

---

# *Korai aromafelszabadító hatással rendelkező enzimhasználat vizsgálata Furmint szőlőfajta esetében a Tokaji borvidéken*

**Kulcsszavak:** aromafelszabadító enzimek, Furmint, klímaváltozás, pektinbontás, Tokaj, vadélesztő

## **1. Összefoglalás**

A Furmint a Tokaji borvidék legjelentősebb szőlőfajtája. Fontos értéke, hogy a klímaváltozás okozta szőlőnövényre gyakorolt szárazságstresszre kevésbé érzékeny, jól meg tudja tartani a savait, viszont aromaanyagokban hamar elszegényedik, mert nem képződnek a különféle terpénvegyületek. Borászati technológiai megoldást jelenthet korai aromafeltáró enzimek és speciális célra orientált non-Saccharomyces és Saccharomyces kombinált fajlesztők használata, amelyek révén felszabadíthatóvá válnak az aromakomponensek már az erjedés során és gazdagabb, komplexebb ízek alakulhatnak ki az élesztőtörzsek segítségével. Jelen tanulmány az Erbslöh GmbH aromafeltáró enzimek készítményeinek (Trenolin®FastFlow, Trenolin®BouquetPLUS), valamint speciális fajlesztő törzseinek (Oenoferm®Klosterneuburg, Oenoferm®Wild&Pure) Furmint szőlőfajta borának aromaösszetételre gyakorolt hatását mutatja be a Tokaji borvidéken.

<sup>1</sup> Eszterházy Károly Katolikus Egyetem

## 2. Bevezetés

A klímaváltozás a szőlő-bor ágazatot sem kíméli, folyamatosan emelkedik az átlaghőmérséklet, 2050-ig 0,5-3°C növekedés várható, a fagyos napok száma 12-15 nappal kevesebb lesz, a hőségriadó szintjét elérő napok száma megközelítőleg 14 nappal több lesz. Megváltozik a csapadék formája, mennyisége, gyakorisága, összességében kevesebb eső várható, azonban intenzívebb formában, ami talajerózióhoz és a domborzati viszonyok átalakulásához vezethet (MKIK-GVI, 2015). A klímaváltozás okozta hatások egyre nagyobb stresszhelyzetet teremtenek a szőlőnövények számára is, mindez azt vetíti elő, hogy a világ szőlő- és bortérképe át fog alakulni, eltolódnak az egyes szőlőtermesztésre alkalmas területek határa észak felé, kiszelektálódnak szőlőfajták és újabb fajták telepítése kerül előtérbe. Változtatni kell a borkészítési gyakorlaton, mert egyre magasabb cukortartalommal és vele párhuzamosan alacsonyabb savtartalommal kell szembenézni, a magasabb cukorkoncentráció hatására fellépő ozmotikus viszonyok rontani fogják a *Saccharomyces cerevisiae* törzsek erjesztési képességét, előtérbe kerül a *Saccharomyces bayanus*, valamint a különböző vadélesztő szelekciók alkalmazása (Szendei, 2021). Annak ellenére, hogy a szőlőnövény alkalmazkodó képessége nagy, a szélsőséges időjárási körülmények hatására az egyes fenológiai fázisok közötti időszakok lerövidülnek, így a zsendülés és termésérés hamarabb, magasabb hőmérsékleten játszódik le. Az érő szőlőbogyó különösen érzékeny az extrém magas hőmérséklet és napsugárzás kombinációjára, mivel párologással csak minimális mértékben képes hűteni felületét. A cukortartalom, ezáltal a bor alkoholtartalma megnő, ezzel egyidejűleg a savtartalom csökken, a pH érték viszont emelkedik.

A magas alkoholtartalom ellenére is számolni kell a veszéllyel, hogy pH 3,8 fölött káros mikrobiológiai tevékenység lép fel. Egyre több kártevő megjelenésével kell számolni, valamint az UV-B sugárzás növekvő mértéke a tápanyagellátottsági problémákkal együtt a szárazság- stresszel kísérve kálium-, kalcium-, polifenol tartalomban is növekedést fog eredményezni, valamint egyre kevesebb aromaprekurzor jelenlétével kell számolni (Bene, 2024).

Elkerülhetetlen a Tokaji borvidék számára is a felkészülés a klímaváltozás negatív hatásainak ellensúlyozására és komoly felelőséget ró a jelenkor szakembereire, hogy mindezt hogyan teszi meg úgy, hogy a hagyományok is fennmaradhassanak. Az elvégzett munka hozzájárul ehhez a folyamathoz, azt vizsgálja, hogy a Furmint szőlőfajta esetében milyen technológiai lehetőségek vannak az érzékszervi paraméterek javítására, valamint keresi a választ arra a kérdésre, hogy az alkalmazott módszerek közül az enzimhasználatnak vagy a fajélesztőnek van-e nagyobb szerepe az aromajegyek kialakításában, illetve igazolható-e a korai aromafeltáró enzimhasználat aromakomponensekre gyakorolt kedvező hatása.

## 3. A Furmint szőlőfajta sajátossága

Minerális ízekben gazdag és határozott, magas savtartalmú száraz, késői szüretelésű és tokaji borkülönlegességek készítésének alapvető szőlőfajtája. Kiemelkedő a szerepe az aszúsodás vonatkozásában. A világ szőlőfajtáit tekintve jól aszúsodó fehér szőlőfajták: Sauvignon Blanc, Rajnai Rizling, Semillon, Chenin Blanc, Pinot Blanc, Muscat Blanc, Chardonnay, Picolit, Olaszrizling, Müller-Thurgau, Ruländer, Silvaner, Furmint, Hárslevelű, Sárga muskotály, Kövérszőlő, Kabar; Arad-Hegyalján kékszőlőt, a Kadarkát használják.

Az aszúsodás kialakulásához több alapvető feltételnek kell együttesen teljesülnie:

- a gombafertőzést indukáló nedves időjárás a szőlőt teljes érésben érje;
- ugyanakkor a bogyók épek, sérülésmentesek legyenek;
- a néhány napos csapadékos - párás időszak után pedig hosszú száraz periódus következzen;
- a szőlőfajta *Botrytis* jelenlétére adott enzimes válaszreakciói lehetővé tegyék a sajátos biokémiai folyamatok lejátszódását (Bene, 2004).

Az egyes szőlőfajták esetében kedvezők azok, amelyeknek szívós és alacsony viasztartalmú a bogyóhéja, vékony legyen a kutikula, lazább fürtszerkezet alakuljon ki, mert fontos, hogy a gombanövekedés korlátozott legyen és a gombametabolizmus szabályozott módon tudjon végbe menni (Gabler et al., 2003).

Aromaanyagait tekintve neutrális szőlőfajta, kevesebb terpénalkohol található mustjában, illó vegyületei hat szénatomos aldehidekből és alkoholokból, kapronsavból, benzilalkoholból és - butirolaktonból állnak túlnyomó többségben (Kállay, 1998). Héjon erjesztéses eljárással készítve gyakran mutat gyógynövényes jegyeket, csalán, menta, kamilla jelenik meg illatában és ízében (Bene, 2020).

## 4. A szőlő és a must legfontosabb aromaanyagai

A szőlőbogyó héjában és a gyümölcshúsban található az a vegyületek, amelyek az ún. primer vagy elsődleges aromaanyagok és alapvetően meghatározzák a belőle készített bor illatát és ízét, valamint található olyan prekurzorok, amelyekből enzimatis vagy savas hidrolízissel újabb aromaanyagok tudnak kialakulni azáltal, hogy a préselést követően a mustba kerülnek.

Az aromaanyagokat csoportosíthatjuk keletkezésük és előfordulásuk, valamint kémiai felépítésük alapján.

Keletkezésük szerint lehetnek:

- Primer vagy elsődleges aromák (az egyes szőlőfajtákra jellemző aromavegyületek)
- Prefermentatív aromák (a szőlőfeldolgozás során képződnek)
- Fermentatív vagy erjedési aromák (az erjedési folyamat termékei)
- Érlelési aromák (a borok tárolása során képződő aromaanyagok az oxigénnel való érintkezés hatására, illetve a különböző tárolóedényekkel való érintkezés eredményeként).

Kémiai összetételt tekintve lehetnek:





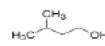








- Aldehidek és ketonok, acetálok
- Észterek
- Laktonok és más oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek
- Terpének, terpénalkoholok és egyszerű alkoholok
- Nitrogéntartalmú vegyületek
- Kéntartalmú vegyületek
- Polifenolok (Kállay, 1998).



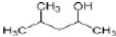
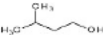





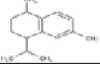

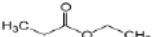
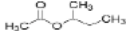
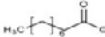
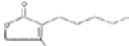

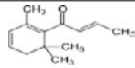


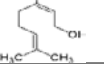
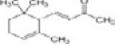
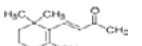
Az illatos szőlőfajták érzékszervi jellemzőit a monohidroxi-terpénalkoholok (linalool, -terpineol, nerol, geraniol, citronellol, hotrienol) és a terpénszármazékok (1-diéndiol, 2- diéndiol, triol, endiol, cisz-linalool oxid) határozzák meg (Ferreira-Lopez, 2019).

A nemillatos, neutrális fajták esetében a különböző gázkromatográfia-tömegspektrometria vizsgálatokkal damascenon, -ionon, etil-hexanoát, etil-oktanoát, valamint hexanol, dekansav és (E,Z)-2,6-nonadienal) vegyületeket izoláltak legnagyobb mennyiségben (Fan et al., 2010).

