



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Borok alkoholtartalmának csökkentési lehetőségei a borminőség  
tükrében

Steckl Szabina

Gödöllő

2026

**A doktori iskola**

**megnevezése:** Agrár- és Élelmiszertudományok Doktori Iskola

**vezetője:** Dr. Kovács Melinda  
egyetemi tanár, MHAS

**a doktori program  
megnevezése:** Kertészettudományi Doktori Program

**vezetője:** Zámboriné dr. Németh Éva  
egyetemi tanár, DSc

**Témavezető(k):** Nyitrai dr. Sárdy Diána Ágnes  
egyetemi tanár  
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
Szőlészeti és Borászati Intézet  
Borászati Tanszék

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető(k) jóváhagyása

## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	7
2. Célkitűzés.....	9
3. Irodalmi áttekintés.....	11
3.1. Klímaváltozással összefüggő hőmérsékletváltozás hatásai .....	11
3.2. A klímaváltozás hatása a szőlő fenológiai fázisaira .....	14
3.3. A klímaváltozás hatása a szőlőbogyók beltartalmi értékére .....	16
3.4. Az alkoholos erjedés kémiai és mikrobiológiai jellemzői .....	18
3.4.1. Az erjedés során keletkező másodlagos erjedési melléktermékek .....	20
3.4.2. Az élesztők szerepe és jelentősége az alkoholos erjedés során .....	23
3.4.3. Egyes nem- <i>Saccharomyces</i> élesztők hatása a borok összetételére .....	28
3.5. A borok finomanalitikai összetétele.....	30
3.5.1. A mustok és borok biogén aminosav összetétele.....	30
3.5.1.1. A hisztamin jellemzői .....	32
3.5.1.2. A szerotonin jellemzői .....	33
3.5.1.3. A tiramin jellemzői .....	34
3.6. A polifenol összetétel.....	35
3.7. Csökkentett alkoholtartalmú borok készítés technológiája.....	38
3.7.1. Alkoholos erjedés előtti technológiák .....	38
3.7.2. Alkoholos erjedés közbeni technológiák .....	39
3.7.3. Alkoholos erjedés utáni technológiák .....	39
3.8. Csökkentett alkoholtartalmú és alkohol mentesített borok érzékszervi tulajdonságai .....	40
4. Anyag és módszer .....	43
4.1. Vizsgálat anyaga .....	43
4.2. A Badacsonyi Borvidék .....	44
4.3. Az évjáratok jellemzése .....	45
4.4. Alkalmazott mérési módszerek .....	46
4.5. Kísérleti tematika .....	50
4.6. Alkalmazott speciális élesztő .....	52
4.7. Fizikai eljárással történő alkohol csökkentés.....	52
4.8. Érzékszervi bírálat .....	53
4.9. Alkalmazott statisztika.....	54
5. Eredmények és azok megbeszélése.....	55
5.1. 2021-es évjárat eredményeinek kiértékelése .....	55
5.1.1. Az alkohol tartalom kiértékelés.....	55
5.1.2. A borok glicerin és extrakt tartalmának kiértékelése .....	56
5.1.3. A borok tejsav koncentrációjának kiértékelése .....	57

5.1.4. A borok savösszetételének kiértékelése .....	58
5.1.4.1. A titrálhatóság és pH-érték kiértékelése.....	58
5.1.4.2. A borok borkősav és almasav koncentrációjának kiértékelése .....	59
5.1.4.3. A borok sikiminsav tartalmának kiértékelése.....	60
5.1.4.4. A borok citromsav tartalmának kiértékelése .....	61
5.1.4.5. A borok borostyánkősav tartalmának kiértékelése.....	62
5.1.4.6. A borok fumársav tartalmának kiértékelése .....	63
5.1.5. A borok polifenol-összetétele.....	64
5.1.5.1. A borok összes polifenol tartalmának kiértékelése .....	64
5.1.5.2. A borok leukoantocianin tartalmának kiértékelése .....	64
5.1.5.3. A borok katechin koncentrációjának kiértékelése.....	65
5.1.6. A biogén aminosavak összetételének kiértékelése.....	66
5.1.6.1. A hisztamin koncentrációjának kiértékelése .....	66
5.1.6.2. A szerotonin koncentrációjának kiértékelése .....	67
5.1.6.3. A tiramin koncentrációjának kiértékelése .....	68
5.2. 2022-es évjárat eredményeinek kiértékelése .....	69
5.2.1. A borok alkohol tartalmának kiértékelése.....	69
5.2.2. A borok glicerin és extrakt tartalmának kiértékelése .....	70
5.2.3. A borok tejsav koncentrációjának kiértékelése .....	71
5.2.4. A borok savösszetételének kiértékelése .....	72
5.2.4.1. A borok titrálhatóság és pH-értékének kiértékelése.....	72
5.2.4.2. A borok borkősav és almasav koncentrációjának kiértékelése .....	73
5.2.4.3. A borok sikiminsav tartalmának kiértékelése.....	74
5.2.4.4. A borok citromsav tartalmának kiértékelése .....	75
5.2.4.5. A borok borostyánkősav tartalmának kiértékelése.....	76
5.2.4.6. A borok fumársav tartalmának kiértékelése .....	77
5.2.5. A borok polifenol-összetétel összetétele .....	78
5.2.5.1. A borok összes polifenol tartalmának összetétele .....	78
5.2.5.2. A borok leukoantocianin tartalmának kiértékelése .....	79
5.2.5.3. A borok katechin koncentrációjának kiértékelése.....	79
5.2.6. A biogén aminosavak összetételének kiértékelése.....	80
5.2.6.1. A hisztamin koncentrációjának kiértékelése .....	80
5.2.6.2. A borok szerotonin koncentrációjának kiértékelése.....	81
5.2.6.3. A borok tiramin koncentrációjának kiértékelése .....	82
5.3. 2023-as évjárat eredményeinek kiértékelése .....	83

5.3.1. A borok alkohol tartalmának kiértékelése .....	83
5.3.2. A borok glicerín és extrakt tartalmának kiértékelése .....	84
5.3.3. A borok tejsav koncentrációjának kiértékelése .....	85
5.3.4. A borok savösszetételének kiértékelése.....	86
5.3.4.1. A borok titrálhatóság és pH-értékének kiértékelése .....	86
5.3.4.2. A borok borkősav és almasav tartalmának kiértékelése .....	87
5.3.4.3. A borok sikiminsav tartalmának kiértékelése.....	88
5.3.4.4. A borok citromsav tartalmának kiértékelése .....	89
5.3.4.5. A borok borostyánkősav tartalmának kiértékelése .....	89
5.3.4.6. A borok fumársav tartalmának kiértékelése .....	90
5.3.5. A polifenol-összetételének kiértékelése .....	91
5.3.5.1. A borok összes polifenol tartalmának kiértékelése .....	91
5.3.5.2. A borok leukoantocianin tartalmának kiértékelése.....	92
5.3.5.3. A borok katechin tartalmának kiértékelése.....	93
5.3.6. A borok biogén aminok koncentrációjának kiértékelése.....	94
5.3.6.1. A borok hisztamin tartalmának kiértékelése.....	94
5.3.6.2. A borok szerotonin tartalmának kiértékelése .....	95
5.3.6.3. A borok tiramin tartalmának kiértékelése.....	96
5.4. A magasabb rendű alkoholok kiértékelése .....	97
5.4.1. A borok n-propanol tartalmának kiértékelése.....	97
5.4.2. A borok i-butanol tartalmának kiértékelése.....	98
5.4.3. A borok i-amil-alkohol tartalmának kiértékelése .....	99
5.4.4. A borok 2-metil-1-butanol tartalmának kiértékelése .....	100
5.5. A 3 évjárat összehasonlításának kiértékelése .....	101
5.5.1. Az alkohol tartalom alakulásának kiértékelése .....	101
5.5.2. A glicerín tartalom alakulásának kiértékelése .....	102
5.5.3. A tejsav tartalom alakulásának kiértékelése .....	103
5.5.4. A polifenol összetétel alakulásának kiértékelése.....	104
5.5.4.1. Az összes polifenol tartalom alakulásának kiértékelése.....	104
5.5.4.2. A leukoantocianin tartalom alakulásának kiértékelése.....	105
5.5.4.3. A katechin tartalom alakulásának kiértékelése.....	106
5.5.5. A borok biogén amin összetételének kiértékelése .....	107
5.5.5.1 A hisztamin koncentráció kiértékelése .....	107
5.5.5.2. A szerotonin koncentráció kiértékelése .....	108
5.5.5.3. A tiramin koncentráció kiértékelése .....	109

5.6. Az érzékszervi bírálatok kiértékelése .....	110
5.6.1. A 2021-es évjárat bírálatának kiértékelése.....	110
5.6.2. A 2022-es évjárat bírálatának kiértékelése.....	111
5.6.3. A 2023-as évjárat bírálatának kiértékelése.....	112
5.7. Fizikai eljárással csökkentett alkoholtartalmú borok analitikai kiértékelése .....	114
6. Következtetések és javaslatok.....	116
7. Új tudományos eredmények.....	121
8. Összefoglalás .....	123
9. Summary .....	125
10. Mellékletek.....	127
Köszönetnyilvánítás .....	145

# 1. Bevezetés

Az elmúlt években megváltoztak a fogyasztói szokások, előtérbe került az egészségtudatos táplálkozás és ezzel együtt a tudatos borfogyasztás.

A közelmúltban megfigyelhető volt egy növekvő tendencia arra vonatkozóan, hogy a fogyasztók egyre inkább a csökkentett alkoholtartalmú italokat (tágabb értelemben a 9-13 v/v%-os etanoltartalmúakat) és az alacsony alkoholtartalmú (0,5-2 v/v%-os) borokat fogyasztják (Jordão et al., 2015; Bucher et al., 2018). A növekvő egészség- és biztonság tudatosság és az alkoholfogyasztás mérséklésére irányuló globális kezdeményezések az okai annak, hogy a borfogyasztók számára vonzó, alacsonyabb alkoholtartalmú borokat állítanak elő (Saliba et al., 2013).

Ezek a fogyasztók az alacsony alkoholtartalmú italokat a táplálkozással összefüggő betegségek megnövekedett gyakoriságára, (WHO, 2003) valamint a fogyasztók és a társadalom egészének megnövekedett egészségtudatosságára adott válaszként érzékelik (Jones and Bellis, 2012). Az alacsony alkoholtartalmú italokat tehát a hagyományos italok egészségesebb alternatívájaként érzékelhetik azok a fogyasztók, akiknek célja az egészségesebb étrend és életmód fenntartása. Ennek megfelelően az alacsony alkoholtartalmú italokat gyakran úgy tekintik, mint az alkohollal kapcsolatos egészségkárosodások kockázatának csökkentésére szolgáló lehetőséget. Ezzel összhangban Meillon és munkatársai (2010), valamint Thompson és Thompson (1996) azt találták, hogy az emberek a kalória- és súlyszabályozás érdekében motiváltak az alacsony alkoholtartalmú italok fogyasztására, és az alacsony alkoholtartalmú italokat a standard alkoholtartalmú italok alternatívájaként érzékelték.

Ugyanakkor vannak olyan fogyasztói csoportok, melyek az alacsony alkoholtartalmú italok fogyasztásának mellőzésének okaként az ízt jelölték meg. Az íz hiánya az alacsony alkoholtartalmú italok fontos hátránya (Chrysochou, 2014), és feltételezhető, hogy befolyásolja az emberek megítélését az adott alacsony alkoholtartalmú ital minőségéről. Néhány korábbi kutatás kimutatta, hogy a "light" termékeket általában kevésbé ízletesnek érzékelik (Kähkönen et al., 1999; Solheim and Lawless, 1996; Stubenitsky et al., 1999), és hasonlóan megfigyelték ezt az alacsony alkoholtartalmú italok esetében is (Porretta and Donadini, 2012).

Az alacsony alkoholtartalmú borok fogyasztói elfogadottságát vizsgáló 1994-es tanulmány szerint az Egyesült Királyságban (27%) és Németországban (20%) volt a legmagasabb az elfogadottsági arány, míg Franciaországban kevésbé fogadták el ezeket a bortípusokat (12%-os elfogadottság, 61%-os elutasítás) (d'Hauteville, 1994). Saliba és munkatársai (2013) újabb kutatása azonban, amely az alacsony alkoholtartalmú borok iránti fogyasztói keresletet vizsgálta ausztrál mintán, nagyobb fogyasztói érdeklődésre utal az alacsony alkoholtartalmú borok iránt (16%-os elfogadás).

Továbbá azt is megállapították, hogy az elfogadottság 40%-ra nőne, ha az ízvilág ugyanaz lenne, mint a hagyományos borászati termékek esetében.

A Nemzetközi Szőlészeti és Borászati Szervezet (OIV) szerint a borok alkoholtartalmának legalább 8,5 v/v%-osnak kell lennie, bár a hűvös éghajlatú borvidékeken ez az érték 7v/v% (OIV, 2015). Az elmúlt két évtizedben a borok etanoltartalma egyes régiókban észrevehetően, évente 0,1-1%-kal nőtt (Godden et al., 2015; Alston et al., 2015), mivel a melegebb éghajlat magasabb cukortartalmú bogyókhoz vezet a szüretkor, és ezáltal magasabb alkoholtartalmat eredményez a borban (Leeuwen and Darriet, 2016).

A csökkentett alkoholtartalmú borokat az alábbiak szerint lehet osztályozni:

- Alkoholmentes: <0.5%
- Alacsony alkoholtartalmú: 0,5-1,2%
- Csökkentett alkohol: 1,2-4,5%
- Alacsonyabb alkoholtartalom: 5,5-10,5%
- Ez a besorolás azonban nem egyértelmű, és országonként és az alkalmazandó jogszabályok szerint változhat (Pickering, 2000; Saliba et al., 2013).

Dolgozatom célja, hogy megvizsgáljam az általam alkalmazott két alkoholcsökkentési technológia alkalmas e minőségi borok előállítására. Vizsgálataim során a csökkentett alkoholtartalmú borok alap- és finomanalitikai összetételét határoztam meg.

## 2. Célkitűzés

Doktori dolgozatomban célom volt, hogy megvizsgáljam, hogyan lehet a borok alkoholtartalmát csökkenteni 1-, maximum 2 v/v%-kal. Vizsgálatom középpontjában egy olyan kísérleti stádiumban lévő élesztőtörzsnek az alkalmazása állt, amely az alkoholos erjedést nem a szokott módon viszi végbe, hanem más komponenseket képez az alkohol helyett. Egy borászati segédanyagokat gyártó cég és a Borászati Tanszék együttműködésének köszönhetően kapcsolódhattam be a kísérletbe.

Megvizsgáltam, ez az élesztő ténylegesen csökkenti-e az alkoholt és ha igen, milyen módon befolyásolja a borok kémiai összetételét. Különös figyelmet fordítottam arra, hogy az alkoholos erjedés során hogyan változik, illetve változik-e és milyen mértékben a magasabb rendű alkoholok mennyisége, összetétele.

Kísérleteimet az első évben üzemi körülmények között vizsgáltam annak a céljából, hogy feltérképezsem, hogy valóban az élesztő törzs alacsonyabb alkohol tartalmat képez. A kísérleti tételekben finomanalitikai vizsgálatok mellett érzékszervi vizsgálatot is végeztem. A második évben eredményeim alapján erjedés kinetikai vizsgálatokat is végeztem. A harmadik évben az 1-2 év eredményeit felhasználva tovább vizsgáltam az élesztő működését, illetve a 3 évjárat átlagát és eredményeit dolgoztam fel.

Doktori dolgozatomban az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

- Az általam használt új élesztőtörzs ténylegesen alkalmas-e a borok alkoholtartalmának, 1-1,5 vagy 2 v/v% csökkentésére. Amennyiben igen, milyen mértékben és hogyan változtak meg a borok finomanalitikai paraméterei?
- Befolyásolja-e a speciális élesztő az alkohol csökkentett borok glicerín koncentrációját?
- Az alkohol csökkentés ténylegesen a tejsav koncentráció emelkedés irányába tolódott el?
- Változik-e a titrálhatóság tartalom, pH-érték, almasav-, borkősav-, és citromsav tartalom? Vizsgáltam miként befolyásolja a kezelést az egyéb fontos szerves savak, mint a fumársav, sikiminsav, borostyánkősav koncentrációját?
- A speciális élesztőtörzs hatással van-e a polifenol-összetételre? Változik-e az összes polifenol, leukocantocianin és katechin koncentráció?
- Vizsgáltam a borok biogén aminosav összetételét, abból a célból, hogy az általam alkalmazott élesztőtörzs befolyásolja-e a biogén aminosavak mennyiségét, összetételét és ha igen milyen módon? Különös figyelmet fordítottam a kutatások középpontjában álló hisztamin, tiramin és szerotonin koncentráció változására.
- Milyen mértékben változik a magasabb rendű alkoholok összetétele és mennyisége a kísérleti tételekben?

- Milyen érzékszervi tulajdonsággal rendelkeznek a csökkentett alkohol tartalmú borok, milyen mértékben jelenik meg a tejsavérzet, és glicerin koncentráció, mint teltség érzet ezekben a borokban, illetve az 1-1,5 v/v%-os alkohol csökkentés harmonikusabbá tette-e a borokat a kontroll tételekhez képest?
- Az évjáráthatás milyen mértékben és hogyan jelenik meg az alkohol csökkentés során, azaz mennyire befolyásolja a csökkentett alkohol tartalmú borok analitikai és finomanalitikai borok összetételét?
- Az analitikai, finomanalitikai vizsgálatok és érzékszervi bírálat alapján melyik az az élesztőtörzs adagolás, amely a legharmonikusabb (legjobb érzékszervi tulajdonsággal rendelkező) bort adja?

Külön fejezetben vizsgáltam azokat az alkohol csökkentett borokat, amelyeknél a csökkentés az alkoholos erjedés után, fizikai eljárással történt.

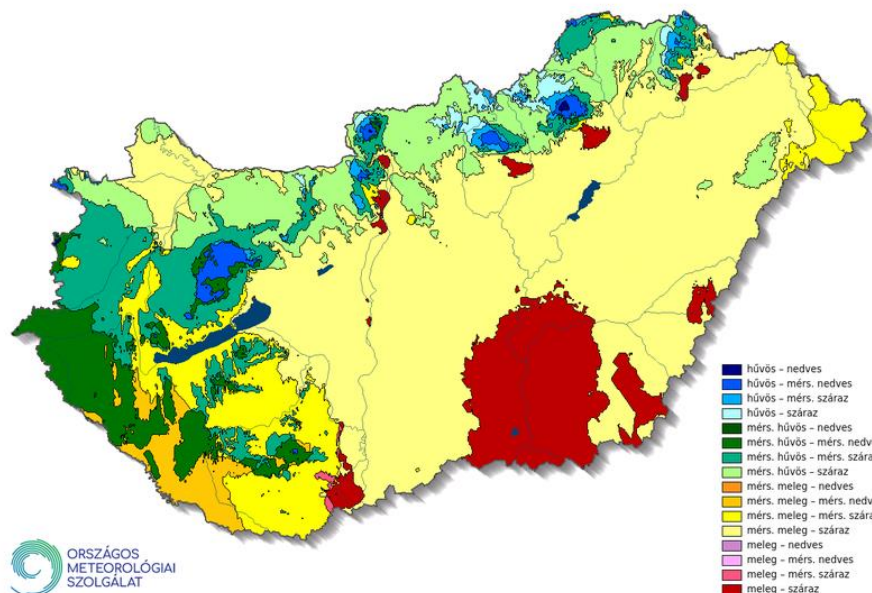
Ezekben a tételekben az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

- Megvalósítható-e a részleges alkohol tartalom csökkentés ezzel az eljárással?
- Az alapanalitikai paramétereken kívül a finomanalitikai paraméterek összetételére milyen hatással van a fizikai eljárás?
- Hatással van-e az eljárás a borok glicerin tartalmára?
- Befolyásolja-e a nitrogén tartalmú vegyületek alakulását?
- Megváltozik-e a fenolos vegyületek összetétele és ha igen milyen módon?

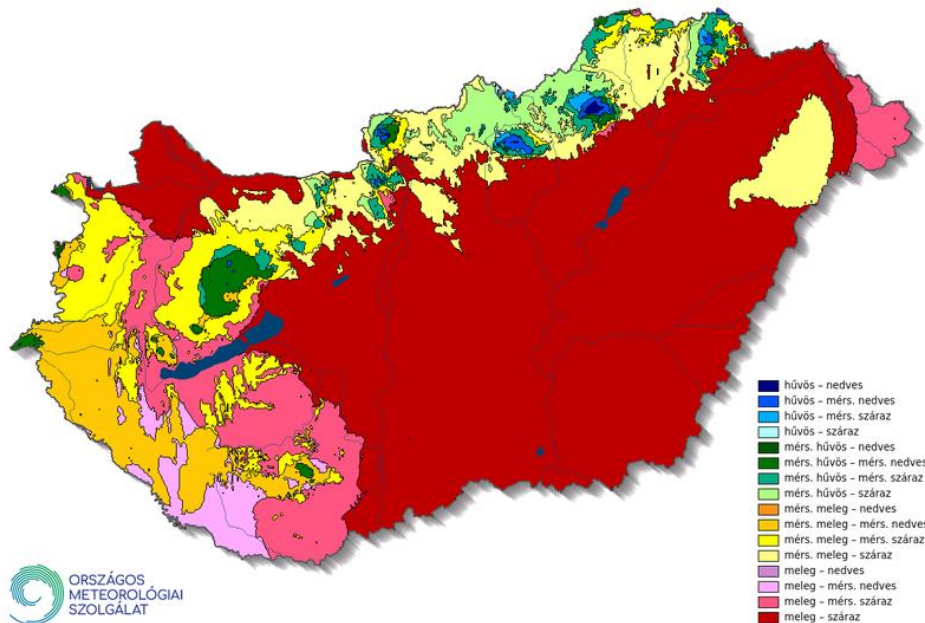
### 3. Irodalmi áttekintés

#### 3.1. Klímaváltozással összefüggő hőmérsékletváltozás hatásai

A szőlőtermesztés és a borkészítés számos európai régióban fontos társadalmi-gazdasági ágazat. Az éghajlat létfontosságú szerepet játszik egy adott borvidék terroirjában, hiszen erősen befolyásolja a lombkorona mikroklimáját, a szőlő növekedését, a szőlő fiziológiáját, a termés hozamot és a bogyók összetételét, amelyek együttesen meghatározzák a bor tulajdonságait és jellegzetességeit (Santos et al., 2020). Az időjárás jelentősen irányítja a szőlő teljes fejlődési folyamatát, mivel a szőlőnek megfelelő hőmérsékletre, sugárzási intenzitásra, valamint a növekedési ciklus során meghatározott szintű vízellátottságra van szüksége, ami végső soron befolyásolja a termés hozamot, a bogyók összetételbeli tulajdonságait és a bor érzékszervi megítélését (Makra et al., 2009; Fraga et al., 2015). A szőlő meglehetősen érzékeny a szélsőséges hőmérsékletekre (Venios et al., 2020; Arias et al., 2022). A globális éghajlatváltozás érezhetően befolyásolja a növények vegetatív és reprodukív fejlődését. A hőmérséklet közelmúltbeli emelkedése máris hatással van a termés hozamra és a bogyók összetételére számos szőlőtermő régióban (Rienth et al., 2014). Az éghajlatváltozás a bortermelés egyik legnagyobb kihívása (1-2. ábra). A hőmérséklet világszerte emelkedik, és a legtöbb régióban egyre gyakrabban jelentkezik vízhiány.



1. ábra. Magyarország éghajlati körzetei Péczeley osztályozás alapján (1961-1990) Forrás: OMSZ, met.hu



2. ábra. Magyarország éghajlati körzetei Péczeley osztályozása alapján (1991-2020) Forrás: OMSZ, met.hu

A fő élettani funkciók közül a fotoszintézis az első olyan folyamat, amelyre közvetlenül hat a hőmérsékletváltozás (Fahad et al., 2017; Sharma et al., 2020). A hőmérséklet egy optimális határérték fölé emelkedése esetén – amely fajtánként eltérő – még az egyéb tünetek megjelenése előtt csökken a fotoszintézis (Luo et al., 2011; Xiao et al., 2017). A szőlő optimális fotoszintetikus hőmérséklete 25 és 35 °C között van (Zhang et al., 2018). Ha a hőmérséklet 10 °C alatt van, a legtöbb fiziológiai folyamat lecsökken, 35 °C feletti hőmérsékleten pedig aktiválódnak a hőakklimatizációs mechanizmusok (Bernardo et al., 2018; Ferrandino and Lovisolo, 2014). A rendkívül magas, azaz 40 °C feletti hőmérséklet drasztikus hatással van a fotoszintézisre, elsősorban a fotoszintetikus apparátus megzavarása miatt.

A vízhiány többféleképpen befolyásolja a vegetatív és generatív növekedést, attól függően, hogy milyen súlyosságú és mikor következik be. Az enyhe vízhiányos stresszre adott első fiziológiai válasz a hajtásnövekedés csökkenése, amely elsősorban az oldalhajtásokat érinti, mielőtt a főhajtás növekedése csökkenne és a sztómák nyitása szabályozódna (Lebon et al., 2006; Pellegrino et al., 2005).

A csapadék kulcsfontosságú légköri változó a szőlőtermesztésben, mivel nagy hatással van a talaj vízháztartására, meghatározza a növény számára elérhető/felvehető víz mennyiségét. A vízstressz a szőlő fejlődési szakaszaiban hatások széles skáláját eredményezheti (Austin and Bondari, 1988). Például a viszonylag magas talajnedvesség a rügyfakadás és a hajtás/virágzat fejlődésének idején kritikus a szőlő növekedése szempontjából (Hardie and Martin, 2000). A korai fejlődési szakaszokban a túlzott nedvesség azonban a növekedést is túlstimulálhatja, ami sűrű

lombozathoz vezethet, és ezáltal fokozhatja a betegségek kockázatát. A virágzástól a bogyóérésig a súlyos vízstressz a levélfelület csökkenéséhez vezethet, ezáltal korlátozhatja a fotoszintézist, valamint elősegítheti a virágelhalást és a fürtök elhalását (Düring, 1986). A közelmúltban végzett vizsgálatok szerint a vízhiány hatással van a szőlő és a bor összetételére (Savoi et al., 2016; Vilanova et al., 2019). Szabályozott deficit öntözést alkalmaztak a bogyók és a bor minőségének javítására (Chapman et al., 2005). A vízhiány még a zsendülés előtt serkentette az antocianinok és fenolok koncentrációjának növekedését (Deluc et al., 2007). Továbbá, a vízhiány időzítése és intenzitása befolyásolja a bogyók anyagcseréjében, valamint a bor színében, aromájában és ízében bekövetkező változások mértékét, ami pozitívan hat a szőlő és a bor érzékszervi tulajdonságaira (Roby et al., 2004).

Egy hazai kísérletben Teszlák és munkatársai (2004) azt vizsgálták, hogy súlyos csapadékhiányos időszakban és öntözetlen ültetvényen milyen a Merlot fajta szárazságstressz tűrőképessége. A vizsgálatok alkalmával az ernyőművelésű fajta lombzat szerkezeti változásait mérték virágzástól szüretig. A virágzástól októberig terjedő időszakban pedig a fajtára jellemző nappali levél vízpotenciál értékek változását, valamint a fotoszintetikus aktivitást és transzspirációt mérték. A kísérlet eredményeként a fajták a Schultz-féle rendszerezés szerint a szárazságtoleráns fajták közé sorolták.

Ramos and Toda (2020) célja az volt, hogy megjósolja a klímaváltozás hatására miként fog megváltozni két öntözött kékszőlő fajta fenológiája és milyen hatással lesz a bogyó összetételére. A kutatás középpontjában a spanyolországi Rioja borvidéken termesztett Tempranillo és Grenache szőlőfajták álltak. A vizsgálat 2008-2018 között zajlott különböző tengerszint feletti magasságú és különböző éghajlati adottságokkal rendelkező szőlőültetvényekben. Összeségében elmondható a kutatás alapján, hogy korábbra tehetők az egyes fenofázisok időpontja. Az előrejelzések alapján a két kékszőlő fajtánál a változások hasonlóak lehetnek, bár az eltérő tengerszint feletti magasságú ültetvényekből adódóan a Tempranillo fajtánál a savtartalom, míg a Grenache fajta esetében az antocianin tartalom tud enyhén magasabb lenni.

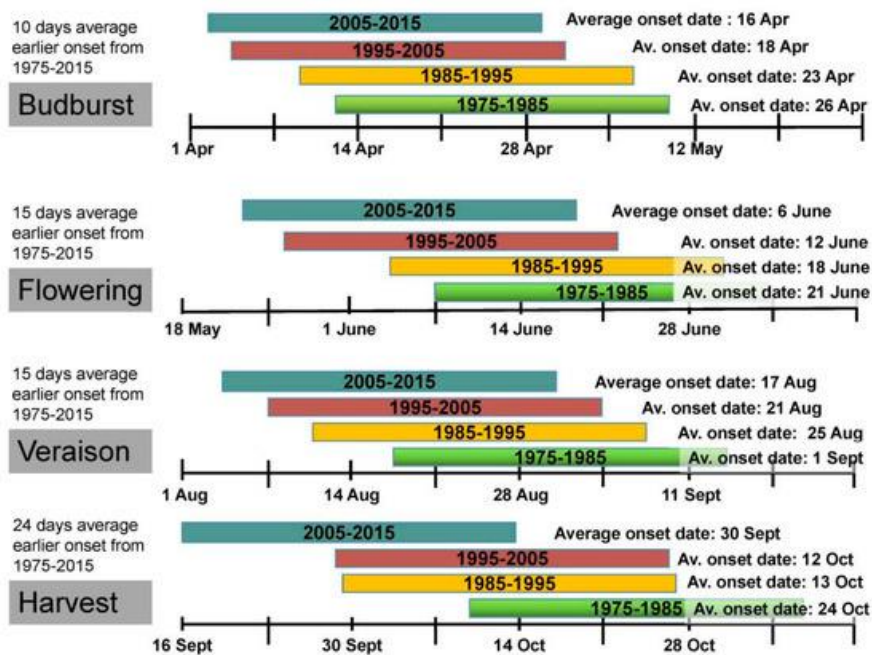
Alatzas és munkatársai (2021) a vízhiány hatását vizsgálták 2019-2020-as évjáratok során két görög fajtánál az Agiorgitiko és az Assyrtiko-nál. A méréseket öntözött és nem öntözött növényeken végezték el az érettségi állapot három időpontja során (zöld bogyó, zsendülés és szüret). Az eredmények szerint a vízhiány a bogyók méretének csökkenését, valamint az oldható cukrok, az összes fenol és az antocianinok szintjének növekedését eredményezte. A bor minőségét befolyásoló legfontosabb tényező a szőlő fenoltartalma, aminek a szüreti időpontban van jelentős szerepe (Hufnagel and Hofmann, 2008). A 2020-as szüretkor az öntözetlen Assyrtiko szőlőben az összes fenol magasabb volt a 2019-es évjáratához képest.

Egy portugál tanulmányban a légköri viszonyok és a szőlőbogyók minőségi jellemzői közötti összefüggést vizsgálták három borvidéken (Douro, Dão és Alentejo) és két fajtán (Touriga Nacional és Aragonez/Tempranillo). Az eredmények megerősítették, hogy a magasabb hőmérséklet általában a bogyók tömegének, a titrálhatóság tartalmának, az antocianinok és a fenolos vegyületek csökkenéséhez vezet. Ezzel szemben az alacsonyabb hőmérséklet gyakran a pH és a potenciális alkohol csökkenését idézte elő (Costa et al., 2020).

### 3.2. A klímaváltozás hatása a szőlő fenológiai fázisaira

A magasabb hőmérséklet a szőlő fenológiájára is hatással van, befolyásolva azon szakaszok kezdetét, mint a rügyfakadás, a virágzás és valamint a zsendülés (Fraga et al., 2016; Costa et al., 2019). A szőlőbogyók kémiai összetétele meglehetősen összetett, főként vizet, erjeszhető cukrokat, szerves savakat, nitrogén tartalmú vegyületeket, ásványi anyagokat, pektint, fenolos vegyületeket és aromás vegyületeket tartalmaznak. A szőlőbogyók anyagcseréjének mértéke erősen függ a környezeti hőmérséklettől. A megemelkedett hőmérséklet számos metabolikus útvonalat megzavar, ami a szőlőmust minősége szempontjából kritikus fontosságú alapvegyületek bioszintézisének megváltozását eredményezi (Blancquaert et al., 2019a).

Az éghajlatváltozás miatt a szőlőnek egyre melegebb és szárazabb termesztési körülményekkel kell szembenéznie. A magasabb hőmérséklet a szőlő érési időszakait a vegetációs időszak egy olyan időpontjára tolja, amely kevésbé kedvező jó minőségű bor előállításához, az egyre szárazabb körülmények pedig a terméshozam csökkenéséhez vezetnek. Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást elősegíti a késői érésű és szárazságtűrő növényanyag (fajták, klónok és alanyok) használata, amely környezetbarát és költséghatékony eszköze az alkalmazkodásnak (van Leeuwen et al., 2019). A klímaváltozás szőlőtermesztésre gyakorolt hatását az éves átlaghőmérséklet emelkedésével és az egyre gyakoribbá váló extrém időjárási jelenségekkel lehet jellemezni (Szenteleki et al., 2012). Az átlaghőmérséklet emelkedésével a szőlőbogyó cukortartalmának növekedése is megfigyelhető (Zanathy, 2008). A klímaváltozás további eredményéhez sorolható az, hogy a szőlő egyes fenofázisai korábbra tehetők (3. ábra), valamint a fenológiai fázisok közötti időszakok lerövidülése is (Jones and Davis, 2000). Ennek értelmében a zsendülés és termésérés hamarabb, magasabb hőmérsékleten megy végbe, ami a borminőségben is megmutatkozik, az érés kori cukortartalom, illetve a borok megnövekedett alkoholtartalmán keresztül (Bindi et al., 2001; Duchêne and Schneider, 2005).



3. ábra. A fenológiai fázisok eltolódása (1975-2015),  
 Forrás: Venios és munkatársai (2020)

A legszigorúbb forgatókönyvek szerint a légköri CO<sub>2</sub>-koncentráció a jövőben 430 ppm és 480 ppm között stabilizálódik, az előrejelző modellek a felszíni átlaghőmérséklet 0,3 °C és 1,7 °C közötti növekedését jósolják az évszázad végére (IPCC, 2014). Ha azonban a szén-dioxid-kibocsátás ez idő alatt tovább növekszik a leg pesszimistább forgatókönyv az előrejelzések szerint az átlaghőmérséklet 1,5 °C és >5 °C közötti emelkedése várható (Schultz and Jones, 2010). A meleg és forró éghajlatú régiók esetében jól ismert, hogy az ilyen események hatással lehetnek a bogyós gyümölcsök elsődleges anyagcseréjére. Röviden, a cukrok, például a galaktinol és a raffinóz felhalmozódását, a szerves savak (almasav) felhalmozódását és lebomlását, valamint egyes aminosavak, például a fenilalanin felhalmozódását befolyásolhatja a magas hőmérséklet (Pillet et al., 2012; Sweetman et al., 2014; Rienth et al., 2016; Lecourieux et al., 2017). A flavonoidok a borok alapvető összetevői, mivel erősen befolyásolják az érzékszervi tulajdonságot és az érzékelt minőséget (Adams, 2006). Ennek megfelelően Salazar-Parra és munkatársai, 2012 kimutatták, hogy az éghajlatváltozás (emelkedett CO<sub>2</sub>, magas hőmérséklet és szárazság) hatással van a fonológiára és a bogyók összetételére. Különösen a virágzás alatti magas hőmérsékletnek való kitettség gátolhatja jelentősen a bogyóképződést (Greer and Weston, 2010), ezáltal csökkentve a terméshozamot. A gyümölcskötődés után a magas hőmérséklet általában nem kedvez a bor érzékszervi minősége szempontjából, mivel csökken a másodlagos metabolitok által termelt vegyületek, például a fenolos vegyületek (Spayd et al., 2002; Mori et al., 2007) vagy az aromák (Schultz, 2000) felhalmozódása. Ezen túlmenően a magas hőmérséklet más minőségi

vegyületek rovására serkenti a cukorfelhalmozódást (Greer and Weston, 2010), ami magasabb alkoholtartalmú borok előállítását eredményezi.

### 3.3. A klímaváltozás hatása a szőlőbogyók beltartalmi értékére

A bogyók cukorösszetétele kulcsfontosságú szerepet játszik a borok minőségében, mivel ezek határozzák meg a borok alkoholtartalmát. A szőlőbogyók cukor koncentrációja a szőlő érése során változik, és számos tényező, például a környezet és a szőlészeti kezelések is befolyásolhatják. A bogyó növekedésének első szakaszában a szőlő viszonylag alacsony cukortartalommal rendelkezik, mert a cukor jelentős része metabolizálódik. Zsendüléskor azonban megkezdődik a cukor felhalmozódás. A szőlőbogyók az érés során egyenlő mennyiségben, viszonylag állandó ütemben halmozzák fel a glükózt és fruktózt (Robinson and Davies, 2000). A cukor-sav egyensúly alapvető fontosságú a szőlő ízének kialakításában, ami végső soron meghatározza a bor minőségét. Az alacsony savtartalmú must gyakran instabil, érzékszervi romlásra (pl. oxidatív és mikrobiológiai romlás) (Conde et al., 2007) hajlamosabb borokat eredményez, míg a túlzott savtartalom általában nem kívánatos a minőségi borok előállítás szempontjából. A titrálhatóság tartalom gyakran alacsonyabbak a melegebb években, mint a hűvösebb években (Ubalde et al., 2010). Általánosságban elmondható, hogy a borkósav és az almasav, különösen az almasav metabolizmus a hőmérséklet növekedésével fokozódik, ami a titrálhatóság tartalom csökkenéséhez és a pH emelkedéséhez vezet (Buttrose et al., 1971; Ruffner et al., 1976).

Az érés során viszonylag állandó és mérsékelt hőmérséklet kedvez a szőlőbogyók szín-, íz- és aromaképződésének biokémiai folyamataiban. Tanulmányokat folytattak a hőmérsékletnek a szőlőbogyók összetételére gyakorolt hatásáról és azt találták, hogy a magas hőmérséklet a metabolitok széles körére, különösen a flavonoidokra – a bogyók és a bor minősége szempontjából kulcsfontosságú vegyületekre – van hatással. A legtöbb esetben az összes antocianin csökkenéséről számoltak be (Gouot et al., 2019). Ezenkívül a hőmérséklet antocianin szintézisre gyakorolt hatása genotípusonként nagyon eltérő. Amikor az érés során a hőmérséklet maximuma meghaladta a 35°C-ot, a színeképződés gátlása sokkal erőteljesebb volt a Grenache fajtánál, mint a Carignan fajtánál (Fernandes de Oliveira et al., 2015). A Merlot esetében a nappali hőmérséklet 5°C-os emelkedése az érés során (20°C-ról 25°C-ra) 37%-os antocianin csökkenést eredményezett (Yan et al., 2020). Az hőmérséklet növekedéssel összefüggő antocianin koncentráció csökkenést Cataldo és munkatársai (2023) is megerősítették. A legtöbb elterjedt fajta esetében az ideális hőmérséklet a szőlő érési szakaszában az aromavegyületek optimális kialakulásához 20-22 °C között van (Blancquaert et al., 2019b). A színeképződés csökkenése figyelhető meg, ha a hőmérséklet meghaladja a 30 °C-ot, 37 °C feletti hőmérsékleten pedig a szőlő színének csökkenése és az aromavegyületek fokozott csökkenése figyelhető meg (Bernardo et al., 2018; Neethling et

al., 2012). A szőlő színének fő összetevői az antocianinok, amelyek főként a kékszőlő héjában találhatóak. Az antocianinok olyan növényi másodlagos anyagcseretermékek, amelyek a növényi szövetek jellegzetes vörös, kék és lila színéért felelősek. Az antocianinok fontos szerepet játszanak a növényi szaporodásban, a beporzók és a magszórók vonzásával, valamint a stresszel szembeni védelemben (Winkel-Shirley, 2002). Magas hőmérsékleti körülmények között a szőlőben a delphinidin, antocianin, petunidin és peonidin alapú antocianinok csökkenését figyelték meg, de a malvidin-származékok bioszintézisében ez nem volt megfigyelhető (Bernardo et al., 2018). Ha a környezet túl meleg, a szőlő íz- és színanyagainak fejlődése elválhat a cukor felhalmozódásától (Sadras and Moran, 2012), ami potenciálisan magasabb alkoholtartalmú borhoz vezethet. Míg a vizsgálatok kezdetben a szőlő alapvető összetételére összpontosítottak, az elmúlt két évtizedben a műszerek és az analitikai kapacitás gyors fejlődésének köszönhetően a kutatások az elsődleges és másodlagos metabolitok széles körére terjedtek ki. Ez a növekvő érdeklődés annak köszönhető, hogy a fenolos vegyületek fontos szerepet játszanak a szőlő és a bor összetételében, valamint annak a felismerésnek, hogy az éghajlatváltozással járó hőmérséklet-emelkedés a világ számos bortermelő vidékét érinti (Webb et al., 2013). Franciaországban 1957 és 1997 között Jones and Davis (2000) a Merlot és a Cabernet Sauvignon esetében növekvő cukor-sav arányt talált. A szőlőbogyóban a hőmérsékletnek az aromavegyületek felhalmozódására gyakorolt hatása nem egyértelmű (Selmar and Kleinwächter, 2013; Lecourieux et al., 2017). A vizsgálatokból úgy tűnik, hogy az aromaanyagok csökkennek, ha hőstresszt alkalmazunk mind a fürtök szintjén (Lecourieux et al., 2017), mind pedig az egész növény szintjén, ha a stresszt a bogyó érése során alkalmazzuk (Rienth et al., 2014).

A szőlő napfénynek való kitettsége általában növeli a fenolos vegyületek szintjét, amint azt például a Rajnai rizling (Brandt et al., 2019), a Pinot Noir (Song et al., 2015) és a Cabernet Sauvignon (Blancquaert et al., 2019b) esetében kimutatták. Általánosan ismert, hogy a fénynek való kitettség növeli a legtöbb aromavegyület koncentrációját a szőlőbogyóban, de a túlzott napfény, valamint annak teljes kizárása gátolja a legtöbb aromavegyület felhalmozódását (Bureau et al., 2000; Zhang et al., 2014; Young et al., 2016; Pallotti et al., 2023). A monoterpének, és különösen a linalool, rendkívül érzékenyek a napfényre, amint azt például a Sauvignon blanc és a Rizling esetében kimutatták (Sasaki et al., 2016).

Az érési fázisok időben előrébb kerülnek, ami a szőlő beltartalmi összetételében, különösen az aromavegyületeknél mutatkozik meg (Leeuwen and Darriet, 2016). Ezért az elmúlt évtizedben különböző megközelítésekkel széles körben vizsgálták a felmelegedésnek a terméshozamra és a bogyók minőségére gyakorolt hatásait. A megnövekedett környezeti hőmérséklethez kapcsolódó egyik legfontosabb következmény az időpontok eltolódása és a fenológiai szakaszok lerövidülése (Duchêne and Schneider, 2005; Palliotti et al., 2014; Martínez-Lüscher et al., 2016). Ez a

hőmérséklet emelkedés a hagyományos szőlőtermő régiókban fajtaátalakítást tesz szükségessé (Webb et al., 2013), ugyanakkor jelentősen csökkenteni fogja a szőlőtermesztésre alkalmas területeket (Hannah et al., 2013).

A víz a bogyók fiziológiájára és minőségére gyakorolt hatását vizsgáló tanulmányokat a közelmúltban Scholasch and Rienth, 2019; Rienth and Scholasch, 2019, valamint Gambetta et al., 2020 tekintette át. A vízhiány hatása a bogyók fejlődésére a stressz intenzitásától és időtartamától, valamint a fejlődési stádiumtól függ. A növekedési szakasz első fázisban fellépő vízhiányos stressznek volt a legnagyobb hatása a bogyók végső térfogatára és következésképpen a termésre. A szőlő aromavegyületeivel kapcsolatos vízhiányos vizsgálatok többsége nagyon heterogén eredményeket mutat, a vizsgált aromavegyületek típusától függően, amint azt Alem et al., 2019 áttekintette. Pozitív kapcsolatról számoltak be a növekvő vízhiány és a C13-norisoprenoidok, például a  $\beta$ -damaszenon,  $\beta$ -ionon és az 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalin koncentrációja között. Ez különösen igaz volt az olyan vörös fajtákra, mint a Cabernet Sauvignon (Bindon et al., 2007; Koundouras et al., 2009; Brillante et al., 2018), a Merlot (Song et al., 2012) és a Tempranillo (Talaverano et al., 2017). Számos tanulmány számolt be a monoterpének, például a limonén, a linalool, az  $\alpha$ -terpineol geranilaceton, a geraniol és a citronellol megnövekedett koncentrációjáról kisebb vagy mérsékelt vízstressz esetén (Savoi et al., 2016; Brillante et al., 2018; Wang et al., 2019; Kovalenko et al., 2021).

### 3.4. Az alkoholos erjedés kémiai és mikrobiológiai jellemzői

*„A bor különböző szervetlen és szerves anyagoknak, vegyületeknek valódi és kolloid alkoholos-vizes oldata”* (Kállay, 2014). A következőkben az általam vizsgált paramétereket mutatom be.

A hexózek átalakítása alkohollá, illetve szén-dioxiddá a glikolízis útján történik. A glikolízis során a glükózból és fruktózból piroszőlősav keletkezik, amelyből végső soron az etanol képződik.

*„A glikolízis során képződött piroszőlősav dekarboxileződik acetaldehiddé, amely a NADH<sub>2</sub> által katalizált reakcióban alkohollá redukálódik. A NADH<sub>2</sub> a gliceraldehid-3-foszfát oxidációja során keletkezik. A két reakció egy redoxrendszert képez; ha a NADH<sub>2</sub> nem oxidálna újra, „leállna” a glikolízis folyamata, amint végbement az összes NAD redukciója. A must borrá erjesztése sohasem jelent „tisztá” alkoholos erjedést, mivel nem mindegyik cukormolekula követi az alkoholos erjedés egyenletét, mivel egy részük az ún. glicerin-piroszőlősavas erjedésen megy át. Az így képződött piroszőlősav esetenként acetaldehiddé dekarboxileződik, de nem használódik teljes egészében alkoholképződésre, hanem számos másodlagos termék prekursora lesz.”* (Kállay, 2014).

A szőlőbogyóban található cukroknak fontos szerepük van a borminőség kialakításában és a borok alkoholtartalmának meghatározásában. A bogyó cukortartalma az érés során változik, melyet számos tényező befolyásolhat, többek között a környezet és a szőlőtermesztés. Az borok alkoholtartalma képes megváltoztatni az aroma- és illékony vegyületek érzékszervi érzetét, de egyéb boralkotó vegyületekkel, mint tanninokkal vagy aromákkal való kölcsönhatása befolyásolja a borok viszkozitását, testességét, fanyar és édes ízérzetet (Goldner et al., 2009; Fontoin et al., 2008; Meillon et al., 2009; Pickering et al., 1998; Fischer and Noble, 1994).

A megnövekedett cukortartalom közvetlen borászati következménye a végtermékben az etanol koncentrációjának növekedése, ami a borok társadalmi elfogadottságának csökkenésével is járhat, az etil-alkohol ismert toxikus hatása miatt (Drappier et al., 2019). Ezért a borok etanol- és kén-dioxid tartalmának csökkentése piaci igény, a fogyasztók egészségi és környezetvédelmi aggályainak növekvő tudatossága miatt, valamint az éghajlatváltozás okozta kihívás miatt, amely több cukrot és alkoholt, valamint kevesebb savtartalmat eredményez a borokban (Maturano et al., 2019; Mira de Orduña, 2010). Továbbá a tanninok keserűségének érzékelése növekedhet, a fanyarság pedig csökkenhet az etanol koncentrációjának növekedésével (Lea and Arnold, 1978).

Az alkohol alapvető fontosságú a bor karakterének kialakításában, a túl sok alkohol azonban kibillentheti a bort az egyensúlyából. Egy bor akkor tekinthető kiegyensúlyozottnak, ha alkoholtartalma, savassága, édessége, gyümölcsössége és tanninszerkezete kiegészítik egymást, így egyetlen összetevő sem dominál az ízben (Goold et al., 2017). Azonban az utóbbi években a borok alkoholtartalma jelentősen növekszik, amely a klímaváltozásnak tulajdonítható a mustok cukortartalmának növekedésén keresztül (Jones et al., 2005; Koufos et al., 2014). Az átlagos alkoholszint az utóbbi évtizedekben 2 v/v%-os növekedést mutat és nem ritkák a 16 v/v%-os borok sem (Varela et al., 2015). Leginkább az európai fogyasztók nagy számban igényelnek alacsonyabb alkoholtartalmú italokat (9-13 v/v%) egészségügyi és társadalmi okok miatt (Labanda et al., 2009; Masson et al., 2008; Saliba et al., 2013). Ezekre a problémákra megoldást jelenthetnek a borok alkoholtartalmának csökkentésére szolgáló technikák. Ehhez azonban ismerni kell az egyes technikák korlátait a borok érzékszervi tulajdonságaira vonatkozóan, emellett fontos, hogy információt kapjunk a borminőségről és fogyasztói oldalról való elfogadásáról (Jordão et al., 2015).

Az alkohol ízét a küszöbérték vagy e felett (14-16 v/v%) édesként és/vagy keserűként írják le (Scinska et al., 2000). Ezenkívül a magas alkoholtartalom befolyásolja az érzékszervi érzetét, ami a borok kiegyensúlyozatlanságában jelenik meg. Továbbá a magas cukortartalmú szőlőből készült borok valószínűleg alacsony savtartalommal és gyenge aromás jelleggel rendelkeznek (Fischer and Noble, 1994), illetve mustállapotban borászati problémákat is okozhat, mivel az alkoholos

erjedést a vontatottság jellemzi, de le is állhat. Ez pedig maradék cukortartalmú borokban mikrobiológiai instabilitást képes okozni (Bisson, 1999).

Az alkoholtartalom OIV (OIV-Oeno 394A-2012) szerinti csökkentésére – minimum 20% – alkalmazható elválasztási technikák a következők: részleges vákuumbepárlás, membrán technikák és desztilláció (OIV Code Sheet, 2021). Ezenkívül a kutatók és a borászok figyelmét is felkeltette a nem-*Saccharomyces* élesztők alkoholszint csökkentésre való felhasználása (Ivit et al., 2020). Úgy gondolják, hogy a szelektált vegyes kultúrák alkoholos erjesztéshez való felhasználása kulcsfontosságú olyan tulajdonságokkal rendelkező borok előállításához, amelyek megfelelnek a változó piaci igényeknek. Ennek elérését a beoltás két különböző módszerével hajtják végre:

- 1) ko-inokulációval, tehát nem-*Saccharomyces* élesztő egyidejű beoltása *Saccharomyces cerevisiae*-vel.
- 2) szekvenált beoltással, ahol az alkoholos erjedést nem-*Saccharomyces* élesztővel kezdik meg és a fermentáció befejezése érdekében meghatározott időben *Saccharomyces* élesztővel újra beoltják (Padilla et al., 2016; Petruzzi et al., 2017).

#### 3.4.1. Az erjedés során keletkező másodlagos erjedési melléktermékek

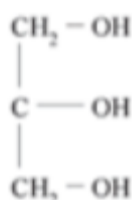
##### *Glicerin:*

A glicerin az etanol és a CO<sub>2</sub> után az élesztőanyagcsere legjelentősebb mellékterméke. Dihidroxyaceton-foszfátból keletkezik, amely először glicerin-3-foszfáttá redukálódik a glicerin-3-foszfát-dehidrogenáz (GPDH) segítségével, majd egy specifikus foszfátáz glicerinné alakítja. A glicerin (4. ábra) szobahőmérsékleten viszkózus folyadék, valamint 5-12 g/l között a borok édességéhez is hozzájárul (Goold et al., 2017; Ballester-Tomás et al., 2017; Mbuyane et al., 2018; Puškaš et al., 2020).

Számos tényező befolyásolhatja a glicerin termelését, amely általában nagyobb mennyiségben fordul elő a nem-*Saccharomyces*-szel erjesztett borokban, mint a *S. cerevisiae*-vel erjesztett borokban (Rantsiou et al., 2012; Domizio et al., 2017; Di Gianvito et al., 2018). A glicerin általában nagyobb mennyiségben fordul elő a vörösborokban, részben azért, mert a vörösbor jellemzően magasabb hőmérsékleten (20-25 °C) erjed, mint a fehérbor (< 20°C) (Ciani and Comitini, 2006).

A nem-*Saccharomyces* élesztők hatását, amelyek képesek a cukorfelhasználást etanol helyett alternatív vegyületek előállítására átirányítani, csökkentett etanol-tartalmú borokban vizsgálták. Ezek az alternatív vegyületek glicerin és piroszőlősav lehetnek, amelyek a glicerin-piroszőlősav metabolizmuson keresztül keletkeznek (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

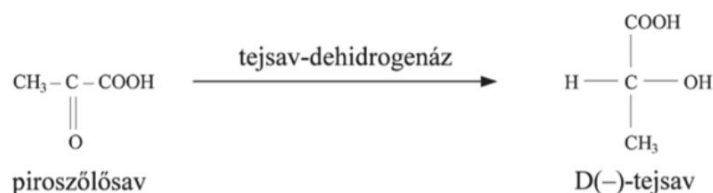
Más tényezők is befolyásolhatják a glicerint nem-*Saccharomyces* által történő képződését. Ezek közé tartozik a nitrogén és a szulfidok koncentrációja (García et al., 2020). A must korlátozott nitrogénkoncentrációja (aminosavak és ammónium formájában) a glicerintermelés jelentős növekedéséhez vezethet (Godden et al., 2015). A megnövekedett glicerintermelés ecetsavtartalom növekedéssel is járt (Jolly et al., 2014; Vilela, 2019; Prior et al., 2000).



4. ábra. A glicerint képlete

#### *D*-Tejsav:

A *D*(-)-tejsav (5. ábra) alkoholos erjedés alatt képződik cukorból, kb. 1 g/l-nyi mennyiségben. Minden bor normális alkotórésze. Tejsav azonban képződhet különböző baktériumos hatásokra, borbetegségeknél (pl. mannitos erjedés, glicerinerjedés) a cukrok, illetve a borkősav lebontása folytán (Kállay, 2014).

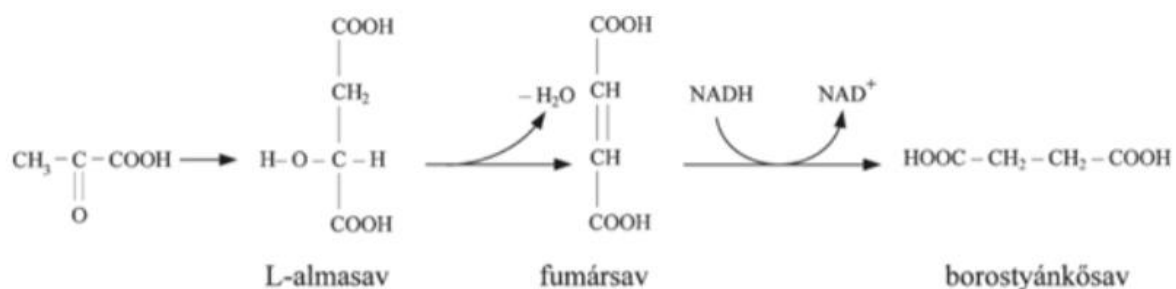


5. ábra. A *D*-tejsav képződése

#### *Borostyánkősav*:

A borostyánkősavat a nem-*Saccharomyces* és a *Saccharomyces* élesztők termelik az alkoholos erjedés kezdeti szakaszában, és néhány aminosav, például a  $\gamma$ -aminovajsav (GABA) és a glutaminsav jelenléte növelheti a borostyánkősav (6. ábra) koncentrációját. Ezeknek az aminosavaknak a borostyánkősav-termelésre gyakorolt hatását azonban eddig nagyon keveset vizsgálták (Torres-Guardado et al., 2024). Ezenkívül javíthatja a bor érzékszervi tulajdonságait a gyümölcsös aromás észterek növekedése miatt (Jordán et al., 2002).

