
- 125.SABON, I., DE REVEL, G., KOTSERIDIS, Y., BERTRAND, A. Determination of volatile compounds in Grenache wines in relation with different terroirs in the Rhone Valley. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002, vol. 50, nr.22, pp. 6341-6345. ISSN 0308-8146.
- 126.JI, T., DAMI, I.E. Characterization of Free flavor compounds in traminette grape and their relationship to vineyard training system and location. In: *Journal of Food Science*. 2008, vol. 73, nr.4, pp. 262-267. ISSN 0022-1147.
- 127.VAN LEEUWEN, C., BARBE, J.C., DARRIET, P., GEFFROY, O., GOMÈS, E., GUILLAUMIE, S., THIBON, C. Recent advancements in understanding the terroir effect on aromas in grapes and wines. In: *OENO One*. 2020, vol. 54, nr.4, pp. 985-1006. ISSN 2494-1271.
- 128.RENOUF, V., TRÉGOAT, O., ROBY, J.P., VAN LEEUWEN, C. Soils, rootstocks and grapevine varieties in prestigious Bordeaux vineyards and their impact on yield and quality. In: *OENO One*. 2010, vol. 44, nr.3, pp. 127-134. ISSN 2494-1271.
- 129.VAN LEEUWEN, C. Soils and terroir expression in wines. In: *Soil and Culture*. Springer, Dordrecht, 2010, pp. 453-465. ISSN 1752-0908.
- 130.LIU, M., JI, H., JIANG, Q., LIU, T., CAO, H., ZHANG, Z. Effects of full shading of clusters from véraison to ripeness on fruit quality and volatile compounds in Cabernet Sauvignon grapes. In: *Food Chem X*. 2024, vol. 21, pp. 1-11. ISSN 2590-1575.
- 131.BUREAU, S.M., RAZUNGLES, A.J., BAUMES, R.L. The aroma of Muscat of Frontignan grapes: effect of the light environment of vine or bunch on volatiles and glycoconjugates. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2000, vol. 80, nr.14, pp. 2012-2020. ISSN 0022-5142.

132. BUREAU, S.M., BAUMES, R.L., RAZUNGLES, A.J. Effects of vine or bunch shading on the glycosylated flavor precursors in grapes of *Vitis vinifera* L. Cv. Syrah. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000, vol. 48, nr.4, pp. 1290-1297. ISSN 0021-8561.
133. BRANDT, M. The influence of abiotic factors on the composition of berries, juice and wine in *Vitis vinifera* L. cv. Riesling. *Teza de doct.* Germany, 2020. 273p.
134. HEYMANN, H., NOBLE, A.C., BOULTON, R.B. Analysis of methoxypyrazines in wines development of a quantitative procedure. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1986, vol. 34, pp. 268-271. ISSN 0021-8561.
135. BELANCIC, A., AGOSIN, E., IBACACHE, A., BORDEU, E., BAUMES, R.L., RAZUNGLES, A.J., BAYONOVE, C.L. Influence of sun exposure on the aromatic composition of Chilean muscat grape cultivars moscatel de Alejandría and moscatel rosada. In: *American Journal of Enology and Viticulture*. 1997, vol. 48, pp. 181- 186. ISSN 0002-9254.
136. RISTIC, R., DOWNEY, M.O., ILAND, P.G., BINDON, K., FRANCIS, I.L., HERDERICH, M., ROBINSON, S.P. Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannin and sensory properties. In: *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2007, vol. 13, nr.2, pp. 53-65. ISSN 1755-0238.
137. KOK, D. Influences of pre- and post-véraison cluster thinning treatments on grape composition variables and monoterpene levels of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc. In: *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2011, vol. 9, pp. 22-26. ISSN 1459-0263.
138. ROBINSON, A.L., BOSS, P.K., HEYMANN, H., SOLOMON, P.S., TRENGOVE, R.D. Influence of yeast strain, canopy management, and site on the volatile composition and sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines from Western Australia. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011, vol. 59, nr.7, pp. 3273-3284. ISSN 0021-8561.
139. DELUC, L.G., QUILICI, D.R., DECENDIT, A., GRIMPLET, J., WHEATLEY, M.D., SCHLAUCH, K.A., MÉRILLON, J.M., CUSHMAN, J.C., CRAMER, G.R. Water deficit alters differentially metabolic pathways affecting important flavor and quality traits in grape berries of Cabernet Sauvignon and Chardonnay. In: *BMC Genomics*. 2009, vol. 10, pp. 1-33. ISSN 1471-2164.
140. OU, C., DU, X., SHELLIE, K., ROSS, C., QIAN, M.C. Volatile compounds and sensory attributes of wine from Cv. Merlot (*Vitis vinifera* L.) grown under differential levels of water deficit with or without a kaolin-based, foliar reflectant particle film. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010, vol. 58, nr.24, pp. 12890-12898. ISSN 0021-8561.
141. CHAPMAN, D.M., ROBY, G., EBELER, S.E., GUINARD, J.X., MATTHEWS, M.A. Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different water status. In: *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2005, vol. 11, nr.3, pp. 339-347. ISSN 1755-0238.
142. KOUNDOURAS, S., HATZIDIMITRIOU, E., KARAMOLEGKOU, M., DIMOPOULOU, E., KALLITHRAKA, S., TSIALTAS, J.T., ZIOZIOU, E., NIKOLAOU, N., KOTSERIDIS, Y. Irrigation and rootstock effects on the phenolic concentration and aroma potential of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon grapes. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009, vol. 57, nr.17, pp. 7805-7813. ISSN 0021-8561.

143. DES GACHONS, C.P., VAN LEEUWEN, C., TOMINAGA, T., SOYER, J.P., GAUDILLÈRE, J.P., DUBOURDIEU, D. Influence of water and nitrogen deficit on fruit ripening and aroma potential of *Vitis vinifera* L. cv Sauvignon blanc in field conditions. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2004, vol. 85, nr.1, pp. 73-85. ISSN 0022-5142.
144. RIBÉREAU-GAYON, P., GLORIES, Y., MAUJEAN, A., DUBOURDIEU, D. *Handbook of Enology, Volume 2: The chemistry of wine and stabilization and treatments*. 2nd ed. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd, 2006. 456 p. ISBN 978-0-470-01038-9.
145. CHORTI, E., KYRALEOU, M., KALLITHRAKA, S., PAVLIDIS, M., KOUNDOURAS, S., KOTSERIDIS, Y. Irrigation and leaf removal effects on polyphenolic content of grapes and wines produced from cv. 'Agiorgitiko' (*Vitis vinifera* L.). In: *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2016, vol. 44, nr.1, pp. 133-139. ISSN 1842-4309.
146. QIAN, M.C., FANG, Y., SHELLIE, K. Volatile composition of merlot wine from different vine water status. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009, vol. 57, nr.16, pp. 7459-7463. ISSN 0021-8561.
147. CHONÉ, X., LAVIGNE-CRUÈGE, V., TOMINAGA, T., VAN LEEUWEN, C., CASTAGNÈDE, C., SAUCIER, C., DUBOURDIEU, D. Effect of vine nitrogen status on grape aromatic potential: flavor precursors (S-cysteine conjugates), glutathione and phenolic content in *Vitis vinifera* L. Cv Sauvignon blanc grape juice. In: *OENO One*. 2006, vol. 40, nr.1, pp. 1-6. ISSN 2494-1271.
148. LACROUX, F., TRÉGOAT, O., VAN LEEUWEN, C., PONS, A., TOMINAGA, T., LAVIGNE-CRUÈGE, V., DUBOURDIEU, D. Effect of foliar nitrogen and sulphur application on aromatic expression of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. In: *OENO One*. 2008, vol. 42, nr.3, pp. 125-132. ISSN 2494-1271.
149. WEBSTER, D.R., EDWARDS, C.G., SPAYD, S.E., PETERSON, J.C., SEYMOUR, B.J. Influence of vineyard nitrogen fertilization on the concentrations of monoterpenes, higher alcohols, and esters in aged riesling wines. In: *American Journal of Enology and Viticulture*. 1993, vol. 44, pp.275-284. ISSN 0002-9254.
150. MILIORDOS, D.E., KANAPITSAS, A., LOLA, D., GOULIOTI, E., KONTOUDAKIS, N., LEVENTIS, G., TSIKNIA, M., KOTSERIDIS, Y. Effect of nitrogen fertilization on savvatiano (*Vitis vinifera* L.) grape and wine composition. In: *Beverages*. 2022, vol. 8, nr.2, pp. 1-20. ISSN 2306-5710.
151. TIAN, T., RUPPEL, M., OSBORNE, J., TOMASINO, E., SCHREINER, R.P. Fertilize or Supplement: The impact of nitrogen on vine productivity and wine sensory properties in Chardonnay. In: *American Journal of Enology and Viticulture*. 2022, vol. 73, pp. 156-169. ISSN 0002-9254.
152. GONZÁLEZ-MARCO, A., JIMÉNEZ-MORENO, N., ANCÍN-AZPILICUETA, C. Influence of nutrients addition to nonlimited-in-nitrogen must on wine volatile composition. In: *Journal of Food Science*. 2010, vol. 75, nr.4, pp. S206-S211. ISSN 0022-1147.
153. CAI, D., LI, X., LIU, H., WEN, L., QU, D. Machine learning and flavoromics-based research strategies for determining the characteristic flavor of food: A review. In: *Trends in Food Science & Technology*. 2024, vol. 154, pp.104794. ISSN 0924-2244.

