



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

HAZAI ÉS KÜLFÖLDI RAJNAI RIZLING, OLASZRIZLING ÉS KÉKNYELŰ
BOROK 1,1,6-TRIMETIL-1,2-DIHIDRONAFTALIN (TDN)
KONCENTRÁCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA

DOI: 10.54598/004910

Antal Eszter

Budapest

2024.

A doktori iskola

megnevezése:	Kertészettudományi Doktori Iskola
tudományága:	Növénytermesztési és kertészeti tudományok
vezetője:	Zámboriné dr. Németh Éva egyetemi tanár, DSc, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kertészettudományi Intézet Gyógy- és Aromanövények Tanszék
témavezető:	Nyitrai dr. Sárdy Diána Ágnes egyetemi tanár, PhD Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szőlészeti és Borászati Intézet Borászati tanszék

Az iskolavezető jóváhagyása

A témavezető jóváhagyása

*„A rizling olyan a magyar borok között, mint a közhely az emberi gondolkodásban:
összeköti az emberi dolgok mélyebb értelmét.”*

(Márai Sándor: A magyar borok)

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	7
2. CÉLKITŰZÉS	10
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	12
3.1. A Rajnai rizling, Olaszrizling és Kéknyelű szőlőfajták és a belőlük készült borok jellemzése	12
3.2. A szőlő (must) és a bor aroma komponensei	15
3.2.1. Karotinoidok	17
3.2.2. C ₁₃ -norizoprenoidok	19
3.2.3. A TDN.....	20
3.2.3.1. A TDN kialakulásának lehetséges útjai	22
3.2.3.2. A TDN kialakulását befolyásoló tényezők.....	27
A) Az éghajlat hatása a szőlőtermesztésre és a borászatra	28
• A hőmérséklet hatása a szőlő fenológiájára, összetételére és a TDN képződésére.....	29
• A fény (UV sugárzás) hatása a TDN prekursorok képződésére	31
B) A szőlőtermesztési technológiák hatása a TDN képződésére	33
• A talaj hatása a TDN képződésére.....	33
• A nitrogén tartalmú műtrágyázás hatása a TDN képződésére.....	34
• A fürtzóna lelevelezésének hatása a TDN képződésére	35
• A szőlő klón hatása a TDN képződésére	35
C) A borászati technológia hatása a TDN képződésére.....	36
• Az élesztő hatása a TDN képződésére	36
• A különböző palack zárási módok hatása a borok íz- és aromaanyagaina.....	37
• A tárolási hőmérséklet hatása a TDN képződésére.....	38
3.2.3.3. Megoldások a TDN mennyiségének csökkentésére	39
3.2.3.4. TDN érzékszervi analízise.....	41
• A borok érzékszervi vizsgálata általánosságban	41
• A Rajnai rizling borok érzékszervi jellemzői, a kerozin íz.....	43
3.2.3.5. Analitikai lehetőségek a TDN mennyiségi meghatározására	45
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	47
4.1. A vizsgálatok anyaga	47
4.1.1. A magyarországi borok TDN tartalmának összehasonlítására használt borok.....	47
4.1.2. Magyarországi és külföldi borok TDN koncentrációjának összehasonlítására használt borok	48
4.1.3. A bor zárási mód hatásának vizsgálatához használt borok.....	49
4.2. Vizsgálati módszerek	49
4.2.1. Alapanalitikai vizsgálatok.....	49
4.2.2. HS-SPME-GC-FID analízis.....	50
4.2.3. GC-MS analízis.....	52
4.2.4. TDN mérési módszer validálása.....	52
4.2.5. A borok érzékszervi bírálata	56
4.2.5.1. A TDN érzékelési küszöb vizsgálata	57
4.2.6. Statisztikai analízis	57
4.3. Kísérlet menete.....	58

4.3.1. A palack zárás hatásának vizsgálata	58
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	58
5.1. Hazai borok TDN tartalmának vizsgálata a tárolási idő során.....	59
5.1.1. Az Olaszrizling borok TDN koncentrációja a tárolási idő során.....	61
5.1.2. Az Rajnai rizling borok TDN koncentrációja a tárolási idő során.....	64
5.1.3. A Kéknyelű borok TDN koncentrációja a tárolási idő során.....	67
5.2. TDN koncentrációk összehasonlítása a három vizsgált fajtában a tárolási idő során	69
5.3. Évjárat hatásának vizsgálata a TDN koncentrációra	71
5.4. Az érzékszervi bírálat eredményei	73
5.4.1. A TDN koncentráció és az érzékszervi bírálat összefüggése Olaszrizling borokban	74
5.4.2. A TDN koncentráció és az érzékszervi bírálat összefüggése Rajnai rizling borokban ...	76
5.4.3. A TDN koncentráció és az érzékszervi bírálat összefüggése a Kéknyelű borokban	79
5.5. Palack zárási mód hatása a TDN koncentrációra.....	80
5.6. Ugyanabból a borászatból származó Rajnai rizling borok.....	83
5.7. Külföldi Rajnai rizling borok vizsgálata	85
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	88
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	92
8. ÖSSZEFOGLALÁS.....	94
9. SUMMARY	97
10. MELLÉKLETEK	100
M1. IRODALOMJEGYZÉK.....	100
M2. A VIZSGÁLT MAGYARORSZÁGI OLASZRIZLING BOROK	113
M3. A VIZSGÁLT MAGYARORSZÁGI RAJNAI RIZLING BOROK.....	115
M4. A VIZSGÁLT KÜLFÖLDI RAJNAI RIZLING BOROK SZÁRMAZÁSA	117
M5. A VIZSGÁLT HAZAI OLASZRIZLING BOROK ALAPANALÍZIS EREDMÉNYEI.....	118
M6. A VIZSGÁLT HAZAI RAJNAI RIZLING BOROK ALAPANALÍZIS EREDMÉNYEI	120
M7. A VIZSGÁLT HAZAI KÉKNYELŰ BOROK ALAPANALÍZIS EREDMÉNYEI	122
M8. A VIZSGÁLT HAZAI BORFAJTÁK TDN KONCENTRÁCIÓINAK ELEMZÉSE EGYTÉNYEZŐS VARIANCIAANALÍZISSEL.....	123
M9. A VIZSGÁLT HAZAI BORFAJTÁK TDN KONCENTRÁCIÓINAK ELEMZÉSE TUKEY-KRAMER TESZ SEGÍTSÉGÉVEL	123
M10. A HAZAI ÉS KÜLFÖLDI BOROK TDN KONCENTRÁCIÓINAK ELEMZÉSE EGYTÉNYEZŐS VARIANCIAANALÍZISSEL.....	124
M11. A HAZAI ÉS KÜLFÖLDI BOROK TDN KONCENTRÁCIÓINAK	124

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Rajnai rizling szőlőfürt (forrás: dr. Varga Zsuzsanna MATE Szőlészeti és Borászati Intézet).	12
2. ábra Olaszrizling szőlőfürt (forrás: dr. Varga Zsuzsanna MATE Szőlészeti és Borászati Intézet) ...	13
3. ábra A) Kéknyelű szőlőfürt és levél (forrás: dr. Májer János MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Badacsonyi Kutató Állomás); B) Virágzó Kéknyelű szőlőfürt (forrás: Győrffyné dr. Jahnke Gizella MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Badacsonyi Kutató állomás)	14
4. ábra A terpenoidok bioszintézisének vázlata	17
5. ábra A C ₁₃ -norizoprenoidok kialakulása β-karotinból.....	19
6. ábra Karotinoid eredetű norizoprenoidok kémiai szerkezete megasztigma szénvázal	20
7. ábra C ₉ , C ₁₀ , C ₁₁ és C ₁₃ norizoprenoid vegyületek képződése β-karotinból.	23
8. ábra A karotinoidok aroma vegyületekké történő átalakításának általános lépései.....	24
9. ábra 3-hidroxi-β-ionon.....	24
10. ábra 3,6-dihidroxi-7,8-dihidro-α-ionon molekula formái a borban	25
11. ábra Rizling acetál	25
12. ábra A TDN feltételezett kialakulása 3-hidroxi-5,6-epoxi-β-iononból.	26
13. ábra A TDN feltételezett kialakulásának útvonalai epoxi karotinoidokból.....	27
14. ábra Példa 100 pontos borbírálati lapra ('OIV Standard for International Wine and Spirituous Beverages of Vitivinicultural Origin Competitions', 2021)	43
15. ábra A borok TDN tartalmának méréséhez használt automata HS-SPME mintaelőkészítő egységgel ellátott GC-FID készülék. A HS-SPME eljárás sematikus elvi ábrája.	51
16. ábra Modellborban feloldott 4 µg/l koncentrációjú TDN standard és a belső standard kromatogramja.	53
17. ábra. ábra Egy Rajnai rizling bor kromatogramja.....	53
18. ábra A méréshez használt HS-SPME-GC-FID módszer kalibrációs egyenese	54
19. ábra A tömegspektrométerrel mért TDN fragmens ionjai és az ionarányok	55
20. ábra Olaszrizling és Rajnai rizling borok tömegszelektív (MS) és lángionizációs (FID) detektorokkal mért TDN koncentrációinak összehasonlítása.	55
21. ábra Az Olaszrizling borok TDN koncentrációjának alakulása a palckbontás pillanatában (kék), 6 hónap elteltével (narancs), és a 12. hónapban (szürke)	62
22. ábra A Rajnai rizling borok TDN koncentrációjának alakulása a palckbontás pillanatában (kék), 6 hónap elteltével (narancs), és a 12. hónapban (szürke).	65
23. ábra A Kéknyelű borok TDN koncentrációjának alakulása a palckbontás pillanatában (kék), 6 hónap elteltével (narancs), és a 12. hónapban (szürke).	68
24. ábra A TDN koncentrációk Boxplot ábrán történő bemutatása fajta összehasonlításban a palackbontáskor és 6 hónap tárolást követően (°kiugró érték).	70
25. ábra Évjárat hatása a vizsgált borok TDN koncentrációjára (°kiugró értékek).	72
26. ábra A vizsgált Olaszrizling borok TDN tartalma a palack bontáskor és az érzékszervi bírálat során adott pontszámok.	75
27. ábra A vizsgált Rajnai rizling borok TDN tartalma a palack bontáskor és 6 hónappal később. Az érzékszervi bírálat során adott pontszámok.	78
28. ábra A vizsgált Kéknyelű borok TDN tartalma a palack bontáskor és 6 hónappal később. Az érzékszervi bírálat során adott pontszámok.	80
29. ábra Parafadugóval (kék) és csavarzárral (narancs) zárt Olaszrizling borok tárolás alatt bekövetkezett TDN koncentráció változása az évjárat függvényében	81
30. ábra Parafadugóval (kék) és csavarzárral (narancs) zárt Rajnai rizling borok tárolás alatt bekövetkezett TDN koncentráció változása az évjárat függvényében	82
31. ábra Ugyanabból a borászatból származó, különböző évjáratú Rajnai rizling borok TDN koncentrációja.....	84
32. ábra A külföldi borokra mért TDN koncentrációk származási hely és évjárat szerint csoportosítva.	85
33. ábra Külföldi és hazai borok TDN koncentrációinak ábrázolása Boxplot diagramon (°kiugró érték)	86
34. ábra A hazai és a külföldi Rajnai rizling borok TDN koncentrációja közötti különbség bemutatása Boxplot diagramon (°kiugró érték).....	87

1. BEVEZETÉS

A hazai bortermelés 2015 és 2022 között évi 239 millió és 364 millió liter között alakult. Ezzel Magyarország az EU kilencedik legnagyobb termelője volt 2022-ben, a közösség teljes mennyiségének 2%-ával. A világ első 20 bortermelője között hazánk a 17. helyen szerepel ('OIV Statistics Database', 2022).

Az erjesztéssel nyert bor a társadalmi élet nélkülözhetetlen részévé vált, tekintve az egy főre eső évi 17,6 literes fogyasztást (2021-es adat) ('19.1.1.57. Bormérleg*', 2023). Bár a borfogyasztásnak hazánkban tekintélyes hagyománya van, az utóbbi években sörből iszunk nagyobb mennyiséget. A 15 éves és annál idősebb magyarok heti átlagos sörfogyasztása 2,6 liter volt 2019-ben ('A sör az egyik legnépszerűbb alkoholtartalmú ital a magyarok körében', 2023).

A Magyarországon is népszerű szőlőfajta, a Rajnai rizling az egyik legelterjedtebb szőlőfajta a világon, minden bortermelő kontinensen előállítják. Az egyik legnemesebb szőlőfajtának tartják. Különösen nagyra értékelik hidegtűrése, szárazságtűrőssége és a talajtípusok széles köréhez való nagy alkalmazkodóképessége miatt. A klasszikus Rajnai rizling borokat a viszonylag hűvösebb termőterületeken termelik, mint például Németország, Ausztria de Dél-Afrika, Ausztrália melegebb területein is képesek magas minőségű borokat készíteni ebből a szőlőfajtából. Magyarországon több mint 1200 hektáron termelik, előfordul a Pannonhalmi borvidéken, de a Kunsági borvidéken is nagy területen megtalálható.

Magyarországon a rizling szőlőfajták közül az Olaszrizling az elterjedtebb. Több mint 3000 hektáron találkozni a fajtával, és a Balaton tekinthető az igazi hazájának, ahol is a Balaton északi borvidékein (Badacsony, Balaton-felvidéki, Balatonfüred-Csopaki) dominálja az ültetvényeket. Legnagyobb mennyiségben a Balatonfüred-Csopaki borvidéken termesztik. Kiterjedt Olaszrizling ültetvényeket találunk az Egri borvidéken is, Tokaj-hegyalja kivételével gyakorlatilag az ország minden borvidékén termelik. Széles körben elterjedt Ausztriában, főleg Stájerország déli és délkeleti részén, Burgenlandban, illetve a Weinviertelben, ahol elsősorban habzó bort készítenek belőle. A Fertő tó közelében nemesrothadású desszertbor készül az Olaszrizlingből.

A következőkben rizling bor fogalom alatt a Rajnai rizling és Olaszrizling fajtájú szőlőből készült borokra gondolok.

A bor aromája a bor minőségének fontos tényezője, ezért a boraromák összetételének megismerése fontos a borászat számára. Az egyre korszerűbb műszerek segítségével a bor összetétele részletesebben tanulmányozható, mint a múltban lehetséges volt. Ennek köszönhetően egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a borban található illékony vegyületek azonosságának megállapítására, az egyes vegyületek érzékszervi tulajdonságaira, és az aromavegyületek feltételezhető eredetére. A bornál fontos tulajdonság az érzékszervi hibátlanság. A borhibák, melyeket bizonyos nemkívánatos aromaanyagok okoznak, csökkentik a borok érzékszervi értékét. Az ún. kerozinra/benzinre emlékeztető illatot és ízt eredményező 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalin (TDN) a rizling típusú borok tárolása során, mint érlelési aroma jelenik meg. A globális felmelegedés következtében már a hűvösebb szőlőtermő területeket is veszélyezteti a TDN nagyobb mennyiségben való megjelenése a borban. A klímaváltozásnak köszönhetően az utóbbi időben előforduló extrém hőhullámok, kevés csapadék mennyiség a szőlők karotinoid tartalmának érés kori növekedését eredményezi. Mivel a TDN egy C₁₃-norizoprenoid vegyület, a karotinoidok bomlásterméke, a megnövekedett karotinoid mennyisége miatt megjelenésének lehetősége nő a borokban az érlelés hatására. Míg az érlelt Rajnai rizling borokban kisebb mennyisége a fogyasztók számára elfogadható, addig a fiatal borokban túlzott mértékben megjelenő kerozinra emlékeztető íz a fogyasztók elutasító magatartását okozhatja.

A globális felmelegedés azonban nem csak a Rajnai rizling fajtát, hanem más pl. Furmint, Rózsakő, Kéknyelű szőlőkre is hatással van, ezért érdemes a Rajnai rizling szőlőfajtán kívül a többi szőlőfajtából készült borokban is tanulmányozni a TDN megjelenését. Dolgozatomban ezért összehasonlítás céljából a Kéknyelű szőlő fajtát választottam, mivel ennek a fajtának a borai általában semlegesek, és nem fedezhető fel bennük a kerozinra emlékeztető aroma. Ez a szőlőfajta egy valószínűleg magyar eredetű régi szőlőfajta (Csepregi and Zilai, 1955), amit kimondottan csak Badacsonyban és a Balaton-felvidéken termesztnek. A fajta nevét a kékes-vöröses árnyalatú levélnyeléről kapta. Keveset termő, de kiváló minőséget adó fajta (Csepregi and Zilai, 1955). A Kéknyelű szőlőből készült bor különleges zamátú, alkoholban gazdag, harmonikus, jó évjáratokban testes, elegáns savakban és ásványban gazdag bort ad hosszú fejlődési potenciállal. Sokféle technológiával készítik, egyaránt ismertek kizárólag acéltartályban készült reduktív tételek és hosszabb ideig hordóban érlelt változatok is (Bisztray *et al.*, 2011).

Munkám során gázkromatográfiás módszert alkalmaztam a szabad TDN mennyiségi meghatározására Magyarországról származó Olaszrizling, Rajnai rizling és Kéknyelű borokban és külföldről származó Rajnai rizling borokban. A 2003-tól 2021-ig terjedő évjáratokból összesen 208 palack különböző borvidékről (hazai és külföldi) származó bort műszeres analitikai módszerrel és érzékszervileg is értékeltem. A cél annak megállapítása volt, hogy a magyarországi Rajnai rizling és Olaszrizling borokban a benzines jelleg milyen mértékben jelenik meg. Céлом volt tisztázni azt a kérdést is, hogy a Kéknyelű magyar fajta is képes-e a benzines jelleg kialakítására. Mivel az irodalmi adatok alapján a Rajnai rizlingben fordul elő legnagyobb mennyiségben a TDN, ezért céлом volt egy fajta összehasonlítás elvégzése is annak megállapítására, hogy az Olaszrizling és a Rajnai rizling, illetve a Kéknyelű TDN termelő potenciája között tapasztalható-e különbség. Munkám során arra is kerestem a választ, hogy a nemzetközi piacon elérhető Rajnai rizling borok TDN koncentrációjához képest a magyar Olaszrizling és Rajnai rizling, illetve a Kéknyelű borok TDN koncentrációi hogyan alakulnak. A vizsgált borok parafa dugóval és csavarzárral voltak lezárva. Így lehetőség volt annak összehasonlítására, hogy a két zárási mód esetén van-e különbség a TDN koncentráció változásában az idő függvényében.

2. CÉLKITÚZÉS

A magyarországi gyümölcsös karakterű fehér- és vörösborokat is veszélyezteti a klímaváltozás, a többi bortermelő régióhoz hasonlóan. Nemcsak magasabb alkohol- és alacsonyabb savszintre kell számítani, hanem az aromaösszetétel változására is.

A Rajnai rizling borok egyik kulcsfontosságú vegyülete az 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalin (TDN), amely nagyobb koncentrációban ezen borok kerozin/benzin jellegét okozza.

Vizsgálataim középpontjában az állt, hogy a hazai Rajnai rizling borok esetében számottevő mértékű-e a TDN kialakulása és az ezzel együtt járó érzékszervi változások. Mivel a klímaváltozás az összes szőlőfajtára, ezáltal a belőlük készült borokra is hatással van, ezért fontosnak tartottam vizsgálni, hogy a hazánkban a Rajnai rizling szőlőhöz képest jelentősen nagyobb termőterülettel rendelkező szintén rizling fajta, az Olaszrizlingből készült borokban is számolnunk kell-e a kerozin/benzin ízerzetet eredményező aroma komponens megjelenésére. Különösen érdekes ez annak figyelembevételével, hogy a klímaváltozás negatív hatásai nálunk is érezhetőek. Összehasonlítás céljából a Kéknyelű szőlő fajtát választottam, mivel ennek a fajtának a borai általában neutrális jellegűek, illatban ízben nem karakteresek és nem fedezhető fel bennük a kerozinra emlékeztető aroma.

A fentiek alapján doktori munkám során a következő célokat tűztem ki

1. Elsődleges célom volt egy feltérképező vizsgálat sorozat elvégzése, annak megállapítása, hogy a magyarországi Rajnai rizling és Olaszrizling borokban a kerozin jelleg milyen mértékben jelenik meg, milyen koncentráció tartományban mérhető a TDN. Ennek számszerűsítéséhez gázkromatográfiás (GC-FID) módszert használtam. A módszert validáltam és néhány bor esetében GC-MS megerősítő vizsgálatot is végeztem.
2. Doktori dolgozatom további célja volt, hogy megvizsgáljam létezik-e szignifikáns különbség a Magyarországon népszerű két rizling fajta, az Olaszrizling és a Rajnai rizling TDN termelő potenciája között, valamint annak megállapítása, hogy melyik szőlőfajta borában fordul elő magasabb átlagos koncentrációban a TDN.

3. Céлом volt annak vizsgálata, hogy a klímaváltozás hatására a Kéknyelű magyar szőlőfajta esetében számolnunk kell-e a belőle készült borok esetében a benzines jelleg megjelenésére.
4. Céлом volt vizsgálni a mért TDN koncentrációk és az érzékszervi bírálat során adott pontszámok közötti összefüggést az alkohol koncentráció függvényében. Ennek érdekében szakmai kóstoló bizottság segítségével érzékszervi vizsgálatot is végeztem és ennek eredményét összevetettem a mért TDN koncentrációkkal.
5. Külföldi Rajnai rizling borok TDN tartalmának mérésére is lehetőségem volt, ezért célként tűztem ki ezen borok összehasonlítását a hazai Rajnai rizling borokkal. Megvizsgáltam, hogy a nemzetközi borrégiókból származó borok és a magyarországi területeken termő Rajnai rizling szőlők borai között létezik-e szignifikáns különbség a TDN koncentrációját tekintve.
6. Doktori munkám során céлом volt a különböző palackzárási módok hatásának vizsgálata a TDN mennyiségének növekedésére a palackozott borokban. A vizsgált borok parafa dugóval és csavarzárral zárt palackokba voltak töltve. Összehasonlítottam, hogy a két zárási mód esetén, az idő függvényében, van-e különbség a TDN koncentráció változásában.
7. Doktori dolgozatomban lehetőségem volt azonos pincészetből származó, különböző évjáratú Rajnai rizling borok TDN koncentrációjának meghatározására. A céлом az volt, hogy az érlelési idő hatását vizsgáljam a TDN tartalom mennyiségére.
8. Doktori munkám során az évjárat hatását is vizsgáltam. Arra kerestem a választ, hogy a klímaváltozással együtt járó növekvő besugárzásnak van-e hatása a borok TDN koncentrációjára.

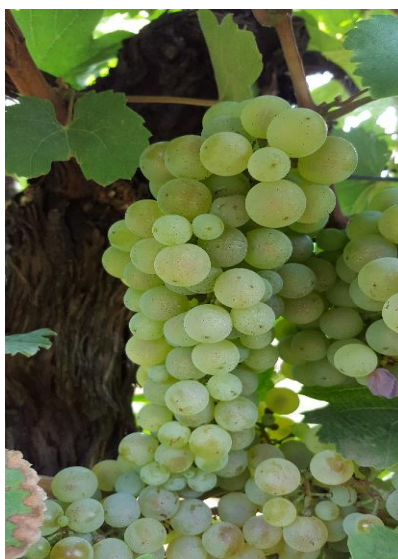
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A szőlő az egyik legértékesebb növények közé tartozik a világon. A mustból erjesztéssel nyert bor a szélesebb körben fogyasztott alkohol tartalmú italok egyike.

3.1. A Rajnai rizling, Olaszrizling és Kéknyelű szőlőfajták és a belőlük készült borok jellemzése

A földön több tízezer szőlőfajtát termesztene. A fajták származásuk szerint változatosak. A hazánkban is termesztett fajták Európából és Ázsiából kerültek hozzánk (Prohászka, 2003). A magyar fogyasztói köztudatban a "Rizling" fajtatársítás Olaszrizling fajtát jelent, azonban több „rizling” fajta kötődik a névhez, úgymint: Rajnai rizling, Bánáti rizling, Fekete rizling. A Bánáti rizling és a Fekete rizling már csak történelmi „rizling” fajtáknak számítanak (Májer, 2005). Magyarországon az ötödik leggyakoribb fajta az Olaszrizling több mint 3000 ha-on termesztik, míg a Rajnai rizlinget több mint 1000 ha-on ('Szőlőültetvények, 2020', 2020). A Kéknyelű szőlőfajta termesztési területe alig 50 ha, a Badacsonyi borvidékre korlátozódik (Hegyközségek Nemzeti Tanácsa, 2022).

A Rajnai rizling szőlőfajtát több mint 600 éve termesztik Európában. A Rajna mellékéről származó fajta (Csepregi and Zilai, 1955). A fajtát Rüßeling néven először egy 1348 körüli elzászi forrás említi. Már jóval a filoxéravész előtt jelen volt Magyarországon és a Balaton-felvidéken (Májer, 2005). Az egyik legnemesebb borszőlő fajtának tartják a különösen nagy hidegtűrése, szárazságállósága miatt (1. ábra).

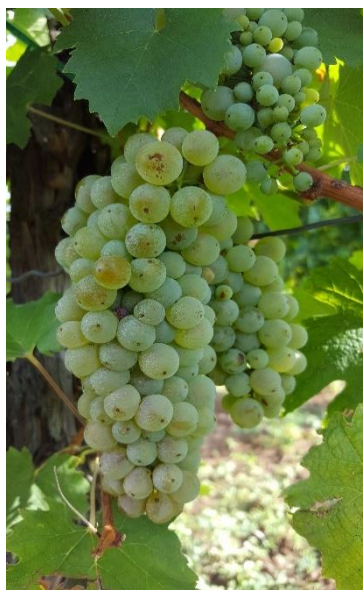


1. ábra Rajnai rizling szőlőfürt (forrás: dr. Varga Zsuzsanna MATE Szőlészeti és Borászati Intézet)

A Rajnai rizling borokat minden bortermelő kontinensen előállítják, kiemelkedő fehérborfajta.

A hűvösebb szőlőtermő vidékein termett egészséges szőlőből készült fiatal Rajnai rizling borok jellemzően világos szalmaszínűek és a legkülönbébb leírások szerint frissek, elegánsak, fűszerezsek vagy nagyon gyümölcsösek, szőlővirágra emlékeztető illatúak és zamatúak (Csepregi and Zilai, 1955; Bisztray *et al.*, 2011). Ezek az érzékszervi tulajdonságok a borvidéktől és az évjárástól függenek. Egyes borok normál pincehőmérsékleten 5-10 éven át tárolva mélysárgától borostyánig terjedő színű és intenzív palackos illat kialakítására képesek (R. F. Simpson, 1978); az egyes borok általában ez idő alatt érik el a palackban érlelt borok maximális minőségi besorolását, bár egyes borok számára előnyös a még hosszabb tárolás.

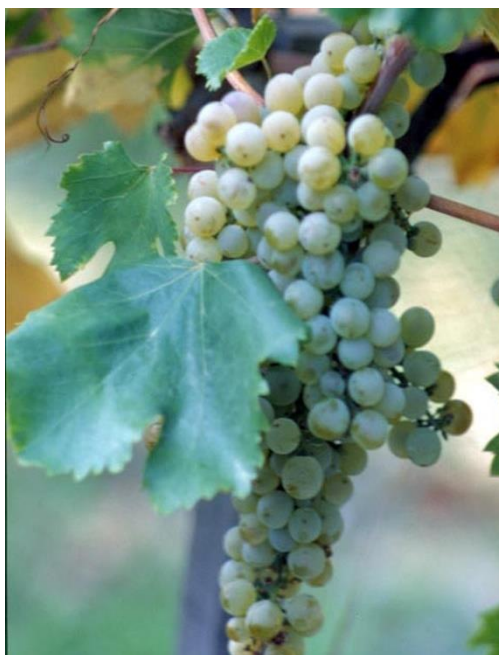
Az Olaszrizling a bortermő szőlőkhöz (*Vitis vinifera*) tartozó igazi közép-európai, kárpát-medencei fajta. Babo osztrák szőlész szerint dél-francia, Viala Vermorel ampelográfiája szerint stájer eredetű (Csepregi and Zilai, 1955). Más forrás szerint valószínűleg a XIX. század közepén Franciaországból Németországon át került a Kárpát-medencébe. Főként a filoxéra vész után terjedt el Magyarországon (Bisztray *et al.*, 2011). Magyarország szőlőtermő vidékei közül a Balaton-felvidék borvidékeinek közel a felén termesztik ezt a fajtát. Viszonylag jó téltűrő képességű, mivel későn fakad, a tavaszi fagyok kevésbé károsítják. Jól termékenyül, megbízhatóan, kiegyenlítetten terem (Májér, 2005). Késői érésű, bőven termő (Tóth and Pernes, 2001) (2. ábra).



2. ábra Olaszrizling szőlőfürt (forrás: dr. Varga Zsuzsanna MATE Szőlészeti és Borászati Intézet)

Az Olaszrizling bor esetében a könnyű, citrusos, gyümölcsös, jellegzetes kesernyés zamatú, friss üdeboroktól az egészen mély olajos textúrával rendelkező testes, visszafogott savakkal rendelkező fehérborokig sok mindennel lehet találkozni. Leggyakrabban mandulavirág, mandula, zöld alma, dió és mogyoró jelzőket használnak az aroma jellemzésénél. Kitűnő házasítási alapanyag. Igazán nagy minőséget késői szüreteléssel ad. Túlérett szőlőjéből különleges minőségű, félig oxidatív típusú borok készíthetők (Dr. Csizmadia *et al.*, 1995; Prohászka, 2003).

A Kéknyelű szőlőt (A)), őshonos (autochton) magyar fajtának tekintjük. A Badacsonyi borvidéken termesztik, de kis mennyiségben a Balaton felvidéken is megtalálható. A fajta a nevét kékes-vöröses árnyalatú levélnyeléről kapta. Terméshozama bizonytalan, mert csak női virágzatot hoz (nővirágú), ezért tőkéi mellé más fajtákat (például a Budai zöldet) is telepíteni kell (Bényei *et al.*, 1999). Hosszúkas, laza fürtszerkezetű, ezért rothadásra kevésbé hajlamos fajta. Késői érésű fagyérzékeny, bogyója vastag héjú (Csepregi and Zilai, 1955).



A)



B)

3. ábra **A)** Kéknyelű szőlőfürt és levél (forrás: dr. Májer János MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Badacsonyi Kutató Állomás); **B)** Virágzó Kéknyelű szőlőfürt (forrás: Győrffyné dr. Jahnke Gizella MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Badacsonyi Kutató állomás)

A Kéknyelű szőlőből készült bor finom illatú és zamatú, kissé kemény karakterű (Bényei *et al.*, 1999). Testes, karakteres, magas alkohol- és extrakt tartalommal

rendelkezik. Hosszabb érlelés után válik igazán zamatossá. Magas savtartalma miatt késői szüretelésű bor is készíthető belőle (Benyák Zoltán and Dékány Tibor, 2003).

3.2. A szőlő (must) és a bor aroma komponensei

A bor aromája az egyik legfontosabb paraméter, amely a minőségért és ezáltal a fogyasztói elfogadásért felelős (Rapp, 1998), kulcsfontosságú elem a bor élvezeti értékének megtapasztalásában. Az aroma a kémiai összetevők és a fogyasztó íz- és szagérzékelése közötti kölcsönhatás eredménye. Az aromaanyagok egyrészt illékony vegyületek, amelyek felelősek az illatért, másrészt nem illékony komponensek, amelyek ízérzetet okoznak, például édességet, savanyúságot, keserűséget és sósságot (Rapp and Mandery, 1986).

A bor illékony frakcióját több száz kémiaiilag különböző vegyület határozza meg. Ide tartoznak az alkoholok, aldehidek, észterek, savak, monoterpének és más kisebb jelentőségű vegyületek. A bor aromakomponensei kisebb-nagyobb mértékben tartalmazzák a szőlőben, illetve a mustban megtalálható vegyületeket, amelyeket kiegészít az erjedés során képződött aromahordozó vegyületek sora (Eperjesi, Kállay and Magyar, 2008). A szőlő elsődleges aroma komponensei nagy mértékben befolyásolják a belőle készített bor aroma összetételét. Azt, hogy ezek a vegyületek milyen mértékben maradnak fenn a szőlőtől a kész borig, a borkészítés és az érlelés körülményei befolyásolják (Rapp, 1998). Az illékony komponensek és ezen belül az aromakomponensek jelenléte vagy hiánya egy adott borban tehát számos tényezőtől függ, beleértve a környezetet (klíma és talaj), a szőlőbogyó érettségi állapotát és a szőlőfajtát, az erjedés (pH, hőmérséklet, lé tápanyagai, mikroflóra) és a borkészítés egyéb körülményeit, a különféle utófermentációs kezeléseket (derítés, keverés stb.) valamint az öregedést. Ezen vegyületek egy része már jelen van a szőlőben; mások az erjedési és öregedési folyamatok során keletkeznek (Rapp and Mandery, 1986; Garcia-Jares, Garcia-Martin and Cela-Torrijos, 1995). Sok esetben az adott bor készítéséhez használt szőlőfajta teljes mértékben meghatározza az adott bor aromáját. Ennek az oka, hogy bizonyos, a szőlőben jelen lévő vegyületek a borkészítés teljes folyamata alatt megmaradnak (Eperjesi, Kállay and Magyar, 2008).

A bogyóban előforduló főalkotórészek mellett fontos szerepük van a fajtaspecifikus illat- és ízanyagoknak, amelyek összhatásukkal befolyásolják a fajtajelleget. A fajtakaraktert a bor testesíti meg. Az illat- és ízanyagok a mustban jórészt kötött állapotban vannak, így abban alig vagy egyáltalán nem ismerhetők fel.

Borászati szempontból az aromaanyagokat keletkezésük szerint csoportosítjuk. Ennek alapján megkülönböztetünk:

- elsődleges vagy primer,
- prefermentatív,
- fermentatív vagy erjedési és
- ún. érlelési aromákat.

A szőlő és a must esetében a primer és a prefermentatív aromák a jellemzőek, míg a bor aromakomponensei kisebb vagy nagyobb mértékben tartalmazzák a szőlőben, illetve a mustban megtalálható vegyületeket, amelyeket kiegészítenek az erjedés során képződött aromahordozó vegyületek (Eperjesi, Kállay and Magyar, 2008).

Tehát a bor kémiai összetétele a szőlőből, az erjesztési mikroflórából (különösen a *Saccharomyces cerevisiae* élesztőből), az esetlegesen előforduló másodlagos mikrobiális erjedésekből, valamint az érlelési és tárolási körülményekből adódik. Az élesztők termelik a borban jelen lévő aromás vegyületek nagy részét (Rapp, 1998).

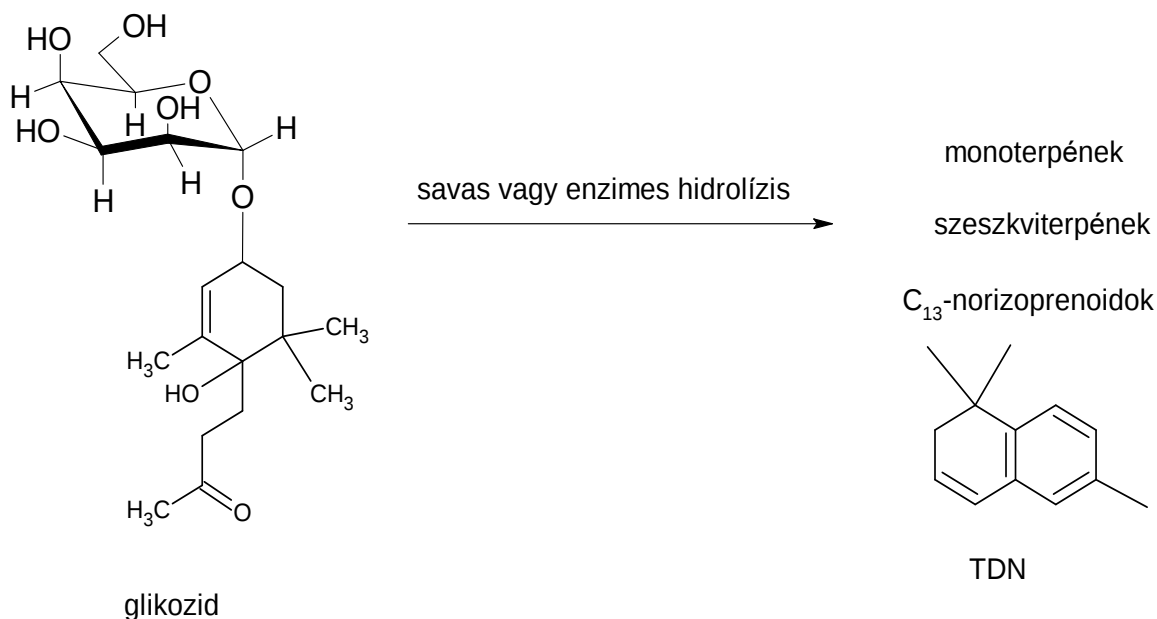
Összességében körülbelül 1000 kémiai vegyület okoz a borban illat- és ízérzetet. Mivel a bor kémiai összetétele a szőlő fajtájától és minőségétől is függ, ezért a szőlészeti gyakorlat elsősorban olyan minőségi szőlő előállítását célozza, amely tükrözi az adott régióra vagy területre jellemző fajtaízeket és aromákat és/vagy karaktereket. Ez magában foglalja a szőlő szüretelését az érettség bizonyos szakaszaiban, az elkészítendő bor stílusától függően. A szüret után a továbbiakban az alkalmazott speciális feldolgozási technikák és fermentációs stratégiák határozzák meg a bor illat- és ízfejlődését (Barbe, Pineau and Ferreira, 2008; Styger, Prior and Bauer, 2011).

A *V. vinifera* fajták aromájához csak néhány, a szőlőben kis mennyiségben előforduló, főleg rövid szénláncú alkoholok acetát-észterei járulnak hozzá. A monoterpén alkoholok és származékai kulcsszerepet játszanak, különösen a muskotályfajták és az aromarokon fajták, mint a rizling aromájában (Rapp and Knipser, 1980; Rapp and Mandery, 1986).

A szőlőben sok olyan vegyület található, amely terpén prekursorokból származik. Ilyenek egyes norizoprenoidok, amelyek nagyobb molekulatömegű terpenoidok, például diterpének és karotinoidok biológiai lebomlásával jönnek létre (Buttery *et al.*, 1971; Rapp and Mandery, 1986). A szőlő aromájának terpénalkoholjai és oxidjai is jelen vannak a borban. Az erjesztés során a monoterpén-alkoholok koncentrációjában

kismértékű változások következnek be, amelyek a szőlőben és borban található nem illékony monoterpén-glikozidokhoz kapcsolódnak (Rapp és Mandery, 1986).

A szőlőben a monoterpének, a szeszkviterpének és a C₁₃-norizoprenoidok vagy szabad illékony formában, vagy cukrokhoz kötve nem illékony formában vannak jelen (4. ábra). A C₁₃-norizoprenoidok, mint a monoterpének és a szeszkviterpének, másodlagos metabolitok a szőlőben (Black *et al.*, 2015).



4. ábra A terpenoidok bioszintézisének vázlata

3.2.1. Karotinoidok

A karotinoidok a természetes pigmentek egyik legszélesebb körben elterjedt és változatos osztályát képviselik, amely jelenleg mintegy 600 szerkezetileg egyedi pigmentet foglal magában. A molekula jelentős részére kiterjedő, konjugált kettőskötés-rendszert tartalmazó izoprénvázas vegyületek, amelyek éppen e kötésrendszerüknek tulajdoníthatóan színesek is (Furka Árpád., 1991). A növényi kloroplaszt membránok több fehérjét tartalmazó komplexeihez kapcsolódnak, amelyek a fotoszintetikus rendszereket alkotják. Ezekben a komplexekben a karotinoidok két fő funkciója a fotoszintézisben a fényvédelem, és a fénygyűjtés (Winterhalter and Ebeler, 2013). Ennek megfelelően az éretlen szőlőbogyóban lévő karotinoidok fénybegyűjtőként (a klorofillal együtt) működnek, valamint fényvédelmet biztosítanak (van den Berg *et al.*, 2000) különösen a klorofilloknak a xantofil ciklusnak nevezett folyamaton keresztül, amely elvezeti a felesleges energiát, és lehetővé teszi a növény számára, hogy alkalmazkodjon a változó fényerősséghez

(Britton, Liaaen-Jensen and Pfander, 2008). A karotinoidok színezékként, valamint vitaminok, növényi hormonok és táplálkozási antioxidánsok előanyagaiként is működnek (Winterhalter és Ebeler, 2013).

A fotoszintézisben, a fényvédelemben és a táplálkozásban betöltött kulcsfontosságú funkciók mellett a karotinoidokat fontos aromaprekurzoroknak tekintik. Különböző vizsgálatok szerint a karotinoidokból az aromaképzés enzimatis és nem enzimatis útvonalakon megy végbe. A nem enzimatis hasítás magában foglalja a fotooxidációt, az (auto)oxidációt, valamint a termikus lebontási folyamatokat. Feltételezik, hogy a karotinoidok biológiai lebomlását dioxigenázrendszerek katalizálják (Winterhalter and Rouseff, 2001; Pénicaud *et al.*, 2011; Winterhalter and Ebeler, 2013; Daruwalla and Kiser, 2020).