A borokban leggyakrabban előforduló illékony aromavegyületeket és érzékszervi jellemzőit az **1.táblázat** mutatja.

**1. táblázat: A szőlő, must és borok legfontosabb illékony aromavegyületei (Forrás: Ribéreau-Gayon et al., 2006 és Ferreira-Lopez, 2019 alapján saját szerkesztés)**

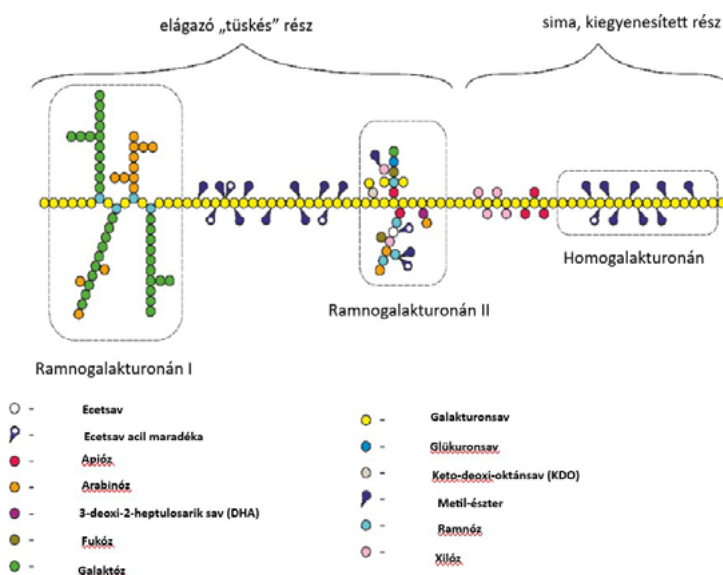
Vegyület neve	Konstitúciós képlete	Érzékszervi jellemző
<b>Alkoholok</b>		
Propanol-1		gumi
Propanol-2 (Izopropil-alkohol)		gyümölcs
Butanol-1		kámfor
Metil-2-propanol-1 (Izobutil-alkohol)		burgonya és szója
Metil-3-butanol-1 (Izoamil-alkohol)		körte és banán
2-fenil-etanol		rózsa és virág
Hexanol-1		frissen vágott fű
Hexanol-2		citrus
Heptanol-1		fűszer
Heptanol-2		gyümölcs
Octanol-1		rózsa és citrom
Octanol-2		gomba és vaj
Nonanol-1		citrus

Vegyület neve	Konstitúciós képlete	Érzékszervi jellemző
Nonanol-2		uborka és citrus
Decanol-1		virág
4-metil-pentanol		olaj
Izopentil alkohol		gyümölcs és körte
<b>Észterek</b>		
Izobutil-acetát		gyümölcs és virág
Izoamil-acetát		banán és alma
Benzooesav, 2-hidroxi-metil észter		édes menta
Etil-dekanoát		körte
Etil-oktanoát		gyümölcs és virág
Transz-Calamen		gyógynövény és fokhagyma
Etil-palmitát		viasz
Etil-propanoát		ananasz
Pentil-propanoát		alma
Etil-9-hidroxi-nonanoát		botritiszes aroma
<b>Laktonok</b>		
2-vinil-2-metil-5-tetrahydroxifuranon		mazsola
4,5-dimetiltetrahidro-2,3-furándion (szotolon)		botritisz és sherry aroma
<b>Terpének</b>		
Damaszcenon		rózsa
Linalool		virág és citrus
Terpineol		gyöngyvirág és akác
Nerol-oxid		virág és narancsvirág
-ionon		virág
-ionon		ibolya

## 5. Aromafelszabadító enzimek

A borászatban számos enzim használható segédanyagként: pektinázok, cellulázok, glükozidázok, glükánázok, lizozim, macerázok, poligalakturonázok, liázok attól függően, hogy fehér- vagy vörösborkészítésben történik az alkalmazás és mi a célja az enzimhasználatnak. A szőlőben található aromavegyületek és vagy a prekursoraik szabadon vagy kötött formában vannak jelen (Carro et al., 1996), így a különböző enzimek használatával gazdagíthatjuk az aromaösszetételt, például az illó fenolok vagy terpénszármazékok mennyisége számottevően növekedhet, így érzékszervileg is jobban érezhetőek (Hampel et al., 2014).

Fehérszőlőknél a pektinlánc (**1. ábra**) bontása az egyik legfontosabb felhasználási terület, könnyebb préselhetőséget és jobb szűrhetőséget tud eredményezni. A celluláz, hemicelluláz aktivitással rendelkező enzimek aroma- és aromaprekursor felszabadítást tudnak lehetővé tenni, illetve -glükozidáz aktivitással kiegészítve a glükózhoz és diszacharidokhoz kötött részeket tudják eltávolítani. Az ún. tüskés részek lebontása nehéz feladat, mert sokféle vegyületcsoport tud kapcsolódni az alapvázhoz, így szükséges, hogy az enzimválasztásnál körültekintően járjunk el és minél szélesebb spektrumú aktivitással rendelkezőt alkalmazzunk.



1.ábra: A pektinek szerkezete (Homogalakturonán rész: lineáris, elágazás nélküli, kisímitott rész; Ramnogalakturonán I és II: ún. tüskés, elágazással teli rész) (Forrás: Panczer et al., 2022)

Fontos szempont még a választásnál, hogy az enzim lehetőleg depszidáz (cinnamoyl észteráz) mentes legyen, mert a fehérbor szőlők mustjaiban nagy mennyiségben hidroxifahéjsav származékok találhatók, amelyek borkósavval észtert képeznek és a káros fahéjsav-észteráz enzimaktivitás révén keserű, fenolos, gyógyszerízűek jelenhetnek meg a vinil-fenoloknak (4-vinil-fenol, 4-vinilgvajakol) köszönhetően (Kovács-Kovács, 2007).

Kékszőlőknél a maceráz enzimek kerülnek előtérbe, mert szín- és tanninextrakciót tudnak megvalósítani azáltal, hogy celluláz/hemicelluláz aktivitásukkal a sejtfalat és a vakuolummembránt fel tudják tární.

## 6. Speciális célra orientált borászati fájlesztők

A borászati gyakorlatban egyre hangsúlyosabb szerepet kap a speciális célra orientált fájlesztők használata, a különböző szőlőfajtákhoz való ajánlásokon túl kiemelkedően fontos a kiváló erjedésvezetési tulajdonság, amely mellett igényként lép fel a komplex vadélesztős aromatika megjelenése, alacsony alkoholtartalom megvalósítása gyümölcsös boroknál, savtermelést végző tevékenység, alkalmasság koinjukuláns (élesztő és tejsavbaktérium kultúra együttes alkalmazása) almasavbontáshoz. Mindezek megvalósítására az egyes gyártók számos fájlesztő készítményt kínálnak kereskedelmi forgalomban, azonban megfelelő tápanyagellátottság hiányában ezek a törzsek nem tudják betölteni azt a funkciót, amelyet alkalmazásuktól várunk. A különböző nem optimális környezeti tényezőkre a különböző fájlesztő törzsek azonos módon reagálnak: csökken a metabolikus aktivitás, tartaléktápanyagok és stressz ellen védő molekulák felhalmozódnak, megerősödik a sejtfaluk (Bauer and Pretorius, 2000). Az erjesztő élesztő számára az alacsony hőmérséklet, a potenciális nitrogénhiány, a magas kiindulási cukortartalom jelentette nagy ozmózisnyomás, majd a cukortartalom erjesztésével egyre emelkedő alkohol toxicitása egyidejűleg egy fokozott stresszállapot kialakulásának kiváltója lehet, amelyet megfelelő tápanyag menedzsmenttel megelőzni, illetve korrigálni lehet (Bene, 2023). A klímaváltozás egyik nemkívánatos hatása az aromaanyagokban és a savakban történő elszegényedés, amelyet aromafeltáró és korai aromafeltáró enzimhasználatával csökkenteni lehet (Rodríguez-Nogales et al.,

2024), valamint non-Saccharomyces borászati fajlesztő kultúrával gazdagabb és komplexebb ízvilágot lehet megvalósítani (Bene-Kiss, 2023). Egyre nagyobb szerepet kap a *Torulaspota delbrueckii*, *Metschnikowia pulcherrima*, *Pichia kluyveri*, *Lachancea thermotolerans* vadlesztő törzsek borászati alkalmazása a fehérborok, vörösborok és a pezsgőalapborok esetében is (Szendei, 2021).

## 7. Anyag és módszer

A Furmint szőlő szüreti időpontja: 2024. szeptember 28., Bodrogkisfalud, Kisvár-dűlő, Bene Zsuzsanna őstermelő szőlője. 20 q szőlő került leszedésre, 10 g/hl Sterisol 600 nevű szerrel kénezés, bogyózás, zúzás áztatótartályba és 5 ml/hl Trenolin®FastFlow speciális folyékony enzimmal kezelve, 2 óra hatásidő elteltét követően 50 liter cefre kivételével préselés, majd üvegballonokba és 1 amfórába töltés, majd kétféle élesztőkészítménnyel: Oenoferm®Klosterneuburg és Oenoferm®Wild&Pure beoltás, valamint Trenolin®Bouquet enzimmal kezelés következett különböző adagokban.

A félretett 50 liter esetében további 15 ml/hl Trenolin®Bouquet<sup>Plus</sup> enzim adagolása következett, majd 2 óra várakozást követően külön kerültek kipréselésre és ketté lettek választva annak érdekében, hogy a 2 különböző élesztőtörzsszel be lehessen oltani.