- 154.SALEH, M., LEE, Y. Instrumental analysis or human evaluation to measure the appearance, smell, flavor, and physical properties of food. In: *Foods*. 2023, vol. 12, nr.18, pp. 1-3. ISSN 2304-8158.
- 155.PUTRI, S.P., IKRAM, M.M.M., SATO, A., DAHLAN, H.A., RAHMAWATI, D., OHTO, Y., FUKUSAKI, E. Application of gas chromatography-mass spectrometry-based metabolomics in food science and technology. In: *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2022, vol. 133, nr.5, pp. 425-435. ISSN 1389-1723.
- 156.HERNÁNDEZ-MESA, M., MORENO-GONZÁLEZ, D. Current role of mass spectrometry in the determination of pesticide residues in food. In: *Separations*. 2022, vol. 9, nr.6, pp. 1-29. ISSN 2297-8739.
- 157.DALLÜGE J., BEENS J., BRINKMAN, U.A.T. Comprehensive two-dimensional gas chromatography: a powerful and versatile analytical tool. In: *Journal of Chromatography A*. 2003, vol. 1000, nr.1-2, pp. 69-108. ISSN 0021-9673.
- 158.BRATTOLI, M., CISTERMINO, E., DAMBRUOSO, P.R., DE GENNARO, G., GIUNGATO, P., MAZZONE, A., PALMISANI, J., TUTINO, M. Gas chromatography analysis with olfactometric detection (GC-O) as a useful methodology for chemical characterization of odorous compounds. In: *Sensors*. 2013, vol. 13, nr.12, pp. 16759-16800. ISSN 1424-8220.
- 159.PEREZ-HURTADO, P., PALMER, E., OWEN, T., ALDCROFT, C., ALLEN, M.H., JONES, J., CREASER, C.S., LINDLEY, M.R., TURNER, M.A., REYNOLDS, J.C. Direct analysis of volatile organic compounds in foods by headspace extraction atmospheric pressure chemical ionisation mass spectrometry. In: *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2017, vol. 31, pp. 1947-1956. ISSN 0951-4198.
- 160.SMITH, D., SPANEL, P. Selected ion flow tube mass spectrometry (SIFT-MS) for on-line trace gas analysis. In: *Mass Spectrometry Reviews*. 2005, vol. 24, nr.5, pp. 661-700. ISSN 0277-7037.
- 161.ALLERS, M., LANGEJUERGEN, J., GAIDA, A., HOLZ, O., SCHUCHARDT, S., HOHLFELD, J.M., ZIMMERMANN, S. Measurement of exhaled volatile organic compounds from patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) using closed gas loop GC-IMS and GC-APCI-MS. In: *Journal of Breath Research*. 2016, vol. 10, nr.2, pp. 1-11. ISSN 1752-7155.
- 162.VERKOUTEREN, J.R., STAYMATES, J.L. Reliability of ion mobility spectrometry for qualitative analysis of complex, multicomponent illicit drug samples. In: *Forensic Science International*. 2011, vol. 206, nr.1-3, pp. 190-196. ISSN 0379-0738.
- 163.GAO, L., YANG, R., ZHANG, J., SHENG, M., SUN, Y., HAN, B., KAI, G. Gas chromatography-ion mobility spectrometry for the detection of human disease: a review. In: *Analytical Methods*. 2024, vol. 16, nr.43, pp. 7275-7293. ISSN 1759-9679.
- 164.MOURA, P.C., VASSILENKO, V. Gas Chromatography - Ion Mobility Spectrometry as a tool for quick detection of hazardous volatile organic compounds in indoor and ambient air: A university campus case study. In: *European Journal of Mass Spectrometry*. 2022, vol. 28, nr.5-6, pp. 113-126. ISSN 1469-0667.
- 165.CHEN, K., LI, S., YANG, H., ZOU, J., YANG, L., LI, J., MA, L. Feasibility of using gas chromatography-ion mobility spectrometry to identify characteristic volatile compounds

- related to brandy aging. In: *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021, vol. 98, pp. 103812. ISSN 0889-1575.
- 166.G.A.S. Gesellschaft für. *GC-IMS-User Manual*. Dortmund: Analytische Sensorsysteme mbH. 2000, p 214.
- 167.CUMERAS, R., FIGUERAS, E., DAVIS, C.E., BAUMBACH, J.I., GRÀCIA, I. Review on ion mobility spectrometry. Part 1: current instrumentation. In: *Analyst*. 2015, vol. 140, nr.5, pp. 1376-1390. ISSN 0003-2654.
- 168.YIN, J., WU, M., LIN, R., LI, X., DING, H., HAN, L., YANG, W., SONG, X., LI, W., QU, H., YU, H., LI, Z. Application and development trends of gas chromatography-ion mobility spectrometry for traditional Chinese medicine, clinical, food and environmental analysis. In: *Microchemical Journal*. 2021, vol. 168, pp. 106527. ISSN 1095-9149.
- 169.EICEMAN, G.A., KARPAS, Z., HILL, JR.H.H. *Ion Mobility Spectrometry*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2013. 444 p. ISSN 978-1-4398-5997-1.
- 170.GABELICA, V., MARKLUND, E. Fundamentals of ion mobility spectrometry. In: *Current Opinion in Chemical Biology*. 2018, vol. 42, pp. 51-59. ISSN 1367-5931.
- 171.CHRISTOFI, E., BARRAN, P. Ion Mobility Mass Spectrometry (IM-MS) for structural biology: insights gained by measuring mass, charge, collision cross section. In: *Chemical Reviews*. 2023, vol. 123, nr.6, pp. 2902-2949. ISSN 0009-2665.
- 172.HERNÁNDEZ-MESA, M., ESCOURROU, A., MONTEAU, F., LE-BIZEC, B., DERVILLY-PINEL, G. Current applications and perspectives of ion mobility spectrometry to answer chemical food safety issues. In: *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2017, vol. 94, pp. 39-53. ISBN 1879-3142.
- 173.PAGEL, K., HARVEY, D.J. Ion mobility-mass spectrometry of complex carbohydrates: collision cross sections of sodiated N-linked glycans. In: *Analytical Chemistry*. 2013, vol.85, nr.10, pp. 5138-5145. ISBN1520-6882 .
- 174.WILLIAMS, M.L., OLOMUKORO, A.A., EMMONS, R.V., GODAGE, N.H., GIONFRIDDO, E. Matrix effects demystified: Strategies for resolving challenges in analytical separations of complex samples. In: *Journal of Separation Science*. 2023, vol. 46, nr.23, pp. 2300571. ISSN 1615-9314.
- 175.OLLER-MORENO, S., MALLAFRÉ-MURO, C., FERNANDEZ, L., CABALLERO, E., BLANCO, A., GUMÀ, J., MARCO, S., PARDO, A. GC-IMS: An R package for untargeted gas chromatography-Ion mobility spectrometry data processing. In: *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 2023, vol. 241, pp. 104938. ISSN 1873-3239.
- 176.PANIĆ, O., GÓRECKI, T. Comprehensive two-dimensional gas chromatography (GC × GC) in environmental analysis and monitoring. In: *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2006, vol. 386, nr.4, pp. 1013-1023. ISSN 1618-2650.
- 177.KIRK, A.T., KOBELT, T., KUEDDELSMANN, M.J., ZIMMERMANN, S. Gas Chromatography and Ion Mobility Spectrometry: A Perfect Match?. In: *LCGC International*. 2024, vol. 1, nr.6, pp. 22-26. ISSN 2996-9077.