A karotinoidokból származó aromavegyületeket nemcsak levéltermékekben, például dohányban, teában mutatták ki, hanem számos illóolajban, gyümölcsben, zöldségekben, fűszerekben, valamint szőlőben, borban, rumban, kávéban, tölgyfában, mézben, hínárban stb. is (Winterhalter and Rouseff, 2001).

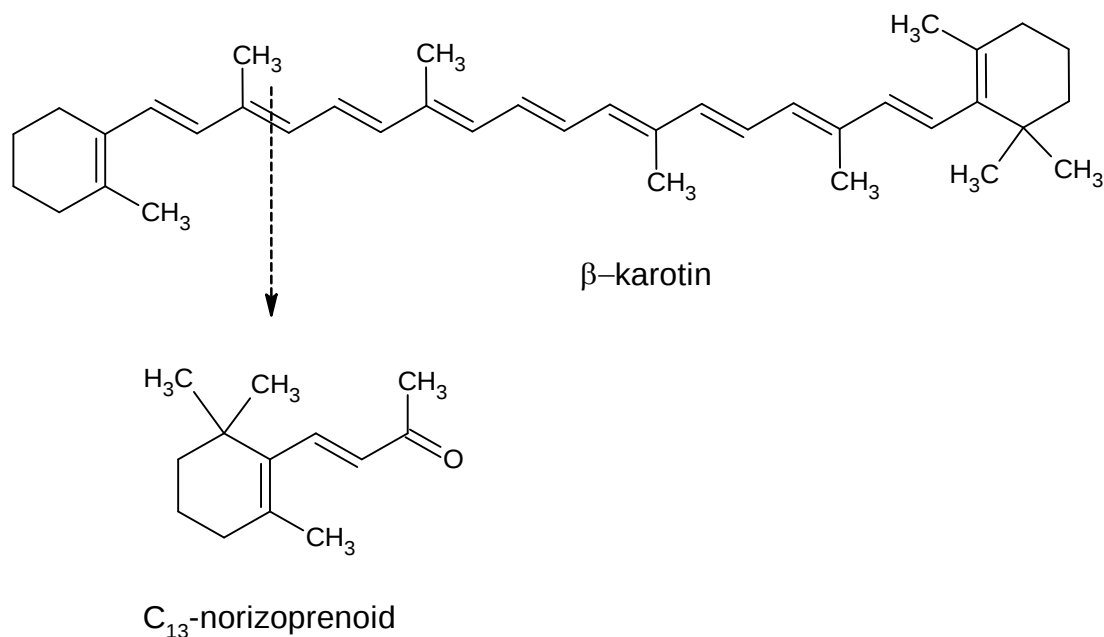
A karotinoidok többnyire a bogyónövekedés első szakaszától a szőlő érésének kezdetéig szintetizálódnak, majd a zsendülés és teljes érettség között lebomlanak (Baumes *et al.*, 2002). Az érett szőlő héjában koncentrálnak, akár nyolcszor nagyobb mennyiségben fordulnak elő a szőlőlevélben és háromszor nagyobb mennyiségben a szőlőhéjban, mint a bogyóhúsban (Guedes de Pinho *et al.*, 2001; Black *et al.*, 2012).

A szőlő karotinoidjainak mennyisége az éghajlati tényezőktől, a termesztéstechnológiától, a szőlőfajtától és a klóntól függ. A karotinoidok többnyire a bogyó héjában találhatók két-háromszor több mennyiségben, mint a bogyóhúsban, míg a szőlő levében hiányoznak (Baumes *et al.*, 2002).

Az érett szőlő karotinoidjai - amelyek a bor aromájában is közvetlen szerepet játszanak - közül a legnagyobb mennyiségben (mg/kg-os nagyságrendben) a β -karotin és a lutein található a szőlőbogyóban, amelyek az össz mennyiség közel 85%-át teszik ki, és ezekhez kisebb molekulatömegű karotinoidok társulnak, mint a neoxantin, violaxantin, lutein-5,6-epoxid, zeaxantin, neokróm, flavoxantin és luteoxantin (μ g/kg-os nagyságrendben) (Krinsky, Mathews-Roth and Taylor, 1989; Winterhalter and

Rouseff, 2001; Mendes-Pinto *et al.*, 2004). Ezek közül az egyetlen karotinoid szénhidrogén a β -karotin, az összes többi oxidált karotinoid (xantofil).

A szőlő érése során, a karotinoidok (β -karotin, lutein, neoxantin, violaxantin) koncentrációja csökken a karotinoid hasító dioxigenázzal (CCD) történő enzimatis hasítás eredményeként, amelynél a 9,10-es kötés hasítása a termodinamikailag legkedvezőbb oxidációs hely, így C_{13} alegységek keletkeznek (5. ábra) (Walter és Strack, 2011). Tehát a karotinoidok a C_{13} -norizoprenoid vegyületek prekursorai, amelyeket a szőlőben és borban azonosítottak, és amelyekről tudott, hogy egyes fajták jellegzetes aromáiért felelősek.



5. ábra A C_{13} -norizoprenoidok kialakulása β -karotinból

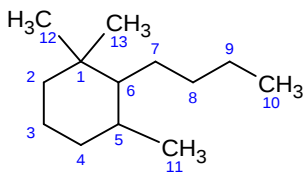
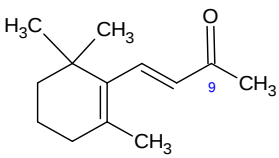
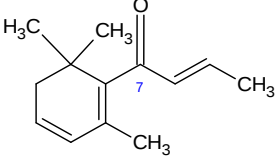
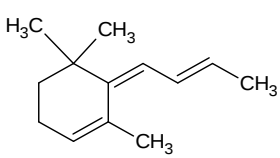
Ez a folyamat a bogyók érése során a nem illékony C_{13} -norizoprenoid glikokonjugátumok mennyiségének egyidejű növekedését eredményezi, a bogyókban tapasztalható cukor mennyiség növekedése mellett (Baumes *et al.*, 2002). A C_{13} -norizoprenoid vegyületek a borkészítés vagy az érlelési folyamatok során is felszabadulhatnak a glikozidmolekulák hidrolízise során (Silva Ferreira és Guedes de Pinho, 2004).

3.2.2. C_{13} -norizoprenoidok

A C_{13} -norizoprenoidok általános hozzájárulását a bor aromájához a szőlőben szabadon előforduló, az erjedés során enzimatis vagy savas hidrolízissel felszabaduló, végül pedig a bor érlelése és tárolása során fellépő kémiai reakciók során felszabaduló C_{13} -norizoprenoid vegyületek adják (Mendes-Pinto, 2009).

A C₁₃ vegyületek a legnagyobb mennyiségben előforduló norizoprenoidok a természetben. Ezek a 6. ábrán bemutatott módon csoportosíthatók:

- megsztigmán szerkezetű vegyületek, beleértve az iononok és damaszkonok családját, amelyek a ketocsoport helyzetében különböznek, pl. a C(9)-nél, mint a β-iononban, vagy a C(7)-nél, mint a β-damascenonban, és
- megsztigmán szerkezetű vegyületek, amelyek nem tartalmaznak ketocsoportot, mint pl. az (E,E)-megasztigma-4,6,8-trién (Winterhalter és Rouseff, 2001).

Megasztigma szénváz	Iononok	Damaszkonok	Megasztigma
 C₁₃	 β-ionone	 β-damascenon	 (E,E)-megasztigma-4,6,8-trién

6. ábra Karotinoid eredetű norizoprenoidok kémiai szerkezete megsztigma szénvázal

A C₁₃-norizoprenoid vegyületek fontos szerepet játszanak a borok aromájában (R. F. Simpson és Miller, 1983). A glikozilált intermedierek savas hidrolízissel az erjedés során felszabadulnak, és azt feltételezik, hogy jelentősen hozzájárulnak az aromaaktív norizoprenoidok koncentrációjához a borban (Winterhalter és Rouseff, 2001). Mind a glikokonjugált, mind a felszabaduló vegyületek szintje nagymértékben eltér a különböző szőlőfajták között (Câmara et al., 2004; López et al., 2004; Oliveira et al., 2006; Ugliano és Moio, 2008).

A glikozid metabolitok formájában kötött C₁₃-norizoprenoidok felhalmozódása teljes egészében a szőlőbogyóban történik (Hjelmeland és Ebeler, 2015). A felhalmozódás a Rajnai rizlingben 1-2 héttel korábban kezdődik, majd tetőzik, mint a monoterpén-glikozidoké (Winterhalter és Ebeler, 2013).

3.2.3. A TDN

A borokkal kapcsolatos egyik fő probléma az idegen vagy nemkívánatos aromák megjelenése. A karotinoidok bomlásából származó egyes összetevők különösen érdekesek a bor érlelése kapcsán. Amíg egyes C₁₃-norizoprenoidok intenzív gyümölcsös ízeket eredményeznek, addig a tárolás során fejlődő 1,1,6-trimetil-1,2-

dihidronaftalin (szerkezeti képlet 4. ábra) palackban érlelt vagy kerozin jellegű borízt kölcsönöz (Rapp és Mandery, 1986).

Maga a TDN nincs jelen a szőlőben, hanem a bor öregedésével képződik, mennyisége fokozatosan növekszik, elér egy maximális koncentrációt, majd mennyisége újból csökken. Ennek az az oka, hogy a borban szabad és kötött formájában van jelen és idővel a kötött formából, a karotinoidokból felszabadul. A termodinamikai végpontnak tekintett TDN nagyon stabil, ellentétben a fiatal Rajnai rizling karakterekért felelős monoterpénekkel, amelyek a bor öregedésével lebomlanak (Rudy, 2008; Black *et al.*, 2015). Simpson (1978) azt állapította meg, hogy a TDN melegítés hatására oxidatív és nem oxidatív körülmények között is könnyen keletkezik (R. F. Simpson, 1978).

A TDN vegyületet először 1978-ban Simpson (R. Simpson, 1978) azonosította, aki 20 µg/l tartományban határozta meg a borban a vegyület ízküszöbét. Később Sacks és munkatársai (Sacks *et al.*, 2012) újra meghatározták a TDN ízküszöbét, ők a korábbi érték tizedrészében azaz 2 µg/l határozták meg azt (Winterhalter és Gök, 2013). Az európai Rajnai rizling borokban a TDN koncentráció 0,5 és 22 µg/L között van (Schüttler, Friedel, *et al.*, 2015). Melegebb éghajlaton (Ausztrália) már jóval magasabb, 2–255 µg/l TDN koncentrációtartományt állapítottak meg a Rajnai rizling boroknál (Black *et al.*, 2012), míg Marais és munkatársai (1992) (Marais, van Wyk and Rapp, 1992a) a dél-afrikai borok esetében 3–55 µg/l koncentráció tartományban mérték a vegyületet.

Általában, ha ez az íz nagy intenzitással van jelen, az káros hatással van a bor minőségére (Marais, 1992). Viszonylag nagy mennyiségű TDN keletkezhet a lutein bomlástermékeként kénsavas közegben. A lutein egyik fő bomlásterméke a 3-oxo- α -ionon. Marais (1992) úgy vélte, hogy ez a vegyület köztitermék lehet a TDN képződésében, mivel szerves savak vizes oldatában 4,4,7-trimetil-3,4-dihidro-2(1H)-naftalenonná alakul, amely redukálva és dehidratálva TDN-t eredményez. A lutein másik bomlásterméke, a 3,4-dehidro- β -ionon, amit szintén a TDN prekursoraként tartanak számon. Megállapították, hogy a szőlőben lévő lutein a borban található TDN eredeti prekursora lehet (Marais, 1992).

Kevés olyan aromavegyület van a borban, amely jellegzetesebb vagy jobban megosztó, mint a TDN. Magas koncentrációban egyértelműen benzin vagy kerozin illatú, de viszonylag alacsony koncentrációban a Rajnai rizling jellegzetes, egyedi

illatát adja, amelyet sok borfogyasztó nagyra értékel és úgy gondolja, hogy a kerozinszerű karakter előnyös a borminőség szempontjából, ha alacsony intenzitással van jelen, de nemkívánatossá válik, ha magas intenzitással jelenik meg. A Rajnai rizling borok palackban érlelt illatának fontos része, szintje akár hatszor magasabb, mint más fajtáknál (Black *et al.*, 2012). Gyakran emlegetik az érlelt Rajnai rizling borok tipikus aromájaként, ahol a koncentráció elérheti a 200 µg/l-t és potenciálisan negatív a bor minőségére (Winterhalter és Rouseff, 2001). Mivel jelentős szerepet játszik a borok érlelési aromájában (R. Simpson, 1978), ezért a legtöbbet vizsgált norizoprenoid a borban (R. F. Simpson, 1978).

A TDN más szőlőfajták boraiban is képződhet, de lényegesen alacsonyabb koncentrációban, és az erősebb aromájú szőlőfajták ízei mellett általában nem érzékelhető egyértelműen (Rudy, 2008). Kísérletekben 9 szőlőfajta mustjának hőkezelése során keletkezett TDN; a kapott mennyiség a szőlőfajtától, a pH-tól és a tárolási hőmérséklettől függött, de a Rajnai rizling és a vele rokon fajták az egyedüli fajták, amelyek hosszú távú pincetárolás mellett is képesek olyan mennyiségű TDN-t előállítani, amely képes befolyásolni a bor aromáját (R. F. Simpson és Miller, 1983).

A hűvösebb éghajlati övezetekben termelt Rajnai rizling borban a TDN csak négy-hat éves palackos érlelés után érzékelhető. A forró bortermelő vidékeken a TDN sokkal korábban és lényegesen nagyobb mennyiségben keletkezhet, ami miatt ezek a borok elutasításra kerülnek (Rapp, 2004).

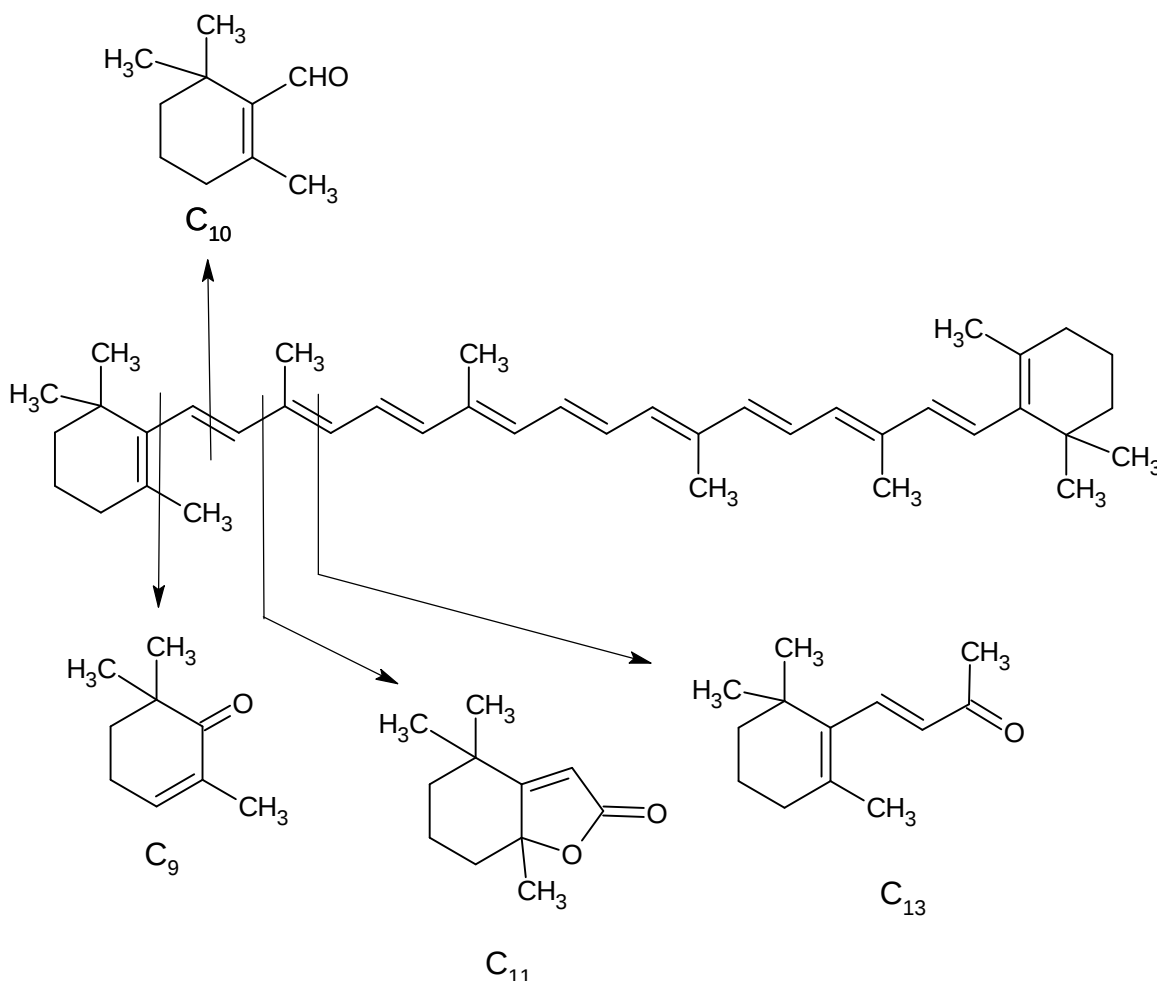
3.2.3.1. A TDN kialakulásának lehetséges útjai

A TDN kialakulása a borban a karotinoid prekursorok szőlőben lévő koncentrációjától függ, amely koncentráció a szőlő érése során felhalmozódó cukor koncentrációjával növekszik (Strauss *et al.*, 1987).

A szőlőbogyóban is megtalálható karotinoidok instabil vegyületek az erősen konjugált kettős kötések tartalmazó szerkezetük miatt. Könnyen lebomlanak különféle termékekké oxigén és fény jelenlétében, valamint magas hőmérsékleten. A karotinoidokból a norizoprenoidok egyrészt glikozilált (kötött frakció) intermediereken keresztül keletkezhetnek. A nem glikozilált (szabad) frakcióban lévők alkotják a szőlő C₁₃ fajtaaromáját. A karotinoidok az erjedés során enzimatis és savas hidrolízissel járó kémiai reakciókon mennek keresztül, amely során az illékony aglikonok, felszabadulnak a glikozid kötésből és számos vegyület keletkezik, amelyek

közül néhány erős aromatulajdonságokkal rendelkezik; azaz a karotinoidok a norizoprenoidok prekursorai (Baumes et al., 2002; Winterhalter és Rouseff, 2001).

A karotinoidok ezen bomlástermékei 13, 11, 10 vagy 9 szénatomos karbonilvegyületek, amelyek megtartják karotinoid anyatermékük terminális csoportját (7. ábra) (Rapp és Pretorius, 1989).

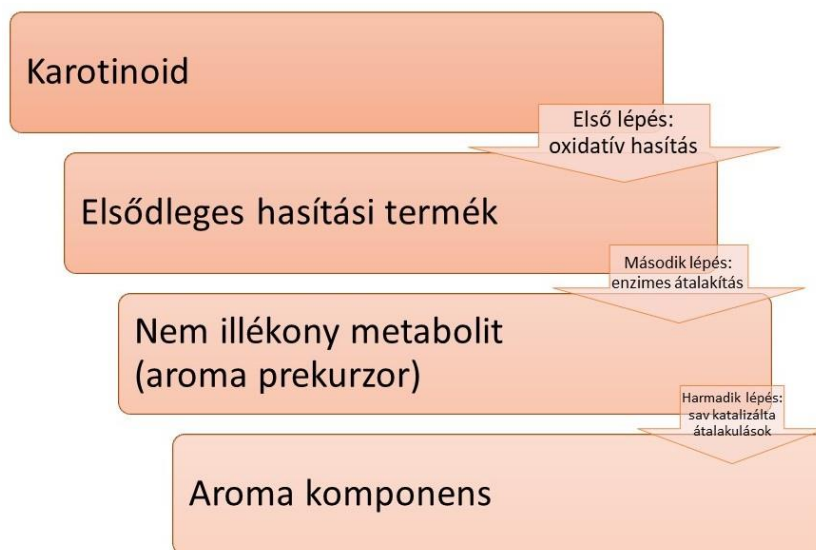


7. ábra C₉, C₁₀, C₁₁ és C₁₃ norizoprenoid vegyületek képződése β-karotinból.

A norizoprenoidok nagyon alacsony szaglási küszöbértékkel rendelkeznek, és így jelentős az érzékszervi hatásuk. A borban azonosított, fontos érzékszervi tulajdonságokkal rendelkező norizoprenoidok a következők: TCH (2,2,6-trimetil-ciklohexanon), β-damascenon, β-ionon, vitispirán, aktinidiol, TDN, rizling-acetál és TPB (4-(2,3,6-trimetil-fenil)-buta-1,3-dién) (Strauss et al., 1987; Winterhalter, Sefton and Williams, 1990; Mendes-Pinto, 2009).

Általában három lépésre van szükség az aromavegyület előállításához a kiindulási karotinoidból (1) a kezdeti dioxigenáz hasítás, (2) a kezdeti hasítási termék ezt követő

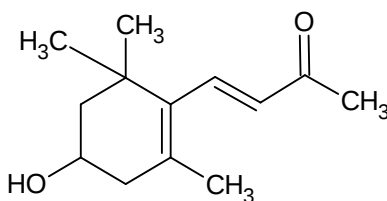
enzimatis átalakítása, amely poláris intermediereket (aroma-prekurzorokat) eredményez, és (3) a nem illékony prekurzorok savkatalizált átalakulása aromaanyagokká (8. ábra) (Winterhalter és Rouseff, 2001).



8. ábra A karotinoidok aroma vegyületekké történő átalakításának általános lépései.

Ohloff már 1978-ban (Ohloff, 1978) azt feltételezte, hogy a TDN a karotinoid lebomlásával alakul ki. A β -karotin foto-oxidációjával előállítottak kis mennyiségű TDN-t. Kimutatták, hogy számos TDN prekurzor van jelen a Rajnai rizling borban, és úgy vélték, hogy ezek a poláris glikozid származékok, valamint nem glikozid vegyületek, viszonylag nagy koncentrációban képződnek a Rajnai rizling borok savas hidrolízise során (Winterhalter, Sefton and Williams, 1990).

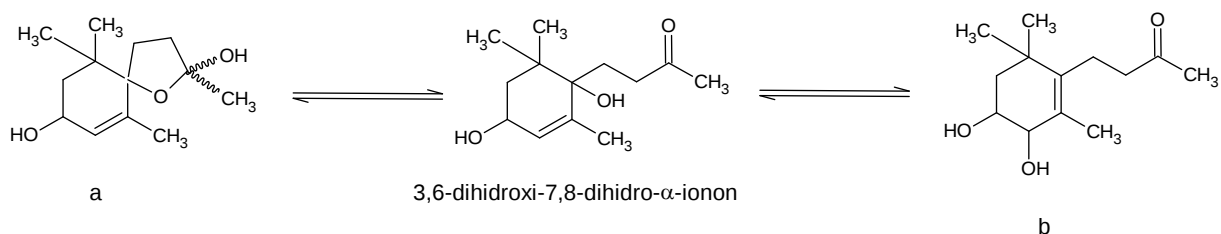
A borok TDN-kutatásában az áttörés 1991-ben történt, amikor a Rajnai rizling borban savra érzékeny TDN prekurzorok sorozatát mutatták ki. Gueldner és Winterhalter (1991) úgy vélte, hogy a TDN nem illékony prekurzorokból keletkezik savas körülmények között és a TDN kialakulását a glikozidosan kötött 3-hidroxi- β -ionon (9. ábra) bomlása okozza (Gueldner és Winterhalter, 1991).



3-hidroxi- β -ionon

9. ábra 3-hidroxi- β -ionon

Winterhalter (1991) szerint a TDN kulcsfontosságú elődje a borban a 3,6-dihidroxi-7,8-dihidro- α -ionon, amely a diasztereomer félacetálok (a), valamint az allil átrendeződésű dihidroxiketon (b) formájában van jelen (10. ábra) (Winterhalter, 1991).

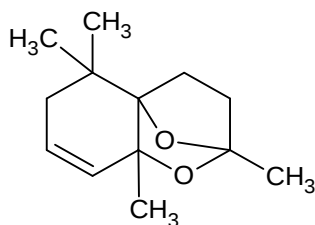


10. ábra 3,6-dihidroxi-7,8-dihidro- α -ionon molekula formái a borban

Ezek a karotinoidból származó metabolitok többféle glikokonjugált formában vannak jelen a borban, és az **a** és **b** aglikonok glikozidáz enzim kezelés hatására szabadulnak fel (Winterhalter, 1991).

Savas körülmények között ezek a reaktív prekursorok illékony vegyületek sorozatává alakulnak át. Fő bomlástermékként a rizling-acetál (amelyből végül TDN is keletkezik) és a TDN keletkezik (Winterhalter és Gök, 2013).

A rizling-acetál (11. ábra) a bor pH-értékén a TDN prekuzora, nem pedig versengő végtermék, amely mindkét vegyületben közös prekursorok savkatalizált hidrolízise során keletkezik. A rizling-acetál elnyújtott hidrolízis hatására TDN-né alakul a palackos érlelés során. A TDN kémiaiailag stabil, a bor savaival szemben ellenálló. Feltehetően a TDN rendelkezik a legnagyobb termodinamikai stabilitással a prekursorok hidrolízistermékei közül (Versini *et al.*, 1996; Daniel *et al.*, 2009).



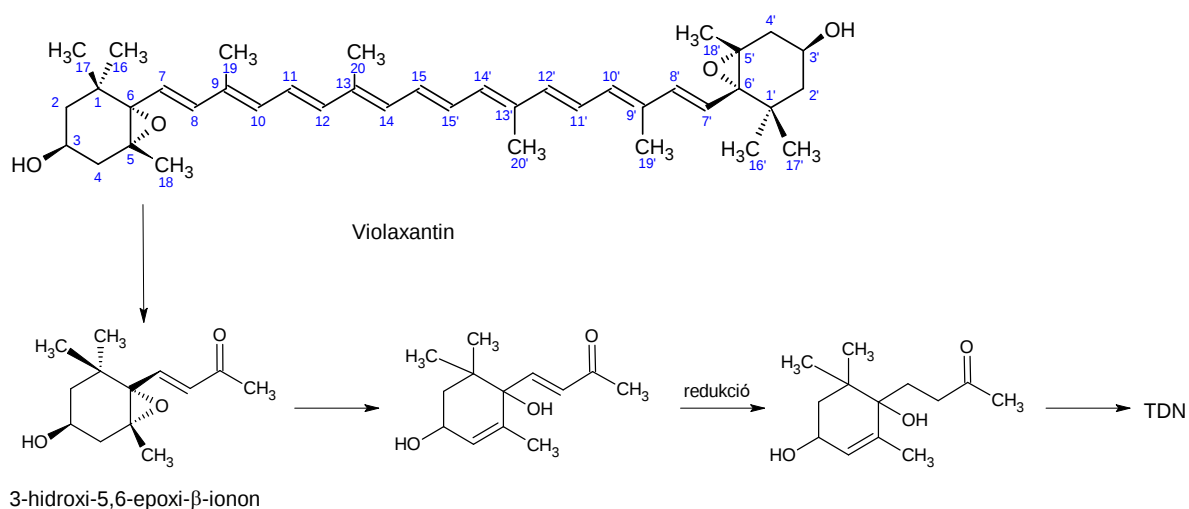
rizling-acetál

11. ábra Rizling acetál

Versini és munkatársai (1996.) vizsgálataik alapján megállapította, hogy legalább két TDN-prekursor létezik különböző koncentrációban a borban. Mindkét

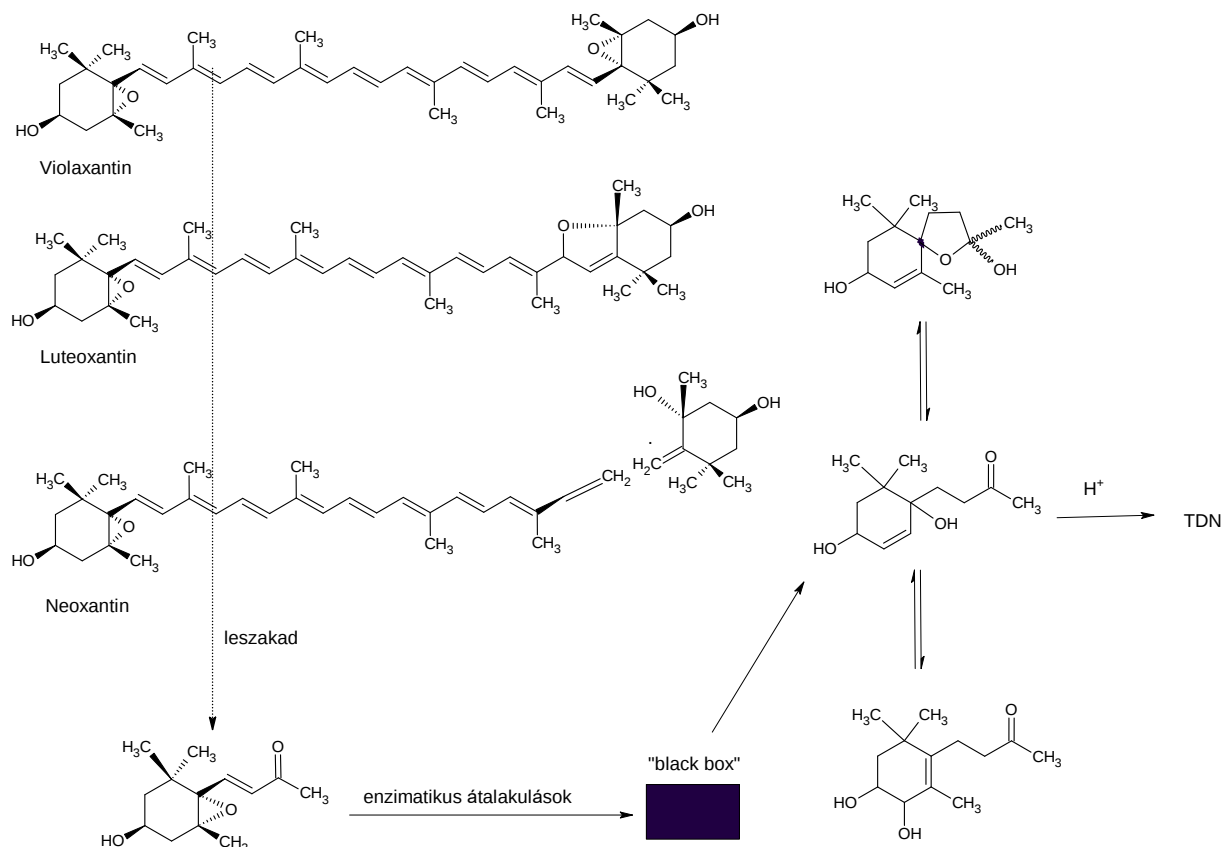
reakciómechanizmus esetében meglehetősen közeli maximális TDN termelési időt találtak 2 pH értéknél (Versini *et al.*, 1996).

Winterhalter és Gök (2013) vizsgálataik alapján úgy vélték, hogy a TDN képződésében különböző hasítási termékek vesznek részt. Biogenetikai megfontolások alapján a 3-hidroxi-5,6-epoxi- β -ionon, amely violaxantinból vagy neoxantinból származik, a legvalószínűbb jelölt (12. ábra) (Winterhalter és Gök, 2013).



12. ábra A TDN feltételezett kialakulása 3-hidroxi-5,6-epoxi- β -iononból.

A TDN valódi prekursorai nem illékony glikokonjugátumok, amelyek tizenhárom szénatomos karotinoid metabolitokból állnak (C_{13} -norizoprenoidok), amelyek mono- vagy diszacharidokhoz vannak kötve, felhalmozódásuk a szőlő fejlődése során a zsendüléstől egészen az érésig tart. A szőlőglikozidok mustba kerülnek, és a bor érlelése és tárolása során a TDN lassú hidrolitikus felszabadulása megy végbe a bor savas pH-körülményei között. Emiatt a TDN csak nyomokban mutatható ki szőlőben, szőlőmustban és fiatal borokban, de a tárolás első éveiben mennyisége lassan növekszik (R. Simpson, 1978; R. F. Simpson és Miller, 1983; Winterhalter *et al.*, 1990). Kimutatható, hogy a TDN legalább három különböző polaritású prekursor frakcióból szabadul fel (13. ábra) (Winterhalter, Sefton and Williams, 1990).



13. ábra A TDN feltételezett kialakulásának útvonalai epoxi karotinoidokból

Gök és munkatársai (2022) a luteint is a TDN kezdeti karotinoid prekursoraként említik. Először sikerült kimutatniuk a TDN célvegyület több, addig ismeretlen prekursorának létezését. Az izolált mono- és diglikozilált TDN prekursorok szerkezetét feltárták, ezzel megbízható kiindulópontot adva a jövőben a TDN kialakulásának útját vizsgáló részletes tanulmányokhoz (Gök *et al.*, 2022).

3.2.3.2. A TDN kialakulását befolyásoló tényezők

A bor minőségére a szőlőn keresztül az éghajlat, a hőmérséklet, a napfénynek való kitettség, a talaj és azon keresztül a vízellátás, a szél, a fajta, a klón és az élettani folyamatok, az érési szakasz (pl. szőlő szüreti érettsége) és a borkészítési technikák, bonyolult kölcsönhatásban hatnak. Ezek a tényezők befolyással vannak a szőlőben található karotinoidok koncentrációjára és a borban a bomlás termékként keletkező TDN mennyiségére is (Marais, van Wyk and Rapp, 1992a) (Marais, van Wyk and Rapp, 2017). Ez a C₁₃-norizoprenoid magasabb koncentrációban képződhet sajátos éghajlati jellemzőkkel rendelkező szőlőtermő területekről származó borokban (Marais *et al.*, 2017), és nagyon magas koncentrációban ronthatja a bor minőségét.

A) Az éghajlat hatása a szőlőtermesztésre és a borászatra

Az ipari korszak beköszöntével és a fosszilis tüzelőanyagoktól való növekvő függéssel, az erdők széles körben elterjedt kiirtásával és az agrokemikáliák kiterjedt használatával a Föld átlaghőmérsékletének lassú, de folyamatos „globális felmelegedés” néven ismert emelkedése következett be (*National Geographic*, 2019), melynek valószínű okozója a szén-dioxid és más üvegházhatású gázok növekvő kibocsátása, ami megváltoztatja a légkör összetételét (Webb, Whetton and Barlow, 2007).

A Föld átlaghőmérsékletének növekedése magában foglalja mind a légkör, mind az óceánok hőmérsékletének emelkedését. A huszadik század eleje óta a globális átlaghőmérséklet körülbelül 1,5 °C-kal emelkedett, ennek körülbelül kétharmada 1960 óta történt (Calvin *et al.*, 2023). Az éves átlaghőmérséklet várható eltolódása napjaink és 2030 között 0,2-1,1 °C nagyságrendű lesz számos szőlőtermő régióban. 2050-re az éves átlaghőmérséklet előre jelzett növekedése a szőlőtermő régiókban 0,4-2,6 °C (Webb, Whetton and Barlow, 2007).

A mérsékelt égövön belül a minőségi borszőlőtermő területek jelentős részét adják az úgynevezett „hűvös klímájú” borvidékek (cool climate wine regions). Ugyanazon szőlőfajtából készített bor más-más jelleget mutat aszerint, hogy milyen klímájú területen állították elő (Becker, 1985). A szőlők teljesítménye (vegetatív fejlődés, fenológia, hozam, termésminőség) évről-évre ingadozást mutat, amelynek mértékét alapvetően a klimatikus viszonyok határozzák meg. Ez az évjáráthatás. A klimatikus hatótényezők közül kiemelkedő jelentőségű a hőmérséklet (Mori *et al.*, 2007; Teszlák *et al.*, 2009).

Bár a bor nem nélkülözhetetlen az emberi túléléshez, a bor az emberi találékonyság fontos terméke. Minden mezőgazdasági tevékenység határozottan függ az éghajlattól és az időjárástól, és eredendően összefügg azokkal; ez alól a szőlő sem kivétel. Bár a szőlőt világszerte termesztik, a prémium borszőlőtermesztés nagyon szűk éghajlati tartományokban történik, így a borszőlő nagyobb kockázatnak van kitéve mind a rövid távú klímaváltozás, mind a hosszú távú éghajlatváltozás miatt, mint más növények (Jones and Webb, 2010; Mozell and Thach, 2014).

A globális felmelegedés elmozdíthatja a prémium szőlőtermő régiókat a jelenleg erre a tevékenységre szánt területekről (várhatóan szűkíteni fogja a bortermelésre alkalmas területek nagyságát), és ezzel egyidejűleg elmozdulást idézhet elő a jelenlegi

szőlőfajta-használatban (Mozell and Thach, 2014). Az éghajlatváltozás és az ebből eredő időjárási minták és szén-dioxid-szintek változásai létfontosságú szerepet játszanak egy adott borvidék terroirjában, mivel erősen szabályozzák a lombzat mikroklimáját, a szőlő növekedését, a szőlő élettanát, a termést és a bogyóösszetételt és az ebből eredő borminőségben is változásokat okozhatnak (Tate, 2001; Mozell and Thach, 2014; Santos *et al.*, 2020).

A borszőlő termesztés északibb régióit (hűvös klímájú területek) fenyegeti az a veszély, hogy hosszú távon elveszíti a hűvösebb termőrégió jellegzetességeit (kedvező vízellátottságú, termékeny talaj, amely biztosítja a szőlő fokozottabb vegetatív növekedését). A fehérbortermesztést ez különösen érinti, mert az elmúlt évek problémái megmutatták, mire számíthatunk: legrosszabb esetben alacsony savtartalmú, magas alkoholtartalmú és kevésbé gyümölcsös fehérborokra (Kenny and Harrison, 1992; Rudy, 2008; Teszlák *et al.*, 2009; Mira De Orduña, 2010).

A minőségre gyakorolt klimatikus hatások ismerete alapján röviden összefoglalva elmondható, hogy a hűvösebb klímájú szőlőterületeken a fehérborok általában frissebbek, savasabbak, üde illat- és aromaanyagokban gazdagabbak. A melegebb klímájú területeken pedig tipikus a magasabb alkoholtartalom, a rövidebb ízhatás és a gyengébb aromakifejeződés (Jones *et al.*, 2005; Teszlák *et al.*, 2009; Jones and Alves, 2012).

- ***A hőmérséklet hatása a szőlő fenológiájára, összetételére és a TDN képződésére***

A borszőlő (*Vitis vinifera* L.) fejlődésének fenológiája túlnyomórészt hőmérsékletfüggő (Coombe and Dry, 2004), az elmúlt 50 évben folyamatosan változott. A szüret időpontja számos európai termőhelyen korábbra tolódik (átlagosan 17 nappal) (Jones *et al.*, 2005). A szőlő érésének időtartama 140 napról 110 napra (21%-os csökkenés) rövidül. Valószínűsíthető, hogy ennek a folyamatnak az okozói, a felmelegedési tendenciák.

A jövőbeni további hőmérséklet-emelkedés tovább fogja rövidíteni a tenyészidőszakot, a virágzást, a szőlő érési idejét és ennek következtében a szüret időpontját, és befolyásolhatja a szőlő minőségét és összetételét (Lough, Wigley and Palutikof, 1983; Oliveira *et al.*, 2003; Webb, 2007; Teszlák *et al.*, 2009; Keller, 2010).

A vegetációs időszak hőmérséklete legalább három módon befolyásolhatja a szőlő minőségét és életképességét (Mullins, Bouquet and Williams, 1992; Oliveira *et al.*, 2003):

- Először is, a tartósan 10 °C feletti hőmérséklet beindítja a tavaszi vegetatív növekedést, és így meghatározza a tenyészidőszak kezdetét.
- Másodszor, a virágzás és a bogyók növekedése során a szélsőséges hőhatások okozhatják, hogy:
 - korán kezdődik a szőlő érése (színváltozás és a cukrok felhalmozódásának megindulása);
 - magas szőlőpusztulás abszcisszió¹ révén;
 - enzim inaktiválás;
 - és az ízérlelés részleges vagy teljes megghiúsulása.
- Harmadszor, az érési szakaszban a magas napi hőmérséklet-tartomány a szőlő tanninok, cukrok és ízek előnyös szintéziséhez vezet (Gladstones, 1992).

A szőlőbogyóban emelkedett cukor, alacsonyabb savkoncentráció (különösen almasav) illetve alacsonyabb antocianin és metoxipirazin szint figyelhető meg. Szoros összefüggés mutatható ki a bor minősége (évjárat minősítés) és az éghajlat között, mivel a bor minősége nagymértékben függ az érési időszak léghőmérsékletétől. A szőlőbogyó magasabb cukor koncentrációja megnöveli a bor alkohol tartalmát, az alacsonyabb antocianintartalom csökkenti a vörösborok „színpotenciálját” (Jones *et al.*, 2005; Teszlák *et al.*, 2009; Keller, 2010).