Az élesztőtörzsek rehidratációt követően 20 g/hl Vitaferm®Ultra F3 tápanyagot kaptak, majd úgy kerültek az üvegballonokba és 1 amfórába (**2. táblázat, 2.,3. ábra**).

Minden minta 30 ml/hl Vitaferm®Liquid tápanyagot kapott minden nap.

A hőmérsékleti tartományokat tekintve mindkettő élesztő számára a 18-20°C volt az optimális erjedési tartomány, hőmérővel történt az ellenőrzés és teremhűtéssel a temperálás, vízfolyásos köpenyhűtés került alkalmazásra a túlmelegedett üvegballonok esetében (**2. ábra**).

1. táblázat: A különböző kezelésekkal történő mintabeállítások

Minta megnevezése	Kezelések/faj élesztő	Kezelések/ Trenolin®B ouquet Plus enzimadag	Kezelések/egyéb
OK1	O.Klosterneuburg	0 ml/hl	-
OK2	O.Klosterneuburg	5 ml/hl	-
OK3	O.Klosterneuburg	10 ml/hl	-
OK4	O.Klosterneuburg	15 ml/hl	-
OK5	O.Klosterneuburg	15 ml/hl	1 kg érett, lebogyózott szőlőszem hozzáadása
OK6	O.Klosterneuburg	15 ml/hl	a préselést megelőzően még 15 ml/hl Trenolin®Bouquet <sup>Plus</sup> enzimmal volt kezelve 2 h ideig
WP1	O.Wild&Pure	0 ml/hl	-
WP2	O.Wild&Pure	5 ml/hl	-
WP3	O.Wild&Pure	10 ml/hl	-
WP4	O.Wild&Pure	15 ml/hl	-
WP5	O.Wild&Pure	15 ml/hl	1 kg érett, lebogyózott szőlőszem hozzáadása
WP6	O.Wild&Pure	15 ml/hl	a préselést megelőzően még 15 ml/hl Trenolin®Bouquet <sup>Plus</sup> enzimmal volt kezelve 2 h ideig
K13 (kontroll)	spontán erjedés	10 ml/hl	-
K14	spontán erjedés	0 ml/hl	amfórában történő erjedés, 1 kg érett, lebogyózott szőlőszem hozzáadása



2. ábra: a, a beállított 14 minta b, a hőmérsékletmérés megvalósítása



3. ábra: a, az amfórában történő szőlőbogyóval való együtterjedés b, az üvegballonban történő szőlőbogyós erjesztés kivitelezése

### 7.1 A kezelőszerek bemutatása

*Sterisol 600 (Ever s.r.l):* ammónium-biszulfitot tartalmazó koncentrált kénezőanyag, amely hatékonyan alkalmazható a szőlőfeldolgozás során az oxidáció megelőzésére, az ecetsavbaktériumok káros tevékenységének megakadályozására és asszimilálható nitrogénforrásként erjedési tápanyagként is szolgál.

*Trenolin®FastFlow enzim (Erbslöh GmbH):* Intenzív pektinbontó hatással rendelkezik, javítja a fehér- és vörösborok préselhetőségét. Arabinogalaktán-II-hidroláz enzimirészt tartalmaz, amelynek segítségével képes a nehezen lebontható pektinfrakciók eltávolítására.

*Trenolin®Bouquet<sup>Plus</sup> enzim (Erbslöh GmbH):* speciális -glükozidáz aktivitással rendelkező enzim, korai aromafelszabadításra képes fehér szőlőfajták esetében, intenzív illatú és aromájú terpénalkoholok felszabadítására képes.

*Vitamin®Liquid folyékony tápsó (Erbslöh GmbH):* DAP és tiamin tartalmú, folyamatosan adagolható tápsó.

*Vitaferm®Ultra F3 tápsó (Erbslöh GmbH):* Komplex tápanyag, DAP, tiamin, inaktív élesztő és élesztősejtfal alkotóelemekből áll.

*Oenoferm®Klosterneuburg fajlesztő (Erbslöh GmbH):* Jó alkoholtoleranciával rendelkező élesztőtörzs, fehérbors, diós, mogyorós aromajegyek képzésére képes *Saccharomyces cerevisiae* törzs.

*Oenoferm®Wild&Pure fajlesztő (Erbslöh GmbH):* *Torulaspota delbrueckii*+*Saccharomyces* spp, nagyobb mennyiségű monoterpén és gyümölcsészter képzésre alkalmas (Erbslöh OenoGuide, 2022).

### 7.2 Erjedés nyomonkövetése

A kémiai összetétel vizsgálata és az erjedés nyomonkövetése NMR (NMR- Nucleic Magnetic Resonance) mágneses magrezonancia spektroszkópiával történt a Diagnosticum Zrt. Szerencsi laboratóriumában.

<sup>1</sup>H NMR technika (Godelmann et al., 2013) : <sup>1</sup>H NMR spektrumok rögzítése 26,85°C-on Bruker AVANCE 400 spectrométerrel és 400'54 ASCEND magnet rendszerrel (Bruker, Karlsruhe, Germany) proton NMR módban, frekvencián of 400.13 MHz. A célzott vizsgálathoz való minta előkészítés és vizsgálati paraméterek a következők voltak: pH állítás pH 3,1-ra automata BTPH rendszerrel, tetrametil-szilán adagolása, az NMR spektrumokat egy referenciaponttal kalibráljuk, 0-ra állítva a tetrametil-szilán (TMS) jelét, relaxációs késés 4 s, mintavételi idő 3,98 s, spektrális szélesség: 8223,68 Hz.

### 7.3 Aromavizsgálat

Az aromaanyagok vizsgálata a GC-MS HS-SPME vagyis gázkromatográfia- tömegspektrometria, góztéranalízis szilárd fázisú mikroextrakcióval történt a Cellarius Kft. borászati laboratóriumában Pécsen.

Az alkalmazott mintavételi eljárás képes a légtérben lévő illékony és fél-illékony komponensek megkötésére. Az illékony vegyületek kinyerésére 65 µm PDMS/DVB szál került alkalmazásra, amely a gyártó által előírt módon kondicionálva lett a mérések megkezdése előtt (65 µm PDMS/DVB: 250 °C-on 0,5 óra). Ezzel a mintavevő szállal lehet a legtöbb illékony vegyületet megkötni (Stoppacher et al., 2010). A minták tárolása 23 °C-on történt. Az SPME mintavétel ideje 15 perc volt, a gázkromatográf injektorában a deszorpció 240 °C-on 5 percig zajlott.

A mérések elvégzése Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra AOC-5000 Plus mintaadagolóval kapcsolt gázkromatográfia történt. Vivőgázként 6.0 (99,9999% tisztaságú) hélium került felhasználásra. A hélium áramlási sebessége 1,51 ml/perc volt. Az elválasztás ZB-5MS és ZB-WAXplus kapilláris kolonnával (30,0 m x 250 µm x 0,25 µm és 30,0 m x 250 µm x 0,25 µm, Phenomenex) történt, előbbi összetétele 5% fenil és 95% metilpolisziloxán, utóbbi pedig polietilén-glikol. A gázkromatográfot és tömegspektrométert összekötő úgynevezett transzfer line hőmérséklete 240 °C-ra került beállítva (ez megegyezik az oszlop véghőmérsékletével). A vizsgált m/z (töltésegységre eső tömeg) tartomány 50-400 m/z közé esett. Shimadzu GCMSsolution szoftver került használatra a gázkromatográfia-tömegspektrometria rendszer paramétereinek vezérléséhez, a komponensek kereséséhez, a tömegspektrumok elemzéséhez és az adatok további kiértékeléséhez, valamint a kromatogramok teljes körű összehasonlításához. A kromatográfias csúcsok, azaz a kapott komponensek azonosítása a NIST Mass Spectral Search (NIST/EPA/NIH/ Mass Spectral Library) Version 2.0. és Wiley FFNSC 2 tömegspektrum könyvtárral történt.

A statisztikai elemzés az Orange Data Mining Toolbox 3.37.0 verzió (Demšar et al., 2013) segítségével történt.

### 7.4 Profilanalízis – Bor aromaprofil érzékszervi vizsgálat

4 borász bíráló segítségével történt az érzékszervi vizsgálat külön értékelve az *illatjellemzőket*

6 szempont alapján 1-től 5-ig terjedő skálán vizsgálva: illatintenzitás, komplexitás, gyógynövényes-, gyümölcsös-, zöld levél/főtt alma-, frissen vágott fű jegyek; *ízjellemzők* külön 6 szempont 1-5 skálán: alkoholosság, savasság, gyógynövényes-, gyümölcsös-, vajjas jegyek, menta íz. A bírálat helyszíne a Tokajbor-Bene Pincészet kóstolóterme volt.

Az eredmények értékelése a PanelCheck 1.4.2 szoftver segítségével történt.

## 8. Eredmények

### 8.1 Kémiai összetétel

Az erjedés nyomonkövetésére nem a hagyományos analitikai eljárás lett használva, hanem műszeres mérés egyrészt azért, mert lényegesen kevesebb mintafelhasználást jelent az utóbbi, másrészt rövidebb idő alatt több paraméter vizsgálatára nyílik így lehetőség. A mérés korlátját az erjedés során képződő szén-dioxid jelenti, ezért a minták kémiai összetételének összehasonlítása kiejert újbor állapotban történt (**3. táblázat**).