178. BODENBENDER, L., ROHN, S., SAUER, S., JUNGEN, M., WELLER, P. Chiral Trapped-Headspace GC-QMS-IMS: Boosting untargeted benchtop volatilomics to the next level. In: *Chemosensors*. 2024, vol. 12, nr.8, pp. 1-16. ISSN 2227-9040.
179. CHANG, X., HUANG, X., TIAN, X., WANG, C., AHETO, J.H., ERNEST, B., YI, R. Dynamic characteristics of dough during the fermentation process of Chinese steamed bread. In: *Food Chemistry*. 2020, vol. 312, pp. 126050. ISSN 0021-8561.
180. ROSSI, S., BESTULIĆ, E., ORBANIĆ, F., HORVAT, I., LUKIĆ, I., PERŠURIĆ, A.S.I., BUBOLA, M., PLAVŠA, T., RADEKA, S. Comprehensive analysis of teran red wine aroma and sensory profiles: impacts of maceration duration, pre-fermentation heating treatment, and barrel aging. In: *Applied Sciences*. 2024, vol. 14, nr.19, pp. 1-23. ISSN 2076-3417.
181. MA, Y., WANG, Y., LI, J., WANG, B., LI, M., MA, T., JIANG, Y., ZHANG, B. Volatile organic compound dynamics in Ugni Blanc and Vidal wines during fermentation in the Hexi Corridor (China): Insights from E-nose, GC-MS, GC-IMS, and multivariate statistical models. In: *LWT - Food Science and Technology*. 2025, vol. 217, pp. 1-14. ISSN 1096-1127.
182. CAMARA, M., GHARBI, N., LENOUEVEL, A., BEHR, M., GUIGNARD, C., ORLEWSKI, P., EVERS, D. Detection and quantification of natural contaminants of wine by gas chromatography-differential ion mobility spectrometry (GC-DMS). In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013, vol. 61, nr.5, pp. 1036 -1043. ISSN 0021-8561.
183. GARRIDO-DELGADO, R., ARCE, L., GUAMÁN, A.V., PARDO, A., MARCO, S., VALCÁRCEL, M. Direct coupling of a gas-liquid separator to an ion mobility spectrometer for the classification of different white wines using chemometrics tools. In: *Talanta*. 2011, vol. 84, nr.2, pp. 471-479. ISSN 0039-9140.
184. DOBREI, A., DOBREI, A.G., NISTOR, E., POȘTA, G., MĂLĂESCU, M., BALINT, M. Characterization of grape and wine quality influenced by terroir in different ecosystems from Romania cultivated with Fetească Neagră. In: *Scientific Papers. Series B, Horticulture*. 2018, vol. LXII, pp. 1-7. ISSN 2285-5653.
185. NAN, L., LIU, L., LI, Y., HUANG, J., WANG, Y., WANG, C., WANG, Z., XU, C. Comparison of aroma compounds in cabernet sauvignon red wines from five growing regions in xinjiang in china. In: *Journal of Food Quality*. 2021, vol. 2021, pp. 1-16. ISSN 0146-9428.
186. GAMBETTA, J.M., BASTIAN, S.E., COZZOLINO, D., JEFFERY, D.W. Factors influencing the aroma composition of Chardonnay wines. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014, vol. 62, nr.28, pp. 6512-6534. ISSN 0021-8561.
187. TSAI, P.C., ARAUJO, L.D., TIAN, B. Varietal aromas of sauvignon blanc: impact of oxidation and antioxidants used in winemaking. In: *Fermentation*. 2022, vol. 8, nr.12, pp. 1-19. ISSN 2311-5637.
188. AMERINE, M.A., WINKLER, A.J. Composition and quality of musts and wines of california grapes. In: *Hilgardia*. 1944, vol. 15, nr. 6. pp. 493-567. ISSN 0073-2230.
189. HUGLIN, P. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. In: *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*. 1978, vol. 64, pp. 1117-1126. ISSN 0989-6988.

190. JONES, G.V. Climate change in the western United States grape growing regions. In: *Acta Horticulturae*. 2005, vol. 689, pp. 41-60. ISSN 0567-7572.
191. TONIETTO, J. *Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France: méthodologie de caractérisation*: tz. de doct. în agronomie. Montpellier, 1999. 233 p.
192. RIOU, C., BECKER, N., SOTES RUIZ, V., GOMEZ-MIGUEL, V., CARBONNEAU, A., PANAGIOTOU, M., CALO, A., COSTACURTA, A., CASTRO, D.R., PINTO, A., LOPES, C., CARNEIRO, L., CLIMACO, P. Le déterminisme climatique de la maturation du raisin: application au zonage de la teneur en sucre dans la communauté européenne. *Office des Publications Officielles des Communautés Européennes, Luxembourg*. 1994, 322 p.
193. JORGE, T., ALAIN C. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. In: *Agricultural and Forest Meteorology*, 2004, vol. 124, pp. 81-97. ISSN 0168-1923.
194. Guvernul Republicii Moldova. Regulamentului cu privire la conținutul documentației cadastrului funciar general, aprobat prin Hotărârea Guvernului RM nr. 24 din 11.01.1995. In: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*. 1995.
195. Методические указания к лабораторным занятиям для студентов специальностей 3102-“Агрономия”, 3103 - “Фруктоовощеводство и виноградарство”, 3110 - “Гидромелиорация”. Кишинев, КСХИ, 1990. 62 p.
196. SM 84 - 2011, SM GOST R 51620-2008. Disponibil: <https://standard.md/>
197. GOST 14252-73, GOST R 51653-2000 și 13191-73, GOST 13192-73, GOST R 51654 -12, GOST R 51655 - 08. Disponibil: <https://internet-law.ru/gosts/>
198. CASEY T.L., JOHN, D., ELAAN, L., ELISE, C. Report on the analysis of common beverages spiked with gamma-hydroxybutyric acid (GHB) and gamma-butyrolactone (GBL) using NMR and the PURGE solvent-suppression technique. In: *Forensic Science International*. 2011, vol. 212, nr. 1-3, pp. 40-45. ISSN 0379-0738.
199. DENG, H., WANG, M., LI, E. Continuous fed-batch strategy decreases acetic acid production and increases volatile ester formation in wines under high-gravity fermentation. In: *OENO One*. 2023, vol. 57, nr. 1, pp. 363-374. ISSN 2494-1271.
200. ZGARDAN, D., MITINA, I., STURZA, R., MITIN, V., RUBTOV, S., GRAJDIERU, C., BEHTA, E., INCI, F., HACIOSMANOGLU, N. A survey on acetic acid bacteria levels and volatile acidity in several wines of the republic of moldova. In: *Biology and Life Sciences Forum*. 2023, vol. 26, nr.79, pp. 1-10. ISSN 2673-9976.
201. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (OIV). Compendium of international methods of analysis for wines and musts. Disponibil: <https://www.oiv.int/it/standards/international-code-of-oenological-practices/annexes/maximum-acceptable-limits>
202. HAN, S., YANG, J., CHOI, K., KIM, J., ADHIKARI, K., LEE, J. Chemical analysis of commercial white wines and its relationship with consumer acceptability. In: *Foods*. 2022, vol. 11, nr. 603, pp. 1-12. ISSN 2304-8158.
203. PRUSOVA, B., HUMAJ, J., SOCHOR, J., BARON, M., FORMATION, L. Preservation and recovery of aroma compounds in the winemaking process. In: *Fermentation*. 2022, vol. 8, nr. 93, pp. 1-15. ISSN 2311-5637.

204. LONGO, R., CAREW, A., SAWYER, S., KEMP, B., KERSLAKE, F. A review on the aroma composition of *Vitis vinifera* L. Pinot noir wines: Origins and influencing factors. In: *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021, vol. 61, nr. 10, pp. 1589-1604. ISSN 1549-7852.
205. ARIAS-PÉREZ, I., FERRERO-DEL-TESO, S., SÁENZ-NAVAJAS, M.P., FERNÁNDEZ-ZURBANO, P., LACAU, B., ASTRAÍN, J., BARÓN, C., FERREIRA, V., ESCUDERO, A. Some clues about the changes in wine aroma composition associated to the maturation of “neutral” grapes. In: *Food Chemistry*. 2020, vol. 320, pp. 1-14. ISSN 0308-8146.
206. GAO, F., GUAN, L., ZENG, G., HAO, X., LI, H., WANG, H. Preliminary characterization of chemical and sensory attributes for grapes and wines of different cultivars from the Weibei plateau region in China. In: *Food Chemistry: X*. 2024, vol. 21, pp. 1-11. ISSN 2590-1575.
207. WANG, F., YAO, M., ARPENTIN, G. Application of gas chromatography-ion mobility spectrometry (gc-ims) to characterize volatile signatures of fetească neagră wines from the igp ștefan vodă region. In: *Journal of Engineering Science*. 2025, vol. 32, nr. 4, pp. 150-160. ISSN 2587-3474. Disponibil: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2025.32\(4\).11](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2025.32(4).11).
208. DE LA BURGADE, R., SUC, L., SACHOT, S., LE GUERNEVE, C., GALY, N., TIXADOR, D., LOISEL, C., SOMMERER, N., ROLAND, A. Dimethyl sulfide transfers through closure during accelerated model wine ageing: proof-of-concept & prospects. In: *Current Research in Food Science*. 2025, vol. 10, pp. 101089-101. ISSN 2665-9271.
209. BELOQUI, A.A., KOTSERIDIS, Y., BERTRAND, A. Determination of the content of dimethyl sulphide in some red wines. In: *OENO One*. 1996, vol. 30, nr. 3, pp. 167-170. ISSN 2494-1271.
210. YANG, Y., JIN, G., WANG, X., KONG, C., LIU, J., TAO, Y. Chemical profiles and aroma contribution of terpene compounds in Meili (*Vitis vinifera* L.) grape and wine. In: *Food Chemistry*. 2019, vol. 284, pp. 155-161. ISSN 0308-8146.
211. YAO, M., WANG, F., ARPENTIN, G., XIAO, C. Volatile compounds as indicators of terroir differentiation in Moldovan Feteasca Neagra wines. In: *IVES Conference Series, 46th World Congress of Vine and Wine*. 2025, pp. 1-6. ISSN 2777-9173. Disponibil: <https://doi.org/10.58233/XgY6a09Y>
212. YAO, M., WANG, F., ARPENTIN, G. Exploratory terroir differentiation of Fetească Neagră wines via volatile aroma compounds in Moldovan regions. In: *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2026, pp. 1-15. ISSN 2193-4134. Disponibil: <https://doi.org/10.1007/s11694-025-04007-w>
213. ALCALÁ-JIMÉNEZ, M.T., GARCÍA-MARTÍNEZ, T., MAURICIO, J.C., MORENO, J., PEINADO, R.A. Influence of terroir on microbial diversity and wine volatilome. In: *Applied Sciences*. 2025, vol. 15, nr. 3237, pp. 1-20. ISSN 2076-3417.
214. DE-LA-FUENTE-BLANCO, A., SÁENZ-NAVAJAS, M.P., VALENTIN, D., FERREIRA, V. Fourteen ethyl esters of wine can be replaced by simpler ester vectors without compromising quality but at the expense of increasing aroma concentration. In: *Food Chemistry*. 2020, vol. 307, pp. 125553-70. ISSN 0308-8146.
215. FRANCO-LUESMA, E., SÁENZ-NAVAJAS, M.P., VALENTIN, D., BALLESTER, J., RODRIGUES, H., FERREIRA, V. Study of the effect of H₂S, MeSH and DMS on the sensory