Megfigyelték, hogy az összes többi szőlőfajtától eltérően a Rajnai rizling hűvösebb és melegebb területen való termesztése között lényeges különbség van: a melegebb, naposabb termőhelyekről származó borokban viszonylag rövid tárolási idő után gyakran kerozinra emlékeztető aroma alakul ki. A hűvösebb vidékeken megfelelő tárolás mellett ez évekig is eltarthat (Rudy, 2008). A hűvösebb régiók boraihoz képest a melegebb régiókból származó Rajnai rizling borok átlagosan 78%-kal magasabb TDN koncentrációval rendelkeztek. Ez a jelenség magyarázható a TDN prekursorok fejlődési ütemének és mennyiségének növekedésében tapasztalható különbségével, az éghajlati tényezők és a szőlőtermesztési gyakorlatok együttes hatása miatt (Marais, van Wyk and Rapp, 1992a).

¹ A növényi tudományokban leggyakrabban arra a folyamatra utal, amelynek során a növény elhullajtja egy vagy több részét, mint például a levelét, termését, virágát vagy a magját.

A szőlő érése során a karotinoid lebontási reakciókban keletkező C₁₃-norizoprenoidok, mint fajtaaromák hozzájárulnak a boraromához (Baumes et al., 2002; Lee et al., 2007; Winterhalter és Rouseff, 2001). Ez a hozzájárulás többé-kevésbé releváns lehet a bor végső aromájában a szőlőtermesztési körülményektől függően, amelyek befolyásolják a szőlő karotinoid profilját. Érdekes azonban megemlíteni, hogy a különféle szőlőtermesztési feltételeket vagy paramétereket nem külön-külön, hanem kölcsönhatásban lévő hatásokként kell vizsgálni, mint a fényexpozíció és a hőmérséklet (Lee et al., 2007).

- ***A fény (UV sugárzás) hatása a TDN prekursorok képződésére***

A fény az egyik olyan környezeti tényező, amely a legnagyobb hatással van a magasabb rendű növények növekedésére és fejlődésére, amelyek a napfényt használják fel a fotoszintézishez. A szőlő fénykedvelő növény. A szórt fényt is jól hasznosítja (Bényei et al., 1999). A Föld ózonréteg-vastagságának változása miatt egyre magasabb szintet elérő UV-B hullámhossz-tartományban érkező napsugárzás (280-320 nm) a szőlő számára is potenciális veszélyt jelent. A magasabb UV-B sugárzás hatásai a szőlőtermesztés több szintjén is jelentkeznek, a talaj mikroflóráján- és faunáján keresztül egészen a szőlő génregulációjáig (Jansen, Gaba and Greenberg, 1998; Teszlák et al., 2009). A magas UV-B sugárzás hatással van a nitrogén-metabolizmusra is, csökkenti a bogyók aminosav-koncentrációját, és ezen keresztül befolyásolja a borok fermentációs kinetikáját, magasabb alkoholtartalmat, illetve másodlagos aroma-anyag növekedést eredményez (Jansen, Gaba and Greenberg, 1998; Teszlák et al., 2009), így hatással van a karotinoidok bioszintézisében bekövetkező változásokra is. Ezek a változások segítik elő a karotinoidok felhalmozódását és az érés során történő lebomlását (Winterhalter and Rouseff, 2001).

Schultz és munkatársai (1998) az UV-sugárzás hatását vizsgálták a TDN prekursor anyagok, a karotinoidok képződésére. Ebből a célból szőlősorokat különböző áttetszőségű fóliákkal védtek a napsugárzástól. Megállapították, hogy az eltérő UV-sugárzásnak kitett szőlő karotinoid tartalma csak jelentéktelen mértékben tért el egymástól (Schultz et al., 1998).

Ezzel szemben Steel és Keller (2000) már különbséget tudott kimutatni a fóliával árnyékolt és a nem árnyékolt szőlők karotinoid tartalmában. Ők poliészter film alatt (azért, hogy az UV-fényt 98%-kal csökkentsék) termesztett szőlő (Cabernet Sauvignon) levél- és bogyószövetében vizsgálták a karotinoid tartalmat. A levelekben

lévő összes karotinoid kevesebb volt az UV-szűrő poliészter film alatt termesztett szőlőben. A béta-karotin szintje a szőlőbogyók növekedésével csökkent a szőlő érésének kezdete körül. Ez a hatás kifejezettebb volt a csökkentett UV-fényben termesztett szőlőben. A bogyók luteintartalma viszonylag állandónak tűnt a bogyó fejlődésével, de az UV-szűrő alatt csökkent a szint (Steel és Keller, 2000).

Általánosságban elmondható, hogy a legmagasabb karotinoidszint a szőlőben, a világ forró vidékein figyelhető meg. A szőlő összetételére gyakorolt hőmérsékleti hatás azonban összetett, és nem szabad elválasztani a napfény különböző fokú kitettségétől. Későbbi vizsgálatokban más szerzők is azt támasztották alá, hogy az árnyékolt szőlőhöz képest a fény elősegíti a karotinoidok mennyiségének növekedését az éretlen szőlőben, azaz a szőlő érésének kezdete előtt. Az érés ideje alatt a napfénynek kitett szőlő karotinoidjainak jelentős csökkenése tapasztalható az árnyékos szőlőhöz képest (Steel and Keller, 2000; Winterhalter and Rouseff, 2001; Baumes *et al.*, 2002).

A Rajnai rizling szőlő is a karotinoidok nagyobb fokú képződésével reagál a megnövekedett napsugárzásra és a magasabb hőmérsékletre. A karotinoidok a bogyóhéjban raktározódnak a túl sok napsugárzás elleni védelemként. A karotinoidok azonban nem túl stabilak, és enzimatikusan és savas katalízissel bomlanak le (Rudy, 2008).

Marais és munkatársai (1992) vizsgálták a napfény, az árnyék és az érettségi fok hatását a potenciálisan illékony C₁₃-norizoprenoid koncentrációkra Rajnai rizling szőlőben és borban. Megállapították, hogy néhány kivételtől eltekintve a norizoprenoid koncentráció szignifikánsan magasabb volt a napsugárzásnak kitett szőlőben, mint az árnyékolt szőlőben. Ennek megfelelően a napfénynek kitett és az árnyékolt bogyókból készült borok TDN-tartalma is jelentős különbségeket mutatott. A kísérlet részeként a napos és árnyékos bogyókat külön gyűjtötték be, és külön készítették belőlük bort. A kész borok TDN-tartalmában jelentős eltéréseket mértek (Marais, van Wyk and Rapp, 1992b).

A norizoprenoid koncentráció jelentős növekedését figyelték meg az érettség növekedésével. A lombkoronán belüli mikroklíma is fontos hatással van a szőlő fejlődésére és összetételére. A napfény és az árnyék közötti norizoprenoid szintkülönbségek általában valamivel kisebbek voltak a borokban, mint a megfelelő szőlőmintákban. A szőlő árnyékolása a norizoprenoid tartalom jelentős, akár 80%-os csökkenéséhez vezetett. A TDN prekursor szintje majdnem kétszer olyan magas a

napsugárzásnak kitett szőlőben, mint az árnyékolt szőlőben hasonló mintavételi szakaszokban (Marais, van Wyk and Rapp, 1992a).

Az árnyékolt bogyóból készült borok TDN-szintje jelentősen alacsonyabb volt. Következésképpen a bor összetétele és minősége többek között attól függ, hogy a szőlőt napfénynek kitett vagy árnyékolt körülmények között érlelték-e, és hogy mikor szüretelik a szőlőt a szőlőérés időszakában (Marais, van Wyk and Rapp, 1992b; Silva *et al.*, 2012).

B) A szőlőtermesztési technológiák hatása a TDN képződésére

• A talaj hatása a TDN képződésére

A szőlő a talaj iránt nem különösen igényes, jól alkalmazkodik a különböző talajokhoz. Azonban a szőlőtalaj minősége nagyon fontos a bor minőségének alakulása szempontjából. Fontos a mechanikai összetétele, típusa, rétegzettsége, kötöttsége, humusztartalma, tápanyagtartalma, színe, mélysége, vízáteresztő képessége, kémiai sajátosságai, mésztartalma stb. (Eperjesi, Kállay and Magyar, 2008).

A talaj hagyományosan a terroir fő alkotóeleme. A talajnak a szőlő vízellátásának szabályozásában szerepet játszó fizikai tulajdonságai a legkritikusabbak a terroir hatás szempontjából. A szőlőtőke víztartalma a terroir hatás fő alapja (Willwerth, Reynolds and Lesschaeve, 2018). A talaj eltérő vízáteresztő képessége befolyásolja a szőlő minőségét és ezen keresztül a bor minőségére is hatással van. A nagy csapadékkal rendelkező területeken a szőlő érési kapacitása alacsonyabb a klimatikus termikus indexek által előre jelzettnél. Megfigyelhető, hogy a mérsékelt égövi vidékeken, ahol általában nincsenek aszályos időszakok, az érés idején bizonyos vízhiány kedvez a bor érzékszervi minőségének. A vízellátás szabályozása meghatározó a minőségi szőlő előállításához. A mérsékelt vízhiány javíthatja a szőlő minőségét (Oliveira *et al.*, 2003; Reynolds *et al.*, 2007).

Azonban Willwerth és munkatársai (2018) azt tapasztalták, hogy a vízhiány következtében fellépő stressznek kitett szőlők boraiban megnőtt a benzinre emlékeztető TDN aroma szintje is (Willwerth, Reynolds and Lesschaeve, 2018). Ennek oka, hogy a talaj vízellátottsága hatással van a szőlőbogyók karotinoid-tartalmára, a talaj vízmegtartó képességtől függően a karotinoidtartalom eltérő (Oliveira *et al.*, 2003; Ramos *et al.*, 2020).

A talaj vízellátottságával szorosan összefügg a szőlőtőke víztartalma. Willwerth és munkatársai (2018) a szőlő levelének vízpotenciál vizsgálatán keresztül értékelték a bor érzékszervi jellemzőiben megmutatkozó hatást. Az eredményeik azt mutatják, hogy a szőlőtőke víztartalma nagymértékben befolyásolja a Rajnai rizling borok érzékszervi jellemzőit azáltal, hogy hatással van az aromavegyületek vagy prekursoraik szintézisére és lebomlására, ami következőképpen befolyásolja a borok érzékszervi jellemzőit. A tenyészidőszakban korlátlan vízellátású szőlők kevésbé intenzív fajtajellegű borokat eredményeznek. A bőséges vízellátású szőlők sűrű, árnyékos lombkoronát hoznak létre, az ebből adódó árnyékolás késlelteti a bogyók érését, és éretlen ízek megjelenéséhez vezethet, amely rontja a borszőlő minőségét. Az enyhe vízhiány általában jótékony hatással van a szőlő és a bor minőségére. A gyümölcsösebb borok általában az alacsonyabb levél vízpotenciállal rendelkező területek szőlőiből készülnek. A vízhiány csökkentheti a bogyók méretét és növelheti a héj-lé arányt (Willwerth, Reynolds and Lesschaeve, 2018). Azon kívül a szőlő vízhiánya csökkenti a hajtásnövekedést és a lombfal sűrűségét. A vízstresszben szenvedő növények hajtásai kevésbé növekednek, ezért a leveleket és a fürtöket jobban éri a napfény, mint a bőséges vízellátással, zsúfolt lombfallal rendelkező és gyengén termő tőkék (Smart *et al.*, 2017). Ez fontos az olyan aromás fehér fajtáknál, mint a Rajnai rizling, melyek aromapotenciáljának nagy része a héjban található. (Chira, Jourdes and Teissedre, 2012; Willwerth, Reynolds and Lesschaeve, 2018).

- ***A nitrogén tartalmú műtrágyázás hatása a TDN képződésére***

A szőlő nem tekinthető nitrogénigényes növénynek, azonban mind a N-hiány, mind a N-bőség káros következményekkel jár (Bényei *et al.*, 1999).

Linsenmeier és Löhnertz (2007) nitrogén (N) trágyázási tartamkísérlet során vizsgálták a szőlő nitrogén-műtrágyázás hatását a borban keletkező TDN koncentrációra. Azt találták, hogy a borban keletkező TDN mennyisége fordítottan arányos a szőlőnek adagolt nitrogéndózisokkal. A trágyázatlan szőlőből készült borok tartalmazták a legmagasabb TDN-értéket, míg az erősen trágyázott szőlőből készültek a legalacsonyabb értéket. Ezt az eredményt a borok tárolási ideje nem befolyásolta. Eredményeiket a N műtrágyázás másodlagos hatásaival magyarázták. Ezek a másodlagos hatások a szőlő lombfelületének növekedése, illetve a bogyóhús/bogyóhéj arány változása, amelyek befolyásolhatják a borban keletkező TDN mennyiségét. A N műtrágyázott szőlők nagyobb levélfelülete miatt árnyékoló hatásra lehet számítani. Bár a nitrogéntrágyázás fokozza a szintézist, de a karotinoidok koncentrációja a

levelekben és a bogyókban az önárnyékolás miatt csökkenhet. A nitrogénhiány ugyanakkor kisebb bogyókhoz vezet, ami a bogyóhús/bogyóhéj arányát is megváltoztatja (Linsenmeier and Löhnertz, 2007).

- ***A fürtzóna lelevelezésének hatása a TDN képződésére***

A TDN biogenezt a szőlő növekedési körülményei befolyásolják. Egy éven át tartó vizsgálat során a szőlőfürt zónában lévő leveleket ugyanolyan mértékben távolították el három különböző időpontban, ami 52 és 138 µg/l közötti kötött TDN-szintet eredményezett a borban. A legalacsonyabb szintet a terméskötés alatti lombtalanítás után, illetve a lombtalanítás mellőzésekor mérték, míg a virágzás után egy hónappal végzett lombtalanítás eredményezte a legmagasabb értékeket (Gallart *et al.*, 2002). Schüttler és munkatársai (2015) vizsgálták a fürtzóna teljes lelevelezésének hatását a bogyóban, mustban és készborokban előforduló lehetséges TDN-koncentrációkra hűvös éghajlati viszonyok között. Szignifikáns különbségeket mutattak ki a TDN potenciál tekintetében a fürtzóna lelevelezési kezeléseknél alévetett tőkék terméséből kinyert mustokban és az abból készült borokban. Az eredményeik azt mutatják, hogy a kezelés befolyásolta a TDN-keletkezését, így az a nem kívánt öregedési jegyek elkerülésének eszközeként használható. Az általuk bemutatott eredmények azt bizonyítják, hogy a szőlőmustban lévő TDN prekursor molekulák mennyisége erősen korrelál a szőlőfürtöket ért napsugárzás mértékével, viszont a TDN potenciál nem feltétlenül függ a levéeltávolítás időzítésétől (Holt *et al.*, 2008; Schüttler, Guthier, *et al.*, 2015).

Más vizsgálatok ellenben azt mutatták, hogy ha a kezelést kb. egy hónappal a szőlő érése előtt végezzük, a TDN prekursorok szintje 25 százalékkal magasabb lehet, mint ha később, a szőlő érésének kezdetén végezzük a beavatkozást (Xie *et al.*, 2018; *Deutsche Winzer können aufatmen: Forscher entwickeln erfolgreich Minimierungsstrategie für Petrol-Fehlnoten in Riesling*, 2018).

- ***A szőlő klón hatása a TDN képződésére***

A TDN képződésére a Rajnai rizling borokban, a használt szőlőklón is hatással van. A gyenge növekedésű alany használata átlagosan 30 százalékkal növelte a TDN potenciált az erős növekedésű alanyhoz képest. A növény-egészségügyi okokból előnyben részesített új, laza fürtű Rajnai rizling klónok termésében 25 százalékkal megnőtt a benzin ízérzet kialakulásának valószínűsége, mivel ezeknél a klónoknál több napfény éri a mélyebb bogyórétegeket, és így több karotinoid képződik. Bár az

egyreszt a borok korával és a szőlőklónnal összefüggést lehetett megállapítani, a vizsgált Rajnai rizling klónok között szignifikáns különbségeket találtak (Sponholz and Hühn, 1997; *Deutsche Winzer können aufatmen: Forscher entwickeln erfolgreich Minimierungsstrategie für Petrol-Fehlnoten in Riesling*, 2018).

C) A borászati technológia hatása a TDN képződésére

• Az élesztő hatása a TDN képződésére

A mikroflóra, és különösen az erjedésért felelős élesztő számos mechanizmus révén járul hozzá a bor aromájához: egyrészt a must összetevőinek felhasználásával és biotranszformációjával illat- vagy ízhatást kiváltó komponenseket állít elő, másrészt olyan enzimeket termel, amelyek a semleges szőlővegyületeket ízérzetet kiváltó vegyületekké alakítják, végül pedig számos íz-aktív komponens elsődleges és másodlagos metabolit (pl. észterek, magasabb rendű alkoholok, zsírsavak) szintézisével. (Estévez, Gil and Falqué, 2004; Styger, Prior and Bauer, 2011).

Az élesztő és anyagcseretermékei jelentősen hozzájárulnak számos aromás anyag képződéséhez a borban, akár különböző prekursorokból származó glikozidos kötésű vegyületek felszabadulása révén. Ez különösen igaz a terpénekre és a norizoprenoidokra (Eperjesi, Kállay and Magyar, 2008). Kanter és munkatársai (2020) tanulmányukban kimutatta, hogy a hibrid élesztők hatással vannak a Rajnai rizling bor aromaprofiljára. A megfigyelt élesztőhibrid segítségével a Rajnai rizling borok fajtajellege kifejezettebbé, az aromaprofil összetettebbé vált. A vizsgálat az acetát-észterek, a magasabb rendű alkoholok és a monoterpének termelésének jelentős élesztőfüggő modulációit igazolta, ezek az anyagok alapvetően hozzájárulnak a bor általános illat alapján történő megítéléséhez (Bell and Henschke, 2005; Kanter *et al.*, 2020).

Az élesztőtörzsek a bor TDN koncentrációjára is hatással vannak. Kimutatták, hogy az élesztőtörzs befolyásolja a borok TDN-potenciálját. Feltételezhető, hogy az egyes élesztőtörzsek eltérő glikozidáz-enzim aktivitással rendelkeznek, így az erjesztés során eltérő mértékben tudják felszabadítani az aglikonokat a glikozid prekursorokból (Schüttler, Guthier, *et al.*, 2015; Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2019). Az élesztőtörzstől függően a TDN későbbi kialakulása akár 40 százalékkal is eltérhet (*Deutsche Winzer können aufatmen: Forscher entwickeln erfolgreich Minimierungsstrategie für Petrol-*

Fehlnote in Riesling, 2018), így az élesztőtörzsek kiválasztása elősegítheti vagy gátolhatja a további TDN képződést (Sponholz és Hühn, 1997).

- ***A különböző palack zárási módok hatása a borok íz- és aromaanyagaira***

A TDN egy hidrofób, nem poláris, erősen illékony vegyület, amelyet a hidrofób anyagok, mint például a parafa és különféle polimerek, borzáróelemek hatékonyan tudnak megkötni. Régóta felismerték, hogy a borospalackok záróelemei szerepet játszanak abban, hogy a bor íze megváltozik a palack tárolása során, főként azáltal, hogy (Lopes *et al.*, 2006; Black *et al.*, 2012). a palackzáró anyagától függően eltérő az oxigén áteresztési képessége, illetve lehetőség van az aromás anyagok adszorpciójára a palackzáró anyagán (Capone *et al.*, 2003; Ling *et al.*, 2019).

A TDN mennyiségére nagy hatással voltak a palack zárási módjai, a ROTE kivételével (Roll-On Tamper Evident csavaros kupakkal). Két év elteltével az összes kísérletbe bevont szintetikus záróelem eltávolította a TDN 96-98%-át, a természetes dugók az 50%-át és a technikai záró eszközök a 70%-át. A ROTE záró kupakok egyáltalán nem voltak hatással a TDN mennyiségére. A kísérlet eredményei világossá teszik, hogy a bor ízének megváltozása a palackban nem csak a borkomponensek kémiai és mikrobiológiai átalakulásának eredménye, hanem részben a palack zárására használt eszközök szorpciós képessége is befolyásolja (Capone *et al.*, 2003).

Tarasov és munkatársai (2019) a TDN adszorpció folyamatának sebességét vizsgálták. Arra voltak kíváncsiak, hogy a tárolási körülmények befolyásolják-e a TDN adszorpciójának sebességét a különböző palack zárások esetében. A TDN hozzáadásával készült bort tartalmazó palackokat és ötféle zárókupakot különböző körülmények között tároltak. Megállapították, hogy a tárolási idő mellett a palackok helyzete és tárolási hőmérséklete is jelentős hatással lehet a folyamat sebességére. A szintetikus, mikroagglomerált és üveg dugók eltérő sebességgel kötötték meg a TDN jelentős részét. Az üveg dugók műanyag tömítőgyűrűjének borral való kis érintkezési felülete miatt ezen zárási mód esetében volt megfigyelhető a leglassabb „lefejtési” folyamat. Az adszorbeálódott TDN mennyiségének különbsége 3 hónap után a tárolási körülményektől függően akár a kétszeresét is elérheti szintetikus vagy üveg dugók esetén. Megfigyeléseik szerint, a palackok függőleges helyzete és az alacsonyabb hőmérséklet elősegítette a gyorsabb TDN megkötődést. A parafa dugók a tárolási körülményektől függetlenül gyors TDN-adszorpciót mutattak, azonban a TDN-nek csak korlátozott mennyisége (kevesebb mint a fele) tudott megkötődni. A BVS (Bague

Verre Stelvin) csavaros kupakok esetében a bor TDN tartalmának csekély mértékű csökkenése volt megfigyelhető minden változatban. A BVS csavaros kupak kivételével az összes vizsgált palackzárási mód jelentős mértékben képes a TDN-t megkötni a borból. (Skouroumounis *et al.*, 2005; Tarasov *et al.*, 2019).

- ***A tárolási hőmérséklet hatása a TDN képződésére***

A tárolási körülményektől függően számos kémiai reakció befolyásolja a bor illékony összetevőinek összetételét. Szénhidrát- és karotinoid-lebomlásból illékony vegyületek képződhetnek. Simpson és Miller (1983.) több mint 140 vegyületet azonosított, amelyek közül sok a szénhidrátok és karotinoidok bomlásából vagy átalakított terpenoidokból származhat (Simpson and Miller, 1983).

Simpson 1978-ban vizsgálta a borok aroma komponenseinek tárolás alatti változását (R. F. Simpson, 1978). Megállapította, hogy egyes fehérborok esetében előnyös a hosszú távú (2-7 év) palackos tárolás, ahol a körülmények alapvetően anaerobok; ezalatt a borok mélyebb színűek és gazdagabb illatúak lesznek. Megfigyelte, hogy a bor oxidációja és a gyors öregedése következtében összességében nőtt az illékony aromaanyagok mennyisége. Új komponensek keletkeztek, illetve nőtt a borban kezdetben is jelen lévő fő aromakomponensek koncentrációja (R. F. Simpson, 1978).

A fiatal borokban az aroma norizoprenoid összetétel közvetlenül a szőlőből származó és az erjedés során felszabaduló vegyületeket tartalmazza, de a bor tárolási körülményei, különösen a hőmérséklet és az oxigén is befolyásolhatják a borok aromafejlődését. Általában a magas oxigénbevitel és a magas hőmérséklet serkenti a norizoprenoidok képződését a borokban (Silva Ferreira and Guedes de Pinho, 2004).

Marais és munkatársai (1992) vizsgálták a tárolási idő és a hőmérséklet hatását a szabad és prekursor TDN koncentrációkra, valamint a Rajnai rizling borok minőségére. A borokat hosszabb ideig különböző hőmérsékleten tárolták. Kimutatták, hogy a 15°C-on tárolt borok csak hosszabb tárolási idő után (bortól függően kb. 3-4 év) érték el a maximális TDN koncentrációt, míg a déli országokban nem ritka extrém tárolási körülmények között 30 °C-on a maximális TDN-koncentrációt körülbelül hat hónap és egy év elteltével érte el. A TDN koncentrációja, valamint a kerozinszerű karakter intenzitása jelentősen megnőtt az öregedéssel. Ezzel párhuzamosan jelentősen csökkent a fiatal bor karakterét adó aromák intenzitása (Marais, van Wyk and Rapp, 1992a). A tárolási idő és a hőmérséklet hatását vizsgálva a szabad TDN koncentrációkra azt tapasztalták, hogy a TDN koncentrációk gyorsabban növekedtek

30 ° C-on, mint a 15 ° C-on tárolt borokban és körülbelül 20 hetes tárolás után enyhén csökkenés következett be. A TDN-koncentráció csökkenése a bor öregedése során annak tulajdonítható, hogy más vegyületekké alakult át (Marais, van Wyk and Rapp, 1992a).

3.2.3.3. Megoldások a TDN mennyiségének csökkentésére

Az éghajlati változások miatt (melegebb éghajlat, nagyobb napsugárzás) a Rajnai rizling szőlőben várhatóan egyre nagyobb mennyiségű TDN prekursor alakul ki, így a Rajnai rizling borok valószínűleg hajlamosabbak lesznek a kerozin mellékíz kialakítására a tárolás során. Az éghajlati változások azonban más szőlőfajtákra is hatással vannak, ezért a prekursor molekulák a Rajnai rizling szőlőn kívül más fajtákban is megjelenhetnek nagyobb mennyiségben. A „TDN-kezelés” lesz az egyik legnagyobb kihívást jelentő feladat a szőlőtermesztésben a Rajnai rizling termőterületeken általában, és különösen a hűvös éghajlatú régiókban az éghajlatváltozás miatti hőmérsékletemelkedés miatt.

Különböző szőlészeti és borászati technológiák alkalmazásával a kerozinra emlékeztető mellékíz kialakulásának kockázata csökkenthető.

Rendkívül meleg és napos években a fürtzóna lelevelezését a veszélyeztetett helyeken feltétlenül szükséges mértékre kell csökkenteni. Bizonyos körülmények között elegendő lehet csak az árnyékolt oldal levéltelenítése (Rudy, 2008; Schüttler, Guthier, *et al.*, 2015).

Mivel a TDN prekursorok többsége a szőlőhéjban lokalizálódik, a szőlő préselésénél a nyomás nagyságától függ, hogy a TDN prekursor molekulák mekkora mennyiségben fognak megjelenni a mustban és hogy később az elkészült borban belőlük mennyi TDN keletkezhet. Kimutatták, hogy ha a mustot préselés nélkül hagyják szabadon kifolyni, akkor a kötött TDN-tartalom harmadával csökkenthető a présmusthoz képest (Yokotsuka, 1990; Darias-Martín, 2004; *Deutsche Winzer können aufatmen: Forscher entwickeln erfolgreich Minimierungsstrategie für Petrol-Fehlnote in Riesling*, 2018). Tapasztalatok szerint palackozásra azok a borok kerülhetnek, melyek legfeljebb 2 bar présnyomással nyert mustokból készülnek. A cefre kíméletes préselésének célja többek között a bor élvezhetőségét rontó anyagok (pl. a TDN prekursor vegyületei) visszatartása a törkölyben (Eperjesi Imre, 2011).

A potenciális TDN prekursorok mérésével a bortermelő már a must szakaszában előrejelzést kaphat a bor potenciális TDN tartalmáról, és megteheti a megfelelő óvintézkedéseket (Rudy, 2008).

Ezek az intézkedések már az erjedés alatt megtehető megfelelő fajélesztő megválasztásával. Az élesztőtörzsek kiválasztása elősegítheti vagy gátolhatja a további TDN képződést (Sponholz and Hühn, 1997; Schüttler, Guthier, *et al.*, 2015). A megfelelően megválasztott élesztő képes csökkenteni a 9. szénatomon a keton funkciót a glikozidosan kötött TDN prekursorokban. A kis glikozidáz enzim aktivitású élesztő használatával, a prekursor molekulákból való TDN felszabadulás mértéke az erjedés ideje alatt csökkenthető. Stingl és munkatársai (2002) modell kísérletekben megvalósították a TDN-t generáló vegyületek jelentős, de nem teljes csökkentését (Stingl, Knapp and Winterhalter, 2002). Az élesztőtörzstől függően a TDN kialakulása 40 százalékkal változott (*Deutsche Winzer können aufatmen: Forscher entwickeln erfolgreich Minimierungsstrategie für Petrol-Fehlnote in Riesling*, 2018).

A szabad TDN-tartalom nagyon kis léptékben akár 80 százalékkal is csökkenthető megfelelően megválasztott adszorbeáló anyagok és szűrőanyagok alkalmazásával anélkül, hogy a fajtára jellemző egyéb aromaanyagokat eltávolítanánk a készülő borból (Moio *et al.*, 2004; *Deutsche Winzer können aufatmen: Forscher entwickeln erfolgreich Minimierungsstrategie für Petrol-Fehlnote in Riesling*, 2018). A TDN koncentrációjának csökkentése tulajdonképpen a prekursor molekulák megfelelő szűrővel történő eltávolításával történhet.

A bor tárolása során savkatalizált reakciók játszódnak le, melyek többek között a petróleum karakter kialakulásáért felelős kötött TDN felszabadulásához vezetnek. Ezek a reakciók a hőmérséklet emelkedésével felgyorsulnak, ezért a TDN koncentrációjának növekedése a borban a hűvösebb tárolási hőmérséklettel lassítható (Rudy, 2008).

És végül a borban a TDN koncentrációja befolyásolható a palack zárás módjának megválasztásával is, mivel a TDN egy hidrofób, nempoláris, illékony vegyület, amelyet a hidrofób anyagok, mint például a parafa és a különféle polimerek, hatékonyan tudnak adszorbeálni. A BVS csavaros kupakkal (Sarantin liner) zárt borok TDN-koncentrációjának csökkenése a tárolási körülményektől függetlenül csekély (Tarasov *et al.*, 2019). Azonban a parafadugó és a szintetikus polimereket tartalmazó záró elemekkel (üveg-dugó+tömítőgyűrű, mikroagglomerált és szintetikus dugó) lezárt

borokban a TDN mennyisége meg tud kötődni a dugó felületén, ezáltal ezek a záró eszközök képesek a bor TDN-tartalmának nagy részét eltávolítani. Azonban a TDN adszorpciójának mértéke nagymértékben függ a bor tárolás körülményeitől is (Tarasov *et al.*, 2019).

A palackzáró elemek a tárolás során a borba bejutó oxigénen keresztül is hatással vannak a borban keletkező TDN mennyiségére. Ezért azok a palackzáró eszköz használata előnyös, amelyen keresztül a levegő oxigénjének palackzárás utáni bejutása nem lehetséges.

3.2.3.4. TDN érzékszervi analízise

- *A borok érzékszervi vizsgálata általánosságban*

A bor elsősorban élvezeti cikk, és ezért minőségének elbírálásában az érzékszervi (organoleptikus, szenzorikus) vizsgálatok a legfontosabbak. Kizárólag érzékszervi vizsgálattal állapítható meg pl. a bor illat- és zamatanyagainak intenzitása, finomsága és harmóniája (Eperjesi, Kállay and Magyar, 2008). A bor élvezetéhez hozzájáruló különféle tényezők közül talán az íze a legfontosabb. A bor ízének és aromájának érzékelését a kémiai vegyületek és érzékszervi receptorok közötti kölcsönhatások eredményezik. A vegyületek szinergikus (azaz egyik vegyület jelenléte fokozza egy másik vegyület észlelését) vagy antagonist (egy vegyület elnyomja egy másik észlelését) kölcsönhatásokat mutathatnak (Styger, Prior and Bauer, 2011).

A borok érzékszervi tulajdonságai összetettek, érzékszervi jellemzői nagymértékben függenek a nyers szőlő alapanyagától. A borstílusok nagy változatosságával párosulva, az egyetlen fajtából készült borok széles skálája igen változatos érzékszervi tulajdonságokkal rendelkezhet (Robinson *et al.*, 2011).

A bor érzékszervi megítélése nagyon összetett, hiszen a legtöbb borban a több mint 800 azonosított aromavegyület közül csak egy viszonylag kis rész felelős a bogyókban kialakult fajtaillatért. Ezek a vegyületek, amelyek túlnyomórészt a µg/l és ng/l koncentráció tartományban fordulnak elő, főleg monoterpének, C₁₃-norizoprenoidok, tiolok és pirazinok. A terpének, észterek, metoxipirazinok és aldehidek kölcsönzik a bor virágos, gyümölcsös, borsos, zöld és fás ízét (Bloem, Lonvaud-Funel and De Revel, 2008). A borban jelen lévő cukrok, szerves savak, polifenolok és ásványi anyagok csak korlátozott ízerzetet okoznak. Néhány kivételtől eltekintve ezeknek a vegyületeknek 1% vagy annál nagyobb mennyiségben kell jelen lenniük az íz

befolyásolásához. Az illékony komponensek általában jóval alacsonyabb koncentrációban érzékelhetők, mivel érzékszerveink rendkívül érzékenyek bizonyos aromaanyagokra. A küszöbértékek 10^{-4} és 10^{-12} g/l között változnak (Rapp and Mandery, 1986). A bor végső érzékszervi minősége a borban lévő összes kémiai komponens és bizonyos környezeti tényezők, például a bor hőmérséklete, a borospohár alakja közötti kölcsönhatások eredménye (Bloem *et al.*, 2006; Bloem, Lonvaud-Funel and De Revel, 2008; Styger, Prior and Bauer, 2011).

A bor íze folyamatosan változik, amíg a palackban van. A fiatal borokban előforduló ízvegyületek egy része idővel eltűnik, elsősorban oxidatív és nem oxidatív átalakulások eredményeként, miközben ezen kémiai reakciók révén új ízvegyületek is keletkezhetnek. Még a borospalackok lezárása is hatással lehet a bor ízére (Capone *et al.*, 2003). A biokémiai és technológiai folyamat eredményeként létrejövő bukét az illékony fajtakomponensek, valamint az erjedés során keletkező összetevők befolyásolják (Rapp, 1998). A bukénak két típusát különböztetjük meg: az oxidációs bukét, amely az aldehidek és acetálok jelenlétének köszönhető, és a reduktív bukét, amely a palackos érlelés során jön létre (Rapp and Mandery, 1986).

A bor minőségét elsősorban karaktere alapján ítélik meg, és az egészséges borral szemben támasztott minimális követelmény a hibák hiánya. A borkóstolás, illetve érzékszervi analízis nagyrészt szubjektív élmény, és az olyan egyéni tényezők, mint a nyál hiánya vagy jelenléte, nagyban befolyásolják az aromavegyületek érzékelését mind a vörös, mind a fehér borokból (Genovese *et al.*, 2009; Styger, Prior and Bauer, 2011). A borbírálatok a legtöbb esetben pontozásos rendszerűek, a borok érzékszervi minőségét jellemzően 20 vagy 100 pontból álló pontrendszer alapján ítélik meg, és az érzékszervi paraméterek alapján pontozzák (14. ábra) (Eperjesi, Kállay and Magyar, 2008; Niimi, Boss and Bastian, 2018; 'OIV Standard for International Wine and Spirituous Beverages of Vitivinicultural Origin Competitions', 2021).

ANNEX 3.1



SCORE SHEET	STILL WINES
-------------	-------------



Jury		N°	Sample	N°	Category	N°
------	--	----	--------	----	----------	----

		Excellent + —————> Inadequate -					Observations
		□ (5)	□ (4)	□ (3)	□ (2)	□ (1)	
Visual	Limpidity	□ (10)	□ (8)	□ (6)	□ (4)	□ (2)	
	Aspect other than limpidity	□ (10)	□ (8)	□ (6)	□ (4)	□ (2)	
Nose	Genuineness	□ (6)	□ (5)	□ (4)	□ (3)	□ (2)	
	Positive intensity	□ (8)	□ (7)	□ (6)	□ (4)	□ (2)	
	Quality	□ (16)	□ (14)	□ (12)	□ (10)	□ (8)	
Taste	Genuineness	□ (6)	□ (5)	□ (4)	□ (3)	□ (2)	
	Positive intensity	□ (8)	□ (7)	□ (6)	□ (4)	□ (2)	
	Harmonious persistence	□ (8)	□ (7)	□ (6)	□ (5)	□ (4)	
	Quality	□ (22)	□ (19)	□ (16)	□ (13)	□ (10)	
Harmony – Overall judgement		□ (11)	□ (10)	□ (9)	□ (8)	□ (7)	

Total	+	+	+	+	=	
Eliminated due to major defect						0

Signature of juror

Signature of President of the jury

© OIV 2021

20

OIV

14. ábra Példa 100 pontos borbírálati lapra ('OIV Standard for International Wine and Spirituous Beverages of Vitivinicultural Origin Competitions', 2021)

• **A Rajnai rizling borok érzékszervi jellemzői, a kerozin íz**

Az egészséges szőlőből készült fiatal Rajnai rizling borok jellemzően világos szalmaszínűek, frissek, pikánsak, elegánsak, fűszeresek vagy nagyon gyümölcsösek és virágosak (Winterhalter, 2015). Ezen borok öregedése során kényes egyensúly uralkodik a fiatal, friss és gyümölcsös karakterek elvesztése, valamint az előregedett jegyek kialakulása között, beleértve a TDN által okozott „kerozin” ízérzetet. Az „érett” jegyek korai kialakulása a fiatal borban kiegyensúlyozatlan borokhoz vezethet, amelyeket a fogyasztók nem feltétlenül értékelnek (Hixson, Josh *et al.*, no date).

Az európai Rajnai rizling borok jellemző TDN-tartalma általában 1 és 50 µg/l között van, míg az ausztrál borokban akár a 250 µg/l-t is elérheti (C. Black *et al.*, 2012; Sacks *et al.*, 2012; R. F. Simpson és Miller, 1983; Winterhalter, 2015). A borban a TDN érzékszervi küszöbértékét több vizsgálatban 2 és 20,6 µg/l közötti értéktartományban határozták meg. Az első ezzel a témával foglalkozó publikációban Simpson (1978) 20 µg/l-nél állapította meg a Rajnai rizling borra vonatkozó íz küszöb értéket, azonban a vizsgálat módszerére vonatkozóan nem írtak le részleteket. Néhány évtizeddel később Sacks és munkatársai (2012) a TDN szagérzékelési küszöbét (ODT: odor detection threshold) (Sacks *et al.*, 2012) határozták meg, ami lényegesen alacsonyabb, 2 µg/l.

Feltárták, hogy a lakosság 50%-a képes a legtöbb Rajnai rizling borban észlelni (de nem feltétlenül felismerni) a TDN-t (Sacks *et al.*, 2012).

A borban jelen lévő TDN-től származó kerozin jellegű aroma ízét más vegyületek elfedhetik vagy erősíthetik. Az összetett kémiai kölcsönhatások azt jelenthetik, hogy a fiatal borokban a virágos, gyümölcsös vagy citrusos karakterekért (monoterpének) vagy más gyümölcsös karakterekért (észterek) felelős vegyületek fokozhatják vagy elfedhetik a TDN ízét (Black *et al.*, 2012).

Ross és munkatársai (2014) (Ross *et al.*, 2014) tanulmányukban 1 éves rizling borokban a TDN-re vonatkozóan számszerűsítették a fogyasztói szag észlelési küszöbhez (DT: odour detection threshold) tartozó TDN koncentrációt és a fogyasztói elutasítási küszöbhez (CRT: consumer rejection threshold) tartozó TDN koncentrációt. A DT-érték azt a legalacsonyabb szintet jelenti, amelyen egy inger észlelhető, de nem feltétlenül ismerhető fel (Tarasov *et al.*, 2020). A DT-értékek általában sokkal alacsonyabbak, mint az a pont, amely fölött a fogyasztók elutasítják az adott komponens miatt a bort. A DT és a elutasítási küszöb (CRT) fogyasztók általi egyidejű meghatározása információt adott arról, hogy a fogyasztók képesek-e felismerni a TDN vegyületet és azt is megmutatták, hogy a vegyület milyen hatással van a bor fogyasztói elfogadására. Közismert tény, hogy a kóstolásban részt vevők képzésének mértéke az adott érzékelendő vegyületre nagymértékben befolyásolja az adott anyag érzékszervi küszöbértékét. Ross és munkatársai (2014) (Ross *et al.*, 2014) tanulmányukban kimutatták, hogy a Rajnai rizling TDN-re vonatkozó DT és CRT értéke a bor összetételétől függően változott. Csoportátlagban a képzetlen borfogyasztók az 1 éves rizling borban a TDN aromát 18-20 µg/l koncentrációban érzékelik szaglás alapján, és 80-160 µg/l koncentrációig elfogadják. Megállapították, hogy a DT-nél magasabb CRT-koncentráció mindkét borban azzal magyarázható, hogy a fogyasztók előnyben részesítettek néhány fiatal Rajnai rizling bort TDN tartalmuk ellenére. A kísérleteikhez használt két különböző bor eredménye megerősítette azt, hogy az összetételnek jelentős hatása van a TDN szagérzékelésére (Ross *et al.*, 2014). Tarasov és munkatársai (2020) a DT és CRT mellett meghatározták a felismerési küszöböt (RT) is, melyet úgy definiáltak, hogy az a TDN koncentráció, aminél egy inger felismerhető és azonosítható, általában magasabb, mint a DT (Clark *et al.*, 2009; Tarasov *et al.*, 2020).