3. táblázat: A minták analitikai paramétereai az erjedést követően

Borminta	K13	K14	OK1	OK2	OK3	OK4	OK5	OK6	WP1	WP2	WP3	WP4	WP5	WP6
Mért értékek														
Alapparaméterek														
Alkohol (v/v%)	11,1	11,1	11,2	11,1	11,2	11,1	11,2	11,2	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
Cukor (g/l)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Almasav (g/l)	1,9	2,0	1,4	1,5	1,5	1,6	1,4	1,4	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6	1,3
Borkósav (g/l)	4,6	4,5	4,8	4,9	4,7	4,4	4,3	4,4	3,5	3,3	3,3	3,9	3,4	3,6
Citromsav (g/l)	246	245	232	217	220	217	212	203	218	218	237	231	226	204
Tejsav (mg/l)	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
Anyagcseretermékek														
Ecetsav (mg/l)	147	170	122	121	115	135	124	125	120	125	123	121	124	115
Glükonsav (mg/l)	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400
Erjedési termékek														
2,3-butándiol (mg/l)	254	286	253	254	252	254	259	250	327	318	320	399	433	448
2-metil-propanol (mg/l)	<70	<70	84	76	71	83	71	81	80	85	85	83	82	82
2-fenil-etanol (mg/l)	48	49	79	71	76	71	75	69	62	61	64	62	64	61
3-metil-butanol (mg/l)	206	209	308	275	269	282	265	255	274	248	219	217	214	215
Acetaldehid (mg/l)	21	33	14	15	12	11	<10	14	13	16	16	16	15	16
Piroszőlősav (mg/l)	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Galakturonsav (mg/l)	566	556	475	490	518	551	547	527	472	499	519	518	553	548
Borosztyánkósav (mg/l)	869	868	941	984	937	1000	964	965	969	1000	909	949	953	968
Fenolsavak														
Kaftársav (mg/l)	39	36	35	35	36	39	39	50	37	35	35	37	37	50
Galluszsav (mg/l)	<25	<25	27	28	28	28	30	30	<25	<25	<25	<25	26	<25
Sikiminsav (mg/l)	40	41	36	36	35	35	35	36	36	32	30	35	37	35



Az alapvető kémiai paramétereket (alkohol, cukor) tekintve elmondható, hogy minden minta kiejert szárazra 10 nap alatt, egyik tételben sincs maradék cukortartalom és azonos alkoholkiszárazással történt a spontán erjedés és a fajlesztős beoltásokkal. Az Oenoferm®Wild&Pure fajlesztő alkalmazása alacsonyabb borkősav értékeket eredményezett. A citromsav értéke fajlesztőhasználat függvényének bizonyult, a spontán erjedéshez képest az OK és WP mintákban alacsonyabb mennyiségek voltak detektálhatók.

Az ecetsavtermelés a spontán erjedés (K13, K14) tételre volt jellemző, az összes minta közül az amfórásban történő erjesztés eredményezte a legmagasabb értéket.

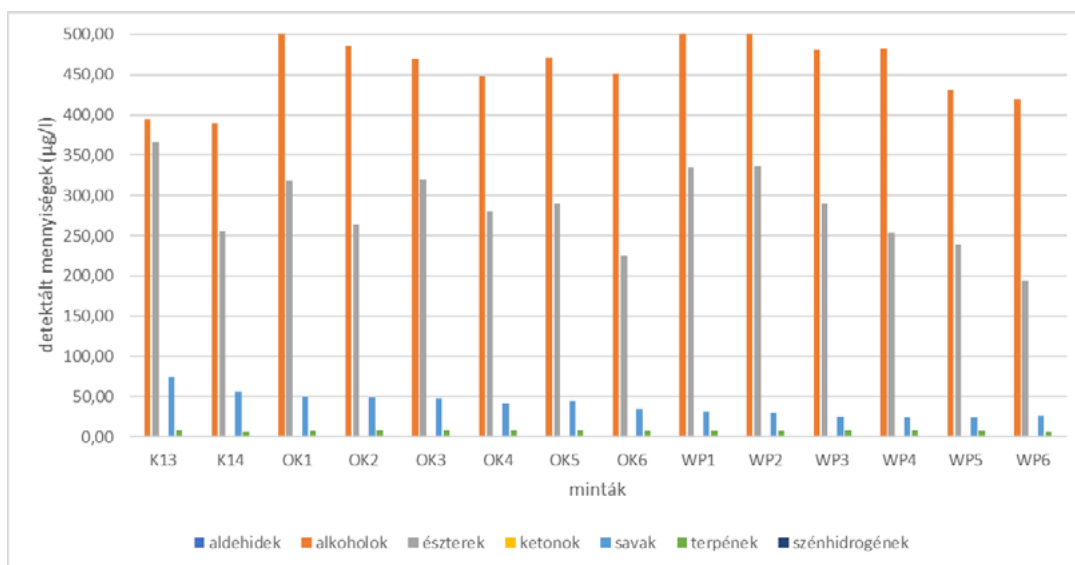
A magasabb rendű alkoholok esetében a 2,3-butándiol az amfóras mintában volt magasabb a kontrollhoz képest és a WP minták mindegyikében. A 2-metil-propanol és 3-metil-butanol esetében mindkettő fajlesztős mintákban (OK,WP) növekedés volt tapasztalható, a 2-fenil- etanol mennyisége a kontrollhoz képest az amfóras mintában (K14) is növekedést mutatott, de a fajlesztőhasználat magasabb mértéket lehet megvalósítani, ami az aromagazdagodáshoz vezet. Az aldehidtermelés az amfóras növekedést mutatott, míg a fajlesztőhasználat kiegyensúlyozottabb maradt. A fajlesztőhasználat a galakturonsav csökkenéséhez vezetett, míg a borostyánkősav tartalom növekedést lehetett tapasztalni.

A fenolsavak esetében az állapítható meg, hogy az élesztőtörzsek alapvetően nem befolyásolták a mennyiségüket, a sikiminsav kifejezetten fajtajellemző tulajdonsága tapasztalható, amelyet a spontán erjedés során nagyobb mennyiségben lehet detektálni. A kaptársav esetében mindkettő élesztőtörzsnél a külön préselt és magasabb enzimekkel kezelt tétel (OK6, WP6) lényegesen nagyobb termelést mutatott a spontán erjedés mintákhoz és az alacsonyabb enzimekkel készült tételhez képest. A galluszsav termelésben az Oenoferm®Klosterneuburg élesztő magasabb aktivitást mutatott.

Összességében elmondható, hogy ezen paraméterek esetében a különbségeknél az élesztőtörzsek szerepe erőteljesebb, mint az enzimek használata hatása.

## 8.2 Aromavizsgálat

A GC- vizsgálattal 97 aromakomponens volt detektálható (4. táblázat). Az egyes vegyületcsoportonként összetételt a 4. ábra mutatja.



4. ábra: Az egyes minták esetében detektálható aromaanyag vegyületcsoportok

A vegyületcsoportonkénti összes mennyiséget tekintve az élesztőhasználatra vonatkozóan lehet megállapításokat tenni, mert a különböző aromafeltáró enzimekkel nem a mennyiség, hanem az összetétel változik.

A minták a különböző alkoholokban és észterekben a leggazdagabbak, az élesztőhasználattal a detektálható alkoholok mennyisége növekedett, észterekben szegényedett az aromavilág a kontrollhoz képest. A savak esetében is csökkenés figyelhető meg az egyes minták esetében.

Legnagyobb mennyiségben alkoholokat (izopentil- alkoholt, 2-fenil-etanol, hexanol) és észtereket (izopentil-acetát, izoamil-acetát, etil-dekanoát, etil-hexanoát) lehetett izolálni. A savak közül a dekánsav és az oktánsav (kaprilsav), a terpének közül a damascenon és a linalool volt detektálható nagyobb mennyiségben, ahogyan a szakirodalomban is megtalálható a neutrális szőlőfajták esetében (Fan et al., 2010).

4. táblázat: A különböző minták esetében detektálható aromakomponensek (a mértékegység normalizált terület, egy belső standardhoz viszonyított terület, amely az arányokat jellemzi)

