



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Borok alkoholtartalmának csökkentési lehetőségei a borminőség tükrében

Doktori értekezés tézisei

Steckl Szabina

Budapest

2026



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Borok alkoholtartalmának csökkentési lehetőségei a borminőség
tükrében

Steckl Szabina

Budapest

2026

A doktori iskola

megnevezése: Agrár- és Élelmiszertudományok Doktori
Iskola

vezetője: Dr. Kovács Melinda
egyetemi tanár, MHAS

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

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

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

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető(k) jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

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

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

Ezek a fogyasztók az alacsony alkoholtartalmú italokat a táplálkozással összefüggő betegségek megnövekedett gyakoriságára, (WHO, 2003) valamint a fogyasztók és a társadalom egészségének megnövekedett egészségtudatosságára adott válaszként érzékelik (Jones and Bellis, 2012). Az alacsony alkoholtartalmú italokat tehát a hagyományos italok egészségesebb alternatívájaként érzékelhetik azok a fogyasztók, akiknek célja az egészségesebb étrend és életmód fenntartása.

Ugyanakkor vannak olyan fogyasztói csoportok, melyek az alacsony alkoholtartalmú italok fogyasztásának mellőzésének okaként az ízt jelölték meg. Az íz hiánya az alacsony alkoholtartalmú italok fontos hátránya (Chrysochou, 2014), és feltételezhető, hogy befolyásolja az emberek megítélését az adott alacsony alkoholtartalmú ital minőségéről. Néhány korábbi kutatás kimutatta, hogy a "light" termékeket általában kevésbé ízletesnek érzékelik

(Kähkönen et al., 1999; Solheim and Lawless, 1996; Stubenitsky et al., 1999), és hasonlóan megfigyelték ezt az alacsony alkoholtartalmú italok esetében is (Porretta and Donadini, 2012).

Az elmúlt két évtizedben a borok etanoltartalma egyes régiókban észrevehetően, évente 0,1-1%-kal nőtt (Godden et al., 2015; Alston et al., 2015), mivel a melegebb éghajlat magasabb cukortartalmú bogyókhöz vezet a szüretkor, és ezáltal magasabb alkoholtartalmat eredményez a borban (van Leeuwen and Darriet, 2016).

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

Doktori dolgozatomban az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

- Az általam használt új élesztőtörzs ténylegesen alkalmas-e a borok alkoholtartalmának, 1-1,5 vagy 2 v/v% csökkentésére. Amennyiben igen, milyen mértékben és hogyan változtak meg a borok finomanalitikai paraméterei?
- Befolyásolja-e a speciális élesztő az alkohol csökkentett borok glicerin koncentrációját?
- Az alkohol csökkentés ténylegesen a tejsav koncentráció emelkedés irányába tolódott el?
- Változik-e a titrálhatóság tartalom, pH-érték, almasav-, borkősav-, és citromsav tartalom?

Vizsgáltam miként befolyásolja a kezelés az egyéb fontos szerves savak, mint a fumársav, sikiminsav, borostyánkősav koncentrációját?

- A speciális élesztőtörzs hatással van-e a polifenol-összetételre? Változik-e az összes polifenol, leukocantocianin és katechin koncentráció?
- Vizsgáltam a borok biogén amin összetételét, abból a célból, hogy az általam alkalmazott élesztőtörzs befolyásolja-e a biogén aminok mennyiségét, összetételét és ha igen milyen módon? Különös figyelmet fordítottam a kutatások középpontjában álló hisztamin, tiramin és szerotonin koncentráció változására.
- Milyen mértékben változik a magasabb rendű alkoholok összetétele és mennyisége a kísérleti tételekben?
- Milyen érzékszervi tulajdonsággal rendelkeznek a csökkentett alkohol tartalmú borok, milyen mértékben jelenik meg a tejsav érzet, és glicerín koncentráció, mint teltség érzet ezekben a borokban, illetve az 1-1,5 v/v%-os alkohol csökkentés harmonikusabbá tette-e a borokat a kontroll borokhoz képest?
- Az évjárathatás milyen mértékben és hogyan jelenik meg az alkohol csökkentés során, azaz mennyire befolyásolja a csökkentett alkohol tartalmú borok analitikai és finomanalitikai borok összetételét?
- Az analitikai, finomanalitikai vizsgálatok és érzékszervi bírálat alapján melyik az az élesztőtörzs adagolás, amely a legharmonikusabb (legjobb érzékszervi tulajdonsággal rendelkező) bort adja?