Ziegler és munkatársai (2019) (Ziegler *et al.*, 2019) szisztematikusan vizsgálták pezsgők esetében a mátrixváltozóknak, például az etanolnak és a szénsav mennyiségének a TDN szagérzékelési küszöbére gyakorolt hatását. Megállapították, hogy összességében az ezen mátrixváltozások hatása csekély volt a Rajnai rizling pezsgőben. Változó CO₂-nyomás és etanolszint között, az észlelési TDN küszöb csak kis mértékben változott. Az etanol növekvő mennyisége csökkenti az aromavegyületek illékonyságát és ezzel megemeli a szagküszöböt (Villamor *et al.*, 2013). A csökkent illékonyság a TDN esetében is javította a detektálási küszöböt. Azt is megfigyelték, hogy a nők alacsonyabb TDN-koncentrációnál érzékelik a benzin mellékízét, és gyakrabban utasítják el a borokat, mint férfi társaik. (Ziegler *et al.*, 2019).

Tarasov és munkatársai (2020) (Tarasov *et al.*, 2020) azt vizsgálták, hogy a szabad SO₂ mennyisége és a bor felszolgálási hőmérséklete milyen hatással van a TDN aroma érzékelésére. Kimutatták, hogy a borban lévő magas szabad SO₂-tartalomnak bizonyos elfedő hatása lehet, különösen akkor, ha a kén-dioxid jellegzetes szagát érzékeljük. Ezen túlmenően a bor felszolgálási hőmérsékletének hatását vizsgálták a kerozin/benzin jegyek felismerésére. Megállapították, hogy az alacsonyabb fogyasztási hőmérséklet (kb. 11 ° C) megkönnyítette a TDN aroma azonosítását az azonos szobahőmérsékletű bormintákhoz képest.

3.2.3.5. Analitikai lehetőségek a TDN mennyiségi meghatározására

A bormátrix összetettsége és az aromavegyületek viszonylag alacsony koncentrációja miatt elemzésük bizonyos izolálási/előszűrési lépéseket igényel (Dziadas and Jeleń, 2010). A C₁₃- norizoprenoidok ng/l és mg/l közötti mennyiségben vannak jelen a borban, ezért analitikai meghatározásukhoz extrakciós/dúsítási eljárásra van szükség. Folyadék-folyadék extrakciót (LLE) (Genovese *et al.*, 2007), szilárd fázisú extrakciót (SPE) (Diéguez *et al.*, 2003), keverős szorpciós extrakciót (SBSE) (Zalacain *et al.*, 2007) és szilárd fázisú mikroextrakciót (SPME) (Câmara, Alves and Marques, 2007) alkalmaztak ezeknek a vegyületeknek a borból való extrahálására.

Az SPME technika egy gyors, könnyen használható, oldószermentes és érzékeny eljárás (Vinholes, Coimbra and Rocha, 2009), adszorpción-deszorpción alapuló minta-előkészítési technika, amely megbízható eszköz a szerves illékony és félig illékony vegyületek elemzésére (Guedes De Pinho *et al.*, 2009). Ezen előnyös tulajdonságai miatt széles körben alkalmazzák a bor illékony komponenseinek

extrakciójára/töményítésére is. Tovább fejlesztett változata a headspace (gőztér) szilárd fázisú mikroextrakció (HS-SPME), amelyet gázkromatográfia és valamilyen detektálási eljárás (FID, MS) követ (Rocha *et al.*, 2006). Ez a módszer nem igényli a borminta előkészítését (pl. cukor mentesítést), mivel a bor gőzterének vizsgálata történik és a HS reprezentálja legjobban a bor szaglással érzékelhető aromáját (Guedes De Pinho *et al.*, 2009).

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. A vizsgálatok anyaga

208 palack borminta műszeres analitikai vizsgálatát végeztem el. Ezek közül 170 palack Magyarországon vásárolt kereskedelmi forgalmú bor és 38 palack külföldi Rajnai rizling bor volt, különböző borvidékekről. A hazai minták az Olaszrizling (88 palack) (részletesen bemutatva M2 mellékletben), a Rajnai rizling (54 palack) (részletesen bemutatva M3 mellékletben) és a Kéknyelű (28 palack) borok voltak különböző évjáratokból (2006-2021) és különböző pincészetekből.

4.1.1. A magyarországi borok TDN tartalmának összehasonlítására használt borok

Az 1. táblázatban a vizsgált hazai Olaszrizling, Rajnai rizling és Kéknyelű borokat tüntettem fel. A minták többsége a Balaton borrégióból származik, melynek oka, hogy a többi magyar borrégióhoz képest ez a borrégió rendelkezik a legnagyobb termőterülettel az általam vizsgált három szőlőfajtát tekintve (Olaszrizling több mint 1800 ha, Rajnai rizling közel 200 ha és a Kéknyelű nem éri el az 50 ha-t). A 2006-2020 évjáratú Kéknyelű borok mind a Balaton borrégióból származnak. A Kéknyelű szőlő autochton fajta, legnagyobb termőterülete a Badacsonyi borvidéken található. Kis mennyiségben a Balaton-felvidéki borvidéken is termesztik. Összehasonlítás céljából azért ennek a szőlőfajtának a borát választottam, mert ennek a fajtának a borai általában neutrális jellegűek, illatban és ízben nem karakteresek, nem mutatnak kerozin jellemzőket.

1. táblázat A TDN-koncentráció meghatározásához és a borok érzékszervi értékeléséhez használt Olaszrizling, Rajnai rizling és Kéknyelű borok

Évjárat	Borrégió					összesen
	Balaton	Duna	Pannon	Felső	Felső Pannon	
				Magyarország		
Olaszrizling						
2010	2	2	2	2	2	10
2012	1	2	3	2	2	10
2013	1	2	2	2	2	9
2015	3	2	2	2	2	11
2017	2	2	1	1	2	8
2018	6	2	3	3	3	17
2020	4	2	2	2	2	12

2021	5	2	1	1	2	11
Összesen	24	16	16	15	17	88
Rajnai rizling						
2010	1	2	1	1	1	6
2013	1	1	1	1	1	5
2014	1	1	1	1	1	5
2016	1	1	1	1	1	5
2017	2	2	2	2	2	10
2018	2	1	2	2	1	8
2019	1	2	2	1	1	7
2020	1	3	1	1	2	8
Összesen	10	13	11	10	10	54
Kéknyelű						
2006	2					
2007	2					
2008	2					
2012	2					
2015	2					
2016	2					
2017	3					
2018	3					
2019	4					
2020	6					
Összesen	28					

4.1.2. Magyarországi és külföldi borok TDN koncentrációjának összehasonlítására használt borok

A 2. táblázatban található az a 38 palack különböző országból származó Rajnai rizling bor, melyek TDN koncentrációit összehasonlítottam a magyarországi borokkal. A 4. mellékletben található a vizsgált külföldi borok részletesebb bemutatása (M4).

2. táblázat A külföldi borok TDN koncentrációinak összehasonlításához használt borok

Évjárat	Ország				Összesen
	Németország	Franciaország	Ausztrália	Ausztria	
2003	2				2
2007		2			2
2011	3				3
2012	3				3
2013	1		3		4
2014	3				3
2015	3				3
2016	2		3	2	7
2017			2		2
2019	3	2	2	2	9
Összesen	20	4	10	4	38

4.1.3. A bor zárási mód hatásának vizsgálatához használt borok

A vizsgált borok parafa dugóval, illetve csavarzárral voltak lezárva. A 2. és 3. melléklet (M2., M3.) azokat az Olaszrizling és Rajnai rizling borokat tartalmazza, amelyeket a parafadugóval és a csavarzárral ellátott borok tárolás alatti TDN koncentráció változásának vizsgálatához használtam.

4.2. Vizsgálati módszerek

4.2.1. Alapanalitikai vizsgálatok

A vizsgált hazai borminták alapanalízisét (alkoholtartalom (v/v%), redukáló cukor, titrálható savtartalom és pH) az alábbi módszerekkel végeztem:

- Az etanol, a redukáló cukor és a titrálható sav mennyiségének a meghatározását Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia (FT-IR) elvén működő, FOSS WineScan készülék segítségével mértem meg. Ez a műszer a közeli és közepes infravörös tartományban működő mérőrendszer. Az etilalkohol és a redukáló cukor specifikus hullámhosszokon bekövetkező infravörös fény abszorpcióján alapuló technika. A mérőműszer különböző mérendő szerves összetevőkre történő kalibrálása után a spektrum vizsgálata lehetővé teszi a borból ezen komponensek egyidejű meghatározását. A vizsgálandó minta nem igényel különleges előkészítést, ha szükséges, akkor a minta centrifugálása és/vagy szűrése után mérhető.

- A borok pH-ját pH mérő készülék segítségével mértem meg (OIV-MA-AS313-15:R2012) (OIV, 2023).

4.2.2. HS-SPME-GC-FID analízis

A MATE Szőlészeti és Borászati Intézet Borászati Tanszék kutató laboratóriumában rendelkezésemre állt egy automata mintaelőkészítő egységgel felszerelt GC-FID készülék, ezért a borok TDN tartalmának meghatározását ezen a műszeren végeztem. Néhány bor esetében lehetőségem volt GC-MS módszerrel megerősítő méréseket is végezni a NÉBIH ÉLI Toxikológiai Nemzeti Referencia Laboratóriumában.

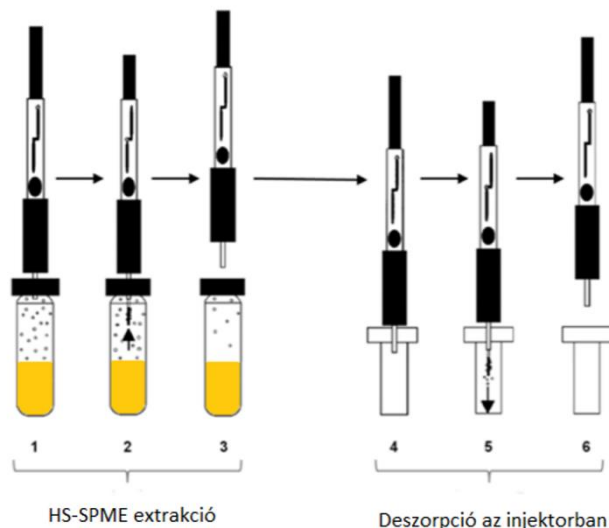
A gázkromatográfiás elemzésekhez a következő vegyszereket használtam:

abs. etanol; nátrium-klorid ($\geq 99\%$); L(+)-borkősav (p.a.); és kálium-hidroxidot (p.a.), melyek a Reanal Laborvegyszer Kft.-től (Késmárk u. 9. 1158 Budapest, Magyarország) lettek vásárolva. TDN analitikai standard 80% tisztaságú (CAS: 30364-38-6, BOC Sciences Inc., 45-16 Ramsey Road, Shirley, NY 11967, USA); belső standardként (IS) 4-metil-2-pentanolt használtam, melynek tisztasága 98% (CAS-szám 108-11-2, a Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Németország). 20 ml-es, mágneses kupakkal ellátott headspace-fiola (a Fisher Scientifictól, Németországtól vásárolva).

A borok TDN koncentrációjának méréséhez először kalibrálni kellett a műszert. A kalibrációhoz és a borminták méréséhez a gázkromatográfiás vizsgálatok során szokásos belső standard módszert alkalmaztam. A TDN és 4-metil-2-pentanol (IS) törzsoldatokat tömeg szerint mértem be és 10 v/v%-os etanolban oldottam fel. A kalibráláshoz használt munkaoldatok a TDN standard törzsoldat különböző mennyiségeinek modellborban történő hígításával készültek. A modellbor összetétele 10 v/v%-os etanol és 3 g/l borkősav volt, a pH-t 1 N nátrium-hidroxid oldattal 3,0-ra állítottam be. A modellbor alkalmazására azért volt szükség, hogy valamennyire modellezni tudjam a bor mátrix környezetét, ezzel is figyelembe véve már a kalibráció során a mátrix hatást.

A gázkromatográfiás mérés körülményei

A minta-előkészítéshez automata headspace-szilárd fázisú mikroextrakciós (HS-SPME) analízist alkalmaztam. Az analízist gázkromatográfiával, lángionizációs detektálással (FID) végeztem (15. ábra).



15. ábra A borok TDN tartalmának méréséhez használt automata HS-SPME mintaelőkészítő egységgel ellátott GC-FID készülék. A HS-SPME eljárás szematikus elvi ábrája.

10 ml bormintát pipettáztam 1,2 g NaCl-t tartalmazó 20 ml-es headspace fiolába. Minden mintához 30 μ l 4-metil-2-pentanol belső standard oldatot (2,252 g/l 10 térfogat% etanolt tartalmazó desztillált vízben) adtam. A HS-SPME extrakciós eljárást a CTC Analytics AG (Zwingen, Svájc) által gyártott Combi PAL automata mintavevő segítségével végeztem. Az extrakcióhoz 1 cm hosszú, 85 μ m rétegvastagságú acrylate SPME szálát használtam. A minta kondicionálását, extrakcióját és a mintavételezést is a Combi PAL automata mintaelőkészítő egység végezte. A mintákat 10 percig 40 °C-on inkubálta, majd 20 percig 40 °C-on, 400 fordulat/perc keverési sebességgel történt az extrakció. A deszorpció a gázkromatográf (GC) split/splitless injektorában 220 °C hőmérsékleten történt. A szál tisztítását és kondicionálását 280 °C-on 5 percig, 6 ml/perc nitrogénáram mellett az automatikus mintavevő kondicionáló állomásán, minden elemzés előtt és után végezte. A gázkromatográfiás elemzéseket Shimadzu-2030 készülékkel végeztem FID-detektálással. Az alkalmazott analitikai kromatográfiás kapilláris oszlop 30 m hosszú és 0,25 mm belső átmérőjű volt, 0,25 μ m vastagságú, 5% difenil tartalmú polidimetilsziloxán állófázis bevonattal (SH-Rxi-5ms a Simkon Kft.-től, a Shimadzu Europa GmbH magyarországi forgalmazójától). A GC-t splitless módban használtam (a splitless idő 2 perc). A vivőgáz hélium volt, áramlási sebessége 0,86 ml/perc. A detektor hőmérséklete 320 °C volt. A GC hőmérséklet programja: a kezdeti hőmérséklet 60 °C volt, majd 11,5 °C/perc

sebességgel 110 °C-ra, ezt követően 6,1 °C/perc sebességgel 170 °C-ra, végül 66,5 °C/perc sebességgel érte el a 290 °C-t, ahol 3,4 percig tartjuk.

A borok TDN koncentrációit kalibrációs görbével való összehasonlítással határoztam meg, a 4-metil-2-pentanol belső standardhez viszonyított relatív csúcsterületének felhasználásával.

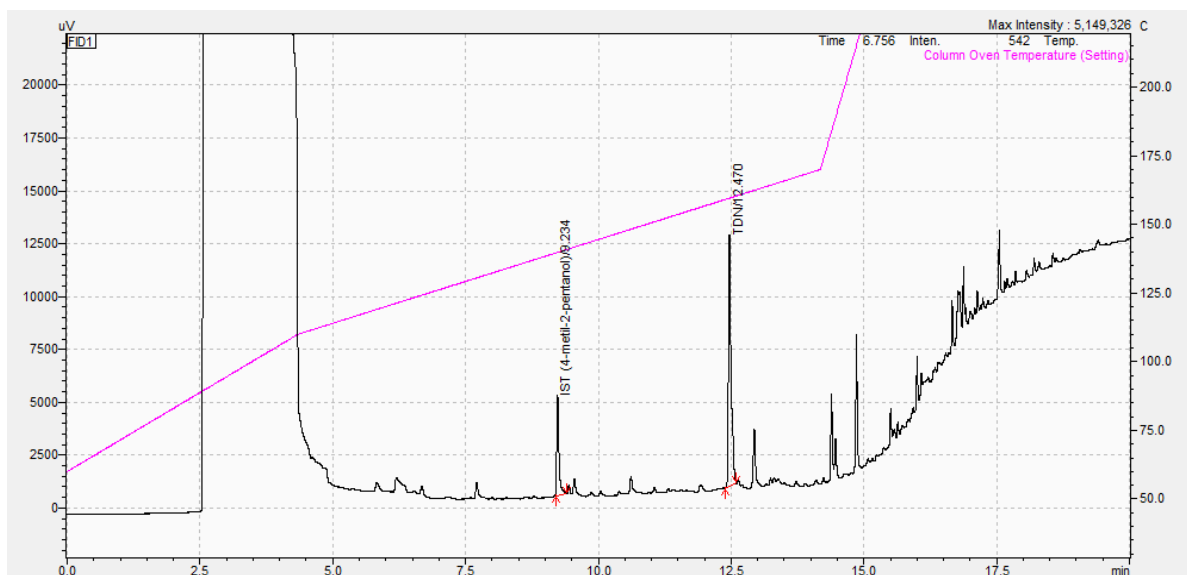
4.2.3. GC-MS analízis

Néhány bor TDN koncentrációját gázkromatográfia-tömegspektrometria (GC-MS) módszerével is megmértem, egy tulajdonképpeni megerősítő módszernek használtam. Ez a műszer nem volt ellátva HS-SPME mintaelőkészítésre alkalmas automatikával, ezért közvetlen folyadék injektálással mértem meg a borokat. Olyan borokat kellett választanom, amelyek cukortartalmát előzőleg megmértem és ez alapján 0,5 g/l vagy az alatti cukortartalommal rendelkeztek. Erre azért volt szükség, mert a borok cukortartalma nem illékony komponensként az injektor 220° C-os hőmérsékletén elég, elszenesedik és eltömíti az injektort, ezáltal gátolva a minta bejutását a kolonnára. A tömegspektrometriás detektorral való mérés előnye, hogy a molekulák azonosítása nem csak a retenció idő alapján történik, hanem a molekulából képződő fragmens ionok alapján és ezen fragmens ionok egymáshoz viszonyított ionarányán is, ezáltal ki lehet küszöbölni a komponensek azonos retenció idő problémáját. A gázkromatográfiai körülmények azonosak voltak, mint a HS-SPME-GC-FID technika esetében. A GC-MS módszer segítségével meggyőződhettem arról, hogy az adott retenció időnél valóban az általam TDN-nek vélt molekula eluálódott. Belső standardként itt is a 4-metil-2-pentanol használtam.

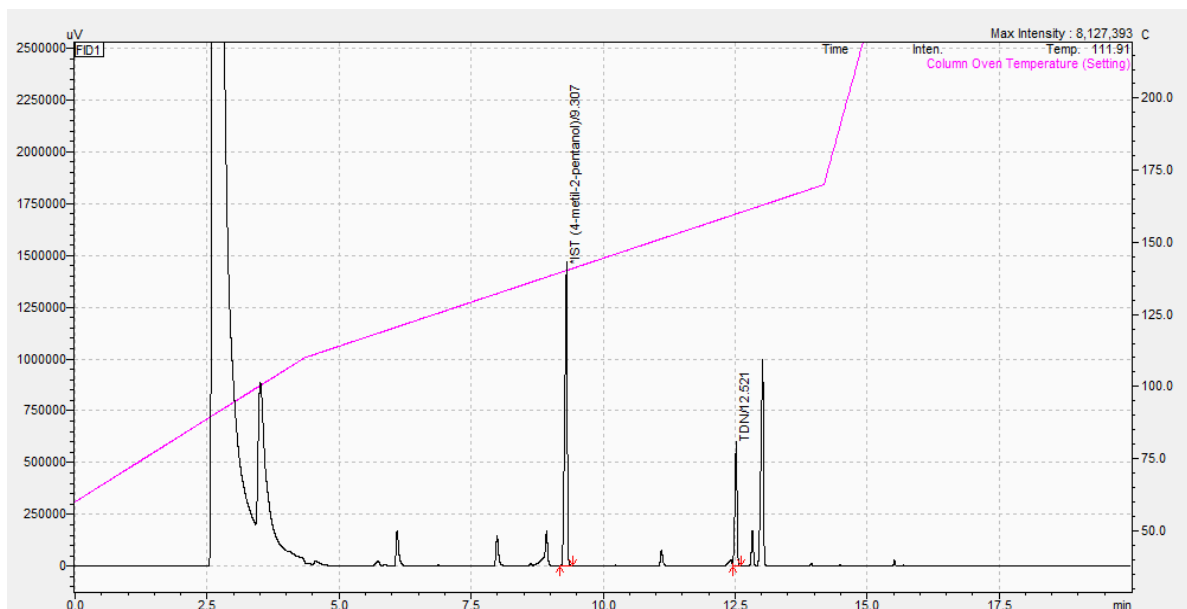
4.2.4. TDN mérési módszer validálása

A TDN méréshez használt HS-SPME-GC-FID analitikai módszert validáltam, hogy tisztában legyek a mérő képességével. A vizsgálati módszerem alapja a Ziegler és Schmarr (Ziegler and Schmarr, 2019) által kidolgozott módszer saját körülményeimhez való optimalizált változata volt.

A 16. ábrán egy modellborban feloldott 4 µg/l koncentrációjú TDN standard oldat kromatogramját, míg a 17. ábrán az egyik Rajnai rizling bor kromatogramját mutatom be.

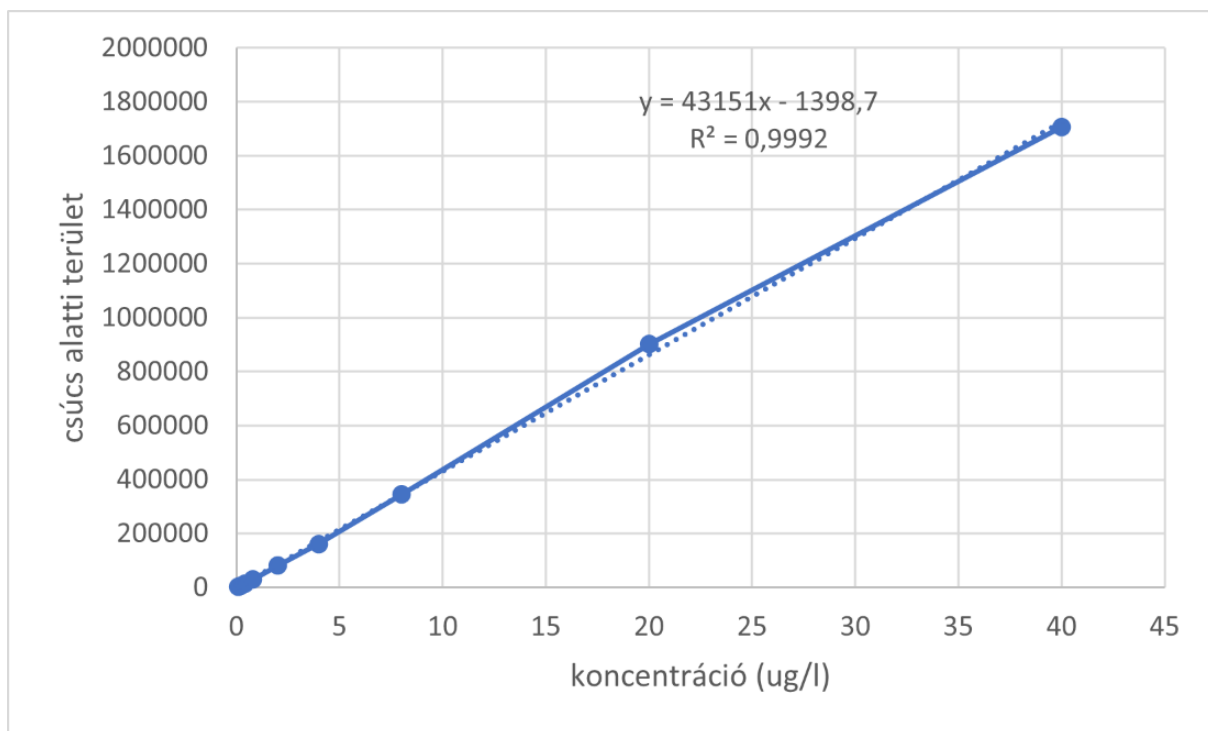


16. ábra Modellborban feloldott 4 $\mu\text{g/l}$ koncentrációjú TDN standard és a belső standard kromatogramja.



17. ábra. Egy Rajnai rizling bor kromatogramja

A validálási jellemzők meghatározásához növekvő koncentrációban TDN standardot tartalmazó modellborokat használtam. A kalibrációs görbét a 18. ábra mutatja.

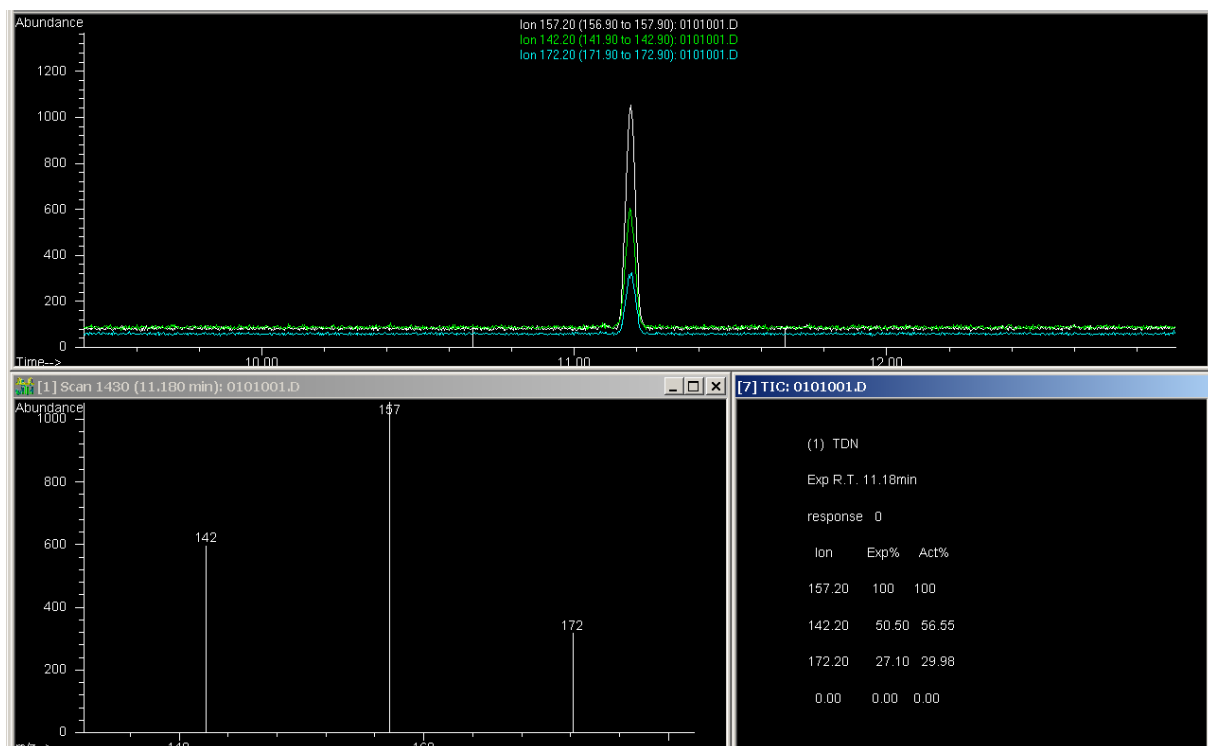


18. ábra A méréshez használt HS-SPME-GC-FID módszer kalibrációs egyenese

A módszer linearitási tartománya 0,08 – 40 µg/l, az egyenes korrelációs együtthatója 0,992. A kimutatás alsó határát (LOD) és a mennyiségi meghatározás alsó határát (LOQ) a kalibrációs egyenes alsó pontján lévő 0,2 µg/l koncentrációjú pont 5 párhuzamos mérésére kapott eredményekből számoltam. Az így kapott LOD: 0,14 µg/l és LOQ: 0,22 µg/l voltak. Mindkét érték az észlelési küszöb értéke (Tarasov *et al.*, 2020) alatt van.

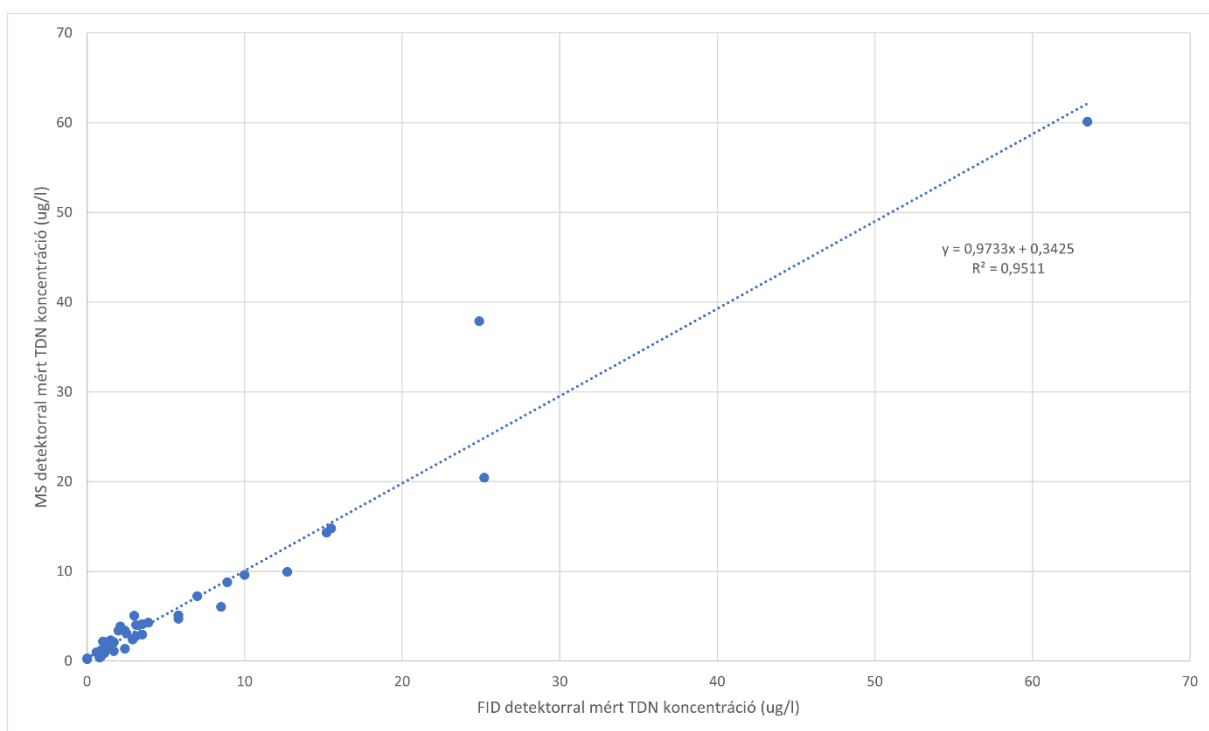
Az ismételhetőség megadásához 3 egymást követő napon 3 – 3 párhuzamos méréssel mértem meg az ismert koncentrációjú (4 µg/l) modellborral elkészített TDN standard oldatot. Az ismételhetőség 6,03% lett.

Néhány bor TDN tartalmát GC-MS készülékkel is megmértem. A tömegszelektív detektorral való mérés előnye a lángionizációs detektorral (FID) szemben, hogy nem csak retenciós idő alapján, hanem a vizsgálandó komponens fragment ionjai, illetve ion arányai alapján is azonosítani tudom a keresett molekulát. Ezáltal elkerülhető az azonos retenciós időből adódó téves komponens felismerés és ebből adódó téves mérési eredmény. A GC-MS mérési körülmények (kolonna, vivő gáz, áramlási sebesség, hőmérséklet gradiens) ugyanazok voltak, mint az alap HS-SPME-GC-FID vizsgálati módszeremnél. A TDN fragmens ionjai: 157, 142 és 172 voltak (19. ábra). A retenciós időben némi csúszás volt tapasztalható a mérőműszerek eltérő geometrikus kialakításából adódó eltérő holt térfogatoknak köszönhetően.



19. ábra A tömegspektrométerrel mért TDN fragmens ionjai és az ionarányok

39 palack bor esetében vizsgáltam a FID és az MS detektálás közötti összefüggést. A két mérési módszer mért TDN koncentrációinak összehasonlítása a 20. ábrán látható.



20. ábra Olaszrizling és Rajnai rizling borok tömegszelektív (MS) és lángionizációs (FID) detektorokkal mért TDN koncentrációinak összehasonlítása.

Regresszió analízissel értékelve a kapott eredményeket, a regressziós egyenes egyenlete: $y=0,9733x+0,3425$

A regressziós koefficiens $R^2 = 0,9511$, ami jó regressziónak számít. Tehát a két műszeren mért TDN koncentrációk megfeleltethetők egymásnak, a HS-SPME-GC-FID módszerrel 12,47 percnél talált komponens valóban a TDN volt, a GC-MS-t mint megerősítő módszert használva ugyanazon borok TDN koncentrációi hibahatáron belül azonosak voltak.

A regressziós egyenes tengelymetszete: 0,3425, a tengelymetszet konfidencia intervalluma (P=95 %) tartalmazza a zérót:

$$-0,57538 < 0,3425 < 1,26034, \text{ tehát nincs additív hiba.}$$

A regressziós egyenes meredeksége: 0,9733, a meredekség konfidencia intervalluma (P=95 %) tartalmazza az 1,0 értéket:

$$0,90081 < 0,9733 < 1,04581, \text{ tehát nincs arányos hiba.}$$

4.2.5. A borok érzékszervi bírálata

A kóstolóbizottság a 170 palack hazai bort fajtánként célzott, csak a TDN-re vonatkozó bírálattal értékelte. A borokat 6 napon keresztül értékelte a bizottság, naponta maximum 30 bort kóstoltak meg. Az érzékszervi vizsgálat naponta 4 blokkban történt. Minden borfajta esetében véletlenszerűen lett kiválasztva, hogy az adott napon melyik borok kerülnek a kóstoló bizottság elé. Az Olaszrizling borok nagy mennyisége miatt ezt a borfajtát 3 napra arányosan elosztva kóstolták. Egy – egy blokk Olaszrizling esetében maximum 8 palack bort tartalmazott. A Rajnai rizling borok érzékszervi bírálata 2 nap alatt lezajlott és itt is maximum 8 palack bort tartalmazott egy-egy kóstolási blokk. Kéknyelű boroknál mind a 4 blokkban 7 – 7 palack bort kellett megkóstolni a bizottság tagjainak. A pontos érzékszervi bírálat menetrendjét a 3. táblázatban mutatom be. A kóstolási blokkok között 15 perc szünetet tartott az értékelő bizottság. Minden borhoz tiszta, szabványos fehérboros poharakat bocsátottam a rendelkezésükre, és a borokat kissé lehűtöttem (12°C). Az értékelésnek nem volt időkorlátja. Ez azt jelenti, hogy minden kóstoló megszabhatta a saját tempóját. Csak a minta teljes kiértékelése után kapták a következő mintát. A borokat egyszer, közvetlenül az első felbontás után bírálta a kóstoló bizottság.

3. táblázat A vizsgált hazai borok érzékszervi bírálatának menetrendje

1. nap	2. nap	3. nap	4. nap	5. nap	6. nap
--------	--------	--------	--------	--------	--------

	Olaszrizling			Rajnai rizling		Kéknyelű
1. blokk	8 palack	8 palack	7 palack	8 palack	6 palack	7 palack
2. blokk	7 palack	7 palack	7 palack	7 palack	6 palack	7 palack
3. blokk	8 palack	8 palack	7 palack	8 palack	6 palack	7 palack
4. blokk	7 palack	7 palack	7 palack	7 palack	6 palack	7 palack
összesen:	30 palack	30 palack	28 palack	30 palack	24 palack	28 palack

4.2.5.1. A TDN érzékelési küszöb vizsgálata

A vizsgált borokat érzékszervileg is értékeltük egy 0 – 5 pontos skálán, melyen 0 pontot kapott az a bor, melyben a TDN-re jellemző kerozin ízt a legkevésbé és 5 pontot kapott az a bor, melyben a leginkább érezték a kóstolók. A képzett kóstolóbizottság hét tagú volt (négy nő és három férfi, 30 és 72 év közöttiek), akik több éves borbírálati tapasztalattal rendelkeznek. A kerozin ízének felismerése és a különböző koncentrációk érzékelésének segítése érdekében a zsűritagok a borok értékelése előtt minden tesztnapon olyan borokat kóstoltak, melyekbe különböző mértékben (2, 5, 10, 20, 40, 100 µg/l) adagoltam a TDN-t. Ehhez olyan bort használtam, melyet előzőleg gázkromatográfiásan ellenőriztem, hogy nem tartalmaz TDN-t.

4.2.6. Statisztikai analízis

A mérési eredmények statisztikai kiértékelése a Microsoft Excel (18.2106.12410.0 verzió, licenc: Microsoft Corporation) segítségével történt. Az analitikai mérés eredményeit egytényezős varianciaanalízissel értékeltem. A fajták közötti különbségeket, valamint azt, hogy a zárás módja (dugós vagy csavaros kupak) okoz-e különbséget abban, hogy a TDN koncentrációk növekedtek-e a tárolás során, 95%-os ($p=0,05$) szignifikanciaszinten vizsgáltam. Ezért annak megállapítására, hogy pontosan mely borcsoportok különböznek egymástól, post hoc tesztet végeztem. A leggyakrabban használt post hoc teszt a Tukey-Kramer teszt, amely a csoportok páronkénti kombinációinak átlagait hasonlítja össze. Ezzel a teszttel határoztam meg, hogy mely borfajták esetében mutatkozik szignifikáns különbség a TDN-tartalom tekintetében.

A vizsgált hazai borokban mért szabad TDN koncentrációk és a kóstolási eredmények közötti statisztikai kapcsolatot Spearman rho korrelációs együttható számításával állapítottam meg. A Spearman korreláció azt mutatja meg, hogy milyen mértékben határozza meg az egyik változó nagysága a másik változó nagyságát, illetve az összefüggés irányát és erősségét is. Segítségével meg tudjuk mondani, hogy két

vizsgált változó összefügg-e. A korrelációs együttható értéke -1 és +1 között helyezkedik el és minél közelebb van a két szélső értékhez, annál erősebb az összefüggés. A nullához közeli érték az összefüggés hiányát (korrelátlanságot) jelenti. Pozitív előjelű korrelációs együttható azonos irányú, pozitív összefüggést, míg negatív előjelű korrelációs együttható a két változó közötti ellentétes összefüggést jelzi (Dr. Sváb, 1981).

A 2006-tól 2021-ig terjedő évjáratok 170 borának (Olaszrizling, Rajnai rizling és Kéknyelű) mért TDN szintjét évjáratonként összegeztem, és az eredményeket diagramokon is bemutatom. Az évjáratok közötti koncentráció különbségeket is vizsgáltam, összefüggést keresve a globálsugárzás mennyisége és a TDN koncentráció alakulása között. Ezeket az összehasonlításokat Boxplot diagramokon szemléltetem. Diagramon ábrázoltam a közvetlenül palack bontása után mért TDN koncentrációkat a 6 hónap tárolás után és a 12 hónap tárolás után mért TDN koncentrációk között, borfajtánként. 6 palack ugyanabból a borászatból származó, különböző évjáratú borminta esetén megfigyelhető volt a tendencia, hogy az idősebb borok TDN koncentrációja magasabb, mint a fiatalabb borokban.

A külföldi borok TDN koncentrációit is összehasonlítottam a hazai borokban mért TDN koncentrációkkal és a kapott eredményeket ábrázoltam.

4.3. Kísérlet menete

4.3.1. A palack zárás hatásának vizsgálata

A borok TDN mennyiségét közvetlenül a palack nyitás pillanatában, majd 6 hónap elteltével, ezután a 12., 18. és a 24. hónap végén újra megmértem. A borok az újra mérésig a saját palackjukban voltak tárolva. A palackok vegyesen voltak áttetsző fehér palackok és színesek. Az összes vizsgálatba bevont bor ugyanabban a helyiségben, napsugárzástól védett helyen, állítva volt tárolva átlag 22°C-on az újra elemzésig. Mivel a külső körülmények azonosak voltak kivéve a borok zárásának a módját így vizsgálni tudtam, hogy okoz-e különbséget a TDN keletkezésének mennyiségére a levegő jelenléte, illetve a zárás módja kimutatható különbséget eredményez-e?

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A vizsgált hazai borok kémiai alap analitikai elemzésének átlag értékeit a 4. táblázatban mutatom be. A boronkénti alapanalízis eredmények a 5. mellékletben találhatóak (M5).

4. táblázat A vizsgált hazai borok alapanalízis eredményei. Átlagértékek $\pm$ szórás

	Olaszrizling	Rajnai rizling	Kéknyelű
Etanol (vol%)	12,7 $\pm$ 0,60	13,5 $\pm$ 1,21	12,6 $\pm$ 0,62
Maradék cukor (g/l)	3,5 $\pm$ 4,60	2,9 $\pm$ 2,5	2,5 $\pm$ 1,2
Titrlható sav (g/l)	6,03 $\pm$ 0,39	7,03 $\pm$ 1,40	6,52 $\pm$ 1,40
pH	3,17 $\pm$ 0,13	3,05 $\pm$ 0,22	3,24 $\pm$ 0,13

Az alapanalízis átlagos eredményei alapján elmondható, hogy a vizsgált borok megfelelnek az átlagos, borhibától mentes bor követelményeinek. A borok átlagos alkohol tartalma az utóbbi 20-25 évben átlagosan 2 v/v%-kal magasabbak lettek és ez a tendencia az általam vizsgált hazai borok esetében is megfigyelhető. Míg a 2000-es évek előtt 12 v/v%-os bor volt átlagosnak tekinthető (Török, 2001), addig napjainkban nem ritka a 13 v/v% vagy afölötti alkohol tartalmú bor sem. A maradék cukor esetében tapasztalható nagy szórások annak köszönhetőek, hogy a vizsgált borok között voltak száraz és édes kategóriába tartozó tételek is. Az alkohol tartalom mellett a titrlható savtartalom is emelkedik a klímaváltozásnak köszönhetően, mely tendencia szintén jól látható az általam vizsgált borokban is.