Jellegzetes komplex sós-keserű-savanyú ízével szerepe van az ún. boríz kialakulásában (Kállay, 2014).



6. ábra. A borostyánkősav képződése

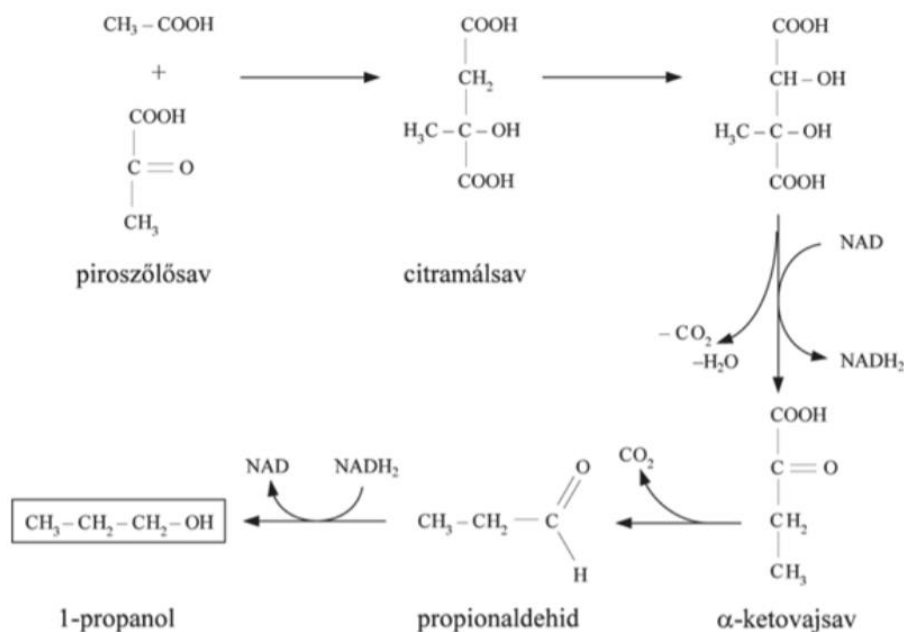
#### Magasabb rendű alkoholok:

A magasabb rendű alkoholok (7. ábra) közé tartozik egy fontos illékony anyag, az úgynevezett kozma olaj, amely a kettőnél több szénlánccal rendelkező egyértékű alkoholok általános megnevezése (Pires et al., 2014). A kozmaolaj szabályozza és befolyásolja a bor érzékszervi jellemzőit és minőségét.

A magasabb rendű alkoholok képződésének két útvonalát, nevezetesen az aminosav-katabolikus útvonalat és a piroszőlősav-anabolikus útvonalat alaposan tanulmányozták. Az első, más néven Ehrlich-útvonal, mivel eredetileg Felix Ehrlich biokémikus azonosította 1903-ban, a *Saccharomyces cerevisiae* a fermentáció során főként az aminonitrogéneket használja fel az erjedés során a saját növekedéséhez szükséges fehérjék szintézisére. A megmaradt alfa-ketosav ezután dekarboxiláción és hidroredukción megy keresztül, hogy magasabb rendű alkoholokat képezzen. A későbbi vizsgálatok során a kutatók egyre inkább megerősítették, hogy a borban lévő magasabb rendű alkoholok az aminosavak bomlásából származnak, amelyek katalizálják az aminotranszferázon keresztül  $\alpha$ -ketoinsavat, és aminosavat  $\alpha$ -ketoglutársavvá alakítva glutaminsavat termelnek míg az  $\alpha$ -ketoinsav dekarboxiláz hatására aldehideket és  $\text{CO}_2$ -t termel. Végül az aldehidek vagy redukálódnak a megfelelő magasabb rendű alkoholokká, vagy oxidálódnak illékony karbonsavakká az élesztősejtek redox állapota miatt (El-Dalatony et al., 2019; Park et al., 2018; Pires et al., 2014).

A piroszőlősav anabolikus útja elsősorban a fermentáció szabad aminonitrogén-tartalmával függ össze. Ha ez a tartalom magas, akkor a magasabb rendű alkoholok elsősorban az aminosavbontási útvonalon keresztül keletkeznek. Az erjedés későbbi szakaszában azonban, amikor a szabad aminonitrogén-tartalom alacsony, a *Saccharomyces cerevisiae* nem képes a piroszőlősavból keletkező  $\alpha$ -ketoinsavat szintetizálni a megfelelő aminosav előállításához. Emellett a magasabb rendű alkoholok előállításának képessége az alkalmazott törzstől függ, ami olyan

tulajdonság, amely döntő jellemzője a borkészítéshez használt élesztők kiválasztásakor (Palma et al., 2018; Vicente et al., 2020).



7. ábra. A magasabb rendű alkoholok keletkezésének

### 3.4.2. Az élesztők szerepe és jelentősége az alkoholos erjedés során

A spontán erjesztés olyan hagyományos borkészítési gyakorlat, amely az adott szőlőültetvény és borászat endogén élesztőit használja ki a must borrá erjesztéséhez (Díaz et al., 2013). Ugyanakkor a spontán erjesztés jelentős kockázatokkal jár: az egyik évjáratról a másokra való megismételhetetlenség, az elakadt erjedés, a nemkívánatos ízhibák és borminőségek csak néhány az ezzel az eljárással kapcsolatos gyakori problémák közül (Jolly et al., 2014). A spontán fermentációban az erjedési folyamat korai fázisaiban a nem-*Saccharomyces* élesztők változatos skálája vesz részt, amíg az etanolkoncentráció el nem éri a 3-4 v/v%-ot, ezt követően a *Saccharomyces* élesztők dominálnak az erjedési folyamatban. Az erjedés végső szakaszában kivétel nélkül a *Saccharomyces cerevisiae* alkoholtűrő törzsei dominálnak (Cray et al., 2013). Beoltott erjesztésekben a *S. cerevisiae*-t általánosan előnyben részesítik az erjedési folyamat elindításában (Jolly et al., 2014), és elsődleges szerepe a szőlőcukrok gyors, teljes és hatékony átalakításának katalizálása etanollá, szén-dioxiddá és más kisebb, de fontos metabolitokká, anélkül, hogy mellékízek alakulnának ki (Pretorius, 2000; Borneman et al., 2007).

Általánosságban elmondható, hogy a *Saccharomyces cerevisiae* élesztők felelősek az alkoholos erjedés végbemeneteléért, elősegítve a cukrok alkohollá, szén-dioxiddá és egyéb

anyagcseretermékké való alakulását (Garofalo et al., 2016). Ugyanakkor a *S. cerevisiae* nem az egyetlen élesztő, amely részt vesz a folyamatban, a speciális nem-*Saccharomyces* fajok pozitívan képesek módosítani a borok kémiai összetételét, továbbá hozzájárulnak a borok érzékszervi megítéléséhez (Bely et al., 2008; Comitini et al., 2011; Liu et al., 2016; Petruzzi et al., 2017). A nem-*Saccharomyces* élesztők a szőlőn, valamint a szüreti és borkészítési berendezéseken jelen lévő természetes mikrobióták részét képezik, melyek az erjedés korai szakaszában is jelen vannak (Fleet, 1990; Renouf et al., 2005; Renouf et al., 2007). Az elmúlt évtizedben számos tanulmány tett javaslatot a nem-*Saccharomyces* élesztők borászati alkalmazására, melyek a spontán erjedésért felelősek. Ezek az új törzsek technológiai megoldásokat nyújthatnak bizonyos problémákra és komplexebbé tehetik a bort (Petruzzi et al., 2017). Azonban egyes nem-*Saccharomyces* törzs képes néhány nem kívánatos metabolitok felhalmozódását okozni, mint ecetsav, etil-acetát, aldehid vagy acetion (Medina et al., 2012; Ciani et al., 2016; Liu et al., 2016). A glicerin a must erjedése során keletkező második legnagyobb vegyület az etanol után, amelyet a nem-*Saccharomyces* élesztők egyik fő hozzájárulásának tartanak, és pozitívan befolyásolhatja a bor ízét, mivel befolyásolja a selymességet, az édességet, a szájérzetet és a komplexitást (Comitini et al., 2011).

Az élesztőfajok általában két csoportba sorolhatók: *Saccharomyces* és nem-*Saccharomyces* (Taillandier et al., 2014). A *Saccharomyces* fajoknak van jelentősebb szerepük, ezen belül a *Saccharomyces cerevisiae* a domináns faj (Masneuf-Pomarède et al., 2010). A másik oldalon a nem-*Saccharomyces* élesztők közé különböző nemzetségek tartoznak, mint például a *Hanseniaspora*, *Issatchenkia*, *Pichia* és *Schizosaccharomyces*, *Brettanomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Candida*, *Torulaspóra* (Ciani et al., 2016). Ezek az élesztők mind anaerob mind aerob körülmények között is képesek növekedni, és fennmaradhatnak az erjedés során, versenyezve a *Saccharomyces*-szel a tápanyagokért, másodlagos vegyületeket termelve vagy módosítva a *S. cerevisiae* anyagcseréjét.

Az erjesztő *Saccharomyces* anyagcseréje elsődleges és másodlagos anyagcserére tagolható. Az elsődleges anyagcsere elengedhetetlen a növekedéshez, a sejtszótódáshoz és a túléléshez, és olyan metabolitok termeléséhez, mint az etanol, a glicerin, az acetaldehid és az ecetsav. A másodlagos metabolitok közé sorolhatók a kozmaalkoholok, észterek, kén vegyületek, tiolok és a terpének (Romano et al., 2015; Hirst and Richter, 2016). A *S. cerevisiae* dominanciája az erjesztésben elvárt és kívánatos (Jolly et al., 2014; Capece et al., 2016), amelyet a figyelemre méltó cukorfogyasztási sebesség és etanoltermelés tesz lehetővé, melyhez magas alkoholtolerancia párosul. A szőlőmustban való gyors szaporodás révén az *S. cerevisiae* hatékonyan hasznosítja a nitrogénforrásokat és az élesztő biomassza termeléséhez szükséges egyéb tápanyagokat a közegből (Tronchoni et al., 2017). A tiszta kultúras erjesztések során egyes nem-*Saccharomyces* élesztők (*H. uvarum*, *H. vineae*, *S. bacillaris* és *T. delbrueckii*) kevesebb

asszimilálható nitrogént fogyasztanak, mint a *S. cerevisiae* (Roca-Mesa et al., 2020; Ciani et al., 2006; Medina et al., 2012). Továbbá vizsgálatok kimutatták, hogy szekvenált fermentációban egyes nem-*Saccharomyces* fajok, mint például a *T. delbrueckii*, *L. thermotolerans* és *S. bacillaris*, képesek 48 vagy 72 órával a *S. cerevisiae* beoltása előtt szinte az összes asszimilálható nitrogént elfogyasztani, ami miatt a *S. cerevisiae* növekedése alacsony és nem teljes/befejezetlen fermentációt eredményezhet (Roca-Mesa et al., 2020; Taillandier et al., 2014).

A világ borpiacán egyre nagyobb az érdeklődés az új élesztőtörzsek iránt, amelyekkel újszerű tulajdonságokkal rendelkező, egyedi borokat lehet előállítani (Mylona et al., 2016). A nem-*Saccharomyces* élesztők kedvező hatásuk miatt, valamint azért, mert a fogyasztók új borstílusokat igényelnek (Lleixà et al., 2016), felkeltették az érdeklődést a borkészítésben. Ezek az élesztők közvetlenül is befolyásolhatják az aromaképződést saját metabolikus tevékenységükkel (alkoholok és észterek termelése) vagy olyan extracelluláris enzimek felszabadításával, amelyek átalakítják a *S. cerevisiae*-ből származó metabolitokat. A nem-*Saccharomyces* élesztő törzsei olyan aromavegyületek előállítására is alkalmasnak bizonyultak, amelyek nem kapcsolódnak a *S. cerevisiae* számos törzsének tevékenységéhez/erjedéséhez, mint például különböző monoterpének és más terpenoid vegyületek (Rossouw and Bauer, 2016). Emellett nem-*Saccharomyces* élesztők használatát javasolták a glicerín- vagy mannoprotein-tartalom, az illósvartartalom vagy a színtabilitás javítására (Tronchoni et al., 2017) vagy a borok etanolszintjének csökkentésére (Rossouw and Bauer, 2016). A legtöbb nem-*Saccharomyces* élesztő azonban nem képes szárazra erjedni, ezért a *S. cerevisiae*-vel is be kell oltani. Az oltásnak két módját javasolták és alkalmazzák (Beckner Whitener et al., 2015): az elsőt koinokulációnak nevezik, és egyes tanulmányok kimutatták, hogy a kiválasztott nem-*Saccharomyces* élesztők magas sejtkoncentrációban történő beoltása az *S. cerevisiae*-vel együtt eltérő tulajdonságokkal rendelkező borokat eredményezhet, miközben elkerülhető az elakadt erjedés. Más kutatók a nem-*Saccharomyces* élesztők szekvenált beoltásban történő felhasználását vizsgálták; a nem-*Saccharomyces* élesztőket először magas sejtszámban beoltják, és hagyják, hogy egy adott ideig önmagukban erjedjenek, mielőtt *S. cerevisiae*-t adnának hozzá, hogy átvegye az erjedés irányítását. Ez a gyakorlat több időt ad a nem-*Saccharomyces* élesztőnek (Beckner Whitener et al. 2015). Ez a fermentációs megközelítés, amelyben egy nem-*Saccharomyces* törzs kezdeti beoltását a *S. cerevisiae* starter törzs beoltása követi, lehetővé teszi az első beoltott élesztő anyagcseréjének kibontakozását anélkül, hogy az túl nagy hatással lenne a *S. cerevisiae* törzsre. Ahhoz, hogy a szekvenált erjesztés során kihasználjuk egyes nem-*Saccharomyces* élesztők metabolikus sajátosságait (pl. alacsony etanolhozam), alapvető fontosságú az oltási sejtszám és az első és a második beoltás között eltelt idő intervallum (Canónico et al., 2016). Egy későbbi tanulmányban a fermentációt három multistarter nem-*Saccharomyces* élesztővel végezték különböző inokulum

koncentrációban (*Metschnikowia pulcherrima*, *Torulaspora delbrueckii* and *Zygosaccharomyces bailii*). A *Saccharomyces cerevisiae*-t koinokulációban, valamint 48-72 óra eltéréssel (szekvenált) ráoltással adták hozzá a kiejlesztési kívánt musthoz. Az eredmények azt mutatták, hogy a három nem-*Saccharomyces* élesztő közül a *Torulaspora delbrueckii* lett a domináns nem-*Saccharomyces* élesztő minden fermentációban. A *Saccharomyces cerevisiae* képes volt növekedni mindhárom fermentációban és az erjesztés végén domináns élesztővé vált. A szekvenált beoltással történt fermentációkban jelentős, 0,48-0,77 v/v%-os etanolcsökkenést értek el, a tej- és ecetsav koncentrációjának növekedése mellett (Zhu et al., 2021).

Az utóbbi években a *M. pulcherrima*, *T. delbrueckii* és *Z. bailii* bizonyítottan olyan élesztő fajok, amelyek képesek csökkenteni az etanoltartalmat, főként *S. cerevisiae*-vel kevert fermentációban. Például a *M. pulcherrima* képes volt 0,7-1,5 v/v%-os etanoltartalom csökkentésre szekvenált fermentációkban (Canónico et al., 2019; Hranilovic et al., 2020; Zhu et al., 2020; Contreras et al., 2014), míg a *T. delbrueckii* és *Z. bailii* 0,6-1,0 v/v%-os, illetve 0,7-1,8 v/v%-os etanolcsökkentést ért el *S. cerevisiae*-vel végzett szekvenált fermentációkban a csak *S. cerevisiae*-vel történő fermentációhoz képest (Contreras et al., 2015; Canónico et al., 2019; Zhu et al., 2020).

A bor megfelelő savtartalmának fenntartása elengedhetetlen a mikrobiológiai stabilitás, a színmegőrzés és az érzékszervi minőség szempontjából. Ezeket a tényezőket egyre inkább veszélyezteti az éghajlatváltozás, amelyek csökkentik a savtartalmat és emelik a pH-értéket (Vicente et al., 2025). A következő tanulmányban a *Lachancea (Kluyveromyces) thermotolerans* és a *Saccharomyces cerevisiae* élesztők egyidejű és egymást követő (szekvenált) beoltásban történő alkalmazásukat értékelték a savtartalom fokozása és a borok minőségének javítása céljából. Az élesztőtörzsek e párosításában (*S. cerevisiae* EC1118 és *L. thermotolerans* 101) a nem-*Saccharomyces* élesztő magas szintű versenyképességet mutatott, azonban a *S. cerevisiae* törzs uralta az erjedést. E borok sajátos kémiai profilját az érzékszervi vizsgálat is megerősítette, amely a fűszeres jegyek és a magasabb összes savtartalomban mutatkozott meg (Gobbi et al., 2013). Az előző tanulmányhoz hasonlóan Vicente és munkatársai (2025) a különböző beoltási stratégiákat (ko-inokuláció és szekvenált beoltás) tanulmányozta *L. thermotolerans* és *Saccharomyces cerevisiae* élesztők felhasználásával. A *L. thermotolerans*-t tartalmazó ko-inokulációban a savtartalom jelentős növekedést mutatott, elérve a szekvenált beoltás esetében mért sav koncentrációt. A tejsav koncentráció emelkedés mellett a ko-inokuláció hatással volt más szerves savak (pl. almasav és borostyánkősav) koncentrációjára (Vicente et al., 2025).

Lei és munkatársai (2025) ko-inokulációban alkalmazták a *L. thermotolerans* A38-at és *Saccharomyces cerevisiae* CECA-t. Az együttes alkalmazás tejsav tartalom növekedését eredményezte, különösen akkor, ha a *S. cerevisiae*-t 48 órával az *Lachancea thermotolerans* erjesztés után oltották be (Lei et al., 2025). Következésképpen a két faj együttes alkalmazásakor

az inokulációs arány és a stratégia döntő fontosságú lehet, különösen azoknál a tanulmányoknál, amelyek célja a bor savtartalmának növelése a *L. thermotolerans* tejsavtermelése révén (Vicente et al., 2025).

Egy 2021-es tanulmányban a *Lachancea thermotolerans* és a *Metschnikowia pulcherrima*, a kontrollként alkalmazott *Saccharomyces cerevisiae*-hez képest frissebb és savasabb borokat eredményezett, ami valószínűleg a magasabb tejsavtermelésnek és a magasabb borostyánkősavtartalomnak köszönhető (Izquierdo-Cañas et al., 2025). Emellett Vicente és munkatársai (2023) arról számoltak be, hogy a *Lachancea thermotolerans* növelni képes egyes magasabb rendű alkoholok koncentrációját a borokban (Vicente et al., 2023).

Egy friss tanulmányban két nem-*Saccharomyces* élesztő (*Lachancea thermotolerans* és a *Metschnikowia pulcherrima*) hatását értékelték Pedro Ximénez fehérborok borászati és érzékszervi jellemzőire. A fermentációt ezeknek az élesztőknek a tiszta és szekvenált tenyészetével végezték, és összehasonlították egy *Saccharomyces cerevisiae*-vel beoltott kontrollal. A *L. thermotolerans*-szal fermentált borok megnövekedett titrálható savtartalommal és magasabb tejsavkoncentrációval rendelkeztek, ami hozzájárult a frissesség javulásához. A *M. pulcherrima* használata az észtertermelés jelentős növekedéséhez vezetett, fokozva a gyümölcsös és virágos aromákat. A két élesztővel végzett szekvenált erjesztés az érzékszervi értékelés során kiváló teljesítményű borokat eredményezett. Ezek az eredmények alátámasztják a *L. thermotolerans* és a *M. pulcherrima* használatát, mint ígéretes biotechnológiai stratégiát a fehérborok minőségének javítására az éghajlatváltozás körülményei között (Sánchez-Suárez et al., 2025).

Egy 2016-os tanulmányban *Starmerella bacillaris* (szinonim *Candida zemplinina*) *Saccharomyces cerevisiae*-vel kombinált, kevert (koinokulált és szekvenált) kultúrákban történő lehetséges alkalmazását vizsgálták, hogy elérjék a borok etanol tartalmának csökkentésére irányuló célkitűzést. A laboratóriumi körülmények között történő erjesztés az etanol 0,7 v/v%-os csökkenését és a glicerin-tartalom 4,2 g/l-es növekedését mutatták ki, amikor a *S. cerevisiae*-t 48 órával később oltották be a *S. bacillaris* beoltásához képest. Az üzemi körülmények között végzett kísérleti erjesztések megerősítették a laboratóriumi eredményeket. Ez a vizsgálat azt mutatja, hogy a törzsek és az oltási protokoll kombinációja segíthet a borok etanol-tartalmának csökkentésében (Englezos et al., 2016). A *S. bacillaris* egyedi tulajdonságokkal rendelkezik. Erősen fruktofil jellegű, jól tűri az alacsony hőmérsékletet, és magas cukor koncentrációban is képes növekedni (Sipiczki, 2003). A *S. bacillaris* törzsek technológiai tulajdonságai közé tartozik, hogy az elfogyasztott cukorból (glükóz és fruktóz) alacsony etanolhozam, a magas glicerinszint és a mérsékelt illósavtermelés (Englezos et al., 2015; Magyar and Tóth, 2011; Rantsiou et al., 2017).

### 3.4.3. Egyes nem-*Saccharomyces* élesztők hatása a borok összetételére

#### *Torulaspóra delbrueckii*

A *Torulaspóra delbrueckii* az egyik első kereskedelmi forgalomba hozott nem-*Saccharomyces* élesztőként tartják számon (Jolly et al., 2014). Korábban alacsony cukor- és savtartalmú mustok borkészítésére javasolták, és Olaszországban vörös- és rozéborok, Dél-Afrikában pedig Sauvignon blanc borok készítésére használták (González-Royo et al., 2015). A szekvenált beoltással előállított Fűszeres tramini borok a terpének ( $\alpha$ -terpineol) és linalool koncentrációjának növekedését mutatták (Čuš and Jenko, 2013).

#### *Lahanchea thermotolerans*

A *L. thermotolerans* glükózból és fruktózból magas koncentrációban termel D-tejsavat, valamint alacsony koncentrációban illósavat és nemkívánatos ízvegyületeket (Erten és Tanguler, 2010). Ez a tulajdonsága fontos lehet a globális éghajlatváltozással, valamint a szőlőtermesztési és borkészítési gyakorlatok változásaival összefüggő, a borok alkoholtartalmának növekedésével és az összes savtartalom csökkenésével kapcsolatos problémák kezelésében (Balikci et al., 2016).

#### *Metschnikowia pulcherrima*

A *Metschnikowia pulcherrima* és *Saccharomyces cerevisiae* szekvenált erjesztésével nyert Chardonnay és Shiraz szőlőfajták borai kb. 1% v/v alacsonyabb etanolkoncentrációt mutattak (Varela et al., 2016). Emellett a *M. pulcherrima* a tanulmányok szerint növeli: (1) a metil-butil-, metil-propil- és fenetil-észterek termelődésének szintjét a Sauvignon blanc-ban (Beckner Whitener et al., 2016); (2) a Rajnai rizling "összbenyomás", "citrus/szőlőgyümölcs" és "körte" tulajdonságait (Benito et al., 2015).

#### *Candida* fajok

A *Candida* nemzetség nagy és rendkívül változatos, több mint 50 különböző azonosított fajjal, amelyek közül többnek van a borászati jelentősége (Beckner Whitener et al., 2016). Ciani és Maccarelli (1997) azt javasolta, hogy starterkulturaként használható a glicerinszint növelésére a Trebbiano Toscano borban (Jolly et al. 2006). Hasonlóképpen, a Syrah szőlőfajtából a *C. cantarellii* és *S. cerevisiae* vegyes és szekvenált erjesztésével nyert borok 44,3-52,8%-kal magasabb glicerintartalmat mutattak, mint a kontrollborok (Toro és Vazquez, 2002).

A *C. zemplinina* különbözik a többi nem-*Saccharomyces* élesztőtől, mivel a magas etanolkoncentrációt tűrő képességének köszönhetően a fermentáció végéig képes túlélni és ellenállni (Englezos et al., 2016).

### Pichia fajok

A Rajnai rizling must szekvenált beoltása *P. kluyveri*-vel és *S. cerevisiae*-vel növelte az "összbenyomást" és az "őszibarack" karaktert (Benito et al., 2015). A Sauvignon Blanc must *P. kluyveri*vel történő együttes erjesztése a vizsgálatok szerint magasabb 3-merkaptohexil-acetát-szintet eredményezett (Anfang et al., 2009).

### Schizosaccharomyces pombe

A *Schizosaccharomyces pombe*-t eredetileg romlást okozó élesztőnek tartották, mivel nemkívánatos, érzékszervi szempontból negatív hatású anyagcseretermékeket termel (Mylona et al., 2016). A *Schizosaccharomyces pombe* faj azonban a maloalkoholos erjedés sajátos anyagcseréjének köszönhetően képes a must almasav tartalmát teljes mértékben etanollá alakítani (Loira et al., 2015).

### Hanseniaspora uvarum

Tristezza és munkatársai (2016) a *H. uvarum* borászati jelentőségét értékelték *S. cerevisiae*-vel történő koinokulációban és szekvenált beoltásban üzemi körülmények között. A kevert starter sikeresen uralta az erjedési folyamat különböző szakaszait, és a *H. uvarum* ITEM8795 törzs hozzájárult a bor érzékszervi minőségének növeléséhez és az illósvartartalom csökkentéséhez. Solaris borban a vegyes erjesztés magasabb glicerín- és 2-feniletíl-acetát-szintet eredményezett (Liu et al. 2016).

### Zygosaccharomyces fajok

A *Zygosaccharomyces* nemzetség a *Brettanomyces* fajokkal együtt (Capozzi et al., 2016) arról ismert, hogy képes megrontani a bort, nevezetesen az édes és pezsgőket (Beckner Whitener et al. 2016). A *Zygosaccharomyces bailii* és a *Zygosaccharomyces rouxii* gyakran a savas és eltartható élelmiszerek, valamint az édes borok romlását okozzák, mivel képesek elviselni a magas sav-, só- és cukortartalmat (Beckner Whitener, 2016). A *Zygosaccharomyces spp.* szelektált törzsei azonban hasznosak lehetnek, mivel a Chardonnay borban magas etil-észterszintet képesek előállítani. A *Zygosaccharomyces bailii* fruktofil, és a fruktózt könnyebben metabolizálja, mint a glükózt (Garavaglia et al., 2015).

### 3.5. A borok finomanalitikai összetétele

#### 3.5.1. A mustok és borok biogén amin összetétele

A borban kevesebb nitrogén tartalmú anyag található, mint a mustban, mert az élesztők hasznosítják az erjedés alatt a nitrogénvegyületek egy részét. A borok összes nitrogéntartalma 50-1800 mg/l-es koncentráció között változhat, mely a következők függvénye: fajta, művelési mód, évjárat időjárási tényezői. Emellett a szőlőfeldolgozás módja is meghatározó, mert a törkölyös erjesztés, áztatás, a szilárd részekkel történő hosszabb érintkezés növeli a nitrogéntartalmat. A borok nitrogéntartalma az érlelés alatt csökken a fehérjék kicsapódása, a derítés nitrogéncsökkentő hatásának eredményeképpen.

A biogén aminok jellemzője, hogy kis molekulatömegű lebomlási termékek, amelyek mikroorganizmusok, növény és állati szervezetek anyagcsere-folyamatai révén keletkeznek. A szervezet számára olyan nélkülözhetetlen anyagok tartoznak ebbe a vegyületcsoportba, amelyeknek fontos szerepük van a szervezet védekező- és alkalmazkodó mechanizmusában, a keringésben és idegrendszerben (tiamin, adrenalin stb.).

Desztillálhatóságuk alapján is csoportokra oszthatjuk a biogén aminokat: vízgőzzel az illékony aminok, míg a nem illékonyak extrakcióból nyerhetők vissza a desztillációs maradékból. Az illékonyak közé sorolhatjuk a primer, szekunder és tercier alifás aminokat, továbbá az aromások közül a benzil-amin és a fenil-etil-amin. A nem illékony aminok pedig a kadaverin, putreszcin, tiramin, triptamin és a hisztamin (Kállay, 2014).

A biogén aminok olyan vegyületek, amelyek létfontosságúak a sejtek életképességének fenntartásában, valamint a szervezet anyagcsere-folyamatainak megfelelő működésében. Szerepük van a fehérje-, és hormon szintézisben, valamint a DNS-replikációban. A szervezet működésére gyakorolt pozitív hatásukkal ellentétben túlzott felhalmozódásuk mérgezőnek bizonyul, hasmenést, ételmérgezést, hányást okozva (Wójcik et al., 2021). Ezen tényezők miatt is fontos, hogy megakadályozzuk a biogén aminok felhalmozódását az élelmiszerekben. Továbbá fontos, hogy gyors, megbízható és precíz analitikai technikák álljanak rendelkezésre, nemcsak a hisztamin és tiramin szintjének meghatározására, hanem más biogén amin (putreszcin, kadaverin, fenil-etil-amin) meghatározására is (Ruiz-Capillas és Herrero, 2019).

A leggyakrabban előforduló biogén aminok, mint a triptamin, melynek származékai közül a legjelentősebb az emlősök vérnyomás szabályozásában szerepet játszó szerotonin, vagy a hisztamin, mely hisztidin aminosavból hisztidin-dekarboxiláz enzim hatására keletkezik. A hisztamin a táplálékkal jut be a szervezetbe, a sejtekben kötött állapotban van. A szervezetet ért behatásokra hisztamin és hasonló hatású mediátor anyagok szabadulnak fel, mely következményeként jellegzetes, esetenként súlyos tünetekkel kísért reakciót okoznak. A kiváltó

okok leginkább külső eredetűek, mint a szervezetbe bekerült ún. allergének, melyek ellenanyag-reagintermelést váltanak ki, és a kettő reakciójakor szabadul fel a hisztamin. A fermentált élelmiszerekkel összehasonlítva a borok biogén-amin koncentrációja kismértékű, ugyanakkor az étkezés során egyidejűleg több fermentált élelmiszerben is jelen lehetnek, fokozva ezáltal az egészségre gyakorolt negatív hatásukat (Kállay, 2014; Costantini et al., 2019).

A szervezetben lebontódásuk a monoamino-oxidáz enzim által történik, mely alkohol hatására részben vagy teljesen gátlódik, ezért a borral bevitt elenyésző amin felhalmozódik, és az arra érzékenyeknél allergiás reakciót válthat ki. A vörösborokban megállapítható a magasabb biogén amin koncentráció, ami a malolaktikus fermentáció következménye (Kállay, 2014).

A biogén aminok a borkészítés különböző szakaszaiban jöhetnek létre. Néhányuk a szőlőben képződik, melyek a fajta, a talaj típusa és összetétele, az éghajlati körülmények, a növekedés és az érési fok függvényében változnak. A biogén aminokat az élesztők is képezhetik az alkoholos erjedés során, valamint a malolaktikus fermentációban részt vevő baktériumok hatására is létre jöhetnek. Marcobal és munkatársai (2006) megállapították, hogy a szőlőben, illetve a mustban keletkezik a putreszcin, kadaverin, fenil-etil-amin, míg az alkoholos erjedés alatt etil-amin, fenil-etil-amin. Az élesztő hozzájárulása a biogén aminok termelődéséhez közvetett (aminosav autolízis révén) vagy közvetlen, mivel *Brettanomyces bruxellensis* és *Saccharomyces cerevisiae* törzsekről számoltak be, melyek jelentős koncentrációban termelnek biogén aminokat. Ezenkívül általános egyetértés van abban, hogy a *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* és *Oenococcus* nemzetségek tejsavbaktériumai a malolaktikus fermentáció során főként az aminosavak dekarboxilezésével és biogén amin képződéssel társulnak, különösen a seprőn tarott spontán erjesztett magas pH-jú borokban fordul elő (Restuccia et al., 2018). A *Pediococcus* nemzetségre vonatkozó megállapítást Magyar (2010) is lejegyezte: A mustban és borban előforduló tejsavbaktériumok közül a *Pediococcus* nemzetség aminosavak dekarboxilezésével biogén aminokat, a borban elsősorban hisztamint képeznek. A spontán erjedéshez képest szignifikánsan alacsonyabb hisztamin- és magasabb szerotonin mennyiséget termeltek a bio élesztő starterek (Nyitrai-Sárdy et al., 2017). Egy későbbi tanulmányban Nyitrai és munkatársai (2022) két évjáratból származó mustok biogénamin-szintjét vizsgálta azt remélve, hogy a két évjárat közötti lehetséges eltérésekből következtethetni lehet az éghajlatváltozás okozta klimatikus viszonyok megváltozásának hatására. A kapott eredmények alapján arra következtettek, hogy biogén aminok szintjében történt csökkenés azt jelentheti, hogy nem ugyanabban az érettségi állapotában lett betakarítva a szőlő. Ez a koncentrációkülönbség pedig bizonyíték arra, hogy rövidülnek a szőlő fenofázisai.

A *Lachancea thermotolerans* hatásának értékelésére vonatkozó tanulmányban az alacsony savtartalmú Airén szőlő mustjából azt célozták bizonyítani, hogy az *L. thermotolerans* nem

termel több biogén amint, mint a *S. cerevisiae*. A *L. thermotolerans* és az *S. cerevisiae* fermentációja során alacsonyabb hisztidin koncentrációt találtak, ezzel hozzájárulva a hisztamin képződés potenciális kockázatának csökkenéséhez (Benito et al., 2015).

#### 3.5.1.1. A hisztamin jellemzői

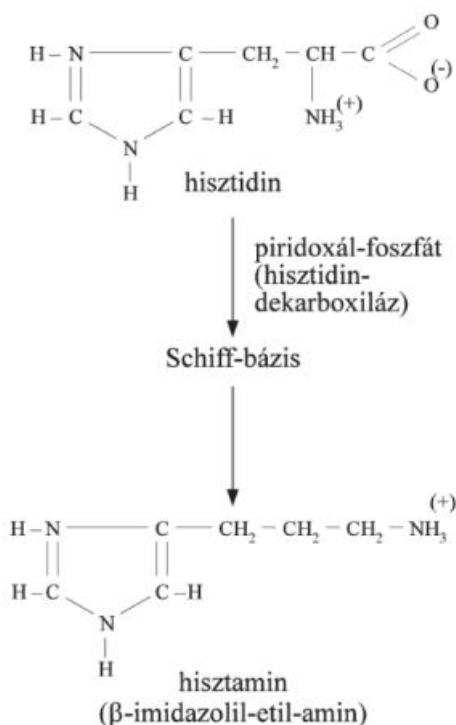
A hisztamin hatásainak, illetve anaphylaxiás reakció kiváltásában résztvevő szerepének 1910-es leírása Sir Henry Dale és munkatársaihoz fűződik. „A hisztamin hisztidinből képződik a hisztidin-dekarboxiláz enzim hatására. A szintézis (és tárolás) legfontosabb helye a hízósejtek és a vér basophil granulocytái. A hisztamint főleg az imidazol-N-metil-transzferázenzim metabolizálja, és a keletkezett N-metil-hisztamin azután a monoamin-oxidáz (MAO) hatására N-metil-imidazol-ecetsavvá alakul. A hisztamin oxidálásában szerepet játszik a nem specifikus diamin-oxidáz is. A hatástalan metabolitok a vizelettel ürülnek ki” (Gyires and Fürst, 2011).

Szerepe van a gyulladásos reakciókban a kórokozók elleni védekezésben, valamint regulátor szerepe is ismert az agyban és bélben. A hisztamin (8. ábra) az emberi szervezetben és számos élelmiszerben jelen levő biogén amin. A biogén amin intolerancia a felhalmozódás és a lebontás egyensúlyának megbotlása következtében alakul ki. „A szervezetbe jutó allergén a hízósejtek kiválasztását aktiválja, amely többek között hisztamin felszabadulással jár” (Nanagas és Kovalszki, 2019).

A hisztamin intolerancia a szervezetben lévő túlzott hisztamin szint és az enzimműködés sérülésének következménye. A diamin-oxidáz (DAO) a felelős enzim a hisztamin lebontásáért és amikor az enzimaktivitás csökken, akkor tapasztalhatnak a fogyasztók mellékhatásokat. Panaszt kétféle esetben okozhat, egyrészt, ha magasabb mennyiségben szabadul fel, másrészt, ha a bontási folyamat gátlódik (Maintz és Novak, 2007). Tünetei változatosak, jellemzően a bőrt és a gastrointestinalis rendszert érintik (Solymosi et al., 2020). A gyomor-bélrendszer DAO (diamin-oxidáz) hiány következtében hasi görcsök, hasmenés és hányás jelentkezhetnek, de kardiovaszkuláris tüneteket is okozhat, például ritmuszavar formájában (Hidvégi, 2018). Az ételintoleranciák az étel adverz reakciók csoportjába tartoznak, mely a népesség kb. 20%-át érintő betegség. A diagnosztizálást komplikálja az a helyzet, hogy az intolerancia kialakulásában számos mechanizmus játszhat szerepet, például farmakológiai (koffein, teobromin) vagy enzimdeficiencia (laktáz, fruktóz-aldoláz, szukráz-izomaltáz) (Nowak-Wegrzyn et al., 2017).

Különböző országokban felső határértéket határoztak meg a borok hisztamin koncentrációjára vonatkozólag, például Németországban 2 mg/l, Finnországban 5 mg/l, Ausztráliában és Svájcban 10 mg/l, Franciaországban 8 mg/l, Hollandiában 3, 5 mg/l és Belgiumban 6 mg/l (Smit et al., 2008).

Hazai kutatásban bio élesztőket vizsgáltak, miként hatnak a biogén amin – legfőképpen a hisztamin, tiramin és szerotonin – termelésre. Az eredmények azt mutatták, hogy a hisztamin koncentráció a megengedett határérték alatt maradt (1 g/l), annak ellenére, hogy a bio élesztős minták szignifikánsan magasabb értéket mutattak a kontroll borokhoz képest. Továbbá a kutatás során magasabb szerotonin koncentrációt mértek, bár a megengedett érték (5 mg/l) alatt. A tiramin koncentráció az irodalomban foglaltaknak megfelelően alakult (Nagy et al., 2021).



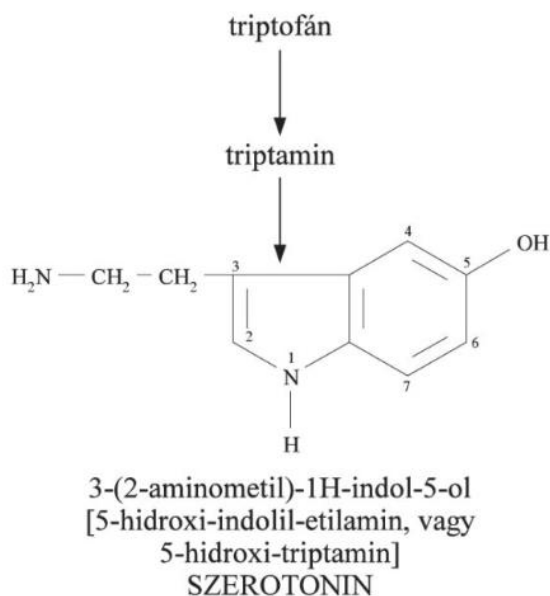
8. ábra. A hisztamin képződése

### 3.5.1.2. A szerotonin jellemzői

A szerotonin egy monoamin neurotranszmitter, amely számos összetett biológiai funkcióban játszik szerepet (David és Gardier, 2016; Smith et al., 2020). Közismert rövidítése 5-HT, mivel kémiai neve: 5-hidroxi-triptamin. A szerotonin a triptofán aminosav hidroxilációjából (azaz -OH csoport hozzáadásából) és dekarboxilációjából képződik. A legmagasabb szerotonin-koncentráció a gyomor-bélrendszer enterokromaffin sejtjeiben található, kis mennyiségben a központi idegrendszerben és a vérlemezkékben (Smith et al., 2020).

A szerotonin (9. ábra) biológiai funkciója számos szerepet játszik az emberi szervezetben, például befolyásolja a tanulást, a memóriát, a boldogságot, valamint olyan fiziológiai folyamatokat, mint az alvásszabályozás, a viselkedés és az étvágy (Kitson, 2007). A szerotonin jelentős szerepet játszik az antidepresszánsok farmakodinamikai hatásában. Ez a vegyület megtalálható az emlősökben, rovarokban, növényekben és gombákban. Ezért ezeknek az élőlényeknek a

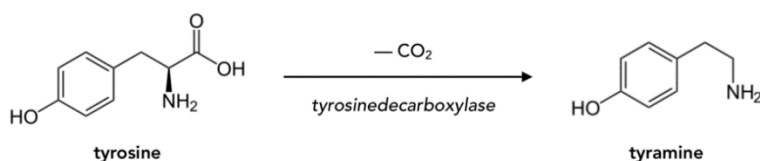
fogyasztása befolyásolhatja az emberi szerotoninszintet, ami esetenként káros hatásokhoz vezethet (David és Gardier, 2016).



9. ábra. A szerotonin képződése

### 3.5.1.3. A tiramin jellemzői

A tiramin (10. ábra) olyan biogén amin, amely az állatokban, növényekben és mikroorganizmusokban a tirozin aminosav dekarboxilációjával keletkezik (Marcobal et al., 2004); (Moreno-Arribas és Lonvaud-Funel, 1999). A tiramin számos élettani folyamatban vesz részt. Például neuromodulátorként működik, és az oktopamin nevű neurotranszmitter előanyaga. Ezenkívül szív- és érrendszeri hatásai vannak, és modulálja a sejtes immunrendszert. Nagy koncentrációban a tiramin toxikus hatásokat is kivált, magas vérnyomást és migrént idéz elő, és allergiás reakciókat okozhat (Andersen et al., 2019). A tiramin napi bevitele egészséges egyének esetében 600 mg-ig biztonságosnak tekinthető, amely felett a vérnyomás emelkedésének tünetei észlelhetők (Barrett et al., 1997; Patat et al., 1995).



10. ábra. A tiramin képződése

### 3.6. A polifenol összetétel

A polifenolok olyan másodlagos növényi anyagcseretermékek, amelyek heterogén csoportot alkotnak, és egy vagy több hidroxilcsoporttal (-OH) és funkcionális oldallánccal rendelkeznek (Cueva et al., 2017). A polifenolokhoz számos egészségügyi előnyt társítanak, többek között antioxidáns tulajdonságokat (Biasi et al., 2014) és gyulladáscsökkentő hatást (Muñoz-González et al., 2014). Emellett a polifenolok antibakteriális, vírusellenes és gombaellenes hatását már korábban megállapították (Daglia, 2012).

A fenolos vegyületek fontos szerepet játszanak mind a szőlő, mind a bor érzékszervi tulajdonságaiban, mivel ezek felelősek néhány olyan érzékszervi tulajdonságért, mint illat, szín, íz, keserűség és fanyarság (Somers és Vérette, 1988; Scalbert, 1993).

Az antocianin pigmentek felelősek a szőlő és a bor színéért, amely tulajdonságot a kémiai szerkezetük, nevezetesen a hidroxiláció, metiláció és/vagy glükóziláció mértéke határozza meg (He et al., 2010). A kékszőlőben és vörösborban hat antocianidint azonosítottak: cianidin (narancsvörös), peonidin (vörös), delphinidin (kékesvörös), pelargonidin (narancs), petunidin és malvidin (kékesvörös) (He et al., 2010; Koponen et al., 2007).

Az antocianinok csak a szőlő héjában találhatók, míg a flavonoidok a héjban és a magokban egyaránt előfordulnak. A borkészítés során kivont antocianinok és flavonoidok mennyisége függ a folyamat időtartamától és az eljárás körülményeitől, mint például a hőmérséklettől (Zoecklein et al., 1999).

A tanninok olyan fenolos vegyületek, amelyek összehúzó tulajdonságokkal rendelkeznek, és amelyekről megállapították, hogy képesek fehérje kicsapódást okozni. Általában két osztályba sorolják őket: a hidrolizálható és a nem hidrolizálható tanninok (Somers és Vérette, 1988; Scalbert, 1993).

A szőlőmagok nagyobb koncentrációban tartalmaznak monomer, oligomer és polimer flavan-3-olokat, mint a szőlőhéj. Monagas és munkatársai (2003) tanulmányában a szőlőmagok körülbelül 2,3-8,2 mg/g monomer, oligomer és polimer flavan-3-olokat, például (+)-catechint, (-)-epicatechint és ezek gallátjait tartalmazzák. A szőlő héjából származó proantocianidinek azonban magasabb polimerizációs fokúak, mint a magokból származóak, és ennek következtében könnyebben átkerülnek a borba (Monagas et al., 2003; Labarbe et al., 1999).

Egyre több tanulmány születik arra vonatkozóan, hogy a szőlőkivonatok és a vörösborból készült termékek olyan bioaktív összetevőket tartalmaznak, amelyek bizonyos védelmet nyújtanak a szív- és érrendszeri betegségek ellen. Ezt támasztják alá az in vitro, ex vivo és in vivo állatkísérletekből, valamint –bár korlátozott mértékben – humán vizsgálatokból származó adatok. Úgy tűnik, hogy e bioaktív termékek kedvező hatásait számos biokémiai útvonal és jelátviteli mechanizmus közvetíti, amelyek akár egymástól függetlenül, akár szinergikusan hatnak. Ezek a tulajdonságok

teszik a polifenolokat vonzó jelölteké a táplálékkiegészítők és funkcionális élelmiszerek számára. Ezért a szőlőmag, a szőlőhéj vagy a vörösbor termékek hasznos kiegészítője lehet a kardiovaszkuláris betegségek megelőzésének étrendi megközelítésének, bár további kutatásokra van szükség egy ilyen stratégia alátámasztásához (Leifert és Abeywardena, 2008).

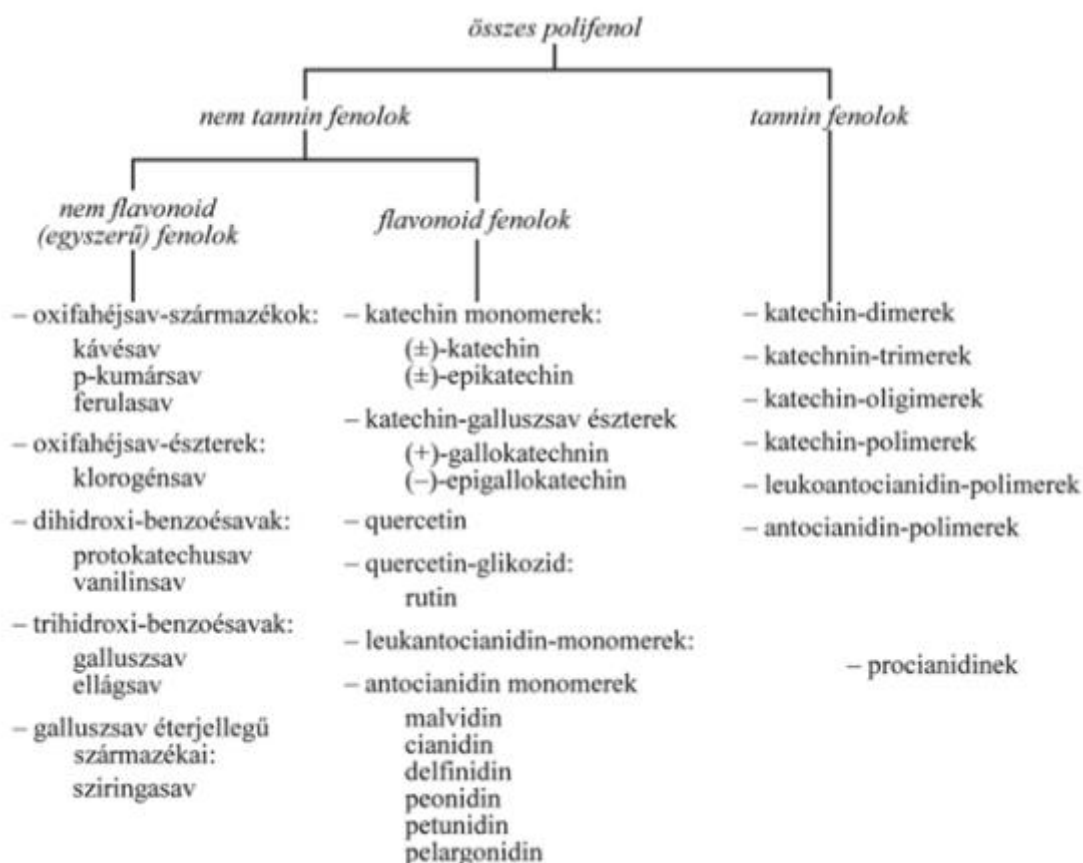
A flavonoidok közé tartoznak az antocianinok, flavanolok, flavanonok, flavonoidok, hidrolizálható tanninok, kondenzált tanninok és kalkanok, míg a nem flavonoidok közé tartoznak a fenolsavak, sztilbénok és a resveratrol. Koncentrációjukat általában olyan tényezők befolyásolják, mint a szőlő- és élesztőfajok, a szőlészeti technológia, a növényi növekedési hormonok, az éghajlat és az erjedési körülmények, valamint a bortárolási környezet (Gutiérrez-Escobar et al., 2021). Hazai kutatásban vizsgálták, hogy a hordós érlelés miként befolyásolja a transz-resveratrol és antocianin vegyületek koncentrációját a vörösborokban, ezenkívül a rezisztens szőlőfajták polifenol összetételét is tanulmányozták. (Guld et al., 2019; Nyitrai Sárday et al., 2018). Az antocianinok koncentrációjára nemcsak a hordós érlelés, hanem az erjesztést végző élesztők is hatással vannak. Leskó és munkatársai (2014) eredményei azt mutatták, hogy a spontán élesztős erjedés magasabb antocianin koncentrációt eredményezett a fermentált modelloldatban, de a kereskedelmi élesztő törzsek a spontán fermentációhoz képest előnyösebb színjellemzőt mutattak. A Tokaji borvidéken kísérletet folytattak a polifenol-tartalom csökkentésére vonatkozóan Furmint szőlőfajtán. Eredményeik alapján megállapították, hogy az összes polifenol-tartalom a kontroll, illetve növénykondicionálóval kezelt soroknál a napos oldalon, míg a hálózott sornál az árnyékos oldalon volt magasabb (Kneipp et al., 2021).

A nem-*Saccharomyces* élesztők általában magas béta-glükozidáz aktivitással rendelkeznek, és a béta-glükozidázok hidrolízisük és glikozidos kötéseik megsemmisítése révén befolyásolhatják a borban lévő fenolos anyagok szerkezetét, ezáltal befolyásolhatják a bor fizikai-kémiai tulajdonságait (Zhang et al., 2021). Hu és munkatársai (2018) azt találták, hogy a *Hanseniaspora uvarum* és a *Saccharomyces cerevisiae* egymást követő beoltása a mustba jelentősen megnövelte az illékony fenolok tartalmát a bormintákban, ami arra utal, hogy a bor fenoltartalmát befolyásolhatja a beoltott élesztő típusa és aránya. Emellett a *Metschnikowia pulcherrima* és *Saccharomyces cerevisiae*-beoltott borokban az illékony fenolok tartalma jelentősen magasabb volt, mint a kontrollcsoportban, amelyek közül a legjelentősebb vegyületek a 4-vinilfenol, a 2-metoxifenol és a 2,6-dimetoxifenol voltak. Ezek merész füstös aromát fejtenek ki, amely az érzékszervi küszöbérték felett volt, és így jelentősen befolyásolták a bor aromáját (Culleré et al., 2004).

A fenoltartalom általában az élesztők metabolikus tevékenysége vagy az erjesztési folyamat során végbemenő enzimatis reakciók révén növekszik (Costello et al., 2012). A  $\beta$ -glükozidáz enzimként a glikozidos kötések hidrolíziséért felelős, ami fenol-aglikonokat

szabadíthat fel (Minnaar et al., 2019). Például a fenolsavak (klorogénsav, kávésav, p-kumársav) megnövekedett koncentrációja valószínűleg a fahéjglükozid antocianinok hidrolíziséből származik (Hernández et al., 2007) Minnaar et al., 2019). Az ebben a tanulmányban vizsgált nem-*Saccharomyces* élesztők  $\beta$ -glükozidázban gazdagok voltak, ami jobban elősegítheti a polifenolok termelését. Mindazonáltal meg kell jegyezni, hogy egyes élesztők  $\beta$ -glükozidáz aktivitása magas alkoholtartalmú körülmények között erősen gátolt lesz (Dashko et al., 2015), természetesen további kutatásokra van szükség a következtetés megerősítéséhez. Nem csak külföldi, hanem hazai kísérletben is vizsgálták a különböző élesztők polifenol tartalomra gyakorolt hatását vörösborkészítés során (Tamás et al., 2022). Valamint tanulmányt folytattak az ún. bio élesztők alkalmazására és az általuk készített ún. abszolút bio borok kémiai összetételére. Analitikai vizsgálatokon belül a finomanalitikai vizsgálatokat végeztek figyelmet fordítva a biogén aminosav összetételre és a polifenol-összetételre (Nyitrai et al., 2021).

A fenolos vegyületek csoportosítását a 11. ábra szemlélteti.



11. ábra. A fenolos vegyületek csoportosítása, Peri és Pompei (1971) alapján

### 3.7. Csökkentett alkoholtartalmú borok készítés technológiája

A borok alkohol tartalmának csökkentésére és alkohol mentesített borok készítésére különböző technológiák állnak rendelkezésre. Alkohol tartalom csökkentésre a fermentáció megkezdése előtt, alatt és után is lehetőség van, azonban alkohol mentesítést csak az erjedés lezajlása után lehet elvégezni.

#### 3.7.1. Alkoholos erjedés előtti technológiák

##### *Levélfelület csökkentés:*

A cukor, elsősorban a glükóz és a fruktóz felhalmozódása a sejtközegben, különösen a vakuolumokban, a szőlőbogyó érési folyamatának kulcsfontosságú jellemzője, és jelentős hatással van a borok alkoholtartalmára. A szőlőmustban található erjeszhető cukor felét a glükóz teszi ki (Schmidtke et al., 2012), és ez az elsődleges szubsztrát a szőlőmustban, amelyet az élesztő az erjedés során alkohollá alakít át.

Stoll és munkatársai (2013) a szőlőnövekedés korai szakaszában a szőlő levélfelület/termés arányát úgy állították be, hogy az érés során csökkentsék a szőlő erjeszhető cukrok koncentrációját, ami ígéretes megközelítésnek bizonyult a szőlőcukor-koncentráció kezelésében.

Böttcher és munkatársai (2011) a *Vitis vinifera L.* cv. Syrah szőlőfajtán a zsendülés előtt auxint (1-naftalin-ecetsav) alkalmaztak, amely hatékonyan késleltette a bogyók érésének kezdetét és javította a cukorfelhalmozódást anélkül, hogy a bor érzékszervi jellemzőit befolyásolta volna. Az anti-transzspirációs kezelések azonban negatív hatással lehetnek a fenoltartalomra (különösen a kék szőlőfajták esetében) és az antocianinokra, míg az összes polifenol tartalomra úgy tűnik, hogy nincs hatással (Palliotti et al., 2010; Stoll et al., 2013).

##### *Korai szüret*

Egy másik, az erjedés előtti stratégia, amely a bor alkoholtartalmának csökkentésére használható, a szüreti időpontjának megválasztása. Az éretlen kék vagy fehér szőlőből alacsony alkoholtartalmú, magas savtartalmú házasítási tételt lehet készíteni, amelyet aztán egy érettebb, gyümölcsösebb erjesztéséhez adnak hozzá. Ezzel a módszerrel a jelentések szerint 3 v/v% etanolkoncentráció-csökkenés érhető el, azonban a borok nemkívánatos savas és éretlen ízeket mutattak (Kontoudakis et al., 2011).