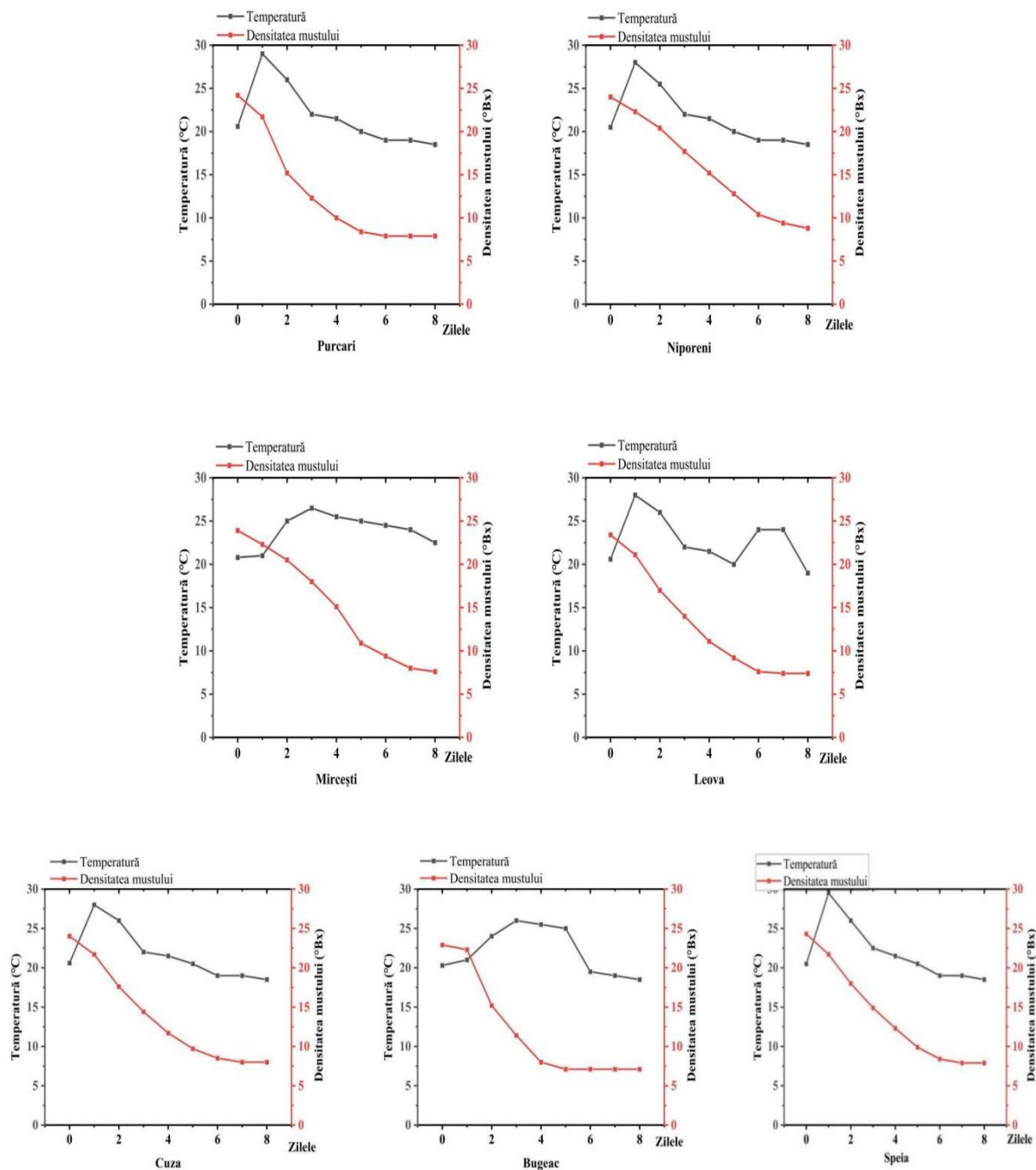
- profile of wine model solutions by Rate-All-That-Apply (RATA). In: *Food Research International*. 2016, vol. 87, pp. 152-160. ISSN 0963-9969.
- 216.PINEAU, B., BARBE, J.C., VAN LEEUWEN, C., DUBOURDIEU, D. Examples of perceptive interactions involved in specific “red-” and “black-berry” aromas in red wines. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009, vol. 57, nr. 9, pp. 3702-3708. ISSN 1520-5118.
- 217.SCUTARAȘU, E.C., LUCHIAN, C.E., VLASE, L., NAGY, K., COLIBABA, L.C., TRINCA, L.C., COTEA, V.V. Influence evaluation of enzyme treatments on aroma profile of white wines. In: *Agronomy*. 2022, vol. 12, nr. 2897, pp. 1-21. ISSN 1435-0645.
- 218.SAN, J.F., JUAN, C., VICENTE, F., ANA, E. Aroma chemical composition of red wines from different price categories and its relationship to quality. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012, vol. 60, nr. 20, pp. 5045-5056. ISSN 1520-5118.
- 219.PETRONILHO, S., LOPEZ, R., FERREIRA, V., COIMBRA, M.A., ROCHA, S.M. Revealing the usefulness of aroma networks to explain wine aroma properties: a case study of portuguese wines. In: *Molecules*. 2020, vol. 25, nr. 272. pp. 1-18. ISSN 1420-3049.
- 220.ARIAS-PÉREZ, I., SÁENZ-NAVAJAS, M.P., DE-LA-FUENTE-BLANCO, A., FERREIRA, V., ESCUDERO, A. Insights on the role of acetaldehyde and other aldehydes in the odour and tactile nasal perception of red wine. In: *Food Chemistry*. 2021, vol. 361, pp. 130081-95. ISSN 0308-8146.
- 221.YAO, M., **WANG, F.**, ARPENTIN, G. Bioprotection as a tool to produce natural wine: Impact on physicochemical and sensory analysis. In: *EDP Sciences*. 2023, vol. 56, pp. 1-4. ISSN 2273-1709. Disponibil: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20235602019>

Anex 1. Caracteristicile claselor chimice ale compușilor organici volatili din vinuri

Clase de Compuși Volatili	Subtipuri	Originea și Nuanțele Aromatice
Pirazine		<ul style="list-style-type: none"> - Origine în struguri - Caracteristici vegetale: ardei gras, ardei iute, fasole, morcov, cartof, arahide, orz prăjit
Terpene Formare: Derivate din unități de izopren Tipuri: Monoterpene (C10) și terpene superioare (>10)	Monoterpene: - Hidrocarburi - Alcoolii - Aldehyde - Cetone - Esteri: liberi sau legați (sub formă de glicozide) Terpene superioare: Include derivați ai naftalinei	<ul style="list-style-type: none"> - Se formează în mod obișnuit în struguri - Pot fi produși de anumite drojdii și mucegaiuri (dar nu de <i>Saccharomyces</i>) - Doar terpenele libere pot fi detectate senzorial - Arome fructate și florale - Origine în plante - Caracter fructate și asemănător combustibilului
Derivați ai acidului shikimic		<ul style="list-style-type: none"> - Produși prin metabolismul aminoacizilor organici volatili - Origine în plante, microorganisme și butoaie de stejar
Lactonelor	<ul style="list-style-type: none"> - Conțin oxigen, cu inel de 5 sau 6 membri compuși ciclici 	<ul style="list-style-type: none"> - Origine în struguri, microorganisme și butoaie de stejar - Caracteristici tipice: vată de zahăr, dulceață generică, substanțe dulci generale, fructe generice, nucă de cocos, unt
Esteri	<ul style="list-style-type: none"> - Alcool: etanol sau alcool rezultat din degradarea aminoacizilor, purinelor și pirimidinelor - Acid: acid acetic sau acid rezultat din degradarea aminoacizilor sau biosinteza acizilor grași 	În general: <ul style="list-style-type: none"> - Lanț scurt: arome fructate, florale - Lanț lung: note de parfum, săpun - Concentrații scăzute: arome fructate, florale - Concentrații ridicate: note de parfum Exemple specifice: <ul style="list-style-type: none"> - Acetat de etil: dizolvant pentru oă - Acetat de lauril (etil laurat): săpun - Acetat de izoamil: banană - Acetat de fenetil: ulei de trandafir
Alcoolii superiori sau uleiuri fusel	Rezultați din degradarea aminoacizilor sau biosinteza acestora	Produși predominant de microorganisme, pot fi sintetizați și de plante