5.1. Hazai borok TDN tartalmának vizsgálata a tárolási idő során

Az általam vizsgált három hazai borfajta (Olaszrizling, Rajnai rizling és Kéknyelű) TDN koncentrációit megmértem és elemeztem. A borok 2006-2021 közötti évjáratúak voltak. A TDN koncentrációt HS-SPME-GC-FID technikával mértem 2 éven keresztül 6 havonta. A mérés körülményei mindegyik mérési sorozatban azonosak voltak. Az újra mérésig a borok lezárva, 22° C-os helyiségben voltak tárolva. Az első mérés a palack felbontása után közvetlenül (1. mérési sorozat), majd a 6. (2. mérési sorozat), a 12. (3. mérési sorozat), a 18. és a 24. hónapot követően. A 12. hónapra a borok TDN koncentrációja a gázkromatográfiás módszer kimutatási határára lecsökkent és a 18. és 24. hónapban már változatlan maradt. A különböző borokban mért minimális, medián és maximális TDN koncentrációkat a 5. táblázatban foglaltam össze. A különböző termelőktől származó borok közül 62 palack a Balaton borrégióból, 27 palack a Pannon borrégióból, 25 palack a Felső-Magyarország borrégióból, 27 palack a Felső-Pannon borrégióból és 29 palack a Duna borrégióból származott.

5. táblázat Minimum, medián és maximum TDN koncentrációk a vizsgált hazai borokban

Borrégió

		Balaton	Pannon	Felső-Magyarország	Felső-Pannon	Duna
N (db)		62	27	25	27	29
I. mérési sorozat (felbontás után)	Minimum (µg/l)	nd*	1,3	0,8	nd	2,5
	Medián (µg/l)	1,9	1,95	2,6	3,5	13,7
	Maximum (µg/l)	15,5	3,5	25,2	63,5	24,9
II. mérési sorozat (6. hónap)	Minimum (µg/l)	0,3	3,2	1,6	0	9,2
	Medián (µg/l)	2,3	9,2	7,7	24,1	84,1
	Maximum (µg/l)	64,6	46,9	158,0	80,4	158,9
III. mérési sorozat (12.hónap)	Minimum (µg/l)	nd	0,1	0,2	0,5	3,8
	Medián (µg/l)	0,5	0,65	0,75	1,5	7,85
	Maximum (µg/l)	3,7	3,4	7,5	6,7	11,9
IV. mérési sorozat (18. hónap)	Minimum (µg/l)	nd	nd	nd	nd	0,9
	Medián (µg/l)	0,2	0,3	0,2	0,2	1,3
	Maximum (µg/l)	1,1	0,8	0,9	0,7	1,6
V. mérési sorozat (24.hónap)	Minimum (µg/l)	nd	nd	nd	nd	nd
	Medián (µg/l)	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3
	Maximum (µg/l)	0,9	0,5	0,4	0,3	0,6

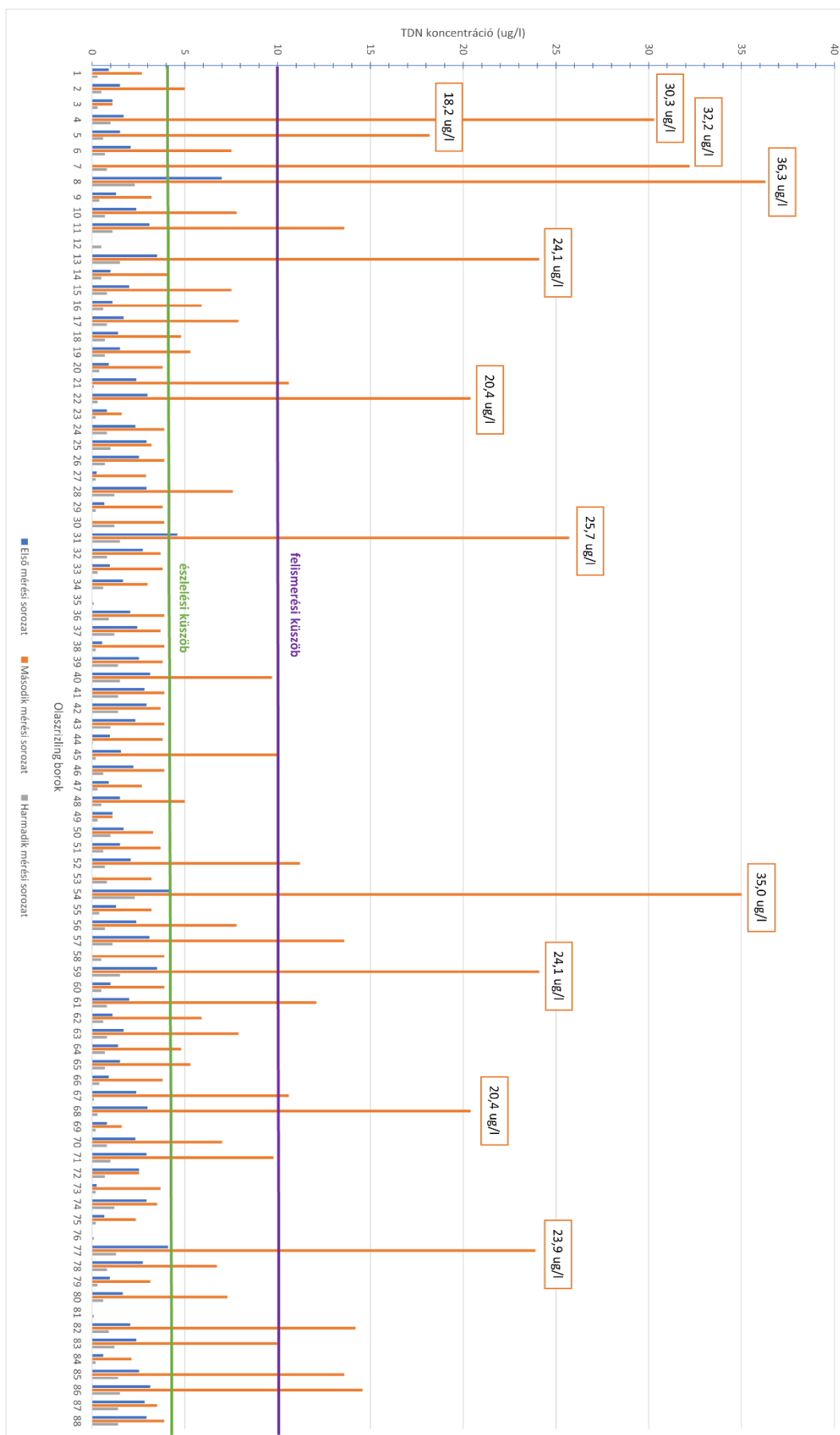
*nd: nem detektálható

A szakirodalomban különféle TDN-re vonatkozó küszöbértékeket állapítottak meg (R. Simpson, 1978; Sacks *et al.*, 2012). Tarasov és munkatársai 2020-ban három érzékszervi küszöbértéket határozott meg: az észlelési küszöböt (DT: körülbelül 4 µg/L), a felismerési küszöböt (RT: 10-12 µg/L) és az elutasítási küszöböt (RejT: 71-82 µg/L) (Tarasov *et al.*, 2020). Az ő általuk meghatározott küszöbértékeket alapul

véve értékeltem az általam vizsgált borokat a TDN koncentrációjuk alapján. Közvetlenül palackbontáskor a 170 palack hazai bor közül 43 palack (az összes hazai vizsgált bor 25%-a) TDN tartalma érte el az észlelési küszöböt, a felismerési küszöböt 21 palack (az összes hazai vizsgált bor 12,5%-a) és az elutasítási küszöb értékét fajtától függetlenül egyetlen palack bor TDN koncentrációja sem érte el. A palackok felbontását követő 6 hónapos tárolás után újrámértem a TDN koncentrációkat és azt találtam, hogy 97 bor TDN koncentrációja meghaladja az észlelési küszöb értékét, ez az összes vizsgált hazai bor 57%-a. A felismerési küszöböt 58 palack (34%) az elutasítási küszöb értékét csak kilenc palack (Rajnai rizling) bor TDN tartalma érte el a 6 hónap tárolás alatt. A szabad TDN tartalom növekedése figyelhető meg a tárolás első hat hónapja után. A 12. hónap végére a TDN koncentrációk jelentős mértékben lecsökkentek mindhárom fajta bor esetében és csak 2 palack Rajnai rizling bor TDN koncentrációja haladta meg az észlelési küszöb értéket, mely közül 1 palack a felismerési küszöböt is meghaladta (19. – 23. ábra). A TDN koncentráció csökkenése a bor öregedése során annak tulajdonítható, hogy más vegyületekbe átalakul (Marais, van Wyk and Rapp, 1992a). Mivel a harmadik mérési sorozat idejére a borok TDN koncentrációja jelentősen lecsökkent, mind a műszeres mérés kimutatási határa alá, mind az érzékszervi küszöb értéke alá, ezért a továbbiakban csak az első két mérési sorozatban tapasztalt változásokkal foglalkozom.

5.1.1. Az Olaszrizling borok TDN koncentrációja a tárolási idő során

A vizsgált Olaszrizling borok 2010. – 2021. terjedő évjáratúak voltak (M2 melléklet). A TDN koncentrációk a 0,3 – 7,0 µg/l tartományba estek az első mérési sorozat időpontjában (21. ábra).



21. ábra Az Olaszrizling borok TDN koncentrációjának alakulása a palckbontás pillanatában (kék), 6 hónap elteltével (narancs), és a 12. hónapban (szürke)

A 88 palack vizsgált Olaszrizling bor közül hét esetben a felbontás utáni 6 hónapos tárolást követően a TDN koncentrációk nem változtak (6. táblázat).

6. táblázat A vizsgált Olaszrizling borok, melyek TDN koncentrációja nem változott.

Sorszám	Borrégió	Évjárat	Első mérési sorozat	Második mérési sorozat
			TDN koncentráció (µg/l)	TDN koncentráció (µg/l)
3.	Balaton	2017.	1,1	1,1
12.	Felső-Pannon	2018.	nd*	nd
35.	Pannon	2012.	nd	nd
49.	Felső-Pannon	2013.	1,1	1,1
72.	Balaton	2020.	2,54	2,54
76.	Pannon	2020.	nd	nd
81.	Balaton	2021.	nd	nd

*nd: nem detektálható

A többi palack esetében a TDN koncentráció egyértelműen növekedett a felbontástól az újra mérés idejéig (6 hónap). 11 palack esetében volt ez a növekedése 95%-os ($p=0,05$) valószínűségi szinten szignifikáns (7. táblázat). A 7. bortétel esetében ez a növekedés közel 30-szoros mértékű volt, de a 4. bortételben is jelentős, 18-szoros emelkedés következett be.

7. táblázat Olaszrizling borok, melyekben a TDN koncentráció szignifikánsan növekedett a tárolás ideje alatt

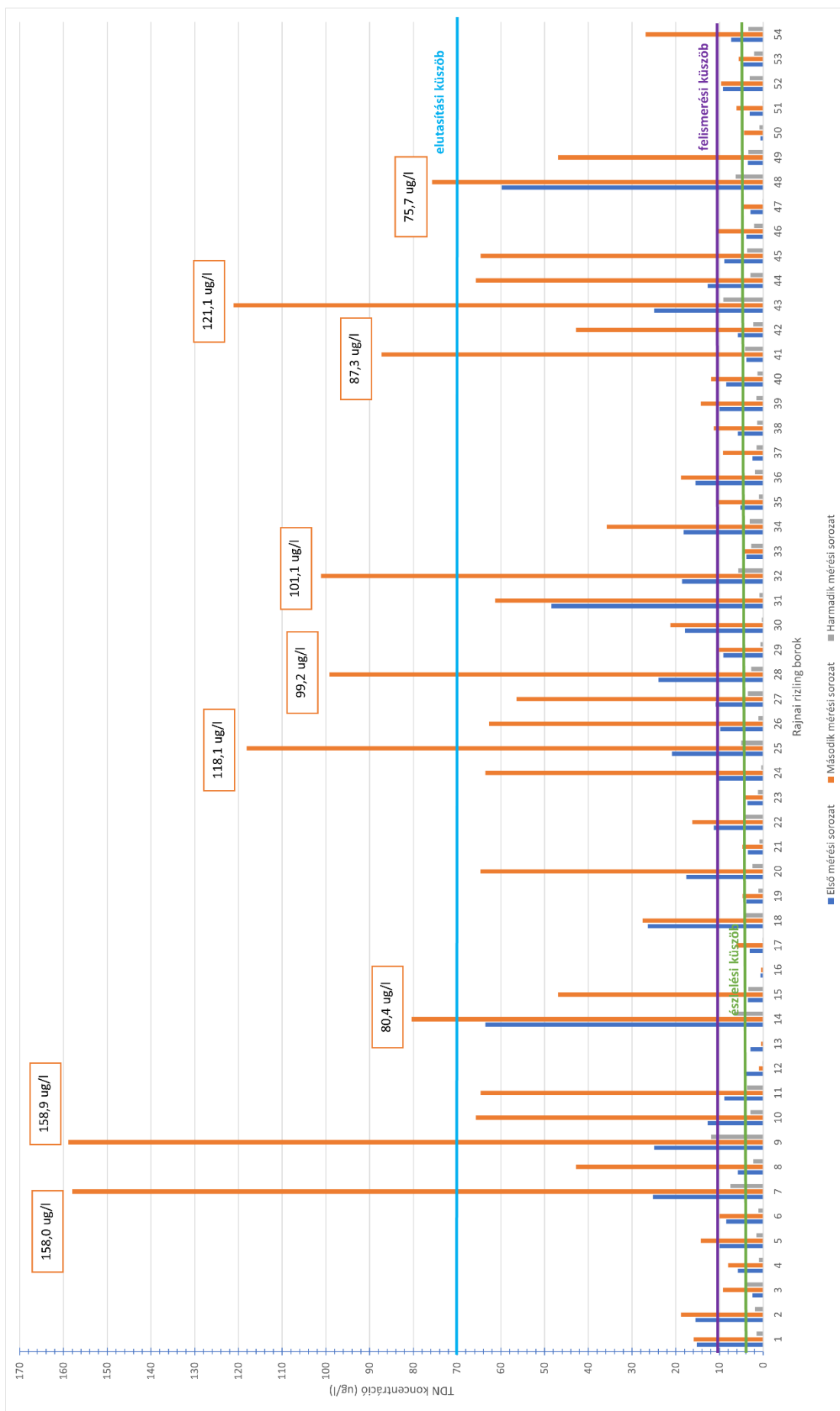
Sorszám	Borrégió	Évjárat	Első mérési sorozat TDN koncentráció (µg/l)	Második mérési sorozat TDN koncentráció (µg/l)
4.	Balaton	2017.	1,7	30,3
5.	Pannon	2017.	1,5	18,2
7.	Balaton	2018.	nd	32,2
8.	Felső-Magyarország	2018.	7,0	36,3
13.	Felső-Pannon	2018.	3,5	24,1
22.	Balaton	2021.	3,0	20,4
31.	Felső-Magyarország	2010.	4,6	25,7
54.	Balaton	2015.	4,3	35,0
59.	Duna	2015.	3,5	24,1
68.	Duna	2018.	3,0	20,4
77.	Felső-Magyarország	2020.	4,1	23,9

*nd: nem detektálható

A legmagasabb koncentrációt (36,3 µg/L) a második mérési sorozatban mértem, ami egy 2018-as, Felső-Magyarországi borrégióból származó, az ábrán a 8. tétel, mely mennyiség a már említett Tarasov által kidolgozott felismerési küszöb fölött van. A legnagyobb TDN koncentráció növekedés egy Balaton borrégióból származó szintén 2018-as bor tétel esetében következett be (az ábrán a 7. tétel). Az első mérés idején a TDN koncentráció az általam használt analitikai módszerrel nem volt detektálható, azonban a második mérés idejére már 32,2 µg/l TDN-t tartalmazott ez a bor. A második mérési sorozat idején 44 borminta TDN tartalma haladta meg az észlelési küszöböt és a felismerési küszöböt 21 palack minta, ami az összes vizsgált Olaszrizling borminta 23%-a. Egyik bor TDN tartalma sem lépte át az elutasítási küszöböt.

5.1.2. Az Rajnai rizling borok TDN koncentrációja a tárolási idő során

A vizsgált Rajnai rizling borok 2010. – 2020. terjedő évjáratúak voltak (M3 melléklet). A TDN koncentrációk a 0,6 – 63,5 µg/l tartományba estek az első mérési sorozat időpontjában (22. ábra).



22. ábra A Rajnai rizling borok TDN koncentrációjának alakulása a palcbontás pillanatában (kék), 6 hónap elteltével (narancs), és a 12. hónapban (szürke).

Az 54 palack vizsgált Rajnai rizling bor esetében a 6 hónap elteltével 2 bormintánál figyelhető meg szignifikáns (közel hatszoros), TDN tartalom növekedés 95%-os ($p=0,05$) valószínűségi szinten (8. táblázat).

8. táblázat Rajnai rizling borok, melyekben a TDN koncentráció szignifikánsan növekedett a tárolás ideje alatt

Sorszám	Borrégió	Évjárat	Első mérési sorozat TDN koncentráció ($\mu\text{g/l}$)	Második mérési sorozat TDN koncentráció ($\mu\text{g/l}$)
7.	Felső-Magyarország	2017.	25,2	158,0
9.	Duna	2018.	24,9	158,9

3 esetben tapasztaltam a TDN koncentráció csökkenését (9. táblázat).

9. táblázat Rajnai rizling borok, melyekben a TDN koncentráció csökkent a tárolás ideje alatt

Sorszám	Borrégió	Évjárat	Első mérési sorozat TDN koncentráció ($\mu\text{g/l}$)	Második mérési sorozat TDN koncentráció ($\mu\text{g/l}$)
12.	Felső-Pannon	2018.	3,9	1,0
13.	Pannon	2019.	2,9	0,5
16.	Balaton	2020.	0,6	0,5

51 palack vizsgált Rajnai rizling borban egyértelmű TDN koncentráció emelkedés volt tapasztalható. Kilenc bortétel TDN koncentrációja a második mérés idejére meghaladta a fogyasztói elutasítási küszöb értékét (10. táblázat). Ez az összes vizsgált Rajnai rizling bor 17%-a.

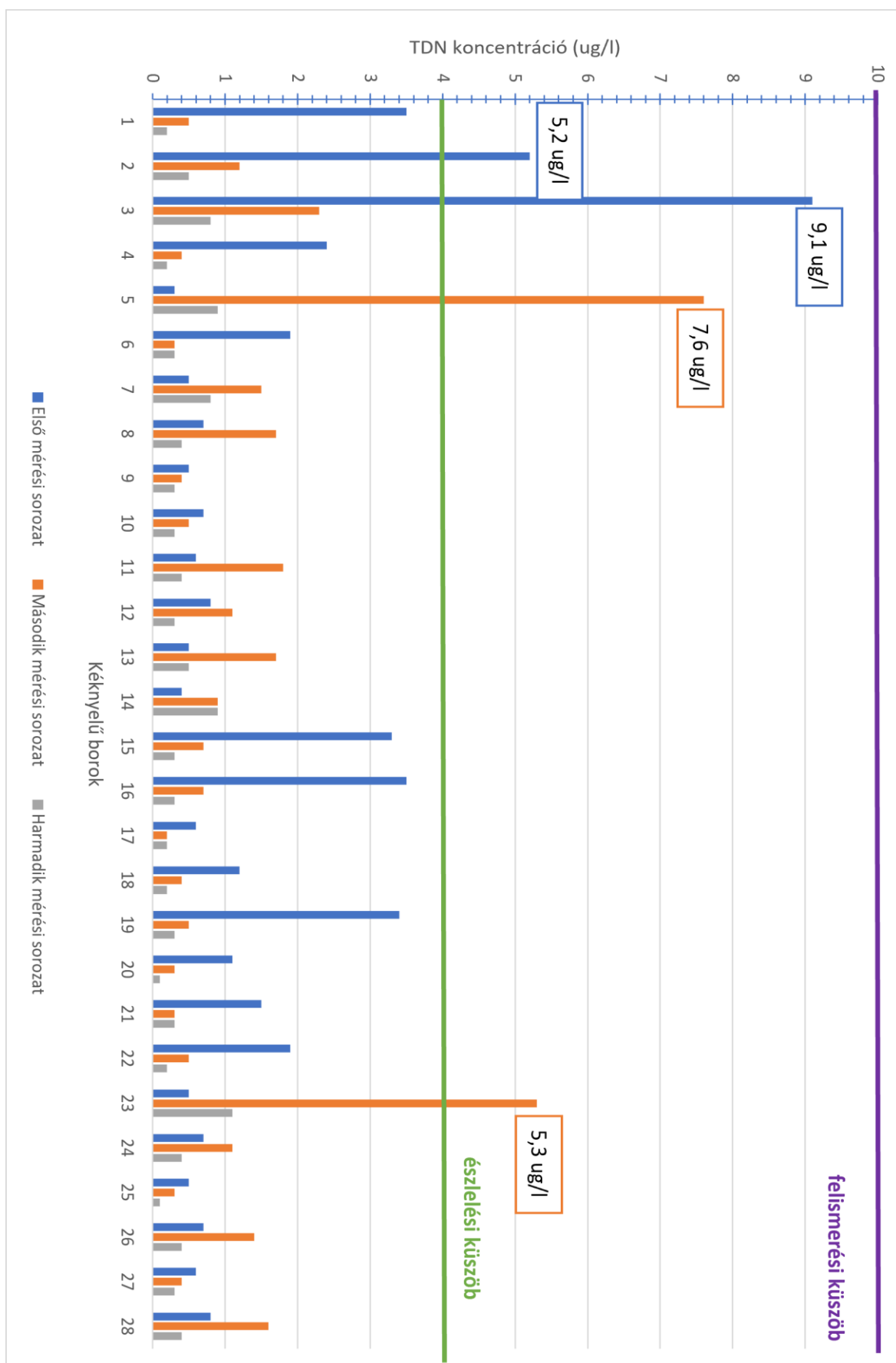
10. táblázat Rajnai rizling borok, melyek TDN koncentrációja meghaladja a fogyasztói elutasítási küszöbhez tartozó TDN koncentrációt

Sorszám	Borrégió	Évjárat	Első mérési sorozat TDN koncentráció (µg/l)	Második mérési sorozat TDN koncentráció (µg/l)
7.	Felső-Magyarország	2017.	25,2	158,0
9.	Duna	2018.	24,9	158,9
14.	Balaton	2019.	63,5	80,4
25.	Felső-Pannon	2013.	20,9	118,1
28.	Felső-Magyarország	2014.	24,0	99,2
32.	Felső-Pannon	2016.	18,6	101,1
41.	Pannon	2018.	3,9	87,3
43.	Felső-Magyarország	2018.	24,9	121,1
48.	Felső-Magyarország	2019.	59,8	75,7

Az első mérés idején a felismerési küszöbhez tartozó koncentrációt a Rajnai rizling borok 41%-a haladta meg, a második mérés idejére már az összes vizsgált Rajnai rizling bor 65%-a.

5.1.3. A Kéknyelű borok TDN koncentrációja a tárolási idő során

A Balatoni borrégióból származó Kéknyelű borok 2006 – 2020-ig terjedő évjáratúak voltak (M5 melléklet). A TDN koncentrációk a 0,3 – 9,1 µg/l tartományba estek az első mérési sorozat időpontjában. A legmagasabb 9,1 µg/l kiugró koncentrációjú TDN tartalmat egy 2007-es évjáratú borban mértem (23. ábra).

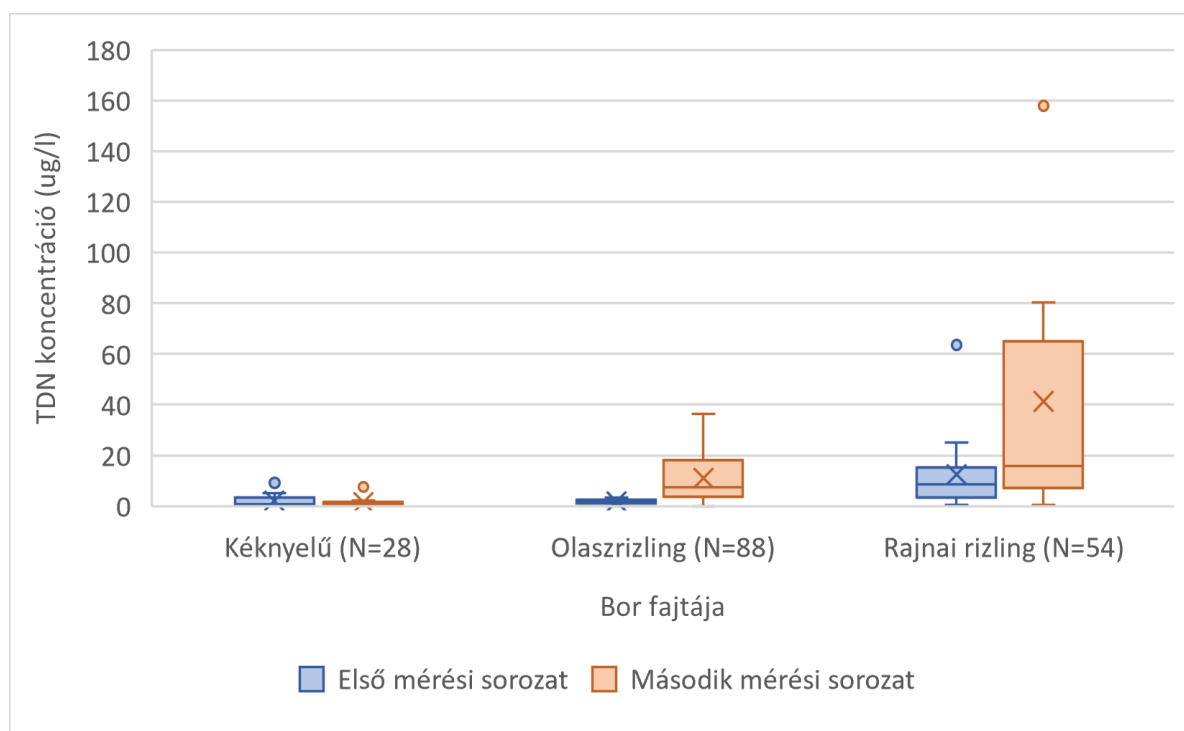


23. ábra A Kéknyelű borok TDN koncentrációjának alakulása a palckbontás pillanatában (kék), 6 hónap elteltével (narancs), és a 12. hónapban (szürke).

A Kéknyelű borok esetében azt tapasztaltam, hogy ez a fajta nem hajlamos TDN képzésére. Az összesen 28 palack Kéknyelű szőlőből készült bor esetében csak két minta TDN koncentrációja haladta meg az észlelési küszöb értékét a palanckbontást követő első mérés idején. Ezek a 2006-os évjáratú 2. minta (5,2 µg/l TDN) és a 2007-es évjáratú 3. minta (9,1 µg/l TDN). Érdekes megfigyelni, hogy ezeknek a boroknak a TDN koncentrációja a második mérési sorozat idejére jelentősen lecsökkent. Azonban a 2012-es évjáratú 5. bortétel esetében a TDN koncentráció (7,6 µg/l) a második mérés idején már megközelítette a felismerési küszöbhez tartozó TDN koncentrációt. A 23. tétel TDN koncentrációja (5,3 µg/l) is jelentősen emelkedett. Mindkét bor TDN koncentrációjának emelkedése 95%-os ($p=0,05$) valószínűségi szinten szignifikáns. A felismerési küszöbhez tartozó koncentrációt a teljes mérési sorozat két éve alatt egyik vizsgált Kéknyelű borminta TDN koncentrációja sem érte el. Az amúgy sem magas TDN koncentrációk a vizsgált Kéknyelű borok 61%-ánál csökkenést mutattak a második mérési sorozat idejére.

5.2. TDN koncentrációk összehasonlítása a három vizsgált fajtában a tárolási idő során

A 24. ábra a TDN koncentrációkat mutatja fajtaösszehasonlításban. Megfigyelhető, hogy a három borfajta közül a Rajnai rizlingnek jelentősen nagyobb a hajlama a TDN képződésére a másik két fajtához képest. Már az első mérési sorozat során mért TDN koncentrációk is meghaladják a másik két fajta borban mért koncentrációkat. A tárolás során ugyan az Olaszrizling borok TDN koncentrációja is megnő, de a Rajnai rizling borokban ez a növekedés nagyobb mértékű. Irodalmi adatokból tudjuk (R. Simpson, 1978; Simpson and Miller, 1983; Winterhalter, Sefton and Williams, 1990; Marais, van Wyk and Rapp, 1992a; Sacks *et al.*, 2012; Philipp *et al.*, 2020), hogy a TDN a borokban szabad és glikozidosan kötött formában van jelen. A savas közegben, a bor pH-ján kötött formájából felszabadul és ez eredményezheti a koncentráció növekedést a második mérés idejére.



24. ábra A TDN koncentrációk Boxplot ábrán történő bemutatása fajta összehasonlításban a palackbontáskor és 6 hónap tárolást követően (°kiugró érték).

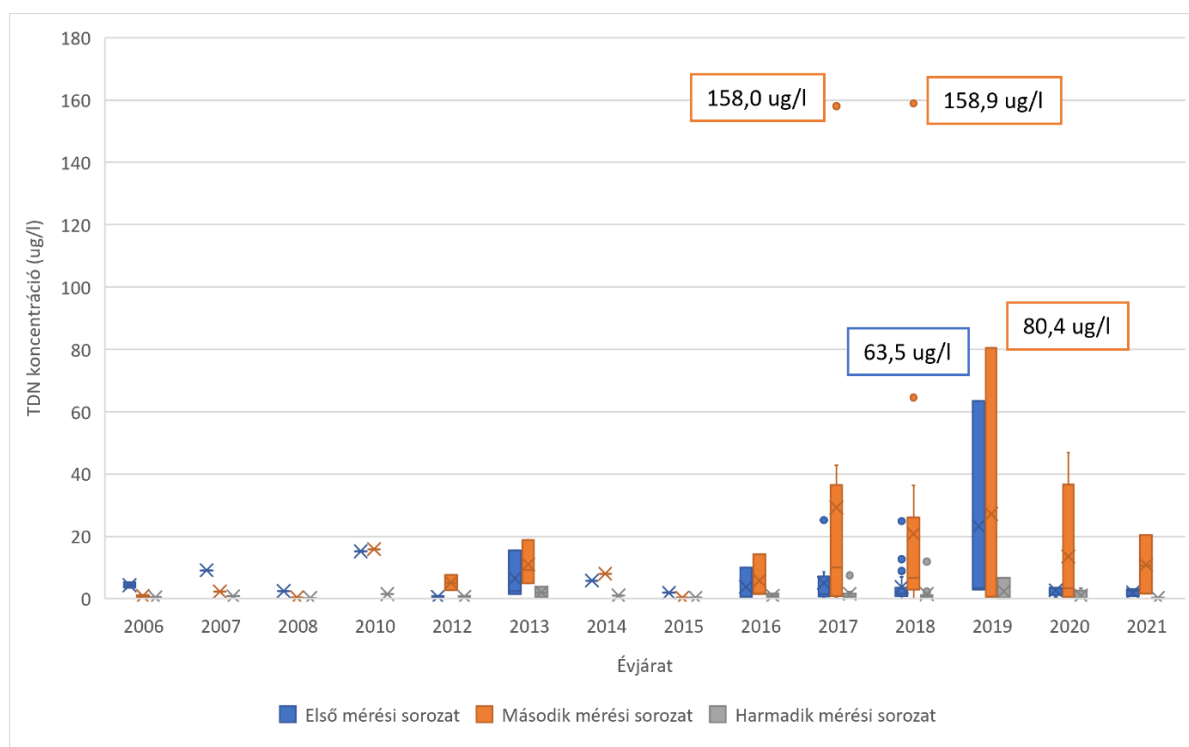
Az eredményeket egytényezős varianciaanalízissel (M8 melléklet) elemeztem ($F_{krit} = 3,2 < F = 9,3$). Ez alapján megállapítható, hogy a mért TDN koncentrációkat figyelembe véve, 95%-os szignifikancia szinten ($p=0,05$) a fajták TDN termelése között szignifikáns eltérések mutatkoznak.

Tovább vizsgálva, a Tukey-Kramer teszt (M9 melléklet) segítségével megállapítható, hogy az Olaszrizling és a Rajnai rizling borok esetében mért TDN koncentrációk különbsége statisztikailag szignifikáns. Ugyanezt a következtetést vonhatjuk le a Rajnai rizling és a Kéknyelű borok TDN koncentrációinak összehasonlításakor is. Azonban az Olaszrizling és a Kéknyelű borok esetében a fajták TDN termelése között szignifikáns különbség nem mutatható ki 95%-os szignifikancia szinten ($p = 0,05$).

A második mérési időpontban mért átlagos TDN koncentrációk mindhárom fajtánál nőttek a tárolás során. A koncentráció növekedés mértéke sem az Olaszrizling, sem a Kéknyelű borokban nem volt olyan nagy, hogy az így előállt TDN koncentrációk a Rajnai rizling borokban mért TDN koncentrációkkal azonos mennyiségbe kerültek volna. A legmagasabb TDN koncentrációkat a Rajnai rizling borokban mértem. Kilenc esetben a TDN koncentráció elérte az elutasítási küszöböt a második mérés időpontjában ennél a fajtánál (10. táblázat).

5.3. Évjárat hatásának vizsgálata a TDN koncentrációra

A 25. ábra az összes vizsgált hazai bor (2006 – 2021 évjárat) TDN koncentráció alakulásának Boxplot diagramon való ábrázolását mutatja be. A vizsgált évjáratokban az első mérési sorozat idején a TDN koncentrációban jelentős eltérések nem mutatkoznak, kivéve a 2019. évet, amely évben a TDN koncentrációk egyik legmagasabb értékét mértem: 63,5 $\mu\text{g/l}$ -t. A korábbi években a TDN alacsony koncentrációban volt mérhető. A 2019. évi a többi évhez képest magas TDN mennyiségének a magyarázata az ebben az évben az előző (2018) és az azt követő (2020) évekhez képest a nyár a szokásosnál melegebben alakult, a globálsugárzás összege magasabb volt. Ebben az évben Magyarországon a nyári globálsugárzás összeg jellemzően 190 és 210 kJ/cm^2 közé esett az ország legnagyobb részén. Ugyanez a globálsugárzás összeg 2018-ban és 2020-ban is alacsonyabb volt, 180 és 200 kJ/cm^2 közé esett ('Magyarország éghajlata, Éghajlati visszatekintő, 2018 nyár, 2019 nyár, 2020 nyár', 2023). Marais és munkatársai 1992-ben és Gerdes és munkatársai 2001-ben megállapították, hogy a szőlő túlzott napfénynek való kitettsége magas TDN koncentrációhoz vezet (Marais, van Wyk and Rapp, 1992b; Winterhalter and Rouseff, 2001). A 2016-os évtől kezdődően a második mérési sorozat idejére a borok TDN koncentrációja jelentősen megnövekedett a tárolás alatt. Itt is a 2019. évi borok között találtam az egyik legmagasabb TDN koncentrációval rendelkező bort (80,4 $\mu\text{g/l}$), eltekintve a két 158,0 és 158,9 $\mu\text{g/l}$ kiugró koncentrációjú bortól (2017. és 2018. évjárat).



25. ábra Évjárat hatása a vizsgált borok TDN koncentrációjára (°kiugró értékek).

Vizsgálataim szerint az évjárat hatása a borok TDN koncentrációjára sokkal erősebbnek tűnik, mint a borok kora. Az évjárat hatással van a szőlőre, amely a szélsőséges időjárási viszonyokra (túl magas hőmérséklet, túl sok napsugárzás, túl kevés csapadék) TDN prekursorok előállításával reagál. A nagyobb mennyiségű prekursor molekulából a borban később nagyobb koncentrációban alakulhat ki a kerozin mellékízt eredményező TDN.

A 25. ábrán bemutatott különböző pincészetekből és borrhéiókból származó 2017, 2018 és 2019 évjáratú kiemelkedően magas TDN koncentrációjú borok mind Rajnai rizlingek voltak (11. táblázat). Mivel a borminták kereskedelmi forgalomból lettek beszerezve, ezért nincs információ a TDN kialakulását befolyásoló szőlészeti és borászati technikákról. Ezeknek a boroknak már az első mérés idején is magas volt a TDN koncentrációja, az észlelési küszöböt (Tarasov *et al.*, 2020) mindegyik meghaladta, de a 6 hónappal későbbi második mérés idejére már az elutasítási küszöböt ((Tarasov *et al.*, 2020) is megközelítették, illetve három bor meg is haladta.

11. táblázat A kiugró TDN koncentrációjú borok

Borfajta	Borrégió	Évjárat	TDN koncentráció (µg/l) (1. mérés)	TDN koncentráció (µg/l) (2. mérés)
Rajnai rizling	Felső- Magyarország	2017	25,2	158
Rajnai rizling	Balaton	2017	5,8	42,8
Rajnai rizling	Duna	2018	24,9	158,9
Rajnai rizling	Felső-Pannon	2018	12,7	65,7
Rajnai rizling	Balaton	2018	8,9	64,6
Rajnai rizling	Felső-Pannon	2019	63,5	80,4

5.4. Az érzékszervi bírálat eredményei

Érzékszervi bírálat csak az első mérési sorozat előtt készült, közvetlenül a palackok bontását követően. A bírálat megszervezése a 3. táblázatban leírt módon történt. Az érzékszervi bírálat során adott pontszámokat összevetve a mért TDN koncentrációkkal megfigyelhető, hogy a vegyület koncentrációja nem mindig követi az érzékszervi megjelenést. A bormátrix (a bor alkohol tartalma, a borban jelen lévő egyéb aromakomponensek stb.) tompíthatja, illetve kiemelheti a vegyület észlelhetőségét (Ziegler *et al.*, 2019; Tarasov *et al.*, 2020). Ez mind a három borfajta esetében megfigyelhető (26. ábra, 27. ábra, 28. ábra).

A borok érzékszervi tulajdonságait meghatározó és befolyásoló bormátrixot alkotó komponensek közül csak az alkoholt vizsgáltam. A klímaváltozás következtében számolni kell és tapasztaljuk is az emelkedő alkohol tartalmakat, melyek az elmúlt 20-25 évben szignifikánsan, átlagosan 2 v/v%-kal emelkedtek. Megállapítható, hogy az érzékszervi bírálatok és a mért TDN koncentrációk között nincs egyértelműen szignifikáns különbség. Mérési eredményeim alapján nem lehet egyértelműen megállapítani, hogy a magasabb alkohol tartalom esetén a kerozin ízérzet kevésbé érzékelhető.

Az érzékszervi bírálatról általában elmondható, hogy a 7 tagú kóstoló bizottság a TDN jellegzetes kerozin aromát felismerte, és az intenzitások között is jól differenciált a tendenciák tekintetében. A kóstolásban részt vevő szakemberek hat egymást követő

napon (egy nap egy fajta) értékelték az 170 palack bort. A borok kostolási sorrendje egy fajtán belül véletlenszerűen történt, nem évjárat szerint. A borok kóstolási hőmérséklete 12° C volt. Az érzékszervi eredményeket korreláltam a szabad TDN tartalommal Spearman rho korreláció számítás segítségével. Mind a három hazai borfajtánál kiszámoltam a korrelációs együtthatókat, amelyeket az adott borfajta tárgyalásánál mutatok be.