##### *Glükóz-oxidáz enzim:*

A glükóz-oxidáz, egy *Aspergillus niger* gombából származó enzim, mely felhasználható a szőlőmust cukortartalmának csökkentésére még az erjesztés előtt (Biyela et al., 2009; Röcker et

al., 2016). A folyamat a must cukortartalmának oxidációját eredményezi, ami megakadályozza, hogy a cukorból alkohol képződjön (Pickering et al., 1998). Továbbá, Röcker és munkatársai (2016) fehér szőlőmustot kezeltek glükóz-oxidáz enzimmel, és 2 v/v%-os alkoholcsökkenést értek el, de a kezelt borok jelentősen savasabbak és kevésbé gyümölcsösek voltak.

### 3.7.2. Alkoholos erjedés közbeni technológiák

#### *Leállított (lefolytott) erjesztés*

Az alacsony alkoholtartalmú vagy alkoholmentes borok és italok előállításának másik módja a leállított erjesztés. Az e módszerben alkalmazott rövid erjedési idő jelentős hátrány, mivel nem elegendő az erjeszhető mustcukrok nagy részének megfelelő átalakításához, ami magas maradékcukor-tartalmú édes borokat eredményez (Malfeito-Ferreira, 2011). A mikrobiológiailag nehezen stabilizálható és tárolható borok további befejező eljárásokra, például kén-dioxidos tartósításra vagy termikus pasztörözésre szorulhatnak az eltarthatóság meghosszabbítása érdekében (Malfeito-Ferreira, 2011). Ezenkívül a rövid erjedési idő korlátozza a legkívánatosabb illataktív illóanyagok, például a monoterpének, etil-észterek és acetátok termelését, amelyeket az élesztők nagy mennyiségben termelnek a hosszú erjedési idő alatt (Capece and Romano, 2019; Walker és Stewart, 2016; Walker, 2014; Parker et al., 2018).

#### *Nem-Saccharomyces élesztők használata*

Egyes Nem-Saccharomyces élesztő törzsek kevesebb cukrot képesek erjeszteni, vagy a széndioxid-anyagcserét más útvonalakra terelik, megakadályozva ezzel a fermentáció során a túlzott etanoltermelést (Kutyna et al., 2010). Tanulmányok kimutatták, hogy a nem-Saccharomyces élesztők javíthatják a bor érzékszervi komplexitását és aromaprofilját (Maturano et al., 2019; Ciani et al., 2010; Wang et al., 2015; Belda et al., 2016; Hu et al., 2016; Masneuf-Pomarede et al., 2016).

### 3.7.3. Alkoholos erjedés utáni technológiák

#### *Reverz ozmózis*

A fordított ozmózis egy membránalapú elválasztási eljárás, amely egy hidrofil félig áteresztő membránt, például üreges szál, lemez és keret vagy csőmodul segítségével két oldat között koncentráció- vagy nyomásgradienst, úgynevezett ozmotikus nyomást hoz létre (Schmidtke et al., 2012; Wang and Wang, 2019; Wenten and Khoiruddin, 2016). Bui és munkatársai (1988) szerint az fordított ozmózis segítségével előállított csökkentett alkoholtartalmú borok általában ugyanolyan ízűek és aromájúak, mint a más módszerekkel, például lepárlással, vagy leállított erjesztéssel előállított normál borok. Ezzel szemben Meillon et al., 2009 később arról számolt be,

hogy a fordított ozmózis-technikával alkoholmentesített Merlot és Shiraz borok illatérzetére negatív hatást gyakorolt.

### *Ozmotikus desztilláció*

Az ozmotikus desztilláció egy membránalapú technológia, amelyben két vizes fázis, a bor (amely az illékony vegyületeket tartalmazza) és a víz ellenáramban kering egy hidrofób üreges szálas membránmodul ellentétes oldalán. A folyamat mozgatórugója a borban és a vízben lévő illékony oldott anyag parciális nyomása vagy gőznyomása (Varavuth et al., 2009).

### 3.8. Csökkentett alkoholtartalmú és alkohol mentesített borok érzékszervi tulajdonságai

Az olyan fizikó-kémiai paraméterek, mint a pH, a titrálhatóság tartalom és a SO<sub>2</sub>, a bor jellemzőinek meghatározó tényezői. A legtöbb tanulmányt vörösborokon végezték membránalapú technikák alkalmazásával, kiemelve, hogy az alkoholmentesítés fizikó-kémiai paraméterekre gyakorolt hatása elsősorban a bor típusától, az eltávolított etanol százalékos arányától, az alkoholmentesítési technika típusától és a működési feltételektől (pl. hőmérséklet, nyomás és membránméret) függ. A pH-érték emelkedett a Merlot, Chardonnay és Pinot noir borok a reverz ozmózis és vákuum desztillációs technológiákkal történő alkoholmentesítése során (Sam et al., 2021).

Egy 2022-es tanulmányban három membránalapú alkohol csökkentési eljárást vizsgáltak. A kapott borokat analitikai szempontból és érzékszervi tulajdonság alapján is vizsgálták. A kapott eredmények alapján megállapították, hogy a nanoszűrési eljárás hatott a borra a „legagresszívabban”, ami érzékszervi tulajdonságainak jelentős elvesztéséhez vezetett. Ennek eredményeként egy olyan bor született, amely jelentős érzékszervi különbségeket mutatott az eredeti (kiindulási) borhoz képest, ami egyértelműen tükröződött az elvégzett trianguláris tesztben is (Calvo et al., 2022). Calvo és munkatársai (2025) további kutatást folytattak a membránszeparáción alapuló technikák vizsgálatát illetően. A borok alkoholtartalma alacsonyabb lett, mint a kiindulási boroké, azonban egyes aromavegyületek koncentrációja is csökkenést mutattak. Oro és munkatársai (2025) azt állítják, hogy az alkoholmentesítés során a fordított ozmózis és a pervaporációs membránok, amelyek általában speciális polimerekből készülnek, elősegítik az etanol eltávolítását, miközben megőrzik a bor ízét és aromáját. Figueroa Paredes és munkatársai (2024) Malbec bor pervaporációval történő részleges alkoholmentesítését vizsgálták, hogy milyen hatással van a működési hőmérséklet az illékony aromák összetételére és az érzékszervi tulajdonságokra.

Az ozmotikus desztilláció általában 0,2–0,5 bar nyomáson és 10–25 °C hőmérsékleten működik, ami jelentősen alacsonyabb, mint a hagyományos desztillációs módszereknél. Ezek a

feltételek csökkentik a hőre érzékeny borösszetevők bomlásának kockázatát, így biztosítva, hogy a bor íze, aromája és általános profilja változatlan maradjon (Esteras-Saz et al., 2023). Esteras-Saz és munkatársai (2021) egy korábbi tanulmányban vizsgálták, hogy az ozmotikus desztillációval részleges alkoholcsökkentés is elérhető.

A borok alkoholmentesítése során az olyan paraméterek, mint az észterek, magasabb rendű alkoholok és savak esetében csökkenés volt megfigyelhető, valamint az érzékszervi elemzés az eredeti borhoz képest jelentős csökkenést mutatott az illatban, utóízben és testességben (Liguori et al., 2019). Azonban részleges alkohol csökkentés mellett (1–4 v/v% közötti eltávolítás) a borok képesek megőrizni a fenolos- és illékony vegyületeket, valamint érzékszervi tulajdonságukat. Ugyanakkor a 3 v/v% alá csökkentett alkoholtartalmú borok már az érzékszervi tulajdonságaikból is veszítenek (Kumar et al., 2024).

Az egyes alkohol csökkentési, illetve mentesítési módszereknél figyelembe kell venni, hogy az alkohol fontos szerepet tölt be mind a borok stabilizálásában, mind az érzékszervi tulajdonságokban (Soleas et al., 1997). Az alkohol tartalom, a borok savtartalma és kén-dioxid tartalma mellett lehetővé teszi, hogy a borok hosszú ideig megőrizzék minőségüket. Az alacsony alkoholtartalmú és alkoholmentes borok mikrobiális stabilitása jelentősen eltér a „normál” borokétól. Különösen a palackozott alkoholmentes borok esetében az alacsonyabb alkoholtartalom és az érzékszervi tulajdonságok javítása érdekében hozzáadott cukrok miatt esetleges utóerjedés is létrejöhet (Sánchez-Rubio et al., 2017), ami további tartósítószer, például kén-dioxid hozzáadását teszi szükségessé. Ezen anyagok maximális tartalmát a borban különböző országok speciális jogszabályai szabályozzák, mivel fogyasztásuk kockázatot jelent az emberi egészségre. Ezen határértékek figyelembevételével alacsony alkoholtartalmú vagy alkoholmentes borokban más tartósító- vagy stabilizálószer is alkalmazható, például egyes gyenge savak vagy azok sói (szorbinsav és benzoosav) és dimetil-dikarbonát (Sánchez-Rubio et al., 2017). Továbbá korábbi kutatások kimutatták, hogy az alkoholmentesítési folyamatok változó mértékben befolyásolhatják a bor fenolos összetételét, ami negatív hatással lehet érzékszervi minőségére és potenciális egészségügyi előnyeire. Ez elsősorban a bor típusától, az eltávolított alkohol százalékos arányától, az alkoholmentesítési technika típusától függ (Kumar et al., 2024).

Összefoglalva, az alkoholmentes bor figyelemre méltó lehetőségeket kínál a piacon, mivel vonzza az egészségtudatos embereket, szélesíti a fogyasztói kört, elősegíti a társas összejöveteleket. A borászatban alkalmazott alkoholmentesítési technikák optimalizálásával és az alkoholmentesítés tényezőinek (például a hőmérséklet és a nyomás) pontos szabályozásával minimalizálható az illékony vegyületek vesztesége. Ez az optimalizálás segíthet a borászoknak az alkoholmentes bor érzékszervi jellemzőinek javításában, ezáltal vonzóbbá és elfogadhatóbbá téve azt a piacon. A legfontosabb szempont az alkohol tartalom csökkentése és a bor aromájának és

általános minőségének megőrzése közötti harmonikus egyensúly elérése. A fogyasztói preferenciák változása várhatóan ösztönözni fogja a növekedést és az innovációt az alkoholmentes borok piacán, mivel egyre nagyobb az igény a kiváló minőségű, ízletes, alacsony alkoholtartalmú vagy alkoholmentes alternatívák iránt (Akhtar et al., 2025).

## 4. Anyag és módszer

### 4.1. Vizsgálat anyaga

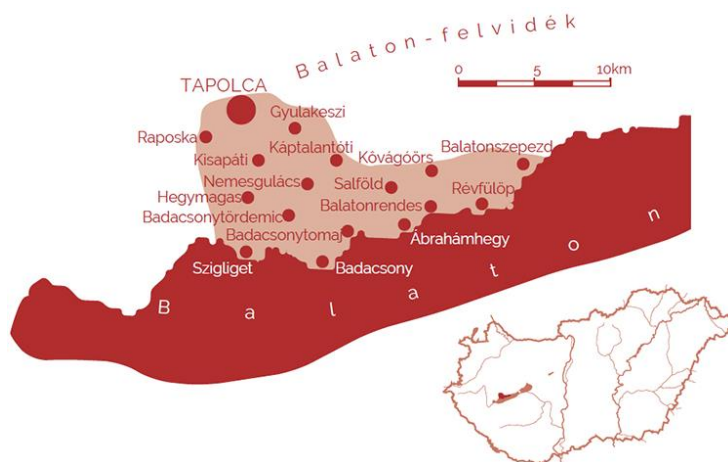
A kísérlet beállításához Generosa szőlőfajtát használtam (12. ábra). A keresztezése dr. Bíró Károly nevéhez kapcsolódik. Az Ezerjő és Piros traminai keresztezéséből jött létre. A keresztezésből származó hibridmagok Kecskemétre kerültek, ahol megkezdődtek a fajtakísérletek Kurucz András közreműködésével, halálát követően Hajdu Edit vette át az anyag értékelésének feladatát. A magoncpopuláció legtöbbje örökölte az Ezerjő fagy- és rothadásérzékenységét, azonban közülük a kísérleti táblában kiemelkedett a K15-ös jelölt, mely még a nagyobb telek után is kihajtott és rothadásra sem volt hajlamos. Állami minősítését 2004-ben kapta meg. Termőterületei néhány évig alig gyarapodnak, majd 2010 tájékán dinamikus fejlődésbe kezdtek. A HNT 2024-es adatai szerint 1017 ha Generosa-ültetvény található az országban, két évvel korábbi adatok alapján ez a szám 926 ha volt. Legjelentősebb területei közé tartozik a Kunsági borvidék (932 ha), Hajós-Bajai borvidék (55 ha) és Móri borvidék (18 ha). Rügyei jól tűrik a fagyokat, elviseli a szárazságot. Tökéi megfelelő egyensúlyt tartanak a hajtásrendszer és termés hozam tekintetében. Ötszögletű levele határozottan karéjos, nyitott oldalöblökkel rendelkezik, melyekben fogak fejlődtek. Zöldmunkaigénye minimális, főleg csonkázásra korlátozódik. Szeptember második felében érik, magas cukortartalommal. Fürttermése átlagosan 14-17 t/ha. Fürtje körülbelül 130, bogyója 1,9 grammot nyom. Nem hajlamos rothadásra és viszonylag nagy lényeredékkel rendelkezik. Neve a rózsaszínű bogyóira utal, melyek az Ezerjőre emlékeztető kellemes savakat és a Traminire jellemző különleges aromaanyagokat tartalmaznak (Hajdu, 2022; Varga et al., 2023). A Generosa szőlőfajtából készült borokat korábban harmonikus, kerek és telt jegyekkel jellemezték, illatában diszkrét fűszeres, néha szőlővirágra emlékeztető, ízében érett, elegánsan harmonikus, míg savai hosszúak, kellemesek (Hajdu és Kővágó, 2015).



12. ábra. A Generosa szőlőfajta (Forrás: <http://vinopedia.hu/generosa>)

#### 4.2. A Badacsonyi Borvidék

A Generosa szőlő a MATE Badacsonyi Kutató Intézet szőlőültetvényéről származott, mely a Badacsonyi Borvidéken (13. ábra) található. A Borvidék sajátossága, hogy a régiót északról a Bakony, délről a Balaton természetes határai védik. E kettős védelem a terület kontinentális éghajlatát szubmediterrán jellegűvé teszik, az országban itt van egyik legkiegyenlítettebb időjárás. Talaját tekintve alapkőzete bazalt, melyre homok- és agyagréteg rakódott felszíni takaróként. A bazalt hatása megjelenik a borok minőségében és stílusában is. A bazaltból felszabaduló mikroelemek adják a borok mineralitását, emellett az ásványi anyagok a sós ízvilágban mutatkoznak meg (<https://www.boraszportal.hu/magyarorszag-borvidekei/badacsonyi-borvidek-6>).



13. ábra. A Badacsonyi borvidék

(Forrás: [www.boraszportal.hu/magyarorszag-borvidekei/badacsonyi-borvidek-6](http://www.boraszportal.hu/magyarorszag-borvidekei/badacsonyi-borvidek-6))

### 4.3. Az évjáratok jellemzése

#### 2021-es évjárat:

Magyarországon a 2021-es évi középhőmérséklet országos átlagban 10,84 Celsius foknak adódott, 0,1 fokkal volt melegebb az 1991–2020-as éghajlati normálnál. Az adatok alapján a 19. legmelegebb év az elmúlt 121 évben. Az évi középhőmérséklet országos átlagának változása átlagosan +1,38 Celsius foknak adódott, míg az országon belül legalább +1,25 °C és legfeljebb +1,63 °C közötti hőmérséklet-változás fordult elő. Az év során lehullott csapadék mennyisége országos átlagban a homogenizált adatok alapján 514 mm, ezzel a 20. legszárazabb év volt 1901 óta. 2021 során a megszokott csapadékmennyiség 83%-a hullott le, mind térben, mind időben igen szélsőségesen alakult az eloszlása. A március és június nagyon aszályos volt, de szeptemberben és októberben is jelentősen elmaradt az 1991-2020-as normálértéktől (OMSZ, 2021).

#### 2022-es évjárat:

Magyarországon a 2022-es évi középhőmérséklet országos átlagban 11,83°C-nak adódott, ami 1,1°C-kal volt melegebb az 1991-2020-as éghajlati normálnál. Az adatok alapján a 2019-es és 2018-as évek után a 3. legmelegebb év az elmúlt 122 évben. Az évi középhőmérséklet országos átlagának változása átlagosan +1,45 °C, míg az országon belül legalább +1,09 °C és legfeljebb +1,81 °C közötti hőmérséklet-változás fordult elő.

Az év során lehullott csapadék mennyisége országos átlagban a homogenizált adatok alapján 497 mm, ezzel a 17. legszárazabb év volt 1901 óta. 2022 során a megszokott csapadékmennyiség 81%-a hullott le, mind térben, mind időben igen szélsőségesen alakult az eloszlása. Ezt követően májustól egészen augusztusig szárazabb volt az idő a megszokottnál. A szeptember extrém csapadékosnak bizonyult (166%), így 1901 óta a 9. legcsapadékosabb szeptembert hagytuk magunk mögött. Októberben rendkívüli szárazság következett, az 1991-2020-as normálnak mindössze az ötöde hullott, ezzel a 8. legszárazabb október lett a 122 éves adatsorban (OMSZ, 2022).

#### 2023-as évjárat:

Magyarországon a 2023-as évi középhőmérséklet országos átlagban 12,23°C-nak adódott, így 1,5 °C-kal volt melegebb az 1991-2020-as éghajlati normálnál. Az adatok alapján közel 0,2 °C-kal haladta meg az eddigi legmelegebb (2019) évet. Az év során lehullott csapadék mennyisége országos átlagban a homogenizált adatok alapján 767 mm, ezzel a 8 legcsapadékosabb év volt 1901 óta. Két egymást követő száraz év után 2023-ban 25%-kal több csapadék hullott a normálnál országos átlagban (OMSZ, 2023).

A három vizsgált évjárat szüreti paramétereit az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat. Szüreti adatok

Szüreti időpont	Cukortartalom
2021.09.29.	255 g/l
2022.09.13.	212,5 g/l
2023.10.11.	225 g/l

#### 4.4. Alkalmazott mérési módszerek

Az alapanalízis paramétereinek referencia méréssel történő vizsgálatait az alábbi vizsgálatokat foglalja magába:

- Titrálható savtartalom meghatározása, sav-bázis titrálással, borkősav egyenértékben
- kifejezve (OIV-MA-AS313-01)
- pH mérés meghatározás potenciometriás úton, Radelkis pH/ION ANALYSER asztali automata pH mérővel (OIV-MA-AS313-15)
- Redukáló cukortartalom meghatározása Schoorl titrálással (OIV-MA-AS311-01A)
- Alkoholtartalom meghatározása lepárlást követően, hidrosztatikus mérleggel (OIV-MA-AS312-01B), Gibertini DEE lepárló és Gibertini Densimat & Alcomat hidrosztatikus mérleg.
- Extrakt tartalom meghatározás (OIV-MA-AS2-03B:R2012)

#### Enzimatis mérések:

- L-almasav tartalom meghatározása enzimatis úton (OIV-MA-AS313-11), L-almasav Assay Kittel (Megazyme Inc., USA)
- Glicerín tartalom meghatározása enzimatis úton (OIV-MA-AS312-05), Glycerol Assay Kittel (Megazyme Inc., USA), Dynamica
- Tejsav tartalom meghatározás enzimatis úton (OIV-MA-AS313-07), D-Lactic Acid Assay Kittel (Megazyme Inc., USA)

#### Spektrofotometriás mérés:

##### *Borkősav tartalom meghatározás:*

Erlenmeyer lombikba 50 ml desztillált vizet öntünk, majd ebbe 5 ml bormintát. Ehhez 5 ml ammónium-metavanadátot és közvetlen a mérés előtt 2 ml 2 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adunk hozzá és összerázzuk. Az abszorbanciáját 530 nm-n mérjük.

Számolás:  $5,38 \cdot A + 0,12$  (eredmény: g/l)

### *Összes polifenol tartalom meghatározás:*

A módszer elve:

Bázikus közegben a polifenolok (cserzőanyagok) redukálják a foszfor-molibdén- és a foszfor-wolframsav keverékét kék színű molibdén, illetve wolfram oxiddá. Az oldat színintenzitása a bor polifenol koncentrációjával arányos.

A vizsgálat:

A vörösborokat polifenol-tartalmuknak megfelelően hígítani kell, fehér borok esetén hígítás nélkül vizsgáljuk azokat. A vizsgálat során hígítás nélküli, 5x-ös és 10x-es hígítást is kellett alkalmazni, a mérések elvégezhetősége, és az eredmények pontossága érdekében. 100 cm<sup>3</sup>-es mérőlombikban bemérünk 1 cm<sup>3</sup> bort és 5 cm<sup>3</sup> Folin-Ciocalteu reagenst; összekeverjük, majd 20 cm<sup>3</sup> 20%-os nátrium-karbonátot adunk hozzá. Desztillált vízzel jelig töltjük és összerázzuk. A kékszínű oldat extinkcióját 1 óra múlva, de két órán belül 750 nm hullámhosszon 1 cm<sup>3</sup>-es üvegküvetében vonatkozási oldattal szemben mérjük. Vonatkozási oldat: 5 cm<sup>3</sup> Folin-Ciocalteu reagenst, 20 cm<sup>3</sup> 20%-os nátrium-karbonátot desztillált vízzel 100 cm<sup>3</sup>-re kiegészítve készítjük.

### *A leukoantocianin meghatározás:*

A mérendő mintát 50-szeresére hígítjuk, 25 cm<sup>3</sup>-es lombikba 12,5 cm<sup>3</sup> 2 v/v%-os etanolt tartalmazó HCl oldatot és 2,5 cm<sup>3</sup> bort töltünk. Ezután a lombikot jelig töltjük sósavas alkohollal, 2 óra állás után centrifugáljuk és 5 cm<sup>3</sup>-t kiveszünk belőle. Ezt 25 cm<sup>3</sup>-es csiszolt dugós kémcsőbe mérjük, és 15 cm<sup>3</sup> n-butanol-sósav 6:4 arányú elegyét adjuk hozzá. Alapos rázás után kettéválasztjuk az oldatot, és az első részét rögtön mérjük spektrofotometriásan 550 nm-es normál-butanol sósav 6:4 arányú eleggyel szemben (A). A második részt forrásban lévő vízfürdőbe helyezzük 20 percig, majd lehűtjük és utána mérjük az abszorbancia értékét 550 nm-en (B). A leukoantocianin tartalmat megkapjuk mg/l-ben a következő képlet segítségével:

Leukoantocianin tartalom (mg/l)=(B-A) x 208 x hígítás.

A kalibrációt antocianin-3,5-diglükóziddal végezzük.

### *A katechin-tartalom meghatározás*

Csiszolt dugós kémcsőbe 1 cm<sup>3</sup> bort, 5 cm<sup>3</sup> 1%-os vanillin oldatot és 10 cm<sup>3</sup> tömény HCl oldatot töltünk, jól összekeverjük és 15 percig állni hagyjuk. Ezután 550 nm-en HCl-el szemben mérjük az oldat abszorbanciáját. A kalibrációs görbét katechin standardból készített oldatsorozat segítségével vesszük fel.

### *Azonnal felvehető nitrogén (AFN) meghatározása:*

#### Reagensek:

1. 3%-os ninhidrin oldat, melynek összetevői a következők:

- 12,6 g Na-acetát x 3H<sub>2</sub>O
- 2,5 cm<sup>3</sup> jégecet
- 3 g ninhidrin

Az összetevőket 25 cm<sup>3</sup> desztillált vízben feloldjuk, majd etanollal 100 cm<sup>3</sup>-re kiegészítjük.

2. Izopropanol és desztillált víz 1:1 arányú elegye

#### Vak minta:

0,5 cm<sup>3</sup> desztillált víz és 1 cm<sup>3</sup> ninhidrin oldat

Módszer: A mustból/borból 10x-es hígítást készítünk desztillált vízzel. Majd 0,5 cm<sup>3</sup> hígított mintát és 1 cm<sup>3</sup> ninhidrin oldatot csavar zárás kémcsőbe teszünk, majd 15 percre forró vízfürdőbe helyezük. Ezután a felmelegített mintát szobahőmérsékletre hűtjük és 5 cm<sup>3</sup> 1:1 arányú izopropanol-víz elegyet adunk hozzá. Ezt követően elvégezzük a méréseket a vak mintával szemben. A vizsgálat során 570 nm-en mérjük az abszorbanciát. Az asszimilálható nitrogén tartalmat valinban kifejezve kapjuk meg mg/l-es koncentrációban.

### *Prolin meghatározása:*

#### Reagensek:

1. 3%-os ninhidrin oldat, mely a következőket tartalmazza:

- 1,5 g ninhidrint 96%-os etanollal feloldunk, majd 50 cm<sup>3</sup>-re kiegészítjük.

2. Izopropanol és víz 1:1 arányú elegye

3. 98-100%-os hangyasav

Vak minta: 0,5 cm<sup>3</sup> desztillált víz, 0,25 cm<sup>3</sup> hangyasav és 1 cm<sup>3</sup> ninhidrin oldat

#### Módszer:

A mustból/borból 10x-es hígítást készítünk desztillált vízzel. Ezt követően 0,5 cm<sup>3</sup> hígított mintán, 0,25 cm<sup>3</sup> hangyasavat és 1 cm<sup>3</sup> ninhidrin oldatot csavar zárás kémcsőbe teszünk, majd 15 percre forró vízfürdőbe helyezük. A felmelegített mintát szobahőmérsékletre visszahűtjük és 5 cm<sup>3</sup> 1:1 arányú izopropanol-víz elegyet adunk hozzá. Majd elvégezzük a mérést a vak mintával szemben. A vizsgálat során 517 nm-en mérjük az abszorbanciát. Az eredményt mg/l-es koncentrációban kapjuk meg.

### HPLC mérések:

*Szerves savak meghatározása – borostyánkősav, citromsav, fumársav, sikiminsav*

Kromatográfiai körülmények:

Berendezés: Shimadzu LC-20 AD  
Kromatográfiai analitikai oszlop: SUPELCOGEL 8H 30 cm x 7,8 mm  
Detektor: Shimadzu SPD-M20A diódasoros detektor

Detektálás hullámhossza:  $\lambda=210$  nm  
Áramlási sebesség: 0,4 ml/min izokratikus  
Kolonna termosztát hőmérséklete: 45 °C  
Injektált mennyiség: 10  $\mu$ l  
Eluens összetétel: 0,0125 M-os H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

### *Biogén aminok meghatározása*

A biogén aminok meghatározását HPLC készülékkel végeztük. Ehhez először előkészítettük a bormintákat: ezeket egy 0,45  $\mu$ m átmérőjű membránszűrőn szűrtük meg. Ezt követően Borát-puffer kíséretében OPA-val (orto-phtal-aldehid) reagáltattuk. A Borát-puffer elkészítése úgy történt, hogy 1 g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>-hoz 38 ml desztillált vizet adtunk, majd 40 g/100 ml-es Kálium-Hidroxid oldattal beállítottuk a pH értéket 10,4-re. Az OPA reagens készítéséhez 45 mg OPA-t 0,5 ml metanolban oldottunk fel, amihez aztán 0,1 ml merkaptotanoladtunk. A minta, a puffer és az OPA reagens összekeverése után 4 perces reakcióidő elteltével 20  $\mu$ l-t injektáltunk a berendezésbe.

Kromatográfiai körülmények:

Berendezés: HP 1090 HPLC  
Kolonna: Nukleosil 100 C-18 (250 x 4mm)  
Detektálás: HP 1046 A Fluorescens detektor  
Folyadékáram: 1 ml/min.  
Hőmérséklet: 30°C  
 $\lambda$ :340nm  $\lambda$ : 440 nm  
Eluens összetétel: A oldat: 0,08 M ecetsav  
B oldat: HPLC minőségű acetonitril

2. táblázat. Gradines összetétele és időbeli

Idő (perc)	A%	B%
3,5	70	30
10	35	65
21	28	72
22	20	80
25	20	80
30	70	30

Gázkromatográfiás mérés:

*Magasabb rendű alkoholok meghatározása:*

Kolonna: Restek Rtx-1301 60 m x 0,25 mm

Folyadékinjektálás: 10 µl

Injektor: 150 °C

Detektor: FID 200°C

stop time: 28,17 perc

Make up: N2 24 ml/min

H2 32 ml/min

levegő 200 ml/min

4.5. Kísérleti tematika

A kísérlet beállításához Generosa szőlőből készült mustot használtam fel. A kísérletet a MATE Badacsonyi Kutató Állomásán lett beállítva három évjáratban (2021, 2022, 2023). A mustok üzemi körülmények között, 100 l-es, egyenként fűthető, hűthető kistartályban erjedtek ki, a tartályokban állandó 16-17°C-os hőmérséklet biztosítása mellett. A mustok különböző kezeléseket kaptak.

A két kontroll (spontán erjedés és a kereskedelmi forgalomban kapható *Saccharomyces cerevisiae* élesztő) mellett egy speciális tulajdonságú élesztőt alkalmaztam 20 g/hl, illetve 40 g/hl adagolásban az idő függvényében. Az így beállított kísérleti protokollt a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. A kísérleti protokoll

Kezelés	Speciális élesztő adagolás (g/hl)	Ráoltás	A ráoltás között eltelt napok	Rövidítés
Spontán erjesztés (kontroll)	-	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 20 g/hl	-	Sp
Fajélesztős beoltás <i>Saccharomyces cerevisiae</i> -vel (kontroll)	-	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 20 g/hl	-	HD A54
Speciális nem- <i>Saccharomyces</i> élesztő	20	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 20 g/hl	1. napon	Oc20
Speciális nem- <i>Saccharomyces</i> élesztő	20	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 20 g/hl	2. napon	Oc20+2d
Speciális nem- <i>Saccharomyces</i> élesztő	20	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 20 g/hl	3. napon	Oc20+3d
Speciális nem- <i>Saccharomyces</i> élesztő	20	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 20 g/hl	4. napon nem történt ráoltás	Oc20+4d
Speciális nem- <i>Saccharomyces</i> élesztő	40	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 20 g/hl	1. napon	Oc40
Speciális nem- <i>Saccharomyces</i> élesztő)	40	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 20 g/hl	2. napon	Oc40+2d
Speciális nem- <i>Saccharomyces</i> élesztő	40	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 20 g/hl	3. napon	Oc40+3d
Speciális nem- <i>Saccharomyces</i> élesztő	40	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 20 g/hl	4. napon nem történt ráoltás)	Oc40+4d

#### 4.6. Alkalmazott speciális élesztő

Az általam alkalmazott speciális tulajdonságú élesztő a *Lachancea thermotolerans* (korábban *Kluyveromyces thermotolerans*) tiszta törzse. A doktori dolgozatom kísérletében alkalmazott nem-*Saccharomyces* élesztő alkohol tartalom csökkentő hatással rendelkezik, azáltal, hogy a fermentáció során a jelenlévő cukrot nem teljes egészében hasznosítja alkohollá, hanem olyan másodlagos erjedési melléktermékekből képez többet, melyek egyébként is cukrokból képződnek az erjedés alatt. Tulajdonságai közé tartozik, hogy képes növelni a fehér- és rozé borok savasságát és az íz összetettségét. A tejsav felszabadulásának eredményeként ezekben a borokban a végső alkoholtartalom csökkenthető.

#### 4.7. Fizikai eljárással történő alkohol csökkentés

A fizikai eljárással csökkentett alkoholtartalmú Szürkebarát borok üzemi körülmények között készültek, melyeket a Törley Pezsgőpincészettel történt együttműködés keretein belül volt lehetőségem vizsgálni. A rendelkezésünkre bocsátott borokból alapanalitikai és finomanalitikai mérések történtek. A kapott borok mennyiségére való tekintettel érzékszervi bírálat elvégzésre nem volt lehetőség. Célunk a céggel való együttműködésen belül az összes polifenol tartalom változásának vizsgálata volt.

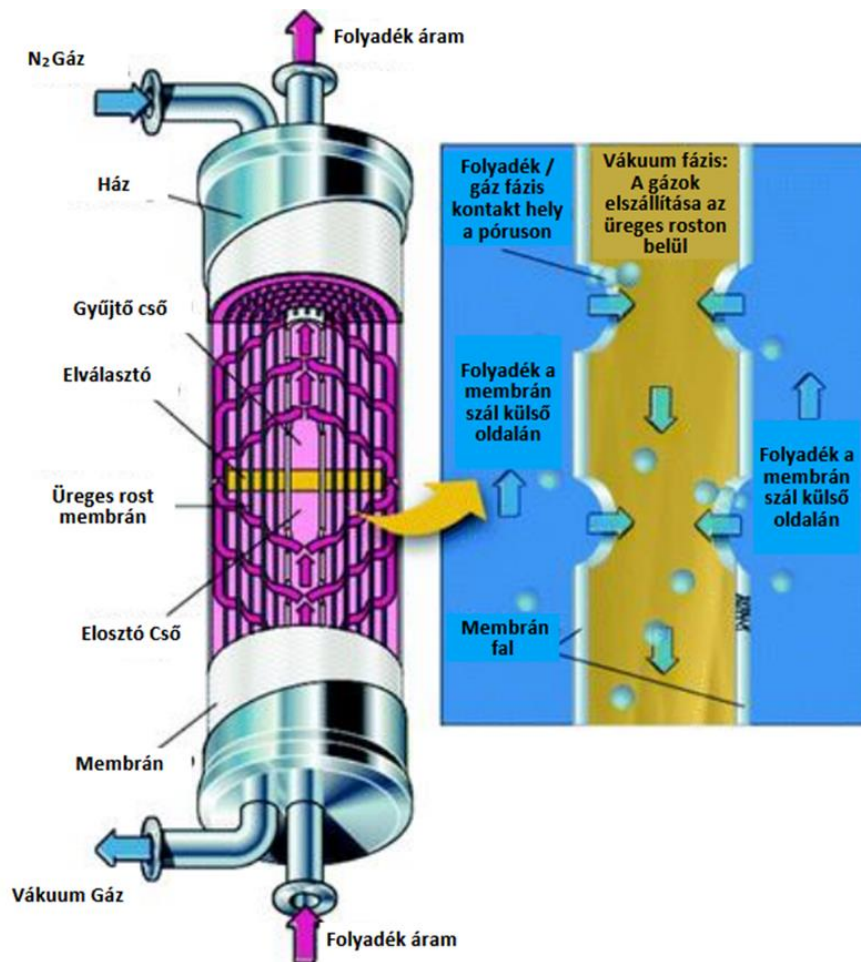
A pezsgőpincészet a gépet Balatonbogláron a BB üzemében használja. Az üzemben 200 hl-es tartályok állnak rendelkezésre ehhez a művelethez. Egy tartályban 180 hl lágyított szűrt víz van, melynek a szabadkén tartalmát 70-80 mg/l-re állítják be. Ez lesz a extrakciós oldat. Egy másik tartályban pedig 200 hl szűrt bor van, amiben csökkenteni szeretnék az alkohol tartalmat.

#### Membránszeparálás (Juclas MMR50)

A MASTERMIND® REMOVE egy innovatív alkoholeltávolítási technológia, amely képes a borok alkoholtartalmát úgy csökkenteni, hogy az tökéletesen megfeleljen mind a jogszabályoknak, mind a bor szerkezetének, színének és illatának. A szőlészeti és szőlőtermesztési döntések, valamint az utóbbi évjáratok, amelyeket jelentős éghajlati változások jellemeztek, gyakran vezettek magas alkoholtartalmú borok előállításához. A legújabb piaci trendek a kiegyensúlyozott, jellegzetes borok felé hajlanak. A bor nem szűrődik át a membránon, csak az alkohol, amely a membrán másik oldalán áramló extraháló oldatba kerül a folyamat során.

A membránt (14. ábra) alkotó polimer nem rendelkezik elektromos töltéssel, ez az eljárás nem befolyásolja az eredeti bor színét vagy szerkezetét, mivel a membrán nem lép kölcsönhatásba a

kolloidrendszerrel. Az így nyert bor megőrzi aromáját.  
(<https://www.juclas.it/index.cfm/en/products/mastermind-remove/>)



14. ábra. Speciális kontaktor membrán

Az eredmények 3 mintavételezési időpontot szemléltetnek:

- mintavételezés 0,5 v/v%-os alkoholcsökkenés
- mintavételezés 1,0 v/v%-os alkoholcsökkenés
- mintavételezés 1,5 v/v%-os alkoholcsökkenés

#### 4.8. Érzékszervi bírálat

A borok érzékszervi bírálatát a MATE Szőlészeti és Borászati Intézetének Borászati Tanszékén történt 7 tagú szakmai bíráló bizottság előtt, akik mind többéves bírálói tapasztalattal rendelkeznek.

Az érzékszervi bírálaton résztvevő tételek az analitikai paramétereik alapján kerültek meghatározásra: Sp, HD A54, Oc20+3d, Oc20+4d, Oc40+3d, Oc40+4d

A borok értékelése tízes skálán történt, az alábbi szempontok alapján (4. táblázat):

4. táblázat. A borok érzékszervi értékelésének szempontjai

<b>Minta megnevezése:</b>	<b>Szempont</b>	<b>Pontszám</b>
Megjelenés	Tisztaság	
	Szín	
Illat	Illat intenzitás	
	Idegen illat (szúrós, aldehides)	
	Tejsavas illat	
	Alkoholos illat	
Fajtajellel	Virágos	
	Gyümölcsös	
Íz	Savérzet	
	Teltségérzet (glicerin)	
	Összbenyomás	

4.9. Alkalmazott statisztika

A statisztikai elemzéseket az IBM SPSS Statistics program (verzió: 29.0.1.0) segítségével végeztem. Az évenkénti adatok és érzékszervi bírálat elemzéséhez egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztam.

Az elemzést megelőzően elvégeztem az ANOVA alkalmazásához szükséges feltételek ellenőrzését. A normalitást Shapiro–Wilk-teszttel vizsgáltam, a varianciák homogenitását pedig a Levene-próbával ellenőriztem. Szignifikáns hatás esetén post hoc teszttel páronkénti összehasonlítást végeztem (Tukey/ Games–Howell).

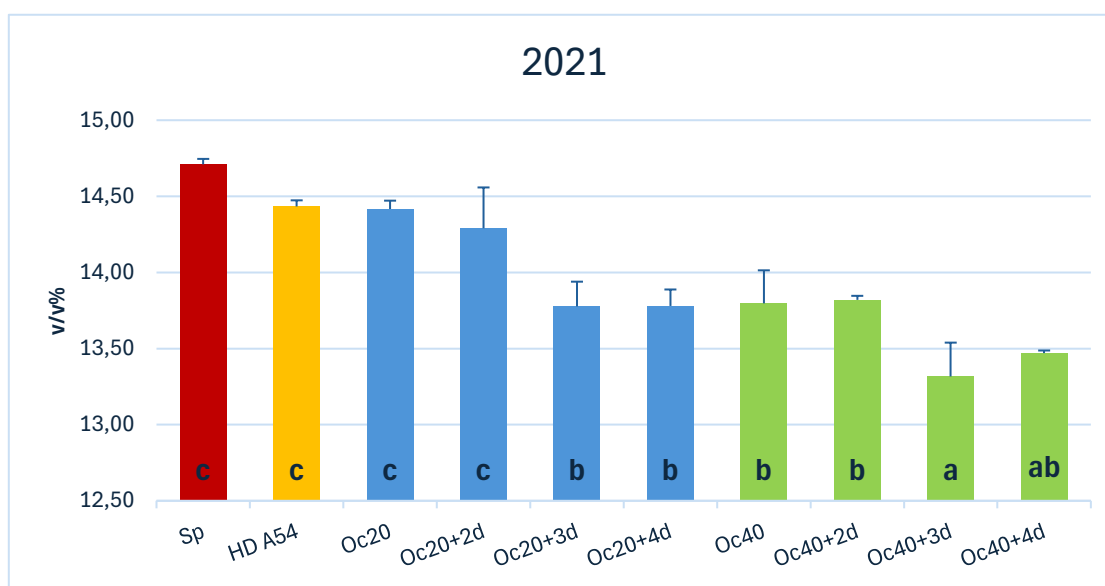
A három évjárat elemzéséhez kéttényezős varianciaanalízist alkalmaztam (MANOVA). A normalitás feltételének sérülése (kiugró értékek) miatt adattranzformációt alkalmaztam (*Box–Cox-transzformáció*). A transzformált változókat használtam a további elemzésekben. A csoportok közötti különbségek pontos meghatározásához Tukey-féle post hoc tesztek alkalmaztam (Box and Cox, 1964).

## 5. Eredmények és azok megbeszélése

Az eredmények fejezetben feltüntetett szórások 3 párhuzamos mérés átlagértékeinek szórását szemléltetik. A magasabb rendű alkoholok csak 2023-ban kerültek meghatározásra, mert a mérési protokoll addigra készült el.

### 5.1. 2021-es évjárat eredményeinek kiértékelése

#### 5.1.1. Az alkohol tartalom kiértékelés



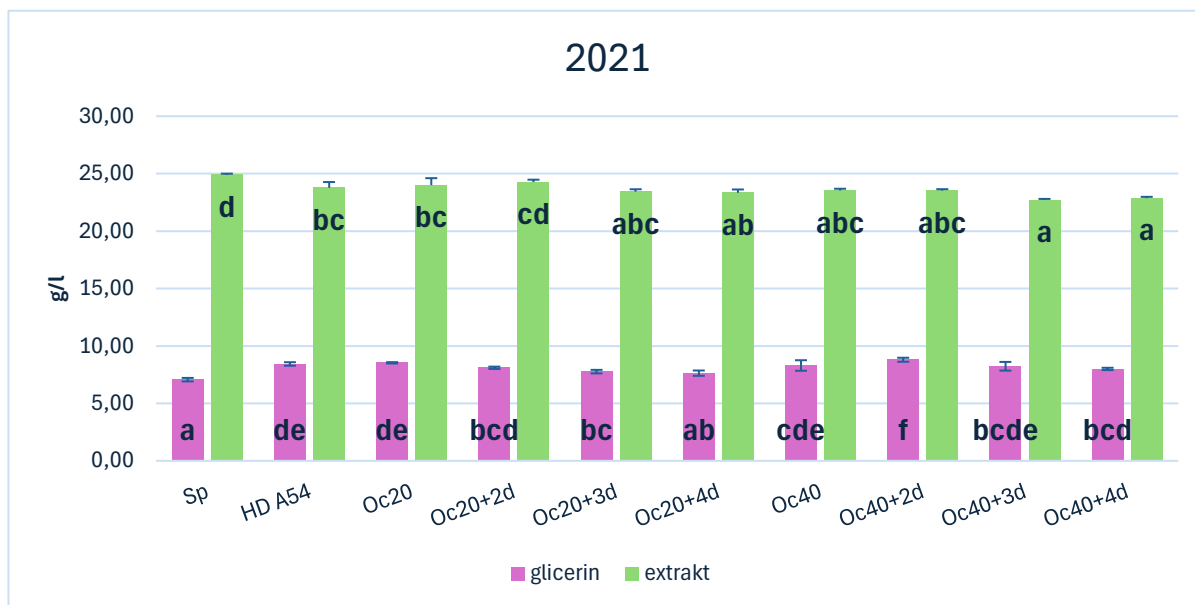
15. ábra. Az alkohol tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ( $p < 0,001$ )

A borok alkoholtartalma függ a leszüretelt szőlő érettségi állapotától, annak cukortartalmától, valamint az élesztőtől. Az 15. ábrán látható a borok alkoholtartalmának alakulása az egyes kezelések hatására. A 2021-es évjáratban a legmagasabb alkohol koncentráció a spontán erjedés (Sp) alatt keletkezett (14,71 v/v%), míg a legalacsonyabb alkohol-tartalom a 40 g/hl speciális vadélesztőre a 3 nap különbséggel ráoltott 20 g/hl *Saccharomyces cerevisiae* (Oc20+3d) esetében volt mérhető (13,32 v/v%). A spontán erjedéssel keletkezett alkohol koncentrációjához képest az összes kezelt mintában alkohol tartalom csökkenés volt megfigyelhető.

Ugyanakkor elmondható, hogy a két kontroll kezelést (Sp, HD A54) összehasonlítva az 1 nap (Oc20) és 2 nap (Oc20+2d) különbséggel ráoltott kezelésekkel nem mutatható ki közöttük szignifikáns különbség. A 20 g/hl-es kezelések közül csak a 3. napon (Oc20+3d), és a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc20+4d) erjedt tételek, illetve a 40 g/hl-es kezelések közül mindegyik szignifikánsan különbözik a két kontrolltól.

Az ábráról az is leolvasható, hogy nem csak az dózisok között (20 g/hl vagy 40 g/hl), hanem a dózisokon belül is észlelhető különbség. Hiszen minél több nap telik el a ráoltás között, annál jobban megmutatkozott az alkohol csökkenés.

### 5.1.2. A borok glicerín és extrakt tartalmának kiértékelése

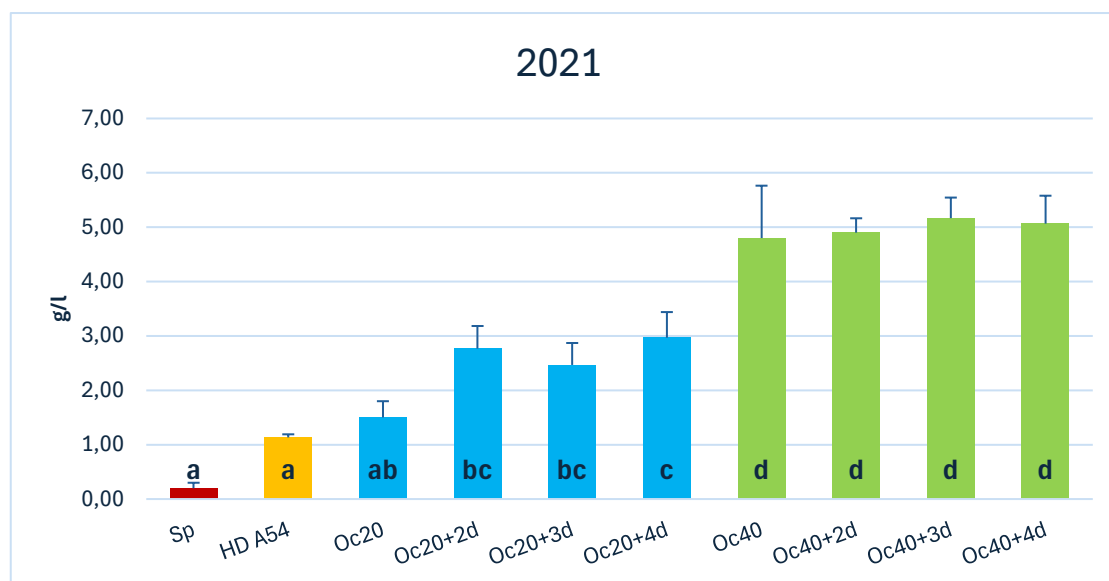


16. ábra. A glicerín és extrakt tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A glicerín az alkoholos erjedés másodlagos termékeként képződik. Az etil-alkohol után a glicerín a bor legnagyobb alkotórésze. Mennyiségét befolyásolja a kezdeti cukortartalom, élesztő fajtája, valamint az erjedés körülményei. Jellemzője, hogy a boroknak egyfajta lágyságot, bársonyosságot, testességet kölcsönöz. Mennyisége a borokban 6-10 g/l között van (Kállay, 2014).

A 16. ábrán jól látható, hogy a spontán erjedéshez (7,07 g/l) (Sp) képest az összes kezelés szignifikáns különbségeket mutatott a glicerín-tartalom alakulásában. A legmagasabb érték (8,80 g/l) a 40 g/hl-rel kezelt tételben belül, a 2. napon történt ráoltás (Oc40+2d) esetében volt mérhető. A borok extrakt tartalma esetében elmondható, hogy a spontán erjedéshez (Sp) képest, majdnem mindegyik kezelés szignifikánsan eltér, kivéve a 20 g/hl-es kezelések közül a 2. napon történt ráoltásnál (Oc20+2d). A fajélesztővel történt beoltás (HD A54) a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3), és csak a nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) kiejert tételétől különbözik szignifikánsan.

### 5.1.3. A borok tejsav koncentrációjának kiértékelése



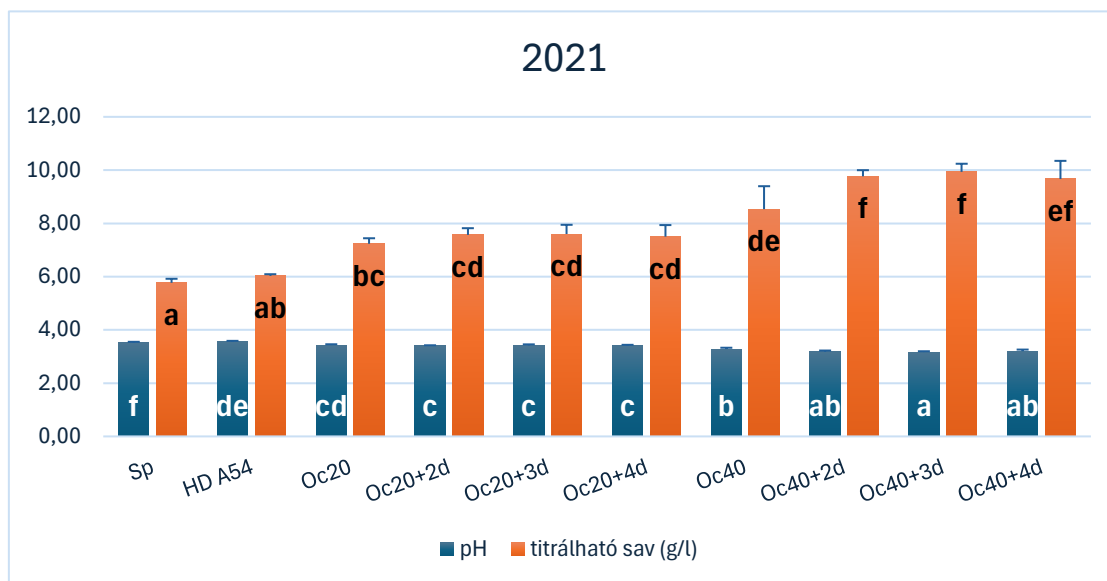
17. ábra. A tejsav tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

Az alkoholos erjedés alatt a D(-)-tejsav a cukorból képződik 1 g/l-nyi mennyiségben. A borok normális alkotórésze (Kállay, 2014). A 17. ábrán szignifikáns különbségek láthatók az egyes kezelések hatására. A tejsav koncentráció a spontán erjedés során termelődött a legkevesebb mennyiségben (0,20 g/l), míg a legnagyobb mennyiségben (5,17 g/l) a 40 g/hl-es kezelések között a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel kierjedt tételben (Oc40+4d) volt mérhető.

A 20 g/hl és a 40 g/hl dózisban nem-*Saccharomyces* élesztővel beoltott tételek között is különbségek mutatkoztak. A kezelés hatására a 40 g/hl-es mennyiséggel kezelt tételknél (Oc40; Oc40+2d; Oc40+3d; Oc40+4d) magasabb mennyiségben volt mérhető a tejsav koncentráció, mint a 20 g/hl-rel kezelt borokban.

#### 5.1.4. A borok savösszetételének kiértékelése

##### 5.1.4.1. A titrálható sav és pH-érték kiértékelése

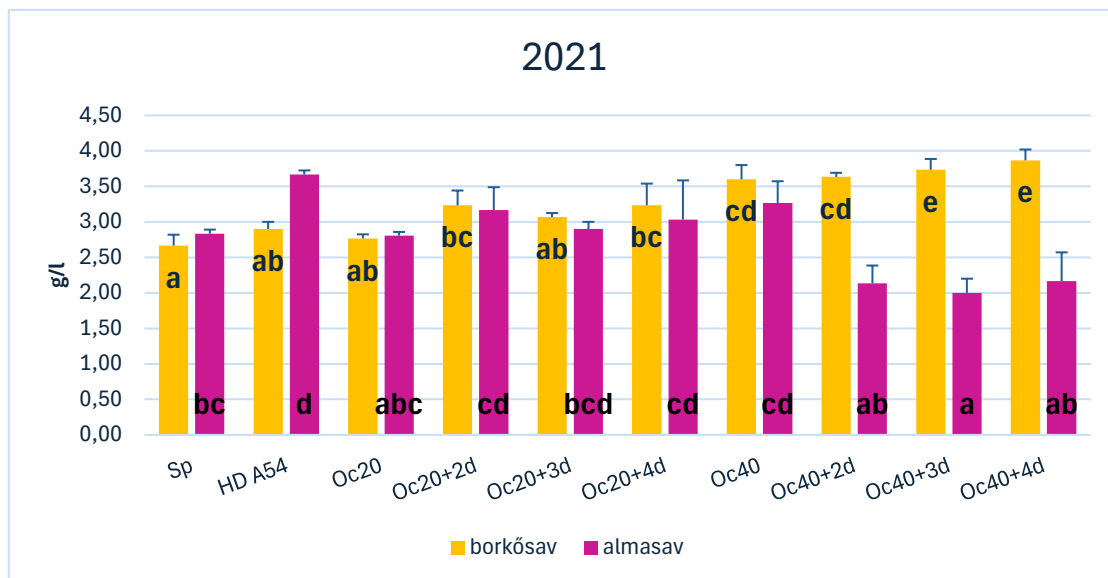


18. ábra. A titrálható sav és pH-érték alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A 18. ábra mutatja a borok titrálható sav tartalmának alakulását g/l-es koncentrációban borkósav egyenértékben. Az egyes kezelések hatása itt is érvényesül, szignifikáns különbségek mutatkoznak. A legalacsonyabb savtartalmat a spontán erjesztés (Sp), míg a legmagasabb savtartalmat a 40 g/hl-es kezelésnél a 3. napon történt ráoltásnál (Oc40+3d) volt megfigyelhető (9,93 g/l). A 20 g/hl és 40 g/hl dózisban nem-*Saccharomyces* élesztővel kezelt minták között is különbségek láthatók, utóbbi esetében a kezelés hatására magasabb sav koncentráció mutatkozott. A szignifikáns különbség nem a ráoltott napok között, hanem a nem-*Saccharomyces* élesztő mennyiségében mutatkozott meg. Tehát az egyes dózisokon belül (20 g/hl vagy 40 g/hl) nem, viszont a dózisok között kimutatható a szignifikáns különbség.

A borok pH értékéről egyértelműen elmondható, hogy a spontán erjedt borban (Sp) volt a legmagasabb a koncentráció (3,5 pH). Ezen érték valamelyest egy határértéknek is tekinthető, mert e feletti pH értékeknél már káros mikrobiológiai folyamatok tudnak lejátszódni az esetleges káros tejsavbaktérium elszaporodása miatt. Összességében elmondható, hogy a kezelések hatására enyhe csökkenő tendencia figyelhető meg a pH érték alakulásában.

### 5.1.4.2. A borok borkősav és almasav koncentrációjának kiértékelése



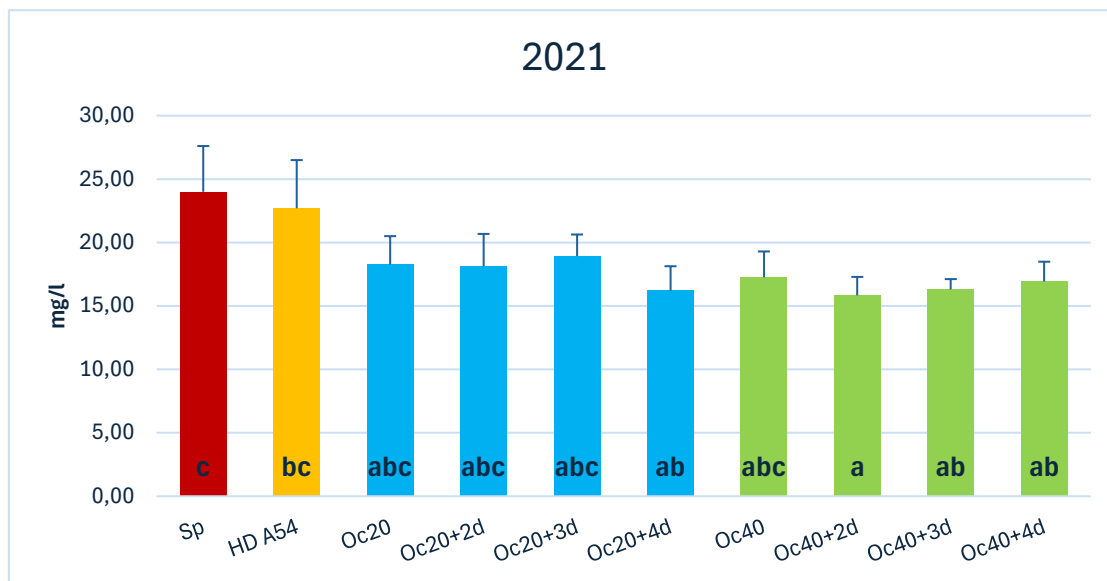
19. ábra. A borkősav és almasav tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A borkősav (19. ábra) a szőlő és a bor jellegzetes sava, a szőlőből származik. A borok borkősav tartalma 1-5 g/l között változhat. Az erjedés alatt mennyisége csökken a borkó kiválás miatt, mert a keletkezett alkohol hatására az oldhatósága csökken (Kállay, 2014).