Acizi		<ul style="list-style-type: none"> - Proveniți din plante sau microorganisme - Gust acru - Alte caracteristici: ranced (acid butiric) sau înțepător (acid acetic)
Compuși fenolici	Flavonoide și non-flavonoide	<ul style="list-style-type: none"> - Produși de plante - Pot fi convertiți în fenoli vinilici de către microorganisme (caracteristici de alterare) - Amăreală, astringență
Compuși ce conțin sulf	<p>Sulfuri</p> <p>Tioli</p> <p>Sulfoxizi</p> <p>Tioalcool</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sulfura de hidrogen (Hidrogen sulfide): ou stricat - Sulfura de dimetil (Dimethyl sulfide): varză, porumb conservat - Disulfură de dimetil (Dimethyl disulfide): scoică - Metanțiol (Methanethiol): cauciuc - Etanțiol (Ethanethiol): ceapă, cauciuc, scones - Sulfoxid de dimetil (Dimethyl sulfoxide): plastic, furtun de cauciuc - Mercaptoetanol (Mercaptoethanol): miros de grajd - Tiometilbutanol (Thiomethylbutanol): usturoi, arpagic - Metionol (Methionol): cartof crud, soia

Anexa 2. Evoluția temperaturii și a densității mustului în timpul fermentației alcoolice soiul Fetească Neagră (roșii seci, a.r. 2022), 7 parcele



Anex 3.1A. Evoluția temperaturilor medii lunare (°C) în parcela IGP Codru pentru perioada anul 2019-2023, comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016).

Parcelă	Mircești --T medie, °C						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	-3.17	1.10	-0.37	-0.47	2.15	-0.15	-3.50
Feb	1.58	3.76	-1.11	3.17	0.99	1.68	-2.10
Mar	6.72	7.05	2.99	2.70	6.22	5.14	2.20
Apr	10.14	11.05	7.86	9.41	7.98	9.29	9.80
Mai	15.77	13.35	14.71	16.24	15.60	15.13	15.40
Iun	21.86	20.82	19.23	21.08	19.92	20.58	18.60
Iul	20.91	22.45	23.01	22.40	22.61	22.28	20.30
Aug	22.16	22.92	20.58	22.10	24.11	22.37	19.90
Sep	17.28	20.29	14.26	14.83	19.35	17.20	15.40
Oct	11.68	11.29	9.18	11.94	14.47	11.71	9.50
Noi	7.62	4.28	6.38	4.96	5.92	5.83	3.50
Dec	3.43	1.22	-0.31	1.42	2.49	1.65	-0.90
Avg	11.33	11.63	9.70	10.82	11.82	11.06	9.01
Parcelă	Nisporeni--T medie, °C						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	-2.80	0.58	-0.06	-0.01	2.45	0.03	-3.50
Feb	2.51	3.88	-0.48	3.16	1.68	2.15	-2.10
Mar	6.96	7.99	3.58	3.55	6.34	5.68	2.20
Apr	10.88	11.50	8.38	10.50	9.18	10.09	9.80
Mai	16.67	14.45	15.37	16.68	16.64	15.96	15.40
Iun	23.26	21.66	20.27	21.88	20.91	21.60	18.60
Iul	21.65	23.55	23.81	23.53	23.51	23.21	20.30
Aug	23.18	24.00	21.34	23.70	25.32	23.51	19.90
Sep	17.80	20.35	15.04	15.98	20.65	17.96	15.40
Oct	11.65	14.21	9.73	11.93	13.84	12.27	9.50
Noi	8.56	4.69	6.49	5.83	6.21	6.36	3.50
Dec	2.47	2.64	0.57	1.39	1.93	1.80	-0.90
Avg	11.90	12.46	10.34	11.51	12.39	11.72	9.01
Parcelă	Speia--T medie, °C						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	-2.72	1.24	-0.39	-0.01	1.83	-0.01	-3.10
Feb	2.24	4.29	-0.44	3.57	1.82	2.30	-1.80
Mar	7.14	8.27	3.80	3.46	6.54	5.84	2.60
Apr	10.63	11.82	8.70	10.68	9.41	10.25	9.90

Mai	17.46	14.44	15.50	17.18	16.91	16.30	15.90
Iun	23.69	21.97	20.54	22.24	21.54	22.00	19.40
Iul	22.88	24.18	24.02	24.03	23.90	23.80	21.00
Aug	23.93	24.23	21.67	24.00	25.58	23.88	20.40
Sep	18.51	20.72	15.60	16.15	20.89	18.37	15.70
Oct	12.23	14.70	9.93	12.45	15.22	12.91	9.90
Noi	7.84	4.71	6.60	5.58	6.55	6.26	3.90
Dec	3.56	1.80	1.62	2.01	2.53	2.30	-0.40
Avg	12.28	12.70	10.60	11.78	12.73	12.02	9.45

Anex 3.1B. Precipitații lunare (mm) înregistrate în parcele IGP Codru în perioada anul 2019-2023 și abaterea față de media multianuală (pentru anii 1980-2016)

Parcelă	Mircești -- Precipitații, mm						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	22.00	3.80	28.80	5.60	5.80	13.20	37.00
Feb	24.00	28.00	22.20	9.20	23.00	21.28	36.00
Mar	19.20	15.40	33.80	5.40	7.40	16.24	34.00
Apr	33.80	7.00	49.20	79.40	103.00	54.48	47.00
Mai	155.00	66.40	80.40	20.20	25.20	69.44	60.00
Iun	102.60	53.60	127.20	18.40	9.20	62.20	92.00
Iul	38.00	40.80	74.00	11.40	86.80	50.20	80.00
Aug	24.80	52.60	122.80	58.20	34.80	58.64	58.00
Sep	24.00	10.20	7.60	62.40	6.40	22.12	54.00
Oct	20.20	6.20	5.20	10.40	12.20	10.84	32.00
Noi	8.20	23.20	15.60	72.00	36.40	31.08	45.00
Dec	18.40	42.20	70.20	25.20	12.20	33.64	38.00
Suma	490.20	349.40	637.00	377.80	362.40	443.36	613.00
Parcelă	Nisporeni -- Precipitații, mm						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	29.80	6.00	29.00	17.80	6.80	17.88	37.00
Feb	18.00	22.00	19.60	18.40	22.00	20.00	36.00
Mar	6.80	9.80	28.40	2.60	12.80	12.08	34.00
Apr	49.20	3.20	33.60	56.40	118.60	52.20	47.00
Mai	42.20	53.40	63.80	25.60	14.40	39.88	60.00
Iun	67.00	98.80	94.40	20.60	25.40	61.24	92.00
Iul	30.20	30.80	98.00	27.40	42.20	45.72	80.00
Aug	33.60	6.80	206.00	18.00	26.00	58.08	58.00
Sep	11.20	27.80	183.40	42.80	14.60	55.96	54.00
Oct	26.60	98.40	2.60	14.80	16.80	31.84	32.00
Noi	5.00	21.00	15.00	63.60	79.40	36.80	45.00
Dec	12.60	54.80	71.80	16.20	12.60	33.60	38.00
Suma	332.20	432.80	845.60	324.20	391.60	465.28	613.00
Parcelă	Speia -- Precipitații, mm						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	24.60	11.00	29.80	6.60	3.80	15.16	29.00
Feb	19.20	34.20	15.40	2.20	10.60	16.32	30.00
Mar	7.40	14.40	35.00	5.20	43.60	21.12	26.00
Apr	25.40	13.00	39.60	67.20	98.40	48.72	40.00

Mai	27.80	113.20	73.00	22.80	15.20	50.40	49.00
Iun	122.40	48.80	81.20	11.80	19.80	56.80	70.00
Iul	15.20	52.60	153.60	24.60	56.60	60.52	65.00
Aug	43.00	0.00	73.40	29.80	5.20	30.28	52.00
Sep	7.20	57.80	10.20	74.40	17.80	33.48	47.00
Oct	24.20	24.60		10.20	6.80	16.45	29.00
Noi	14.60	30.20	17.60	72.40	68.60	40.68	39.00
Dec	21.20	61.20	54.60	22.20	8.80	33.60	33.00
Suma	352.20	461.00	583.40	349.40	355.20	423.53	509.00

Anex 3.2A. Evoluția temperaturilor medii lunare (°C) în parcela IGP Valul lui Traian pentru perioada anul 2019-2023, comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016)