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

Ezekben a tételekben az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

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

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Alkalmazott mérési módszerek

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

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

Enzimatis mérések:

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

Spektrofotometriás mérés:

- Borkősav tartalom meghatározás (OIV-MA-AS313-05B)
- Összes polifenol tartalom meghatározás (MSZ-9474-80)
- A leukoantocianin meghatározás (Flanzy, 1970 módosítva)
- A katechin-tartalom meghatározás (Rebelein, 1965)
- Azonnal felvehető nitrogén (AFN) meghatározása
- Prolin meghatározása

HPLC mérések:

- Szerves savak meghatározása – borostyánkősav, citromsav, fűmársav, sikiminsav (OIV-MA-AS313-04)
- Biogén aminok meghatározása (Kállay, Sárdy, 2003)

Gázkromatográfiás mérés:

- Magasabb rendű alkoholok meghatározása (OIV-MA-BS-14:R2009)

2.2. Kísérleti tematika

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

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

2.3. Alkalmazott speciális élesztő

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

2.4. Fizikai eljárással történő alkohol csökkentés

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

Membránszeparálás (Juclas MMR50)

A MASTERMIND® REMOVE egy innovatív alkoholeltávolítási technológia, amely képes a borok alkoholtartalmát úgy csökkenteni, hogy az tökéletesen megfeleljen mind a jogszabályoknak, mind a bor szerkezetének, színének és illatának. A szőlészeti és szőlőtermesztési döntések, valamint az utóbbi évjáratok, amelyeket jelentős éghajlati

változások jellemezték, gyakran vezettek magas alkoholtartalmú borok előállításához. A legújabb piaci trendek a kiegyensúlyozott, jellegzetes borok felé hajlanak. A membránt alkotó polimer nem rendelkezik elektromos töltéssel, ez az eljárás nem befolyásolja az eredeti bor színét vagy szerkezetét, mivel a membrán nem lép kölcsönhatásba a kolloidrendszerrel. Az így nyert bor megőrzi aromáját. (<https://www.juclas.it/index.cfm/en/products/mastermind-remove/>)

Az eredmények 3 mintavételezési időpontot szemléltetnek:

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

2.5. Alkalmazott statisztika

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

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

A három évjárat elemzéséhez kéttényezős varianciaanalízist alkalmaztam (MANOVA). A normalitás feltételének sérülése (kiugró értékek) miatt adattranszformációt alkalmaztam (*Box–Cox-transzformáció*). A transzformált változókat használtam a további elemzésekben. A csoportok közötti különbségek pontos

meghatározásához Tukey-féle post hoc teszteket alkalmaztam (Box and Cox, 1964).

3. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

3.1. A három évjárat összehasonlításának kiértékelése

3.1.1. Az alkohol tartalom alakulásának kiértékelése

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

3.1.2. A glicerin tartalom alakulásának kiértékelése

A legmagasabb glicerin koncentráció értékek a 2021-es évjáratban voltak mérhetőek. A 2021-es évjáratban csak a spontán erjedéstől különbözött szignifikánsan minden kezelt tétel, míg a fajélesztővel történt beoltástól (HD A54) a 20 g/hl-es kezelések közül csak a 3. napon történt ráoltás (Oc20+3d) és csak nem-*Saccharomyces* élesztővel erjedt tétel (Oc20+4d), valamint a 40 g/hl-es kezelések közül a 2. napon történt ráoltás (Oc40+2d) különbözött. A 2022-es évjáratban a 40 g/hl-es kezelések közül a 3. napon történt ráoltás (Oc40+3d) tételén kívül mindegyik bor különbözött a két kontrolltól. A 2023-as évjáratban a két kontrolltól minden kezelt tétel

szignifikánsan különbözött. A kezeléseken kívül az évjárat hatása is megfigyelhető, mindhárom évjárat között különbség volt kimutatható az egyes kezelések hatására.