A legalacsonyabb mennyiségben a spontán erjedt mintában (Sp) volt mérhető (2,67 g/l), míg a legmagasabb mennyiségben a 40 g/hl-es dózisok közül a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel kierjedt tételben (Oc40+4d; 3,87 g/l) volt mérhető.

Továbbá az is megfigyelhető, hogy a két kontroll (Sp, HD A54) esetében a borkősav kisebb mennyiségben volt kimutatható az almasavhoz képest, viszont a többi kezelésnél nagyjából hasonló mennyiségben volt mérhető a borkősav és almasav mennyisége, kivéve a 40 g/hl-es kezeléseknél a 2. napon (Oc40+2d), 3. napon (Oc40+3d) történt ráoltásnál és a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) erjedt tételknél jelentős almasav csökkenés volt megfigyelhető. A legmagasabb almasav koncentráció a fajélesztős beoltásnál (HD A54) volt mérhető (3,67 g/l), míg a legalacsonyabb a 40 g/hl-es kezeléseknél a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d) esetében volt kimutatható (2,00 g/l).

### 5.1.4.3. A borok sikiminsav tartalmának kiértékelése



20. ábra. A sikiminsav tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p=0,004$ )

A sikiminsav pozitív élettani hatású vegyületként ismert, szintén az alkoholos erjedés során keletkezik. A legnagyobb mennyiségben a spontán erjedésnél (Sp) volt kimutatható (24,00 mg/l), míg a legalacsonyabb koncentrációban pedig a 40 g/hl-es kezelések között a 2. napon történt ráoltás esetében (Oc40+2d; 15,83 mg/l). Szignifikáns különbség csak a két kontrollhoz (Sp, HD A54) képest volt kimutatható: a spontán erjedéstől szignifikánsan különbözött az Oc20+4d, Oc40+2d, Oc40+3d és Oc40+4d, míg a fajélesztős beoltástól csak az Oc40+2d különbözött (20. ábra).

#### 5.1.4.4. A borok citromsav tartalmának kiértékelése

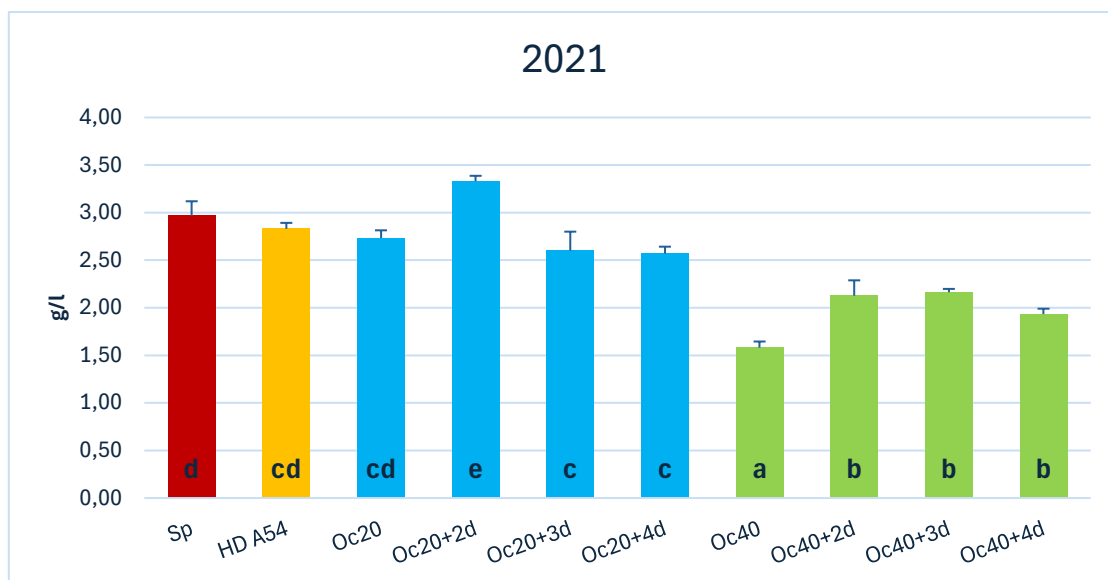


21. ábra. A citromsav tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p=0,001$ )

A citromsav normál körülmények között a mustokban 0,1-0,5 g/l-es mennyiségben mutatható ki, mennyisége az erjedés után maximum 1 g/l körüli, de általában ezen érték alatt marad. A 2021-es évjáratban azonban a két kontrollon kívül az egyes kezelések esetében magasabb citromsav koncentráció volt mérhető. Legmagasabb mennyiségben a 40 g/hl-es kezelések között az 1. napon történt ráoltásnál (Oc40; 1,41 mg/l) és a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d; 1,41 mg/l) kiejert borokban volt mérhető, míg a legalacsonyabb mennyiségben a spontán erjedés (Sp; 0,59 mg/l) volt kimutatható.

A két kontroll borhoz (Sp, HD A54) képest minden kezelésnél szignifikáns különbség látszódik, valamint a két kezelési dózis (20 g/hl és 40 g/hl) között is mutatkozik különbség (21. ábra).

#### 5.1.4.5. A borok borostyánkősav tartalmának kiértékelése

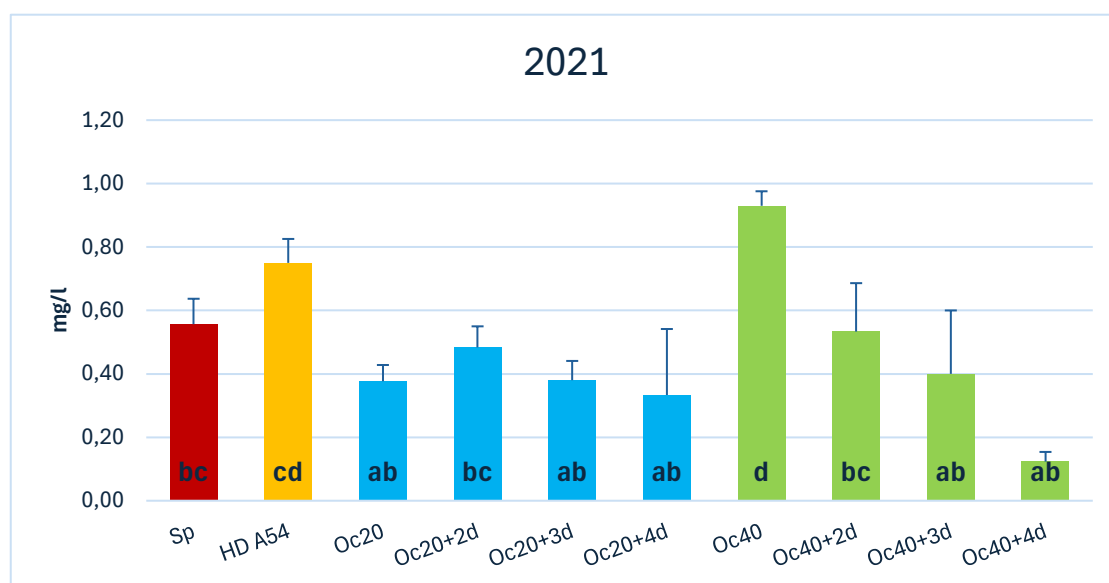


22. ábra. A borostyánkősav tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A borostyánkősav szintén az alkoholos erjedés során keletkezik, jellemzője, hogy sós-keserű-savanyú ízével hozzájárul az ún. boríz kialakulásához. A szakirodalmi adatok alapján a borokban mérhető mennyisége 0,5-1,5 g/l közé tehető. Mennyisége cukrokból és aminosavakból származtatható, valamint tudományosan bizonyított, hogy a borostyánkősav koncentrációját az élesztőtörzsek is befolyásolják, ami a 2021-es boroknál is megmutatkozott.

Legnagyobb koncentrációban a 20 g/hl-es kezelés között volt mérhető, a 2. napon történt ráoltás esetében (Oc20+2d; 3,33 g/l), míg legalacsonyabb mennyiségben a 40 g/hl-es kezeléseknél, az 1. napon történt ráoltásnál (Oc40; 1,58 g/l). Továbbá a 20 g/hl és 40 g/hl-es dózisok között is figyelhető meg szignifikáns különbség (22. ábra).

#### 5.1.4.6. A borok fumársav tartalmának kiértékelése



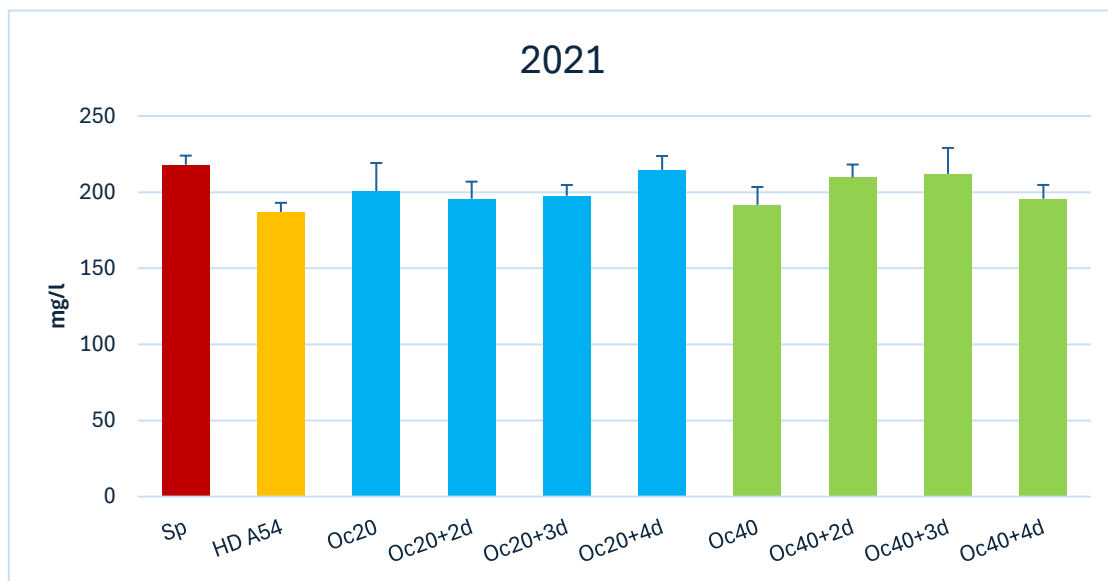
23. ábra. A fumársav tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A következő ábra (23. ábra) az egyes kezelések hatására keletkezett fumársav koncentrációját mutatja be. A legnagyobb és legkisebb mennyiségben is a 40 g/hl-es dózison belül volt mérhető, míg előbbi az 1. nap után történt ráoltásnál (Oc40; 0,93 mg/l), addig utóbbi a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d; 0,12 mg/l) kiejert tételnél.

A kezeléseket összehasonlítva a kontroll borokkal, a következő eredményeket kapjuk: A spontán (Sp) erjedéstől szignifikánsan különbözik az 1. napon történt ráoltás (Oc40) tétele a 40 g/hl-es kezelések közül, míg a fajlesztős beoltástól (HD A54) az 1. nap (Oc20), 3. nap (Oc20+3d), és csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc20+4d) erjedt tételek különböztek a 20 g/hl-es kezelések közül, továbbá a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d) és csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt (Oc40+4d) borok különböznek szignifikánsan.

## 5.1.5. A borok polifenol-összetétele

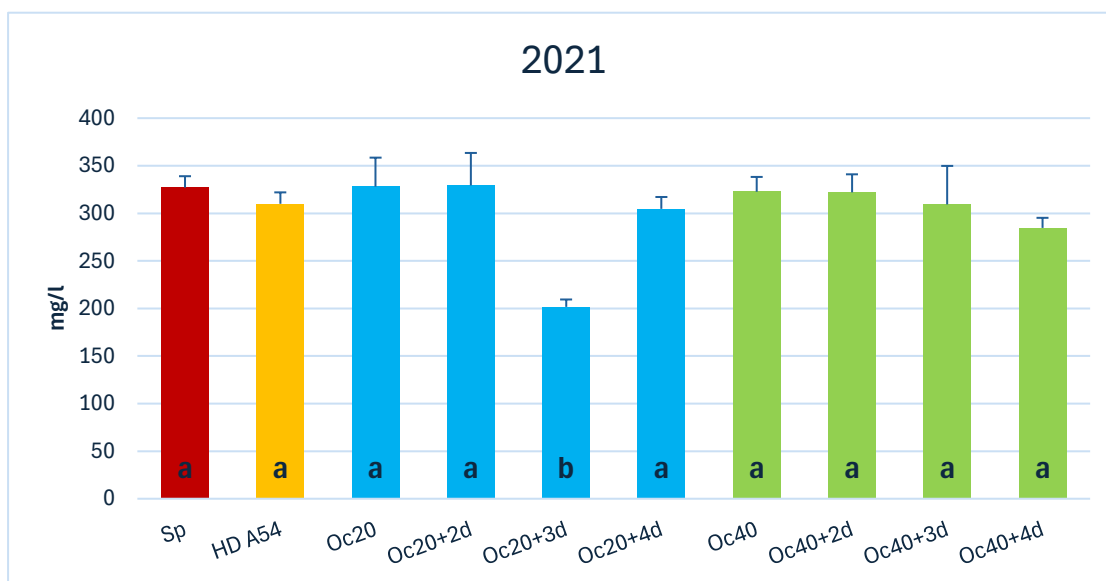
### 5.1.5.1. A borok összes polifenol tartalmának kiértékelése



24. ábra. Az összes polifenol tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p=0,032$ )

A 2021-es adatoknál (24. ábra) az összes polifenol tartalomra vonatkozóan nem volt kimutatható szignifikáns különbség, bár az ANOVA  $p$ -értéke alapján különbség látszódik, azonban a páronkénti összehasonlítás nem mutatott eltérést.

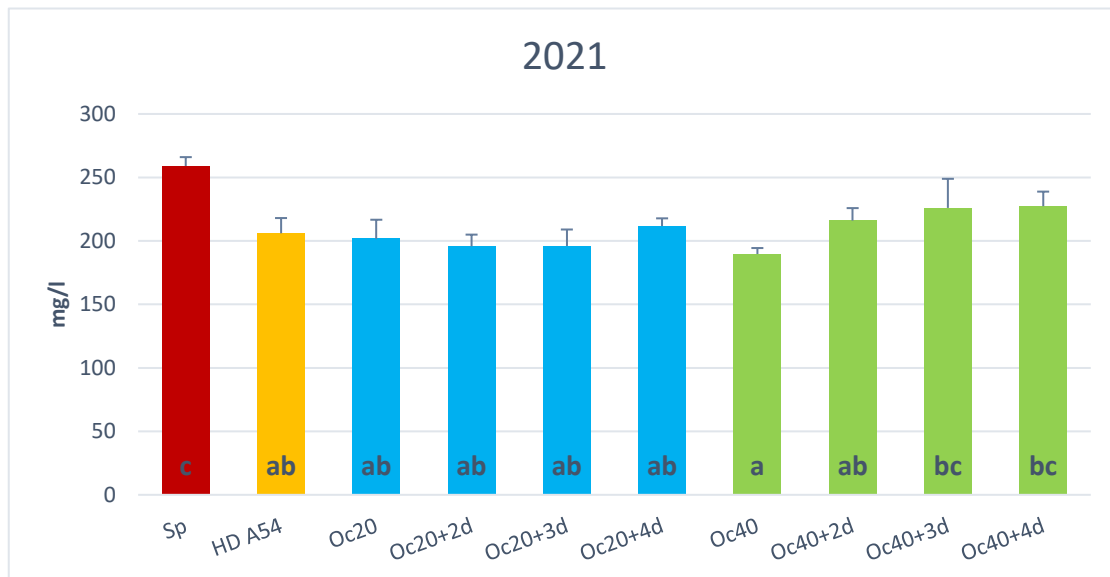
### 5.1.5.2. A borok leukoantocianin tartalmának kiértékelése



25. ábra. A leukoantocianin tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p<0,001$ )

A leukoantocianin koncentrációjánál megfigyelhető, hogy a kezelések hatására a kontrollhoz (Sp, HD A54) képest nem volt kimutatható különbség, egyedül csak a 20 g/hl-es kezeléseknél a 3. napon történt ráoltás (Oc20+3d) különbözött a többi bortól (25. ábra).

### 5.1.5.3. A borok katechin koncentrációjának kiértékelése

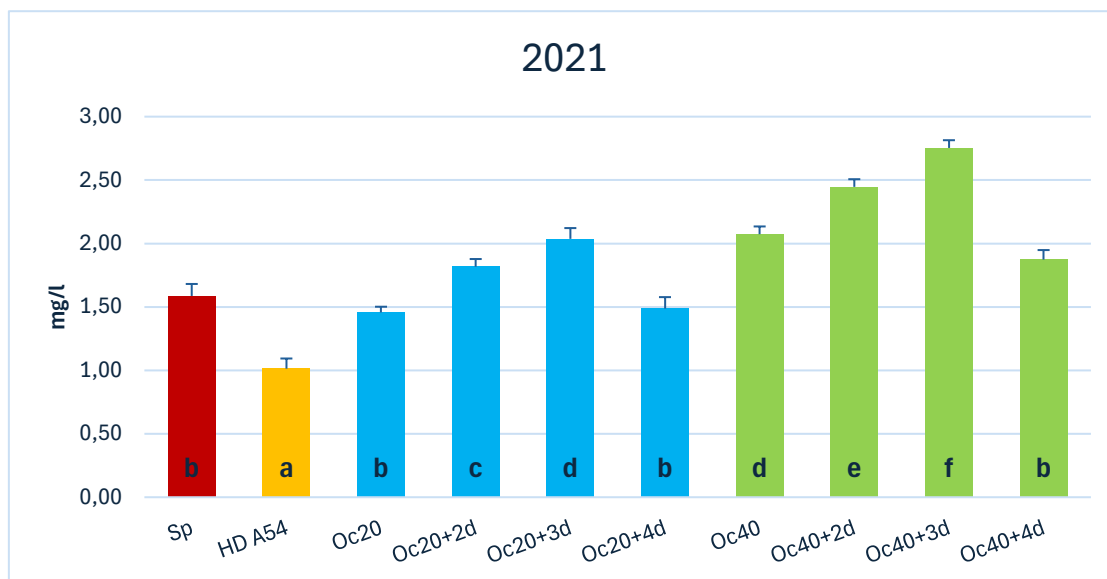


26. ábra. A katechin tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A következő ábra (26. ábra) a katechin koncentráció alakulását szemlélteti. A diagramon jól látható, hogy csak a spontán (Sp) erjedt bortól különböznek az egyes tételek, kivéve a 40 g/hl-rel kezelt borok közül a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d) és a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) erjedt tételek esetében, mert ott nincs kimutatható különbség.

## 5.1.6. A biogén aminosav összetétel kiértékelése

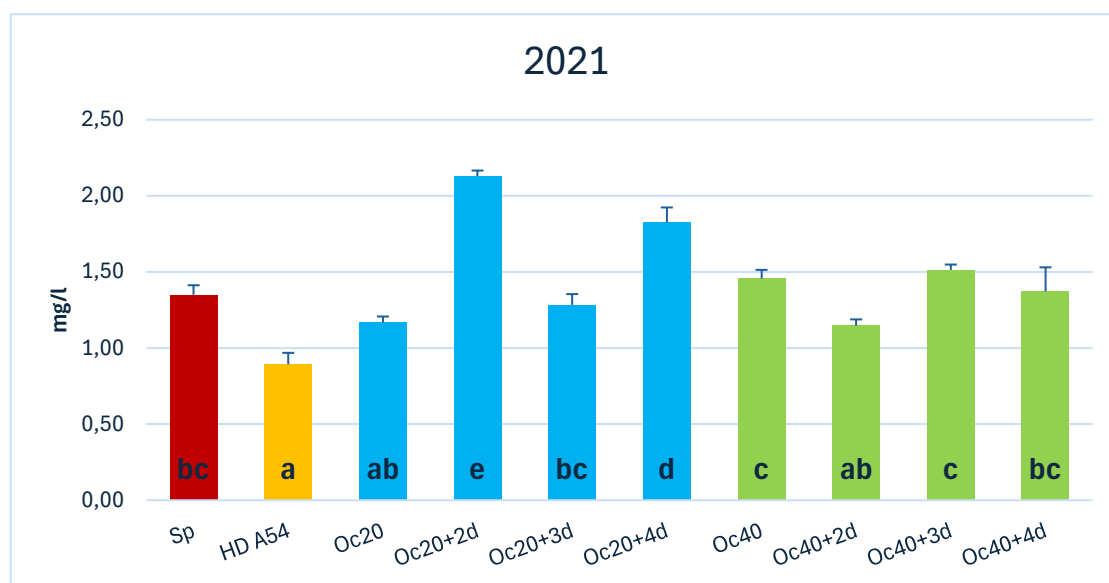
### 5.1.6.1. A hisztamin koncentrációjának kiértékelése



27. ábra. A hisztamin tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A hisztamin leginkább allergén tulajdonsága okán ismert. Az egyes országokban különböző szabályozás vonatkozik a borok maximális hisztamin koncentrációját illetően. Magyarországon ez az érték 5 mg/l mennyiséget jelent. Az ábrán jól látszik, hogy egyik bor sem érte el ezt a kritikus határértéket, de a fajélesztős beoltás (HD A54) bizonyul a legbiztonságosabbnak a hisztamin termelés kapcsán. Ebben az esetben keletkezett a legkisebb mennyiségben (1,01 mg/l), míg a legnagyobb mennyiség 2,75 mg/l volt, a 40 g/hl-es kezeléseknél a 3. napon történt ráoltás esetében (Oc40+3d). Mind a dózisok között, mind az alkalmazott dózisokon belül (20 g/hl vagy 40 g/hl) volt kimutatható szignifikáns különbség (27. ábra).

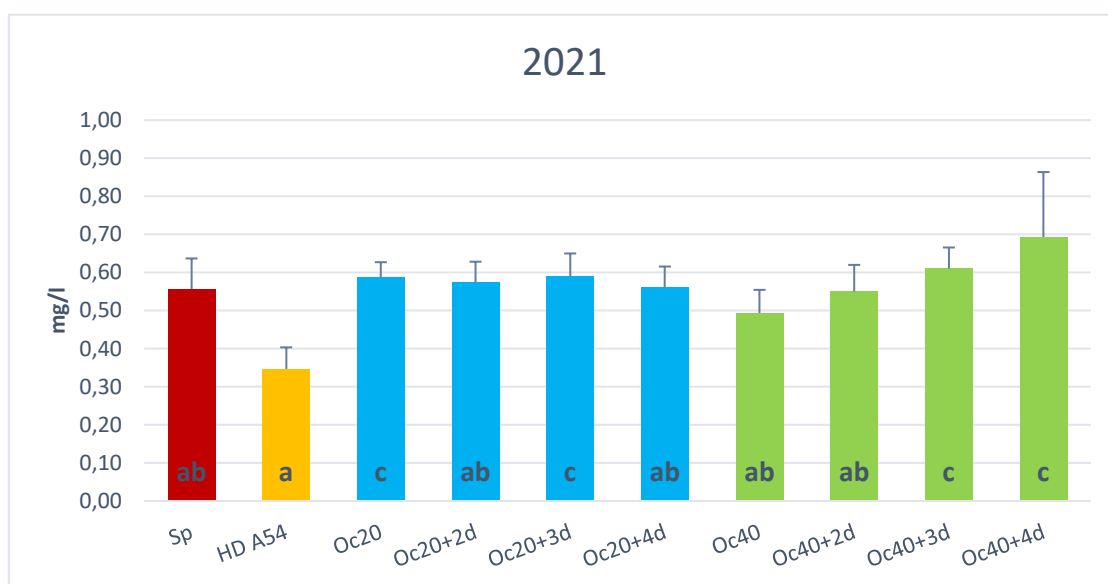
### 5.1.6.2. A szerotonin koncentrációjának kiértékelése



28. ábra. A szerotonin tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A szerotoninnak az emberi szervezetre gyakorolt pozitív hatása ismert. A legkisebb koncentrációban a fajélesztős beoltásnál (HD A54; 0,89 mg/l) volt kimutatható, míg a legnagyobb értéket a 20 g/hl-es kezeléseken belül a 2. napon történt ráoltás (Oc20+2d; 2,13 mg/l) esetében mutatta. Nem csak a kontrollokhöz képest, hanem az egyes kezelések között is mutatkozott különbség (28. ábra).

### 5.1.6.3. A tiramin koncentrációjának kiértékelése



29. ábra. A tiramin tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,01$ )

A következő ábra (29. ábra) a tiramin koncentráció változását szemlélteti a különböző kezelések hatására. A tiramin a fajlesztős beoltásban (HD A54) volt mérhető a legalacsonyabb mennyiségben, míg a legmagasabb koncentráció a 40 g/hl-es tételknél a csak nem-*Saccharomyces* (Oc40+4d; 0,69 mg/l) élesztővel történt erjedésnél volt kimutatható. A kimutatható mennyiségeket tekintve a két kontrolltól (Sp, HD A54) a 20 g/hl-es tétel között csak az 1. napon (Oc20), és 3. napon (Oc20+3d), míg a 40 g/hl-ek közül a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d) és csak nem-*Saccharomyces* (Oc40+4d) élesztővel erjedt borok különböztek szignifikánsan. A 20 g/hl-es és 40 g/hl-es dózisok között is megfigyelhető a különbség, míg előbbinél nagyjából megegyeznek a mért mennyiségek, addig utóbbinál enyhén növekvő értékek figyelhetők meg.

## 5.2. 2022-es évjárat eredményeinek kiértékelése

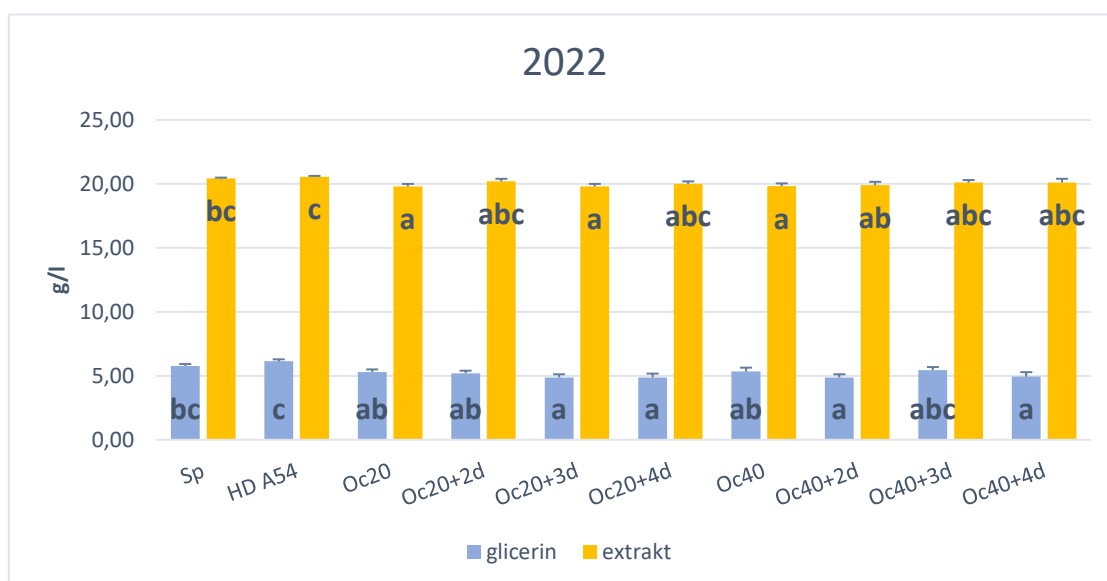
### 5.2.1. A borok alkohol tartalmának kiértékelése



30. ábra. Az alkoholtartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A 30. ábra a 2022-es évjárat alkohol tartalmát szemlélteti. Bár mind az ANOVA, mind a páronkénti összehasonlítás szignifikáns különbséget mutatott, azonban ez sem technológiai sem érzékszervi szempontból nem jelent különbséget.

## 5.2.2. A borok glicerín és extrakt tartalmának kiértékelése



31. ábra. A glicerín és extrakt tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A glicerín tartalom esetében (31. ábra) a spontán (Sp) erjedéstől szignifikánsan a 3. napon (Oc20+3d) és csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc20+4d) erjedt tételek különböztek a 20 g/hl-es dózisok közül, míg a 2. napon történt ráoltás (Oc40+2d) és csak a nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) kierjedt borok tértek el a 40 g/hl-es dózisok közül. A fájlesztővel (HD A54) erjedt bortól csak az 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d) nem tér el szignifikánsan a 40 g/hl-es kezeléseknél, minden más esetben eltérés figyelhető meg. A legkisebb mennyiségben 4,87 g/l volt kimutatható három bornál - a 20 g/hl-es kezeléseknél a 3. napon (Oc20+3d) történt ráoltásnál és a csak nem-*Saccharomyces* (Oc20+4d) élesztővel erjedt tétel, a 40 g/hl-es kezeléseknél pedig a 2. napon (Oc40+2d) történt ráoltásnál - a legnagyobb koncentráció pedig a fájlesztős beoltásnál (HD A54; 6,13 g/l) volt megfigyelhető.

A borok extrakt tartalmáról az mondható el, hogy a fájlesztős beoltáshoz képest (HD A54) a 20 g/hl-es kezeléseknél a 1. napon történt ráoltás (Oc20), a 3. napon történt ráoltás (Oc20+3d) és a 40 g/hl-es kezeléseknél az 1. napon történt ráoltásnál (Oc40) volt kimutatható szignifikáns különbség.

### 5.2.3. A borok tejsav koncentrációjának kiértékelése

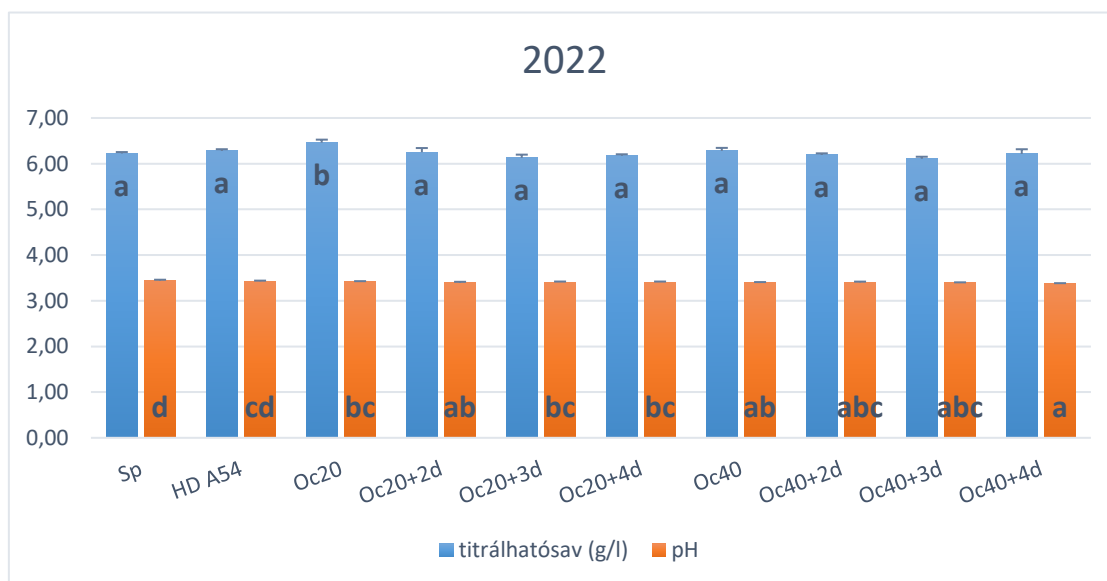


32. ábra. A tejsav tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A 2022-es évjáratban is magasabb koncentrációban keletkezett tejsav a kontroll borokhoz képest (Sp, HD A54), viszont csak ebben az esetben mutatható ki szignifikáns különbség. A 20 g/hl-es és 40 g/hl-es dózisok között nem mutatkozott különbség. Itt is a spontán erjedésnél (Sp) keletkezett a legkisebb mennyiségben tejsav (0,06 g/l), míg a legnagyobb mennyiség a 40 g/hl-es tételek esetében az 1. napon történt ráoltásnál (Oc40; 2,80 g/l) és második napon történt ráoltásnál (Oc40+2d, 2,80 g/l) volt kimutatható (32. ábra).

## 5.2.4. A borok savösszetételének kiértékelése

### 5.2.4.1. A borok titrálhatóság és pH-értékének kiértékelése

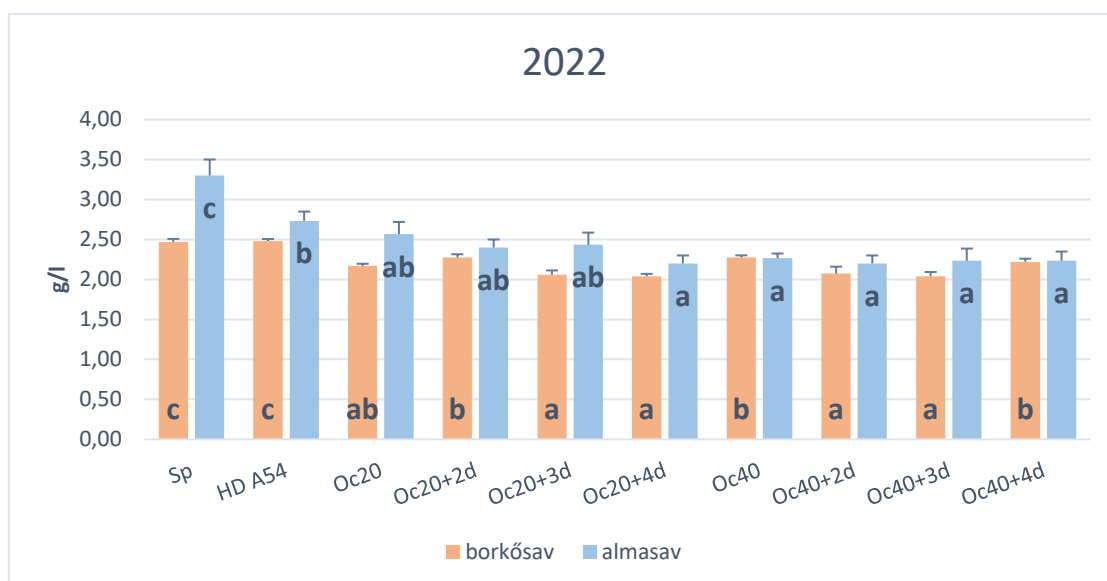


33. ábra. A titrálhatóság és pH-érték alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

Az 33. ábra a titrálhatóság tartalmát és pH értéket szemlélteti. A titrálhatóság tartalom esetében a legnagyobb mennyiség a 20 g/hl-es kezelések között az 1. napon történt ráoltásnál (Oc20; 6,46 g/l) figyelhető meg, míg a legalacsonyabb mennyiség a 40 g/hl-es kezelésnél a 3. napon (Oc40+3d, 6,11 g/l) történt ráoltás esetében. Az ábrán jól látszódik, hogy nagyjából egyenlő mennyiségben volt kimutatható a titrálhatóság tartalom.

A pH-érték 3,37 és 3,45 között mozgott. Szintén jól látszik az ábrán, hogy nagyjából egyenletes az értéke a kezelések között.

#### 5.2.4.2. A borok borkősav és almasav koncentrációjának kiértékelése



34. ábra. A borkősav és almasav alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A 2021-es évjáráthoz képest, 2022-ben a borkősav tartalom alacsonyabb koncentrációban volt mérhető a kezelt tételekben, a kontroll borokban (Sp, HD A54) pedig magasabb koncentrációban (2,47 g/l és 2,48 g/l). A legalacsonyabb érték a 40 g/hl-es kezeléseknél a 3. napon történt ráoltás esetében (2,04 g/l) volt mérhető.

Az almasavtartalmat illetően a spontán erjedésnél volt mérhető a legnagyobb koncentráció (3,00 g/l), míg a legalacsonyabb a 20 g/hl kezeléseknél a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt bor (2,20 g/l) és 40 g/hl kezeléseknél a 2. napon (Oc40+2d) történt ráoltásnál volt mérhető. Az almasav mennyiségénél egyedül a spontán erjedéshez képest (Sp) mutatkozott különbség a kezelésekhez képest (34. ábra).

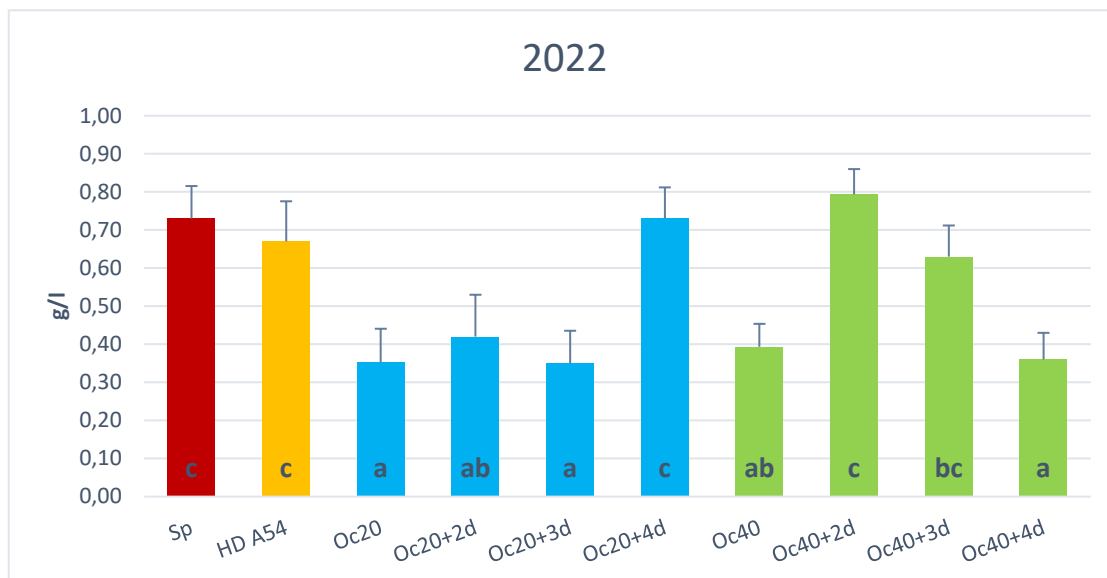
### 5.2.4.3. A borok sikiminsav tartalmának kiértékelése



35. ábra. sikiminsav alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

Az ábrán (35. ábra) a 2022-es borokból mért sikiminsav koncentráció látható. A legnagyobb koncentrációban a spontán erjedésnél (Sp) volt mérhető (23,3 mg/l), míg a legkisebb mennyiségben a 40 g/hl-es kezeléseknél az 1. napon történt ráoltásnál (Oc40; 15,3 mg/l). A 20 g/hl-es tételekben magasabb koncentrációban volt kimutatható a 40 g/hl-es tételekkel összevetve, illetve utóbbiaknál enyhe emelkedő tendencia is megfigyelhető. Szignifikáns különbség csak a spontán (Sp) kontrollhoz képest mutatható ki az egyes kezelésekkal összevetve.

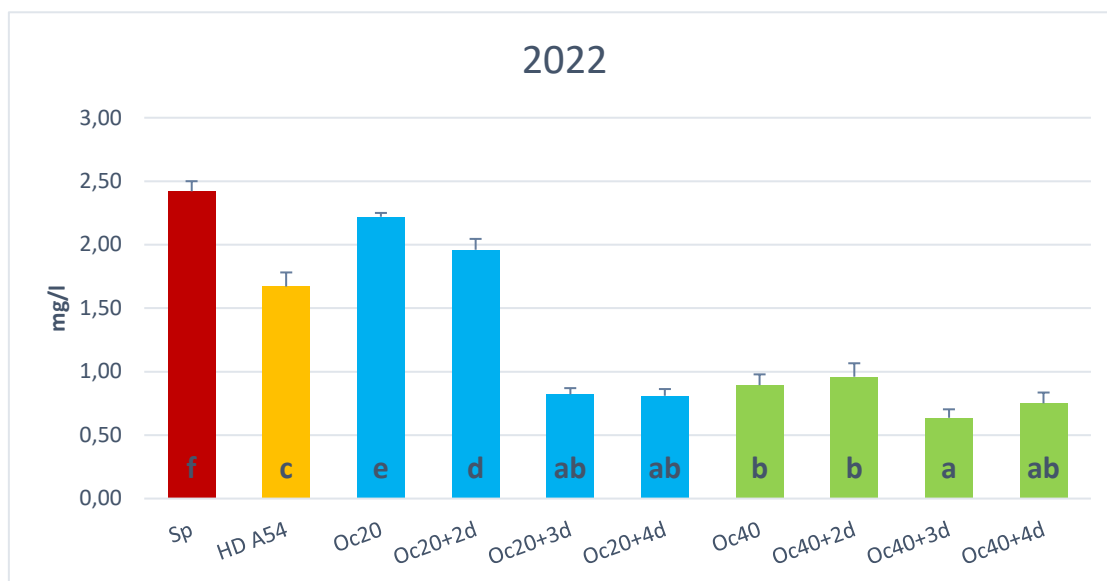
#### 5.2.4.4. A borok citromsav tartalmának kiértékelése



36. ábra. A citromsav alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

Az ábráról leolvasható, hogy a citromsav koncentrációja a két kontrolltól (Sp; 0,73 g/l, HD A54; 0,67 g/l) nem tér el szignifikánsan a következő borokban: 20 g/hl-es tételeknél a csak nem-*Saccharomyces* (Oc10+4d; 0,73 g/l) élesztővel erjedt bor esetében, valamint a 40 g/hl-es kezeléseknél a 2. napon történt ráoltásnál (Oc40+2d; 0,79 g/l) és 3. napon történt ráoltásnál (Oc40+3d; 0,63 g/l). Az összes többi kezelésnél a kontroll borokhoz képest szignifikáns az eltérés (36. ábra).

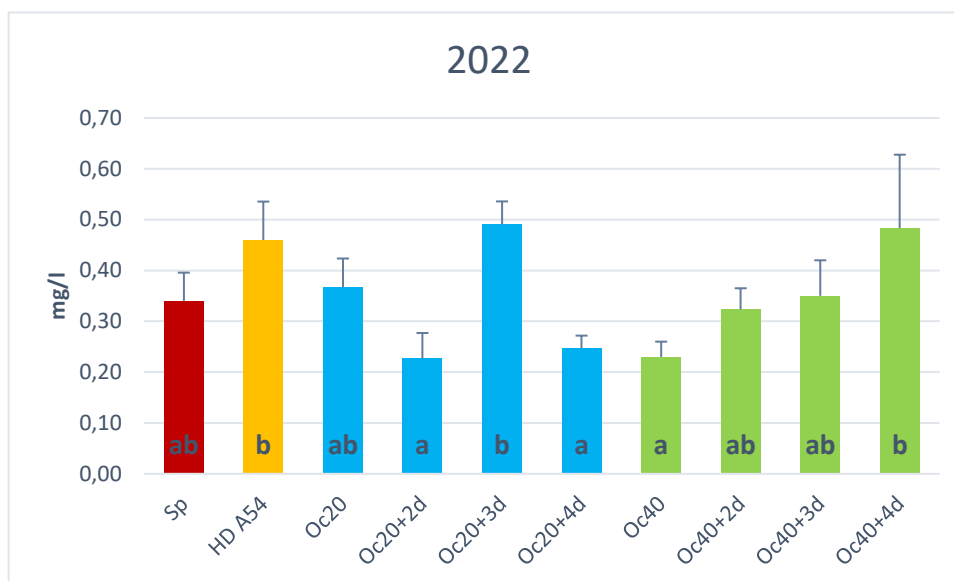
#### 5.2.4.5. A borok borostyánkősav tartalmának kiértékelése



37. ábra. A borostyánkősav alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A borok borostyánkősav tartalmát, ha megnézzük, jól látható az ábrán, hogy a két kontroll bortól mindegyik kezelés különbözik. A legnagyobb koncentráció a spontán erjedésnél volt mérhető (Sp; 2,42 mg/l) volt mérhető, míg a legalacsonyabb a 40 g/hl-es kezeléseknél a 3. napon történt ráoltásnál (Oc40+3d; 0,64 mg/l). A dózisok között (20 g/hl vagy 40 g/hl) is figyelhető meg különbség az Oc20 és Oc40, Oc20+2d és Oc40+2d borok esetében (37. ábra).

#### 5.2.4.6. A borok fumársav tartalmának kiértékelése

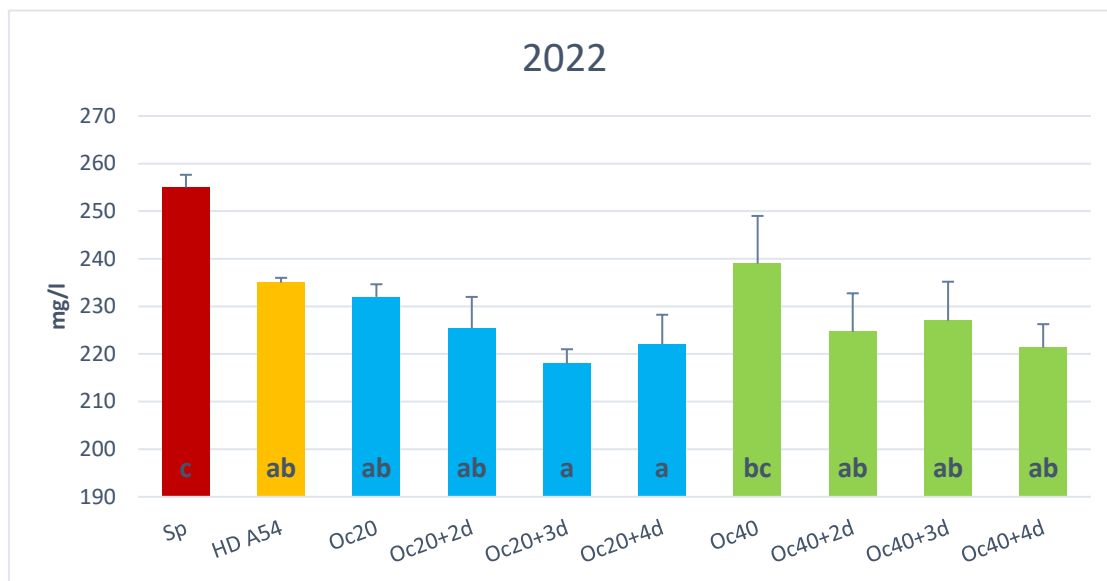


38. ábra. A fumársav alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A következő ábra a 2022-es borok furmásav koncentrációját mutatja be. A legnagyobb koncentráció a 20 g/hl-es tételek közül a 3. napon történt ráoltásnál (Oc20+3d; 0,49 mg/l) volt kimutatható, illetve a legkisebb a 40 g/hl-es kezeléseknél az 1. napon történt ráoltásnál (Oc40; 0,23 mg/l). Szignifikáns különbség a fajlesztős beoltáshoz képest (HD A54) a 20 g/hl-es kezeléseknél a 2. napon történt ráoltásnál (Oc20+2d) és a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc20+4d) kiejedt boroknál volt mérhető, illetve a 40 g/hl-es tételeknél az 1. napon történt (Oc40) ráoltásnál (38. ábra).

## 5.2.5. A borok polifenol-összetétel összetétele

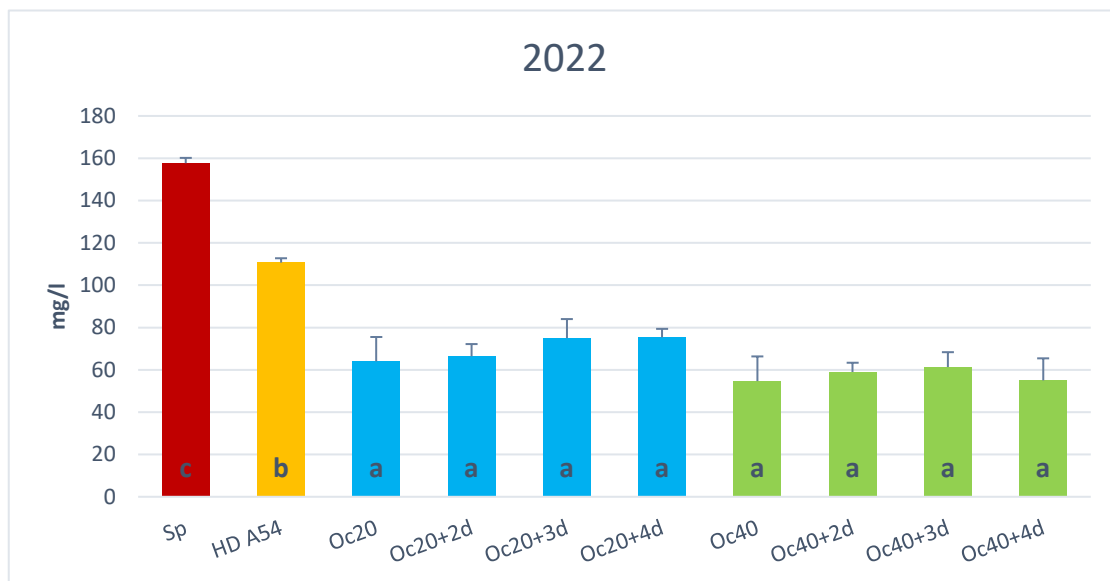
### 5.2.5.1. A borok összes polifenol tartalmának összetétele



39. ábra. Az összes polifenol alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A 39. ábra a 2022-es borok összes polifenol tartalmát szemlélteti. A legnagyobb mennyiségben a spontán erjedésnél (Sp; 255 mg/l), míg legkisebb mennyiségben a 20 g/hl-es kezeléseknél a 3. napon történt ráoltás (Oc20+3d; 218 mg/l) volt mérhető. A spontán (Sp) erjedéshez képest csak a 40 g/hl kezeléseken belül az 1. napon történt ráoltásnál (Oc40) nem mutatható ki szignifikáns különbség, az összes többi kezeléssel azonban igen.

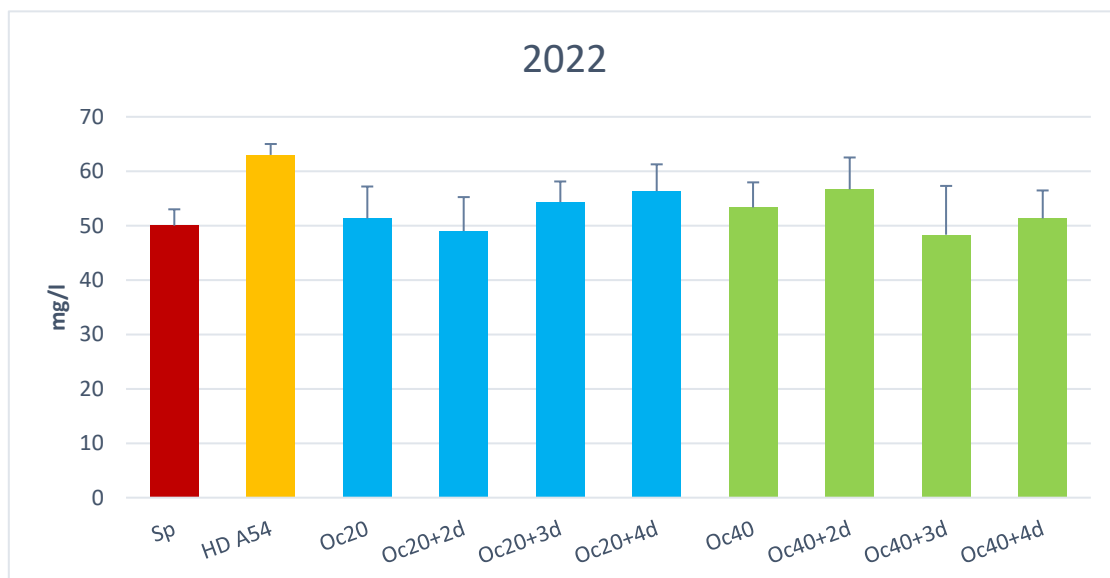
### 5.2.5.2. A borok leukoantocianin tartalmának kiértékelése



40. ábra. A leukoantocianin alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A 40. ábrán a borok leukoantocianin koncentrációja látható. A legmagasabb érték a spontán erjedésénél (Sp; 158 mg/l) mutatkozott, míg a legalacsonyabb a 40 g/hl-es kezeléseknél az 1. napon történt ráoltásnál (Oc40; 55 mg/l) és csak nem-*Saccharomyces* élesztővel kiejedt (Oc40+4d; 55 mg/l) boroknál voltak. Továbbá a 20 g/hl-es és 40 g/hl-es dózisokon belül, illetve azok között sem mutatható ki szignifikáns különbség, csak a két kontroll borhoz képest.

### 5.2.5.3. A borok katechin koncentrációjának kiértékelése

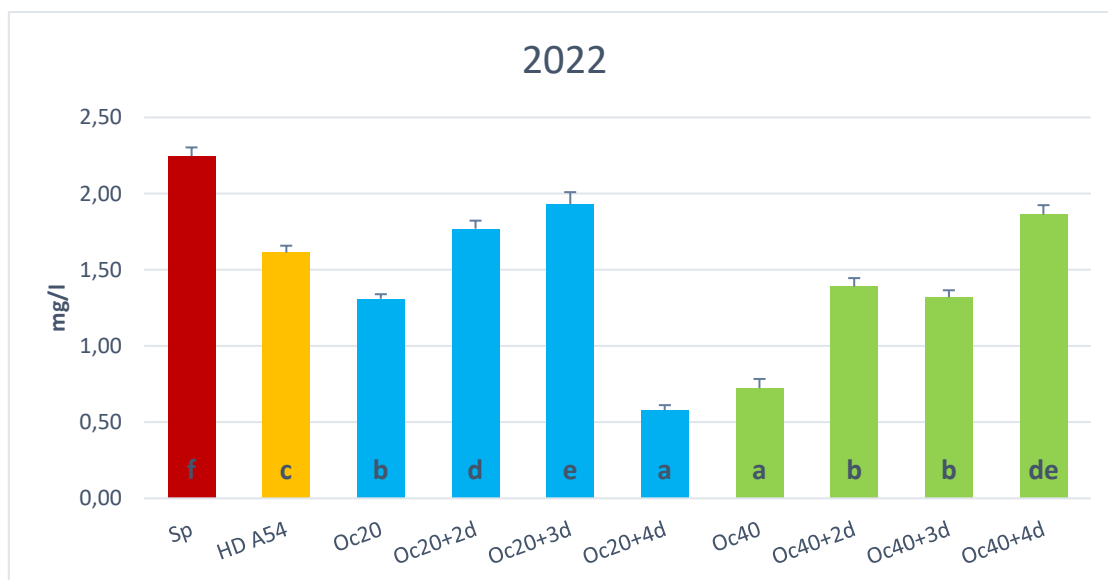


41. ábra. A katechin alakulása a kezelések hatására ( $p = 0,086$ )

Az ábrán a 2022-es borok katechin koncentrációja látható. Az ANOVA p-értéke nem mutatott eltérést, tehát nem mutatható ki a kezelések között szignifikáns különbség (41. ábra).