Parcelă	Cuza -- T medie, °C						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	-1.87	1.30	2.99	0.34	2.76	1.10	-2.50
Feb	2.31	4.26	0.61	3.84	1.61	2.53	-1.10
Mar	7.78	8.22	3.87	3.25	6.64	5.95	3.20
Apr	10.08	11.44	8.53	10.81	9.22	10.02	10.20
Mai	17.00	14.86	15.88	17.28	16.33	16.27	16.00
Iun	23.22	21.42	20.11	22.08	21.08	21.58	19.70
Iul	22.87	24.05	24.24	24.20	24.22	23.92	21.60
Aug	23.88	24.42	22.50	24.18	25.58	24.11	21.10
Sep	18.79	20.82	16.38	17.00	21.09	18.82	16.60
Oct	12.21	14.72	10.29	13.21	15.85	13.26	10.60
Noi	8.66	5.16	7.18	6.63	7.11	6.95	4.60
Dec	3.66	2.81	1.21	2.05	3.24	2.59	-0.20
Avg	12.38	12.79	11.15	12.07	12.89	12.26	9.98
Parcelă	Bugeac -- T medie, °C						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	-2.22	0.77	0.48	0.13	2.58	0.35	-2.50
Feb	2.23	4.02	0.14	3.96	1.57	2.38	-1.60
Mar	7.24	8.14	3.80	3.08	6.49	5.75	3.00
Apr	10.33	11.35	8.40	10.87	9.31	10.05	10.10
Mai	17.03	14.87	15.70	17.10	16.33	16.21	16.30
Iun	23.35	22.17	19.86	22.27	21.05	21.74	19.80
Iul	22.34	24.09	23.81	24.05	24.21	23.70	21.90
Aug	23.73	24.25	21.43	23.71	25.34	23.69	21.30
Sep	18.25	20.63	15.34	16.43	20.82	18.29	16.60
Oct	12.24	14.50	9.80	11.98	15.02	12.71	10.50
Noi	8.41	4.80	7.02	6.23	6.69	6.63	4.30
Dec	3.28	2.67	2.05	2.29	2.85	2.63	-0.60
Avg	12.18	12.69	10.65	11.84	12.69	12.01	9.93
Parcelă	Leova -- T medie, °C						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	-2.65	0.78	0.50	0.14	2.58	0.27	-3.10
Feb	2.10	4.25	-0.08	3.58	1.50	2.27	-1.50
Mar	7.62	7.96	3.69	3.29	6.78	5.87	2.90

Apr	10.26	11.63	8.45	10.72	8.99	10.01	10.20
Mai	16.92	14.86	15.66	17.20	16.22	16.17	16.00
Iun	23.01	21.72	19.86	22.19	21.00	21.56	19.50
Iul	22.11	23.95	23.97	23.35	24.02	23.48	21.20
Aug	23.27	24.44	21.61	23.68	25.55	23.71	20.90
Sep	18.43	20.66	15.50	16.64	21.08	18.46	16.20
Oct	11.86	14.36	9.88	12.71	15.30	12.82	10.20
Noi	8.44	4.78	6.93	6.19	6.84	6.64	4.20
Dec	2.82	2.42	0.78	1.52	2.59	2.03	-0.50
Avg	12.02	12.65	10.56	11.77	12.70	11.94	9.68

Anex 3.2B Precipitații lunare (mm) înregistrate în parcele IGP Valul lui Traian în perioada anul 2019-2023 și abaterea față de media multianuală (pentru anii 1980-2016)

Parcelă	Cuza -- Precipitații, mm						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	26.20	6.60	2.60	6.20	11.40	10.60	32.00
Feb	14.40	32.40	9.20	1.60	5.60	12.64	33.00
Mar	8.20	9.20	33.80	3.00	22.20	15.28	28.00
Apr	49.80	5.40	36.00	67.00	76.80	47.00	40.00
Mai	41.40	82.40	57.60	28.20	24.80	46.88	55.00
Iun	94.60	60.00	100.00	30.40	51.20	67.24	74.00
Iul	12.00	20.00	81.00	11.20	38.80	32.60	55.00
Aug	89.00	1.40	27.40	68.80	26.60	42.64	57.00
Sep	130.60	40.40	6.60	43.60	10.60	46.36	41.00
Oct	28.00	101.40	10.20	3.60	3.60	29.36	29.00
Noi	14.00	20.40	15.00	43.00	86.80	35.84	39.00
Dec	9.40	80.80	84.60	25.00	5.60	41.08	38.00
Suma	517.60	460.40	464.00	331.60	364.00	427.52	521.00
Parcelă	Bugeac -- Precipitații, mm						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	34.40	9.60	24.40	14.80	13.40	19.32	30.00
Feb	20.00	29.20	18.60	1.40	8.40	15.52	29.00
Mar	9.00	18.40	36.00	5.00	27.20	19.12	26.00
Apr	51.20	6.20	44.20	54.60	119.60	55.16	36.00
Mai	45.80	53.60	82.60	21.40	22.20	45.12	54.00
Iun	37.60	51.00	112.80	0.40	11.80	42.72	66.00
Iul	51.80	70.80	148.20	9.00	45.60	65.08	53.00
Aug	32.00	14.80	97.60	61.00	12.80	43.64	51.00
Sep	27.20	87.20	7.60	36.80	18.40	35.44	35.00
Oct	40.80	53.40	6.00	5.00	5.40	22.12	27.00
Noi	7.60	23.80	14.40	12.80	93.00	30.32	37.00
Dec	16.80	62.40	64.00	22.40	6.60	34.44	35.00
Suma	374.20	480.40	656.40	244.60	384.40	428.00	479.00
Parcelă	Leova -- Precipitații, mm						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	14.00	4.60	0.40	4.40	1.80	5.04	29.00
Feb	10.60	10.20	0.40	3.60	4.60	5.88	28.00
Mar	6.40	25.00	6.40	1.20	28.80	13.56	27.00
Apr	42.80	13.00	30.80	70.00	49.40	41.20	40.00

Mai	30.40	40.00	48.20	28.40	38.00	37.00	54.00
Iun	71.20	47.00	70.00	3.00	23.60	42.96	74.00
Iul	30.60	29.20	112.40	28.20	38.20	47.72	59.00
Aug	75.60	3.80	102.00	44.00	23.00	49.68	57.00
Sep	23.60	76.00	6.00	27.80	12.80	29.24	41.00
Oct	29.40	36.20	2.60	9.00	7.00	16.84	28.00
Noi	2.20	8.00	7.40	51.20	75.40	28.84	40.00
Dec	1.40	5.60	34.80	10.40	5.60	11.56	37.00
Suma	338.20	298.60	421.40	281.20	308.20	329.52	514.00

Anex 3.3A. Evoluția temperaturilor medii lunare (°C) în parcela IGP Ștefan vodă pentru perioada anul 2019-2023, comparativ cu media multianuală (pentru anii 1980-2016).

Parcelă	Purcari -- T medie, °C						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	-1.78	1.65	-0.07	-0.02	-1.48	-0.34	-2.9
Feb	2.64	4.5	-0.05	4.04	1.88	2.602	-1.8
Mar	7.11	8.54	3.83	3.14	6.44	5.812	2.3
Apr	10.52	11.28	8.73	10.66	9.57	10.152	9.6
Mai	17.79	14.89	15.62	17.03	16.55	16.376	15.6
Iun	24.72	22.09	20.92	22.37	21.6	22.34	19.5
Iul	23.29	24.88	24.59	24.25	24.25	24.252	21.5
Aug	24.05	24.29	22.57	24.54	25.26	24.142	21.0
Sep	18.81	20.56	16.19	17.19	20.86	18.722	16.3
Oct	12.66	15.74	10.04	12.84	15.37	13.33	10.1
Noi	8.53	5.28	7.05	6.32	7.21	6.878	4.1
Dec	4.39	2.38	2.55	2.18	3.06	2.912	-0.3
Avg	12.73	13.01	11.00	12.05	12.55	12.26	9.58

Anex 3.3B. Precipitații lunare (mm) înregistrate în parcele IGP Ștefan vodă în perioada anul 2019-2023 și abaterea față de media multianuală (pentru anii 1980-2016).

Parcelă	Purcari -- Precipitații, mm						
Anul/ Luna	2019	2020	2021	2022	2023	Avg 19-23	multian.
Ian	48	11.4	29.4	13	0.2	20.4	33.0
Feb	7.6	32.6	33	11	10.6	18.96	36.0
Mar	6.6	7.6	36	9.8	29.4	17.88	32.0
Apr	43.4	5.2	68	21.4	96.2	46.84	37.0
Mai	6	96.6	72.4	42.8	30.8	49.72	50.0
Iun	62.4	45.4	79.2	30.2	27.8	49	65.0
Iul	49.4	16.4	82.2	6	37.4	38.28	65.0
Aug	82.8	0.8	60.2	34.6	44.6	44.6	52.0
Sep	1.4	36.8	7.8	33.6	0	15.92	48.0
Oct	24.2	10.4	16.2	11.6	6	13.68	28.0
Noi	4	30.2	29.4	41.4	51.2	31.24	40.0
Dec	22	34.2	57.8	18.8	6.4	27.84	40.0
Suma	357.8	327.6	571.6	274.2	340.6	374.36	526

Anexa 4.1. ACT DE TRANSFER TEHNOLOGIC ȘI DE IMPLEMENTARE

a metodologiei de Vinăria Purcari

PURCARI
WINERIES GROUP

APROBAT
Director General Purcari Wineries Group
V.BOSTAN

ACT DE TRANSFER TEHNOLOGIC ȘI DE IMPLEMENTARE a metodologiei de vinificare diferențiată pentru soiul Fetească Neagră în cadrul seriei „Academia”

Comisia în componența:

CHIOSA N. - Director Producere, Purcari Wineries Group
MIHAILOV S. - Manager Departament Certificare și Standardizare
ARPENTIN G. - Director Cercetare, Dezvoltare, Purcari Wineries Group
YAO M. - doctorand, Universitatea Tehnică a Moldovei
WANG F. - doctorand, Universitatea Tehnică a Moldovei

a întocmit prezentul act pentru confirmarea implementării metodologiei de vinificare diferențiată a soiului Fetească Neagră în cadrul seriei „Academia”, la nivelul de producție al IM „Vinăria Purcari” în perioada campaniilor de vinificare 2021-2023.