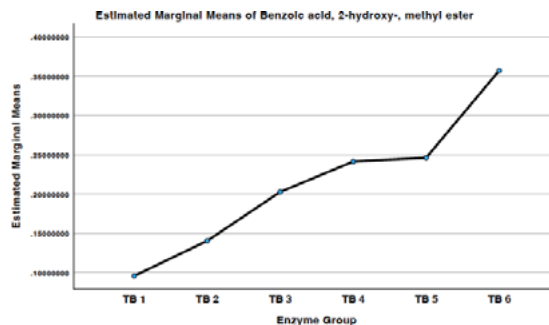
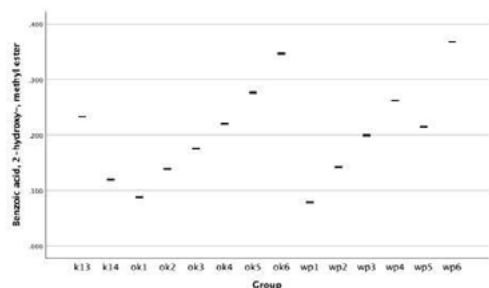
	k14	k13	ok1	ok2	ok3	ok4	ok5	ok6	wp1	wp2	wp3	wp4	wp5	wp6
<b>Aldehidek</b>	<b>0,30</b>	<b>0,37</b>	<b>0,34</b>	<b>0,47</b>	<b>0,40</b>	<b>0,37</b>	<b>0,28</b>	<b>0,70</b>	<b>0,35</b>	<b>0,61</b>	<b>0,51</b>	<b>0,42</b>	<b>0,53</b>	<b>0,40</b>
Benzaldehid	0,16	0,14	0,20	0,22	0,22	0,20	0,16	0,20	0,20	0,22	0,18	0,16	0,19	0,13
3-metil-butanol	0,04	0,10	0,05	0,10	0,04	0,04	0,02	0,35	0,03	0,14	0,17	0,08	0,13	0,12
Hexanal <n->	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,01	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04
Nonanal	0,07	0,10	0,07	0,10	0,11	0,10	0,08	0,11	0,08	0,20	0,11	0,15	0,17	0,10
Vanillin	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
<b>Alkohokok</b>	<b>389,69</b>	<b>394,74</b>	<b>509,20</b>	<b>485,52</b>	<b>470,06</b>	<b>448,58</b>	<b>470,92</b>	<b>450,92</b>	<b>505,45</b>	<b>515,30</b>	<b>480,67</b>	<b>481,87</b>	<b>430,70</b>	<b>419,35</b>
Benzil alkohol	1,19	1,05	0,80	1,48	1,01	0,88	0,94	1,18	1,78	0,72	0,58	0,75	0,71	0,75
BHT	0,05	0,09	0,09	0,12	0,07	0,07	0,14	0,17	0,17	0,14	0,21	0,14	0,15	0,12
Butil alkohol	0,20	0,23	0,25	0,22	0,21	0,20	0,21	0,12	0,23	0,24	0,24	0,24	0,22	0,17
Heptanol <n->	0,30	0,37	0,15	0,20	0,23	0,19	0,31	0,41	0,23	0,23	0,15	0,18	0,22	0,21
Hepten-3-ol	0,29	0,39	0,27	0,31	0,34	0,39	0,37	0,36	0,29	0,32	0,33	0,35	0,32	0,27
Hex-(3Z)-enol	0,64	0,73	0,74	0,87	0,87	0,86	0,84	0,72	0,76	0,91	0,90	0,91	0,81	0,70
Hexanol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hexanol <2-etil->	0,11	0,14	0,13	0,16	0,15	0,14	0,12	0,13	0,15	0,17	0,13	0,14	0,13	0,13
Hexanol <etil->	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,09	0,07	0,08	0,07	0,07
Hexanol <n->	19,36	22,65	22,21	22,92	23,11	22,22	21,21	16,37	20,08	22,52	23,40	23,39	19,58	14,43
Hidroxicitronellol	0,09	0,08	0,06	0,11	0,11	0,07	0,11	0,12	0,09	0,09	0,07	0,12	0,08	0,12
Izopentil alkohol	254,12	260,79	336,22	319,00	303,65	288,36	305,17	298,42	335,14	344,19	313,89	316,96	275,42	273,28
Oktanol <n->	0,69	0,71	0,89	1,07	0,86	0,88	0,93	0,92	1,21	1,06	0,81	0,81	0,80	0,80
Pentanol <4-metil->	0,30	0,34	0,44	0,38	0,40	0,36	0,41	0,31	0,42	0,36	0,34	0,26	0,27	0,23
2-feniletanol	112,29	107,10	146,89	138,64	138,96	133,87	140,10	131,63	144,83	144,26	139,54	137,55	131,95	128,06
<b>Egyéb</b>	<b>0,18</b>	<b>0,45</b>	<b>0,15</b>	<b>0,71</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,02</b>	<b>1,63</b>	<b>0,24</b>	<b>1,69</b>	<b>1,62</b>	<b>0,47</b>	<b>0,90</b>	<b>0,98</b>
2,4,5-trimetil-1,3-dioxolán	0,18	0,45	0,15	0,71	0,10	0,10	0,02	1,63	0,24	1,69	1,62	0,47	0,90	0,98
<b>Észterek</b>	<b>255,00</b>	<b>366,20</b>	<b>318,72</b>	<b>263,76</b>	<b>318,99</b>	<b>279,47</b>	<b>289,91</b>	<b>224,61</b>	<b>334,61</b>	<b>335,50</b>	<b>289,10</b>	<b>253,77</b>	<b>239,31</b>	<b>193,25</b>
Acetát <izobutil->	0,29	0,32	0,63	0,65	0,58	0,57	0,59	0,66	0,58	0,62	0,63	0,67	0,62	0,69
Acetát <pentil->	24,14	19,74	10,46	15,26	26,88	20,30	24,94	26,34	14,89	31,29	38,60	41,70	39,93	28,85
Benzoesav <2-[[[4-(4-hidroxi-4	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,13	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Benzoesav, 2-hidroxi-metil ész	0,12	0,23	0,09	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,08	0,14	0,20	0,26	0,22	0,37
Benzil karbil butirát	0,05	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,08	0,04	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06	0,03
Butirát <2-metil-, feniletil->	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,67	0,61	0,51	0,59	0,33	0,60
Butirát <3-hidroxi-, etil->	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Butirát <etil->	1,62	2,04	1,38	1,33	1,34	1,29	1,38	1,04	1,67	1,77	1,56	1,50	1,35	1,06
Butirát <izopentil->	0,07	0,07	0,08	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,09	0,09	0,07	0,07	0,06	0,07
Calamén <transz->	0,37	0,67	0,56	0,62	0,69	0,70	0,53	0,55	0,41	0,46	0,62	0,56	0,49	0,40
Krotonát <(E)-, etil->	0,05	0,09	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
Dekanoát <etil->	52,65	97,79	76,08	58,15	75,20	62,04	62,64	37,27	62,82	62,46	41,76	27,60	35,99	19,06
Dekanoát <metil->	0,22	0,39	0,27	0,21	0,27	0,22	0,24	0,15	0,21	0,21	0,12	0,10	0,14	0,08
Dodekanoát <etil->	2,64	6,91	4,76	2,98	3,27	2,36	1,83	1,44	3,03	4,00	2,06	1,42	1,68	1,18
Formát <hexil->	0,52	0,54	0,55	0,48	0,53	0,47	0,63	0,42	0,54	0,58	0,36	0,41	0,49	0,44
Furoát <2-etil->	0,12	0,15	0,17	0,18	0,17	0,17	0,15	0,14	0,16	0,19	0,19	0,18	0,15	0,13
Heptanoát <etil->	0,44	0,64	0,51	0,42	0,56	0,52	0,50	0,41	0,76	0,78	0,67	0,65	0,53	0,46
Hex-(2E)-enoát <etil->	0,54	0,69	0,53	0,40	0,59	0,49	0,45	0,36	0,44	0,50	0,49	0,43	0,39	0,42
Hex-(3Z)-enoát <etil->	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,05
Hex-(3Z)-enil acetát	0,21	0,27	0,27	0,31	0,29	0,32	0,26	0,20	0,29	0,30	0,29	0,31	0,22	0,21
Hexanoát <2-hidroxi, etil->	0,22	0,23	0,41	0,37	0,34	0,37	0,69	0,92	1,21	1,06	0,81	0,81	0,80	0,80
Hexanoát <etil->	43,50	56,09	42,80	38,94	41,80	40,39	38,29	33,12	57,69	55,74	49,09	43,06	35,58	37,14
Hexanoát <izopentil->	0,49	0,80	0,75	0,48	0,66	0,60	0,62	0,42	0,94	0,80	0,64	0,55	0,51	0,45
Hexanoát <metil->	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,10	0,10	0,09	0,07	0,07	0,09
Hexil acetát	0,94	1,28	1,71	1,70	1,37	1,49	1,22	0,51	1,87	1,71	1,44	1,28	0,99	0,44
Izoamil acetát	14,49	17,31	36,78	32,62	29,22	28,32	29,64	23,13	33,89	28,26	23,94	24,37	21,56	26,21
Izobutirát <etil->	0,18	0,20	0,36	0,43	0,33	0,40	0,35	0,43	0,44	0,48	0,51	0,52	0,38	0,48
Izovalerát <etil->	0,09	0,11	0,28	0,33	0,22	0,29	0,27	0,28	0,26	0,22	0,19	0,18	0,15	0,19
Izovalerát <feniletil->	0,00	0,00	0,03	0,07	0,02	0,04	0,03	0,04	0,64	0,57	0,46	0,55	0,32	0,52
n-kapril-sav izobutil észter	0,18	0,31	0,31	0,26	0,30	0,27	0,25	0,19	0,32	0,25	0,20	0,20	0,13	0,18
Neril propionát	0,14	0,19	0,15	0,15	0,18	0,17	0,18	0,12	0,13	0,13	0,16	0,14	0,14	0,10
Oktanoát <etil->	107,24	153,42	131,33	101,37	127,32	111,45	116,99	89,39	144,42	134,66	116,10	98,21	90,05	65,16
Oktanoát <izopentil->	0,69	1,28	1,38	0,95	1,16	1,01	0,99	0,75	1,46	1,25	0,90	0,76	0,73	0,70
Oktanoát <metil->	0,46	0,62	0,43	0,33	0,44	0,38	0,41	0,37	0,27	0,29	0,29	0,26	0,30	0,26
Palmitát <etil->	0,00	0,00	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
Feniletil hexanoát	0,18	0,28	0,18	0,16	0,14	0,16	0,18	0,08	0,30	0,22	0,18	0,16	0,18	0,10
Fenilacetát <etil->	0,18	0,22	0,33	0,32	0,31	0,33	0,32	0,34	0,31	0,29	0,30	0,30	0,28	0,30
Frálsav, 3-metil-fenil 2-fenil-eti	0,98	0,93	2,86	1,49	1,55	1,44	1,97	1,49	0,73	1,52	1,94	1,91	1,35	1,45
Propanoát <etil->	1,54	1,74	1,32	1,73	2,13	1,79	2,18	2,92	2,11	3,18	3,02	3,31	2,47	4,11
Propanoát <pentil->	0,03	0,05	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,04
Borostyánkősav <diethyl->	0,19	0,27	0,46	0,43	0,45	0,43	0,42	0,34	0,37	0,35	0,40	0,37	0,41	0,29
Tetradekanoát <etil->	0,06	0,06	0,10	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,09	0,11	0,07	0,06	0,05	0,07
Valeriansav <etil->	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
<b>Ketonok</b>	<b>0,28</b>	<b>0,37</b>	<b>0,39</b>	<b>0,48</b>	<b>0,47</b>	<b>0,51</b>	<b>0,48</b>	<b>0,63</b>	<b>0,37</b>	<b>0,42</b>	<b>0,39</b>	<b>0,37</b>	<b>0,32</b>	<b>0,39</b>
3-Heptanon, 5-metil-	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,08	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,07
Acetofenon	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Acetilvaleril	0,07	0,07	0,14	0,15	0,13	0,14	0,14	0,16	0,10	0,11	0,11	0,11	0,10	0,1