## 5.2.6. A biogén amin összetétel kiértékelése

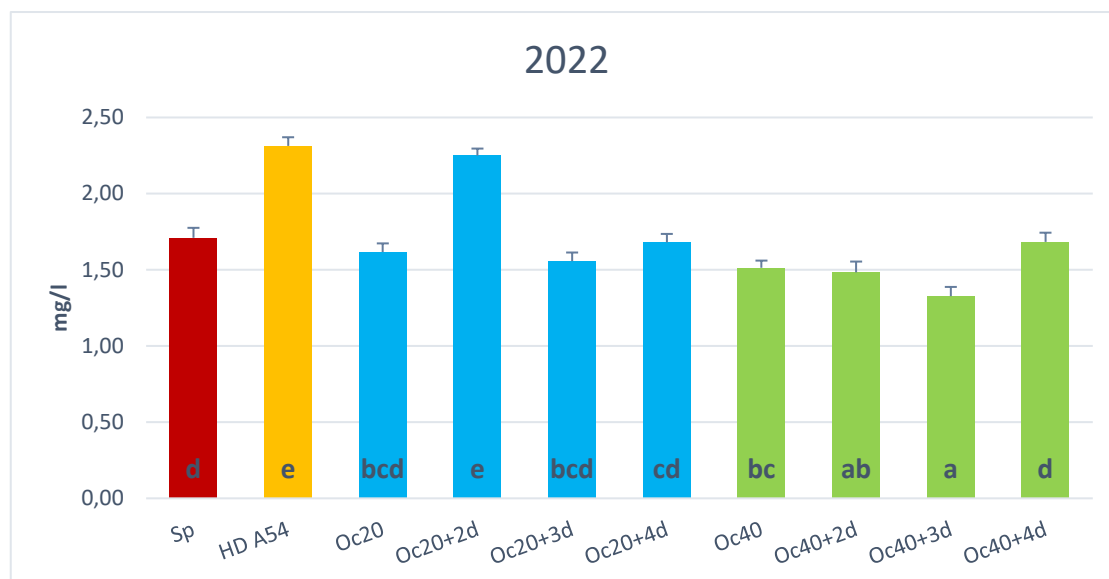
### 5.2.6.1. A hisztamin koncentrációjának kiértékelése



42. ábra. A hisztamin alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A hisztamin koncentrációnál megfigyelhető, hogy a két kontroll bortól (Sp, HD A54) minden kezelés szignifikánsan eltér. A legnagyobb mennyiségben a spontán erjesztésnél (2,25 mg/l) volt mérhető, a legalacsonyabb koncentráció pedig a 20 g/hl-es kezeléseknél a csak nem-*Saccharomyces* (Oc20+4d; 0,58 mg/l) élesztővel kiejert bornál volt detektálható (42. ábra).

### 5.2.6.2. A borok szerotonin koncentrációjának kiértékelése



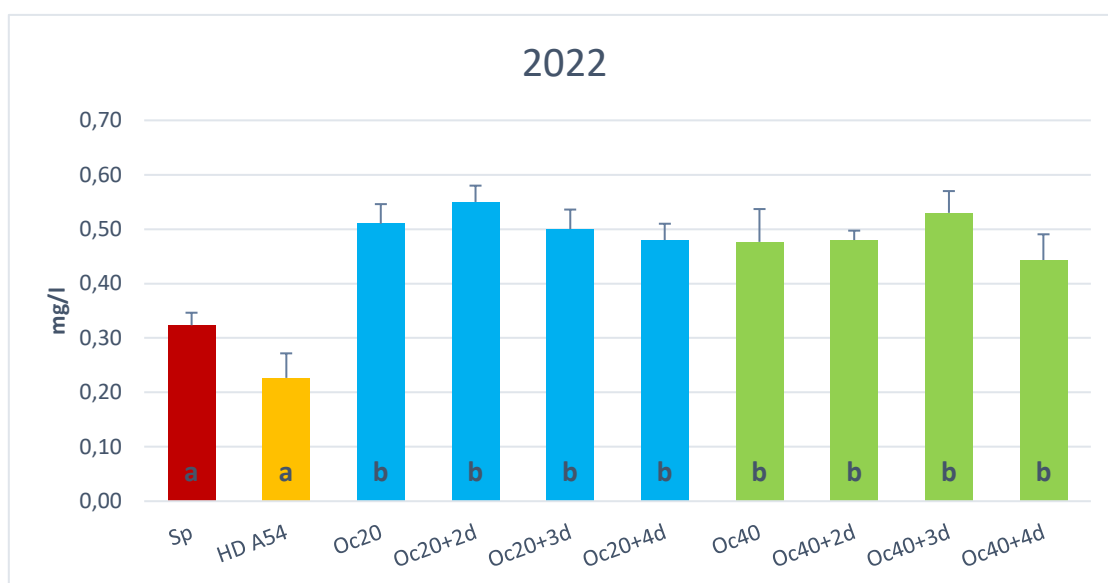
43. ábra. A szerotonin alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A szerotonin esetében a legnagyobb koncentráció a 20 g/hl-es kezelések közül a 2. napon történt (Oc20+2d) ráoltásnál mutatkozott (2,25 mg/l), míg a legalacsonyabb koncentráció a 40 g/hl-es kezeléseknél a 3. napon (Oc40+3d) történt ráoltásnál (1,33 mg/l) volt mérhető.

A 20 g/hl-es kezelések közül az 2. napon történt ráoltás (Oc20+2d), a 40 g/hl-es kezelések közül a nem-*Saccharomyces* (Oc40+4d) élesztővel erjesztett boron kívül minden kezelt tétel szignifikánsan különbözik a spontán erjedéstől (Sp), míg a fajélesztős beoltástól (HD A54) szignifikánsan különböznek a következő kezelések: 20 g/hl-sek közül az 1. napon történt ráoltás (Oc20), harmadik napon történt ráoltás (Oc20+3d) és csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt bor (Oc20+4d), és a 40 g/hl-sek közül a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt tétel (Oc40+4d).

Mindkét kontrolltól különböznek a következők: a 40 g/hl-es kezelések között az 1. napon (Oc40), a 2. napon (Oc40+2d) és 3. napon (Oc40+3d) ráoltott tételek (43. ábra).

### 5.2.6.3. A borok tiramin koncentrációjának kiértékelése



44. ábra. A tiramin alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A 2022-es tiramin koncentrációk alakulásánál (44. ábra) csak a két kontrollhoz (Sp, HD A54) képest mutatható ki szignifikáns különbség minden kezelt tételre vonatkozóan. Tehát a 20 g/hl-es és a 40 g/hl-es tételeknél sem a dózisokon belül, sem a dózisok között nem volt kimutatható különbség. A legkisebb mennyiség a fajlesztős kontrollnál (HD A54; 0,23 mg/l) volt mérhető, míg a legnagyobb az Oc20+2d bornál (0,55 mg/l).

### 5.3. 2023-as évjárat eredményeinek kiértékelése

#### 5.3.1. A borok alkohol tartalmának kiértékelése

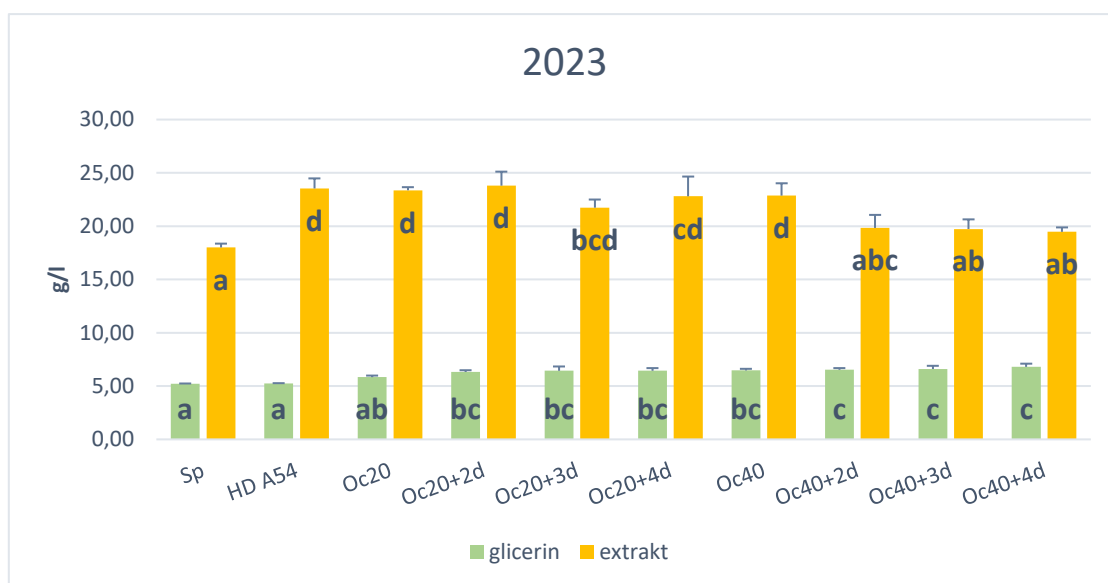


45. ábra. Az alkoholtartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A 45. ábra a 2023-as borok alkoholtartalmát szemlélteti. A legmagasabb koncentráció a spontán erjesztésnél (13,16 v/v%) figyelhető meg, míg a legalacsonyabb a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d; 12,16 v/v%) lefutott erjesztésnél a 40 g/hl-es kezeléseken belül. A spontán (Sp) erjedt bortól mindegyik kezelés szignifikánsan különbözik, a fajlesztős beoltástól (HD A54) a 20 g/hl-es kezeléseknél az 1. napon történt ráoltás (Oc20), valamint a 2. napon történt ráoltás (Oc20+2d) kivételével mindegyik kezelés szignifikánsan tért el.

A 20 g/hl és 40 g/hl kezeléseket között további különbségek figyelhetők meg 1. napon (Oc20 és Oc40) és 2. napon (Oc20+2d és Oc40+2d) történt ráoltásoknál.

### 5.3.2. A borok glicerín és extrakt tartalmának kiértékelése

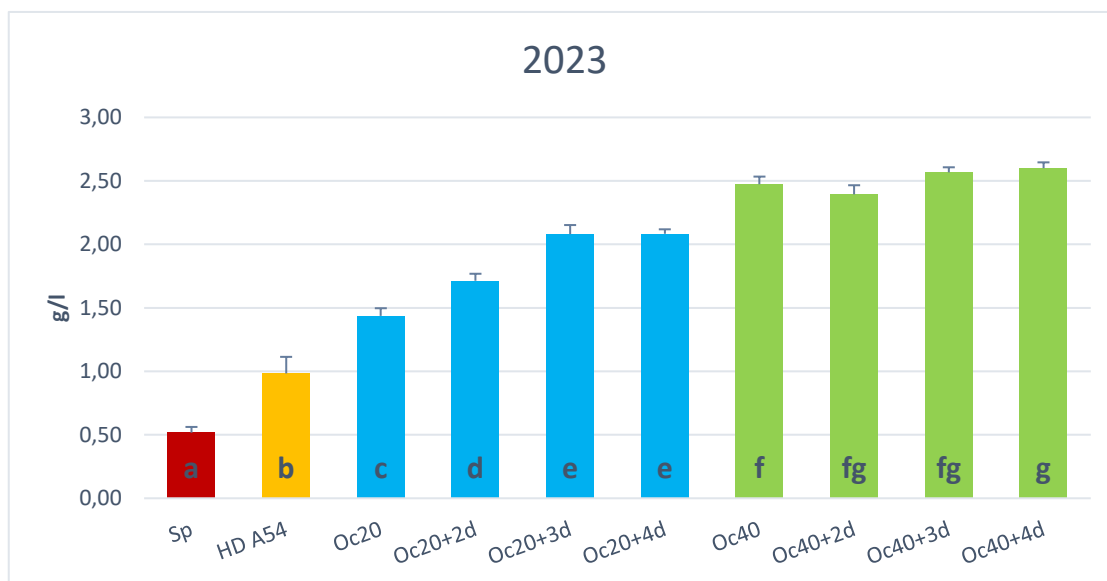


46. ábra. A glicerín és extrakt tartalom alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A következő ábrán a glicerín és extrakt tartalom alakulása látható. A glicerín koncentrációjánál a spontán (Sp) és fajélesztős beoltástól (HD A54) mindegyik kezelés szignifikánsan különbözik, kivéve a 1. napon ráoltott bor a 20 g/hl-es kezeléseknél (Oc20). A legkisebb mennyiség a spontán erjesztésnél (Sp; 5,21 g/l) volt megfigyelhető, a legnagyobb pedig a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d; 6,80 g/l) erjedt bornál a 40 g/hl-es kezeléseknél. Továbbá az ábrán az is látszik, hogy a kontroll borokhoz képest emelkedő tendencia látszódik a kezelések hatására.

A borok extrakt tartalmánál a legmagasabb érték a 20 g/hl-es kezeléseknél a 2. napon történt ráoltásnál volt mérhető (Oc20+2d; 23,8 g/l), míg a legalacsonyabb a spontán erjedésnél (Sp; 18,0 g/l). A kontroll boroknál a spontán erjedéstől minden 20 g/hl-es kezelés különbözött, illetve a 40 g/hl kezeléseknél az 1. napon történt ráoltás (Oc40), ezzel szemben a fajélesztős beoltástól (HD A54) a 40 g/hl-es kezelések közül a 2. napon (Oc40+2d), 3. napon (Oc40+3d) és a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt tétel (Oc40+4d) különbözött szignifikánsan (46. ábra).

### 5.3.3. A borok tejsav koncentrációjának kiértékelése



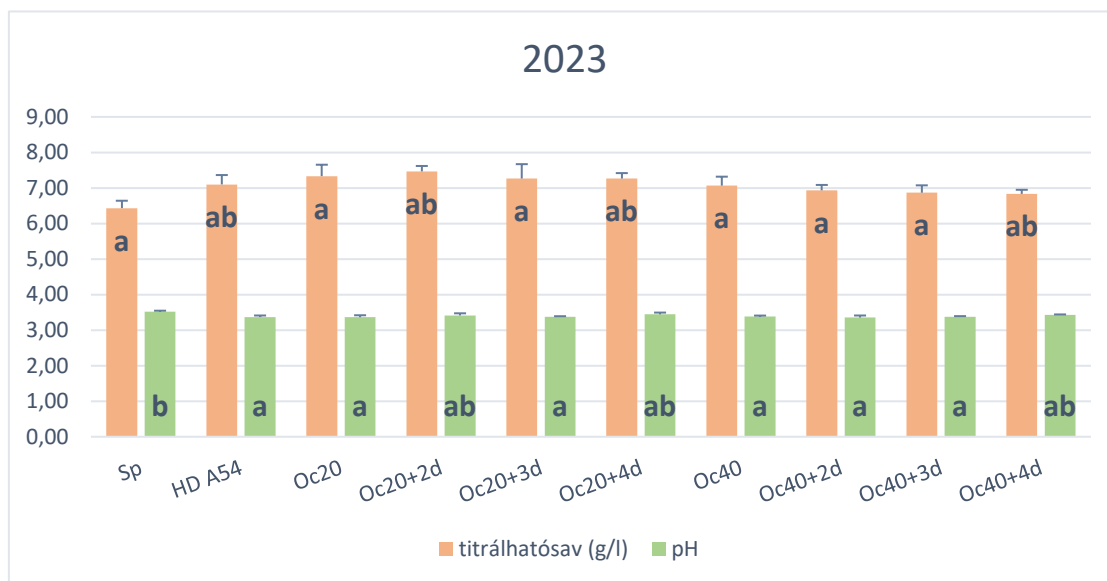
47. ábra. A tejsav alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A 2023-as borok tejsav koncentrációja (47. ábra) között szignifikáns eltérések figyelhetők meg, nem csak a kontroll borokhoz (Sp, HD A54) képest, hanem a 20 g/hl és 40 g/hl-es kezeléseken belül és azok között is.

A legkisebb mennyiségben a spontán erjedés során keletkezett (Sp; 0,52 g/l), míg a legmagasabb a 40 g/hl-es kezeléseknél a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel kiejert tételnél (Oc40+4d; 2,60 g/l).

### 5.3.4. A borok savösszetételének kiértékelése

#### 5.3.4.1. A borok titrálhatóság és pH-értékének kiértékelése

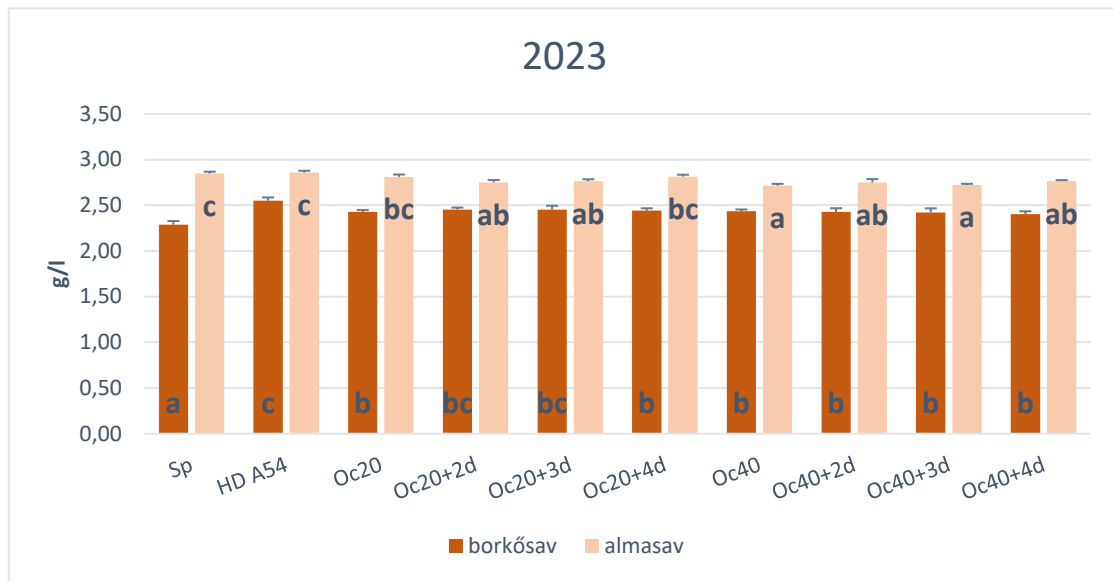


48. ábra. A titrálhatóság ( $p=0,002$ ) és pH-érték ( $p=0,003$ ) alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik

A titrálhatóság (48. ábra) esetében a legmagasabb koncentráció a 20 g/hl-es kezeléseknél a 2. napon történt (Oc20+2d; 7,46 g/l) ráoltásnál volt, míg a legalacsonyabb a spontán erjedésnél (6,43 g/l). Összeségében a kapott eredmények sem technológiailag sem érzékszervileg nem különböznek egymástól.

A pH-értékek 3,5 (Sp) és 3,35 (Oc40+2d) között mozogtak. A spontán erjedéstől szignifikáns eltérések figyelhetők, kivéve a 20 g/hl-es kezeléseknél a 2. napon történt ráoltásnál (Oc20+2d), a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel kiejert bornál (Oc20+4d), valamint a 40 g/hl-es kezeléseknél szintén a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) bornál.

#### 5.3.4.2. A borok borkősav és almasav tartalmának kiértékelése

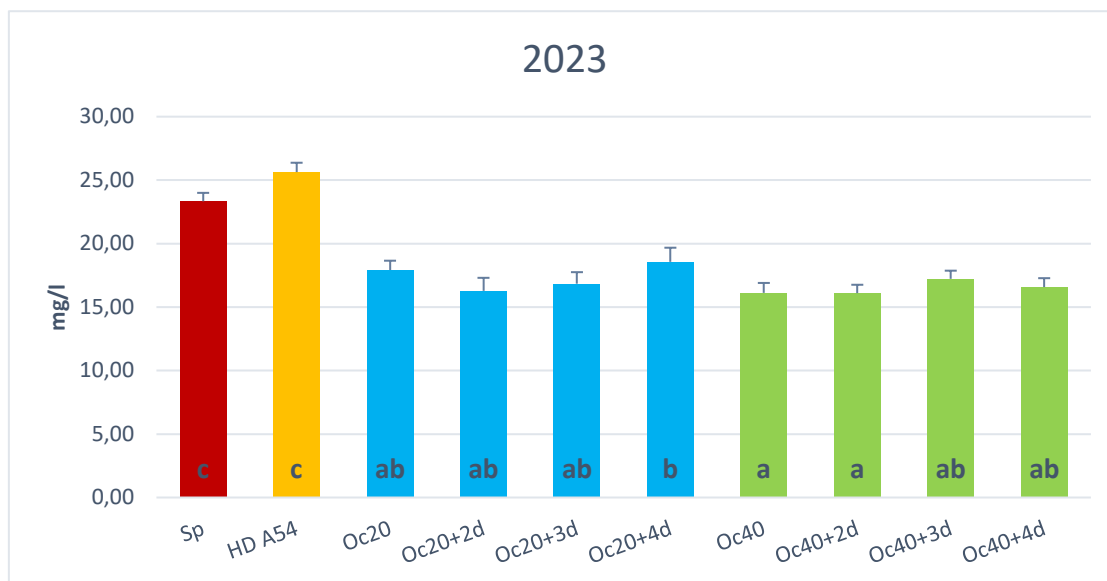


49. ábra. A borkősav és almasav alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A következő ábra a borkősav és almasav alakulását szemlélteti. A borkősav esetében a legkisebb koncentrációban a spontán (Sp; 2,28 g/l) erjedt borban volt mérhető, legnagyobb mennyiségben pedig a fajélesztős beoltásnál (HD A54; 2,55 g/l). A borkősav koncentrációjában csak a spontán erjedéshez képest mutatható ki szignifikáns különbség, azonban ezek az értékek sem technológiailag, sem érzékszervileg nem különböznek.

Az almasav tartalmat illetően a két kontrollhoz képest (Sp, HD A54) két esetben – a 20 g/hl-es kezeléseknél az 1. napon történt ráoltásnál (Oc20) és a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel kiejedt bornál – nem lehet szignifikáns különbséget kimutatni. A 2023-as évjáratban a borkősavval szemben az almasav valamivel nagyobb koncentrációban volt mérhető (49. ábra).

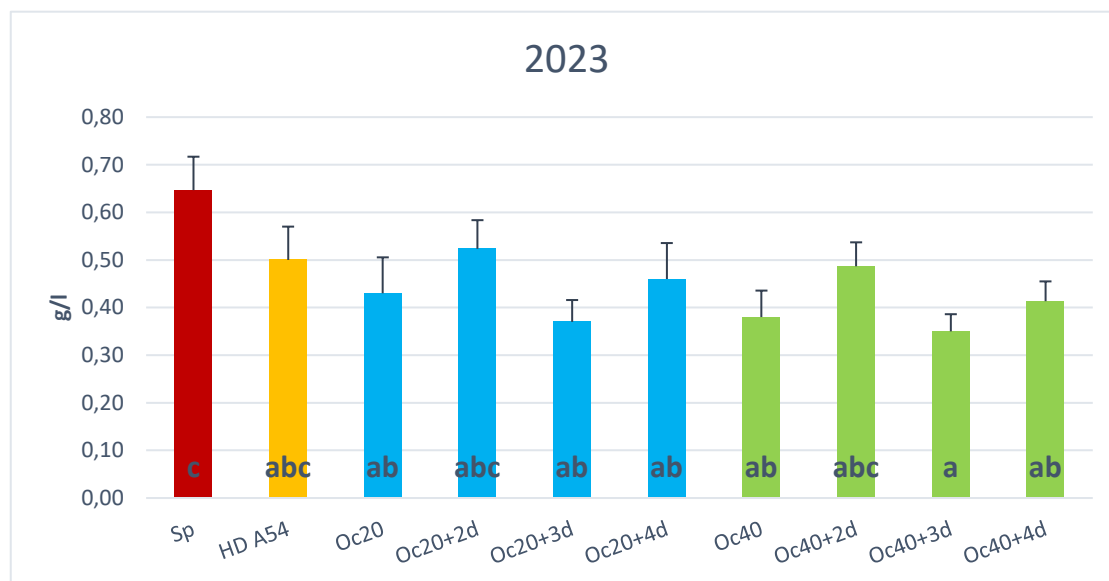
### 5.3.4.3. A borok sikiminsav tartalmának kiértékelése



50. ábra. A sikiminsav alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A sikiminsav koncentrációját (50. ábra) tekintve a kontroll borokhoz (Sp, HD A54) képest szignifikáns különbség figyelhető meg, csak úgy, mint a 20 g/hl és 40 g/hl kezeléseknél a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc20+4d) kierjedt bor szignifikánsan különbözik az 1. napon történt ráoltástól (Oc40) és 2. napon történt ráoltástól (Oc40+2d). A legmagasabb érték fajélesztővel beoltott bornál (HD A54; 25,63 mg/l), míg a legalacsonyabb 16,10 mg/l volt a 40 g/hl-rel kezelt tételek közül a 2. napon történt ráoltásnál (Oc40+2d).

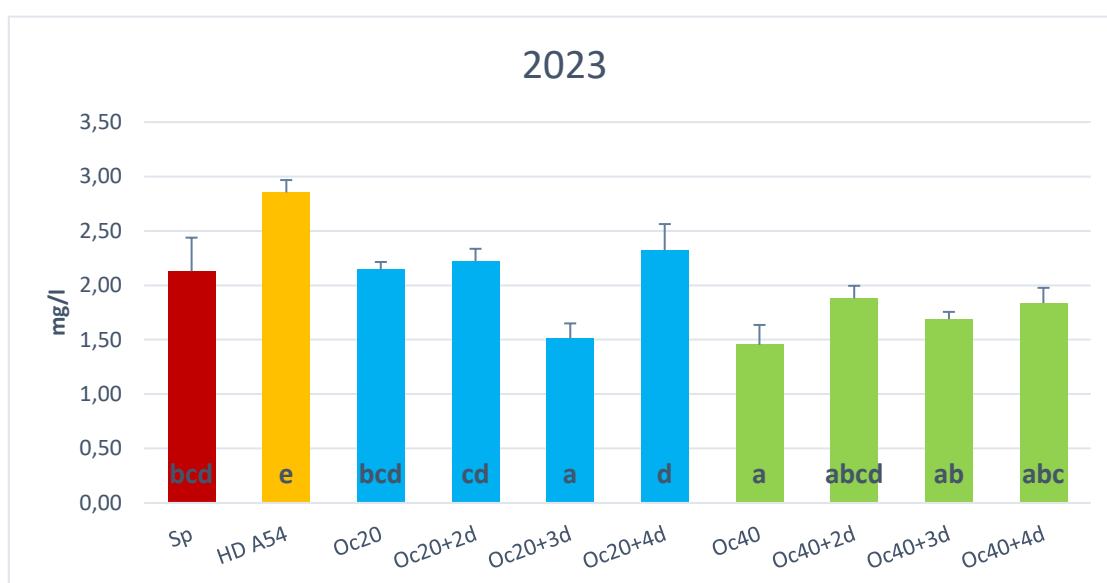
#### 5.3.4.4. A borok citromsav tartalmának kiértékelése



51. ábra. A citromsav alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

Az ábrán jól látszik, hogy a citromsav értékei az előző évjáráthoz képest a normál tartományban mozognak. Szignifikáns különbség a két szélső érték között (Sp; 0,65 g/l és Oc40+3d; 0,35) volt kimutatható. A többi kezelés között eltérés nem figyelhető meg (51. ábra).

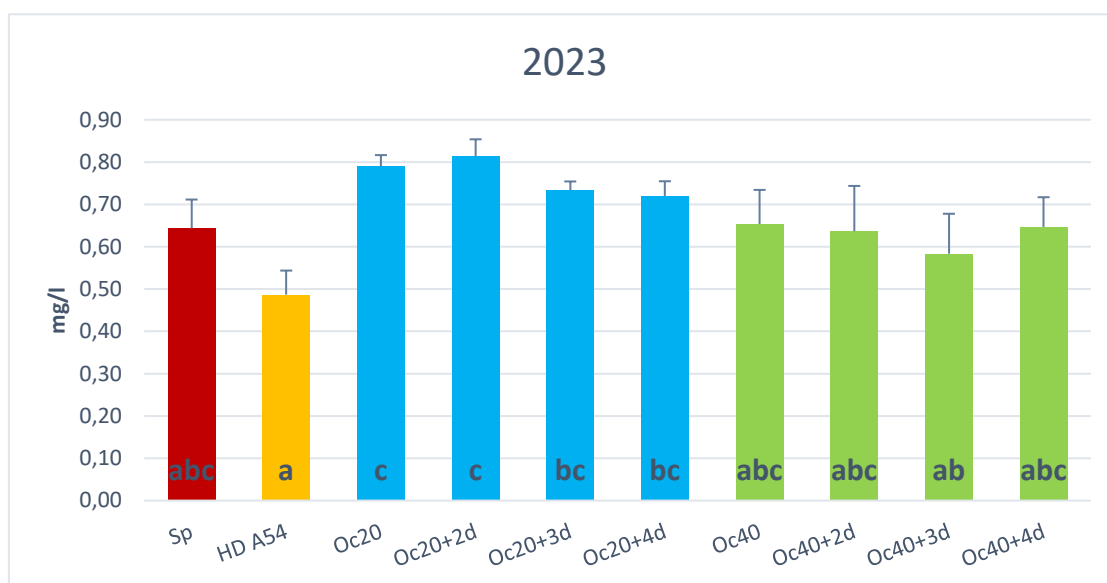
#### 5.3.4.5. A borok borostyánkősav tartalmának kiértékelése



52. ábra. A borostyánkősav alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A 52. ábrán a borostyánkősav koncentráció alakulása látható. A legkisebb koncentrációban a 40 g/hl-es kezelések közül az 1. napon történt ráoltásnál volt mérhető (Oc40; 1,45 mg/l), a legnagyobb koncentrációban a fajélesztős beoltásnál (HD A54; 2,85 mg/l) volt detektálható. A spontán erjedéstől a 20 g/hl-es kezelések közül a 3. napon ráoltás (Oc20+3d) és 40 g/hl-es kezeléseknel az 1. napon történt ráoltás (Oc40) különbözött szignifikánsan, míg a fajélesztős beoltástól (HD A54) mindegyik kezelés különbözött.

#### 5.3.4.6. A borok fumársav tartalmának kiértékelése

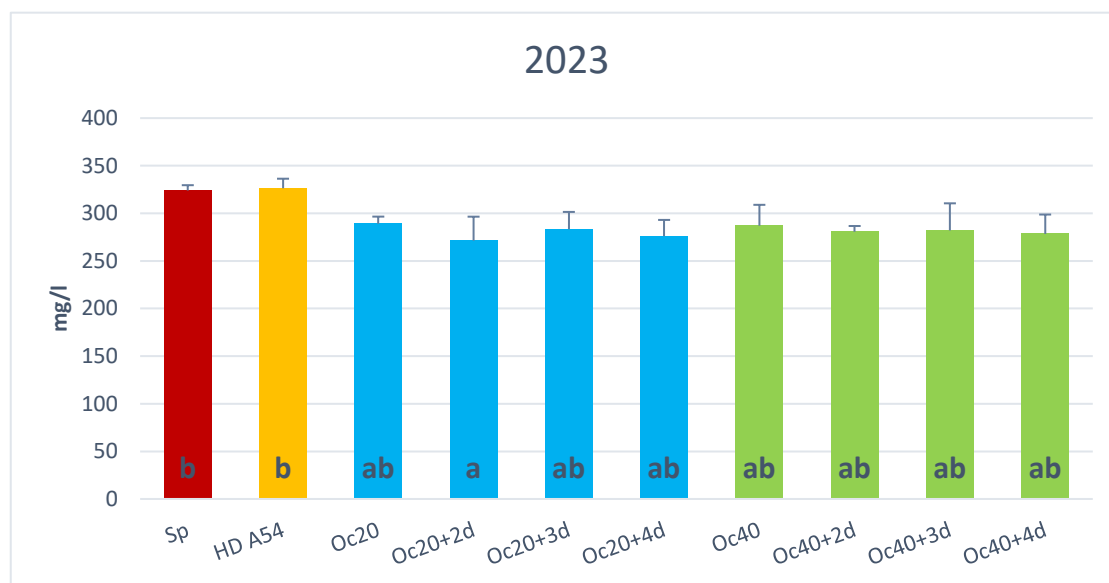


53. ábra. A fumársav alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A 2023-as évjárat fumársav koncentrációjának (53. ábra) tekintetében az figyelhető meg, hogy szignifikáns különbség csak a fajélesztős beoltáshoz (HD A54) képest észlelhető, a 20 g/hl-rel kezelt tételek mindegyikéhez képest. A legkisebb koncentráció a fajélesztővel történt beoltásnál (HD A54; 0,49 mg/l) látható, a legnagyobb pedig a 20 g/hl-es kezeléseknél a 2. napon történt ráoltásnál (Oc20+2d; 0,81 mg/l) figyelhető meg.

### 5.3.5. A polifenol-összetételének kiértékelése

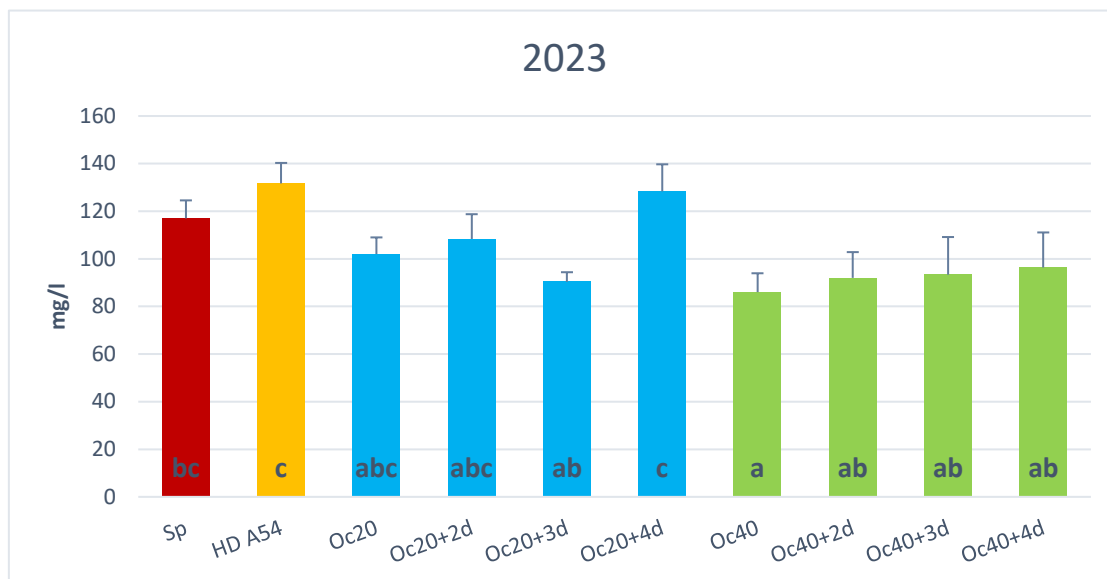
#### 5.3.5.1. A borok összes polifenol tartalmának kiértékelése



54. ábra. Az összes polifenol alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p=0,009$ )

Az összes polifenol alakulásában az látszik, hogy a két kontroll borhoz (Sp, HD A54) képest csak a 20 g/hl-es kezelések között csak a 2. napon történt ráoltásnál (Oc20+2d) volt szignifikáns különbség kimutatható. A legnagyobb koncentráció a fajlesztős beoltásnál (HD A54; 326 mg/l); míg a legkisebb mennyiségben a 20 g/hl-es kezeléseknél a 2. napon történt ráoltásnál (Oc20+2d; 271 mg/l) volt mérhető (54.ábra).

### 5.3.5.2. A borok leukoantocianin tartalmának kiértékelése

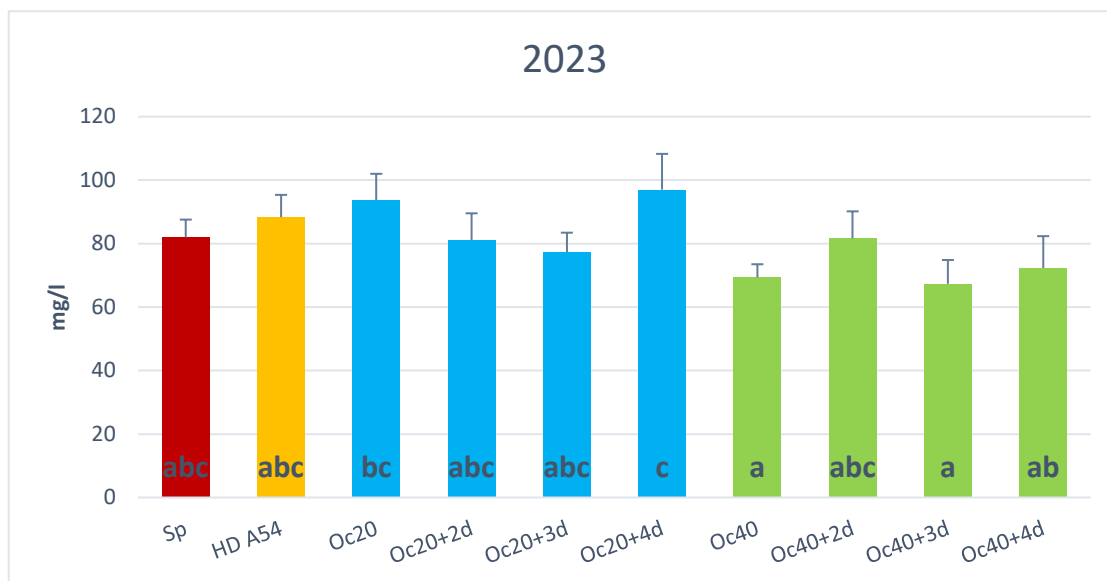


55. ábra. A leukoantocianin alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A leukoantocianin koncentrációnál a legnagyobb mennyiség a 20 g/hl-es kezeléseknél a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc20+4d; 128 mg/l) kiejedt tételnél, míg a legalacsonyabb érték a 3. napon történt ráoltásnál (Oc20+3d; 90 mg/l) volt mérhető.

Szignifikáns különbség a kontroll borokhoz képest csak a 40 g/hl-es dózisonál volt megfigyelhető. A spontán erjedéstől csak az 1. napon történt ráoltás (Oc40) különbözött, míg a fajlesztős beoltástól (HD A54) az összes 40 g/hl-es kezelések különböztek (Oc40, Oc40+2d; Oc40+3d; Oc40+4d), valamint a 20 g/hl-es kezeléseknél a 3. napon történt ráoltás (Oc20+4d) különbözött (55. ábra).

### 5.3.5.3. A borok katechin tartalmának kiértékelése

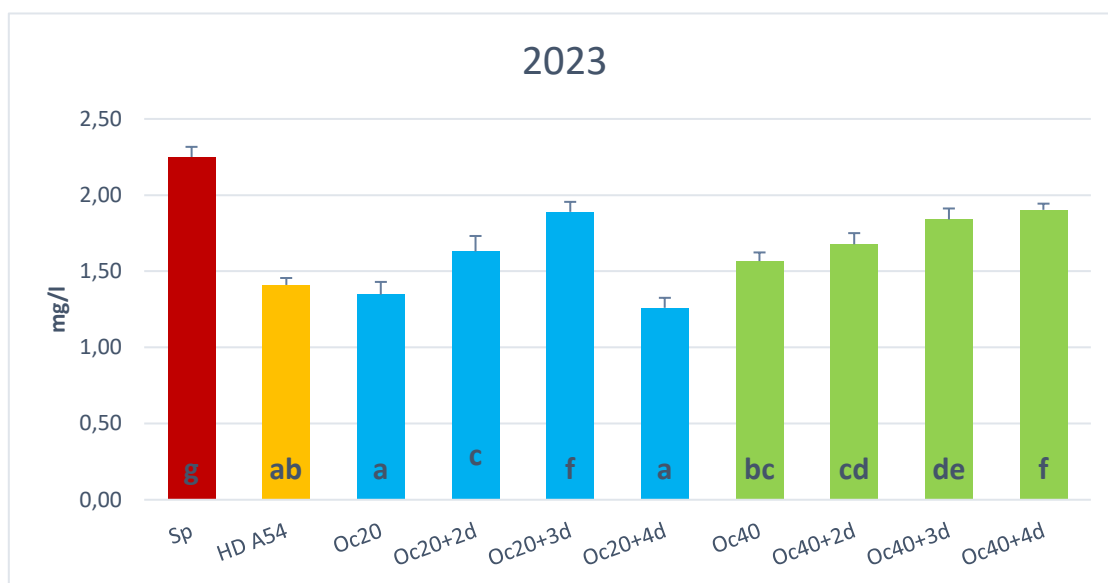


56. ábra. A katechin alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p=0,002$ )

A katechin koncentrációja (56. ábra) a 20 g/hl-es kezelések közül a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjesztett (Oc20+4d; 97 mg/l) borban volt a legnagyobb mennyiségben mérhető, a legkisebb a 40 g/hl-rel kezelt tételek közül a 3. napon (Oc40+3d; 67 mg/l) történt ráoltásnál volt kimutatható. A kezelések között szignifikáns hatás a 20 g/hl-es és 40 g/hl-es kezelések egyes tételei között volt kimutatható: a nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc20+4d) kierjedt bor szignifikánsan különbözött az 1. napon történt ráoltástól (Oc40) és 3. napon történt ráoltástól (Oc40+3d).

### 5.3.6. A borok biogén aminok koncentrációjának kiértékelése

#### 5.3.6.1. A borok hisztamin tartalmának kiértékelése

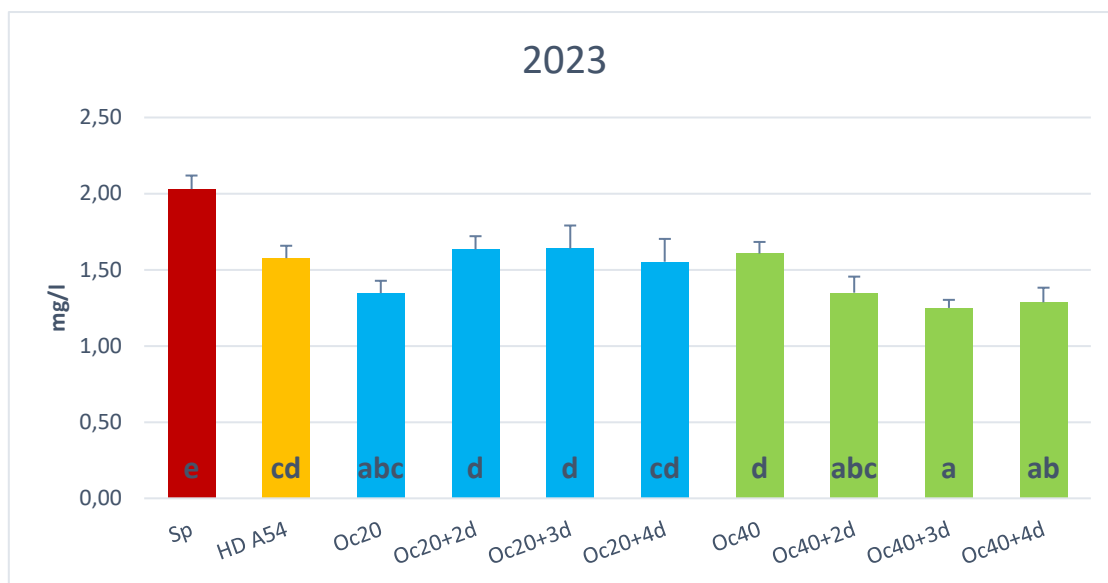


57. ábra. A hisztamin alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A hisztamin (57. ábra) esetében a legkisebb koncentráció a 20 g/hl-es kezelések közül a csak nem-*Saccharomyces* (Oc20+4d; 1,26 mg/l) élesztővel kiejert borban volt mérhető. A legnagyobb koncentráció pedig a spontán erjedésnél (Sp, 2,25 mg/l) volt mérhető. A spontán erjesztésből (Sp) minden kezelt tétel különbözik.

A fajélesztős beoltástól a 20 g/hl és 40 g/hl kezelések közül is vannak szignifikáns különbségek, előbbinél a 2. napon (Oc20+2d), és 3. napon (Oc20+3d) történt ráoltásnál utóbbinál a 2. (Oc40+2d) és 3. napon (Oc40+3d) történt ráoltás és nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) erjedt tétel esetében fedezhető fel.

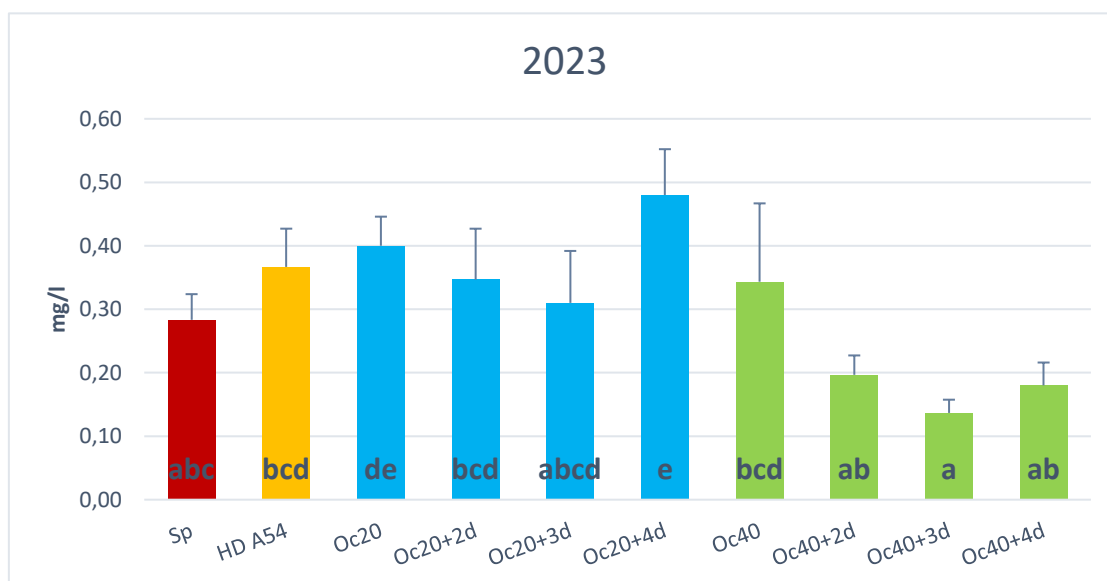
### 5.3.6.2. A borok szerotonin tartalmának kiértékelése



58. ábra. A szerotonin alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A szerotonin (58. ábra) koncentrációjánál a legkisebb mennyiség a 40 g/hl-es kezeléseknél a 3. napon történt ráoltásnál volt mérhető (Oc40+3d; 1,25 mg/l), a legnagyobb mennyiségben a spontán erjesztésnél (Sp; 2,03 mg/l). Szignifikáns hatás minden kezelésnél észlelhető a spontán erjedéshez képest, míg a fajlesztős beoltástól a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d) és csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt (Oc40+4d) borok különböztek szignifikánsan a 40 g/hl-es kezelések közül.

### 5.3.6.3. A borok tiramin tartalmának kiértékelése



59. ábra. A tiramin alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A legnagyobb tiramin (59. ábra) koncentráció a 20 g/hl-es kezeléseknél a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc20+4d; 0,48 mg/l) kierjedt borban volt kimutatható, a legkisebb koncentrációban pedig a 40 g/hl-es kezeléseknél a 3. napon történt ráoltásnál (Oc20+3d; 0,13 mg/l).

A spontán erjedéstől csak az 1. napon történt ráoltás (Oc20) és csak nem-*Saccharomyces* élesztővel kierjedt tételek különböztek a 20 g/hl-es kezeléseik közül, míg a fajlesztős beoltástól a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc20+4d) kierjedt bor a 20 g/hl-es kezeléseik közül és a 3. napon (Oc40+3d) ráoltott tétel a 40 g/hl-es kezeléseik közül különbözött szignifikánsan.

## 5.4. A magasabb rendű alkoholok kiértékelése

### 5.4.1. A borok n-propanol tartalmának kiértékelése



60. ábra. A n-propanol alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

Az 60. ábra a borok n-propanol koncentrációját szemlélteti, a legnagyobb koncentrációban a 40 g/hl-es kezelések közül a 3. napon történt (Oc40+3d; 46,30 mg/l) ráoltásnál volt megfigyelhető, a legkisebb mennyiség pedig a spontán erjedésnél volt mérhető (Sp; 27,83 mg/l).

A spontán erjedéstől a 20 g/hl-es kezelések közül a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel kieresztett bor nem különbözött, az összes többi kezelés azonban igen. A fajlesztővel beoltott tételtől (HD A54) a 40 g/hl-es kezelések mindegyike szignifikánsan különbözött, a 20 g/hl-es kezelések közül csak az 1. napon történt ráoltás (Oc20) és 3. napon történt ráoltás (Oc20+3d).

#### 5.4.2. A borok i-butanol tartalmának kiértékelése



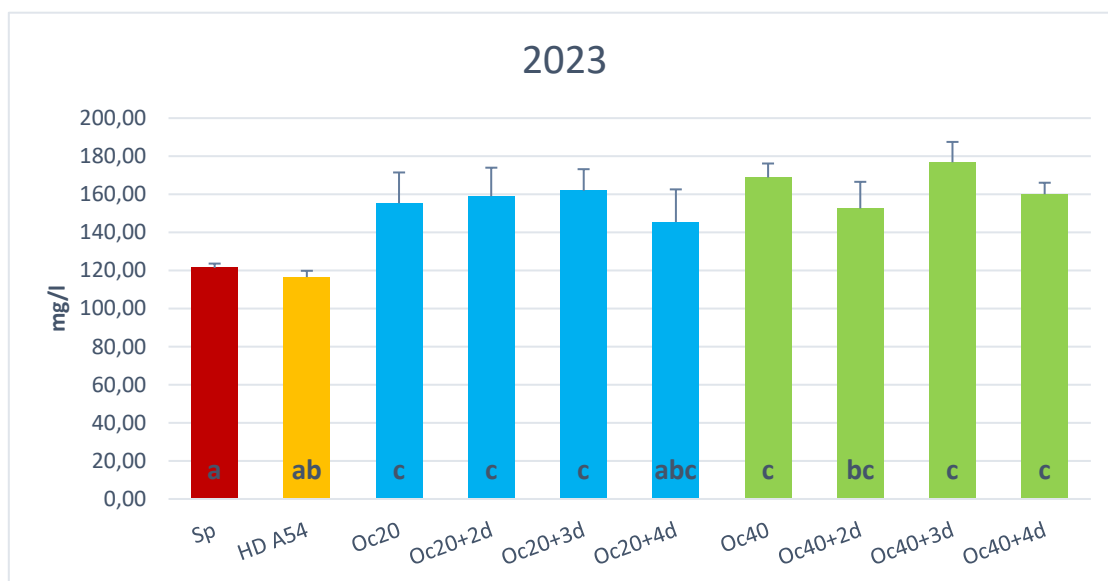
61. ábra. Az i-butanol alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

Az i-butanolnál jól látható (61. ábra), hogy a kontroll borokhoz (Sp, HD A54) képest mindegyik kezelés hatására magasabb koncentrációban volt kimutatható. A legnagyobb koncentrációban a 40 g/hl-es kezelések közül a 3. napon történt ráoltásnál (Oc40+3d; 31,57 mg/l) volt mérhető, a legkisebb mennyiségben a fajélesztős beoltás alatt képződött (HD A54; 20,60 mg/l).

A spontán erjedéstől (Sp) a 20 g/hl-es kezelések közül csak a 3. napon történt ráoltás (Oc20+3d) különbözött, a 40 g/hl-es kezelések közül pedig az 1. (Oc40), 3. (Oc40+3d) és a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) erjesztett borok különböztek szignifikánsan.

A fajélesztős beoltástól (HD A54) a 20 g/hl-es kezelések közül a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt bor kivételével minden kezelés szignifikáns különbséget mutatott.

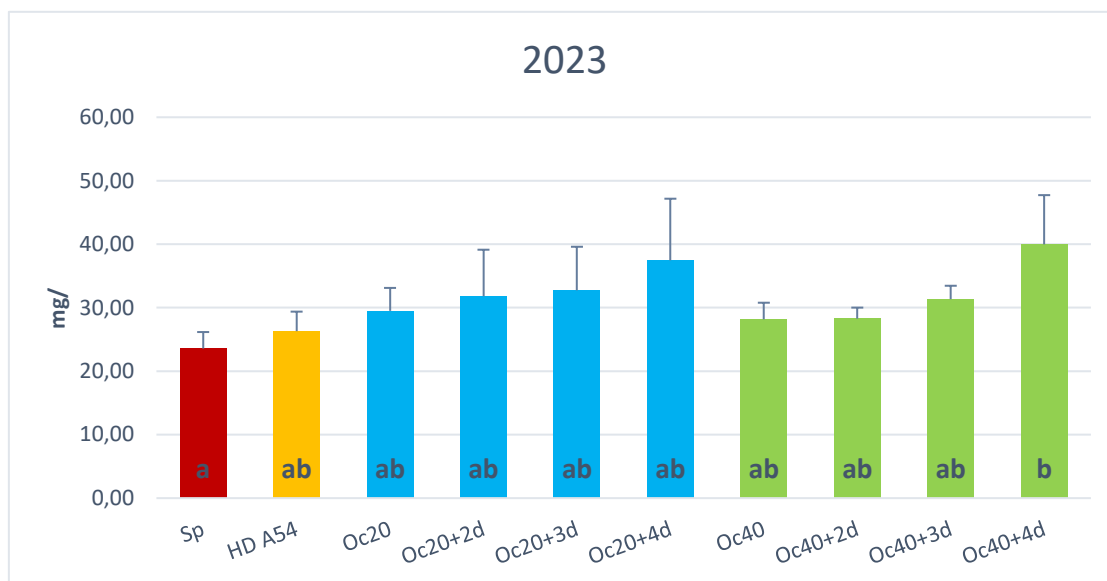
### 5.4.3. A borok i-amil-alkohol tartalmának kiértékelése



62. ábra. Az i-amil-alkohol alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,001$ )

A legnagyobb i-amil-alkohol koncentráció (62. ábra) a 40 g/hl-es kezelések közül a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d; 176,83 mg/l) esetében volt mérhető, a legkisebb mennyiséget a fajlesztős beoltás (HD A54; 116,53 mg/l) mutatta. A spontán erjedéstől (Sp) a 20 g/hl-es kezeléseknél a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjesztett tétel kivételével minden kezelés szignifikáns különbséget mutatott, míg a fajlesztős beoltásnál (HD A54) két bor kivételével – (20 g/hl-ek közül a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt tétel; 40 g/hl-es kezeléseknél a 2. napon történt ráoltás (Oc40+2d) – mindegyik kezelés különbözött. Az alkalmazott dózisok (20 g/hl vagy 40 g/hl) között azonban szignifikáns eltérés nem volt kimutatható.

#### 5.4.4. A borok 2-metil-1-butanol tartalmának kiértékelése

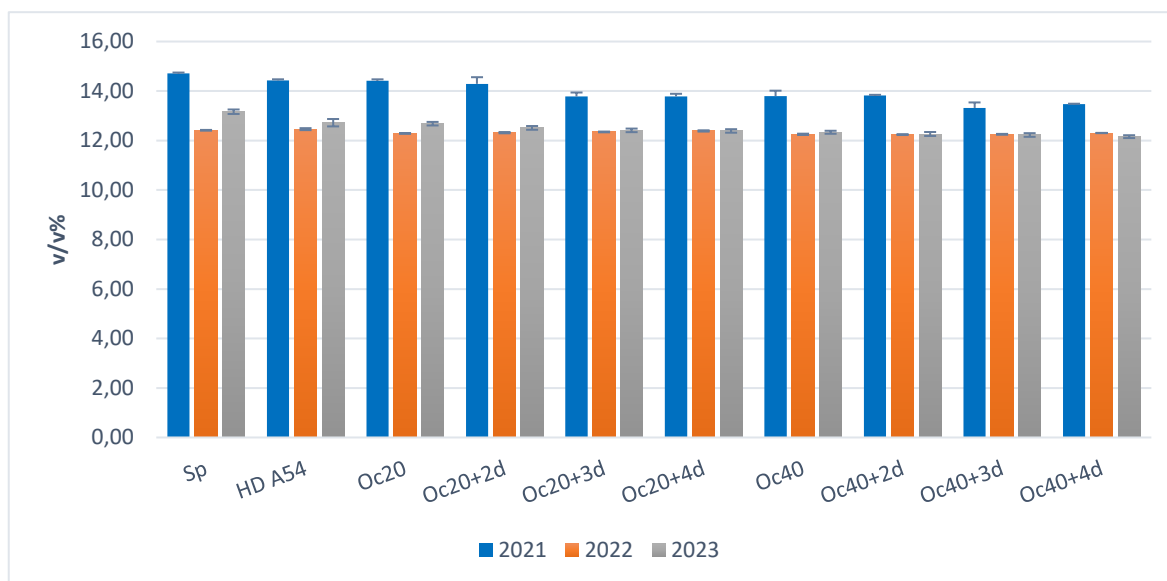


63. ábra. A 2-metil-1-butanol alakulása a kezelések hatására, ahol az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket jelölik ( $p=0,045$ )

A következő ábrán a 2-metil-1-butanol alakulása látható a különböző kezelések hatására. A legnagyobb koncentrációban a 40 g/hl-es kezeléseken belül a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d; 39,97 mg/l) erjedt tételben volt kimutatható, a legkisebb mennyiségben pedig a spontán erjedésnél (Sp; 23,57 mg/l). Továbbá csak ennél a két bornál volt kimutatható szignifikáns különbség. Sem a fajlesztős beoltáshoz képest, sem az alkalmazott dózisokhoz képest nem állapítható meg eltérés (63. ábra).