Scopul implementării

Valorificarea științifică a terroir-ului și a potențialului oenologic al soiului Fetească Neagră printr-un model de vinificare diferențiată bazat pe selecție parcellară, control al maturării, fermentație în amfore și maturare în budane mari de stejar, adaptat cerințelor piețelor premium, în special asiatice.

Etapele implementării

- Selectarea parcelelor în baza cartografierii pedologice și monitorizarea coacerii;
- Recoltare manuală cu triaj riguros și răcire controlată post-recoltare;
- Fermentație alcoolică în amfore de lut TAVA, cu pigeage manual și presare blândă;
- Fermentație malolactică completă și maturare în budane Garbellotto (6–12 luni);
- Maturare suplimentară în sticlă (12 luni) și evaluare senzorială finală.

Rezultatele obținute


Vinul „Fetească Neagră Academia” obținut în urma aplicării tehnologiei propuse prezintă un profil aromatic complex (coacăze, prune uscate, condimente), structură amplă, taninuri catifelate și echilibru gustativ. Parametrii analitici confirmă calitatea superioară: alcool 14,5% vol, aciditate totală 5,5 g/L, pH 3,72, extract nereducător 31 g/L. Vinul a fost lansat în gama „Academia” destinată piețelor premium. În total pe parcursul campaniilor de recoltare 2021-2023, au fost elaborate 10 000 betelii de vin Fetească Neagră Academia.

Recomandări ale comisiei

Comisia recomandă extinderea implementării acestui model de vinificare diferențiată la nivelul altor crame din Grupul Purcari, precum și promovarea sa în cadrul sectorului vitivinicol din Republica Moldova ca exemplu de bună practică bazată pe cercetare aplicativă și adaptare la cerințele pieței.

Semnăturile comisiei:

Director producere
Manager Departament Certificare
Director Cercetare, Dezvoltare, Inovare
Doctorand Universitatea Tehnică
Doctorand Universitatea Tehnică


CHIOSA N.
MIHAILOV S.
ARPENTIN G.
YAO M.
WANG F.

Anexa 4.2. ACT DE TRANSFER TEHNOLOGIC ȘI DE IMPLEMENTARE
a metodologiei de SP Leova

ȘCOALA PROFESIONALĂ LEOVA



APROBAT
Director Școala Profesională Leova
G.FLOREA

ACT DE TRANSFER TEHNOLOGIC ȘI DE IMPLEMENTARE

a metodei de vinificare orientată către vinuri ușor de băut, aplicabilă în condiții didactice

Comisia în componența:

OPREA A. - Șefa de secție instruire practică, SP Leova
BOSTAN N. - Maistru instructor, Tehnolog vinificație, Vinaria didactică SP Leova
ARPENTIN G. - Director Cercetare, Dezvoltare și Inovare, Purcari Wineries Group
WANG F. - doctorand, Universitatea Tehnică a Moldovei
YAO M. - doctorand, Universitatea Tehnică a Moldovei

a întocmit prezentul act pentru confirmarea implementării unei metode simplificate de vinificare a soiului Fetească Neagră la nivelul Vinăriei Didactice a Școlii Profesionale din Leova în perioada campaniilor de vinificare 2023-2025.

Scopul implementării

Validarea ipotezelor de cercetare în condiții tehnologice simplificate și formarea competențelor profesionale ale elevilor în aplicarea unor metode moderne de vinificare orientate spre calitate și expresia terroir-ului, pentru obținerea unui vin tânăr, proaspăt, ușor de băut („facile à boire”), adaptat cerințelor piețelor internaționale.

Etapele implementării

- Selecția strugurilor din parcela experimentală Leova, recoltare manuală la maturitate optimă;
- Prelucrare primară cu sulfatare ușoară în prezența gheții carbonice și fermentație condusă cu tulpina QA23;
- Controlul fermentației la 25°C, extracție limitată, separarea mustului la 1055–1060 g/cm³;
- Finalizarea fermentației la 18–20°C și fermentație malolactică parțială (8–10 zile);
- Stabilizare prin răcire, fără tratamente suplimentare de clarifiere.

Rezultatele obținute

Vinul obținut prezintă un profil fructat și echilibrat, dominat de note de zmeură, vișină, coacăză și nuanțe florale. Parametrii medii: alcool 13,0% vol; aciditate 6,0 g/L; pH 3,62; extract sec nereducător 26,8 g/L; zaharuri reziduale <3,0 g/L. Stabilitatea fizico-chimică și profilul senzorial atractiv au permis includerea acestuia într-un lot pilot destinat exportului prin monopolul SAQ (Canada), validând aplicabilitatea comercială a metodei. În total pe parcursul perioadei campaniilor 2023-2025 au fost elaborate și comercializate către monopolul canadian SAQ circa 5 000 butelii de vin de acest stil.

Componenta didactică

Procesul de vinificare a fost realizat cu implicarea activă a elevilor, contribuind la formarea competențelor practice în domeniul vinificației moderne, inclusiv: recoltare, controlul fermentației, analize fizico-chimice, evaluare senzorială. Această activitate a reprezentat o punte între cercetarea aplicativă și formarea profesională.

Recomandări ale comisiei

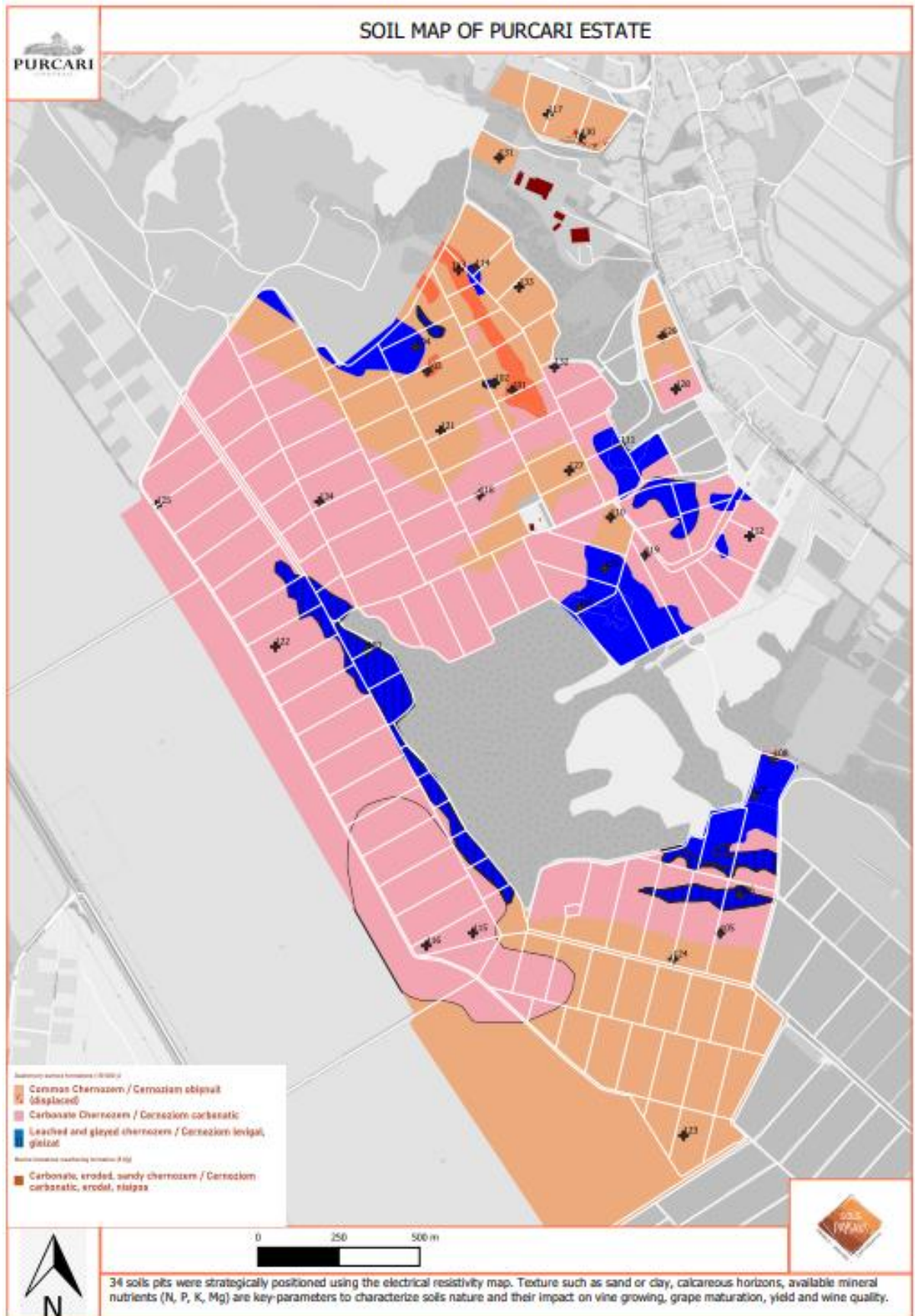
Comisia recomandă utilizarea acestei metode ca model reproductibil pentru cramele didactice și pentru micii producători care doresc să obțină vinuri de calitate, ușor de băut, cu valoare comercială, validate prin date experimentale și conforme cu cerințele piețelor internaționale.