3.1.3. A tejsav tartalom alakulásának kiértékelése

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

3.1.4. A polifenol összetétel alakulásának kiértékelése

3.1.4.1. Az összes polifenol tartalom alakulásának kiértékelése

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

3.1.4.2. A leukoantocianin tartalom alakulásának kiértékelése

A 2021-es évjáratnál technológiai szempontból nem volt kimutatható szignifikáns különbség. A 2022-es évjárat esetében csak spontán erjedéshez képest volt kimutatható szignifikáns különbség. A 2023-as évjáratban pedig csak a 40 g/hl-es kezelés tételeknél volt látható szignifikáns különbség a fajélesztős (HD A54) beoltáshoz képest. Az évjárat hatása a borok leukoantocianin koncentrációnál is érvényesült. A 2021-es évjáratban volt kimutatható a legmagasabb

leukoantocianin koncentráció, ezzel szemben a 2022-es és 2023-as évjáratokban kevesebb volt a borokban mért érték.

3.1.4.3. A katechin tartalom alakulásának kiértékelése

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

3.1.5. A borok biogén amin összetételének kiértékelése

3.1.5.1. A hisztamin koncentráció kiértékelése

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

3.1.5.2. A szerotonin koncentráció kiértékelése

A borok szerotonin koncentrációja kapcsán megfigyelhető, hogy a fajlesztős beoltáshoz képest a 2021-es évjáratban a 20 g/hl-es és 40 g/hl-es kezelések is különböztek. A 2022-es évjáratban a fajlesztős beoltástól szignifikánsan különbözött minden kezelt tétel, kivéve a 2.

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

3.1.5.3. A tiramin koncentráció kiértékelése

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

3.2. Fizikai eljárással csökkentett alkoholtartalmú borok analitikai kiértékelése

Alkohol tartalom csökkenése szépen nyomon követhető volt, ha a kontrollt összehasonlítjuk a csökkentésen átesett borokkal. Az alapanalitikai paramétereket megvizsgálva egyértelműen látszott az *extrakt tartalom* csökkenés, még ha minimálisan is az alkoholcsökkentett borokban a kontrollhoz képest. A *maradékcukortartalomban* eltérés nem mutatkozott, bár nem is vártunk ilyen jellegű hatást, hasonlóan a *titrálhatóság* tartalomhoz,

ahol szintén nem volt szignifikáns hatás kimutatható. A *pH-érték* mindegyik borban a kritikus 3,5-ös pH körül mozgott, de önmagában ezen érték nem elegendő ahhoz, hogy messzemenő következtetéseket tudjunk levonni. Mérési eredményekből megállapítható, hogy az *n-propanol* jelentősebb csökkenése a 3. mintavétel esetében volt detektálható. Szignifikáns különbség mutatható ki a kontroll és 3. mintavétel között.

A borok *i-butanol* tartalma között szignifikáns különbség volt tapasztalható a kontroll és a 0,5 v/v% valamint 1 v/v%-kal csökkentett alkohol tartalmú borok esetében, mely tendencia az *i-amil-alkohol* koncentrációjáról is elmondható, a *2-metil-1-butanol* koncentrációja pedig csak a 0,5 v/v%-os alkohol csökkenés esetében különbözött a kontrolltól. Az *acetaldehid* tekintetében jelentős különbséget tapasztalhatunk a kontroll és a 3. mintavétel eredményei között, azaz a 1,5 v/v%-os alkohol tartalom csökkentés némi acetaldehid csökkenést idézett elő. Mérési eredmények közül az *etil-acetát* folyamatos csökkenése volt kimutatható legszignifikánsabban. A kontrollhoz képest szignifikáns különbség volt kimutatható, 49,7 mg/l-ről csökkent 21,83 mg/l-re az alkohol csökkentési eljárás következtében.

Az alkohol csökkenés hatására a *glicerin* is csökkent, 6,2 g/l-ről 5,8 g/l-re. Tehát a 1,5 v/v%-os alkohol csökkenés jelen körülmények között kb. 0,5 g glicerin csökkenést eredményez. A *borostyánkősav* is szignifikáns hatást mutatott a kontrollhoz képest az alkohol csökkentett borokban.

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

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

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

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

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

munkatársai (2019) szerint az alacsonyabb alkoholtartalom a *Lachancea thermotolerans* metabolizmusban a cukrokból történő tejsavsintézisnek tulajdonítható.