## 5.5. A 3 évjárat összehasonlításának kiértékelése

### 5.5.1. Az alkohol tartalom alakulásának kiértékelése

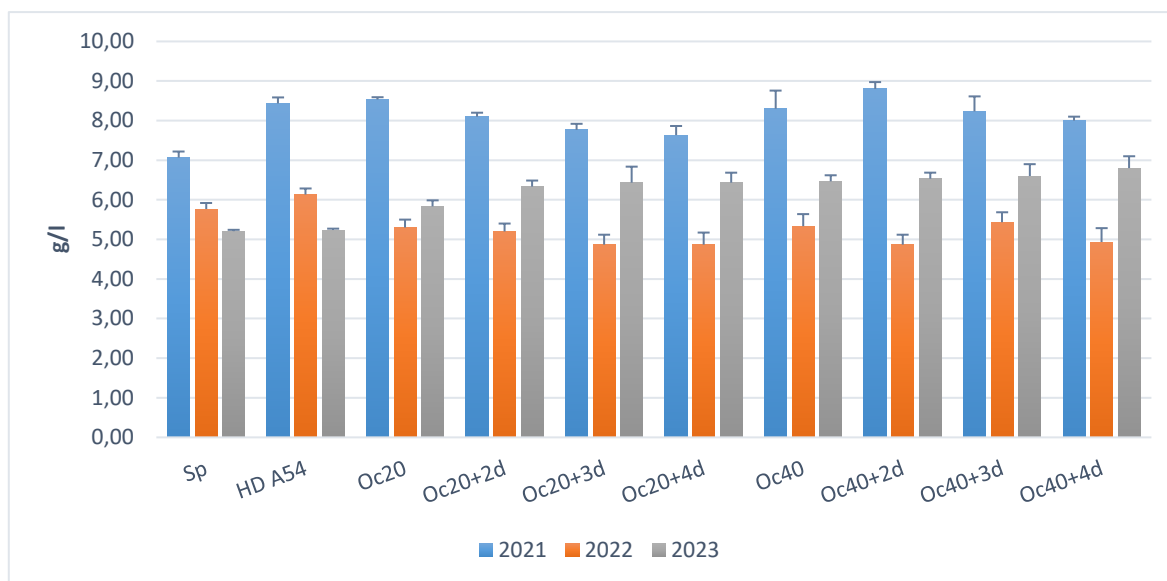


	Sp	HD A54	Oc20	Oc20+2d	Oc20+3d	Oc20+4d	Oc40	Oc40+2d	Oc40+3d	Oc40+4d
2021	eC	deC	deC	cdC	bB	bB	bcB	bB	aB	aC
2022	deA	fA	abA	bA	bcA	cdA	aA	aA	aA	abB
2023	eB	dB	dB	cdB	bcA	abcA	abcA	abA	abA	aA

64. ábra. Az alkohol tartalom változása évjáratonként a kezelések hatására, ahol a kisbetűk a kezelések közötti, a nagy betűk az évjáratok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik ( $p < 0,001$ ).

A borok alkoholtartalmának alakulásánál (64. ábra) jól látható, hogy minden évjáratban a kontroll boroktól (Sp, HD A54) a kezelt tételek szignifikánsan különböztek. Ugyanakkor a 2022-es évjáratban csak statisztikailag volt kimutatható. Megállapítható, hogy a 2021-es és 2023-as évjáratoknál az 1. napon (Oc20) és 2. napon (Oc20+2d) történt ráoltás tételei a 20 g/hl-es kezelések közül nem különböztek a kontroll boroktól. Ugyanezen két évjárat esetében megfigyelhető, hogy a 40 g/hl-es kezelések közül a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d) valamint a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt tételek nem csak a kontroll boroktól különböztek szignifikánsan, hanem a többi kezelt tételtől is. Továbbá évjárat hatás is megfigyelhető volt a három vizsgált évjárat között.

### 5.5.2. A glicerín tartalom alakulásának kiértékelése

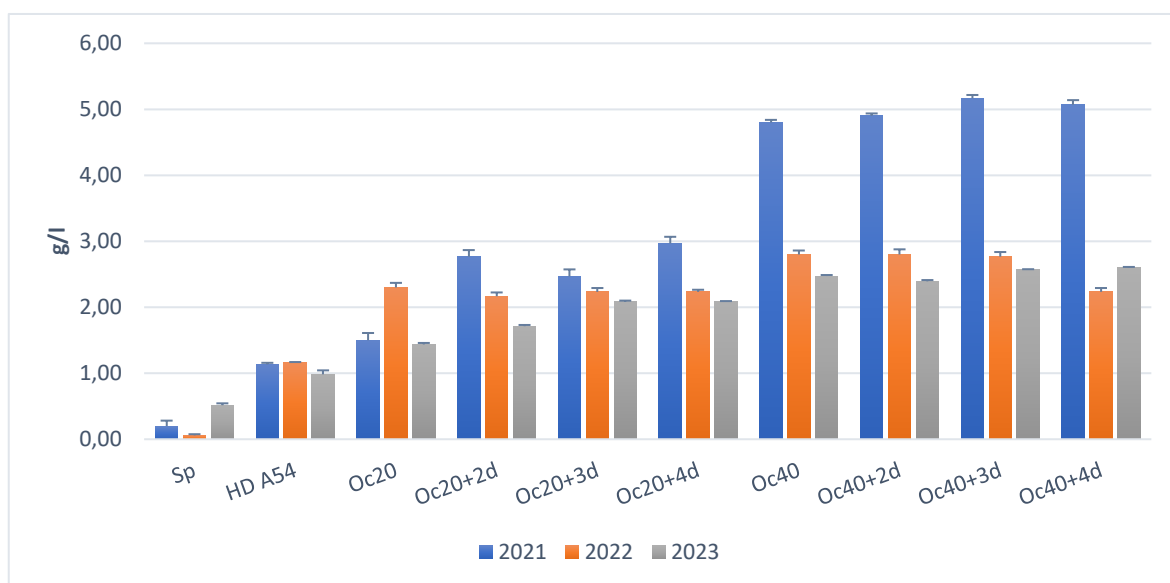


	Sp	HD A54	Oc20	Oc20+2d	Oc20+3d	Oc20+4d	Oc40	Oc40+2d	Oc40+3d	Oc40+4d
2021	aC	deC	deC	bcdC	bcC	bC	deC	eC	cdeC	bcdC
2022	bcB	cB	abA	abA	aA	aA	abA	aA	abcA	aA
2023	aA	aA	bB	bcB	bcB	bcB	cB	cB	cB	cB

65. ábra. A glicerín tartalom változása évjáratonként a kezelések hatására, ahol a kisbetűk a kezelések között, a nagy betűk az évjáratok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik ( $p < 0,001$ ).

A 65. ábra szemlélteti a borok glicerín tartalmának alakulását a három évjáratban. Jól látható, hogy mindegyik évjárat glicerín koncentrációja különbözött. A legmagasabb értékek a 2021-es évjáratban voltak mérhetőek. A 2021-es évjáratban csak a spontán erjedéstől különbözött szignifikánsan minden kezelt tétel, míg a fájlesztővel történt beoltástól (HD A54) a 20 g/hl-es kezelések közül csak a 3. napon történt ráoltás (Oc20+3d) és csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt tétel (Oc20+4d), valamint a 40 g/hl-es kezelések közül a 2. napon történt ráoltás (Oc40+2d) különbözött. A 2022-es évjáratban a 40 g/hl-es kezelések közül a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d) tételén kívül mindegyik bor különbözött a két kontrolltól. A 2023-as évjáratban a két kontrolltól minden kezelt tétel szignifikánsan különbözött. A kezeléseken kívül az évjárat hatása is megfigyelhető, mindhárom évjárat között különbség volt kimutatható az egyes kezelések hatására.

### 5.5.3. A tejsav tartalom alakulásának kiértékelése



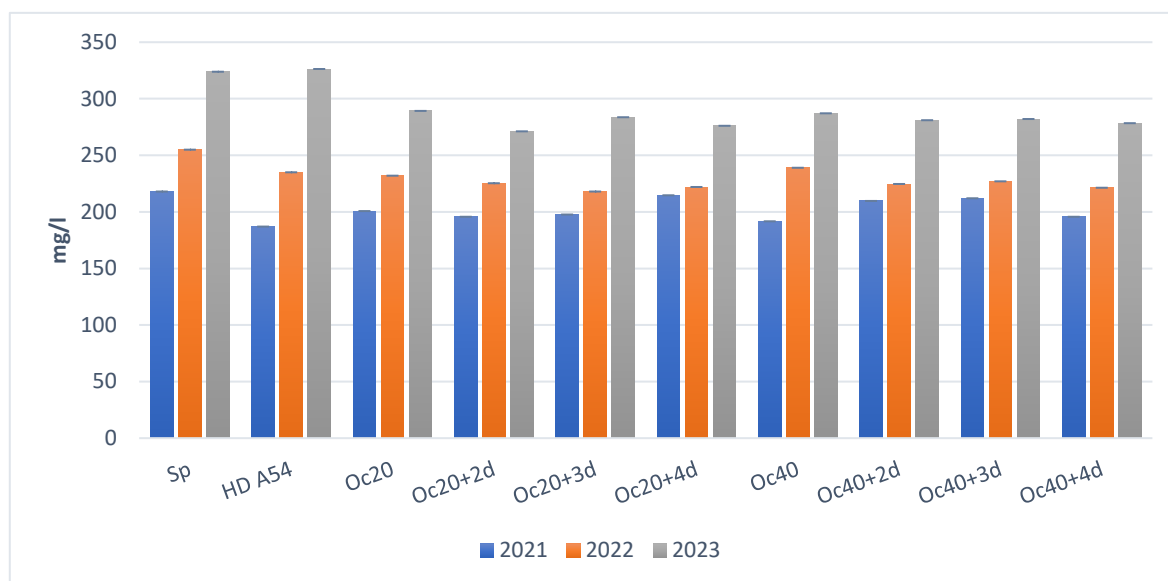
	Sp	HD A54	Oc20	Oc20+2d	Oc20+3d	Oc20+4d	Oc40	Oc40+2d	Oc40+3d	Oc40+4d
2021	aA	bA	cA	dB	dA	dB	eB	eB	eB	eB
2022	aA	bA	cB	cAB	cA	cA	cA	cA	cA	cA
2023	aB	bA	cA	dA	eA	eA	fA	fA	fA	fA

66. ábra. A tejsav tartalom változása évjáratonként a kezelések hatására, ahol a kisbetűk a kezelések között, a nagy betűk az évjáratok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik ( $p < 0,001$ ).

A 66. ábrán nyomon követhetjük a borok tejsav koncentrációjának alakulását a kezelések hatására. Mindhárom évjáratban jól látható, hogy a két kontrolltól (spontán, HD A54) minden egyes kezelés szignifikánsan eltért. A 2021-es és 2023-as évjáratoknál nem csak a kontrollokhoz képest volt megfigyelhető szignifikáns eltérés, hanem a 20 g/hl-es és 40 g/hl-es dózisok között is kimutatható volt a különbség. Az évjárat a tejsav koncentráció alakulására is hatással volt.

## 5.5.4. A polifenol összetétel alakulásának kiértékelése

### 5.5.4.1. Az összes polifenol tartalom alakulásának kiértékelése

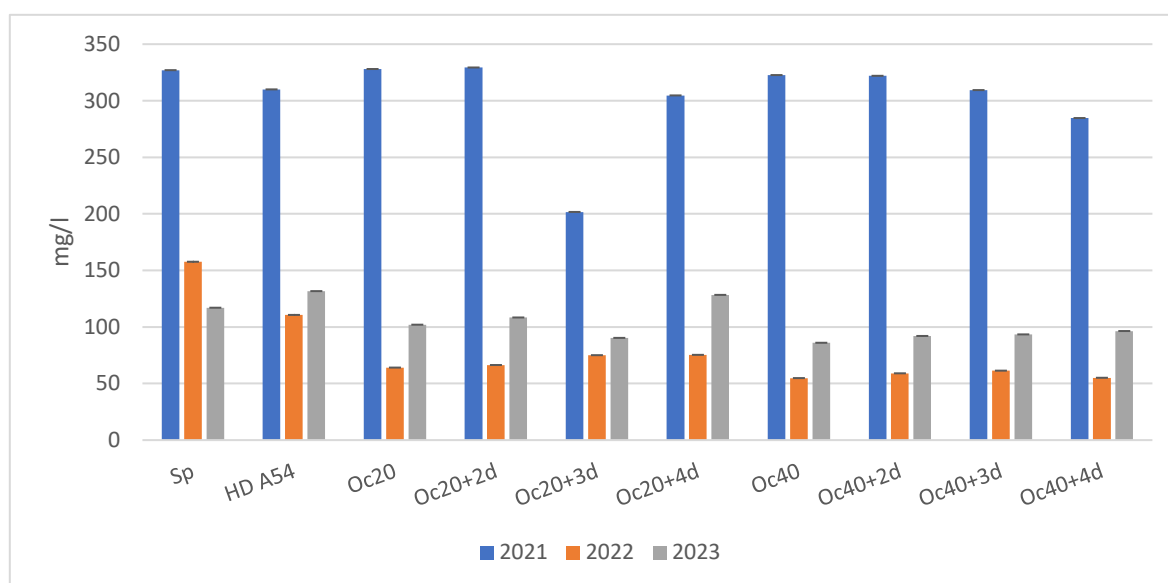


	Sp	HD A54	Oc20	Oc20+2d	Oc20+3d	Oc20+4d	Oc40	Oc40+2d	Oc40+3d	Oc40+4d
2021	aA	aA	abA	abA	abA	abA	aA	abA	abA	abA
2022	cA	abA	abA	abB	aA	abA	bcB	abA	abA	abA
2023	bcdC	dC	abcdC	abcdB	abB	cdB	aC	abB	abB	abcB

67. ábra. Az összes-polifenol tartalom változása évjáratonként a kezelések hatására, ahol a kisbetűk a kezelések között, a nagy betűk az évjáratok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik ( $p < 0,001$ ).

A polifenol-összetétel (67. ábra) esetében a 2021-es évjáratnál szignifikáns hatás a kezelések között nem volt kimutatható, 2022-ben pedig csak a spontán erjedéstől különböztek szignifikánsan a kezelések. A 2022-es és 2023-as évjáratokban magasabb összes polifenol értékek voltak mérhetőek.

### 5.5.4.2. A leukoantocianin tartalom alakulásának kiértékelése

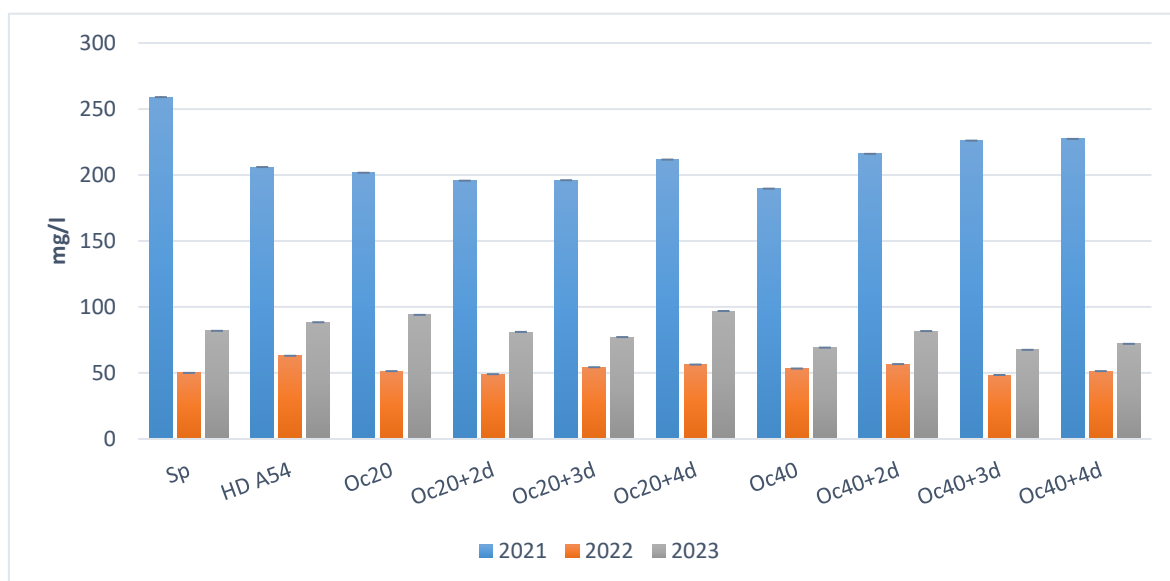


	Sp	HD A54	Oc20	Oc20+2d	Oc20+3d	Oc20+4d	Oc40	Oc40+2d	Oc40+3d	Oc40+4d
2021	bB	bC	bC	bC	aB	bC	bC	bC	bC	bC
2022	bA	bA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA
2023	bcdA	dB	abcdB	abcdB	abA	cdB	aB	abB	abB	abcB

68. ábra. A leukoantocianin tartalom változása évjáratonként a kezelések hatására, ahol a kisbetűk a kezelések között, a nagy betűk az évjáratok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik ( $p < 0,001$ ).

A 2021-es évjáratnál technológiai szempontból nem volt kimutatható szignifikáns különbség. A 2022-es évjárat esetében csak spontán erjedéshez képest volt kimutatható szignifikáns különbség. A 2023-as évjáratban pedig csak a 40 g/hl-es kezelés tételeknél volt látható szignifikáns különbség a fajélesztős (HD A54) beoltáshoz képest. Az évjárat hatása a borok leukoantocianin koncentrációjánál is érvényesült. A 2021-es évjáratban volt kimutatható a legmagasabb leukoantocianin koncentráció, ezzel szemben a 2022-es és 2023-as évjáratokban kevesebb volt a borokban mért érték (68. ábra).

### 5.5.4.3. A katechin tartalom alakulásának kiértékelése



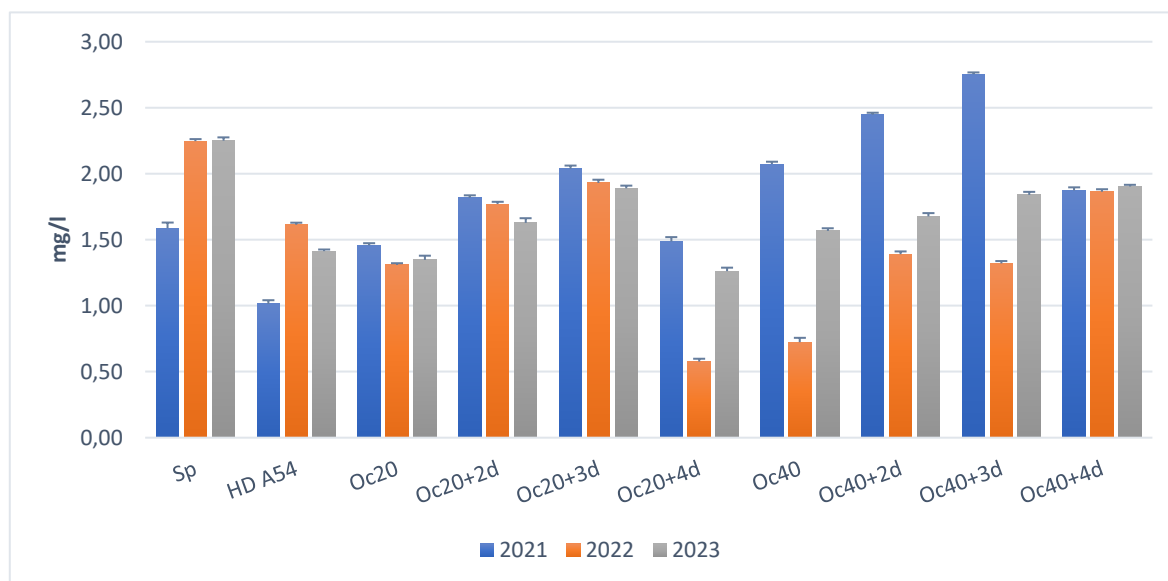
	Sp	HD A54	Oc20	Oc20+2d	Oc20+3d	Oc20+4d	Oc40	Oc40+2d	Oc40+3d	Oc40+4d
2021	cC	abC	abC	abC	abC	abC	aC	abC	bcB	bcB
2022	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA
2023	abcB	abcB	bcB	abcB	abcB	cB	aB	abcB	aA	abA

69. ábra. A katechin tartalom változása évjáratonként a kezelések hatására, ahol a kisbetűk a kezelések között, a nagy betűk az évjáratok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik ( $p < 0,001$ ).

A 69. ábra a borok katechin koncentrációját szemlélteti a három évjáratban. A 2021-es évjáratban volt a legmagasabb a katechin koncentrációja, a 2022-es és 2023-as évjáratokban alacsonyabb értékben volt kimutatható. A 2021-es évjáratban szignifikáns különbség csak a spontán (Sp) erjedéshez képest volt kimutatható a kezelt tétélekben, kivéve a két 40 g/hl-es kezelést, a 3. napon történt ráoltást (Oc40+3d) és a nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) erjedt tételt. A 2022-es évjárat mért értékei szignifikánsan nem tértek el egymástól. A 2023-as évjáratban a nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt (Oc20+4d), 20 g/hl-rel kezelt tétel különbözött a 40 g/hl-es kezelések közül, kivéve a 2. napon történt ráoltást (Oc40+2d).

## 5.5.5. A borok biogén amin összetételének kiértékelése

### 5.5.5.1 A hisztamin koncentráció kiértékelése

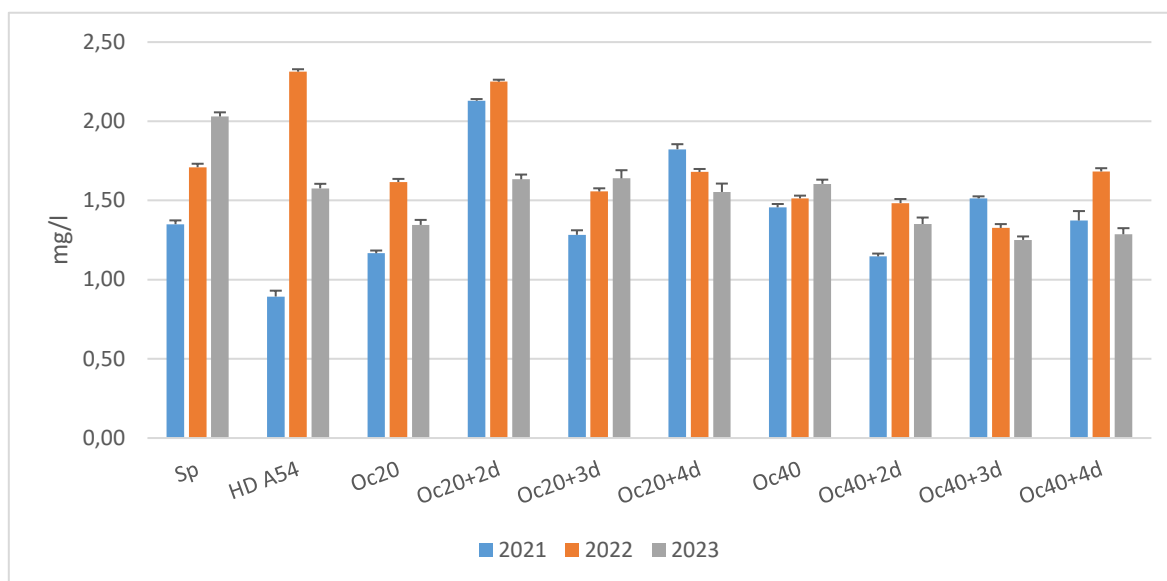


	Sp	HD A54	Oc20	Oc20+2d	Oc20+3d	Oc20+4d	Oc40	Oc40+2d	Oc40+3d	Oc40+4d
2021	bA	aA	aB	cA	cdA	bC	dC	eC	fC	cdA
2022	fC	dA	cA	deA	eA	aA	bA	cA	cA	eA
2023	abB	gB	aAB	cdA	efA	aB	bcB	cdeB	defB	fA

70. ábra. A hisztamin tartalom változása évjáratonként a kezelésekre hatására, ahol a kisbetűk a kezelésekek között, a nagy betűk az évjáratok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik ( $p < 0,001$ ).

A hisztamin koncentráció kapcsán az látható, hogy míg 2021-ben a fajlesztős beoltás (HD A54) adta a legkisebb hisztamin mennyiséget, addig 2022-ben és 2023-ban a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc20+4d) erjedt tételben volt mérhető a legkisebb koncentráció a 20 g/hl-es dózisok közül. Az évjáratok közötti különbség itt is megfigyelhető (70. ábra).

### 5.5.5.2. A szerotonin koncentráció kiértékelése



	Sp	HD A54	Oc20	Oc20+2d	Oc20+3d	Oc20+4d	Oc40	Oc40+2d	Oc40+3d	Oc40+4d
2021	bcdeA	aA	bcB	gA	bcdA	fA	deA	bA	eB	cdeA
2022	dB	eC	cdC	eB	cdB	dA	cA	bB	aA	dB
2023	fC	cdeB	abcB	deA	eB	bcdeA	cdeA	abcdB	aA	abA

71. ábra. A szerotonin tartalom változása évjáratonként a kezelések hatására, ahol a kisbetűk a kezelések között, a nagy betűk az évjáratok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik ( $p < 0,001$ ).

A borok szerotonin koncentrációja kapcsán (71. ábra) megfigyelhető, hogy a fajlesztős beoltáshoz képest a 2021-es évjáratban a 20 g/hl-es és 40 g/hl-es kezelések is különböztek. A 2022-es évjáratban a fajlesztős beoltástól szignifikánsan különbözött minden kezelt tétel, kivéve a 2. napon történt ráoltás (Oc20+2d) a 20 g/hl-es kezelések közül. A spontán erjesztéstől (Sp) a 20 g/hl-es kezelések közül csak a 2. napon történt (Oc20+2d) ráoltás különbözött, míg a 40 g/hl-es kezelések közül az 1. napon (Oc40), 2. napon (Oc40+2d) és 3. napon (Oc40+3d) történt ráoltások különböztek. A 2023-as évjáratban a spontán erjesztéstől minden tétel szignifikánsan tért el, a fajlesztős beoltástól (HD A54) a 40 g/hl-es kezelések közül a 3. napon (Oc40+3d) és csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) erjedt borok különböztek. A szerotonin koncentrációjánál az évjárat hatása is megmutatkozott.

### 5.5.5.3. A tiramin koncentráció kiértékelése



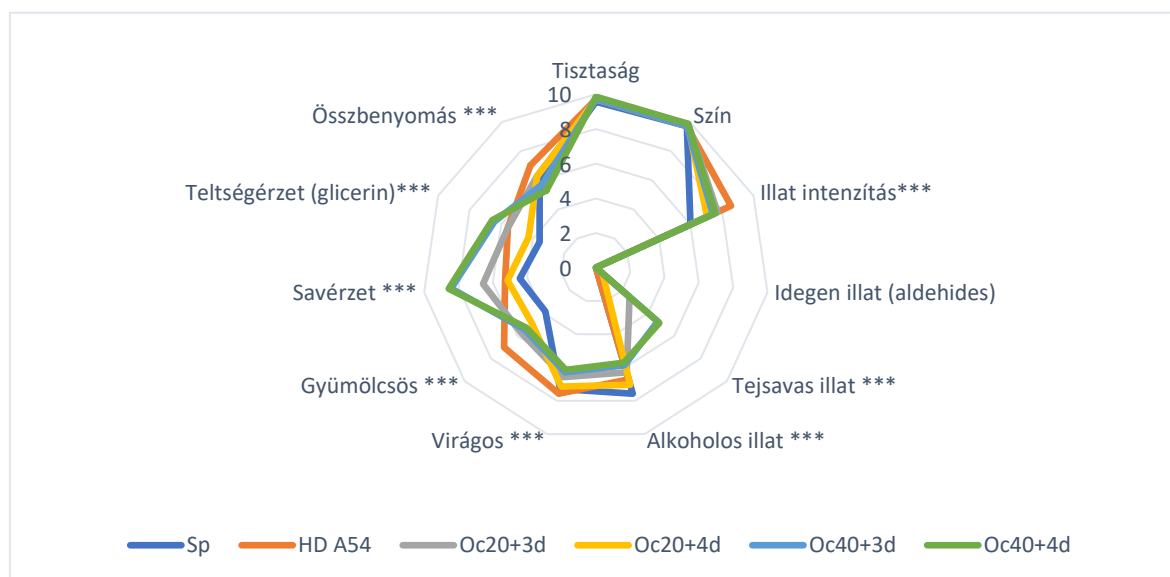
	Sp	HD A54	Oc20	Oc20+2d	Oc20+3d	Oc20+4d	Oc40	Oc40+2d	Oc40+3d	Oc40+4d
2021	aB	bAB	bB	bB	bA	bA	abA	bB	bB	bB
2022	aA	aA	bB	bB	bB	bA	bA	bB	bB	bB
2023	abcdA	cdeB	deA	bcdeA	bcdeA	eA	bcdeA	abcA	aA	abA

72. ábra. A tiramin tartalom változása évjáratonként a kezelések hatására, ahol a kisbetűk a kezelések között, a nagy betűk az évjáratok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik ( $p < 0,001$ ).

A borok tiramin koncentrációjánál elmondható, hogy 2021-es évjáratban a spontán erjedéshez (Sp) képest volt kimutatható szignifikáns eltérés a kezelések hatására, a 2022-es évjáratban mindkét kontrolltól (Sp, HD A54) különböztek a kezelt tételek, míg 2023-as évjáratnál a fajlesztős beoltáshoz (HD A54) képest mutatkozott eltérés, a 40 g/hl-es kezeléseken belül a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d) és nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) erjedt tételek esetében. Az évjárat hatása itt is érvényesült (72. ábra).

## 5.6. Az érzékszervi bírálatok kiértékelése

### 5.6.1. A 2021-es évjárat bírálatainak kiértékelése



73. ábra. A 2021-es borok érzékszervi bírálatának átlagértékei, a \*-ok a borok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik.

*illat intenzitás ( $p < 0,001$ ), tejsavas illat ( $p < 0,001$ ), alkoholos illat ( $p < 0,001$ ), virágos illat ( $p < 0,001$ ), gyümölcsös fajtajelleg ( $p < 0,001$ ), savérzet ( $p < 0,001$ ), teltségérzet ( $p < 0,001$ ), összbenyomás ( $p < 0,001$ )*

A 2021-es borok érzékszervi bírálata (73. ábra) alapján megfigyelhető, hogy a borok tisztasága, színe és idegen illat érzetében nem volt kimutatható eltérés. Az illatintenzitás alapján megállapítható, hogy a spontán erjesztés (Sp) kapta a legkevesebb pontot, míg a fajélesztővel beoltott tétel (HD A54) bizonyult a legjobbnak az értékelés alapján. A 20 g/hl-es kezelések (Oc20+3d és Oc20+4d) illatukban nem tértek a fajélesztős beoltástól (HD A54), azonban a 41 g/hl-es kezelések (Oc40+3d és Oc40+4d) már igen.

A két kontrollnál (Sp, HD A54) nem volt érezhető tejsavas illat, azonban a 20 g/hl és 40 g/hl-es kezeléseknél már igen, sőt a két dózis nem csak a kontrolloktól különböztek szignifikánsan, hanem egymástól is. A 40 g/hl-es kezeléseknél jobban kiérezhető volt a tejsavas illat.

A borok alkoholos illatánál az ábrán is jól látszik, ahogy a borok alkoholtartalma csökkent, úgy az alkoholos illat is vele együtt csökkenést mutatott. Szignifikáns különbség a kontroll borokhoz (Sp, HD A54) képest, a 40 g/hl-es kezeléseknél volt kimutatható (Oc40+3d, Oc40+4d).

A virágos illatról is megállapítható, hogy szignifikáns különbség mutatható ki a kezelésekhöz képest, továbbá ez a kontroll bor kapta a legmagasabb pontszámot.

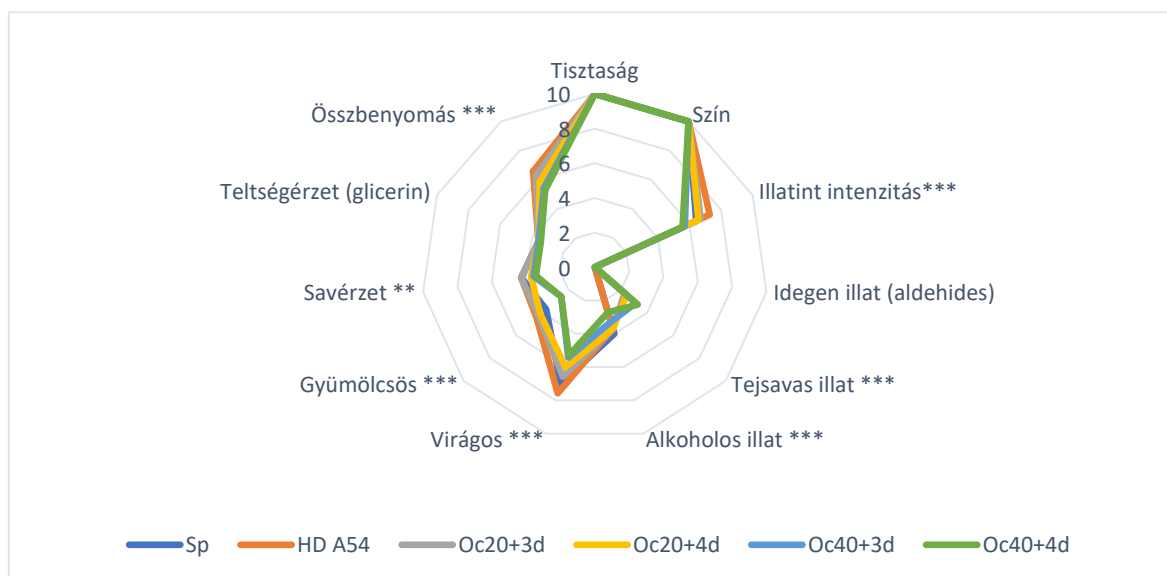
A gyümölcsös fajtajellegben is különbségek adódtak a két kontroll borhoz képest szignifikánsan különböztek az alkoholsökkentéssel átesett tételek, azonban a 20 g/hl és 40 g/hl-es kezelések között eltérés nem volt megfigyelhető.

A kóstolás során a borok savérzetben is különbségek adódtak, nem csak a két kontrollhoz képest (Sp, HD A54) volt kimutatható a szignifikáns eltérés, hanem a két dózis (20 g/hl vagy 40 g/hl) hatására is.

A teltségérzet alakulásában a spontán erjesztéstől (Sp) a 20 g/hl-es és 40 g/hl-es kezelések is különböztek, azonban a fajlesztős beoltástól (HD A54) csak a 40 g/hl-es tételek (Oc40+3d, Oc40+4d).

A borok összbenyomását tekintve szintén szignifikáns eltérések mutatkoztak, a spontán erjedéstől (Sp) csak a 20 g/hl-rel kezelt tételek különböztek (Oc20+3d és Oc20+4d), a fajlesztős beoltástól (HD A54) szignifikánsan különbözik a 20 g/hl-es kezeléseken belül a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc20+4d) kierjedt bor, valamint a 40 g/hl-es adagoláson belül a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d) és csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) erjedt bor.

### 5.6.2. A 2022-es évjárat bírálatainak kiértékelése



74. ábra. A 2022-es borok érzékszervi bírálatának átlagértékei, a \*-ok a borok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik.

*illat intenzitás ( $p < 0,001$ ), tejsavas illat ( $p < 0,001$ ), alkoholos illat ( $p < 0,001$ ), virágos illat ( $p < 0,001$ ), gyümölcsös fajtajellem ( $p < 0,001$ ), savérzet ( $p < 0,01$ ), teltségérzet ( $p = 0,994$ ), összbenyomás ( $p < 0,001$ )*

Hasonlóan a 2021-es bírálatokhoz, a 2022-es évjáratban (74. ábra) is a borok tisztaságában, színében és idegen illatában eltérés nem volt érzékelhető. Az illat intenzitást tekintve a spontán erjedéstől (Sp) csak a nem-*Saccharomces* élesztővel erjesztett tétel tért el szignifikánsan, a fajlesztős beoltástól (HD A54) csak a 40 g/hl-es kezelések. Továbbá a bírálat alapján a 20 g/hl és 40 g/hl-es kezelések között is szignifikáns különbség volt megállapítható.

A *tejsav illat*ot illetően szignifikáns eltérés volt kimutatható a kontroll borokhoz (Sp, HD A54) képest az egyes kezeléseknél, azonban az alkalmazott dózisok (20 g/hl vagy 40 g/hl) között már nem volt észlelhető különbség.

Ugyan az *alkoholos illat*nál is szignifikáns különbséget jelzett a statisztika, azonban érzékszervileg ez nem jellemezhető különbségnek.

A borok *virágos illat*ában szignifikáns különbség csak a spontán erjesztéshez (Sp) képest mutatható ki a 40 g/hl-es kezeléseknél.

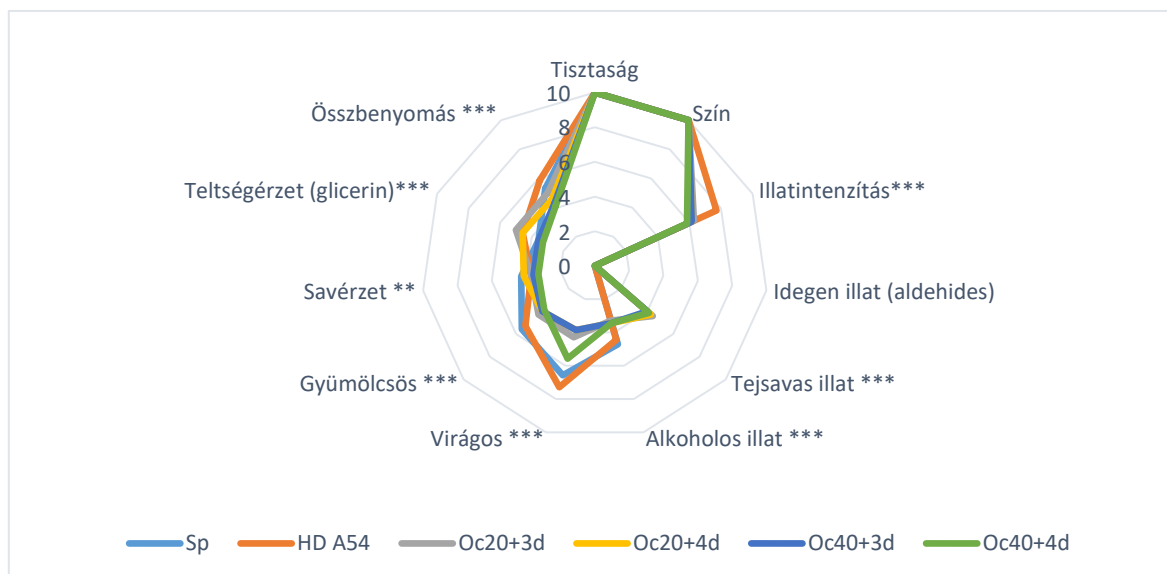
A *gyümölcsös fajtajelleg*nél is a kontroll borok (Sp, HD A54) szignifikánsan különbözik a 40 g/hl-es kezelésektől.

A *savérzet*ben a statisztika szignifikanciát mutatott, azonban a páronkénti összehasonlításnál már nem.

A borok *teltségérzet*ében szignifikáns hatás szintén nem volt kimutatható.

Az *összebenyomás*nál a 40 g/hl-es kezelések (Oc40+3d, Oc40+4d) csak a fajélesztős beoltástól (HD A54) tértek el szignifikánsan.

### 5.6.3. A 2023-as évjárat bírálatainak kiértékelése



75. ábra. A 2023-as borok érzékszervi bírálatának átlagértékei, a \*-ok a borok közötti szignifikáns eltéréseket jelölik.

*illat intenzitás* ( $p < 0,001$ ), *tejsavas illat* ( $p < 0,001$ ), *alkoholos illat* ( $p < 0,001$ ), *virágos illat* ( $p < 0,001$ ), *gyümölcsös fajtajelleg* ( $p < 0,001$ ), *savérzet* ( $p < 0,01$ ), *teltségérzet* ( $p < 0,001$ ), *összebenyomás* ( $p < 0,001$ )

A 2023-as évjáratról is megállapítható (75. ábra), hogy sem tisztaságában, sem színében, sem idegen illatában nem jelenik meg szignifikáns hatás.

Az illat intenzitásban csak a fajélesztős beoltáshoz (HD A54) képest volt szignifikáns különbség kimutatható, mind a 20 g/hl-es, mind a 40 g/hl-es kezeléseknél.

A tejsavas illatban mindkét kontroll (Sp, HD A54) képest szignifikáns eltérés volt kimutatható, mindkét dóziszánál, azonban az alkalmazott két dózis között már nem volt eltérés.

Az alkoholos illatban megjelenő különbség a tejsavas illathoz hasonlóan alakult, csak a kontroll borokhoz képest volt szignifikáns különbség, a két dózis között már nem.

A virágos illat tekintetében szignifikáns hatás csak a fajélesztős beoltáshoz (HD A54) képest volt kimutatható mindkét 20 g/hl-es kezelésben, a 40 g/hl-es dóziszánál csak a 3. napon történt ráoltásnál (Oc40+3d) volt szignifikáns az eltérés.

A gyümölcsös fajtajelleg esetében csak a spontán (Sp) erjesztésnél figyelhető meg szignifikáns különbség a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel (Oc40+4d) történt erjedéssel a 40 g/hl-es kezeléseken belül.

Teltségérzet szempontjából a spontán erjesztés (Sp) szignifikánsan csak a 20 g/hl-es kezelések (Oc20+3d, Oc20+4d) közül tér el, a fajélesztő beoltás (HD A54) pedig csak a 40 g/hl-es kezelések (Oc40+3d, Oc40+4d) közül különbözik.

Az összbenyomás esetében eltérést a két kontrollhoz (Sp, HD A54) képest, a csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt bor (Oc20+4d) mutatott a 20 g/hl-es kezelések közül, míg a 40 g/hl-es kezelések közül mindkettő (Oc40+3d, Oc40+4d) szignifikánsnak bizonyult.

## 5.7. Fizikai eljárással csökkentett alkoholtartalmú borok analitikai kiértékelése

5. táblázat. A fizikai eljárással csökkentett alkoholtartalmú borok alap- és finomanalitikai paramétereit

	Kontroll	0,5%	1%	1,5%
<b>Alapanalitikai paraméterek</b>				
Alkohol tartalom (v/v%)	12,08±0,08 <sup>a</sup>	11,61±0,04 <sup>b</sup>	11,12±0,03 <sup>c</sup>	10,65±0,06 <sup>d</sup>
Extrakt (g/l)	24,1±0,44	23,9±0,25	23,8±0,16	23,7±0,55
Maradék cukor tartalom (g/l)	1,9±0,12	1,8±0,05	1,9±0,15	1,8±0,1
Titrálhatóság (g/l)	7,8±0,12 <sup>b</sup>	7,8±0,11 <sup>ab</sup>	7,9±0,08 <sup>a</sup>	7,9±0,08 <sup>a</sup>
pH-érték	3,5±0,01 <sup>a</sup>	3,51±0,01 <sup>bc</sup>	3,51±0,01 <sup>b</sup>	3,53±0,01 <sup>ab</sup>
<b>Erjedési melléktermékek</b>				
n-propanol (mg/l)	38,2±1,03 <sup>a</sup>	35,6±0,67 <sup>ab</sup>	34,9±0,67 <sup>b</sup>	38,7±2,49 <sup>a</sup>
i-butanol (mg/l)	15,8±0,21 <sup>a</sup>	13,8±0,45 <sup>b</sup>	13,7±0,51 <sup>b</sup>	14,7±0,43 <sup>ab</sup>
i-amil-alkohol (mg/l)	121,0±0,43 <sup>a</sup>	105,6±2,2 <sup>b</sup>	105,7±1,56 <sup>b</sup>	114,7±2,51 <sup>ab</sup>
2-metil-1-butanol (mg/l)	20,2±0,15 <sup>a</sup>	17,0±0,29 <sup>b</sup>	19,0±2,49 <sup>ab</sup>	18,7±0,4 <sup>ab</sup>
Acetaldehid (mg/l)	36,8±1,56 <sup>a</sup>	31,6±1,22 <sup>b</sup>	32,4±0,87 <sup>b</sup>	34,9±0,42 <sup>ab</sup>
Etil-acetát (mg/l)	49,1±1,98 <sup>a</sup>	21,6±4,52 <sup>c</sup>	27,6±0,53 <sup>bc</sup>	34,6±3,9 <sup>ab</sup>
Glicerín (g/l)	6,2±0,14 <sup>a</sup>	5,9±0,14 <sup>ab</sup>	5,8±0,12 <sup>b</sup>	5,7±0,24 <sup>b</sup>
Borosztánkősav (g/l)	1,7±0,05 <sup>a</sup>	1,3±0,06 <sup>c</sup>	1,3±0,06 <sup>c</sup>	1,5±0,02 <sup>b</sup>
<b>Nitrogén tartalmú vegyületek</b>				
AFN (mg/l)	209±6,62 <sup>b</sup>	221±3,43 <sup>a</sup>	212±6,55 <sup>b</sup>	214±3,56 <sup>ab</sup>
Prolin (mg/l)	107±9,38	118±11,04	117±16,91	102±7,07
<b>Fenolos komponensek</b>				
Összes polifenol (mg/l)	371±3,56 <sup>b</sup>	374±2,48 <sup>ab</sup>	379±5,01 <sup>a</sup>	378±4,71 <sup>ab</sup>

Az alkoholcsökkentett borok fentebbi alapanalitikai értékei a normál borokban mért értékeknek megfelelnek (5. táblázat).

*Alkohol tartalom* csökkenése szépen nyomon követhető, ha a kontrollt összehasonlítjuk a csökkentésen átesett borokkal. Az alapanalitikai paramétereket megvizsgálva egyértelműen látszik az *extrakt tartalom* csökkenés, még ha minimálisan is az alkoholcsökkentett borokban a kontrollhoz képest. A *maradékcukortartalom*ban eltérés nem mutatkozott, bár nem is vártunk ilyen jellegű hatást, hasonlóan a *titrálhatóság* tartalomhoz, ahol szintén nem volt szignifikáns hatás kimutatható. A *pH-érték* mindegyik borban a kritikus 3,5-ös pH körül mozgott, de önmagában ezen érték nem elegendő ahhoz, hogy messzemenő következtetéseket tudjunk levonni.

Mérési eredményekből megállapítható, hogy az *n-propanol* jelentősebb csökkenése a 3. mintavétel esetében volt detektálható. Szignifikáns különbség mutatható ki a kontroll és 3. mintavétel között. A borok *i-butanol* tartalma között szignifikáns különbség tapasztalható a kontroll és a 0,5 v/v% valamint 1 v/v%-kal csökkentett alkohol tartalmú borok esetében, mely tendencia az *i-amil-*

*alkohol* koncentrációjáról is elmondható, a *2-metil-1-butanol* koncentrációja pedig csak a 0,5 v/v%-os alkohol csökkenés esetében különbözik a kontrolltól.

Az *acetaldehid* tekintetében jelentős különbséget tapasztalhatunk a kontroll és a 3. mintavétel eredményei között, azaz a 1,5 v/v%-os alkohol tartalom csökkentés némi acetaldehid csökkenést idéz elő. Mérési eredmények közül az *etil-acetát* folyamatos csökkenése mutatható ki legszignifikánsabban. A kontrollhoz képest szignifikáns különbség mutatható ki, hiszen 49,7 mg/l-ről csökkent 21,83 mg/l-re az alkohol csökkentési eljárás következtében.

Az alkohol csökkenés hatására a *glicerin* is csökkent, 6,2 g/l-ről 5,8 g/l-re. Tehát a 1,5 v/v%-os alkohol csökkenés jelen körülmények között kb. 0,5 g glicerin csökkenést eredményez.

A *borostyánkősav* is szignifikáns hatást mutatott a kontrollhoz képest az alkohol csökkentett borokban.

Nitrogén tartalmú vegyületeknél a *prolin* koncentrációjánál nem beszélhetünk szignifikáns hatásról, az *AFN* esetében pedig a kontroll és 0,5 v/v%-kal csökkentett alkohol tartalom között látható szignifikáns hatás.

Az *összes polifenol* tartalom esetében különbség tapasztalható a kontroll és 1 v/v%-os alkohol csökkentésen átesett borok között, ugyanakkor ez nem befolyásolja az összes polifenol tartalmat. Mérési eredményeim alapján megállapítható, hogy nincs hatással az összes polifenol tartalomra az alkohol csökkentési eljárás.

## 6. Következtetések és javaslatok

Vizsgálataim alapján kijelenthető, hogy sikeres volt az alkohol csökkentés, a 2021-es évjáratban ~ 1,5 v/v%-os csökkenés volt elérhető, 14,71 v/v%-ról (Sp) 13,31 v/v%-ra (Oc40+3d).

A 2022-es évjáratban nem volt ilyen látványos az alkohol csökkenés, ebben az esetben nem volt kimutatható szignifikáns különbség. A 2023-as évjáratban megközelítőleg 1 v/v%-kal sikerült csökkenteni az alkohol tartalmat, 13,16 v/v%-ról (Sp) 12,15 v/v%-ra (Oc40+4d). Az alkohol tartalom tekintetében megállapítható, hogy ez az élesztőtörzs alkalmas az 1-1,5 v/v%-os alkohol csökkentésre. Abban az esetben is lehetővé válik az alkalmazása, amikor a klímaváltozás miatt, a képződő alkoholtartalom diszharmonikussá tenné a bort. Tehát szüretkor meg lehet várni a teljes érettség állapotát, és nem kell attól tartani, hogy túlzóan magas lesz az alkohol tartalom. Továbbá a statisztikai kiértékelés alapján megállapítható, hogy a speciális élesztőtörzsből alkalmazott dózis (20 g/hl vagy 40 g/hl) illetve a ráoltások között eltelt napok száma is hatással van az alkohol csökkenés mértékére. A 2021-es és 2023-as évjáratokban is a 40 g/hl-es kezelések eredményesebbnek bizonyultak, míg a 20 g/hl-es kezeléseknél az első (Oc20) és második (Oc20+2d) napon történt ráoltások nem különböztek szignifikánsan a kontroll boroktól, hiszen ezeknél ez esetekben a speciális élesztőtörzsnek nem volt elegendő ideje kifejteni a hatását. Megállapítható, ahhoz, hogy biztosan végbe menjen az alkohol csökkenés a 40 g/hl-es dózist érdemes alkalmazni. Ivić és munkatársai (2024) arról számoltak be, hogy a kontrollhoz képest alacsonyabb alkoholtartalom volt mérhető a *Lachancea thermotolerans* és *Saccharomyces cerevisiae* élesztők szekvenált beoltásban történő felhasználásával előállított borokban. Morata és munkatársai (2019) szerint az alacsonyabb alkoholtartalom a *Lachancea thermotolerans* metabolizmusban a cukrokból történő tejsavszintézisnek tulajdonítható.

A glicerin koncentrációja, a 2021-es és 2023-as évjáratokban, a spontán erjedéshez képest magasabb mennyiségben volt mérhető. Összességében a glicerin képződése pozitív hatással volt a borok teltségérzetére, továbbá a kísérlet pozitív hozadéka, hogy az élesztőtörzs a glicerinképződést fokozó hatása.

Az általam alkalmazott élesztőtörzs tulajdonsága, hogy az alkoholos erjedés alatt több tejsavat termel. Mindhárom évjárat esetében jól látható, hogy kontroll borokban megközelítőleg 1,2 g/l volt a tejsav maximális koncentrációja, addig a kezelések hatására mindhárom évjáratban tejsav koncentráció emelkedés volt megfigyelhető. Az alkohol tartalomhoz hasonlóan, ebben az esetben is szignifikáns különbség volt megfigyelhető a két dózis között a 2021-es és 2023-as évjáratokban. Ebből az a következtetés vonható le, hogy az alkohol erjedés alatt a piroszőlősav egy része nem dekarboxileződött, hanem közvetlenül tejsavvá alakult. A szárazabb, aszályosabb évjáratokban a savak elgének, eloxidálódnak. A lágyabbnak bizonyuló évjáratokban az

élesztőtörzs pozitívuma, hogy növelni képes a savtartalmat, anélkül, hogy plusz savadagolásra lenne szükség. Su és munkatársai (2024) szintén szekvenált beoltásban alkalmazták a *Lachancea thermotolerans* és *Saccharomyces cerevisiae* élesztőket. Az általam kapott eredményekkel megegyezően a *Saccharomyces cerevisiae* késői (72 órával később) beoltása hatékonyan növelte a tejsavtermelést, ami következőképpen megnövelte a bor teljes savtartalmát.

A borok titrálhatóság tartalmában jelentős emelkedés volt megfigyelhető a 2021-es évjáratban a kontrollokhoz képest, továbbá a 20 g/hl és 40 g/hl-es kezelések között is szignifikáns különbség volt kimutatható, ez azonban már nem mondható el a 2022-es és 2023-as évjárat ezen értékeiről.

A borok borkősav és almasav tartalma a 2021-es évjáratban a két kontroll bor (Sp, HD A54) és az 1. napon történt ráoltás (Oc20) kivételével minden esetben a borkősav magasabb értéket mutatott az almasavval szemben. Ez azonban 2022-es évjáratnál megváltozott az Oc40 és Oc40+4d kivételével az almasav volt kimutatható magasabb koncentrációban. A 2023-as évjáratban az almasav minden esetben magasabb koncentrációban volt kimutatható a borkősavhoz képest. A borkősav és almasav arányának felborulása a klímaváltozással hozható összefüggésbe.

A sikiminsav mellett, hogy a polifenol-szintézis egyik kiindulási vegyülete, pozitív élettani hatásáról ismert. A sikiminsav tekintetében a kontroll borokhoz (Sp, HD A54) képest mindhárom évjáratot koncentráció csökkenés jellemezte a kezelt tételekben.

A borostyánkősav az alkoholos erjedés alatt keletkezik, mint másodlagos erjedési melléktermék, és az ún. boríz kialakításáért felelős komplex keserű-sós-savanyú ízhatásával. Mennyisége esetenként meghaladhatja a 2,0 g/l-t is. A 2021-es évjáratban a 20 g/hl-es kezeléseknél magasabb koncentrációban volt kimutatható a 40 g/hl-es kezelésekkal szemben. A 2022-es évjáratban jóval alacsonyabb értékeket lehetett mérni, kivéve az 1. napon (Oc20) és 2. napon (Oc20+2d) történt ráoltásnál, ahol az értékek 2 g/l körül mozogtak. A 2023-as évjáratnál pedig ismételen a 20 g/hl-es kezelések közül az 1. napon történt ráoltás (Oc20), a 2. napon történt ráoltás (Oc20+2d), valamint a csak nem-*Saccharomyces* (Oc20+4d) élesztővel erjesztett kezeléseknél magasabb borostyánkősav koncentráció volt mérhető. Izquierdo-Cañas és munkatársai (2025) megállapítása szerint a 20 g/hl-es dózisban szekvenált beoltásban alkalmazott *Lachancea thermotolerans* hatására a kontrollhoz képest magasabb borostyánkősav koncentráció volt kimutatható.