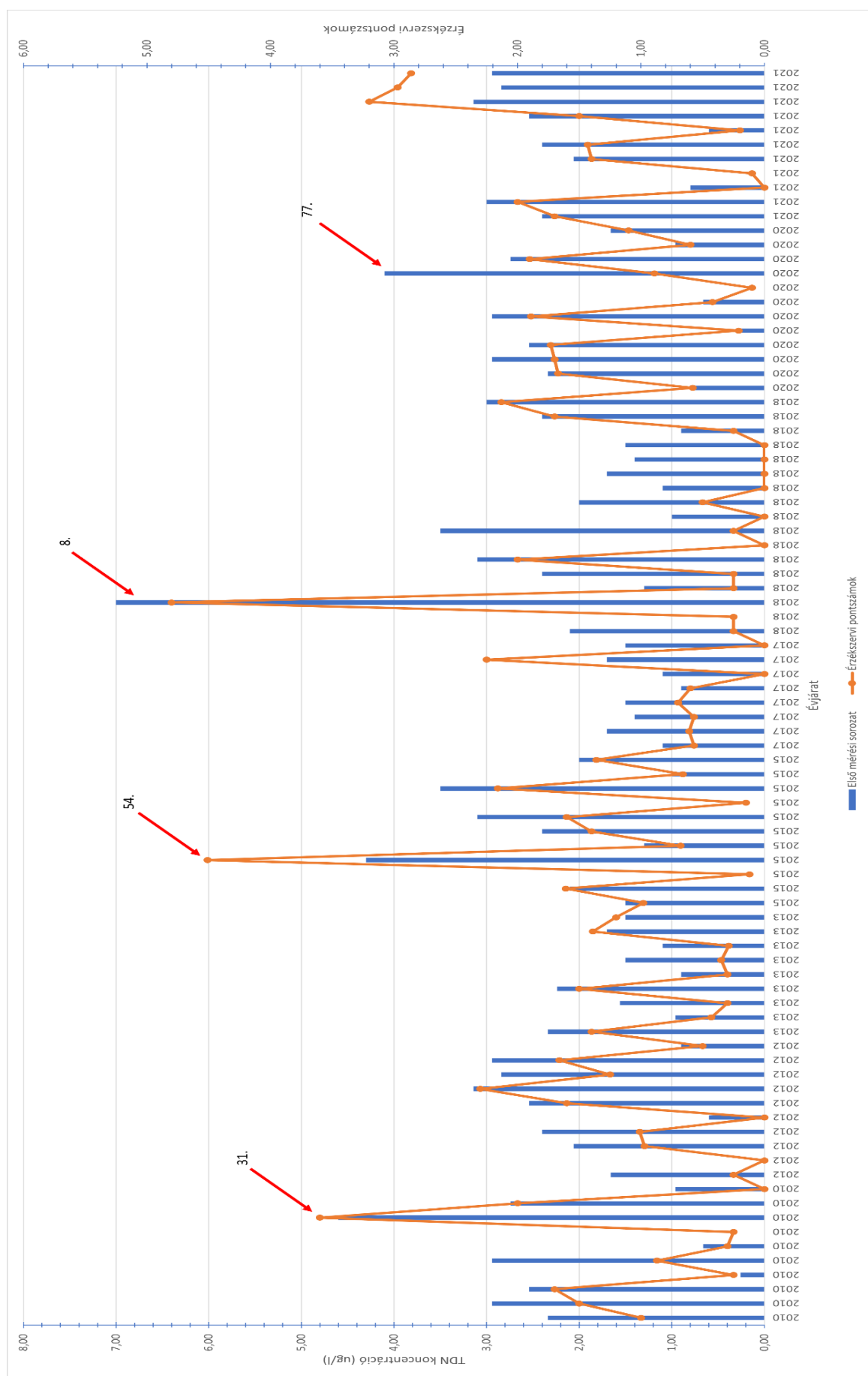
5.4.1. A TDN koncentráció és az érzékszervi bírálat összefüggése

Olaszrizling borokban

Olaszrizling borok esetében (26. ábra) a piros nyíllal jelölt mintákban a 77. (2020. évjáratú) borminta TDN koncentrációja nem különbözik lényegesen a 31. és a 54. jelű mintáétól, mégis az érzékszervi pontozásnál a többihez képest kisebb pontszámot kapott, tehát a bizottság úgy érezte, hogy a TDN koncentrációja alacsonyabb, mint a többi bormintánál (12. táblázat). Ebben az esetben az alkohol tartalommal magyarázható, hogy a többi mintához képest az 77. minta kerozinos jellege kevésbé érvényesül. Az etanol növekvő mennyisége csökkenti az aromavegyületek illékonyágát és ezzel megemeli a szagküszöböt (Villamor *et al.*, 2013). Tehát magasabb alkoholtartalom mellett a TDN jellegzetes aromáját kevésbé érzékelt a kostoló bizottság.

12. táblázat Az azonos TDN koncentrációjú, de eltérő érzékszervi pontszámú Olaszrizling borok

	Évjárat	Borrégió	TDN koncentráció (µg/l)	Érzékszervi átlag pontszám	alkohol tartalom (v/v%)
31.	2010.	Felső- Magyarország	4,6	3,6	12,1
54.	2015.	Balaton	4,3	4,51	11,9
77.	2020.	Felső- Magyarország	4,1	0,89	14,0



26. ábra A vizsgált Olaszrizling borok TDN tartalma a palack bontáskor és az érzékszervi bírálat során adott pontszámok.

A Spearman rho korrelációs együttható Olaszrizling bor esetén +0,6466349-nak adódott. Ez pozitív korreláció, tehát a TDN koncentrációk és az érzékszervi pontszámok között gyenge, de azonos irányú, pozitív összefüggés van.

A 26. ábra 2010-től 2021-ig terjedő évjáratokból származó elemzett Olaszrizling borok oszlop diagramon ábrázolását mutatom be. A vizsgált borok TDN koncentrációi 0 – 7,0 µg/l tartományba esnek. Kiugró érték vizsgálattal megállapítható, hogy a 2018-as évjáratához tartozó 8-as számmal jelzett borban mért 7,0 µg/l TDN koncentráció extrém magas érték.

5.4.2. A TDN koncentráció és az érzékszervi bírálat összefüggése Rajnai rizling borokban

A Rajnai rizling boroknál (27. ábra) is jól megfigyelhető a mátrixhatás az érzékszervi bírálatok során adott pontok alapján. A piros nyíllal jelölt 31., 48. és 14. sorszámú magas TDN koncentrációval rendelkező borok esetén megfigyelhető, hogy a 14., 2019. évjáratú magas (63,5 µg/l) TDN tartalommal rendelkező bor kevesebb pontot kapott a kostoló bizottságtól, mint a nála alacsonyabb (48,4 µg/l és 59,8 µg/l) TDN koncentrációt tartalmazó 31. és 48. borok. Megvizsgálva a borok alkohol tartalmát azt tapasztaltam, hogy amíg az 31. és 48. számú borok alkoholtartalma átlagosnak mondható 12,2 v/v% és 11,9 v/v% volt, addig a 14. bor alkohol tartalma magas, 15,3 v/v%. A magasabb alkohol tartalom itt is befolyásolta a kostolók íz érzékelését, a magasabb alkohol tartalom esetében kevésbé érzékelték kerozinos jellegűnek a 14. bort (13. táblázat).

13. táblázat. Az azonos TDN koncentrációjú, de eltérő érzékszervi pontszámú Rajnai rizling borok

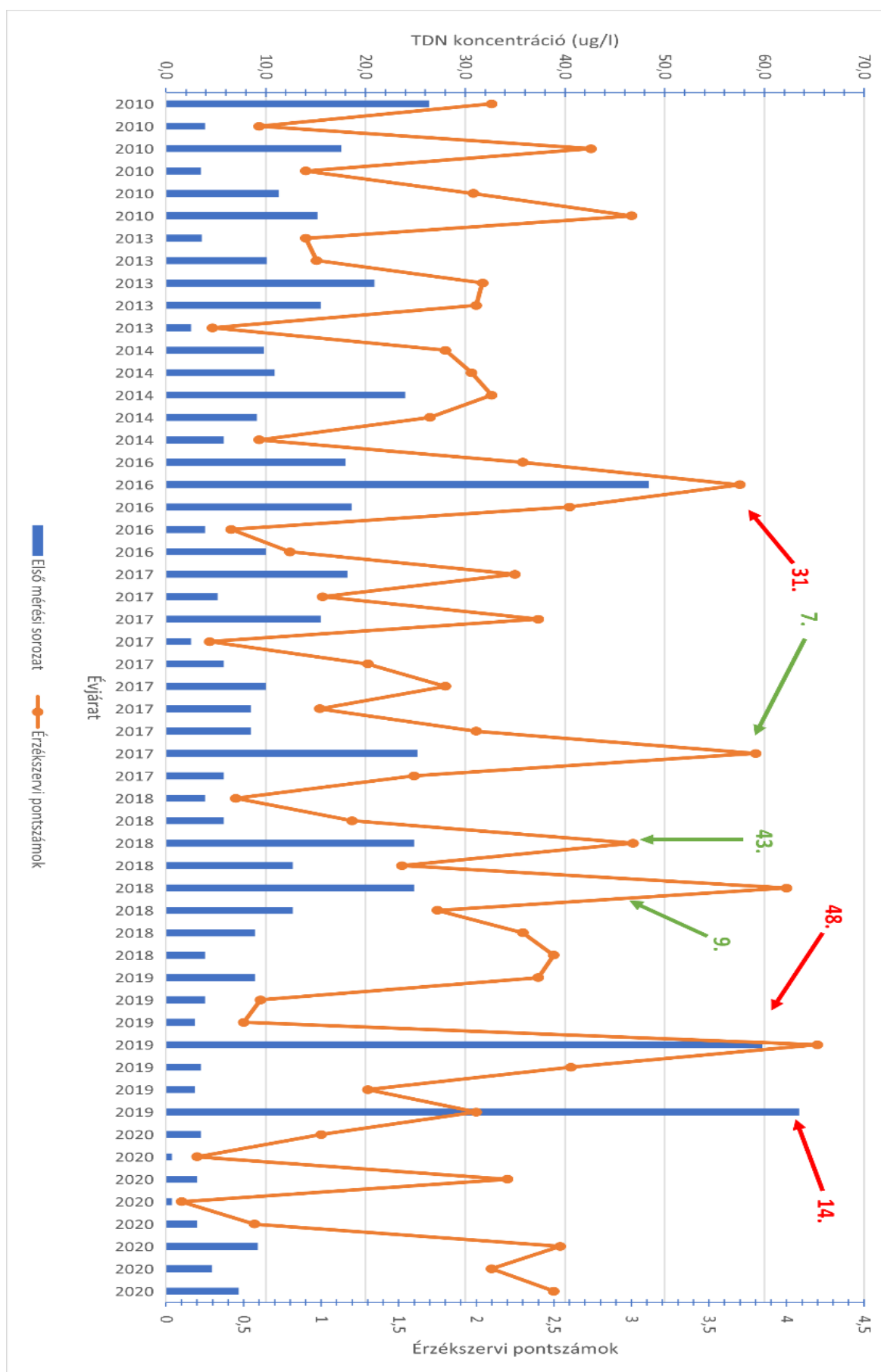
	Évjárat	Borrégió	TDN koncentráció (µg/l)	Érzékszervi átlag pontszám	alkohol tartalom (v/v%)
31.	2016.	Pannon	48,4	3,7	12,2
48.	2019.	Pannon	59,8	4,2	11,9
14.	2019.	Duna	63,5	2,0	15,3

Zöld nyíllal is megjelöltem 3 bor mintát, egy 2017. és két 2018. évjáratú bort (7., 43. és 9. sorszámú), amelyek esetében a mért TDN koncentrációk gyakorlatilag megegyeztek (25,2 µg/l, 24,9 µg/l, 24,9 µg/l), mégis az érzékszervi vizsgálaton kapott pontszámaik eltérnek egymástól. A kostolóbizottság a 9. számú bor kóstolásakor érezte a kerozin jelleget a legintenzívebben. Ennek a bornak volt a három bor közül a

legalacsonyabb az alkohol tartalma, 11,7 v/v%. Ebben az esetben is érvényesült az alkoholtartalom ízérzetre gyakorolt hatása (14. táblázat).

14. táblázat. Az azonos TDN koncentrációjú, de eltérő érzékszervi pontszámú Rajnai rizling borok

	Évjárat	Borrégió	TDN koncentráció (µg/l)	Érzékszervi átlag pontszám	alkohol tartalom (v/v%)
7.	2017.	Duna	25,2	3,8	13,5
43.	2018.	Pannon	24,9	3,01	15,3
9.	2018.	Balaton	24,9	4,0	11,7



27. ábra A vizsgált Rajnai rizling borok TDN tartalma a palack bontáskor és 6 hónappal később. Az érzékszervi bírálat során adott pontszámok.

A Rajnai rizling borok esetében is számszerűsítettem a mért TDN koncentrációk és az érzékszervi pontszámok közötti összefüggést. A Spearman rho korrelációs együttható ebben az esetben +0,646626 volt. Ez is pozitív korreláció, tehát a TDN koncentrációk és az érzékszervi pontszámok között gyenge, de azonos irányú, pozitív összefüggés van Rajnai rizling borok esetében is.

Az elemzett Rajnai rizling borok 2010 – 2020-ig terjedő évjáratból származóak voltak. A Rajnai rizling borok esetén már a kiindulási (első mérési időpont) TDN koncentrációk is magasak 0,6 – 63,5 µg/l koncentráció tartományba esnek (27. ábra). A 2020-as évjáratú borok koncentrációja viszonylag alacsony, 0,6 – 3,5 µg/l között volt a mérés időpontjában. A 2017-es évjáratú borok 25,2 µg/l mutatták a legmagasabb koncentrációt. A 2019-es évjáratban találtam egy 63,5 µg/l kiugróan magas koncentrációjú bort.

5.4.3. A TDN koncentráció és az érzékszervi bírálat összefüggése a Kéknyelű borokban

A Kéknyelű szőlőből készült borok érzékszervi bírálata is érdekesen alakult (28. ábra). Az alkohol tartalomból eredő mátrix hatás itt is megfigyelhető. A piros nyilakkal jelölt 1. (2006. évjáratú) és a 2. számú (2006. évjáratú) borok esetében a bizottság úgy ítélte meg, hogy a kerozinra emlékeztető ízt az 1. borban jobban érzi, ezért magasabb pontszámot adott, mint a 2. borra. Az analízis eredményeként azonban azt láthatjuk, hogy ténylegesen a 2. bor TDN koncentrációja magasabb. Megvizsgálva a két bor alkohol tartalmát, a második bor alkohol tartalma magasabb, tehát a magasabb alkohol tartalom a kerozin íz felismerési koncentrációját ebben az esetben is megemelte (15. táblázat).

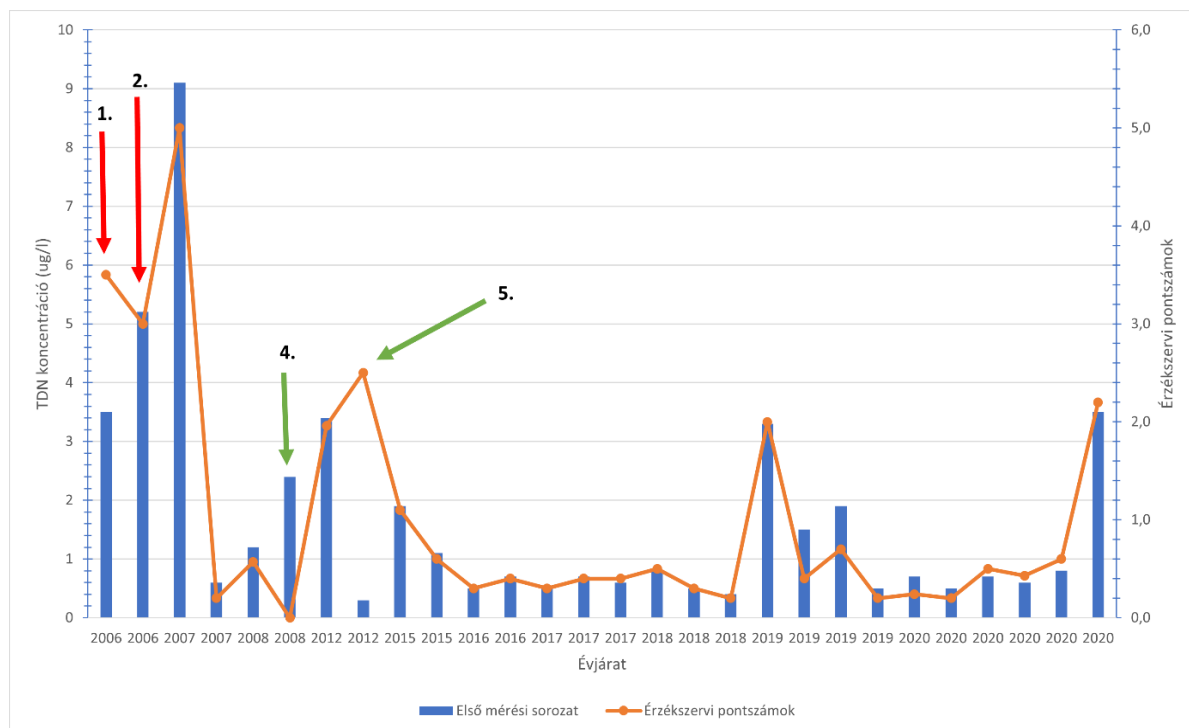
15. táblázat. Az azonos TDN koncentrációjú, de eltérő érzékszervi pontszámú Kéknyelű borok

	Évjárat	Borrégió	TDN koncentráció (µg/l)	Érzékszervi átlag pontszám	alkohol tartalom (v/v%)
1.	2006.	Balaton	3,5	3,5	11,6
2.	2006.	Balaton	5,2	3,0	13,7

Ugyanez figyelhető meg a zöld nyilakkal jelölt 4. (2008. évjáratú) és 5. számú (2012. évjáratú) minták esetében is. Ebben az esetben is a 4. minta alkohol tartalma magasabb volt, mint az 5. mintáé (16. táblázat).

16. táblázat. Az azonos TDN koncentrációjú, de eltérő érzékszervi pontszámú Kéknyelű borok

	Évjárat	Borrégió	TDN koncentráció (µg/l)	Érzékszervi átlag pontszám	alkohol tartalom (v/v%)
1.	2008.	Balaton	2,4	0,0	13,5
2.	2012.	Balaton	0,3	2,5	11,9



28. ábra A vizsgált Kéknyelű borok TDN tartalma a palack bontáskor és 6 hónappal később. Az érzékszervi bírálat során adott pontszámok.

Kéknyelű borok esetében a Spearman rho korrelációs együttható értéke + 0,512611, ami az előző két borhoz képest szintén pozitív összefüggést mutat, de ez az összefüggés gyenge.

5.5. Palack zárási mód hatása a TDN koncentrációra

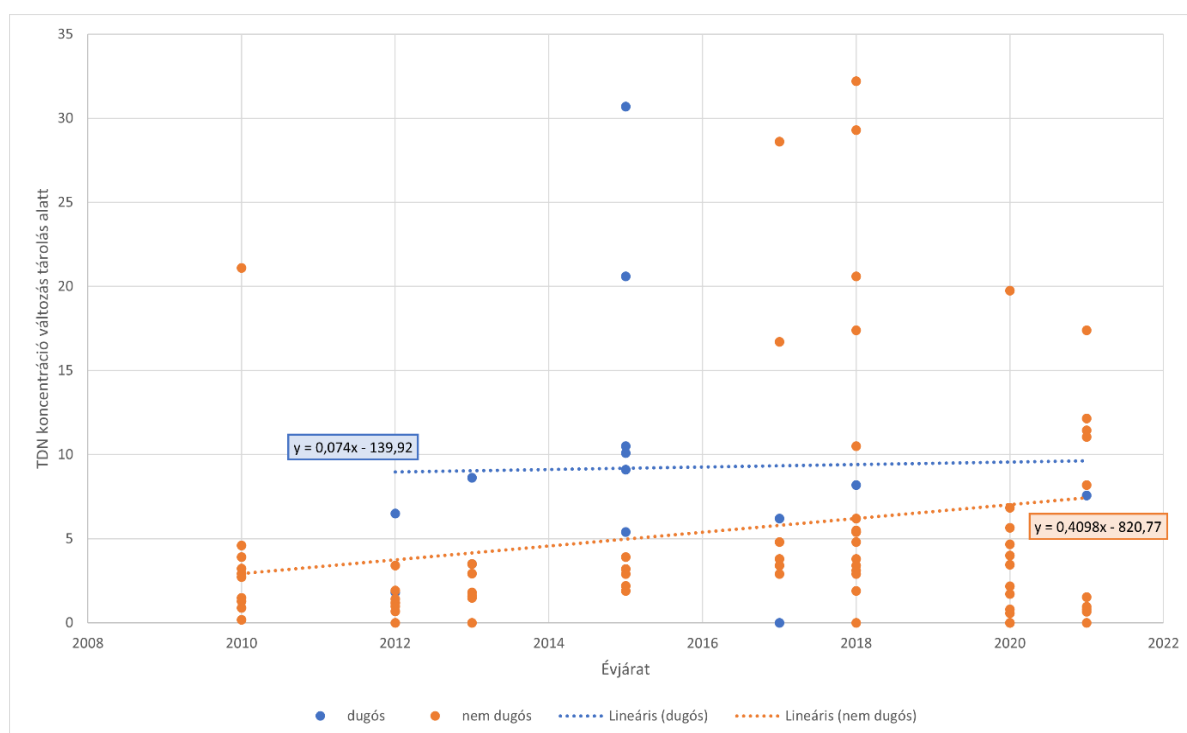
Doktori munkámban vizsgáltam a palack zárás hatását is. Az általam vizsgált hazai Olaszrizling és Rajnai rizling borok részben parafadugóval, részben csavarzárral voltak ellátva.

A palack nyitás pillanatában mért TDN koncentrációit hasonlítottam össze a zárási módok szerint csoportosítva. A különböző évjáratokból származó borok a palackozástól a nyitás pillanatáig eltelt időben a saját palackjaikban voltak tárolva. A vizsgált Olaszrizling borok 2010-2021 terjedő évjáratúak voltak. Az összesen 88

palack vizsgált Olaszrizling borból 14 palack volt parafadugóval és 74 palack volt csavarzárral ellátva. A parafa dugóval zárt TDN koncentráció átlagos értéke 2,3 µg/l-nek adódott, míg a csavarzárral zárt esetben ez az átlag érték 1,8 µg/l. Az 54 palack Rajnai rizling bor esetében 32 darab parafa dugóval zárt és 22 darab csavarzárral zárt 2010-2020 terjedő évjáratú palack bort hasonlítottam össze. Rajnai rizling borokban a parafa dugóval zárt palackokban mért átlagos TDN koncentráció 13,6 µg/l és a csavarzárral zárt palackokban 10,6 µg/l. A statisztikai elemzés alapján a palack nyitás pillanatában mérhető TDN koncentrációk között szignifikáns különbség nem mutatkozott 95%-os ($p=0,05$) szignifikancia szinten a palack záró elemének függvényében sem Olaszrizling, sem Rajnai rizling bor esetében. A zárási mód nem befolyásolta a TDN kialakulását.

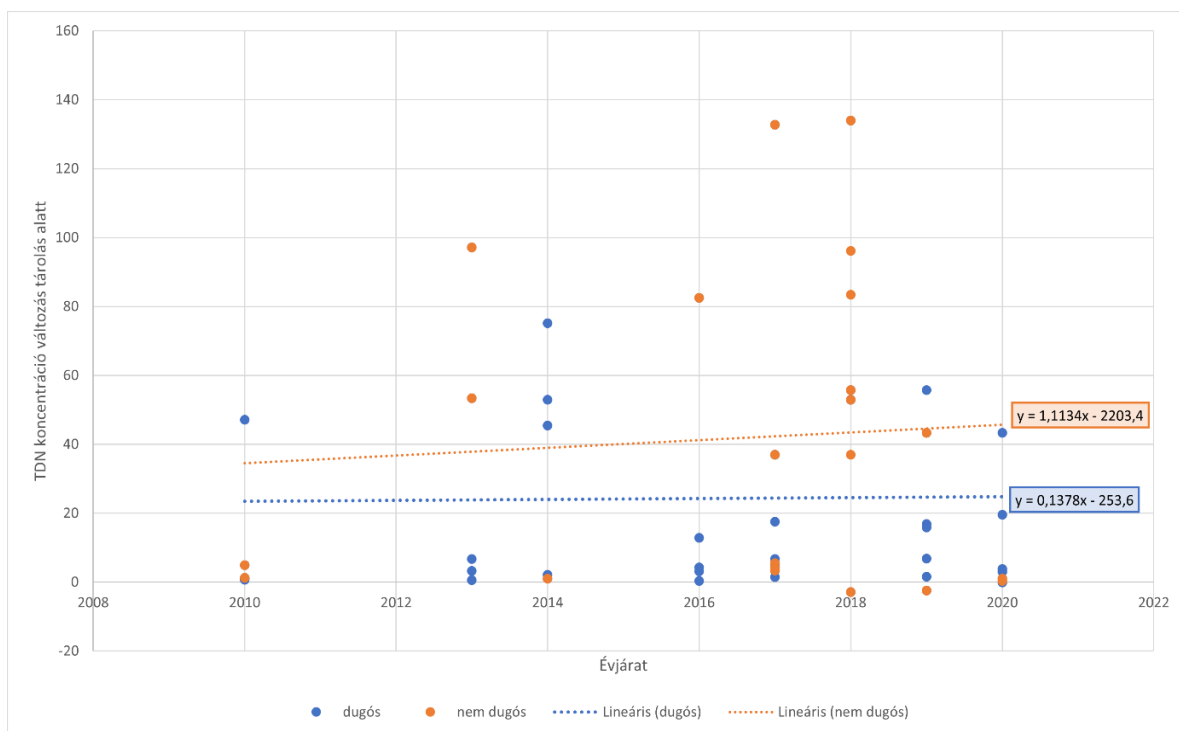
A palackbontás után vizsgáltam a TDN koncentráció alakulását az idő függvényében, a palackzárási módok figyelembevételével: az első palacknyitás időpontjában 81. mérési sorozat) és fél év elteltével (2. mérési sorozat) is. Tanulmányoztam a két mérési időpont között eltelt idő alatt megnövekedett TDN koncentrációk közti különbségeket.

A 29. ábrán az Olaszrizling borok esetében ábrázoltam a kétféle palackzárási típus hatását a TDN koncentráció változására az évjárat függvényében.



29. ábra Parafadugóval (kék) és csavarzárral (narancs) zárt Olaszrizling borok tárolás alatt bekövetkezett TDN koncentráció változása az évjárat függvényében

Ugyanezt az összehasonlítást elvégeztem a Rajnai rizling borokkal is, melynek eredményét a 30. ábrán szemléltetem.



30. ábra Parafadugóval (kék) és csavarzárral (narancs) zárt Rajnai rizling borok tárolás alatt bekövetkezett TDN koncentráció változása az évjárat függvényében

Kruskal-Wallis teszt segítségével megvizsgáltam, hogy statisztikailag kimutatható-e a palackzárások közötti különbség a TDN koncentráció növekedésében az első fél év alatt. A kapott p-érték: 0,2968, ami nagyobb mint 0,05, tehát a mért TDN koncentrációk mediánja mindkét zárás típus esetén azonos.

Az általam megvalósított tárolási körülmények között a vizsgált palackzárás típusok között statisztikailag szignifikáns különbség nem mutatható ki a TDN koncentráció változásában, de azért tendenciájában látszik (29. ábra és 30. ábra), hogy a nem parafadugóval zárt palackok esetében a TDN szint emelkedése meredekebb a palack nyitástól (I. mérési időpont) a 6 hónap tárolás utáni (II. mérési időpont) újra mérésig. A parafadugóval zárt boroknál ennek az emelkedésnek a meredeksége kisebb, tehát a tárolás során kevesebb TDN keletkezett, mint a csavarzárral zárt palackoknál. Ez a megállapítás a már bontott palackokra vonatkozik.

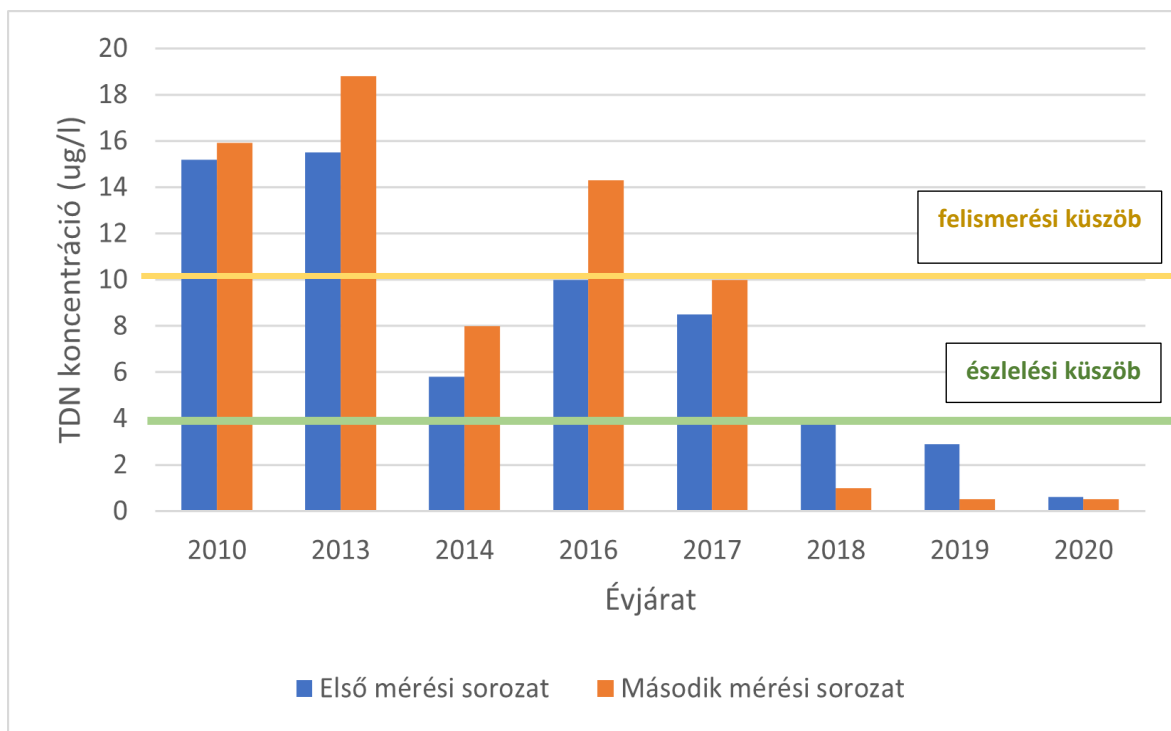
Ennek oka lehet az az oxidációs hatással ellentétesen ható folyamat is, hogy a TDN mennyiségére nagy hatással vannak a palack zárási módjai. A bor ízének megváltozása a palackban nem csak a borkomponensek kémiai és mikrobiológiai átalakulásának

eredménye, hanem részben a palack zárására használt eszközök adszorpciós képessége is befolyásolja (Capone *et al.*, 2003).

A TDN egy hidrofób, nem poláris, erősen illékony vegyület, amelyet a hidrofób anyagok, mint például a parafa és különféle polimerek, borzáróelemek hatékonyan tudnak megkötni. Egy kísérletben a parafadugók a tárolási körülményektől függetlenül gyors TDN-abszorpciót mutattak, a csavaros kupakok esetében a bor TDN tartalmának csekély mértékű csökkenése volt megfigyelhető (Tarasov *et al.*, 2019). A borok TDN tartalmának alakulására azonban az oxidációs folyamatok is hatással vannak. Amikor a csavarzárás palackokat felnyitottam, a palackba bejutó levegő oxigénje a palackban maradó borokban a glikozidosan kötött formában lévő TDN-t a további tárolás során felszabadíthatta. Ennek hatására a már kibontott palackokban tárolás alatt növekedhetett a bor szabad TDN koncentrációja. Az oxidáció elősegíti a TDN kialakulását a karotinoid vegyületekből (Ohloff, 1978).

5.6. Ugyanabból a borászatból származó Rajnai rizling borok

Az itt született eredményeket élesen el kell választanunk az előzőekben megfogalmazottaktól (5.5 pont). Ezen vizsgált Rajnai rizling borok esetében azonos termőterületről, azonos pincészetből, azonos technológiával készült borok évjárat függését vizsgáltam (31. ábra). A vizsgált borok a felbontásuk pillanatáig zárt palackban voltak tárolva. Megállapítottam, hogy az idősebb borok magasabb koncentrációban tartalmazták a vizsgált kerozin ízre emlékeztető vegyületet, a TDN-t. Rapp (Rapp, 2004) az éghajlat TDN képződésére való hatásával összefüggésben megállapította, hogy hűvösebb éghajlati övezetekben termelt rizling borban a TDN csak négy-hat éves palackos érlelés után érzékelhető. A forró éghajlatú bortermelő vidékeken a TDN sokkal korábban és lényegesen nagyobb mennyiségben keletkezhet. Ez a megállapítás egybe cseng az általam vizsgált borok TDN koncentrációival, tehát az idősebb borokban a vizsgálat időpontjára már a prekursorokból átalakult a TDN a bor mátrix környezetének hatására. A fiatalabb borokban még kevesebb TDN koncentráció mérhető. A vizsgált azonos borászatból származó 8 bor TDN koncentrációja csökkenő tendenciát mutat az évjárat függvényében. A 2013-as évjáratú borban mértem a legmagasabb TDN koncentrációt (15,5 µg/L) és a legalacsonyabbat (0,6 µg/L) a 2020-as évjáratú borban. Az évjárat szerinti TDN koncentrációk alakulását a 31. ábrán mutatom be.



31. ábra Ugyanabból a borászatból származó, különböző évjáratú Rajnai rizling borok TDN koncentrációja

A második mérés időpontjára 2 bor (2018. és 2019. évjárat) kivételével a borokban a TDN koncentrációja növekedett, azonban a növekedés mértéke 95%-os ($p=0,05$) konfidenciaszinten nem szignifikáns. Csak a 2010-es, a 2013-as és a 2016-os évjáratú bor TDN tartalma lépte át a felismerési küszöböt.

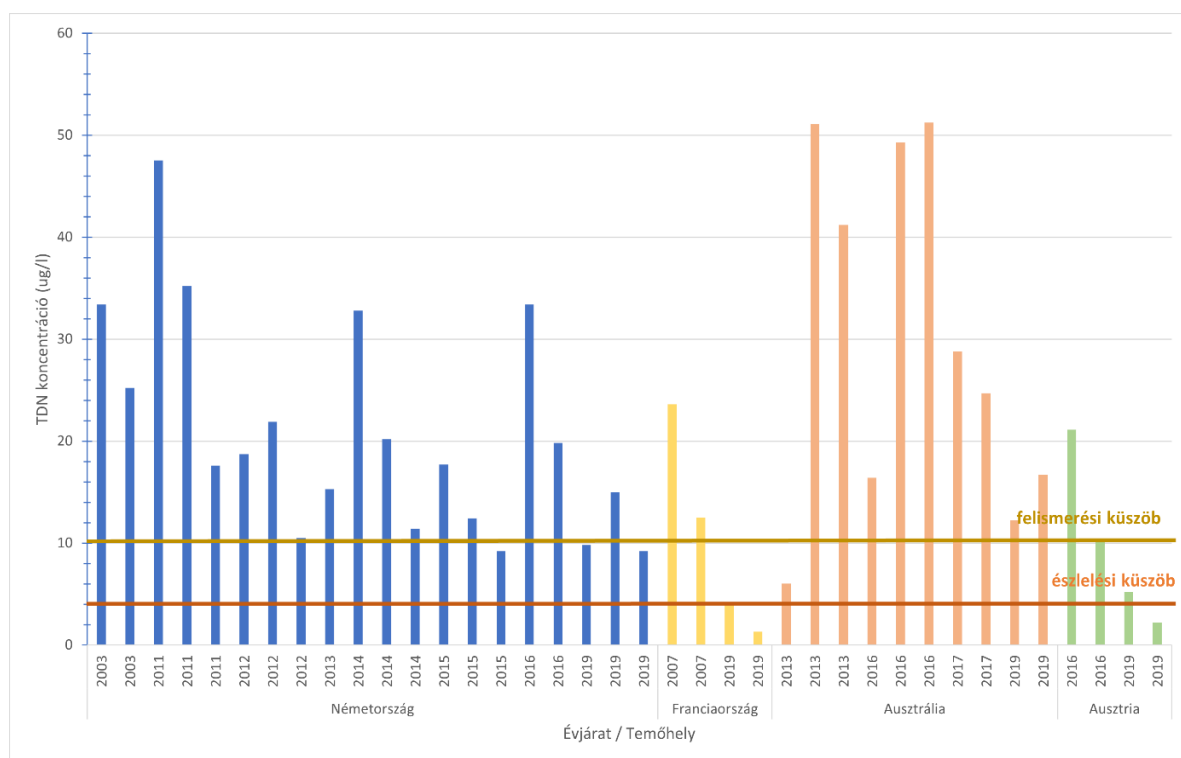
A 31. ábrán megfigyelhető, hogy a 2010-es évjáratú borminta TDN koncentrációja alacsonyabb, mint a 2013-as bormintában mért TDN mennyisége. Ennek valószínűsíthető oka az lehet, hogy bár a 2010-es év hőmérsékleti szempontból átlagosnak bizonyult Magyarországon, mégis a TDN prekursorainak a szőlőben való keletkezésének időszakában az időjárás az átlagosnál hűvösebb, csapadékosabb volt és a napfénytartam is alacsonyabbnak adódott ('Elmúlt évek időjárása 2010', 2010). A 2014-es évjárat bormintája sem illik bele a sorba, az alacsony TDN koncentrációjával. A 2014-es év a csapadékosabbak között foglal helyet, az év legcsapadékosabb hónapjai nyáron voltak, ezzel összefüggésben a napfénytartam is kevesebb volt, mint az azt követő években. Ezért képződhetett a szőlőben kevesebb TDN prekursor.

Le kell szögezni, hogy nincs ellentmondás az ebben a pontban megfogalmazottak és a palackzárásra vonatkozó megállapítások között, miszerint a TDN koncentráció

időben növekszik, valamint az adott pillanatban felnyitott palackok további TDN koncentráció változása tekintetében.

5.7. Külföldi Rajnai rizling borok vizsgálata

Lehetőségem volt 38 palack külföldről származó Rajnai rizling bor TDN koncentrációjának megmérésére is. A borok bemutatását a 2. táblázat és részletesebben az M4. melléklet tartalmazza. Az egyes borokra kapott TDN koncentrációk a 32. ábrán látható.



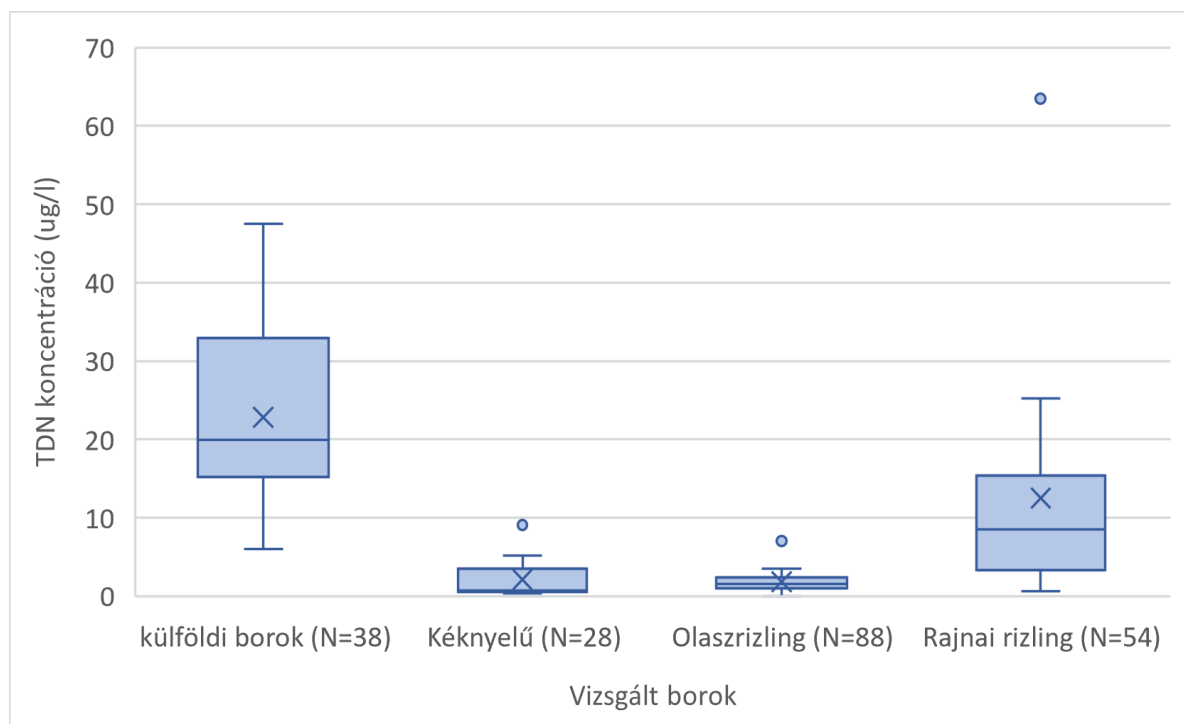
32. ábra A külföldi borokra mért TDN koncentrációk származási hely és évjárat szerint csoportosítva.

Az észlelési küszöbhez tartozó koncentrációt két bor kivételével (2019-es Francia és Osztrák borok) mindegyik vizsgált bor TDN koncentrációja meghaladta. A legalacsonyabb koncentrációt (1,3 µg/l) egy 2019-es évjáratú francia borban, a legmagasabbat (51,2 µg/l) egy 2016-os évjáratú ausztrál borban mértem. A felismerési küszöbhez tartozó koncentrációt 8 palack bor TDN koncentrációja nem érte el (17. táblázat). Az elutasítási küszöb (Tarasov *et al.*, 2020) koncentrációját egyik bor TDN tartalma sem érte el az analitikai vizsgálat időpontjában.

17. táblázat A 8 palack külföldi Rajnai rizling bor, amelyek TDN koncentrációja nem érte el a felismerési küszöb értékét a palack bontás idején

Ország	Évjárat	TDN koncentráció (µg/l)
Németország	2015.	9,2
	2019.	9,8
	2019.	9,2
Franciaország	2019.	4,2
	2019.	1,3
Ausztrália	2013.	6,0
Ausztria	2019.	5,2
	2019.	2,2

Ezeket az eredményeket összevettem a 170 palack magyarországi rizling borok (Rajnai rizling és Olaszrizling) és a Kéknyelű analitikai vizsgálatára kapott eredményekkel, melyet a 33. ábra Boxplot diagramján mutatok be.