Statisztikai vizsgálat segítségével történt az aromaösszetételben bekövetkezett változások nyomonkövetése és az alábbi megállapításokat lehet tenni:

- a benzooesav, az etil-(3Z)-hexenol, pentil-acetát, fenil-acetát (menta, gyümölcs, körte, alma, mézes gyümölcs jegyek) (**5. ábra**) olyan vegyületek, amelyek kifejezetten enzimhasználat függőek, minél magasabb dózisban került alkalmazásra az aromafeltáró enzim, annál emelkedettebb értékek voltak detektálhatók (a pentil-acetát esetében is magasabb ez az érték, viszont a dupla adagnál visszább esett, ami felhívja a figyelmet, hogy ésszerűen érdemes az enzimadagot növelni, egy adott mennyiség feletti alkalmazás nem feltétlenül jelent további javulást, valamint a fenil-acetátnál is az tapasztalható, hogy az enzimhasználattal megnő a mennyiség, de az adagolást növelve nem nő tovább);

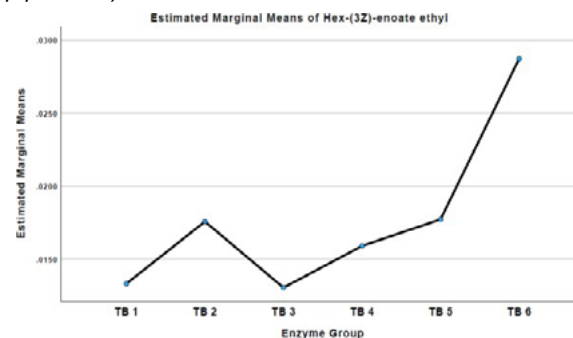
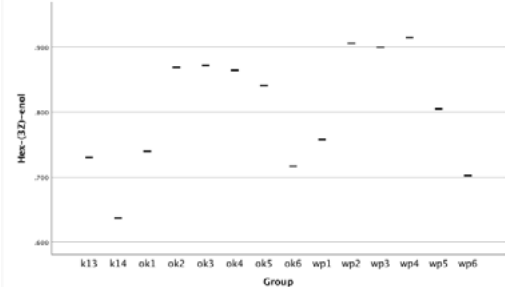
*Benzooesav (k-ok  $p < 0.001$ , k-wp  $p < 0.001$ , ok-k  $p < 0.001$ )*

Benzoic acid, 2-hydroxy-, methyl ester



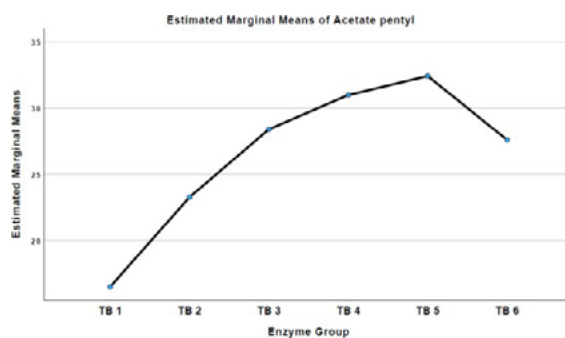
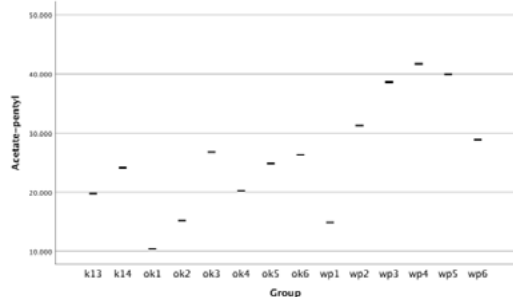
*Etil-(3Z)-hexenol (k-ok  $p < 0.001$ , k-wp  $p = 0.023$ , ok-k  $p < 0.001$ , ok-wp  $p = 0.006$ )*

Hex-(3Z)-enol



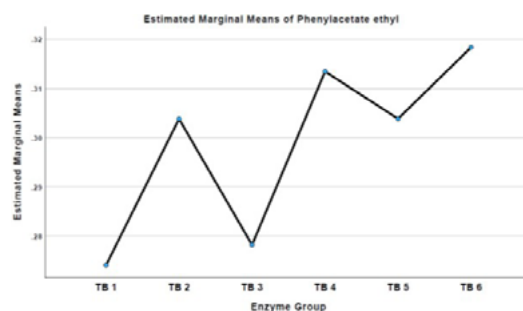
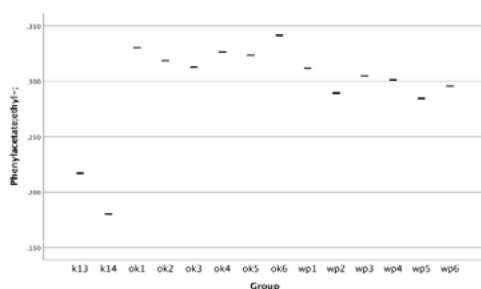
*Pentil-acetát (k-ok  $p < 0.001$ , k-wp  $p < 0.001$ )*

Acetate-pentyl



*Fenil-acetát (k-ok  $p < 0.001$ , k-wp  $p < 0.001$ , ok-wp  $p = 0.010$ )*

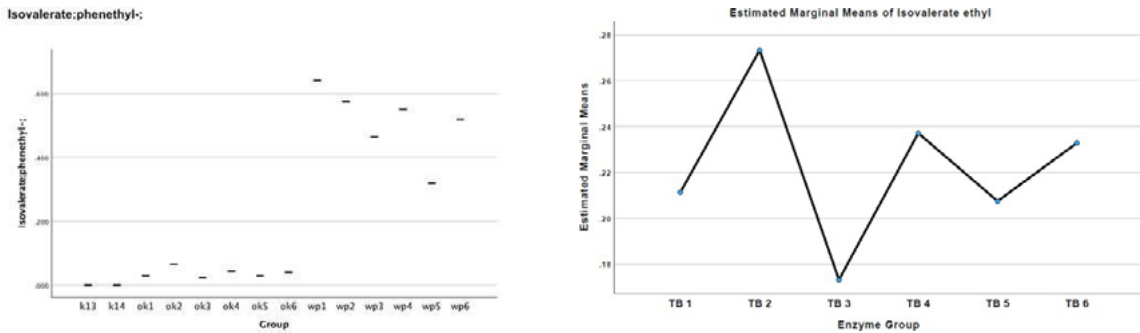
Phenylacetate:ethyl-



5. ábra: A benzooesav, az etil-(3Z)-hexenol, pentil-acetát, fenil-acetát esetében mérhető értékek az egyes minták esetében (az enzimszoportok (Enzyme group) jelölése: TB1 0 ml/hl, TB2 5 ml/hl, TB3 10 ml/hl, TB4 15 ml/hl, TB5 15 ml/hl + bogycók, TB6 külön préselt és 2x15ml/hl; a kezelések (Group) k13,k14, ok1,ok2,ok3,ok4,ok5,ok6,wp1,wp2,wp3,wp4,wp5,wp6)

- az izovaleriánsav, (gyümölcs illat és íz) kifejezetten olyan vegyületek, amelyek mennyisége az enzimhasználattól nem függ, az alkalmazott élesztőtörzs növeli az értékét, a spontán erjedésnél egyáltalán nem, vagy csak nagyon kis mértékben detektálhatók (**6. ábra**);

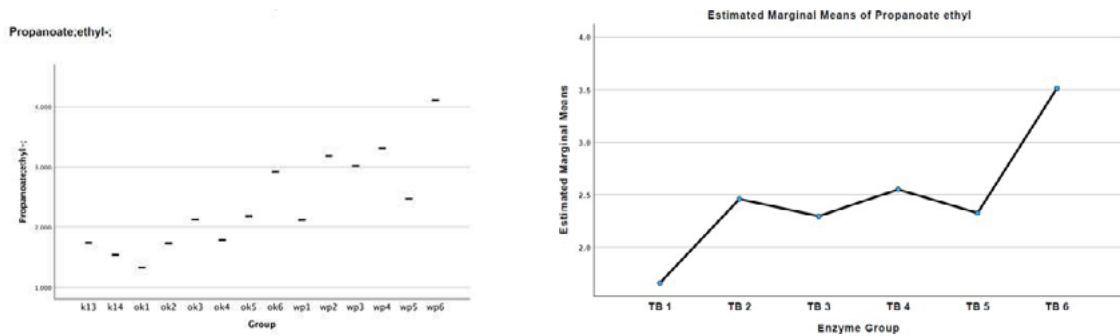
Izovaleriánsav ( $k-ok\ p<0.001$ ,  $k-wp\ p=0.015$ ,  $ok-wp\ p=0.005$ )



6. ábra: Az izovaleriánsav mennyisége az egyes mintákban (az enzimszoportok (Enzyme group) jelölése: TB1 0 ml/hl, TB2 5 ml/hl, TB3 10 ml/hl, TB4 15 ml/hl, TB5 15 ml/hl + bogyók, TB6 külön préselt és 2x15ml/hl; a kezeléseik (Group) k13,k14, ok1,ok2,ok3,ok4,ok5,ok6,wp1,wp2,wp3,wp4,wp5,wp6)

- az etil-propionát (ananasz illat) mennyisége az enzimhasználattal növekedett, viszont az érték az alkalmazott élesztőtörzstől nagymértékben függ, az Oenoferm®Wild&Pure fajlesztő alkalmazásával magasabb értéket lehet elérni (**7. ábra**).