Fumársav szintén pozitív élettani hatásáról ismert, emésztőnedv elválasztást segíti elő. Összességében a 2023-as évjárat fumársav koncentrációjának átlaga a legmagasabb a három évjárat közül. Azonban a fentebb említett szerves savakról (sikiminsav, fumársav, borostyánkősav) nem lehet egyöntetű következtetést levonni, hiszen mennyiségükre az

alkalmazott fajta, feldolgozás módja, valamint az erjesztés körülményei is hatással lehetnek. Mindenképp további vizsgálatokra van szükség a megfelelő következtetés levonása érdekében.

A polifenolok elsősorban antioxidáns és pozitív élettani hatásukról ismertek, ezenkívül a borok érzékszervi tulajdonságaiért is felelősek. A borok összes polifenol koncentrációjában nem volt kimutatható szignifikáns különbség 2021-ben, azonban mindhárom évjárat esetében megfigyelhető, hogy a spontán erjedéshez képest a kezelt tételokban alacsonyabb értékek voltak mérhetők. A 2022-es és 2023-as évjárat gazdagabb volt polifenolban, a 2021-es évjáratéhoz képest. A katechinek és leukoantocianinok felelősek a keserű és húzós ízérzetért. A 2021-es évjáratban jelentős mennyiségben volt mérhető a katechin koncentráció a másik két évjáratéhoz képest. A leukoantocianin tartalom esetében a 2021-es adatokhoz képest, 2022-ben és 2023-ban csökkenést mutattak. Összességében elmondható, hogy a polifenol-összetétel alakulásában is jelentős szerepe van az alkalmazott élesztőtörzsnek, ebből adódik a szignifikáns különbség, valamint az évjáratnak is szerepe van. Az élesztő-polifenol interakció tudományosan bizonyított tény, az általam vizsgált élesztőtörzs egyértelműen pozitívan befolyásolta a borok polifenol összetételét. Az élesztő a bor fenolos összetételére és minőségére gyakorolt hatását többek között Morata és munkatársai (2016) is vizsgálták.

Zhang és munkatársai (2023) megállapították, hogy a *L. thermotolerans* CVE-LT1 jó potenciállal rendelkezik üzemi körülmények közötti alkalmazásban Cabernet Sauvignon savtartalmának, színindexének, aromájának és fenolos vegyületeinek javításában, ha *S. cerevisiae*-vel kombinálják.

A biogén aminok szintén élettani hatásukról ismertek. Dolgozatomban három olyan biogén aminnal foglalkoztam, melyekre az emberi szervezetre gyakorolt hatásuk miatt esett a választás. A vizsgált biogén aminok közül a hisztamin bír a legnagyobb jelentőséggel, hiszen a legallergénebbként tartják számon. A 2021-es évjáratban a fajélesztővel beoltott tétel adta a legalacsonyabb koncentrációt. Azonban a '22-es és '23-as évjáratokban a 20 g/hl-es kezelések közül a csak nem-*Saccharomyces* kiejert tételben volt mérhető a legkisebb mennyiség. A változó értékek ellenére a megengedett határértéken belül maradt a koncentrációja.

A szerotonint a pozitív élettani hatás jellemzi, más néven boldogsághormonnak is nevezik, valamint feszültségoldó, emésztést segítő hatása ismert. A mindhárom évjáratban a 20 g/hl-es kezelések közül a 2. napon történt ráoltás (Oc20+2d) esetén volt kimutatható a legnagyobb koncentrációban. A tiramin vérnyomás emelő hatással rendelkezik. A borok tiramin koncentrációját tekintve a 2021-es és 2022-es évjáratokban a fajélesztővel (HD A54) beoltott borokban volt a legalacsonyabb a mért érték, míg a 2023-as évjáratban a 40 g/hl-es kezeléseknél a harmadik (Oc40+3d) napon történt ráoltás esetében. Benito és munkatársai (2015) bizonyították, hogy az *L. thermotolerans* nem termel több biogén aminot, mint a *S. cerevisiae*. Összességében a

speciális élesztővel kezelt tételek is biztonságosan fogyaszthatók, mert a borok biogén amin koncentrációja nem érte el a kritikus határértékeket. Élelmiszer higiénés szempontból az élesztőtörzs alkalmasnak bizonyult a borkészítésre a gyakorlatban is.

A 2023-as évjáratban a borokban a magasabb rendű alkoholok is meghatározásra kerültek. A magasabb rendű alkoholok azon kívül, hogy cukrokból is képződhetnek, a borok aromaanyag képzésében van szerepük. Az n-propanol, i-butanol, i-amil-alkohol és 2-metil-1-butanol magasabb koncentrációban képződött a kezelések hatására, mint a két kontrollban. Jól ismert, hogy a nem-*Saccharomyces* élesztők és a *Saccharomyces* élesztőkkel különböző képességgel rendelkeznek illékony vegyületek előállítására, Wang és munkatársai (2023) szerint a *Metschnikowia pulcherrima* és *Lachancea thermotolerans* kiemelkednek magasabb rendű alkohol vegyületek előállításával. A magasabb rendű alkoholok ecetsavval gyümölcésztert tudnak képezni, ezáltal fokozva a borok gyümölcsös jellegét.

Az érzékszervi bírálatok alapján kijelenthető, hogy a fajélesztővel beoltott tételek érték el a legjobb eredményeket, míg a speciális élesztővel kezelt borokat kevésbé jellemezte a virágos illat és gyümölcsös fajtajelleg, valamint a tejsavas illat kiérezhető volt, viszont az alkoholos illat kevésbé volt érzékelhető.

A fizikai eljárással csökkentett alkoholtartalmú borok esetében is megvalósult az alkohol csökkentés a kiindulási (kontroll) borhoz képest. A membránszeparáción alapuló technika szintén alkalmasnak bizonyult a borok részleges alkoholtartalom csökkentésére. Azonban a mérési eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy egy 1,5 v/v%-os alkohol csökkentés is jelentősen elvitte azokat a magasabb rendű alkoholokat, melyek a gyümölcs észterek kialakulásában játszanak fontos szerepet, ezáltal a borjelleg, borkarakter kialakítását teszik lehetővé. Ennek ellenére fontos megjegyezni, hogy a magasabb rendű alkoholokon belül az i-amil-alkohol és i-butanol koncentrációknál megfigyelhető, hogy az alkalmazott technológia nem tudja annyira csökkenteni a koncentrációjukat, szemben a n-propanol és 2-metil-1-butanol koncentrációkkal. Az alkoholmentesítés során magasabb rendű alkoholok koncentrációjának csökkenéséről Liguori és munkatársai (2019) is beszámoltak. Ugyanakkor részleges alkohol csökkentés mellett a borok képesek megőrizni a fenolos- és illékony vegyületeket, valamint érzékszervi tulajdonságukat (Kumar et al., 2024). Továbbá a borok glicerín és extrakt tartalmában is minimális csökkenés volt megfigyelhető, ami a borok érzékszervi megítélésére lehet hatással, hiszen, ha csökken a glicerín koncentráció, az hatással lehet a borok teltségérzetére is. Egy közelmúltbeli tanulmányban Italiano és munkatársai (2025) megfigyelték, hogy a vákuum desztillációval előállított alkoholmentes fehérbor glicerintartalma megnőtt. Ezzel szemben a membránalapú technológiák, például az ozmotikus desztilláció, a fordított ozmózis segítségével előállított alkoholmentes borokban a

glicerín tartalom csökkenést mutatott, ami valószínűleg a membránon való áthaladásnak köszönhető.

A nitrogén tartalmú vegyületek esetében kijelenthető, habár a statisztika szignifikáns különbséget eredményezett a borok AFN koncentrációjánál, azonban technológiai szempontból a kapott eredmény nem nevezhető annak. A borok prolin koncentrációjánál szignifikáns hatás nem volt megfigyelhető, az eljárás nincs hatással a prolin mennyiségére. A borok polifenol-összetételéről szintén kijelenthető, hogy nem befolyásolta a kezelés. An és munkatársai (2025) kimutatták, hogy az olyan eljárás, mint az ozmótikus desztilláció ígéretesnek bizonyult a fenolos összetétel megőrzése szempontjából. Fontos megjegyezni, hogy a bor egy vizes-alkoholos elegy, a benne oldott vegyületek egyensúlyban vannak, ha ezt a fiziko-kémiai egyensúlyt megbontjuk, az hatással lehet az érzékszervi összetételre is. A rendelkezésre álló borok mennyisége miatt ugyan nem volt lehetőség az érzékszervi bírálatra, de a jövőben mindenképp érdemesnek tartom ezzel az eljárással csökkentett alkoholtartalmú borok vizsgálatát, hogy a glicerín koncentráció csökkenés milyen mértékű és mennyire befolyásolja a borok teltségérzetét, testességét.

Összegezve a speciális tulajdonságú élesztőre kapott eredményeket mind analitikai, mind érzékszervi tulajdonságok alapján a 40 g/hl-es dózissal kezelt tételek ígéretesnek bizonyultak. Az évjárat hatás jelentősen megmutatkozott a vizsgált paramétereknél. Doktori dolgozatomban egy borvidékről származó fajtán volt lehetőségem kísérletezni. Azonban további borvidékek és más fajták alkalmazásának vizsgálatát is fontosnak tartom.

A membránszeparáción alapuló alkohol csökkentésre vonatkozóan fontosnak tartom a jövőbeni vizsgálatok kiterjesztését a leukoantocianin, katechin és biogén amin összetételének mérése, valamint az érzékszervi bírálat elvégzésére.

Méréseimet, kutatásaimat érdemesnek találom tovább folytatni.

## 7. Új tudományos eredmények

- 1) Hazai viszonylatban elsőként vizsgáltam kísérleti fázisban lévő speciális tulajdonsággal rendelkező élesztő törzset üzemi körülmények között, arra a kérdésre keresve a választ, hogy az élesztő alkalmas-e az alkohol tartalom csökkentésére, továbbá befolyásolja-e a borok glicerín koncentrációját? *Eredményeim alapján kijelenthető, hogy az élesztőtörzs alkalmas 1-1,5 v/v%-os alkohol csökkentésre üzemi körülmények között, valamint az élesztő a borok glicerín koncentrációjára is pozitív hatást gyakorolt, ezzel is növelve a borok teltség érzetét.*
- 2) Meghatároztam a kísérleti tételek savösszetételét és D-tejsav koncentrációját. *A savösszetétel tekintetében megállapítható, hogy a borok D-tejsav koncentrációja növekedett a kontroll borokhoz képest, ezért a lágyabb savérzetet eredményező évjáratokban anélkül valósulhat meg a savharmónia kialakítása, hogy plusz savadagolásra lenne szükség.*  
*A borkősav és almasav koncentrációjának aránya megváltozott, ami a klímaváltozással hozható összefüggésbe. Továbbá a borostyánkősav koncentrációjának alakulására is kedvezően hatott az alkalmazott élesztőtörzs, mely hozzájárul a borok érzékszervi tulajdonságához.*
- 3) *A polifenol-összetételre vonatkozóan a katechin, a leukoantocianin és az összes-polifenol tartalom szempontjából az új élesztőtörzs és a szekvenált beoltás alkalmas minőségi csökkentett alkoholtartalmú bor előállítására. Élelmiszer higiénés szempontból az élesztő alkalmasnak bizonyult borkészítésre a gyakorlatban is. A magasabb rendű alkoholok magasabb koncentrációban voltak kimutathatók a kezelt tételekben, ezzel pozitívan hozzájárulva a borok érzékszervi tulajdonságaihoz.*
- 4) *Vizsgálataim alapján kijelenthető, hogy az analitikai, finomanalitikai és érzékszervi tulajdonságok alapján a 40 g/hl-rel kezelt tételek alkalmasak a minőségi alkoholcsökkentett borok előállítására.*
- 5) *A fizikai eljárással történtő alkohol csökkentés glicerín koncentráció csökkenéssel is jár. 1,5 v/v%-os alkohol csökkentés 0,5 g/l glicerín csökkenést eredményezett.*

- 6) *Mérési eredményeim alapján megállapítható, hogy nincs hatással az összes polifenol tartalomra a fizikai eljárással történt alkohol tartalom csökkentés. A magasabb rendű alkoholok azonban csökkenést mutattak 1,5 v/v%-os alkohol csökkentés hatására. Az eljárás csökkenti a magasabb rendű alkoholokat, melyek a későbbiekben a borjelleg (gyümölcsészterek) kialakulásáért felelnek.*
  
- 7) *Továbbá vizsgáltam az alkohol csökkentésen átesett borok nitrogén tartalmú vegyületeinek alakulást, mely alapján megfigyelhető, hogy a prolin koncentrációjában nem történt változás, az AFN esetében pedig a kontroll és 0,5 v/v%-kal csökkentett alkohol tartalom között látható szignifikáns hatás.*

## 8. Összefoglalás

Az egyre szélsőségesebbé váló időjárási körülmények nem csak a mezőgazdaságot érintik, hanem a szőlő-bor ágazatra is hatással vannak. A magasabb hőmérséklet a szőlő fenológiájára is hatással van. A magasabb hőmérséklet a szőlő érési időszakait a szezon egy olyan időpontjára tolja, amely kevésbé kedvező jó minőségű bor előállításához. A klímaváltozás hatására a szőlőbogyóban megnövekedett cukortartalom hatására a borok várható alkoholtartalma is magasabb lesz. Az ilyen magasabb alkoholtartalommal rendelkező borok (14-16 v/v%) sok esetben édeskés, kesernyés ízvilággal jellemezhetők. Erre a problémára megoldást jelenthetnek a különféle alkohol csökkentési eljárások, azonban ehhez ismernünk kell az egyes technikák érzékszervi tulajdonságra gyakorolt hatásait is. Az OIV az élelmiszeriparban is alkalmazható alkohol csökkentési eljárások közül a részleges vákuumbepárlást, membrán technikákat és desztillációt engedélyezi az alkoholtartalom csökkentésére maximum 20%-ban.

Doktori dolgozatomban arra kerestem a választ, hogyan lehet az alkohol tartalmat csökkenteni úgy, hogy mellette végtermékként egy harmonikus bor jöjjön létre. Lehetőségem volt egy olyan kísérleti fázisban lévő speciális élesztőtörzset vizsgálni, mely nem a teljes cukortartalmat hasznosítja alkohollá, hanem egyéb olyan másodlagos erjedési melléktermékekből képez többet, melyek cukrokból képződnek az alkoholos erjedés alatt.

A beoltás két módszerrel valósítható meg:

- 1) ko-inokulációval (nem-*Saccharomyces* élesztő egyidejű beoltása *Saccharomyces cerevisiae*-vel) és
- 2) szekvenált beoltással (az alkoholos erjedést nem-*Saccharomyces* élesztővel kezdik meg és a meghatározott időn belül *Saccharomyces* élesztővel újra beoltják).

A kísérletem során szekvenált beoltást alkalmaztam egy kísérleti fázisban lévő élesztőtörzssel (*Lachancea thermotolerans*) 20 g/hl és 40 g/hl dózissal. Az élesztőtörzset három egymást követő évjáratban (2021-2023) vizsgáltam üzemi körülmények között. Vizsgálataim középpontjában az alapanalitikai paramétereken túl a szervessav-, polifenol-, biogén amin összetétel és magasabb rendű alkoholok, valamint érzékszervi tulajdonságok álltak. Továbbá 2024-ben lehetőségem volt, fizikai eljárással csökkentett palackozott tételek alapanalitikai és finomanalitikai vizsgálatára.

A kapott eredmények alapján kijelenthető, hogy az alkalmazott élesztőtörzs alkalmasnak bizonyult az alkohol csökkentésre, lehetővé téve a szőlő teljes érettségben történő szüretelését. A kísérlet pozitív hozadéka, hogy a borok glicerin koncentrációja által, a borok teltség érzete is fokozódott. Az élesztő hatással van borok savtartalmának növelésére, ezáltal a lágyabbnak bizonyuló évjáratokban az élesztőtörzs pozitívuma, hogy növelni képes a savtartalmat, anélkül

külön savpótlásra lenne szükség. A borok polifenol-összetételének alakulásában is megfigyelhető az élesztő polifenol képződésre gyakorolt pozitív hatása, valamint az évjáráthatása is. A biogén aminokat azok élettani hatásuk miatt vizsgáltam. A hisztamin, mely a leginkább allergén kiváltó tulajdonsággal rendelkezik, egyik évben sem haladta meg a megengedett határértéket. A 2023-as évjáratban a magasabb rendű alkoholok is meghatározásra kerültek, a kontroll boroktól szignifikánsan magasabb mennyiségben voltak kimutathatók a kezelt tételekben. Az érzékszervi bírálat során a fajélesztővel beoltott tételek érték el a legjobb eredményeket, míg a speciális élesztővel kezelt borokat kevésbé jellemezte a virágos illat és gyümölcsös fajtajelleg, valamint a tejsavas illat érezhető volt, viszont az alkoholos illat az alkohol tartalom csökkenésével kevésbé volt kiérezhető.

A fizikai eljárással csökkentett alkoholtartalmú borok esetében nyomon követhető az alkohol tartalom csökkenése a kontroll borhoz képest. A borok extrakt és glicerin tartalmában is enyhe csökkenés volt megfigyelhető. A borok magasabb rendű alkohol koncentrációjában is csökkenés mutatkozott. Tehát ez az eljárás jelentősen elvitte azokat a magasabb rendű alkoholokat, melyek a gyümölcs észterek kialakulásában játszanak fontos szerepet. A borok polifenol-összetételét azonban nem befolyásolta az alkohol csökkentés.

A különböző alkohol csökkentési és mentesítési módszereknél szem előtt kell tartani, hogy az alkoholnak fontos szerepe van a borok stabilizálásában és érzékszervi tulajdonságok kialakításában, hiszen a bor egy vizes-alkoholos elegy, a benne lévő oldott vegyületek egyensúlyban vannak, amennyiben ezt az egyensúlyt megbontjuk, az kihatással lehet a borok érzékszervi megítélésére.

A méréseim alapján a speciális nem-*Saccharomyces* élesztő 40 g/hl-es adagolása eredményesebbnek bizonyult, azonban fontosnak tartom kutatásaimat más borvidékekre és fajtákra kiterjeszteni.

## 9. Summary

The increasingly extreme weather conditions affect not only agriculture in general but also have a direct impact on the grape and wine sector. Elevated temperatures influence grapevine phenology. Higher temperatures shift grape ripening periods to a stage in the season that is less optimal for the production of high-quality wine. Due to climate change, the increased sugar content in grape berries results in higher expected alcohol levels in the wines. Wines with such elevated alcohol contents (14–16% v/v) are often characterized by slightly sweet and bitter taste profiles. Various alcohol-reduction techniques can offer a solution to this issue; however, to apply them effectively, we must understand their impact on the sensory attributes of the wine. Among alcohol-reduction methods applicable in the food industry, the OIV authorizes partial vacuum distillation, membrane techniques, and distillation, allowing alcohol reduction up to a maximum of 20%.

In my doctoral dissertation, I aimed to explore how alcohol content can be reduced while still producing a harmonious final product. I had the opportunity to investigate a special yeast strain which is in the experimental phase that does not convert the entirety of the available sugars into ethanol, instead, it produces a greater proportion of secondary fermentation metabolites that derive from sugars during alcoholic fermentation.

The inoculation can be carried out using two methods:

- co-inoculation (simultaneous inoculation of non-*Saccharomyces* yeast and *Saccharomyces cerevisiae*), and
- sequential inoculation (where alcoholic fermentation is initiated by a non-*Saccharomyces* yeast, followed by reinoculation with *Saccharomyces* within a specified time).

During my experiment, I used sequential inoculation with an experimental yeast strain (*Lachancea thermotolerans*) at doses of 20 g/hl and 40 g/hl. I examined the yeast strain under operating conditions in three consecutive vintages (2021-2023). In addition to basic analytical parameters, my investigations focused on the composition of organic acids, polyphenols, biogenic amines, and higher alcohols, as well as organoleptic properties. Furthermore, in 2024, I had the opportunity to perform basic and fine analytical tests on bottled samples that had been reduced by physical treatments.

Based on the results obtained, it can be stated that the yeast strain used proved to be suitable for reducing alcohol content, allowing the grapes to be harvested at full maturity. A positive outcome of the experiment was that the glycerol concentration of the wines also increased their body. Yeast has an effect on increasing the acidity of wines, so in vintages that prove to be softer, the positive effect of the yeast strain is that it can increase the acidity without the need for additional

acidification. The positive effect of yeast on polyphenol compounds and vintage variation can also be observed in the development of the polyphenol composition of wines. I examined biogenic amines for their physiological effects. Histamine, which has the most allergenic properties, did not exceed the permissible limit in any year. In 2023, higher alcohols were also determined, and they were detected in significantly higher quantities in the treated samples than in the control wines. During organoleptic testing, the wines inoculated with species yeast achieved the best results, while the wines treated with special yeast were less characterized by floral aromas and fruity varietal characteristics, and a lactic acid aroma was noticeable, but the alcoholic aroma was less noticeable with the decrease in alcohol content. In the case of wines with reduced alcohol content using physical methods, a decrease in alcohol content can be observed compared to the control wine. A slight decrease was also observed in the extract and glycerol content of the wines. There was also a decrease in the higher alcohol concentration of the wines. Thus, this process significantly removed the higher alcohols that play an important role in the formation of fruit esters. However, the polyphenol composition of the wines was not affected by the alcohol reduction.

When considering different alcohol reduction and elimination methods, it is important to consider that alcohol plays an important role in stabilizing wines and developing their organoleptic characteristics, as wine is an aqueous-alcoholic complex and the dissolved compounds in it are in balance. If this balance is disturbed, it may affect the organoleptic perception of wines.

Based on my measurements, a use of 40 g/hl of special non-*Saccharomyces* yeast proved to be more effective, but I consider it important to extend my research to other wine regions and varieties.

## 10. Mellékletek

### M1. Irodalomjegyzék

- Adams, D.O., 2006. Phenolics and Ripening in Grape Berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 57, 249–256.
- Akhtar, W., Ceci, A.T., Longo, E., Marconi, M.A., Lonardi, F., Boselli, E., 2025. Dealcoholized wine: Techniques, sensory impacts, stability, and perspectives of a growing industry. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 24, e70171. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70171>
- Alatzas, A., Theocharis, S., Miliordos, D.-E., Leontaridou, K., Kanellis, A.K., Kotseridis, Y., Hatzopoulos, P., Koundouras, S., 2021. The Effect of Water Deficit on Two Greek *Vitis vinifera* L. Cultivars: Physiology, Grape Composition and Gene Expression during Berry Development. *Plants* 10, 1947. <https://doi.org/10.3390/plants10091947>
- Alem, H., Rigou, P., Schneider, R., Ojeda, H., Torregrosa, L., 2019. Impact of agronomic practices on grape aroma composition: a review. *J. Sci. Food Agric.* 99, 975–985. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9327>
- Alston, J.M., Fuller, K.B., Lapsley, J.T., Soleas, G., Tumber, K.P., 2015. Splendide Mendax: False Label Claims About High and Rising Alcohol Content of Wine. *J. Wine Econ.* 10, 275–313. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.33>
- An, J., Zhang, Z., Jin, A., Tan, M., Jiang, S. and Li, Y. 2025. A Critical Review of Alcohol Reduction Methods for Red Wines From the Perspective of Phenolic Compositions. *Food Sci Nutr*, 13: e70401. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70401>
- Andersen, G., Marcinek, P., Sulzinger, N., Schieberle, P., Krautwurst, D., 2019. Food sources and biomolecular targets of tyramine. *Nutr. Rev.* 77, 107–115. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy036>
- Anfang, N., Brajkovich, M., Goddard, M. r., 2009. Co-fermentation with *Pichia kluyveri* increases varietal thiol concentrations in Sauvignon Blanc. *Aust. J. Grape Wine Res.* 15, 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00031.x>
- Arias LA, Berli F, Fontana, A, Bottini R.; Piccoli, P 2022. Climate Change Effects on Grapevine Physiology and Biochemistry: Benefits and Challenges of High Altitude as an Adaptation Strategy. *Front. Plant Sci.* 13:835425. doi: 10.3389/fpls.2022.835425
- Austin, M.E., Bondari, K., 1988. A study of cultural and environmental factors on the yield of *Vitis rotundifolia*. *Sci. Hortic.* 34, 219–227. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(88\)90095-7](https://doi.org/10.1016/0304-4238(88)90095-7)
- Balikci, E.K., Tangler, H., Jolly, N.P., Erten, H., 2016. Influence of *Lachancea thermotolerans* on cv. Emir wine fermentation. *Yeast* 33, 313–321. <https://doi.org/10.1002/yea.3166>
- Ballester-Tomás, L., Prieto, J.A., Gil, J.V., Baeza, M., Randez-Gil, F., 2017. The Antarctic yeast *Candida sake*: Understanding cold metabolism impact on wine. *Int. J. Food Microbiol.* 245, 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.01.009>
- Barrett, J.S., Hochadel, T.J., Morales, R.J., Rohatagi, S., DeWitt, K.E., Watson, S.K., Darnow, J., Azzaro, A.J., DiSanto, A.R., 1997. Pressor response to tyramine after single 24-hour application of a selegiline transdermal system in healthy males. *J. Clin. Pharmacol.* 37, 238–247. <https://doi.org/10.1002/j.1552-4604.1997.tb04786.x>
- Beckner Whitener, M.E., Carlin, S., Jacobson, D., Weighill, D., Divol, B., Conterno, L., Du Toit, M., Vrhovsek, U., 2015. Early fermentation volatile metabolite profile of non-Saccharomyces yeasts in red and white grape must: A targeted approach. *LWT - Food Sci. Technol.* 64, 412–422. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.018>
- Beckner Whitener, M.E., Stanstrup, J., Panzeri, V., Carlin, S., Divol, B., Du Toit, M., Vrhovsek, U., 2016. Untangling the wine metabolome by combining untargeted SPME–GCxGC–TOF–MS and sensory analysis to profile Sauvignon blanc co-fermented with seven different yeasts. *Metabolomics* 12, 53. <https://doi.org/10.1007/s11306-016-0962-4>
- Belda, I.; Ruiz, J.; Alastruey-Izquierdo, A.; Navascués, E.; Marquina, D.; Santos, A. 2016. Unraveling the Enzymatic Basis of Wine “Flavorome”: A Phylo-Functional Study of Wine Related Yeast Species. *Front. Microbiol.* 7, 1–13.
- Bely, M., Stoeckle, P., Masneuf-Pomarède, I., Dubourdieu, D., 2008. Impact of mixed *Torulaspora delbrueckii*–*Saccharomyces cerevisiae* culture on high-sugar fermentation. *Int. J. Food Microbiol.* 122, 312–320. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.023>
- Benito, Á., Palomero, F., Calderón, F., Benito, S., 2015. Quality and Composition of Airen Wines Fermented by Sequential Inoculation of *Lachancea thermotolerans* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Technol. Biotechnol.* 54. <https://doi.org/10.17113/ftb.54.02.16.4220>
- Benito, S., Hofmann, T., Laier, M., Lochbühler, B., Schüttler, A., Ebert, K., Fritsch, S., Röcker, J., Rauhut, D., 2015. Effect on quality and composition of Riesling wines fermented by sequential inoculation with non-Saccharomyces and *Saccharomyces cerevisiae*. *Eur. Food Res. Technol.* 241, 707–717. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2497-8>

- Bernardo, S., Dinis, L.-T., Machado, N., Moutinho-Pereira, J., 2018. Grapevine abiotic stress assessment and search for sustainable adaptation strategies in Mediterranean-like climates. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 38, 66. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0544-0>
- Biasi, F., Deiana, M., Guina, T., Gamba, P., Leonarduzzi, G., Poli, G., 2014. Wine consumption and intestinal redox homeostasis. *Redox Biol.* 2, 795–802. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2014.06.008>
- Bindi, M., Fibbi, L., Miglietta, F., 2001. Free Air CO<sub>2</sub> Enrichment (FACE) of grapevine (*Vitis vinifera* L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO<sub>2</sub> concentrations. *Eur. J. Agron.* 14, 145–155. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00093-9](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00093-9)
- Bindon, K.A., Dry, P.R., Loveys, B.R., 2007. Influence of Plant Water Status on the Production of C<sup>13</sup>-Norisoprenoid Precursors in *Vitis vinifera* L. Cv. Cabernet Sauvignon Grape Berries. *J. Agric. Food Chem.* 55, 4493–4500. <https://doi.org/10.1021/jf063331p>
- Bisson, L.F., 1999. Stuck and Sluggish Fermentations. *Am. J. Enol. Vitic.* 50, 107–119.
- Biyela B.N.E., Wessel du Toit, Divol B, Danie Malherbe, Pierre van Rensburg, 2009. The production of reduced-alcohol wines using Gluzyme Mono® 10.000 BG-treated grape juice. *South Afr. J. Enol. Vitic.* 30. <https://doi.org/10.21548/30-2-1432>
- Blancquaert, E. H., Oberholster, A., Ricardo-da-Silva, J.M., Deloire, A.J., 2019a. Effects of abiotic factors on phenolic compounds in the Grape Nerry - a review. *South Afr. J. Enol. Vitic.* 40, 1–14.
- Blancquaert, Erna H., Oberholster, A., Ricardo-da-Silva, J.M., Deloire, A.J., 2019b. Grape Flavonoid Evolution and Composition Under Altered Light and Temperature Conditions in Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.). *Front. Plant Sci.* 10.
- Borneman, A.R., Chambers, P.J., Pretorius, I.S., 2007. Yeast systems biology: modelling the winemaker's art. *Trends Biotechnol.* 25, 349–355. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2007.05.006>
- Böttcher, C., Harvey, K., Forde, C.G., Boss, P.K., Davies, C., 2011. Auxin treatment of pre-veraison grape (*Vitis vinifera* L.) berries both delays ripening and increases the synchronicity of sugar accumulation. *Aust. J. Grape Wine Res.* 17, 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2010.00110.x>
- Box, G. E. P. and Cox, D. R. (1964). An analysis of transformations, *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 26, 211-252.
- Brandt, M., Scheidweiler, M., Rauhut, D., Patz, C.-D., Will, F., Zorn, H., Stoll, M., 2019. The influence of temperature and solar radiation on phenols in berry skin and maturity parameters of *Vitis vinifera* L. cv. Riesling: This article is published in cooperation with the 21th GIESCO International Meeting, June 23-28 2019, Thessaloniki, Greece. Guests editors: Stefanos Koundouras and Laurent Torregrosa. *OENO One* 53. <https://doi.org/10.20870/oenone.2019.53.2.2424>
- Brillante, L., Martínez-Lüscher, J., Kurtural, S.K., 2018. Applied water and mechanical canopy management affect berry and wine phenolic and aroma composition of grapevine (*Vitis vinifera* L., cv. Syrah) in Central California. *Sci. Hortic.* 227, 261–271. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.048>
- Bucher, T., Deroover, K., Stockley, C., 2018. Low-Alcohol Wine: A Narrative Review on Consumer Perception and Behaviour. *Beverages* 4, 82. <https://doi.org/10.3390/beverages4040082>
- Bui, K., Dick, R., Moulin, G., Galzy, P., 1988. Partial Concentration of Red Wine by Reverse Osmosis. *J. Food Sci.* 53, 647–648. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb07776.x>
- Bureau, S.M., Razungles, A.J., Baumes, R.L., 2000. The aroma of Muscat of Frontignan grapes: effect of the light environment of vine or bunch on volatiles and glycoconjugates. *J. Sci. Food Agric.* 80, 2012–2020. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200011\)](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200011))
- Buttrose, M.S., Hale, C.R., Kliewer, W.M., 1971. Effect of Temperature on the Composition of “Cabernet Sauvignon” Berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 22, 71–75.
- Calvo, J.I., Asensio, J., Sainz, D., Zapatero, R., Carracedo, D., Fernández-Fernández, E., Prádanos, P., Palacio, L., Hernández, A. 2022. Membrane Dialysis for Partial Dealcoholization of White Wines. *Membranes* 12, 468. <https://doi.org/10.3390/membranes12050468>
- Calvo, J.I., Rodríguez, D., Fernández-Fernández, E., Prádanos, P., Palacio, L. and Hernández, A. 2025. Membrane dialysis for partial dealcoholization of wine. Comparison between white and red wines. *J Sci Food Agric.* <https://doi.org/10.1002/jsfa.70300> Epub ahead of print. PMID: 41189336.
- Canonico, L., Comitini, F., Oro, L., Ciani, M., 2016. Sequential Fermentation with Selected Immobilized Non-Saccharomyces Yeast for Reduction of Ethanol Content in Wine. *Front. Microbiol.* 7.
- Canonico, L., Solomon, M., Comitini, F., Ciani, M., Varela, C., 2019. Volatile profile of reduced alcohol wines fermented with selected non-Saccharomyces yeasts under different aeration conditions. *Food Microbiol.* 84, 103247. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103247>
- Capozzi, V., Di Toro, M.R., Grieco, F., Michelotti, V., Salma, M., Lamontanara, A., Russo, P., Orrù, L., Alexandre, H., Spano, G., 2016. Viable But Not Culturable (VBNC) state of *Brettanomyces bruxellensis* in wine: New insights on molecular basis of VBNC behaviour using a transcriptomic approach. *Food Microbiol.* 59, 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.06.007>
- Capece, A., Granchi, L., Guerrini, S., Mangani, S., Romaniello, R., Vincenzini, M., Romano, P., 2016. Diversity of *Saccharomyces cerevisiae* Strains Isolated from Two Italian Wine-Producing Regions. *Front. Microbiol.* 7, 1018

- Capece, A., Romano, P., 2019. Yeasts and Their Metabolic Impact on Wine Flavour, in: Romano, P., Ciani, M., Fleet, G.H. (Eds.), *Yeasts in the Production of Wine*. Springer, New York, NY, pp. 43–80. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9782-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9782-4_2)
- Cataldo, E., Eichmeier, A., & Mattii, G. B. 2023. Effects of Global Warming on Grapevine Berries Phenolic Compounds—A Review. *Agronomy*, 13(9), 2192. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092192>
- Chapman, D.M., Roby, G., Ebeler, S.E., Guinard, J.-X., Matthews, M.A., 2005. Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different water status. *Aust. J. Grape Wine Res.* 11, 339–347. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00033.x>
- Chrysochou, P., 2014. Drink to get drunk or stay healthy? Exploring consumers' perceptions, motives and preferences for light beer. *Food Qual. Prefer.* 31, 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.08.006>
- Ciani, M., Comitini, F., 2006. Influence of Temperature and Oxygen Concentration on the Fermentation Behaviour of *Candida Stellata* in Mixed Fermentation with *Saccharomyces Cerevisiae*. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 22, 619–623. <https://doi.org/10.1007/s11274-005-9080-6>
- Ciani, M., Maccarelli, F., 1997. Oenological properties of non-*Saccharomyces* yeasts associated with wine-making. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 14, 199–203. <https://doi.org/10.1023/A:1008825928354>
- Ciani, M.; Comitini, F.; Mannazzu, I.; Domizio, P. 2010. Controlled Mixed Culture Fermentation: A New Perspective on the Use of Non-*Saccharomyces* Yeasts in Winemaking. *FEMS Yeast Res.*, 10, 123–133.
- Ciani, M., Morales, P., Comitini, F., Tronchoni, J., Canonico, L., Curiel, J.A., Oro, L., Rodrigues, A.J., Gonzalez, R., 2016. Non-conventional Yeast Species for Lowering Ethanol Content of Wines. *Front. Microbiol.* 7.
- Comitini, F., Gobbi, M., Domizio, P., Romani, C., Lencioni, L., Mannazzu, I., Ciani, M., 2011. Selected non-*Saccharomyces* wine yeasts in controlled multistarter fermentations with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiol.* 28, 873–882. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.12.001>
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A.C.P., Tavares, R.M., Sousa, M.J., Agasse, A., Delrot, S., Gerós, H., 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food*, 1, 1–22.
- Contreras, A., Hidalgo, C., Henschke, P.A., Chambers, P.J., Curtin, C., Varela, C., 2014. Evaluation of Non-*Saccharomyces* Yeasts for the Reduction of Alcohol Content in Wine. *Appl. Environ. Microbiol.* 80, 1670–1678. <https://doi.org/10.1128/AEM.03780-13>
- Contreras, A., Hidalgo, C., Schmidt, S., Henschke, P.A., Curtin, C., Varela, C., 2015. The application of non-*Saccharomyces* yeast in fermentations with limited aeration as a strategy for the production of wine with reduced alcohol content. *Int. J. Food Microbiol.* 205, 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.027>
- Costa, C., Graça, A., Fontes, N., Teixeira, M., Gerós, H., Santos, J.A., 2020. The Interplay between Atmospheric Conditions and Grape Berry Quality Parameters in Portugal. *Appl. Sci.* 10, 4943. <https://doi.org/10.3390/app10144943>
- Costa, R., Fraga, H., Fonseca, A., García de Cortázar-Atauri, I., Val, M.C., Carlos, C., Reis, S., Santos, J.A., 2019. Grapevine Phenology of cv. Touriga Franca and Touriga Nacional in the Douro Wine Region: Modelling and Climate Change Projections. *Agronomy* 9, 210. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040210>
- Costantini, A., Vaudano, E., Pulcini, L., Carafa, T., Garcia-Moruno, E., 2019. An Overview on Biogenic Amines in Wine. *Beverages* 5, 19. <https://doi.org/10.3390/beverages5010019>
- Costello, P.J., Francis, I.L., Bartowsky, E.J., 2012. Variations in the effect of malolactic fermentation on the chemical and sensory properties of Cabernet Sauvignon wine: interactive influences of *Oenococcus oeni* strain and wine matrix composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18: 287–301. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2012.00196.x>
- Cray, J.A., Bell, A.N.W., Bhaganna, P., Mswaka, A.Y., Timson, D.J., Hallsworth, J.E., 2013. The biology of habitat dominance; can microbes behave as weeds? *Microb. Biotechnol.* 6, 453–492. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12027>
- Cueva, C., Gil-Sánchez, I., Ayuda-Durán, B., González-Manzano, S., González-Paramás, A.M., Santos-Buelga, C., Bartolomé, B., Moreno-Arribas, M.V., 2017. An Integrated View of the Effects of Wine Polyphenols and Their Relevant Metabolites on Gut and Host Health. *Molecules* 22, 99. <https://doi.org/10.3390/molecules22010099>
- Culleré, Laura, Escudero, A., Cacho, J., Ferreira, V., 2004. Gas Chromatography–Olfactometry and Chemical Quantitative Study of the Aroma of Six Premium Quality Spanish Aged Red Wines. *J. Agric. Food Chem.* 52, 1653–1660. <https://doi.org/10.1021/jf0350820>
- Čuš, F., Jenko, M., 2013. The Influence of Yeast Strains on the Composition and Sensory Quality of Gewürztraminer Wine. *Food Technol. Biotechnol.* 51, 547–553.
- d'Hauteville, F., 1994. Consumer Acceptance of Low Alcohol Wines. *Int. J. Wine Mark.* 6, 35–48. <https://doi.org/10.1108/eb008625>
- Daglia, M., 2012. Polyphenols as antimicrobial agents. *Curr. Opin. Biotechnol.*, Food biotechnology - Plant biotechnology 23, 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.007>
- Dashko, S., Zhou, N., Tinta, T., Sivilotti, P., Sternad Lemut, M., Trost, K., Gamero, A., Boekhout, T., Butinar, L., Vrhovsek, U., Piskur, J., 2015. Use of non-conventional yeast improves the wine aroma profile of Ribolla Gialla, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, Volume 42, Issue 7, Pages 997–1010, <https://doi.org/10.1007/s10295-015-1620-y>

- David, D.J., Gardier, A.M., 2016. The pharmacological basis of the serotonin system: Application to antidepressant response. *L'Encephale* 42, 255–263. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2016.03.012>
- Deluc, L.G., Grimplet, J., Wheatley, M.D., Tillett, R.L., Quilici, D.R., Osborne, C., Schooley, D.A., Schlauch, K.A., Cushman, J.C., Cramer, G.R., 2007. Transcriptomic and metabolite analyses of Cabernet Sauvignon grape berry development. *BMC Genomics* 8, 429. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-8-429>
- Di Gianvito, P., Perpetuini, G., Tittarelli, F., Schirone, M., Arfelli, G., Piva, A., Patrignani, F., Lanciotti, R., Olivastri, L., Suzzi, G., Tofalo, R., 2018. Impact of *Saccharomyces cerevisiae* strains on traditional sparkling wines production. *Food Res. Int.* 109, 552–560. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.070>
- Díaz, C., Molina, A.M., Nähring, J., Fischer, R., 2013. Characterization and Dynamic Behavior of Wild Yeast during Spontaneous Wine Fermentation in Steel Tanks and Amphorae. *BioMed Res. Int.* 2013, e540465. <https://doi.org/10.1155/2013/540465>
- Domizio, P., Liu, Y., Bisson, L.F., Barile, D., 2017. Cell wall polysaccharides released during the alcoholic fermentation by *Schizosaccharomyces pombe* and *S. japonicus*: quantification and characterization. *Food Microbiol.* 61, 136–149. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.08.010>
- Drappier, J., Thibon, C., Rabot, A., Geny-Denis, L., 2019. Relationship between wine composition and temperature: Impact on Bordeaux wine typicity in the context of global warming—Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 59, 14–30. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1355776>
- Duchêne, E., Schneider, C., 2005. Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. *Agron. Sustain. Dev.* 25, 93–99. <https://doi.org/10.1051/agro:2004057>
- Düring, H., 1986. ABA and water stress in grapevines. *Acta Hort.* 413–420. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1986.179.63>
- El-Dalatony, M.M., Saha, S., Govindwar, S.P., Abou-Shanab, R.A.I., Jeon, B.-H., 2019. Biological Conversion of Amino Acids to Higher Alcohols. *Trends Biotechnol.* 37, 855–869. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2019.01.011>
- Englezos, V., Rantsiou, K., Cravero, F., Torchio, F., Ortiz-Julien, A., Gerbi, V., Rolle, L., Coccolin, L., 2016. *Starmerella bacillaris* and *Saccharomyces cerevisiae* mixed fermentations to reduce ethanol content in wine. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 100, 5515–5526. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7413-z>
- Englezos, V., Rantsiou, K., Torchio, F., Rolle, L., Gerbi, V., Coccolin, L., 2015. Exploitation of the non-*Saccharomyces* yeast *Starmerella bacillaris* (synonym *Candida zemplinina*) in wine fermentation: Physiological and molecular characterizations. *Int. J. Food Microbiol.* 199, 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.01.009>
- Erten, H., Tanguler, H., 2010. Influence of *Williopsis saturnus* yeasts in combination with *Saccharomyces cerevisiae* on wine fermentation. *Lett. Appl. Microbiol.* 50, 474–479. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2010.02822.x>
- Esteras-Saz, J.; de la Iglesia, Ó.; Peña, C.; Escudero, A.; Téllez, C.; Coronas, J. 2021. Theoretical and Practical Approach to the Dealcoholization of Water-Ethanol Mixtures and Red Wine by Osmotic Distillation. *Sep. Purif. Technol.*, 270.
- Esteras-Saz, J.; de la Iglesia, Ó.; Kumakiri, I.; Peña, C.; Escudero, A.; Téllez, C.; Coronas, J. 2023. Pervaporation of the Low Ethanol Content Extracting Stream Generated from the Dealcoholization of Red Wine by Membrane Osmotic Distillation. *J. Ind. Eng. Chem.*, 122, 231–240.
- Fahad, S., Bajwa, A.A., Nazir, U., Anjum, S.A., Farooq, A., Zohaib, A., Sadia, S., Nasim, W., Adkins, S., Saud, S., Ihsan, M.Z., Alharby, H., Wu, C., Wang, D., Huang, J., 2017. Crop Production under Drought and Heat Stress: Plant Responses and Management Options. *Front. Plant Sci.* 8, 1147. doi: 10.3389/fpls.2017.01147
- Fernandes de Oliveira, A., Mercenaro, L., Del Caro, A., Pretti, L., Nieddu, G., 2015. Distinctive Anthocyanin Accumulation Responses to Temperature and Natural UV Radiation of Two Field-Grown *Vitis vinifera* L. Cultivars. *Molecules* 20, 2061–2080. <https://doi.org/10.3390/molecules20022061>
- Ferrandino, A., Lovisolo, C., 2014. Abiotic stress effects on grapevine (*Vitis vinifera* L.): Focus on abscisic acid-mediated consequences on secondary metabolism and berry quality. *Environ. Exp. Bot., Response to abiotic stresses of plants of Mediterranean-type ecosystems* 103, 138–147. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.10.012>
- Figueroa Paredes D.A., Assof M., Sánchez R.J., Sari S., Catania A., Fanzone M., Espinosa J. 2024. Partial dealcoholization of a Malbec wine through pervaporation with a PDMS membrane: Effect of operation temperature on process economics, volatile aroma composition and sensory properties Separation and Purification Technology 335 Paper: 126076
- Fischer, U., Noble, A.C., 1994. The Effect of Ethanol, Catechin Concentration, and pH on Sourness and Bitterness of Wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 45, 6–10. <https://doi.org/10.5344/ajev.1994.45.1.6>
- Fleet, G.H., 1990. Growth of yeasts during wine fermentations. *J. Wine Res.* 1, 211–223. <https://doi.org/10.1080/09571269008717877>
- Fontoin, H., Saucier, C., Teissedre, P.-L., Glories, Y., 2008. Effect of pH, ethanol and acidity on astringency and bitterness of grape seed tannin oligomers in model wine solution. *Food Qual. Prefer.* 19, 286–291. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.08.004>
- Fraga, H., Costa, R., Moutinho-Pereira, J., Correia, C.M., Dinis, L.-T., Gonçalves, I., Silvestre, J., Eiras-Dias, J., Malheiro, A.C., Santos, J.A., 2015. Modeling Phenology, Water Status, and Yield Components of Three

- Portuguese Grapevines Using the STICS Crop Model. *Am. J. Enol. Vitic.* 66, 482–491. <https://doi.org/10.5344/ajev.2015.15031>
- Fraga, H., Santos, J.A., Moutinho-Pereira, J., Carlos, C., Silvestre, J., Eiras-Dias, J., Mota, T., Malheiro, A.C., 2016. Statistical modelling of grapevine phenology in Portuguese wine regions: observed trends and climate change projections. *J. Agric. Sci.* 154, 795–811. <https://doi.org/10.1017/S0021859615000933>
- Gambetta, G.A., Herrera, J.C., Dayer, S., Feng, Q., Hochberg, U., Castellarin, S.D., 2020. The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. *J. Exp. Bot.* 71, 4658–4676. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa245>
- Garavaglia, J., Schneider, R. de C. de S., Camargo Mendes, S.D., Welke, J.E., Zini, C.A., Caramão, E.B., Valente, P., 2015. Evaluation of *Zygosaccharomyces bailii* BCV 08 as a co-starter in wine fermentation for the improvement of ethyl esters production. *Microbiol. Res.* 173, 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.02.002>
- García, M., Esteve-Zarzoso, B., Cabellos, J.M., Arroyo, T., 2020. Sequential Non-Saccharomyces and Saccharomyces cerevisiae Fermentations to Reduce the Alcohol Content in Wine. *Fermentation* 6, 60. <https://doi.org/10.3390/fermentation6020060>
- Garofalo, C., Arena, M.P., Laddomada, B., Cappello, M.S., Bleve, G., Grieco, F., Beneduce, L., Berbegal, C., Spano, G., Capozzi, V., 2016. Starter Cultures for Sparkling Wine. *Fermentation* 2, 21. <https://doi.org/10.3390/fermentation2040021>
- Gobbi, M., Comitini, F., Domizio, P., Romani, C., Lencioni, L., Mannazzu, I., Ciani, M., 2013. *Lachancea thermotolerans* and *Saccharomyces cerevisiae* in simultaneous and sequential co-fermentation: A strategy to enhance acidity and improve the overall quality of wine. *Food Microbiol.* 33, 271–281. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.10.004>
- Godden, P., Wilkes, E., Johnson, D., 2015. Trends in the composition of Australian wine 1984–2014. *Aust. J. Grape Wine Res.* 21, 741–753. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12195>
- Goldner, M.C., Zamora, M.C., Di Leo Lira, P., Gianninoto, H., Bandoni, A., 2009. Effect of Ethanol Level in the Perception of Aroma Attributes and the Detection of Volatile Compounds in Red Wine. *J. Sens. Stud.* 24, 243–257. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2009.00208.x>
- González-Royo, E., Pascual, O., Kontoudakis, N., Esteruelas, M., Esteve-Zarzoso, B., Mas, A., Canals, J.M., Zamora, F., 2015. Oenological consequences of sequential inoculation with non-Saccharomyces yeasts (*Torulaspora delbrueckii* or *Metschnikowia pulcherrima*) and *Saccharomyces cerevisiae* in base wine for sparkling wine production. *Eur. Food Res. Technol.* 240, 999–1012. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2404-8>
- Goold, H.D., Kroukamp, H., Williams, T.C., Paulsen, I.T., Varela, C., Pretorius, I.S., 2017. Yeast's balancing act between ethanol and glycerol production in low-alcohol wines. *Microb. Biotechnol.* 10, 264–278. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12488>
- Gouot, J.C., Smith, J.P., Holzapfel, B.P., Walker, A.R., Barril, C., 2019. Grape berry flavonoids: a review of their biochemical responses to high and extreme high temperatures. *J. Exp. Bot.* 70, 397–423. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery392>
- Greer, D.H., Weston, C., 2010. Heat stress affects flowering, berry growth, sugar accumulation and photosynthesis of *Vitis vinifera* cv. Semillon grapevines grown in a controlled environment. *Funct. Plant Biol.* 37, 206–214. <https://doi.org/10.1071/FP09209>
- Guld, Zs., Rácz, A., Tima, H., Kállay, M., Nyitrainé Sárdy, D. 2019. Effects of aging in oak barrels on the trans-resveratrol and anthocyanin concentration of red wines from Hungary ACTA ALIMENTARIA: AN INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD SCIENCE Volume 48 Issue 3 pp. 349-357., 9 p.
- Gutiérrez-Escobar, R., Aliaño-González, M.J., Cantos-Villar, E., 2021. Wine Polyphenol Content and Its Influence on Wine Quality and Properties: A Review. *Molecules* 26, 718. <https://doi.org/10.3390/molecules26030718>
- Gyires, K., Fürst, Zs., 2011. Gyires Klara - Fürst Zsuzsanna Farmakologia p.752 2011 0001 524 toaz.info. URL <https://toaz.info/doc-view-3> (accessed 7.29.24).
- Hajdu E., 2022. Az illatos Tramini és értékes utódai. Magyar Mezőgazdaság. <https://magyarmezogazdasag.hu/2022/12/05/az-illatos-tramini-es-ertekes-utodai>
- Hajdu, E., Kővágó, R., 2015. A Generosa szőlőtökének és borának értékei *Borászati Füzetek*. 25. 3. p. 6-12.
- Hannah, L., Roehrdanz, P.R., Ikegami, M., Shepard, A.V., Shaw, M.R., Tabor, G., Zhi, L., Marquet, P.A., Hijmans, R.J., 2013. Climate change, wine, and conservation. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110, 6907–6912. <https://doi.org/10.1073/pnas.1210127110>
- Hardie, W.J., Martin, S.R., 2000. Shoot growth on de-fruited grapevines: a physiological indicator for irrigation scheduling. *Aust. J. Grape Wine Res.* 6, 52–58. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00162.x>
- He, F., Mu, L., Yan, G.-L., Liang, N.-N., Pan, Q.-H., Wang, J., Reeves, M.J., Duan, C.-Q., 2010. Biosynthesis of Anthocyanins and Their Regulation in Colored Grapes. *Molecules* 15, 9057–9091. <https://doi.org/10.3390/molecules15129057>
- Hernández, T., Estrella, I., Pérez-Gordo, M., Alegría, E.G., Tenorio, C., Moreno-Arribas, M.V., 2007. Contribution of Malolactic Fermentation by *Oenococcus Oeni* and *Lactobacillus Plantarum* to the Changes in the Nonanthocyanin Polyphenolic Composition of Red Wine. *J. Agric. Food Chem.* 55, 5260–5266. <https://doi.org/10.1021/jf063638o>

- Hidvégi E., 2018. Hogyan kerül a hisztamin az asztalra? <https://www.ameganet.hu/wp-content/uploads/2018/10/Hogyan-kerul-a-hisztamin-az-asztalra.pdf> (accessed 25.7.24).
- Hirst, M.B., Richter, C.L., 2016. Review of Aroma Formation through Metabolic Pathways of *Saccharomyces cerevisiae* in Beverage Fermentations. *Am. J. Enol. Vitic.* 67, 361–370. <https://doi.org/10.5344/ajev.2016.15098>
- Hranilovic, A., Gambetta, J.M., Jeffery, D.W., Grbin, P.R., Jiranek, V., 2020. Lower-alcohol wines produced by *Metschnikowia pulcherrima* and *Saccharomyces cerevisiae* co-fermentations: The effect of sequential inoculation timing. *Int. J. Food Microbiol.* 329, 108651. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108651>
- Hu, K., Jin, G.-J., Xu, Y.-H., Tao, Y.-S., 2018. Wine aroma response to different participation of selected *Hanseniaspora uvarum* in mixed fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Res. Int.* 108, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.037>
- Hu, K.; Zhu, X.L.; Mu, H.; Ma, Y.; Ullah, N.; Tao, Y.S. 2016. A Novel Extracellular Glycosidase Activity from *Rhodotorula mucilaginosa*: Its Application Potential in Wine Aroma Enhancement. *Lett. Appl. Microbiol.* 62, 169–176.
- Hufnagel, J.C., Hofmann, T., 2008. Quantitative Reconstruction of the Nonvolatile Sensometabolome of a Red Wine. *J. Agric. Food Chem.* 56, 9190–9199. <https://doi.org/10.1021/jf801742w>
- IBM SPSS Statistics, Version 29.0.1.0 (171), IBM Corp., Armonk, NY, USA
- IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Climate change 2013—the physical science basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press
- Italiano, L., Kumar, Y., Schmitt, M., & Christmann, M. 2025. Comparison of the principal production methods for dealcoholised wine based on analytical parameters: This is an original research article submitted in cooperation with Macrowine 2025. *OENO One*, 59(2). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2025.59.2.8488>
- Ivić, S., Jeromel, A., Kozina, B., Prusina, T., Budić-Leto, I., Boban, A., Vasilj, V., Jagatić Korenika, A.-M. 2024. Sequential Fermentation in Red Wine cv. Babić Production: The Influence of *Torulasporea delbrueckii* and *Lachancea thermotolerans* Yeasts on the Aromatic and Sensory Profile. *Foods*, 13(13), 2000. <https://doi.org/10.3390/foods13132000>
- Ivit, N.N., Longo, R., Kemp, B., 2020. The Effect of Non-*Saccharomyces* and *Saccharomyces Non-Cerevisiae* Yeasts on Ethanol and Glycerol Levels in Wine. *Fermentation* 6, 77. <https://doi.org/10.3390/fermentation6030077>
- Izquierdo-Cañas, P.M., del Fresno, J.M., Malfeito-Ferreira, M., Mena-Morales, A., García-Romero, E., Heras, J.M., Loira, I., González, C., Morata, A., 2025. Wine bioacidification: Fermenting Airén grape juices with *Lachancea thermotolerans* and *Metschnikowia pulcherrima* followed by sequential *Saccharomyces cerevisiae* inoculation. *Int. J. Food Microbiol.* 427, 110977. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110977>
- Jolly, N.P., Varela, C., Pretorius, I.S., 2014. Not your ordinary yeast: non-*Saccharomyces* yeasts in wine production uncovered. *FEMS Yeast Res.* 14, 215–237. <https://doi.org/10.1111/1567-1364.12111>
- Jones, G.V., Davis, R.E., 2000. Climate Influences on Grapevine Phenology, Grape Composition, and Wine Production and Quality for Bordeaux, France. *Am. J. Enol. Vitic.* 51, 249–261.
- Jones, G.V., White, M.A., Cooper, O.R., Storchmann, K., 2005. Climate Change and Global Wine Quality. *Clim. Change* 73, 319–343. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-4704-2>
- Jones, L., Bellis, M., 2012. Can promotion of lower alcohol products help reduce consumption? A rapid review. Liverpool John Moores University. North West Public Health Observatory ISBN 9781908929051
- Jordán, M.J., Margaría, C.A., Shaw, P.E., Goodner, K.L., 2002. Aroma Active Components in Aqueous Kiwi Fruit Essence and Kiwi Fruit Puree by GC-MS and Multidimensional GC/GC-O. *J. Agric. Food Chem.* 50, 5386–5390. <https://doi.org/10.1021/jf020297f>
- Jordão, A.M., Vilela, A., Cosme, F., 2015. From Sugar of Grape to Alcohol of Wine: Sensorial Impact of Alcohol in Wine. *Beverages* 1, 292–310. <https://doi.org/10.3390/beverages1040292>
- Juclas: <https://www.juclas.it/index.cfm/en/products/mastermind-remove/> (utoljára megtekintve: 14.11.2025)
- Kállay M. 2014. Borászati kémia. 2. kötet. Budapest. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó Kft. p. 31-132.
- Kähkönen, P., Hakanpää, P., Tuorila, H., 1999. The Effect of Information Related to Fat Content and Taste on Consumer Responses to a Reduced-Fat Frankfurter and a Reduced-Fat Chocolate Bar. *J. Sens. Stud.* 14, 35–46. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1999.tb00103.x>
- Kitson, S.L., 2007. 5-hydroxytryptamine (5-HT) receptor ligands. *Curr. Pharm. Des.* 13, 2621–2637. <https://doi.org/10.2174/138161207781663000>
- Kneip, A. ; Bene, Zs. ; Kovács, T. ; Molnár, P. 2021. Furmint borok polifenol-tartalmának csökkentési lehetősége árnyékolással és növénykondicionáló készítménnyel történő kezeléssel a Tokaji borvidéken. *BORÁSZATI FÜZETEK* 31 : 6 pp. 22-27. , 6 p.
- Kontoudakis, Esteruelas, M., Fort, F., Canals, J.M., Zamora, F., 2011. Use of unripe grapes harvested during cluster thinning as a method for reducing alcohol content and pH of wine - *Australian Journal of Grape and Wine Research* 17, 230–238.
- Koponen, J.M., Happonen, A.M., Mattila, P.H., Törrönen, A.R., 2007. Contents of Anthocyanins and Ellagitannins in Selected Foods Consumed in Finland. *J. Agric. Food Chem.* 55, 1612–1619. <https://doi.org/10.1021/jf062897a>