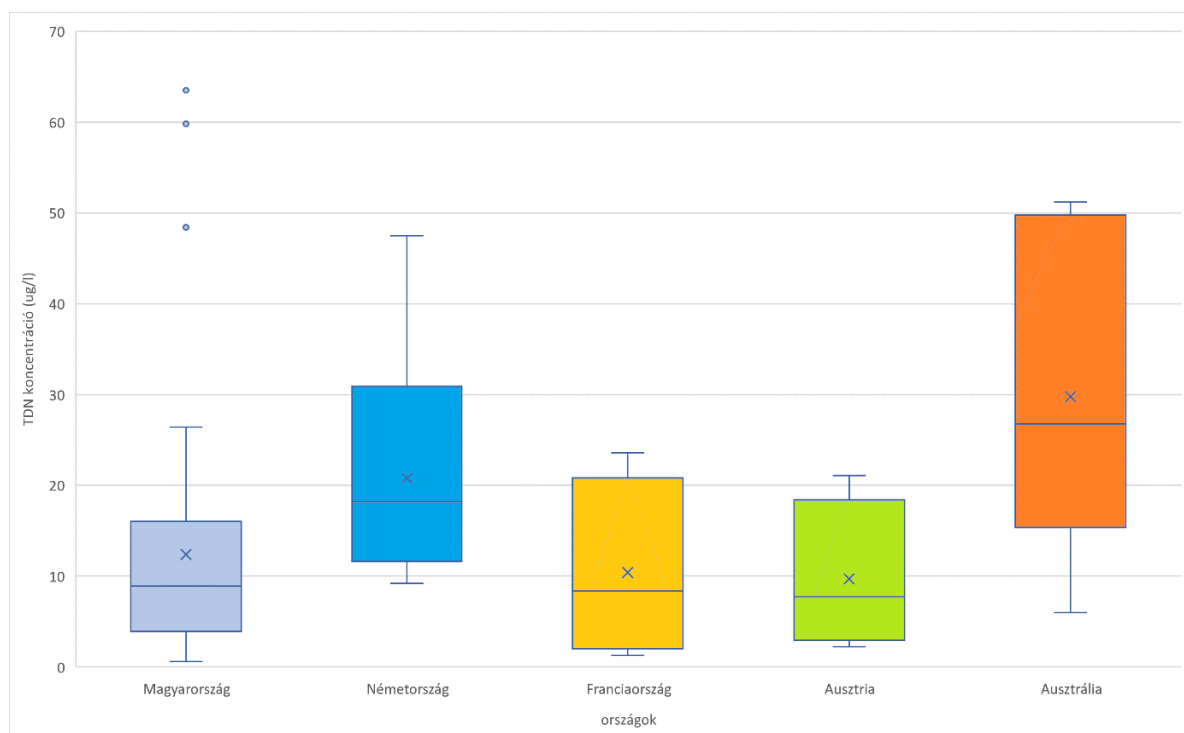
33. ábra Külföldi és hazai borok TDN koncentrációinak ábrázolása Boxplot diagramon (°kiugró érték)

A varianciaanalízis eredménye (M10. melléklet) szerint 95%-os ($p=0,05$) konfidenciaszinten a vizsgált borok TDN tartalma között különbség van ($F_{krit} = 2,7 < F = 19,7$).

Tovább vizsgálódva a Tukey-Kramer teszt (M11. melléklet) segítségével az is megállapítható, hogy a külföldi borok TDN koncentrációja és a hazai Olaszrizling borok és Kéknyelű borok TDN koncentrációja között szignifikáns különbség van. Más

a helyzet a hazai Rajnai rizling borokkal, melyek TDN koncentrációi nem mutatnak szignifikáns különbséget a külföldi borokban mért TDN mennyiségekhez képest.

Összehasonlítottam a hazai és a külföldi (országoként) Rajnai rizling borokban mért TDN koncentrációkat is, melyet a 34. ábra Boxplot diagramja szemléltet.



34. ábra A hazai és a külföldi Rajnai rizling borok TDN koncentrációja közötti különbség bemutatása Boxplot diagramon (°kiugró érték)

A vizsgált Rajnai rizling borok TDN koncentrációja az Ausztrál borokban volt a legmagasabb, a többi vizsgált ország boraihoz képest. Ezt követi a német borokban mért TDN koncentrációk és végül a hazai, Francia és osztrák Rajnai rizling borokban mért TDN koncentrációk hasonló mértékűek. A vizsgált 4 európai országból származó Rajnai rizlingek közül a Németországból származóakban lehetett a legmagasabb TDN koncentráció szinteket kimutatni.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A szakirodalomban nincsenek arra vonatkozó adatok, hogy magyar borok (elsősorban Rajnai rizling, illetve egyéb) TDN tartalmát vizsgálták volna. Magyarországon elsőként vizsgáltam a hazai Olaszrizling, Rajnai rizling és Kéknyelű borok kerozin ízérzetét okozó TDN mennyiségének alakulását.

Az általam vizsgált hazai borok átlagos TDN koncentrációja Olaszrizling esetében 1,82 µg/l, Rajnai rizling esetében 12,5 µg/l és Kéknyelű esetében 2,0 µg/l volt. A Kéknyelű szőlőből készült borok esetében egy kiugró értéktől (9,1 µg/l) eltekintve a TDN koncentrációk még az észlelési küszöbhez tartozó koncentrációt sem érték el. A fajták összehasonlítása azt mutatta, hogy a vizsgált hazai szőlőfajták eltérő tendenciát mutattak a TDN magasabb koncentrációinak képződésére. A Rajnai rizling borokban szignifikánsan nagyobb koncentrációban képződött szabad TDN, mint az Olaszrizling vagy Kéknyelű borokban.

24 hónapon keresztül 6 havonta mértem a borok TDN koncentrációját. Az első mérés a palack felbontása után közvetlenül (1. mérési sorozat), majd a 6. (2. mérési sorozat), a 12. (3. mérési sorozat), a 18. és a 24. hónapot követően. A 12. hónapra a borok TDN koncentrációja a gázkromatográfiás módszer kimutatási határára lecsökkent és a 18. és 24. hónapban már változatlan maradt. A vizsgált borok TDN koncentrációja az első 6 hónap tárolás során növekedett, majd az újabb 6 hónap tárolás során lecsökkent. A növekedés oka az lehet, hogy az első mérés idejére a TDN még részben kötött állapotban fordult elő a borokban, mely kötött állapotból a tárolás körülményei között a 6. hónapra felszabadult. A csökkenés okaként az fogalmazható meg, hogy a bor öregedése során a TDN más vegyületekbe átalakul, mely átalakulás a molekula szerkezetéből adódik. A 7. szénatom lokális pozitív töltése a levegő oxigénje számára könnyen támadható, így oxidálja a TDN vegyületet.

A TDN érzékszervi relevanciájának felmérése érdekében képzett borbírálok határozták meg a vizsgált borokban a kerozin íz felfedezhető intenzitását. Az íz felismerésének és intenzitásának megállapításához segítségképpen előzőleg modellborba emelkedő koncentrációban adagoltam a TDN-t. Az érzékszervi bírálatot egyszer, közvetlenül az első palackbontások alkalmával végezte el a bizottság. A célzott bírálat során 1-5 pontos skálán került értékelésre a vizsgált vegyület illatának és ízének felismerhetősége, illetve intenzitása. A borok érzékszervi tulajdonságait

meghatározó és befolyásoló bormátrixot alkotó komponensek közül csak az alkoholt vizsgáltam. A klímaváltozás következtében számolni kell és tapasztaljuk is az emelkedő alkohol tartalmakat, melyek az elmúlt 20-25 évben szignifikánsan, átlagos 2 v/v%-kal emelkedtek. Megállapítható, hogy az érzékszervi bírálatok és a mért TDN koncentrációk között nincs egyértelműen szignifikáns különbség. Mérési eredményeim alapján nem lehet egyértelműen megállapítani, hogy a magasabb alkohol tartalom esetén a kerozin ízérzet kevésbé érzékelhető. A bormátrixot alkotó további komponensek befolyásoló hatásának vizsgálata további kutatásokat igényel.

A külföldi Rajnai rizling borokat a hazai vizsgált borokkal összehasonlítva azt tapasztaltam, hogy a Rajnai rizlingekben mért TDN koncentrációk hasonlóak a külföldi Rajnai rizling borokban mért koncentrációkhoz. Ha a kerozinos ízérzetet el szeretnénk kerülni a magyarországi Rajnai rizling borokban, akkor érdemes inkább a hűvösebb mikro klímával rendelkező területeken ezt a szőlő fajtát telepíteni, valamint a palackos érlelés idejét optimalizálni.

A palack zárási módjának hatását (parafadugó és csavarzár) két megközelítésben vizsgáltam. Mindkét megközelítés konklúziója, hogy a zárási mód nem befolyásolta a TDN kialakulását. Mérési eredményeim alapján a csavarzár alkalmazását javaslom a három vizsgált fajta esetében, ezen zárási mód egyéb előnyös tulajdonságai miatt.

Azonos termőterületről, azonos pincészetből, azonos technológiával készült Rajnai rizling borok TDN koncentrációja növekvő tendenciát mutat a bor korának, érlelési idejének függvényében, a legidősebb bor tartalmazta a legnagyobb mennyiségben a TDN-t. A bor palackozásától a mérés időpontjáig eltelt három év alatt a TDN koncentráció már elérte az észlelési küszöbhez tartozó koncentrációt. Ezért abban az esetben, ha a borfogyasztó nem kedveli a kerozinos ízt, akkor érdemes minél fiatalabb, de legalábbis három évnél fiatalabb Rajnai rizling bort fogyasztania.

Az összes hazai vizsgált bor TDN koncentrációit értékelve, a 2017-től kezdődő évjáratokban magasabb TDN koncentrációkat mértem, mint a megelőző években és ezek közül is a 2019-es évjáratban mértem a legmagasabb koncentrációkat.

Az átfogó TDN meghatározás eredményei megerősítik a hazai Rajnai rizlingek hajlamát a TDN képződésére. A 6 hónap tárolás utáni TDN koncentráció emelkedés a prekursor molekulákban cukorhoz kötött lassú felszabadulás eredménye, ami az esetleges kezdeti alacsony szabad TDN koncentrációt és magas általános TDN

képződési potenciált eredményez nemcsak Rajnai rizling, hanem Olaszrizling esetében is. Ezt a felszabadulást okozhatják magasabb pH-értékek, alacsonyabb savértékek, eltérő tárolási körülmények (magasabb hőmérséklet kedvez a felszabadulásnak).

Az analitikai eredmények azt mutatták, hogy Magyarországon aktuális a kerozin ízprobléma kérdése, főleg a Rajnai rizling borok esetében. Már néhány év tárolás után a szabad TDN olyan mennyiségben jelent meg a borokban, amelyek jóval meghaladták az észlelési küszöböt (4 µg/l), de a felismerési küszöböt is (10 - 12 µg/l). Az 50 µg/l feletti egyedi kiugró értékek nemzetközi összehasonlításban még a lényegesen melegebb országok boraival is lépést tudtak tartani.

A Rajnai rizling borok érlelésének módja fontos tényező a bor minőségének megőrzése szempontjából. Vizsgálataim, de a nemzetközi gyakorlat is elsősorban a palackos érlelés során tanulmányozza az adott vegyület koncentrációjának alakulását. A jövőben érdemes részletesebben tanulmányozni az érlelési módok és a TDN kialakulás közötti összefüggéseket.

Az analitikai mérésekhez használt HS-SPME-GC-FID módszert validáltam. A validációs adatok megerősítik, hogy a módszer alkalmas a szabad TDN koncentrációjának pontos mennyiségi meghatározására. A mennyiségi meghatározás alsó határa és a kimutatás alsó határa elég alacsony ahhoz, hogy a borokban az észlelési küszöb alatti TDN koncentrációkat is mérni tudjam.

Az általános éghajlati felmelegedés következtében a nem kívánatos mértékű TDN szint növekedése következhet be a magyarországi Rajnai és Olaszrizling borok esetében, de esetleg egyéb fajtáknál is. Ezért érdemes olyan szőlőművelési technikákkal kísérleteket folytatni, amelyek a prekursor karotinoidok szőlőbogyóban történő kialakulásával, felhalmozódásával kapcsolatosak.

A borászati technológia több ponton is lehetőséget ad arra, hogy megelőzzük a borban megjelenő magas szabad TDN koncentrációt:

- A bogyók betakarítás utáni első beavatkozási lehetősége a must szőlőből történő préselése. A kíméletes préselés csökkentheti a TDN prekursor molekuláinak a mustba való jutását, ezért javasolt a kíméletes, 1 bar alatti préselés alkalmazása.

- A bogyó héjában megtalálható C₁₃-norizoprenoidok, mint a TDN prekursorai mennyiségének növekedésére lehet számítani a must és a bogyóhéj közötti érintkezési idő növekedésével. Ezért fontos lehet a TDN képződésének megelőzése szempontjából a must és a bogyó héj minél rövidebb idejű érintkezése, azaz a cefreáztatás elkerülése.
- Az élesztőgombák kulcsszerepet játszanak számos aroma vegyület képződésében, így a glikozidosan kötött prekursor vegyületek enzimatisz felszabadításában is. Ezért javasolt megfelelő, alacsony β -glükoszidáz enzimaktivitással rendelkező fajlesztő megválasztása. Ezen kívül az élesztő anyagcseréjét külső paraméterek is befolyásolják, mint az erjedés hőmérséklete, a pH értéke, illetve az asszimilálható nitrogén mennyisége. Javasolható ezen paraméterek hatásának vizsgálatát célzó kísérletek beállítása.
- A borok aroma komponenseinek koncentrációja a palackozás és tárolás előtt további feldolgozással is szabályozható. A különböző membrán szűrési technikák csökkenthetik a glikozidosan kötött vegyületek mennyiségét.
- A bor tárolása során savkatalizált reakciók játszódnak le, melyek többek között a kötött TDN felszabadulásához vezetnek. Ezek a reakciók a hőmérséklet emelkedésével felgyorsulnak, ezért a TDN koncentrációjának növekedése a borban a hűvösebb tárolási hőmérséklettel lassítható. Javasolt a borok hosszabb távú palackos érlelésénél és tárolásánál az akár 5°C-on való tartás.

A Magyarországon is érzékelhető klímaváltozás hatására, különösen a napsugárzásnak köszönhetően a szőlőbogyókban megnövekedő karotinoid koncentrációk magasabb TDN mennyiséget eredményezhetnek más szőlőfajták boraiban is. A jövőben érdekes lehet további, elsősorban hungarikumnak tekinthető szőlőfajtából készült bor TDN koncentrációjának meghatározása, különös tekintettel azokra, amelyeknél az érlelési idő minőségre gyakorolt hatása fontos lehet (Rózsakő, Zeus, Furmint stb.).

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Elsőként határoztam meg magyarországi Rajnai rizling, Olaszrizling és Kéknyelű borok TDN koncentrációját.
2. Elsőként állapítottam meg, hogy a magyarországi Rajnai rizling borokban a vizsgált halmazra vonatkozóan a mért szabad TDN koncentrációja 0,6–63,5 µg/l, Olaszrizling borokban 0,04–7,0 µg/l tartományban jelentkezett. Több Olaszrizling fajtájú borban a felismerési küszöbérték feletti TDN tartalmat detektáltam. Megállapítottam, hogy a Rajnai rizlingnek 95%-os szignifikancia szinten ($p = 0,05$) szignifikánsan nagyobb a hajlama a TDN képződésére az Olaszrizling és a Kéknyelű borokhoz képest.
Méréseim alapján a vizsgált külföldről származó Rajnai rizling borok és a magyarországi vizsgált borok összehasonlításával megállapítható, hogy a hazai Olaszrizling és Kéknyelű borok TDN koncentrációja és a külföldi borok TDN koncentrációja (1,3 – 51,2 µg/l) között $p=0,05$ szignifikancia szinten szignifikáns különbség van, mely szerint a vizsgált hazai borokban a TDN átlagos koncentrációja alacsonyabb.

A hazai Rajnai rizling borok, és a külföldi Rajnai rizling borok TDN tartalma között nem mutatható ki szignifikáns különbség.
1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene Content of Riesling Wines in Hungary
Eszter Antal, Zsuzsanna Varga, Miklós Kállay, Szabina Steckl, Péter Bodor-Pesti, István Fazekas, Annamária Sólyom-Leskó, Barnabás Zoltán Kovács, Balázs Nagy, Áron Pál Szövényi, and Diána Ágnes Nyitrai-Sárdy
ACS Omega **2023** 8 (40), 36677-36685
[DOI: 10.1021/acsomega.3c02445](https://doi.org/10.1021/acsomega.3c02445)
3. Elsőként mértem meg az összehasonlításra használt autochton magyar fajta a Kéknyelű TDN koncentrációját, ami 0,1 - 9,1 µg/l-nek adódott. Néhány Kéknyelű bor TDN koncentrációja az észlelési küszöbérték feletti volt.
4. Megállapítottam, hogy azonos termőterületről, azonos pincészetből, azonos technológiával készült borok esetén az érlelési idő függvényében a TDN koncentráció lineáris növekedést mutat.

5. Megállapítottam, hogy a két palackzárás típus között: parafadugó és csavarzár, szignifikáns különbség nem mutatható ki.
6. Az érzékszervi bírálatok tekintetében megállapítottam, hogy a kerozin ízérzet és az alkohol tartalom függvényének vizsgálatában szignifikáns különbség nem mutatható ki.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Elsőként vizsgáltam hazai borok (elsősorban Rajnai rizling, illetve egyéb) kerozin ízérzetét okozó TDN mennyiségének alakulását.

Magyarországon, amikor rizling borról beszélünk, különbséget teszünk az Olaszrizling és a Rajnai rizling között. Hazánkban az Olaszrizling rendelkezik az ötödik legnagyobb termőterülettel a borszőlő fajták közül, ami több mint 3000 ha. A Rajnai rizling termőterülete valamivel több mint 1200 ha.

A Rajnai rizling szőlő a környezeti hatásokkal szemben ellenálló, a terroirra érzékenyen reagáló szőlő fajta. A Rajnai rizlinget világszerte nagyra értékelik fagyútúrése és alkalmazkodóképessége miatt, azonban a szőlő erős napfénynek való kitettsége vagy a Rajnai rizling borok hosszú tárolása miatt az éghajlatváltozás során várhatóan egyre gyakrabban észlelhető a kerozin/benzin mellékíz, amelyet az 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalin okoz. A TDN alacsony észlelési küszöbével és jellegzetes ízével kis koncentrációban hozzájárul a Rajnai rizling borok karakteréhez. A magyarországi Rajnai rizling borokra viszont inkább a savas, gyümölcsös jelleg jellemző, a benzines jelleg megjelenése, különösen a fiatal borok esetében elenyésző, ha megjelenik, hibának minősül és a fogyasztók elutasítják. Ezt a képet némileg árnyalja – különösen külföldi tapasztalatokra alapozva – a több évig érlelt borok kerozinos jellegének elfogadottsága.

A klímaváltozás Magyarországon is negatívan befolyásolja a borok friss, gyümölcsös jellegét. Nemcsak a magasabb alkohol- és alacsonyabb savtartalmakra kell számítani, hanem az aromaösszetétel változásaira is. Az öregedő borokban a kerozin jellegért felelős TDN koncentrációja megnő, ez a növekedés számos tényező hatására következhet be, mint például a szőlőbogyó erős napfénynek való kitettsége vagy az alkalmazott borászati technológiai lépések, mint például a préselés erőssége, a héjon erjesztés, a fajélesztő megválasztása, a bor tárolási hőmérséklete vagy akár a palack záró elem minősége.

E munka célja az volt, hogy műszeres analitikai módszerrel meghatározzam 54 palack kereskedelmi forgalomban kapható hazai Rajnai rizling, 88 palack Olaszrizling, valamint 28 palack Kéknyelű borminta szabad TDN koncentrációját. Az összesen 170 palack hazai borminta mellett 38 palack külföldi Rajnai rizling bort is vizsgáltam.

Analitikai és érzékszervi vizsgálatokat végeztem és vizsgáltam a különböző évjáratú és eredetű hazai borokban a kerozin jelleg kialakulásának lehetőségét, egy jelenlegi állapotfelmérést végeztem, valamint fajta összehasonlítást. Választ kerestem arra a kérdésre, hogy a vizsgált három szőlőfajta borában milyen mértékben jellemző a benzinre emlékeztető íz megjelenése. Az összehasonlítás céljára azért a Kéknyelű szőlőből készült borokat választottam, mert ennek a fajtának a borai általában neutrálisak és nem mutatnak kerozin jellemzőket, ezen kívül a Kéknyelű szőlő egy kimondottan hazai (autochton) fajta, csak Magyarországon, azon belül is a Balatoni borrégióban termesztik. Az ízhiba kialakulásának megelőzése érdekében fontos tudni, hogy a Rajnai rizling borokon kívül más fajták borai, így a Kéknyelű szőlőből készült bor esetében is kell-e számolni hosszú idejű fahordós vagy palackos érlelés esetleg a klímaváltozás hatására megjelenő kerozinos íz jelleg kialakulására. A külföldi Rajnai rizling borokban mért TDN koncentrációkat összevetettem a hazai borok TDN mérési eredményeivel azért, hogy a nemzetközi térképen el tudjam helyezni, az általam vizsgált három hazai borfajta TDN koncentrációit.

Ehhez a rendelkezésemre álló borok TDN koncentrációit HS-SPME-GC-FID módszerrel mértem meg, mely mérési módszert én dolgoztam ki és azt validáltam.

A vizsgált borok 2006 - 2021 közötti évjáratokból származó forgalmi tételek voltak. Megállapítottam, hogy a kerozin jelleg gyakran előfordul a hazai Rajnai rizling borokban és az észlelési küszöböt már 3 év tárolás után elérhetik. A fajtaösszehasonlításnál azt tapasztaltam, hogy az Olaszrizling és a Kéknyelű fajták TDN kialakulási potenciálja szignifikánsan alacsonyabb, mint a Rajnai rizlingé, azonban nem megfelelő tárolási körülmények között az Olaszrizling borokban is kialakulhat a felismerési küszöböt meghaladó TDN tartalom.

A TDN magas koncentrációja összefüggésben áll a borok korával. A TDN koncentráció a borok korával nő, a régebbi évjáratok magasabb TDN szintet mutattak. Mindhárom vizsgált hazai bor esetében a TDN koncentrációja már fél éves tárolás után is növekedett. A növekedés mértékét kis mértékben (nem szignifikánsan), de tendenciáját tekintve eltérően befolyásolja a palack zárás típusa.

A teljesség megközelítésének érdekében autentikus, külföldről származó Rajnai rizling borokat is vizsgáltam és megállapítottam, hogy azok TDN koncentrációja szignifikánsan magasabbnak bizonyult a magyarországi Olaszrizling és Kéknyelű borok TDN koncentrációjához képest. Ugyanezen külföldi borokat a hazai Rajnai

rizling borokkal összevetve már az volt tapasztalható, hogy a hazai Rajnai rizlingekben mért TDN koncentrációk nem különböznek szignifikánsan a külföldről származó Rajnai rizling borokban mért TDN koncentrációktól.

Összefoglalva tehát doktori disszertációmban egy több évtizede, de nem mindenki által ismert jelenségre koncentráltam. Ahogy a bor esetében lenni szokott, nincsenek abszolút igazságok. Egy adott állapotú, termőhelyű technológiájú bor esetében pozitívnak értékelendő érzékszervi jegy – esetünkben a TDN által okozott - a benzines/kerozinós jelleg egy másik kultúrából származó termék esetében negatív megítélésű lehet. Erre vonatkozóan végeztem vizsgálatokat: milyen analitikai jellemzőkkel támasztható alá a TDN jelleg, milyen koncentráció határok között fogadható el? Az ismertetett analitikai megközelítésű dolgozat eredményei remélhetőleg alapját képezhetik a jövőben egy olyan technológia kidolgozásának, amely a TDN koncentráció szabályozására vonatkozik.

9. SUMMARY

I was the first to examine the evolution of the amount of TDN that causes the taste of kerosene in domestic wines (mainly Rhine Riesling and others).

In Hungary, when we talk about Riesling wine, we distinguish between Italian Riesling and Rhine Riesling. In our country, Italian Riesling has the fifth largest production area among wine grape varieties, which is more than 3,000 ha. The production area of Rhine Riesling is slightly more than 1200 ha.

The Rhine Riesling grape is a grape variety that is resistant to environmental influences and responds sensitively to the terroir. Rhine Riesling is valued worldwide for its frost tolerance and adaptability, however, due to exposure of the grapes to strong sunlight or long storage of Rhine Riesling wines, the kerosene-like character is expected to become more frequent during climate change, which is caused by 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene. With its low detection threshold and characteristic taste, TDN contributes to the character of Rhine Riesling wines in small concentrations. On the other hand, Hungarian Rhine Riesling wines are more characterized by an acidic, fruity character, the appearance of the kerosene-like character is insignificant, especially in the case of young wines, if it appears, it is considered a fault and rejected by consumers. This picture is somewhat shaded - especially based on foreign experiences - by the acceptance of the kerosene character of bottle-aged wines for several years.

Climate change also negatively affects the fresh, fruity nature of wines in Hungary. Expect not only higher alcohol and lower acid contents but also changes in the aroma composition. In aging wines, the concentration of TDN, which is responsible for the kerosene-like character, increases, this increase can be caused by many factors, such as the exposure of the grape to strong sunlight or the winemaking technological steps used, such as the intensity of pressing, fermentation on the skins, the choice of yeast, wine storage temperature or even the quality of the bottle closure.

This work aimed to determine the free TDN concentration of 54 bottles of commercially available domestic Rhine Riesling, 88 bottles of Italian Riesling, and 28 bottles of Kéknyelű wine samples using an instrumental analytical method. In addition to a total of 170 bottles of domestic wine samples, I also examined 38 bottles of foreign Rhine Riesling wine.

I carried out analytical and sensory tests and examined the possibility of the development of kerosene-like character in domestic wines of different vintages and origins, I carried out a current state assessment and a variety comparison. I was looking for an answer to the question, of to what extent the appearance of a taste reminiscent of kerosene is typical in the wines of the three grape varieties examined. For the comparison, I chose the wines made from the Kéknyelű grape, because the wines of this variety are generally neutral and do not show kerosene characteristics, in addition, the Kéknyelű grape is a distinctly domestic (autochthonous) variety, grown only in Hungary, including in the Balaton wine region. To prevent the development of a taste defect, it is important to know whether, in addition to Rhine Riesling wines, wines of other varieties, such as the wine made from Kéknyelű grapes, should also be considered for the development of a kerosene flavor character that may appear due to climate change due to long-term aging in wooden barrels or bottles. I compared the TDN concentrations measured in the foreign Rhine Riesling wines with the TDN measurement results of the domestic wines to be able to place the TDN concentrations of the three domestic wine types I examined on the international map.

I measured the TDN concentrations of the wines using the HS-SPME-GC-FID method, which measurement method I developed and validated.

The examined wines were turnover items from the vintages between 2006 and 2021. I found that the kerosene character often occurs in domestic Rhine Riesling wines and the detection threshold can be reached after 3 years of storage. When comparing the varieties, I found that the TDN formation potential of the Italian Riesling and Kéknyelű varieties is significantly lower than that of the Rhine Riesling, however, under improper storage conditions, the TDN content exceeding the recognition threshold can also develop in the Italian Riesling wines.

The high concentration of TDN is related to the age of the wines. The TDN concentration increases with the age of the wines, older vintages showed higher TDN levels. In the case of all three examined domestic wines, the concentration of TDN increased even after half a year of storage. The degree of growth is slightly (not significantly), but in terms of its tendency, the type of bottle closure affects it differently.

To approach completeness, I also examined authentic Rhine Riesling wines from abroad and found that their TDN concentration turned out to be significantly higher

compared to the TDN concentration of Hungarian Italian Riesling and Kéknyelű wines. Comparing the same foreign wines with domestic Rhine Riesling wines, it was already observed that the TDN concentrations measured in domestic Rhine Rieslings do not differ significantly from TDN concentrations measured in Rhine Riesling wines from abroad.

In summary, in my doctoral dissertation, I focused on a phenomenon that has been known for several decades but is not known to everyone. As with wine, there are no absolute truths. In the case of a wine of a given state, with the technology of the place of production, a sensory note that should be assessed as positive - in our case caused by TDN - the gasoline/kerosene character may be judged negatively in the case of a product from another culture. In this regard, I carried out tests: what analytical characteristics can be used to support the TDN character, and what concentration limits can be accepted? The results of the presented analytical approach paper can hopefully form the basis for the development of a technology in the future that applies to TDN concentration control.

10. MELLÉKLETEK

M1. IRODALOMJEGYZÉK

1. '19.1.1.57. Bormérleg*' (2023). Available at:
https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0058.html.
2. 'A sör az egyik legnépszerűbb alkoholtartalmú ital a magyarok körében' (2023). Available at:
<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/sor/index.html> (Accessed: 2 December 2023).
3. Barbe, J., Pineau, B. and Ferreira, A.C.S. (2008) 'Instrumental and Sensory Approaches for the Characterization of Compounds Responsible for Wine Aroma', *Chemistry & Biodiversity*, 5(6), pp. 1170–1183. Available at:
<https://doi.org/10.1002/cbdv.200890094>.
4. Baumes, R. *et al.* (2002) 'Biogenesis of C13-norisoprenoid compounds: experiments supportive for an apo-carotenoid pathway in grapevines', *Analytica Chimica Acta*, 458(1), pp. 3–14. Available at:
[https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(01\)01589-6](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(01)01589-6).
5. Becker, H. (1985) 'Wine grape varieties for cool climates.' *Proceedings of the International Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology*, Oregon State University Experiment Station Technical Publication.
6. Bell, S.-J. and Henschke, P.A. (2005) 'Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine', *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11(3), pp. 242–295. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00028.x>.
7. Benyák Zoltán and Dékány Tibor (2003) *Magyar borok és borvidékek*. Budapest: Corvina.
8. Bényei, F. *et al.* (1999) *Szőlőtermesztés*. Harmadik. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
9. van den Berg, H. *et al.* (2000) 'The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. Review', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, pp. 880–912.
10. Bisztray, G.D. *et al.* (2011) *Szőlőfajták, szaporítóanyaguk és betegségeik*. Budapest: Agroinform Kiadó és nyomda Kft.
11. Black, C. *et al.* (2012) 'Aged Riesling and the development of TDN', *Wine & Viticulture Journal*, pp. 20–26.
12. Black, C.A. *et al.* (2015) 'Terpenoids and their role in wine flavour: recent advances: Terpenoids: role in wine flavour', *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21, pp. 582–600. Available at:
<https://doi.org/10.1111/ajgw.12186>.

13. Bloem, A. *et al.* (2006) 'Vanillin production from simple phenols by wine-associated lactic acid bacteria: Vanillin production by lactic acid bacteria', *Letters in Applied Microbiology*, 44(1), pp. 62–67. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2006.02037.x>.
14. Bloem, A., Lonvaud-Funel, A. and De Revel, G. (2008) 'Hydrolysis of glycosidically bound flavour compounds from oak wood by *Oenococcus oeni*', *Food Microbiology*, 25(1), pp. 99–104. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.07.009>.
15. Britton, G., Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H. (2008) 'Carotenoids, vol. 4: natural functions'.
16. Buttery, R.G. *et al.* (1971) 'Characterization of Additional Volatile Components of Tomato', *J. Agr. Food. Chem.*, 19.(3.), pp. 524–529.
17. Calvin, K. *et al.* (2023) *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. First.* Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Available at: <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>.
18. Câmara, J.S. *et al.* (2004) 'Varietal flavour compounds of four grape varieties producing Madeira wines', *Analytica Chimica Acta*, 513(1), pp. 203–207. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.01.024>.
19. Câmara, J.S., Alves, M.A. and Marques, J.C. (2007) 'Classification of Boal, Malvazia, Sercial and Verdelho wines based on terpenoid patterns', *Food Chemistry*, 101(2), pp. 475–484. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.004>.
20. Capone, D. *et al.* (2003) 'Flavour “scalping” by wine bottle closures—The “winemaking” continues post vineyard and winery.', *Aust. N. Z. Wine Ind. J.*, 18(5), pp. 16–20.
21. Chira, K., Jourdes, M. and Teissedre, P.-L. (2012) 'Cabernet sauvignon red wine astringency quality control by tannin characterization and polymerization during storage', *European Food Research and Technology*, 234(2), pp. 253–261. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1627-1>.
22. Clark, S. *et al.* (2009) *The Sensory Evaluation of Dairy Products*. New York, NY: Springer US Springer e-books.
23. Coombe, B. and Dry, P. (2004) *Viticulture Volume 1-Resources 2nd edition*. Winetitles Pty Ltd.
24. Csepregi, P. and Zilai (1955) *Szőlőfajtáink*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.
25. Daniel, M.A. *et al.* (2009) 'Riesling acetal is a precursor to 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN) in wine', *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(1), pp. 93–96. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00033.x>.

26. Darias-Martín, J. (2004) 'Influence of two pressing processes on the quality of must in white wine production', *Journal of Food Engineering*, 63(3), pp. 335–340. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.08.005>.
27. Daruwalla, A. and Kiser, P.D. (2020) 'Structural and mechanistic aspects of carotenoid cleavage dioxygenases (CCDs)', *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1865(11), p. 158590. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2019.158590>.
28. *Deutsche Winzer können aufatmen: Forscher entwickeln erfolgreich Minimierungsstrategie für Petrol-Fehlnote in Riesling* (2018). Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz, Neustadt a.d. Weinstraße Institut für Weinbau und Oenologie.
29. Diéguez, S.C. *et al.* (2003) 'Aromatic composition of the *Vitis vinifera* grape Albariño', *LWT - Food Science and Technology*, 36(6), pp. 585–590. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00064-1](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00064-1).
30. Dr. Csizmadia, L. *et al.* (1995) *Borok könyve*. Budapest: Kossuth Könyvkiadó.
31. Dr. Sváb, J. (1981) *Biometriai módszerek a kutatásban*. 3. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.
32. Dziadas, M. and Jeleń, H.H. (2010) 'Analysis of terpenes in white wines using SPE–SPME–GC/MS approach', *Analytica Chimica Acta*, 677(1), pp. 43–49. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.06.035>.
33. 'Elmúlt évek időjárása 2010' (2010). Available at: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/ (Accessed: 15 December 2023).
34. Eperjesi, I., Kállay, M. and Magyar, I. (2008) *Borászat*. Negyedik. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
35. Eperjesi Imre (2011) *Borászati technológia*. Budapest: Mezőgazda.
36. Estévez, P., Gil, M.L. and Falqué, E. (2004) 'Effects of seven yeast strains on the volatile composition of Palomino wines', *International Journal of Food Science & Technology*, 39(1), pp. 61–69. Available at: <https://doi.org/10.1046/j.0950-5423.2003.00755.x>.
37. Furka Árpád. (1991) *Szerves kémia: [egyetemi tankönyv]*. 2. kiad. Budapest: Tankönyvkiadó.
38. Gallart, M. *et al.* (2002) 'Influence of Fatty Acids on Wine Foaming', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(24), pp. 7042–7045. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf0204452>.
39. Garcia-Jares, C., Garcia-Martin, S. and Cela-Torrijos, R. (1995) 'Analysis of Some Highly Volatile Compounds of Wine by Means of Purge and Cold Trapping Injector Capillary Gas Chromatography. Application to the Differentiation of Rias Baixas Spanish White Wines', *Journal of Agricultural*

- and *Food Chemistry*, 43(3), pp. 764–768. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf00051a037>.
40. Genovese, A. *et al.* (2007) ‘Sensory properties and aroma compounds of sweet Fiano wine’, *Food Chemistry*, 103(4), pp. 1228–1236. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.027>.
 41. Genovese, A. *et al.* (2009) ‘Simulation of retronasal aroma of white and red wine in a model mouth system. Investigating the influence of saliva on volatile compound concentrations’, *Food Chemistry*, 114(1), pp. 100–107. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.022>.
 42. Gladstones, J. (1992) *Viticulture and environment*. Winetitles.
 43. Gök, R. *et al.* (2022) ‘Target-Guided Isolation of Progenitors of 1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN) from Riesling Wine by High-Performance Countercurrent Chromatography’, *Molecules*, 27(17), p. 5378. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules27175378>.
 44. Guedes de Pinho, P. *et al.* (2001) ‘Determination of Carotenoid Profiles in Grapes, Musts, and Fortified Wines from Douro Varieties of *Vitis vinifera*’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), pp. 5484–5488. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf010515p>.
 45. Guedes De Pinho, P. *et al.* (2009) ‘Volatile composition of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don using solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry’, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 49(3), pp. 674–685. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2008.12.032>.
 46. Gueldner, A. and Winterhalter, P. (1991) ‘Structures of two new ionone glycosides from quince fruit (*Cydonia oblonga* Mill.)’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(12), pp. 2142–2146. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf00012a008>.
 47. Gutiérrez-Gamboa, G. *et al.* (2019) ‘Changes on grape volatile composition through elicitation with methyl jasmonate, chitosan, and a yeast extract in Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) grapevines’, *Scientia Horticulturae*, 244, pp. 257–262. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.063>.
 48. Hegyközségek Nemzeti Tanácsa (2022) ‘BORSZÖLŐFAJTÁK TERÜLETI ADATAI 2022’, <https://www.hnt.hu/wp-content/uploads/2022/09/Borszolovel-beultetett-terulet-Badacsonyi-borvidek-20220731.pdf>. Available at: <https://www.hnt.hu/borszolofajtak-teruleti-adatai-2022/>.
 49. Hixson, Josh *et al.* (no date) ‘Shedding light on the modulation of key Riesling wine aroma compounds in a changing climate’. Available at: <https://doi.org/10.3217/978-3-85125-593-5-3>.
 50. Hjelmeland, A.K. and Ebeler, S.E. (2015) ‘Glycosidically Bound Volatile Aroma Compounds in Grapes and Wine: A Review’, *American Journal of*

Enology and Viticulture, 66(1), pp. 1–11. Available at:
<https://doi.org/10.5344/ajev.2014.14104>.

51. Holt, H.E. *et al.* (2008) ‘Relationships between berry size, berry phenolic composition and wine quality scores for Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) from different pruning treatments and different vintages’, *Australian Journal of Grape and Wine Research* [Preprint]. Available at:
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00019.x>.
52. Jansen, M.A.K., Gaba, V. and Greenberg, B.M. (1998) ‘Higher plants and UV-B radiation: balancing damage, repair and acclimation’, *Trends in Plant Science*, 3(4), pp. 131–135. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(98\)01215-1](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01215-1).
53. Jones, G.V. *et al.* (2005) ‘Climate Change and Global Wine Quality’, *Climatic Change*, 73(3), pp. 319–343. Available at:
<https://doi.org/10.1007/s10584-005-4704-2>.
54. Jones, G.V. and Alves, F. (2012) ‘Impact of climate change on wine production: a global overview and regional assessment in the Douro Valley of Portugal’, *International Journal of Global Warming*, 4(3/4), p. 383. Available at: <https://doi.org/10.1504/IJGW.2012.049448>.
55. Jones, G.V. and Webb, L.B. (2010) ‘Climate Change, Viticulture, and Wine: Challenges and Opportunities’, *Journal of Wine Research*, 21(2–3), pp. 103–106. Available at: <https://doi.org/10.1080/09571264.2010.530091>.
56. Kanter, J.-P. *et al.* (2020) ‘The impact of hybrid yeasts on the aroma profile of cool climate Riesling wines’, *Food Chemistry: X*, 5, p. 100072. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2019.100072>.
57. Keller, M. (2010) ‘Managing grapevines to optimise fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists’, *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, pp. 56–69. Available at:
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00077.x>.
58. Kenny, G.J. and Harrison, P.A. (1992) ‘The effects of climate variability and change on grape suitability in Europe’, *Journal of Wine Research*, 3(3), pp. 163–183.
59. Krinsky, N.I., Mathews-Roth, M.M. and Taylor, R.F. (1989) *Carotenoids: Chemistry and Biology*. Boston, MA: Springer US.
60. Lee, S.-H. *et al.* (2007) ‘Vine Microclimate and Norisoprenoid Concentration in Cabernet Sauvignon Grapes and Wines’, *American Journal of Enology and Viticulture*, 58(3), pp. 291–301. Available at:
<https://doi.org/10.5344/ajev.2007.58.3.291>.
61. Ling, M.-Q. *et al.* (2019) ‘Flavor Profile Evolution of Bottle Aged Rosé and White Wines Sealed with Different Closures’, *Molecules*, 24(5), p. 836. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules24050836>.
62. Linsenmeier, A.W. and Löhnertz, O. (2007) ‘Changes in Norisoprenoid Levels with Long-term Nitrogen Fertilisation in Different Vintages of Vitis

- vinifera var. Riesling Wines', *South African Journal of Enology & Viticulture*, 28(1). Available at: <https://doi.org/10.21548/28-1-1455>.
63. Lopes, P. *et al.* (2006) 'Impact of Storage Position on Oxygen Ingress through Different Closures into Wine Bottles', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(18), pp. 6741–6746. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf0614239>.
 64. López, R. *et al.* (2004) 'Analysis of the aroma intensities of volatile compounds released from mild acid hydrolysates of odourless precursors extracted from Tempranillo and Grenache grapes using gas chromatography-olfactometry', *Food Chemistry*, 88(1), pp. 95–103. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.025>.
 65. Lough, J.M., Wigley, T.M.L. and Palutikof, J.P. (1983) 'Climate and climate impact scenarios for Europe in a warmer world', *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 22(10), pp. 1673–1684.
 66. 'Magyarország éghajlata, Éghajlati visszatekintő, 2018 nyár, 2019 nyár, 2020 nyár' (2023). Available at: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evszakok_idojarasa/main.php?no=19&ful=7 (Accessed: 3 August 2023).
 67. Májer, J. (2005) 'Rizlingek a Balatoni Borrégióban', *Kertészet és szőlészet*, (44), pp. 14–15.
 68. Marais, J. (1992) '1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN): A Possible Degradation Product of Lutein and beta-Carotene', *South African Journal of Enology & Viticulture*, 13(1). Available at: <https://doi.org/10.21548/13-1-2200>.
 69. Marais, J. *et al.* (2017) 'Effect of Region on Free and Bound Monoterpene and C13-N orisoprenoid Concentrations in Weisser Riesling Wines', *South African Journal of Enology & Viticulture*, 13(2). Available at: <https://doi.org/10.21548/13-2-2177>.
 70. Marais, J., van Wyk, C.J. and Rapp, A. (1992a) 'Effect of Storage Time, Temperature and Region on the Levels of 1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene and other Volatiles, and on Quality of Weisser Riesling Wines', *South African Journal of Enology & Viticulture*, 13(1). Available at: <https://doi.org/10.21548/13-1-2197>.
 71. Marais, J., van Wyk, C.J. and Rapp, A. (1992b) 'Effect of Sunlight and Shade on N orisoprenoid Levels in Maturing Weisser Riesling and Chenin blanc Grapes and Weisser Riesling Wines', *South African Journal of Enology & Viticulture*, 13(1). Available at: <https://doi.org/10.21548/13-1-2191>.
 72. Marais, J., van Wyk, C.J. and Rapp, A. (2017) 'Carotenoid Levels in Maturing Grapes as Affected by Climatic Regions, Sunlight and Shade', *South African Journal of Enology & Viticulture*, 12(2). Available at: <https://doi.org/10.21548/12-2-2209>.