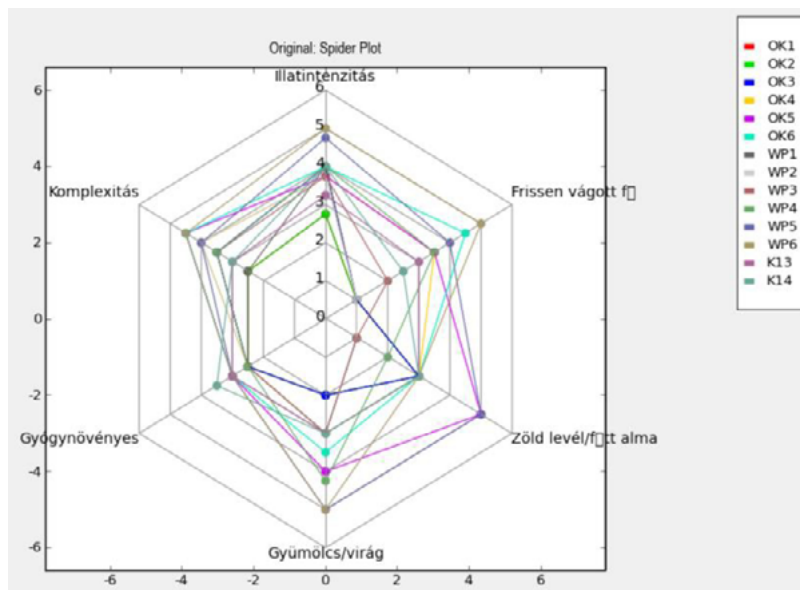
Etil-propionát ( $k-wp\ p=0.039$ ,  $ok-wp\ p=0.033$ )

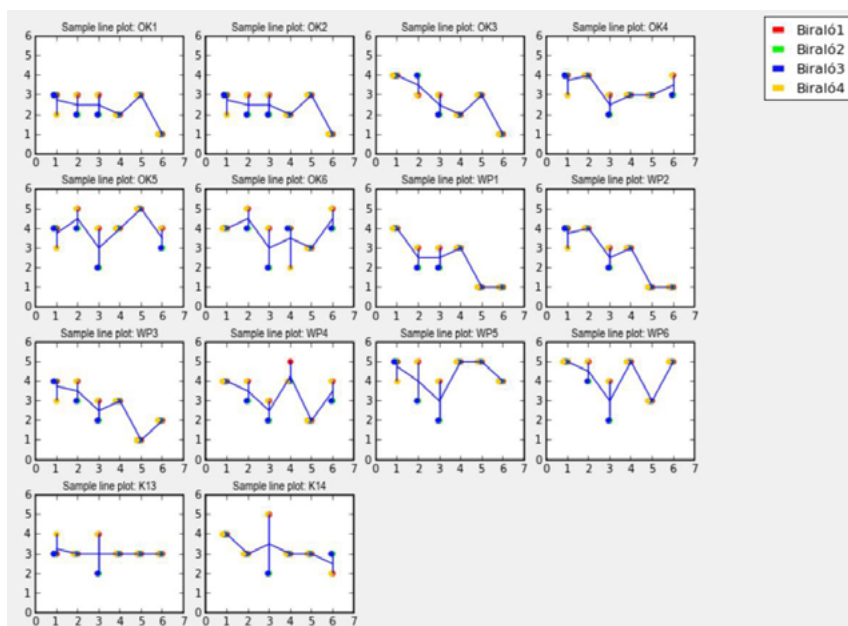


7. ábra: Az etil-propionát vegyület esetében detektálható mennyiségek az egyes mintákban (az enzimszoportok (Enzyme group) jelölése: TB1 0 ml/hl, TB2 5 ml/hl, TB3 10 ml/hl, TB4 15 ml/hl, TB5 15 ml/hl + bogyók, TB6 külön préselt és 2x15ml/hl; a kezeléseik (Group) k13,k14, ok1,ok2,ok3,ok4,ok5,ok6,wp1,wp2,wp3,wp4,wp5,wp6)

### 8.3 Profilanalízis

Az illatvizsgálatra adott értékelés eredményét mutatja a **8. ábra**.





8. ábra: A Spider és a Line-Plot analízis eredménye (Az attribútumok (vízszintes tengely): intenzitás (1), komplexitás (2), gyógynövényes jelleg (3), gyümölcs/virág(4), zöld levél/főtt alma (5), frissen vágott fű (6) ; értékek (függőleges tengely): 1-5)

Az elvégzett illatra irányuló érzékszervi vizsgálat alapján elmondható, hogy nagyon eltérnek a minták egymástól kivéve az OK1 és OK2 mintákat és egyik sem hasonlít a kontroll K13 mintára.

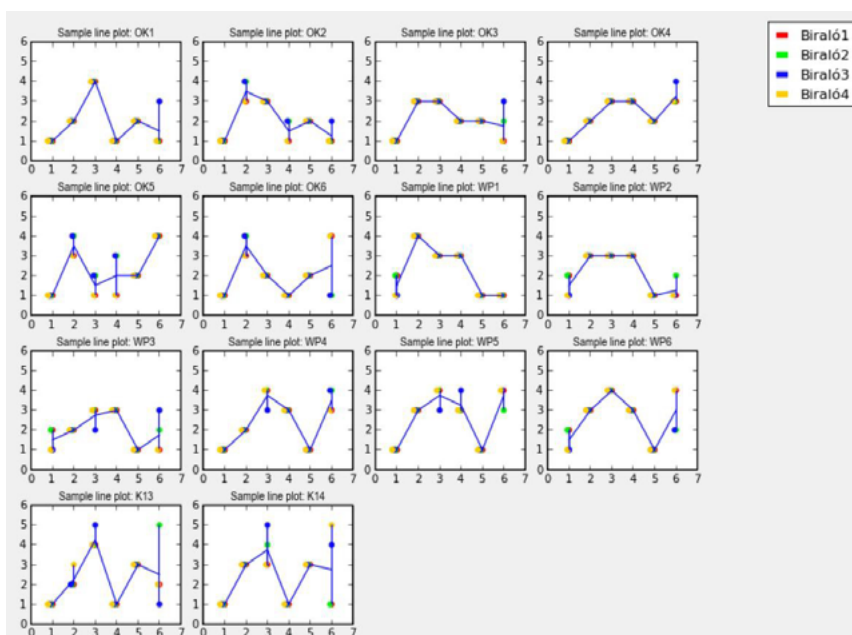
A zöld levél/főtt alma (OK5, WP5) mintákban a legmagasabb, ezeknél a tételeknél visszaszorult a gyógynövényes jelleg. A gyógynövényes illatokat az amfóra hordozza a legerősebben (K14) és legkevésbé az O.Klosterneuburg élesztővel erjesztett tételek.

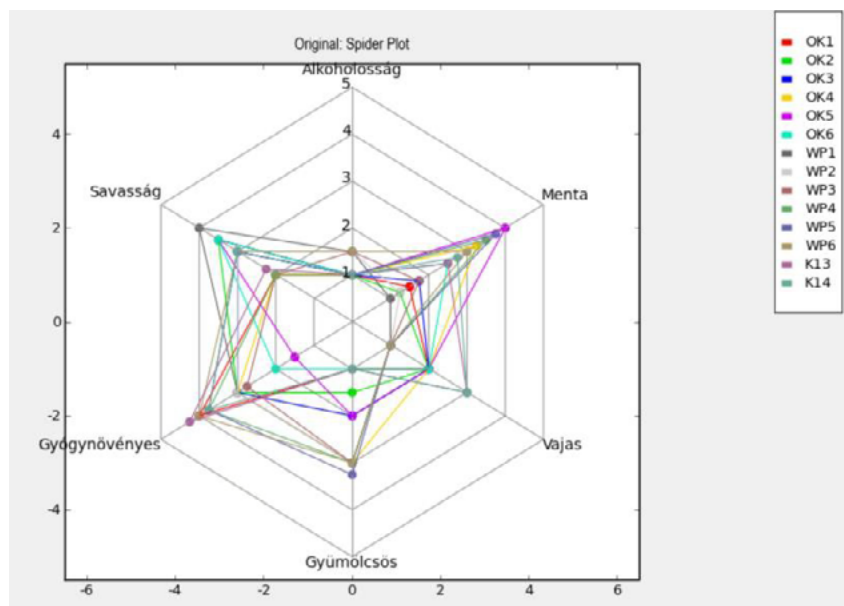
A frissen vágott fű illat hordozója a bírálatok alapján OK6, WP6 esetében nem élesztőhasználat függvénye volt, hanem sokkal inkább a fokozott enzimhasználat váltotta ki.