Semnăturile comisiei:

Șefa de secție instruire practică
Tehnolog vinificație
Director Cercetare, Dezvoltare, Inovare
Doctorand Universitatea Tehnică
Doctorand Universitatea Tehnică

OPREA A.
BOSTAN N.
ARPENTIN G.
WANG F.
YAO M.

Anexa 5. Harta solurilor a domeniului Purcari



**Anexa 6.1. Certificat de participare la conferința CASEE CONFERENCE 2023
“Smart Life Sciences and Technology for Sustainable Development”, Chisinau, Moldova**



*Certificate
of Attendance*

This is to certify that

Fei Wang

attended the **13th CASEE Conference**
held on June 28-30, 2023 at Technical University of Moldova,
Chisinau, Republic of Moldova

Professor, UTM Rector
VIOREL BOSTAN

V. Bostan


**Anexa 6.2. Certificat de prezentare științifică al celui de-al 45-lea
Congres Mondial al Viei și Vinului, Dijon, Franța. 2024**



**CERTIFICATE OF
SCIENTIFIC PRESENTATION**

On behalf of the French Scientific Committee,

I hereby certify that
Meiling Yao, Fei Wang, Gheorghe Arpentin

has/have presented the paper in the form of
Poster

entitled
Sensory evaluation and aroma component differences in two pdc winemaking schemes

and which number is 2024-185
at the 45th World Congress of Vine and Wine,
from 14 to 18 October 2024 in Dijon, France.

Yours faithfully

Pierre-Louis TEISSEDRE

CHAIRMAN OF THE OIV 'SAFETY & HEALTH' COMMISSION
SCIENTIFIC DELEGATE TO THE OIV 'SAFETY & HEALTH' COMMISSION
UNIVERSITY OF BORDEAUX - INSTITUTE OF VINE AND WINE SCIENCES
CHAIRMAN OF THE FRENCH SCIENTIFIC COMMITTEE
OF THE 45th WORLD CONGRESS OF VINE AND WINE



International Organisation
of Vine and Wine
Intergovernmental Organisation

Anexa 6.3. Certificat de OIV International Ampelography Course
Montpellier, France. 2022



Declarația privind asumarea răspunderii

Fei WANG, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Fei WANG




— ————— —

Curriculum Vitae

INFORMAȚII PERSONALE

Fei WANG



 str. Moara Roșie 2/4, MD-2005, Chisinau, Republica Moldova
 +373 069490875
 Moldova201510@gmail.com

Sex Masculin | Data nașterii 10/01/1991 | Nationality Chinez

DOMENII DE INTERES ȘTIINȚIFIC

Viticultură și vinificație, terroir.

EDUCAȚIE ȘI FORMARE PROFESIONALĂ

Doctorat (2018 - 2026)	Tehnologia băuturilor alcoolice și nealcoolice Universitatea Tehnică a Moldovei
Master (2016 - 2018)	Master în Științe Agricole, Media generală (9.39/10) Universitatea Agrară de Stat din Moldova (Universitatea Tehnică a Moldovei)
Licențiat (2010 - 2014)	Licență în Agricultură, Media generală (9.39/10) Universitatea Agricolă din Mongolia Interioară (China)

Practică

Vinificator (2021)	Practicarea tehnicilor de vinificație Purcari winery, Moldova
Vinificator (2022-24)	Practicarea tehnicilor de vinificație Școlii Profesionale din Leova

LIMBII ȘI ACTIVITATE ȘTIINȚIFICĂ

Limba maternă	Limba chineză				
Other language(s)	UNDERSTANDING		SPEAKING		WRITING
	Listening	Reading	Spoken interaction	Spoken production	
English	B2	C1	B2	B2	C1
Romanian	B2	B2	B2	B2	B2
Participation in scientific events	1. 46 th world conference of vine and wine, Moldova, 2025 Short communication: Volatile compounds as indicators of terroir differentiation in Moldovan Feteasca Neagra Wines 2. 45 th world conference of vine and wine, Franta, 2024 Poster: Sensory evaluation and aroma component differences in two pdc winemaking schemes 3. 44 th world conference of vine and wine, Spain, 2023 Poster: The microbial diversity research of Feteasca Neagra grown in three geographical indications from the Republic of Moldova 4. 13 th CASEE Conference, CASEE CONFERENCE 2023 “Smart Life Sciences and Technology for Sustainable Development”, Chisinau, Moldova Poster: Phenology of the native species Fetească Neagră in Moldova under the background of climate change 5. 43 th world conference of vine and wine, Mexico, 2022 Presentation: Bioprotection as a tool to produce natural wine: Impact on physicochemical and sensory analysis				
Scientific publication	12 science articles: 1. Yao, M., Wang, F., Arpentin, G. Exploratory terroir differentiation of Fetească Neagră wines via volatile aroma compounds in Moldovan regions. In: Journal of Food Measurement and Characterization, 2026. ISSN 2193-4134. DOI: https://doi.org/10.1007/s11694-025-04007-w 2. Deng, Y., Zhao, M., Jia, L., Liang, J., Wang, F., Yao, M., Mitina, I., Zhang, J., Feng, H., Arpentin,				

G. Exogenous ATP Functions in Alleviating the Decrease in Quality of Grape (*Vitis vinifera* L.) Fruits After Harvest. In: *Flavour and Fragrance Journal*, 2025, vol. 40, pp. 417-424. ISSN 0882-5734. DOI: <https://doi.org/10.1002/ffj.3850>

3. Wang, F., Yao, M., Arpentin, G. Sensory evaluation of Fetească Neagră wine in Republic Moldova. In: *Magarach Vinogradstvo i Vinodelie*, 2022, vol. 24(1), pp. 90-94. ISSN 0236-1264. DOI: <https://doi.org/10.35547/IM.2022.38.66.014>

4. Wang, F., Yao, M., Arpentin, G. Exploring the Micro and Macro terroir of Feteasca Neagra wine from Moldova. In: *Journal of Engineering Sciences*, 2024, vol. 31, nr.1, pp. 97-111. ISSN 2587-3474. DOI: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2024.31\(1\).08](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2024.31(1).08)

5. Wang, F., Yao, M., Arpentin, G. Application of gas chromatography-ion mobility spectrometry (gc-ims) to characterize volatile signatures of fetească neagră wines from the igp ștefan vodă region. In: *Journal of Engineering Sciences*, 2024, vol. 31, nr.1, pp. 97-111. ISSN 2587-3474. DOI: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2024.31\(1\).08](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2024.31(1).08)

6. Yao M., Wang F., Arpentin G., Xiao C. Volatile compounds as indicators of terroir differentiation in Moldovan Feteasca Neagra wines. In: *IVES Conference Series, 46th World Congress of Vine and Wine*, <https://doi.org/10.58233/XgY6a09Y>.

7. Wang, F., Yao, M., Arpentin, G. Terroir of Fetească Neagră wines from Moldova. In: *International Scientific-Practical Conference on Modern Trends of Science, Innovative Technologies in Viticulture and Winemaking*. Yalta, Rusia, 2023, vol. 78, pp. 1-7. ISSN 2117-4458. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237805003>

8. Wang, F. Phenology of the native species Fetească Neagră in Moldova under the background of climate change. In: *Smart Life Sciences and Technology for Sustainable Development*, Ed. Ediția 13, 28 iunie 2023, Chișinău. Chișinău: „Tehnica-UTM”, 2023, Ediția 13, p. 61. ISBN 978-9975-64-363-4.

9. Yao, M., Wang, F., Arpentin, G. Studiul microorganismelor strugurilor din podgoriile Republicii Moldova: influența factorilor uman și natural. In: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*, 2023, vol.70, nr.3, pp. 99-106. ISSN 1857-0461. DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.23.3-70.08>

10. Yao, M., Wang, F., Arpentin, G. The Effect of pesticide usage on grape yeast. In: *International Scientific-Practical Conference on Modern Trends of Science, Innovative Technologies in Viticulture and Winemaking*. Yalta, Rusia, 2022, vol. 53, pp. 1-6. ISSN 2117-4458. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20225305001>

11. Yao, M., Wang, F., Breahnă, E., Arpentin, G. The yeast on the grape berry surface influenced by climatic factors. In: *BIO Web of Conferences: . Modern Trends in Science, Innovative Technologies in Vineyards and Wine Making*, Ed. 1, 6-10 septembrie 2021, Yalta, Republic of Crimea. Les Ulis: EDP Sciences, 2021, Vol. 39, pp. 1-8. ISSN 2117-4458.

12. Yao, M., Wang, F., Arpentin, G. Bioprotection as a tool to produce natural wine: Impact on physicochemical and sensory analysis. In: *43rd World Congress of Vine and Wine*, Ensenada, Mexico, 2022, vol. 56, pp.1-4. ISSN 2273-1709. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20235602019>