- Koufos, G., Mavromatis, T., Koundouras, S., Fyllas, N.M., Jones, G.V., 2014. Viticulture–climate relationships in Greece: the impacts of recent climate trends on harvest date variation. *Int. J. Climatol.* 34, 1445–1459. <https://doi.org/10.1002/joc.3775>
- Koundouras, S., Hatzidimitriou, E., Karamolegkou, M., Dimopoulou, E., Kallithraka, S., Tsialtas, J.T., Zioziou, E., Nikolaou, N., Kotseridis, Y., 2009. Irrigation and Rootstock Effects on the Phenolic Concentration and Aroma Potential of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon Grapes. *J. Agric. Food Chem.* 57, 7805–7813. <https://doi.org/10.1021/jf901063a>
- Kovalenko, Y., Tindjau, R., Madilao, L.L., Castellarin, S.D., 2021. Regulated deficit irrigation strategies affect the terpene accumulation in Gewürztraminer (*Vitis vinifera* L.) grapes grown in the Okanagan Valley. *Food Chem.* 341, 128172. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128172>
- Kumar, Y., Ricci, A., Parpinello, G.P., Versari, A., 2024. Dealcoholized Wine: A Scoping Review of Volatile and Non-Volatile Profiles, Consumer Perception, and Health Benefits. *Food Bioprocess Technol.* 17, 3525–3545. <https://doi.org/10.1007/s11947-024-03336-w>
- Kutyna, D.R.; Varela, C.; Henschke, P.A.; Chambers, P.J.; Stanley, G.A. 2010 Microbiological Approaches to Lowering Ethanol Concentration in Wine. *Trends Food Sci. Technol.*, 21, 293–302.
- Labanda, J., Vichi, S., Llorens, J., López-Tamames, E., 2009. Membrane separation technology for the reduction of alcoholic degree of a white model wine. *LWT - Food Sci. Technol.* 42, 1390–1395. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.03.008>
- Labarbe, B., Cheynier, V., Brossaud, F., Souquet, J.-M., Moutounet, M., 1999. Quantitative Fractionation of Grape Proanthocyanidins According to Their Degree of Polymerization. *J. Agric. Food Chem.* 47, 2719–2723. <https://doi.org/10.1021/jf990029q>
- Lea, A.G.H., Arnold, G.M., 1978. The phenolics of ciders: Bitterness and astringency. *J. Sci. Food Agric.* 29, 478–483. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740290512>
- Lebon, E., Pellegrino, A., Louarn, G., Lecoœur, J., 2006. Branch Development Controls Leaf Area Dynamics in Grapevine (*Vitis vinifera*) Growing in Drying Soil. *Ann. Bot.* 98, 175–185. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl085>
- Lecourieux, F., Kappel, C., Pieri, P., Charon, J., Pillet, J., Hilbert, G., Renaud, C., Gomès, E., Delrot, S., Lecourieux, D., 2017. Dissecting the Biochemical and Transcriptomic Effects of a Locally Applied Heat Treatment on Developing Cabernet Sauvignon Grape Berries. *Front. Plant Sci.* 8.
- Leeuwen, C. van, Darriet, P., 2016. The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality\*. *J. Wine Econ.* 11, 150–167. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21>
- Lei, X., Chen, Y., Gao, B., Zhang, T., Dang, G., Cheng, C., Fang, C., Liang, Y., Song, Y., Qin, Y., Liu, Y., 2025. Fermentative performance of indigenous *Lachancea thermotolerans* in high-sugar and low-acid wine production: Insights from volatomes and metabolomics. *Food Res. Int.* 211, 116411. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116411>
- Leifert, W.R., Abeywardena, M.Y., 2008. Cardioprotective actions of grape polyphenols. *Nutr. Res.* 28, 729–737. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2008.08.007>
- Leskó, A., Nyitrai-Sárdy, D., Kállay, M., Balga, I. 2014. The effect of yeast on the anthocyanin characteristics of fermented model solutions *ACTA ALIMENTARIA: AN INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD SCIENCE* Volume 43. Issue 2. pp. 232-238. p. 7.
- Liguori, L., Albanese, D., Crescitelli, A., Di Matteo, M., Russo, P., 2019. Impact of dealcoholization on quality properties in white wine at various alcohol content levels. *J. Food Sci. Technol.* 56, 3707–3720. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03839-x>
- Liu, P.-T., Lu, L., Duan, C.-Q., Yan, G.-L., 2016. The contribution of indigenous non-*Saccharomyces* wine yeast to improved aromatic quality of Cabernet Sauvignon wines by spontaneous fermentation. *LWT - Food Sci. Technol.* 71, 356–363. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.031>
- Liu, Y., Forcisi, S., Harir, M., Deleris-Bou, M., Krieger-Weber, S., Lucio, M., Longin, C., Degueurce, C., Gougeon, R.D., Schmitt-Kopplin, P., Alexandre, H., 2016. New molecular evidence of wine yeast-bacteria interaction unraveled by non-targeted exometabolomic profiling. *Metabolomics* 12, 69. <https://doi.org/10.1007/s11306-016-1001-1>
- Linskens, H., Jackson, J. 1988. Phenolic composition of natural wine types—Wine analysis.
- Lleixà, J., Martín, V., Portillo, M. del C., Carrau, F., Beltran, G., Mas, A., 2016. Comparison of Fermentation and Wines Produced by Inoculation of *Hanseniaspora vineae* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Front. Microbiol.* 7, 338.
- Loira, I., Morata, A., Comuzzo, P., Callejo, M.J., González, C., Calderón, F., Suárez-Lepe, J.A., 2015. Use of *Schizosaccharomyces pombe* and *Torulaspora delbrueckii* strains in mixed and sequential fermentations to improve red wine sensory quality. *Food Res. Int.* 76, 325–333. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.06.030>
- Luo, H.-B., Ma, L., Xi, H.-F., Duan, W., Li, S.-H., Loescher, W., Wang, J.-F., Wang, L.-J., 2011. Photosynthetic Responses to Heat Treatments at Different Temperatures and following Recovery in Grapevine (*Vitis amurensis* L.) Leaves. *PLOS ONE* 6, e23033. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023033>
- Magyar, I. 2010 *Borászati mikrobiológia*. 3. kötet. Budapest. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó Kft. p. 49-52.

- Magyar, I., Tóth, T., 2011. Comparative evaluation of some oenological properties in wine strains of *Candida stellata*, *Candida zemplinina*, *Saccharomyces uvarum* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiol.* 28, 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.08.011>
- Maintz, L., Novak, N., 2007. Histamine and histamine intolerance [https://www.researchgate.net/publication/6340859\\_Histamine\\_and\\_histamine\\_intolerance](https://www.researchgate.net/publication/6340859_Histamine_and_histamine_intolerance) (accessed 7.29.24).
- Makra, L., Vitányi, B., Gál, A., Mika, J., Matyasovszky, I., Hirsch, T., 2009. Wine Quantity and Quality Variations in Relation to Climatic Factors in the Tokaj (Hungary) Winegrowing Region. *Am. J. Enol. Vitic.* 60, 312–321.
- Malfeito-Ferreira, M., 2011. Yeasts and wine off-flavours: a technological perspective. *Ann. Microbiol.* 61, 95–102. <https://doi.org/10.1007/s13213-010-0098-0>
- Marcobal, A., de las Rivas, B., García-Moruno, E., Muñoz, R., 2004. The Tyrosine Decarboxylation Test Does Not Differentiate *Enterococcus faecalis* from *Enterococcus faecium*. *Syst. Appl. Microbiol.* 27, 423–426. <https://doi.org/10.1078/0723202041438428>
- Marcobal, A., Martín-Alvarez, P., Polo, M., Muñoz, R., Moreno-Arribas, M.V., 2006. Formation of biogenic amines throughout industrial red wine manufacture. *J. Food Prot.* 69, 397–404. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-69.2.397>
- Martínez-Lüscher, J., Kizildeniz, T., Vučetić, V., Dai, Z., Luedeling, E., van Leeuwen, C., Gomès, E., Pascual, I., Irigoyen, J.J., Morales, F., Delrot, S., 2016. Sensitivity of Grapevine Phenology to Water Availability, Temperature and CO<sub>2</sub> Concentration. *Front. Environ. Sci.* 4.
- Masneuf-Pomarède, I., Bely, M., Marullo, P., Lonvaud-Funel, A., Dubourdieu, D., 2010. Reassessment of phenotypic traits for *Saccharomyces bayanus* var. *uvarum* wine yeast strains. *Int. J. Food Microbiol.* 139, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.038>
- Masneuf-Pomarede, I.; Bely, M.; Marullo, P.; Albertin, W. 2016. The Genetics of Non-Conventional Wine Yeasts: Current Knowledge and Future Challenges. *Front. Microbiol.* 6, 1563.
- Masson, J., Aurier, P., d'hauteville, F., 2008. Effects of non-sensory cues on perceived quality: the case of low-alcohol wine. *Int. J. Wine Bus. Res.* 20, 215–229. <https://doi.org/10.1108/17511060810901037>
- Maturano, Y.P., Mestre, M.V., Kuchen, B., Toro, M.E., Mercado, L.A., Vazquez, F., Combina, M., 2019. Optimization of fermentation-relevant factors: A strategy to reduce ethanol in red wine by sequential culture of native yeasts. *Int. J. Food Microbiol.* 289, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.016>
- Mbuyane, L.L., de Kock, M., Bauer, F.F., Divol, B., 2018. *Torulaspora delbrueckii* produces high levels of C5 and C6 polyols during wine fermentations. *FEMS Yeast Res.* 18, foy084. <https://doi.org/10.1093/femsyr/foy084>
- Medina, K., Boido, E., Dellacassa, E., Carrau, F., 2012. Growth of non-*Saccharomyces* yeasts affects nutrient availability for *Saccharomyces cerevisiae* during wine fermentation. *Int. J. Food Microbiol.* 157, 245–250. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.05.012>
- Meillon, S., Dugas, V., Urbano, C., Schlich, P., 2010. Preference and Acceptability of Partially Dealcoholized White and Red Wines by Consumers and Professionals. *Am. J. Enol. Vitic.* 61, 42–52. <https://doi.org/10.5344/ajev.2010.61.1.42>
- Meillon, S., Urbano, C., Schlich, P., 2009. Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines. *Food Qual. Prefer.* 20, 490–499. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.04.006>
- Minnaar, P.P., du Plessis, H.W., Jolly, N.P., van der Rijst, M., du Toit, M., 2019. Non-*Saccharomyces* yeast and lactic acid bacteria in Co-inoculated fermentations with two *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains: A strategy to improve the phenolic content of Syrah wine. *Food Chem. X* 4, 100070. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2019.100070>
- Mira de Orduña, R., 2010. Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Res. Int.* 43, 1844–1855. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.001>
- Monagas, M., Gómez-Cordovés, C., Bartolomé, B., Laureano, O., Ricardo da Silva, J.M., 2003. Monomeric, Oligomeric, and Polymeric Flavan-3-ol Composition of Wines and Grapes from *Vitis vinifera* L. Cv. Graciano, Tempranillo, and Cabernet Sauvignon. *J. Agric. Food Chem.* 51, 6475–6481. <https://doi.org/10.1021/jf030325>
- Morata, A.; Escott, C.; Loira, I.; Del Fresno, J.M.; González, C.; Suárez-Lepe, J.A. 2019 Influence of *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* Yeasts in the Formation of Pyranoanthocyanins and Polymeric Pigments during Red Wine Making. *Molecules*, 24, 4490
- Morata, A., Loira, I., María Heras, J., Jesús Callejo, M., Tesfaye, W., González, C., Suárez-Lepe, J. A. 2016. Yeast influence on the formation of stable pigments in red winemaking, *Food Chemistry*, 197, Part A, Pages 686-691, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.026>.
- Moreno-Arribas, V., Lonvaud-Funel, A., 1999. Tyrosine decarboxylase activity of *Lactobacillus brevis* IOEB 9809 isolated from wine and *L. brevis* ATCC 367 FEMS *Microbiol Lett.* 180(1):55-60. doi: 10.1111/j.1574-6968.1999.tb08777.x. PMID: 10547444.
- Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., Hashizume, K., 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *J. Exp. Bot.* 58, 1935–1945. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm055>

- Muñoz-González, I., Espinosa-Martos, I., Rodríguez, J.M., Jiménez-Girón, A., Martín-Álvarez, P.J., Bartolomé, B., Moreno-Arribas, M.V., 2014. Moderate Consumption of Red Wine Can Modulate Human Intestinal Inflammatory Response. *J. Agric. Food Chem.* 62, 10567–10575. <https://doi.org/10.1021/jf503310c>
- Mylona, A.E., Del Fresno, J.M., Palomero, F., Loira, I., Bañuelos, M.A., Morata, A., Calderón, F., Benito, S., Suárez-Lepe, J.A., 2016. Use of Schizosaccharomyces strains for wine fermentation—Effect on the wine composition and food safety. *Int. J. Food Microbiol.* 232, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.05.023>
- Nagy, B., Varga, Z., Matolcsi, R., Kellner, N., Szövényi, Á., Nyitrai Sárdy, D., 2021. Impact of Using Organic Yeast in the Fermentation Process of Wine. *Processes.* 9(1):155. <https://doi.org/10.3390/pr9010155>
- Nanagas, V., Kovalszki, A., 2019. Gastrointestinal Manifestations of Hypereosinophilic Syndromes and Mast Cell Disorders: a Comprehensive Review. *Clin. Rev. Allergy Immunol.* Volume 57, pages 194–212. <https://doi.org/10.1007/s12016-018-8695-y>
- Neethling, E., Barbeau, G., Bonnefoy, C., Quénot, H., 2012. Change in climate and berry composition for grapevine varieties cultivated in the Loire Valley. *Clim. Res.* 53, 89–101. <https://doi.org/10.3354/cr01094>
- Nowak-Wegrzyn, A., Szajewska, H., Lack, G., 2017. Food allergy and the gut. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 14, 241–257. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2016.187>
- Nyitrai-Sárdy, D., Horváth, B.O., Soós, J., Nyúl-Pühra, B., Kállay, M., Nagy, B., 2017. BIOGENIC AMINES AND SEROTONIN IN HUNGARIAN WINES PRODUCED WITH ORGANIC YEAST STARTERS. *MITTEILUNGEN Klosterneubg.*
- Nyitrai Sárdy, D., Nagy, B., Kellner, N., Oláhné Horváth, B., Sólyom-Leskó, A. 2018. Egyes rezisztens szőlőfajták polifenol összetételének vizsgálata In: Pintér, Gábor; Zsiborács, Henrik; Csányi, Szilvia (szerk.) LX. Georgikon Napok : Arccal vagy háttal a jövőnek? Keszthely, Magyarország : Pannon Egyetem Georgikon Kar (2018) pp. 309-313. , 5 p.
- Nyitrai Sárdy, D., Sólyom-Leskó, A., Bende, M., Steckl, Sz. (2022). A klímaváltozás hatása a szőlőbogyók biogénamin-összetételére *BORÁSZATI FÜZETEK* 32 : 4 pp. 33-37. , 5 p.
- Nyitrai Sárdy, D.; Nagy, B.; Varga, Zs.; Szőke, B. 2021. A fiziológiailag aktív vegyületek jelentősége a bioborkészítés során *BORÁSZATI FÜZETEK* 31 : 6 pp. 29-31. , 3 p.
- OIV, 2021: International Organisation of Vine and Wine, International Code of Oenological Practices <https://www.oiv.int/public/medias/7713/en-oiv-code-2021.pdf> (utoljára megtekintve: 05.06.2021)
- OIV, 2012: OIV-OENO 394A-2012 (<https://www.oiv.int/public/medias/1431/oiv-oeno-394a-2012-en.pdf>) (utoljára megtekintve: 05.06.2021)
- OIV, 2015: International Standard for the Labelling of Wine. <https://www.oiv.int/public/medias/4776/oiv-wine-labelling-standard-en-2015.pdf> (utoljára megtekintve: 05.06.2021)
- OMSZ, 2021: [https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/eghajlati\\_visszatekinto/elmult\\_evек\\_idojarasa/](https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evек_idojarasa/)
- OMSZ, 2022: [https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/eghajlati\\_visszatekinto/elmult\\_evек\\_idojarasa/](https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evек_idojarasa/)
- OMSZ, 2023: [https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/eghajlati\\_visszatekinto/elmult\\_evек\\_idojarasa/](https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evек_idojarasa/) (utoljára megtekintve: 23.01.2026)
- Oro, C. E. D., Puton, B. M. S., Venquiaruto, L. D., Dallago, R. M., Arend, G. D., Tres, M. V. 2025. The Role of Membranes in Modern Winemaking: From Clarification to Dealcoholization. *Membranes*, 15(1), 14. <https://doi.org/10.3390/membranes15010014>
- Padilla, B., Gil, J.V., Manzanares, P., 2016. Past and Future of Non-Saccharomyces Yeasts: From Spoilage Microorganisms to Biotechnological Tools for Improving Wine Aroma Complexity. *Front. Microbiol.* 7.
- Palliotti, A., Poni, S., Berrios, J.G., Bernizzoni, F., 2010. Vine performance and grape composition as affected by early-season source limitation induced with anti-transpirants in two red Vitis vinifera L. cultivars. *Aust. J. Grape Wine Res.* 16, 426–433. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2010.00103.x>
- Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M., Poni, S., 2014. Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review. *Sci. Hortic.* 178, 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.039>
- Pallotti, L., Silvestroni, O., Dottori, E., Lattanzi, T., Lanari, V. 2023. Effects of shading nets as a form of adaptation to climate change on grapes production: a review. *OENO One*, 57(2), 467–476. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.2.7414>
- Palma, M., Guerreiro, J.F., Sá-Correia, I., 2018. Adaptive Response and Tolerance to Acetic Acid in Saccharomyces cerevisiae and Zygosaccharomyces bailii: A Physiological Genomics Perspective. *Front. Microbiol.* 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00274>
- Park, S.Y., Yang, D., Ha, S.H., Lee, S.Y., 2018. Metabolic Engineering of Microorganisms for the Production of Natural Compounds. *Adv. Biosyst.* 2, 1700190. <https://doi.org/10.1002/adbi.201700190>
- Parker, M., Capone, D.L., Francis, I.L., Herderich, M.J., 2018. Aroma Precursors in Grapes and Wine: Flavor Release during Wine Production and Consumption. *J. Agric. Food Chem.* 66, 2281–2286. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05255>
- Patat, A., Berlin, I., Durrieu, G., Armand, P., Fitoussi, S., Molinier, P., Caille, P., 1995. Pressor effect of oral tyramine during treatment with befloxatone, a new reversible monoamine oxidase-A inhibitor, in healthy subjects. *J. Clin. Pharmacol.* 35, 633–643. <https://doi.org/10.1002/j.1552-4604.1995.tb05022.x>

- Pellegrino, A., Lebon, E., Simonneau, T., Wery, J., 2005. Towards a simple indicator of water stress in grapevine (*Vitis vinifera* L.) based on the differential sensitivities of vegetative growth components. *Aust. J. Grape Wine Res.* 11, 306–315. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00030.x>
- Petruzzi, L., Capozzi, V., Berbegal, C., Corbo, M.R., Bevilacqua, A., Spano, G., Sinigaglia, M., 2017. Microbial Resources and Enological Significance: Opportunities and Benefits. *Front. Microbiol.* 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00995>
- Pickering, G.J., 2000. Low- and Reduced-alcohol Wine: A Review. *J. Wine Res.* 11, 129–144. <https://doi.org/10.1080/09571260020001575>
- Pickering, G.J., Heatherbell, D.A., Vanhanen, L.P., Barnes, M.F., 1998. The Effect of Ethanol Concentration on the Temporal Perception of Viscosity and Density in White Wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 49, 306–318. <https://doi.org/10.5344/ajev.1998.49.3.306>
- Pillet, J., Egert, A., Pieri, P., Lecourieux, F., Kappel, C., Charon, J., Gomès, E., Keller, F., Delrot, S., Lecourieux, D., 2012. VvGOLS1 and VvHsfA2 are Involved in the Heat Stress Responses in Grapevine Berries. *Plant Cell Physiol.* 53, 1776–1792. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcs121>
- Pires, E.J., Teixeira, J.A., Brányik, T., Vicente, A.A., 2014. Yeast: the soul of beer’s aroma—a review of flavour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 98, 1937–1949. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5470-0>
- Porretta, S. and Donadini, G. 2012. A Preference Study for No Alcohol Beer in Italy Using Quantitative Concept Analysis. *Journal of the Institute of Brewing*, 114: 315-321. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2008.tb00775.x>
- Pretorius, I.S., 2000. Tailoring wine yeast for the new millennium: novel approaches to the ancient art of winemaking. *Yeast* 16, 675–729. [https://doi.org/10.1002/1097-0061\(20000615\)16:8<675::AID-YEA585>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1097-0061(20000615)16:8<675::AID-YEA585>3.0.CO;2-B)
- Prior, B.A., Toh, T.H., Jolly, N., Baccari, C., Mortimer, R.K., 2000. Impact of yeast breeding for elevated glycerol production on fermentative activity and metabolite formation in chardonnay wine.
- Puškaš, V.S., Miljić, U.D., Djuran, J.J., Vučurović, V.M., 2020. The aptitude of commercial yeast strains for lowering the ethanol content of wine. *Food Sci. Nutr.* 8, 1489–1498. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1433>
- Ramos, M.C., Toda, F.M. de, 2020. Projecting changes in phenology and grape composition of “Tempranillo” and “Grenache” varieties under climate warming in Rioja DOCa. *VITIS - J. Grapevine Res.* 59, 181–190. <https://doi.org/10.5073/vitis.2020.59.181-190>
- Rantsiou, K., Dolci, P., Giacosa, S., Torchio, F., Tofalo, R., Torriani, S., Suzzi, G., Rolle, L., Cocolin, L., 2012. *Candida zemplinina* Can Reduce Acetic Acid Produced by *Saccharomyces cerevisiae* in Sweet Wine Fermentations. *Appl. Environ. Microbiol.* 78, 1987–1994. <https://doi.org/10.1128/AEM.06768-11>
- Rantsiou, K., Englezos, V., Torchio, F., Risse, P.-A., Cravero, F., Gerbi, V., Rolle, L., Cocolin, L., 2017. Modeling of the Fermentation Behavior of *Starmerella bacillaris*. *Am. J. Enol. Vitic.* 68, 378–385. <https://doi.org/10.5344/ajev.2017.16108>
- Renouf, V., Claisse, O., Lonvaud-Funel, A., 2005. Understanding the microbial ecosystem on the grape berry surface through numeration and identification of yeast and bacteria. *Aust. J. Grape Wine Res.* 11, 316–327. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00031.x>
- Renouf, V., Strehaiano, P., Lonvaud-Funel, A., 2007. Yeast and bacteria analysis of grape, wine and cellar equipments by PCR-DGGE. *OENO One* 41, 51–61. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2007.41.1.858>
- Restuccia, D., Loizzo, M.R., Spizzirri, U.G., 2018. Accumulation of Biogenic Amines in Wine: Role of Alcoholic and Malolactic Fermentation. *Fermentation* 4, 6. <https://doi.org/10.3390/fermentation4010006>
- Ribéreau-Gayon, P.; Dubourdieu, D.; Donèche, B.; Lonvaud, A. 2006. Conditions of Yeast Development. In *Handbook of Enology, Volume 1: The Microbiology of Wine and Vinifications*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2006; pp. 79–114.
- Rienth, M., Scholasch, T., 2019. State-of-the-art of tools and methods to assess vine water status. *OENO One* 53. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2019.53.4.2403>
- Rienth, M., Torregrosa, L., Luchoire, N., Chatbanyong, R., Lecourieux, D., Kelly, M.T., Romieu, C., 2014. Day and night heat stress trigger different transcriptomic responses in green and ripening grapevine (*vitis vinifera*) fruit. *BMC Plant Biol.* 14, 108. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-14-108>
- Rienth, M., Torregrosa, L., Sarah, G., Ardisson, M., Brillouet, J.-M., Romieu, C., 2016. Temperature desynchronizes sugar and organic acid metabolism in ripening grapevine fruits and remodels their transcriptome. *BMC Plant Biol.* 16, 164. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0850-0>
- Robinson, S.P., Davies, C., 2000. Molecular biology of grape berry ripening. *Aust. J. Grape Wine Res.* 6, 175–188. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00177.x>
- Roby, G., Harbertson, J.F., Adams, D.A., Matthews, M.A., 2004. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. *Aust. J. Grape Wine Res.* 10, 100–107. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2004.tb00012.x>
- Roca-Mesa, H., Sendra, S., Mas, A., Beltran, G., Torija, M.-J., 2020. Nitrogen Preferences during Alcoholic Fermentation of Different Non-*Saccharomyces* Yeasts of Oenological Interest. *Microorganisms* 8, 157. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020157>

- Röcker, J., Schmitt, M., Pasch, L., Ebert, K., Grossmann, M., 2016. The use of glucose oxidase and catalase for the enzymatic reduction of the potential ethanol content in wine. *Food Chem.* 210, 660–670. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.093>
- Romano, P., Pietrafesa, R., Romaniello, R., Zambuto, M., Calabretti, A., Capece, A., 2015. Impact of yeast starter formulations on the production of volatile compounds during wine fermentation. *Yeast* 32, 245–256. <https://doi.org/10.1002/yea.3034>
- Rossouw, D., Bauer, F.F., 2016. Exploring the phenotypic space of non-Saccharomyces wine yeast biodiversity. *Food Microbiol.* 55, 32–46. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.11.017>
- Ruffner, H.P., Hawker, J.S., Hale, C.R., 1976. Temperature and enzymic control of malate metabolism in berries of *Vitis vinifera*. *Phytochemistry* 15, 1877–1880. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)88835-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)88835-4)
- Ruiz-Capillas, C., Herrero, A.M., 2019. Impact of Biogenic Amines on Food Quality and Safety. *Foods* 8, 62. <https://doi.org/10.3390/foods8020062>
- Sadras, V. o., Moran, M. a., 2012. Elevated temperature decouples anthocyanins and sugars in berries of Shiraz and Cabernet Franc. *Aust. J. Grape Wine Res.* 18, 115–122. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2012.00180.x>
- Sánchez-Rubio, M., Guerrouj, K., Taboada-Rodríguez, A., López-Gómez, A., Marín-Iniesta, F., 2017. Control of Native Spoilage Yeast on Dealcoholized Red Wine by Preservatives Alone and in Binary Mixtures. *J. Food Sci.* 82, 2128–2133. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13817>
- Sánchez-Suárez, F., Martínez-García, R., Peinado, R.A., 2025. Climate Change Adaptation in Winemaking: Combined Use of Non-Saccharomyces Yeasts to Improve the Quality of Pedro Ximénez Wines. *Microorganisms* 13. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13081908>
- Salazar-Parra, C., Aguirreola, J., Sánchez-Díaz, M., Irigoyen, J.J., Morales, F., 2012. Climate change (elevated CO<sub>2</sub>, elevated temperature and moderate drought) triggers the antioxidant enzymes' response of grapevine cv. Tempranillo, avoiding oxidative damage. *Physiol. Plant.* 144, 99–110. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2011.01524.x>
- Saliba, A.J., Ovington, L.A., Moran, C.C., 2013. Consumer demand for low-alcohol wine in an Australian sample. *Int. J. Wine Res.* 5, 1–8. <https://doi.org/10.2147/IJWR.S41448>
- Sam, F.E., Ma, T., Liang, Y., Qiang, W., Atuna, R.A., Amagloh, F.K., Morata, A., Han, S., 2021. Comparison between Membrane and Thermal Dealcoholization Methods: Their Impact on the Chemical Parameters, Volatile Composition, and Sensory Characteristics of Wines. *Membranes* 11. <https://doi.org/10.3390/membranes11120957>
- Santos, J.A., Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L.-T., Correia, C., Moriondo, M., Leolini, L., Dibari, C., Costafreda-Aumedes, S., Kartschall, T., Menz, C., Molitor, D., Junk, J., Beyer, M., Schultz, H.R., 2020. A Review of the Potential Climate Change Impacts and Adaptation Options for European Viticulture. *Appl. Sci.* 10, 3092. <https://doi.org/10.3390/app10093092>
- Sasaki, K., Takase, H., Matsuyama, S., Kobayashi, H., Matsuo, H., Ikoma, G., Takata, R., 2016. Effect of light exposure on linalool biosynthesis and accumulation in grape berries. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 80, 2376–2382. <https://doi.org/10.1080/09168451.2016.1217148>
- Savoi, S., Wong, D.C.J., Arapitsas, P., Miculan, M., Bucchetti, B., Peterlunger, E., Fait, A., Mattivi, F., Castellarin, S.D., 2016. Transcriptome and metabolite profiling reveals that prolonged drought modulates the phenylpropanoid and terpenoid pathway in white grapes (*Vitis vinifera* L.). *BMC Plant Biol.* 16, 67. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0760-1>
- Scalbert, A. 1993. Phenolics in fruits and fruit products: Progress and prospects, polyphenolic phenomena INRA Editions, Paris
- Schmidtke, L.M., Blackman, J.W., Agboola, S.O., 2012. Production Technologies for Reduced Alcoholic Wines. *J. Food Sci.* 77, R25–R41. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02448.x>
- Scholasch, T., Rienth, M., 2019. Review of water deficit mediated changes in vine and berry physiology; Consequences for the optimization of irrigation strategies. *OENO One* 53. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2019.53.3.2407>
- Schultz, H., 2000. Climate change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *Aust. J. Grape Wine Res.* 6, 2–12. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00156.x>
- Schultz, H.R., Jones, G.V., 2010. Climate Induced Historic and Future Changes in Viticulture. *J. Wine Res.* 21, 137–145. <https://doi.org/10.1080/09571264.2010.530098>
- Scinska, A., Koros, E., Habrat, B., Kukwa, A., Kostowski, W., Bienkowski, P., 2000. Bitter and sweet components of ethanol taste in humans. *Drug Alcohol Depend.* 60, 199–206. [https://doi.org/10.1016/S0376-8716\(99\)00149-0](https://doi.org/10.1016/S0376-8716(99)00149-0)
- Selmar, D., Kleinwächter, M., 2013. Stress Enhances the Synthesis of Secondary Plant Products: The Impact of Stress-Related Over-Reduction on the Accumulation of Natural Products. *Plant Cell Physiol.* 54, 817–826. <https://doi.org/10.1093/pcp/pct054>
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Ramakrishnan, M., Singh Sidhu, G.P., Bali, A.S., Handa, N., Kapoor, D., Yadav, P., Khanna, K., Bakshi, P., Rehman, A., Kohli, S.K., Khan, E.A., Parihar, R.D., Yuan, H., Thukral, A.K., Bhardwaj, R., Zheng, B., 2020. Photosynthetic Response of Plants Under Different Abiotic Stresses: A Review. *J. Plant Growth Regul.* 39, 509–531. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-10018-x>

- Sipiczki, M. 2003. *Candida zemplinina* sp. nov., an osmotolerant and psychrotolerant yeast that ferments sweet botrytized wines. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 53, 2079–2083. <https://doi.org/10.1099/ijms.0.02649-0>
- Smit, A., du Toit, W., Du Toit, M., 2008. Biogenic Amines in Wine: Understanding the Headache. *South Afr. J. Enol. Vitic.* 29. <https://doi.org/10.21548/29-2-1444>
- Smith, C., Smith, M., Cunningham, R., Davis, S., 2020. Recent Advances in Antiemetics: New Formulations of 5-HT<sub>3</sub> Receptor Antagonists in Adults. *Cancer Nurs.* 43, E217. <https://doi.org/10.1097/NCC.0000000000000694>
- Soleas, G.J., Diamandis, E.P., Goldberg, D.M., 1997. Wine as a biological fluid: History, production, and role in disease prevention. *J. Clin. Lab. Anal.* 11, 287–313. <https://doi.org/10.1002>
- Solheim, R., Lawless, H.T., 1996. Consumer purchase probability affected by attitude towards low-fat foods, liking, private body consciousness and information on fat and price. *Food Qual. Prefer.* 7, 137–143. [https://doi.org/10.1016/0950-3293\(95\)00045-3](https://doi.org/10.1016/0950-3293(95)00045-3)
- Solymosi D., Sárdy M., Pónyai G., 2020. Biogenic amine (histamine) intolerance, associated symptoms, comorbidities in the dermatology-allergy practice. *Bőrgyógy. És Venerológiai Szle.* 96, 11–20. <https://doi.org/10.7188/bvsz.2020.96.1.2>
- Somers, T.C., Vérette, E. (1988). Phenolic Composition of Natural Wine Types. In: Linskens, HF., Jackson, J.F. (eds) *Wine Analysis. Modern Methods of Plant Analysis*, vol 6. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-83340-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-83340-3_8)
- Song, J., Shellie, K.C., Wang, H., Qian, M.C., 2012. Influence of deficit irrigation and kaolin particle film on grape composition and volatile compounds in Merlot grape (*Vitis vinifera* L.). *Food Chem.* 134, 841–850. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.193>
- Song, J., Smart, R., Wang, H., Damberg, B., Sparrow, A., Qian, M.C., 2015. Effect of grape bunch sunlight exposure and UV radiation on phenolics and volatile composition of *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir wine. *Food Chem.* 173, 424–431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.150>
- Spayd, S.E., Tarara, J.M., Mee, D.L., Ferguson, J.C., 2002. Separation of Sunlight and Temperature Effects on the Composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot Berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 53, 171–182.
- Stoll, M., Bischoff-Schaefer, M., Lafontaine, M., Tittmann, S., Henschke, J., 2013. IMPACT OF VARIOUS LEAF AREA MODIFICATIONS ON BERRY MATURATION IN *VITIS VINIFERA* L. “RIESLING.” *Acta Hort.* 293–299. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.978.34>
- Stubenitsky, K., Aaron, J.I., Catt, S.L., Mela, D.J., 1999. Effect of information and extended use on the acceptance of reduced-fat products. *Food Qual. Prefer.* 10, 367–376. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(98\)00056-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(98)00056-1)
- Su, Y., Dong, Q., Chen, Y., Wang, R., Jiang, J., Qin, Y., Song, Y., Liu, Y., 2024. Impact of sequential inoculation timing on the quality of wine fermented by indigenous *Lachancea thermotolerans* and *Saccharomyces cerevisiae*. *LWT* 204, 116438. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116438>
- Sweetman, C., Sadras, V.O., Hancock, R.D., Soole, K.L., Ford, C.M., 2014. Metabolic effects of elevated temperature on organic acid degradation in ripening *Vitis vinifera* fruit. *J. Exp. Bot.* 65, 5975–5988. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru343>
- Szenteleki K., Gaál M., Mézes Z., Szabó Z., Zánthy G., Bisztray G., Ladányi M., 2012. Termésbiztonsági elemzések a Közép-magyarországi régióban a klímaváltozás tükrében. A szőlő-, a cseresznye- és a meggytermelés helyzete és jövőképe. *Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest*, pp. 173–203.
- Taillandier, P., Lai, Q.P., Julien-Ortiz, A., Brandam, C., 2014. Interactions between *Torulospira delbrueckii* and *Saccharomyces cerevisiae* in wine fermentation: influence of inoculation and nitrogen content. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 30, 1959–1967. <https://doi.org/10.1007/s11274-014-1618-z>
- Talaverano, I., Valdés, E., Moreno, D., Gamero, E., Mancha, L., Vilanova, M., 2017. The combined effect of water status and crop level on Tempranillo wine volatiles. *J. Sci. Food Agric.* 97, 1533–1542. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7898>
- Tamás, E., Sólyom-Leskó, A., Nyitrai Sárdy, D. 2022. A korszerű vörösborkészítés technológiája analitikai mérések alapján, polifenol-vegyületek vizsgálatával, különböző élesztőkultúrák esetében *BORÁSZATI FÜZETEK* 32 : 6 pp. 32-36. , 5 p.
- Teszlák, P., Bálo, B., Gaál, K., Kozma, P. 2004. A Merlot szőlőfajta vízháztartásának vizsgálata aszályos évben. *KERTGAZDASÁG* 36 : 4 pp. 3-13., 11 p.
- Thompson, N.J., Thompson, K.E., 1996. Reasoned action theory: an application to alcohol-free beer. *J. Mark. Pract. Appl. Mark. Sci.* 2, 35–48. <https://doi.org/10.1108/EUM00000000000020>
- Toro, M.E., Vazquez, F., 2002. Fermentation behaviour of controlled mixed and sequential cultures of *Candida cantarellii* and *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 18, 351–358. <https://doi.org/10.1023/A:1015242818473>
- Torres-Guardado, R., Rozès, N., Esteve-Zarzoso, B., Reguant, C., Bordons, A., 2024. Succinic acid production by wine yeasts and the influence of GABA and glutamic acid. *Int. Microbiol.* 27, 505–512. <https://doi.org/10.1007/s10123-023-00410-9>
- Tristezza, M., Tufariello, M., Capozzi, V., Spano, G., Mita, G., Grieco, F., 2016. The Oenological Potential of *Hanseniaspora uvarum* in Simultaneous and Sequential Co-fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* for Industrial Wine Production. *Front. Microbiol.* 7.

- Tronchoni, J., Curiel, J.A., Morales, P., Torres-Pérez, R., Gonzalez, R., 2017. Early transcriptional response to biotic stress in mixed starter fermentations involving *Saccharomyces cerevisiae* and *Torulaspota delbrueckii*. *Int. J. Food Microbiol.* 241, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.017>
- Ubalde, J.M., Sort, X., Zayas, A., Poch, R.M., 2010. Effects of Soil and Climatic Conditions on Grape Ripening and Wine Quality of Cabernet Sauvignon. *J. Wine Res.* 21, 1–17. <https://doi.org/10.1080/09571264.2010.495851>
- van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Dubernet, M., Duchêne, E., Gowdy, M., Marguerit, E., Pieri, P., Parker, A., de Rességuier, L., Ollat, N., 2019. An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy* 9, 514. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090514>
- Varavuth, S., Jiratananon, R., Atchariyawut, S., 2009. Experimental study on dealcoholization of wine by osmotic distillation process. *Sep. Purif. Technol.* 66, 313–321. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2008.12.011>
- Varela, C., Dry, P. r., Kutyna, D. r., Francis, I. l., Henschke, P. a., Curtin, C. d., Chambers, P. j., 2015. Strategies for reducing alcohol concentration in wine. *Aust. J. Grape Wine Res.* 21, 670–679. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12187>
- Varela, C., Sengler, F., Solomon, M., Curtin, C., 2016. Volatile flavour profile of reduced alcohol wines fermented with the non-conventional yeast species *Metschnikowia pulcherrima* and *Saccharomyces uvarum*. *Food Chem.* 209, 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.024>
- Varga, Zs., Herczeg, G., Varga, I. L., 2023. A Generosa aktuális termesztői tapasztalatai. *Borászati Füzetek.* 33. évf. 6. p. 21-23.
- Venios, X., Korkas, E., Nisiotou, A., Banilas, G., 2020. Grapevine Responses to Heat Stress and Global Warming. *Plants* 9, 1754. <https://doi.org/10.3390/plants9121754>
- Vicente, J., Ruiz, J., Belda, I., Benito-Vázquez, I., Marquina, D., Calderón, F., Santos, A., Benito, S., 2020. The Genus *Metschnikowia* in Enology. *Microorganisms* 8, 1038. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8071038>
- Vicente, J., Kelanne, N., Rodrigo-Burgos, L., Navascués, E., Calderón, F., Santos, A., Marquina, D., Yang, B., Benito, S., 2023. Influence of different *Lachancea thermotolerans* strains in the wine profile in the era of climate challenge. *FEMS Yeast Res.* 23. <https://doi.org/10.1093/femsyr/foac062>
- Vicente, J., Navascués, E., Kelanne, N., Santos, A., Yang, B., Benito, S., 2025. Optimizing inoculation strategies with *Lachancea thermotolerans* and *Saccharomyces cerevisiae* for enhanced wine acidity management and fermentative performance. *Appl. Food Res.* 5, 101306. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101306>
- Vilanova, M., Fandiño, M., Frutos-Puerto, S., Cancela, J.J., 2019. Assessment fertigation effects on chemical composition of *Vitis vinifera* L. cv. Albariño. *Food Chem.* 278, 636–643. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.105>
- Vilela, A., 2019. Use of Nonconventional Yeasts for Modulating Wine Acidity. *Fermentation* 5, 27. <https://doi.org/10.3390/fermentation5010027>
- Walker, G.M., 2014. Wines: microbiology of winemaking, in: Batt, C.A. (Ed.), *Encyclopedia of Food Microbiology*. Academic Press, London, pp. 787–792. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00356-6>
- Walker, G. M.; Stewart, G. G. 2016. *Saccharomyces cerevisiae* in the Production of Fermented Beverages. *Beverages*, 2(4), 30. <https://doi.org/10.3390/beverages2040030>
- Wang, J., Abbey, T., Kozak, B., Madilao, L.L., Tindjau, R., Del Nin, J., Castellarin, S.D., 2019. Evolution over the growing season of volatile organic compounds in Viognier (*Vitis vinifera* L.) grapes under three irrigation regimes. *Food Res. Int.* 125, 108512. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108512>
- Wang, Y.-N., Wang, R., 2019. Chapter 1 - Reverse Osmosis Membrane Separation Technology, in: Ismail, A.F., Rahman, M.A., Othman, M.H.D., Matsuura, T. (Eds.), *Membrane Separation Principles and Applications*, Handbooks in Separation Science. Elsevier, pp. 1–45. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812815-2.00001-6>
- Wang, X.; Fan, G.; Peng, Y.; Xu, N.; Xie, Y.; Zhou, H.; Liang, H.; Zhan, J.; Huang, W.; You, Y. 2023. Mechanisms and Effects of Non-Saccharomyces Yeast Fermentation on the Aromatic Profile of Wine. *J. Food Compos. Anal.* 124, 105660.
- Wang, C.; Mas, A.; Esteve-Zarzoso, B. 2015. Interaction between *Hanseniaspora Uvarum* and *Saccharomyces cerevisiae* during Alcoholic Fermentation. *Int. J. Food Microbiol.* 206, 67–74.
- Webb, L. b., Watterson, I., Bhend, J., Whetton, P. h., Barlow, E. w. r., 2013. Global climate analogues for winegrowing regions in future periods: projections of temperature and precipitation. *Aust. J. Grape Wine Res.* 19, 331–341. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12045>
- Wenten, I.G., Khoiruddin, 2016. Reverse osmosis applications: Prospect and challenges. *Desalination, Advances in Membrane Des: Keynotes from MEMDES 2-Singapore* 391, 112–125. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2015.12.011>
- Winkel-Shirley, B., 2002. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 5, 218–223. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(02\)00256-X](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(02)00256-X)
- WHO: World Health Organization, 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases : report of a joint WHO/FAO expert consultation, Geneva, 28 January - 1 February 2002.
- Wójcik, W., Łukasiewicz, M., Puppel, K., 2021. Biogenic amines: formation, action and toxicity – a review. *J. Sci. Food Agric.* 101, 2634–2640. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10928>
- Xiao, F., Yang, Z.Q., Lee, K.W., 2017. Photosynthetic and physiological responses to high temperature in grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves during the seedling stage. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 92, 2–10. <https://doi.org/10.1080/14620316.2016.1211493>

- Yan, Y., Song, C., Falginella, L., Castellarin, S.D., 2020. Day Temperature Has a Stronger Effect Than Night Temperature on Anthocyanin and Flavonol Accumulation in ‘Merlot’ (*Vitis vinifera* L.) Grapes During Ripening. *Front. Plant Sci.* 11.
- Young, P.R., Eyeghe-Bickong, H.A., du Plessis, K., Alexandersson, E., Jacobson, D.A., Coetzee, Z., Deloire, A., Vivier, M.A., 2016. Grapevine Plasticity in Response to an Altered Microclimate: Sauvignon Blanc Modulates Specific Metabolites in Response to Increased Berry Exposure. *Plant Physiol.* 170, 1235–1254. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01775>
- Zanathy, G. 2008. Gondolatok a klímaváltozás szőlőtermesztésre gyakorolt hatásáról, *Agro napló* 2008. (12)2. pp. 92-94.
- Zhang, H., Fan, P., Liu, C., Wu, B., Li, S., Liang, Z., 2014. Sunlight exclusion from Muscat grape alters volatile profiles during berry development. *Food Chem.* 164, 242–250. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.012>
- Zhang, K., Chen, B., Hao, Y., Yang, R., Wang, Y., 2018. Effects of short-term heat stress on PSII and subsequent recovery for senescent leaves of *Vitis vinifera* L. cv. Red Globe. *J. Integr. Agric.* 17, 2683–2693. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62143-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62143-4)
- Zhang, P., Zhang, R., Sirisena, S., Gan, R., Fang, Z., 2021. Beta-glucosidase activity of wine yeasts and its impacts on wine volatiles and phenolics: A mini-review. *Food Microbiol.* 100, 103859. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103859>
- Zhang, B., Hu, J., Cheng, C., Xu, Y., Duan, C., Yan, G., 2023. Effects of native *Lachancea thermotolerans* combined with *Saccharomyces cerevisiae* on wine volatile and phenolic profiles in pilot and industrial scale, *Food Chemistry Advances*, Volume 2, 100258, ISSN 2772-753X, <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100258>.
- Zhu, X., Navarro, Y., Mas, A., Torija, M.-J., Beltran, G., 2020. A Rapid Method for Selecting Non-*Saccharomyces* Strains with a Low Ethanol Yield. *Microorganisms* 8, 658. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050658>
- Zhu, X., Torija, M.-J., Mas, A., Beltran, G., Navarro, Y., 2021. Effect of a Multistarter Yeast Inoculum on Ethanol Reduction and Population Dynamics in Wine Fermentation. *Foods* 10, 623. <https://doi.org/10.3390/foods10030623>
- Zoecklein, B., Fugelsang, K.C., Gump, B.H., Nury, F.S., 1999. Phenolic compounds and wine color In: *Wine Analysis and Production*. 115-151 p. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6967-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6967-8_7)

M2. A fizikai eljárással csökkentett alkoholtartalmú borokon végzett egytényezős varianciaanalízis eredményei

<i>Kémiai paraméter</i>	<i>ANOVA p-értéke</i>
Alkohol (v/v%)	<0,001***
Extrakt (g/l)	0,302
Maradékcukor (g/l)	0,732
Titrálhatóság (g/l)	0,006**
pH-érték	<0,001***
n-propanol (mg/l)	<0,001***
i-butanol (mg/l)	<0,001***
i-amil-alkohol (mg/l)	<0,001***
2-metil-1-butanol (mg/l)	0,003**
Acetaldehid (mg/l)	<0,001***
Etil-acetát (mg/l)	<0,001***
Glicerin (g/l)	0,001***
Borostyánkősav (mg/l)	<0,001***
AFN (mg/l)	0,003**
Prolin (mg/l)	0,066
Összes polifenol (mg/l)	0,012*

M3. Meteorológiai adatok

**Meteorológiai adatok Badacsony, 2021**

Hónap	Napsütés (óra)			Hőmérséklet ( °C )			Csapadék (mm)		
	Sokéves átlag	2021	Eltérés	Sokéves átlag	2021	Eltérés	Sokéves átlaga	2021	Eltérés
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Január	65,9	68,0	2,1	-0,3	1,2	1,5	36,1	24,3	-11,8
Február	96,2	150,0	53,8	1,8	2,8	1,0	40,4	23,2	-17,2
Március	153,8	202,5	48,7	6,4	5,8	-0,6	38,2	8,0	-30,2
Április	197,3	179,5	-17,8	11,9	8,6	-3,3	42,9	51,9	9,0
Május	245,7	204,6	-41,1	16,8	14,0	-2,8	60,0	90,1	30,1
Június	258,6	368,0	109,4	20,3	23,4	3,1	73,6	10,1	-63,5
Július	278,0	302,5	24,5	22,1	24,6	2,5	73,0	49,1	-23,9
Augusztus	255,6	255,5	-0,1	21,6	21,4	-0,2	72,7	60,0	-12,7
Szeptember	192,1	239,1	47,0	17,2	17,6	0,4	54,9	21,8	-33,1
Október	146,2	197,0	50,8	11,9	10,5	-1,4	48,9	53,9	5,0
November	71,3	108,3	37,0	6,0	5,6	-0,4	60,9	56,0	-4,9
December	48,6	94,3	45,7	1,4	2,0	0,6	47,7	52,3	4,6
Összesen:	2009,2	2369,3	360,1				649,3	500,7	-148,6
Átlag:				11,4	11,4	0,0			
Vegetációban összesen:	1573,5	1746,2	172,7				426,0	336,9	-89,1
Vegetációs átlag:				17,4	17,2	-0,2			

## Meteorológiai adatok Badacsony, 2022

Hónap	Napsütés (óra)			Hőmérséklet ( °C )			Csapadék (mm)		
	Sokéves átlag	2022	Eltérés	Sokéves átlag	2022	Eltérés	Sokéves átlaga	2022	Eltérés
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Január	65,9	143,4	77,5	-0,3	1,1	1,4	35,9	15,4	-20,5
Február	97,1	157,7	60,6	1,8	5,0	3,2	40,2	12,4	-27,8
Március	154,6	235,4	80,8	6,4	6,1	-0,3	37,7	23,7	-14,0
Április	197,0	207,6	10,6	11,9	9,8	-2,1	43,0	57,6	14,6
Május	245,0	264,2	19,2	16,8	18,1	1,3	60,5	43,1	-17,4
Június	260,4	325,4	65,0	20,4	22,9	2,5	72,6	91,6	19,0
Július	278,4	319,8	41,4	22,2	23,8	1,6	72,7	32,5	-40,2
Augusztus	255,6	257,3	1,7	21,6	23,9	2,3	72,5	61,7	-10,8
Szeptember	192,9	172,2	-20,7	17,3	16,1	-1,2	54,4	91,9	37,5
Október	147,1	163,0	15,9	11,9	13,4	1,5	48,9	5,6	-43,3
November	71,9	64,4	-7,5	6,0	6,6	0,6	60,8	58,3	-2,5
December	49,4	67,9	18,5	1,4	2,1	0,7	47,8	58,6	10,8
Összesen:	2015,3	2378,8	363,0				647,0	552,4	-94,6
Átlag:				11,4	12,4	1,0			
Vegetációban összesen:	1576,4	1709,5	133,1				424,6	384,0	-40,6
Vegetációs átlag:				17,4	18,3	0,9			

## Meteorológiai adatok Badacsony, 2023

Hónap	Napsütés (óra)			Hőmérséklet ( °C )			Csapadék (mm)		
	Sokéves átlag	2023	Eltérés	Sokéves átlag	2023	Eltérés	Sokéves átlaga	2023	Eltérés
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Január	67,2	85,0	17,8	-0,3	3,2	3,5	35,6	91,6	56,0
Február	98,1	143,2	45,1	1,9	3,1	1,2	39,7	7,6	-32,1
Március	155,9	178,5	22,6	6,4	7,9	1,5	37,5	56,8	19,3
Április	197,2	195,9	-1,3	11,8	9,4	-2,4	43,3	66,3	23,0
Május	245,3	226,6	-18,8	16,8	15,7	-1,1	60,2	77,1	16,9
Június	261,5	277,7	16,2	20,4	21,0	0,6	72,9	70,0	-2,9
Július	279,1	287,7	8,6	22,2	23,2	1,0	72,0	98,0	26,0
Augusztus	255,7	260,9	5,2	21,7	22,4	0,7	72,3	98,0	25,7
Szeptember	192,5	255,6	63,1	17,2	20,4	3,2	55,0	35,1	-19,9
Október	147,4	170,1	22,7	11,9	14,8	2,9	48,3	48,3	0,0
November	71,8	125,0	53,2	6,0	6,7	0,7	60,8	90,8	30,0
December	49,7	94,2	44,5	1,4	2,5	1,1	47,9	123,8	75,9
Összesen:	2121,4	2300,4	279,0				645,5	863,4	217,9
Átlag:				11,4	12,5	1,1			
Vegetációban összesen:	1578,6	1674,5	95,9				424,0	492,8	68,8
Vegetációs átlag:				17,4	18,1	0,7			

## Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Nyitrai dr. Sárdy Diánának, a témaválasztásban nyújtott segítségéért, valamint a munkám során rengeteg tanáccsal és szakmai támogatással látott el.

Köszönetet szeretnék mondani dr. Kállay Miklós professzor Úrnak, hogy szakmai tudásával segítette a dolgozat elkészülését.

Szeretném megköszönni dr. Szőke Barnának, a Badacsonyi Kutató Állomás vezetőjének, aki lehetővé tette a kutatás létrejöttét és helyszínt biztosított a kísérletemnek.

Köszönettel tartozom a Borászati Tanszék minden jelenlegi és volt kollégájának, főként Mile Mariannának, Pogány Péternek és Hegyiné Kiss Zsuzsannának az analitikai mérésekben nyújtott segítségükért.

Köszönetet szeretnék mondani Szendei Gergőnek, akinek a segítségével a Borászati Tanszék és a borászati segédanyagokat gyártó cég közötti együttműködésnek köszönhetően lehetőségem nyílt a kutatás elvégzésére.

Köszönöm a Törley Pezsgőpincészet Kft.-nek, hogy rendelkezésemre bocsátott borok analitikai eredményeivel gazdagíthattam a dolgozatomat.

Dr. Varga Zsuzsannának és Győrffyné dr. Jahnke Gizellának is köszönettel tartozom, hogy a publikációs tevékenységemben segítették a munkámat.

Köszönöm dr. Taranyi Dórának a rengeteg hasznos tanácsot és segítséget.

Végül, de nem utolsó sorban köszönettel tartozom a szüleimnek, akik mindvégig támogattak és mellettem álltak. Hálás vagyok a Barátaimnak, hogy mindvégig bíztattak és támogattak. Külön köszönöm Páromnak a biztatást és a türelmét. Nélkülük a dolgozat nem készülhetett volna el.