Az enzimhasználattal az illatintenzitás és a komplexitás is növekedett.

Az OK4, OK5, OK6, WP4, WP5, WP6 mintákban a gyümölcsös és virágos jegyeket is jobban érezték a bírálók.

Az ízvizsgálat eredményének szemléltetése a **9. ábrán** látható.





9. ábra: A Line-Plot analízis eredménye (Az attributomok (vízszintes tengely): alkoholoság (1), savasság (2), gyógynövényes jelleg (3), gyümölcsös (4), vajas (5), menta (6) ; értékek (függőleges tengely): 1-5)

Az érzékszervi bírálat során az ízjegyekre adott pontszámok alapján is eltérnek a minták egymástól, hasonlóságot a WP5 és WP6 tételekre adott pontszámok mutatnak.

A bírálók a menta íz esetében adták a legszélesebb pontozási tartományt, csak az OK5 minta esetében adta mindenki ugyanazt a magas pontszámot.

A menta és a gyógynövényesség ellentétesen érződik, amelyik mintában jobban érezték a bírálók a mentát, azokban nem a gyógynövény dominált az ízben (OK4, OK5).

A kontroll K13 és az amforás K14 mintákban a gyümölcsösséget egyáltalán nem érezték a bírálók, sem az OK1, OK2, OK5, OK6 tételben, viszont az OK6 esetében az illatnál igen. A vajas, édes íz a K13 kontroll és a K14 amforás tételek esetében kapott magasabb pontszámot a bírálóktól.

## 9. Konklúzió

A klímaváltozás okozta negatív hatások a Furmint szőlőfajtát is érintik, annak ellenére, hogy a savait meg tudja tartani, aromaanyag szegényedés tetten érhető és mindenképpen kedvező hatást lehet elérni a különböző fajlesztők használatával. Felmerül a kérdés, hogy korai aromafeltáró enzim használatával mennyire lehet ennek az aromavilágnak a komplexitását növelni. Az elvégzett vizsgálat egy pilot tanulmány, előrevetíti az enzimhasználat fontosságát és megerősíti a fajlesztőhasználat indokoltságát szemben a spontán erjedéssel. Már nem biztos, hogy a különböző stresszhelyzeteknek a szőlőnövény ellen tud állni és azok az aroma prekursorok, amelyek korábban jelen voltak, most is ugyanabban a mennyiségben képződnek és nem maradnak-e kötött állapotban elszegényítve az érzékszervi jellemzőket. A nagyműszeres mérések nyújtotta lehetőségek nemcsak alátámasztják ezeket a megállapításokat, hanem nagymértékben segíteni tudják a megfelelő borászati segédanyagok megválasztását is. A modern borászati technológiában helye van a korai aromafeltáró enzimhasználatnak a neutrális Furmint szőlőfajta esetében is, a gyümölcsös, körte, alma jegyeket lehet erősíteni és megjelenik a menta gyógynövény. További vizsgálatok szükségesek azonban évről-évre, élesztő- és enzim alkalmazásra vonatkozóan, valamint az eredmények gyakorlati alkalmazhatóságának adaptálása érdekében.

## 10. Irodalom

- Bauer, F.F., Pretorius I.S. (2000): Yeast Stress Response and Fermentation Efficiency: How to Survive the Making of Wine - A Review. South African Journal of Enology and Viticulture, 21(Special Issue):27-51. DOI: <https://doi.org/10.21548/21-1-3557>
- Bene Zs. (2004): Aszúbogyók élesztő- és penészbiotájának tanulmányozása Tokaj-hegyalján. PhD-értekezés, BCE, Budapest. <https://docplayer.hu/5558375-Aszubogyok-eleszto-es-penezsbiotajanak-tanulmanyozasa-tokaj-hegyaljan-doktori-ertekezes-bene-zsuzsanna.html>
- Bene Zs. (2020): Héjon erjesztett Furmint borok polifenol összetétele. Szőlő-levé 10(2):63-76. [https://ww.szolo-level.hu/Szolo-level\\_tavaszi\\_kiadvany\\_2020](https://ww.szolo-level.hu/Szolo-level_tavaszi_kiadvany_2020)
- Bene Zs. (2023): Borászati fajlesztők fenolsav termelésének vizsgálata botritizált alapanyag esetében.

Borászati Füzetek 33(4): 29-35.

Bene Zs. (2024): Kutatások a klímaváltozás tükrében. *Borászati Füzetek* 34(1):26-28.

Bene, Zs. – Kiss, I. (2023): Investigation of using different specified yeasts and early protein stabilization for Tokaji dry wines. *Bio Web of Conferences*. 68 p.02010 (2023). [https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/full\\_html/2023/13/bioconf\\_oiv202\\_3\\_02010/bioconf\\_oiv2023\\_02010.html](https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/full_html/2023/13/bioconf_oiv202_3_02010/bioconf_oiv2023_02010.html)

Carro, N.; López, E.; Günata, Z.Y.; Baumes, R.L.; Bayonove, C.L. (1996): Free and glycosidically bound aroma compounds in grape must of four non-floral *Vitis vinifera* varieties. *Analisis* (24): 254–258. DOI:<https://doi.org/10.3390/biom9120818>

Demsar, J., Curk, T., Erjavec, A., Gorup, C., Hocevar, T., Milutinovic, M., Mozina, M., Polajnar, M., Toplak, M., Staric, A., Stajdohar, M., Umek, L., Zagar, L., Zbontar, J., Zitnik, M., Zupan, B. (2013): Orange: Data Mining Toolbox in Python, *Journal of Machine Learning Research* 14 (2013): 2349–2353.

Fan, W.L.; Xu, Y.; Jiang, W.G.; Li, J.M. (2010): Identification and Quantification of Impact Aroma Compounds in 4 Nonfloral *Vitis vinifera* Varieties Grapes. *J. Food Sci.* (75)S81– S88. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01436.x>

Ferreira, V., Lopez, R. (2019): The Actual and Potential Aroma of Winemaking Grapes. *Biomolecules* 9(12),818. <https://doi.org/10.3390/biom9120818>

Gabler, F.M., Smilanick, J. L., Mansour, M., Ramming, D. W., Mackey, B. E. Correlations of morphological, anatomical and chemical features of grape berries with resistance to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 93: 1263-1273. (2003).

Godelmann, R., Fang, F., Humpfer, E., Schutz, B., Bansbach, M., Schafer, H., Spraul, M. (2013): Targeted and Nontargeted Wine Analysis by  $H^{-1}$  NMR Spectroscopy Combined with Multivariate Statistical Analysis. Differentiation of Important Parameters: Grape Variety, Geographical Origin, Year of Vintage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61 (23) 5610-5619. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf400800d>

Hampel, D.; Robinson, A.L.; Johnson, A.J.; Ebeler, S.E. (2014): Direct hydrolysis and analysis of glycosidically bound aroma compounds in grapes and wines: Comparison of hydrolysis conditions and sample preparation methods. *Aust. J. Grape Wine Res.* (20):361–377. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12087>

Kállay M. (1998): *Borászati kémia.* – Eperjesi, I., Kállay, M., & Magyar, I. (1998): *Borászat (Winemaking)* Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp.309-312.

Kovács, T., Kovácsné, B.O. (2007): Borászati pektinbontó és macerációs enzimek (Rendezőelvek és információk az eligazodáshoz a kaotikussá vált piacon). *Borászati Füzetek* 17(3):24-27. <https://www.kokoferm.hu/resources/docs/Pektin>

MKIK-GVI 2015. A klímaváltozás várható gazdasági hatásai Magyarországon 2020-2040 / Expected economic effects of the climatic change in Hungary, 2020-2040. Kézirat. <https://www.gvi.hu>

Pancerz, M., Kruk, J., Ptaszek, A. (2022): The Effect of Pectin Branching on the Textural and Swelling Properties of Gel Beads Obtained during Continuous External Gelation Process *Appl. Sci.* 12(14), 7171. <https://doi.org/10.3390/app12147171>

Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. (2006): *Handbook of Enology. Volume 2. The Chemistry of Wine. Stabilization and Treatments.* 2nd Edition John Wiley and Sons Ltd., New Jersey. ISBN: 978-0-470-01038-9

Rodríguez-Nogales, J.M., Fernández-Fernández, E., Ruipérez, V., Vila-Crespo, J. (2024): Selective Wine Aroma Enhancement through Enzyme Hydrolysis of Glycosidic Precursors. *Molecules* 29(1), 16. <https://doi.org/10.3390/molecules29010016>

Stoppacher, N., Kluger, B., Zeilinger, S., Krska, R., Schuhmacher, R. (2010): Identification and profiling of volatile metabolites of the biocontrol fungus *Trichoderma atroviride* by HS- SPME-GC-MS. *Journal of Microbiological Methods* 81(2):187-93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2010.03.011>

Szendei, G. (2021): Speciális fajlesztőtörzs a klímaváltozás okozta borászati problémák enyhítésére. *Szőlő-levél* 11(3):77-80. [https://www.szolo-level.hu/Szolo-level\\_tavaszi\\_kiadvany\\_2021](https://www.szolo-level.hu/Szolo-level_tavaszi_kiadvany_2021)