73. Mendes-Pinto, M.M. *et al.* (2004) 'Evaluation of Some Carotenoids in Grapes by Reversed- and Normal-Phase Liquid Chromatography: A Qualitative Analysis', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(10), pp. 3182–3188. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf0499469>.
74. Mendes-Pinto, M.M. (2009) 'Carotenoid breakdown products the—norisoprenoids—in wine aroma', *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 483(2), pp. 236–245. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2009.01.008>.
75. Mira De Orduña, R. (2010) 'Climate change associated effects on grape and wine quality and production', *Food Research International*, 43(7), pp. 1844–1855. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.001>.
76. Moio, L. *et al.* (2004) 'Influence of Clarification Treatment on Concentrations of Selected Free Varietal Aroma Compounds and Glycoconjugates in Falanghina (*Vitis vinifera* L.) Must and Wine', *American Journal of Enology and Viticulture*, 55(1), pp. 7–12. Available at: <https://doi.org/10.5344/ajev.2004.55.1.7>.
77. Mori, K. *et al.* (2007) 'Effect of high temperature on anthocyanin composition and transcription of flavonoid hydroxylase genes in “Pinot noir” grapes (*Vitis vinifera*)', *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(2), pp. 199–206. Available at: <https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512220>.
78. Mozell, M.R. and Thach, L. (2014) 'The impact of climate change on the global wine industry: Challenges & solutions', *Wine Economics and Policy*, 3(2), pp. 81–89. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.wep.2014.08.001>.
79. Mullins, M.G., Bouquet, A. and Williams, L.E. (1992) *Biology of the grapevine*. Cambridge University Press.
80. *National Geographic* (2019) 'Causes of global warming, explained Human activity is driving climate change, including global temperature rise.', 17 0. Available at: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/global-warming-causes> (Accessed: 9 July 2023).
81. Niimi, J., Boss, P.K. and Bastian, S.E.P. (2018) 'Sensory profiling and quality assessment of research Cabernet Sauvignon and Chardonnay wines; quality discrimination depends on greater differences in multiple modalities', *Food Research International*, 106, pp. 304–316. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.060>.
82. Ohloff, G. (1978) 'Recent Developments in the Field of Naturally-Occurring Aroma Components', in Gottlieb, O. R. *et al.*, *Fortschritte der Chemie Organischer Naturstoffe / Progress in the Chemistry of Organic Natural Products*. Edited by W. Herz, H. Grisebach, and G. W. Kirby. Vienna: Springer Vienna (Fortschritte der Chemie Organischer Naturstoffe / Progress in the Chemistry of Organic Natural Products), pp. 431–527. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-7091-8505-6_5.

83. OIV (2023) *Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis*. 2023rd edn. Dijon (France): International Organisation of Vine and Wine.
84. 'OIV Standard for International Wine and Spirituous Beverages of Vitivinicultural Origin Competitions' (2021). International Organisation of Vine and Wine.
85. 'OIV Statistics Database' (2022). Available at: <https://www.oiv.int/what-we-do/data-discovery-report?oiv> (Accessed: 1 December 2023).
86. Oliveira, C. *et al.* (2003) 'Carotenoid Compounds in Grapes and Their Relationship to Plant Water Status', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(20), pp. 5967–5971. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf034275k>.
87. Oliveira, C. *et al.* (2006) 'Carotenoid Profile in Grapes Related to Aromatic Compounds in Wines from Douro Region', *Journal of Food Science*, 71(1), pp. S1–S7. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb12398.x>.
88. Pénicaud, C. *et al.* (2011) 'Degradation of β -carotene during fruit and vegetable processing or storage: reaction mechanisms and kinetic aspects: a review', *Fruits*, 66(6), pp. 417–440. Available at: <https://doi.org/10.1051/fruits/2011058>.
89. Philipp, C. *et al.* (2020) 'DAS POTENTIAL ÖSTERREICHISCHER WEINE ZUR BILDUNG DER PETROLNOTE', *Mitteilungen Klosterneuburg*, 70, pp. 198–218.
90. Prohászka, F. (2003) *Szőlő és bor*. 16. Mezőgazda Kiadó.
91. Ramos, M.C. *et al.* (2020) 'Relationships between grape composition of Tempranillo variety and available soil water and water stress under different weather conditions', *Scientia Horticulturae*, 262, p. 109063. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109063>.
92. Rapp, A. (1998) 'Volatile flavour of wine: Correlation between instrumental analysis and sensory perception.', *Nahrung*, 42(06), pp. 344–421. Available at: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-3803\(199812\)42:06%3C351::AID-FOOD351%3E3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-3803(199812)42:06%3C351::AID-FOOD351%3E3.0.CO;2-2).
93. Rapp, A. (2004) 'Einfluss von Standortfaktoren und Klima auf charakteristische Aromastoffe des Weines und deren Veränderung während der Alterung.', *Tagungsband Betriebsleitertagung, Geisenheim*, pp. 10–12.
94. Rapp, A. and Knipser, W. (1980) 'Eine Neue Methode zur Anreicherung von Dampfkomponenten. Dargestellt am Beispiel des Weines', *Chromatographia*, 13(11), pp. 698–702. Available at: <https://doi.org/10.1007/BF02303440>.
95. Rapp, A. and Mandery, H. (1986) 'Wine aroma', *Experientia*, 42(8), pp. 873–884. Available at: <https://doi.org/10.1007/BF01941764>.

96. Rapp, A. and Pretorius, P.J. (1989) 'Flavours and off flavours', in *Proceedings 6th International Flavour Conference, Rethymnon, Crete, Greece (Elsevier Science Publishers BV: Amsterdam)*, pp. 1–21.
97. Reynolds, A.G. *et al.* (2007) 'Influence of Irrigation on Vine Performance, Fruit Composition, and Wine Quality of Chardonnay in a Cool, Humid Climate', *American Journal of Enology and Viticulture*, 58(2), pp. 217–228. Available at: <https://doi.org/10.5344/ajev.2007.58.2.217>.
98. Robinson, A.L. *et al.* (2011) 'The relationship between sensory attributes and wine composition for Australian Cabernet Sauvignon wines: Cabernet sensory attributes and wine composition', *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(3), pp. 327–340. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00155.x>.
99. Rocha, S.M. *et al.* (2006) 'Rapid tool for distinction of wines based on the global volatile signature', *Journal of Chromatography A*, 1114(2), pp. 188–197. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.03.107>.
100. Ross, C.F. *et al.* (2014) 'Odour detection threshold and consumer rejection of 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene in 1-year-old Riesling wines: Consumer detection of TDN', *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20(3), pp. 335–339. Available at: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12085>.
101. Rudy, H. (2008) 'Petrolnote in Riesling : Ursachen und Maßnahmen zur Vermeidung'.
102. Sacks, G.L. *et al.* (2012) 'Sensory Threshold of 1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN) and Concentrations in Young Riesling and Non-Riesling Wines', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(12), pp. 2998–3004. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf205203b>.
103. Santos, J.A. *et al.* (2020) 'A Review of the Potential Climate Change Impacts and Adaptation Options for European Viticulture', *Applied Sciences*, 10(9), p. 3092. Available at: <https://doi.org/10.3390/app10093092>.
104. Schultz, H.R. *et al.* (1998) 'Is grape composition affected by current levels of UV-B radiation?', *VITIS - Journal of Grapevine Research*, p. 191 Pages. Available at: <https://doi.org/10.5073/VITIS.1998.37.191-192>.
105. Schüttler, A., Friedel, M., *et al.* (2015) 'Characterizing aromatic typicality of Riesling wines: merging volatile compositional and sensory aspects', *Food Research International*, 69, pp. 26–37. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.010>.
106. Schüttler, A., Guthier, C., *et al.* (2015) 'Impact of grape cluster defoliation on TDN potential in cool climate Riesling wines', *BIO Web of Conferences*. Edited by J.-M. Aurand, 5, p. 01006. Available at: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20150501006>.
107. Silva Ferreira, A.C. and Guedes de Pinho, P. (2004) 'Nor-isoprenoids profile during port wine ageing—influence of some technological

- parameters', *Analytica Chimica Acta*, 513(1), pp. 169–176. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.12.027>.
108. Silva, M.A. *et al.* (2012) 'Scalping of Light Volatile Sulfur Compounds by Wine Closures', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(44), pp. 10952–10956. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf303120s>.
 109. Simpson, R. (1978) '1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene: an important contributor to the bottle aged bouquet of wine', *Chem. and Industry*, 1, p. 37.
 110. Simpson, R.F. (1978) 'Aroma and compositional changes in wine with oxidation, storage and ageing', *VITIS - Journal of Grapevine Research*, (17), pp. 274–287. Available at: <https://doi.org/10.5073/VITIS.1978.17.274-287>.
 111. Simpson, R.F. and Miller, G.C. (1983) 'Aroma composition of aged Riesling wine', *VITIS - Journal of Grapevine Research*, (22), pp. 51–63. Available at: <https://doi.org/10.5073/VITIS.1983.22.51-63>.
 112. Skouroumounis, G.K. *et al.* (2005) 'The impact of closure type and storage conditions on the composition, colour and flavour properties of a Riesling and a wooded Chardonnay wine during five years' storage', *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11(3), pp. 369–377. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00036.x>.
 113. Smart, R.E. *et al.* (2017) 'Canopy Management to Improve Grape Yield and Wine Quality - Principles and Practices', *South African Journal of Enology & Viticulture*, 11(1). Available at: <https://doi.org/10.21548/11-1-2232>.
 114. Sponholz, W.R. and Hühn, T. (1997) 'Einflussfaktoren von Klonenmaterial und verwendetem Hefestamm auf die Alterung von Riesling Weinen', *Vitic. Enol. Sci.*, 52(2), pp. 103–108.
 115. Steel, C.C. and Keller, M. (2000) 'Influence of UV-B irradiation on the carotenoid content of *Vitis vinifera* tissues', *Biochemical Society Transactions*, 28(6), pp. 883–885. Available at: <https://doi.org/10.1042/bst0280883>.
 116. Stingl, C., Knapp, H. and Winterhalter, P. (2002) '3,4-Dihydroxy-7,8-Dihydro- β -Ionone 3- O - β - d -Glucopyranoside and Other Glycosidic Constituents from Apple Leaves', *Natural Product Letters*, 16(2), pp. 87–93. Available at: <https://doi.org/10.1080/10575630290019976>.
 117. Strauss, C.R. *et al.* (1987) 'Development of Precursors of C₁₃ Nor-Isoprenoid Flavorants in Riesling Grapes', *American Journal of Enology and Viticulture*, 38(1), pp. 23–27. Available at: <https://doi.org/10.5344/ajev.1987.38.1.23>.
 118. Styger, G., Prior, B. and Bauer, F.F. (2011) 'Wine flavor and aroma', *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 38(9), pp. 1145–1159. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10295-011-1018-4>.

119. 'Szőlőültetvények, 2020' (2020). Available at:
<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/szoloultetvenyek/2020/index.html>
(Accessed: 24 April 2022).
120. Tarasov, A. *et al.* (2019) 'Absorption of 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN) from wine by bottle closures', *European Food Research and Technology*, 245(11), pp. 2343–2351. Available at:
<https://doi.org/10.1007/s00217-019-03351-8>.
121. Tarasov, A. *et al.* (2020) '1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN) Sensory Thresholds in Riesling Wine', *Foods*, 9(5), p. 606. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods9050606>.
122. Tate, A.B. (2001) 'Global Warming's Impact on Wine', *Journal of Wine Research*, 12(2), pp. 95–109. Available at:
<https://doi.org/10.1080/09571260120095012>.
123. Teszlák, P. *et al.* (2009) 'A Klímaváltozás hatása a borszőlő biológiai jellemzőire, a termés mennyiségére és minőségére (Review)', *Kertgazdaság*, 41(4), pp. 24–40.
124. Török, S. (2001) *Borászok zsebkönyve*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
125. Tóth, I. and Pernes, G. (2001) *Szőlőfajták*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
126. Ugliano, M. and Moio, L. (2008) 'Free and hydrolytically released volatile compounds of Vitis vinifera L. cv. Fiano grapes as odour-active constituents of Fiano wine', *Analytica Chimica Acta*, 621(1), pp. 79–85. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.03.002>.
127. Versini, G. *et al.* (1996) 'A new 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN) precursor isolated from Riesling grape products: Partial structure elucidation and possible reaction mechanism', *VITIS - Journal of Grapevine Research*, p. 15 Pages. Available at:
<https://doi.org/10.5073/VITIS.1996.35.15-21>.
128. Villamor, R.R. *et al.* (2013) 'Effects of ethanol, tannin and fructose on the headspace concentration and potential sensory significance of odorants in a model wine', *Food Research International*, 50(1), pp. 38–45.
129. Vinholes, J., Coimbra, M.A. and Rocha, S.M. (2009) 'Rapid tool for assessment of C13 norisoprenoids in wines', *Journal of Chromatography A*, 1216(47), pp. 8398–8403. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.09.061>.
130. Walter, M.H. and Strack, D. (2011) 'Carotenoids and their cleavage products: Biosynthesis and functions', *Natural Product Reports*, 28(4), p. 663. Available at: <https://doi.org/10.1039/c0np00036a>.
131. Webb, L.B. (2007) 'The impact of projected greenhouse gas-induced climate change on the Australian wine industry'.

132. Webb, L.B., Whetton, P.H. and Barlow, E.W.R. (2007) 'Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia', *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13(3), pp. 165–175. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2007.tb00247.x>.
133. Willwerth, J., Reynolds, A. and Lesschaeve, I. (2018) 'Sensory analysis of Ontario Riesling wines from various water status zones', *OENO One*, 52(2), pp. 145–171. Available at: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.2.1669>.
134. Winterhalter, P. (1991) '1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN) formation in wine. 1. Studies on the hydrolysis of 2,6,10,10-tetramethyl-1-oxaspiro[4.5]dec-6-ene-2,8-diol rationalizing the origin of TDN and related C13 norisoprenoids in Riesling wine', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(10), pp. 1825–1829. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf00010a027>.
135. Winterhalter, P. (2015) 'Die Rolle von glykosidischen Vorstufen für das Aroma von Sekt und Wein und deren technologische Beeinflussung'.
136. Winterhalter, P. and Ebeler, S.E. (eds) (2013) *Carotenoid cleavage products*. Washington, DC: American Chemical Society.
137. Winterhalter, P. and Gök, R. (2013) 'TDN and β -Damascenone: Two Important Carotenoid Metabolites in Wine', in P. Winterhalter and S.E. Ebeler (eds) *ACS Symposium Series*. Washington, DC: American Chemical Society, pp. 125–137. Available at: <https://doi.org/10.1021/bk-2013-1134.ch011>.
138. Winterhalter, P. and Rouseff, R.L. (eds) (2001) *Carotenoid-Derived Aroma Compounds*. Washington, DC: American Chemical Society (ACS Symposium Series). Available at: <https://doi.org/10.1021/bk-2002-0802>.
139. Winterhalter, P., Sefton, M.A. and Williams, P.J. (1990) 'Volatile C₁₃-Norisoprenoid Compounds in Riesling Wine Are Generated From Multiple Precursors', *American Journal of Enology and Viticulture*, 41(4), pp. 277–283. Available at: <https://doi.org/10.5344/ajev.1990.41.4.277>.
140. Xie, S. *et al.* (2018) 'Influence of natural variation in berry size on the volatile profiles of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot and Cabernet Gernischt grapes', *PLOS ONE*. Edited by S. Amancio, 13(9), p. e0201374. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201374>.
141. Yokotsuka, K. (1990) 'Effect of press design and pressing pressures on grape juice components', *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 70(1), pp. 15–21. Available at: [https://doi.org/10.1016/0922-338X\(90\)90023-P](https://doi.org/10.1016/0922-338X(90)90023-P).
142. Zalacain, A. *et al.* (2007) 'Analysis of wine primary aroma compounds by stir bar sorptive extraction', *Talanta*, 71(4), pp. 1610–1615. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.07.051>.

143. Ziegler, M. *et al.* (2019) 'Impact of matrix variables and expertise of panelists on sensory thresholds of 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene known as petrol off-flavor compound in Riesling wines', *Food Quality and Preference*, 78, p. 103735. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103735>.
144. Ziegler, M. and Schmarr, H.-G. (2019) 'Comparison of Solid-Phase Microextraction Using Classical Fibers Versus Mini-Arrows Applying Multiple Headspace Extraction and Various Agitation Techniques', *Chromatographia*, 82(2), pp. 635–640. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10337-018-3659-1>.

M2. A VIZSGÁLT MAGYARORSZÁGI OLASZRIZLING BOROK

	Évjárat	Borrégió	zárás típusa
1.	2012	Balaton	dugó
2.	2013	Balaton	dugó
3.	2017	Balaton	dugó
4.	2017	Balaton	csavarzár
5.	2017	Pannon	csavarzár
6.	2018	Felső-Magyarország	csavarzár
7.	2018	Balaton	csavarzár
8.	2018	Felső-Magyarország	csavarzár
9.	2018	Pannon	csavarzár
10.	2018	Pannon	csavarzár
11.	2018	Balaton	csavarzár
12.	2018	Felső-Pannon	csavarzár
13.	2018	Felső-Pannon	csavarzár
14.	2018	Felső-Pannon	csavarzár
15.	2018	Balaton	csavarzár
16.	2018	Balaton	csavarzár
17.	2018	Felső-Magyarország	csavarzár
18.	2018	Pannon	csavarzár
19.	2018	Balaton	csavarzár
20.	2018	Balaton	csavarzár
21.	2021	Pannon	csavarzár
22.	2021	Balaton	csavarzár
23.	2021	Felső-Magyarország	csavarzár
24.	2010	Balaton	csavarzár
25.	2010	Balaton	csavarzár
26.	2010	Duna	csavarzár
27.	2010	Duna	csavarzár
28.	2010	Pannon	csavarzár
29.	2010	Pannon	csavarzár
30.	2010	Felső-Magyarország	csavarzár
31.	2010	Felső-Magyarország	csavarzár
32.	2010	Felső-Pannon	csavarzár
33.	2010	Felső-Pannon	csavarzár
34.	2012	Duna	csavarzár
35.	2012	Pannon	csavarzár
36.	2012	Pannon	csavarzár
37.	2012	Pannon	csavarzár
38.	2012	Felső-Magyarország	csavarzár
39.	2012	Felső-Magyarország	csavarzár
40.	2012	Duna	dugó
41.	2012	Felső-Pannon	csavarzár
42.	2012	Felső-Pannon	csavarzár
43.	2013	Duna	csavarzár
44.	2013	Pannon	csavarzár
45.	2013	Duna	dugó
46.	2013	Pannon	csavarzár
47.	2013	Felső-Magyarország	csavarzár

48.	2013	Felső-Magyarország	csavarzár
49.	2013	Felső-Pannon	csavarzár
50.	2013	Felső-Pannon	csavarzár
51.	2015	Pannon	csavarzár
52.	2015	Balaton	dugó
53.	2015	Felső-Magyarország	csavarzár
54.	2015	Balaton	dugó
55.	2015	Felső-Magyarország	csavarzár
56.	2015	Balaton	dugó
57.	2015	Duna	dugó
58.	2015	Felső-Pannon	csavarzár
59.	2015	Duna	dugó
60.	2015	Felső-Pannon	csavarzár
61.	2015	Pannon	dugó
62.	2017	Duna	csavarzár
63.	2017	Duna	dugó
64.	2017	Felső-Magyarország	csavarzár
65.	2017	Felső-Pannon	csavarzár
66.	2017	Felső-Pannon	csavarzár
67.	2018	Duna	dugó
68.	2018	Duna	csavarzár
69.	2020	Balaton	csavarzár
70.	2020	Balaton	csavarzár
71.	2020	Balaton	csavarzár
72.	2020	Balaton	csavarzár
73.	2020	Duna	csavarzár
74.	2020	Duna	csavarzár
75.	2020	Pannon	csavarzár
76.	2020	Pannon	csavarzár
77.	2020	Felső-Magyarország	csavarzár
78.	2020	Felső-Magyarország	csavarzár
79.	2020	Felső-Pannon	csavarzár
80.	2020	Felső-Pannon	csavarzár
81.	2021	Balaton	csavarzár
82.	2021	Balaton	csavarzár
83.	2021	Balaton	dugó
84.	2021	Balaton	csavarzár
85.	2021	Duna	csavarzár
86.	2021	Duna	csavarzár
87.	2021	Felső-Pannon	csavarzár
88.	2021	Felső-Pannon	csavarzár

M3. A VIZSGÁLT MAGYARORSZÁGI RAJNAI RIZLING BOROK

	Évjárat	Borrégió	zárás típusa
1.	2010	Balaton	dugó
2.	2013	Balaton	dugó
3.	2013	Duna	dugó
4.	2014	Balaton	dugó
5.	2016	Balaton	dugó
6.	2017	Balaton	dugó
7.	2017	Felső-Magyarország	csavarzár
8.	2017	Balaton	csavarzár
9.	2018	Duna	csavarzár
10.	2018	Felső-Pannon	csavarzár
11.	2018	Balaton	csavarzár
12.	2018	Felső-Pannon	csavarzár
13.	2019	Pannon	csavarzár
14.	2019	Balaton	dugó
15.	2020	Felső-Magyarország	dugó
16.	2020	Balaton	dugó
17.	2020	Balaton	dugó
18.	2010	Duna	dugó
19.	2010	Duna	dugó
20.	2010	Pannon	dugó
21.	2010	Felső-Magyarország	csavarzár
22.	2010	Felső-Pannon	csavarzár
23.	2013	Pannon	dugó
24.	2013	Felső-Magyarország	csavarzár
25.	2013	Felső-Pannon	csavarzár
26.	2014	Duna	dugó
27.	2014	Pannon	dugó
28.	2014	Felső-Magyarország	dugó
29.	2014	Felső-Pannon	csavarzár
30.	2016	Duna	dugó
31.	2016	Pannon	dugó
32.	2016	Felső-Pannon	csavarzár
33.	2016	Felső-Magyarország	dugó
34.	2017	Duna	dugó
35.	2017	Duna	dugó
36.	2017	Pannon	dugó
37.	2017	Pannon	dugó
38.	2017	Felső-Magyarország	csavarzár
39.	2017	Felső-Pannon	csavarzár
40.	2017	Felső-Pannon	csavarzár
41.	2018	Pannon	csavarzár
42.	2018	Pannon	csavarzár
43.	2018	Felső-Magyarország	csavarzár
44.	2018	Balaton	dugó
45.	2019	Duna	dugó
46.	2019	Duna	dugó
47.	2019	Pannon	dugó

48.	2019	Felső-Magyarország	dugó
49.	2019	Felső-Pannon	csavarzár
50.	2020	Duna	dugó
51.	2020	Duna	dugó
52.	2020	Felső-Pannon	csavarzár
53.	2020	Pannon	csavarzár
54.	2020	Felső-Pannon	csavarzár

M4. A VIZSGÁLT KÜLFÖLDI RAJNAI RIZLING BOROK SZÁRMAZÁSA

Évjárat	Ország	Régió
2003	Németország	Mosel
2003	Németország	Mosel
2007	Franciaország	Elzász
2007	Franciaország	Elzász
2011	Németország	Mosel
2011	Németország	Pfalz
2011	Németország	Mosel
2012	Németország	Mosel
2012	Németország	Mosel
2012	Németország	Mosel
2013	Ausztrália	Hunter Valley
2013	Németország	Mosel
2013	Ausztrália	Clare Valley
2013	Ausztrália	Eden Valley
2014	Németország	Mosel
2014	Németország	Pfalz
2014	Németország	Mosel
2015	Németország	Mosel
2015	Németország	Mosel
2015	Németország	Pfalz
2016	Ausztrália	Hunter Valley
2016	Ausztria	Wachau
2016	Ausztria	Kremstal
2016	Németország	Mosel
2016	Németország	Pfalz
2016	Ausztrália	Eden Valley
2016	Ausztrália	Clare Valley
2017	Ausztrália	Clare Valley
2017	Ausztrália	Eden Valley
2019	Németország	Pfalz
2019	Németország	Mosel
2019	Németország	Mosel
2019	Ausztria	Wachau
2019	Ausztria	Kremstal
2019	Franciaország	Elzász
2019	Franciaország	Elzász
2019	Ausztrália	Clare Valley
2019	Ausztrália	Eden Valley

**M5. A VIZSGÁLT HAZAI OLASZRIZLIN BOROK ALAPANALÍZIS
EREDMÉNYEI**

Olaszrizling					
	Évjárat	alkohol tartalom (v/v%)	Maradék cukor (g/l)	Titrálnak sav (g/l)	pH
1.	2012	13,0	nd*	5,82	2,87
2.	2013	13,0	36,3	7,30	3,39
3.	2017	13,5	2,0	5,60	3,28
4.	2017	12,0	4,0	5,25	2,97
5.	2017	13,5	nd	6,24	3,24
6.	2018	14,0	1,0	5,87	3,01
7.	2018	12,0	0,5	5,36	3,21
8.	2018	12,2	2,4	6,76	3,01
9.	2018	12,0	0,7	6,63	3,03
10.	2018	13,5	0,6	6,00	3,33
11.	2018	12,5	0,6	6,42	3,06
12.	2018	12,5	0,8	6,45	3,34
13.	2018	12,5	1,9	6,22	3,13
14.	2018	13,0	2,0	5,72	3,02
15.	2018	13,5	1,5	5,46	3,30
16.	2018	11,5	1,1	6,24	3,12
17.	2018	13,0	1,5	4,87	3,29
18.	2018	12,0	0,6	5,99	3,11
19.	2018	12,7	2,0	6,29	3,20
20.	2018	14,0	1,1	6,15	3,54
21.	2021	12,8	3,4	6,00	2,91
22.	2021	13,1	2,9	6,50	3,26
23.	2021	10,5	5,9	6,20	3,44
24.	2010	13,1	3,4	6,00	3,30
25.	2010	12,6	3,5	5,50	3,31
26.	2010	12,1	3,4	6,20	3,04
27.	2010	13,3	3,5	6,30	3,14
28.	2010	12,2	3,3	5,60	3,03
29.	2010	12,1	2,9	6,50	3,13
30.	2010	12,4	9,2	6,15	3,14
31.	2010	12,1	1,1	5,80	3,01
32.	2010	12,3	6,4	5,69	3,08
33.	2010	12,2	8,5	6,42	3,32
34.	2012	12,6	1,9	5,91	3,27
35.	2012	12,8	3,2	6,20	3,16
36.	2012	13,0	4,4	6,08	3,33
37.	2012	13,3	2,1	5,50	3,34
38.	2012	12,4	1,2	5,87	3,20
39.	2012	12,8	1,5	5,90	3,03
40.	2012	12,2	6,9	5,67	3,31
41.	2012	12,1	1,7	6,27	3,09
42.	2012	13,4	2,4	6,01	3,17
43.	2013	12,7	4,2	5,69	3,24

44.	2013	12,9	0,3	5,49	3,20
45.	2013	12,3	3,9	6,54	3,12
46.	2013	13,3	6,3	5,74	3,05
47.	2013	12,2	9,7	5,60	3,20
48.	2013	13,5	2,5	6,10	3,04
49.	2013	13,1	2,2	6,50	3,09
50.	2013	12,5	4,1	5,65	3,28
51.	2015	12,3	7,2	5,85	3,17
52.	2015	12,4	3,5	6,54	3,07
53.	2015	13,4	2,2	6,53	3,04
54.	2015	11,9	1,6	6,21	3,09
55.	2015	12,8	0,9	6,31	3,20
56.	2015	12,3	7,2	5,65	3,17
57.	2015	12,9	2,9	5,65	3,10
58.	2015	12,2	3,0	5,49	3,13
59.	2015	13,1	1,7	6,59	3,22
60.	2015	13,3	3,4	6,35	3,07
61.	2015	12,1	7,0	5,86	3,25
62.	2017	12,8	1,9	5,49	3,20
63.	2017	12,9	1,2	6,13	3,09
64.	2017	13,5	0,7	5,73	3,19
65.	2017	12,7	3,5	5,97	3,31
66.	2017	12,9	20,0	5,93	3,23
67.	2018	13,1	1,6	5,98	3,03
68.	2018	12,6	5,2	5,52	3,20
69.	2020	13,0	3,1	5,77	3,29
70.	2020	13,5	0,8	5,72	3,13
71.	2020	12,8	1,9	6,32	3,09
72.	2020	12,1	0,6	6,28	3,32
73.	2020	13,5	2,0	6,25	3,09
74.	2020	12,5	2,6	6,12	3,34
75.	2020	12,5	0,7	6,31	3,04
76.	2020	12,3	5,5	6,01	3,27
77.	2020	14,0	2,1	6,15	3,09
78.	2020	13,5	7,9	6,51	3,21
79.	2020	12,1	5,2	5,91	3,15
80.	2020	13,0	3,7	5,92	3,33
81.	2021	12,8	2,4	6,17	3,00
82.	2021	12,7	8,1	6,05	3,33
83.	2021	13,5	1,2	6,45	3,30
84.	2021	13,4	0,9	6,45	3,09
85.	2021	12,6	3,6	6,33	3,15
86.	2021	13,5	0,3	6,41	3,11
87.	2021	12,8	1,1	5,52	3,07
88.	2021	12,3	0,9	6,43	2,87

*nd: nem detektálható

**M6. A VIZSGÁLT HAZAI RAJNAI RIZLIN BOROK ALAPANALÍZIS
EREDMÉNYEI**

Rajnai rizling					
	Évjárat	alkohol tartalom (v/v%)	Maradék cukor (g/l)	Titrálnak sav (g/l)	pH
1.	2010	12,6	3,7	6,50	3,43
2.	2013	14,6	8,7	9,29	3,01
3.	2013	15,5	11,9	5,82	3,69
4.	2014	14,7	2,4	4,36	3,40
5.	2016	13,4	11,4	5,81	2,98
6.	2017	13,0	3,6	7,49	2,80
7.	2017	13,5	0,5	9,62	2,80
8.	2017	13,0	1,5	6,62	3,18
9.	2018	11,7	0,6	6,99	2,90
10.	2018	13,5	0,5	6,57	2,95
11.	2018	12,5	2,0	6,49	3,09
12.	2018	14,9	1,8	7,26	2,91
13.	2019	15,5	5,9	5,23	2,78
14.	2019	15,3	0,6	4,2	2,86
15.	2020	12,4	1,0	7,08	2,68
16.	2020	12,4	0,9	8,2	2,97
17.	2020	11,7	0,8	7,27	3,12
18.	2010	13,8	3,5	6,69	3,28
19.	2010	12,9	2,4	6,22	2,97
20.	2010	12,3	2,2	9,21	3,04
21.	2010	13,2	1,3	7,01	3,26
22.	2010	13,7	6,6	8,52	3,45
23.	2013	15,0	2,6	7,96	2,98
24.	2013	11,8	4,3	7,86	3,27
25.	2013	12,1	2,5	4,87	3,44
26.	2014	12,5	1,5	7,13	3,00
27.	2014	14,6	0,7	6,80	3,01
28.	2014	12,4	1,9	7,00	3,05
29.	2014	12,7	2,8	5,62	3,27
30.	2016	14,2	0,7	9,45	2,88
31.	2016	12,2	2,6	7,41	3,13
32.	2016	15,3	5,0	8,25	3,38
33.	2016	12,1	1,6	8,58	3,12
34.	2017	13,7	0,9	7,12	2,99
35.	2017	13,0	2,2	4,37	3,00
36.	2017	14,0	2,3	6,25	3,13
37.	2017	15,4	3,2	6,50	2,91
38.	2017	14,8	2,4	8,20	2,98
39.	2017	12,4	5,5	8,38	3,38
40.	2017	14,1	1,1	5,76	2,79
41.	2018	12,0	0,9	9,41	3,03
42.	2018	14,8	1,0	8,68	2,74
43.	2018	15,3	3,1	5,20	2,81

44.	2018	13,1	1,9	7,32	2,84
45.	2019	14,8	2,5	7,39	2,78
46.	2019	14,5	7,2	6,59	2,86
47.	2019	11,8	6,2	9,18	3,23
48.	2019	11,9	2,1	7,62	2,87
49.	2019	14,9	1,3	6,98	2,99
50.	2020	14,5	4,3	7,05	2,95
51.	2020	12,7	1,4	7,83	3,11
52.	2020	12,3	3,0	6,82	3,09
53.	2020	13,5	1,4	4,24	3,32
54.	2020	15,0	0,7	5,10	2,81

**M7. A VIZSGÁLT HAZAI KÉKNYELŰ BOROK ALAPANALÍZIS
EREDMÉNYEI**

	Kéknyelű				
	Évjárat	alkohol tartalom (v/v%)	Maradék cukor (g/l)	Titrálnható sav (g/l)	pH
1.	2006	11,6	2,7	5,19	3,20
2.	2006	13,7	3,9	8,93	3,07
3.	2007	13,5	1,8	4,70	3,13
4.	2008	13,5	2,4	6,43	3,37
5.	2012	11,9	1,7	5,21	3,21
6.	2015	13,0	1,0	8,52	3,16
7.	2016	12,0	1,2	7,16	3,33
8.	2016	13,0	0,7	7,21	3,51
9.	2017	12,0	2,1	6,25	3,18
10.	2017	12,5	3,9	4,98	3,10
11.	2017	12,0	0,9	7,64	3,31
12.	2018	12,0	1,0	9,08	3,46
13.	2018	12,5	3,6	5,65	3,11
14.	2018	12,5	3,8	4,77	3,20
15.	2019	12,5	2,7	4,68	3,29
16.	2020	12,0	3,6	5,47	3,08
17.	2007	13,2	0,8	6,69	3,32
18.	2008	12,5	4,0	5,48	3,46
19.	2012	12,8	1,4	7,51	3,12
20.	2015	13,4	3,9	6,30	3,30
21.	2019	12,3	3,4	7,63	3,11
22.	2019	12,5	3,5	5,85	3,17
23.	2019	13,3	2,9	7,86	3,11
24.	2020	12,7	3,2	4,64	3,15
25.	2020	12,3	0,9	6,07	3,42
26.	2020	12,9	3,8	8,81	3,30
27.	2020	12,3	1,8	5,92	3,40
28.	2020	13,5	3,6	7,97	3,16

M8. A VIZSGÁLT HAZAI BORFAJTÁK TDN KONCENTRÁCIÓINAK ELEMZÉSE EGYTÉNYEZŐS VARIANCIAANALÍZISSEL

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Olaszrizling	88	41,9	1,82173913	2,05996		
Rajnai rizling	54	212,5	12,5	227,1538		
Kéknyelű	28	33,9	2,11875	5,717625		
	170					
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	1320,176316	2	660,088158	9,290736	0,000348	3,171626
Csoporton belül	3765,543505	53	71,04799067			
Összesen	5085,719821	55				
F krit.	<	F				
95%-os (p=0,05) szignifikancia szinten az állapítható meg, hogy a fajták TDN termelő képessége között szignifikáns különbség van.						

M9. A VIZSGÁLT HAZAI BORFAJTÁK TDN KONCENTRÁCIÓINAK ELEMZÉSE TUKEY-KRAMER TESZ SEGÍTSÉGÉVEL

Tukey-Kramer teszt			
Összehasonlítás	Abszolút átlagos különbség	Q kritikus	Szignifikáns?
Olaszrizling vs. Rajnai rizling	10,67826087	6,905899844	igen
Rajnai rizling vs. Kéknyelű	10,38125	8,254129067	igen
Olaszrizling vs. Kéknyelű	0,29701087	13,81179969	nem
Q _{krit}	$Q_{krit} = Q * \sqrt{\frac{S_{összevonva}^2}{n}}$		
szabadságfok =	170-3=167		
k =	3		
Q =	3,49		
S ² _{összevont}	78,31044516		

M10. A HAZAI ÉS KÜLFÖLDI BOROK TDN KONCENTRÁCIÓINAK ELEMZÉSE EGYTÉNYEZŐS VARIANCIAANALÍZISSEL

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
külföldi	38	319,5	22,82142857	125,111		
kéknyelű	28	33,9	2,11875	5,717625		
olaszrizling	88	41,9	1,82173913	2,05996		
rajnai rizling	54	212,5	12,5	227,1538		
	208					
VARIANCIANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok között	4818,412352	3	1606,137451	19,65974	3,23E-09	2,743711
Csoporton belül	5391,987077	66	81,69677389			
Összesen	10210,39943	69				
<i>F krit.</i>	<	<i>F</i>				
95%-os (p=0,05) szignifikancia szinten a vizsgált borok között szignifikáns különbség van.						

M11. A HAZAI ÉS KÜLFÖLDI BOROK TDN KONCENTRÁCIÓINAK ELEMZÉSE TUKEY-KRAMER TESZT SEGÍTSÉGÉVEL

Tukey-Kramer teszt			
Összehasonlítás	Abszolút átlagos különbség	Q kritikus	Szignifikáns?
külföldi vs. Kéknyelű	20,70267857	11,01314109	igen
külföldi vs. Olaszrizling	20,99968944	11,01314109	igen
külföldi vs. Rajnai rizling	10,32142857	11,01314109	nem
Q_{krit}	$Q_{krit} = Q * \sqrt{\frac{S_{összevonva}^2}{n}}$		
szabadságfok =	70-4=66		
k =	4		
Q =	3,85		
$S_{összevont}^2$	90,01059486		

Köszönetnyilvánítás

Ezúton mondok köszönetet témavezetőmnek, **Nyitrai dr. Sárdy Diána** professzor asszonynak az egyetemi képzettségemhez kapcsolódó, ösztönző témaválasztásért, a hasznos és lelkesítő szakmai konzultációkért, a dolgozat elkészítéséhez nyújtott iránymutatásért és támogatásáért.

Hálás vagyok **dr. Kállay Miklós** emeritus professzornak, hogy a kutató munkámban mindvégig támogatott. Hálás vagyok a konzultációkért, együttműködésért, baráti támogató légkörért, a közlemények és a konferenciák során nyújtott fáradhatatlan és önzetlen segítségéért, a kísérleti feltételek biztosításáért.

Köszönetet mondok **dr. Varga Zsuzsanna** egyetemi docens asszonynak, hogy publikációs tevékenységemben segítette munkámat.

Külön köszönetemet fejezem ki **Szüleimnek, Családomnak, Szeretteimnek** a sokrétű támogatásukért, a munkámat kísérő érdeklődő figyelemért, az elismerő szavakért, biztatásért. Továbbá hálás vagyok **Barátaim** lelkesítéséért, törődő és érdeklődő figyelméért, megbecsüléséért.

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik munkám során támogattak, és szakmai segítségükkel vagy egyéb módon hozzájárultak dolgozatom elkészítéséhez. Köszönet illet mindenkit, aki bármilyen módon hozzászólt, meghallgatta az elmúlt években tartott előadásaimat, konstruktív, előre mozdító véleményt formált cikkeimről, dolgozatomról, érdeklődött munkám felől.