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

Az általam alkalmazott élesztőtörzs tulajdonsága, hogy az alkoholos erjedés alatt több tejsavat termel. Mindhárom évjárat esetében jól látható, hogy kontroll borokban megközelítőleg 1,2 g/l volt a tejsav maximális koncentrációja, addig a kezelések hatására mindhárom évjáratban tejsav koncentráció emelkedés volt megfigyelhető. Az alkohol tartalomhoz hasonlóan, ebben az esetben is szignifikáns különbség volt megfigyelhető a két dózis között a 2021-es és 2023-as évjáratokban. Ebből az a következtetés vonható le, hogy az alkohol erjedés alatt a piroszőlősav egy része nem dekarboxileződött, hanem közvetlenül tejsavvá alakult. A szárazabb, aszályosabb évjáratokban a savak elégenek, eloxidálódnak. A lágyabbnak bizonyuló évjáratokban az élesztőtörzs pozitívuma, hogy növelni képes a savtartalmat, anélkül, hogy plusz savadagolásra lenne szükség. Su és munkatársai (2024) szintén szekvenált beoltásban alkalmazták a *Lachancea thermotolerans* és *Saccharomyces cerevisiae* élesztőket. Az általam kapott eredményekkel megegyezően a *Saccharomyces cerevisiae* késői (72 órával később) beoltása hatékonyan növelte a tejsavtermelést, ami következőképpen megnövelte a bor teljes savtartalmát.

A borok titrálhatóság tartalmában jelentős emelkedés volt megfigyelhető a 2021-es évjáratban a kontrollokhoz képest, továbbá

a 20 g/hl és 40 g/hl-es kezelések között is szignifikáns különbség volt kimutatható, ez azonban már nem mondható el a 2022-es és 2023-as évjárat ezen értékeiről.

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

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

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

megállapítása szerint a 20 g/hl-es dózisban szekvenált beoltásban alkalmazott *Lachancea thermotolerans* hatására a kontrollhoz képest magasabb borostyánkősav koncentráció volt kimutatható.

Fumársav szintén pozitív élettani hatásáról ismert, emésztőnedv elválasztást segíti elő. Összességében a 2023-as évjárat fumársav koncentrációjának átlaga a legmagasabb a három évjárat közül. Azonban a fentebb említett szerves savakról (sikiminsav, fumársav, borostyánkősav) nem lehet egyöntetű következtetést levonni, hiszen mennyiségükre az alkalmazott fajta, feldolgozás módja, valamint az erjesztés körülményei is hatással lehetnek. Mindenképp további vizsgálatokra van szükség a megfelelő következtetés levonása érdekében.

A polifenolok elsősorban antioxidáns és pozitív élettani hatásokról ismertek, ezenkívül a borok érzékszervi tulajdonságaiért is felelősek. A borok összes polifenol koncentrációjában nem volt kimutatható szignifikáns különbség 2021-ben, azonban mindhárom évjárat esetében megfigyelhető, hogy a spontán erjedéshez képest a kezelt tételekben alacsonyabb értékek voltak mérhetőek. A 2022-es és 2023-as évjárat gazdagabb volt polifenolban, a 2021-es évjárárhoz képest.

A katechinek és leukoantocianinok felelősek a keserű és húzós ízérzetért. A 2021-es évjáratban jelentős mennyiségben volt mérhető a katechin koncentráció a másik két évjárárhoz képest. A leukoantocianin tartalom esetében a 2021-es adatokhoz képest, 2022-ben és 2023-ban csökkenést mutattak. Összességében elmondható, hogy a polifenol-összetétel alakulásában is jelentős szerepe van az alkalmazott élesztőtörzsnek, ebből adódik a szignifikáns különbség, valamint az évjáratnak is szerepe van. Az élesztő – polifenol interakció tudományosan bizonyított tény, az általam vizsgált

élesztőtörzs egyértelműen pozitívan befolyásolta a borok polifenol összetételét. Az élesztő a bor fenolos összetételére és minőségére gyakorolt hatását többek között Morata és munkatársai (2016) is vizsgálták.

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

A biogén aminok szintén élettani hatásokról ismertek. Dolgozatomban három olyan biogén aminnal foglalkoztam, melyekre az emberi szervezetre gyakorolt hatásuk miatt esett a választás.

A vizsgált biogén aminok közül a hisztamin bír a legnagyobb jelentőséggel, hiszen a legallergénebbként tartják számon. A 2021-es évjáratban a fajélesztővel beoltott tétel adta a legalacsonyabb koncentrációt. Azonban a '22-es és '23-as évjáratokban a 20 g/hl-es kezelések közül a csak nem-*Saccharomyces* kiejert tételekben volt mérhető a legkisebb mennyiség. A változó értékek ellenére a megengedett határértéken belül maradt a koncentrációja.

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

thermotolerans nem termel több biogén aminet, mint a *S. cerevisiae*. Összességében a speciális élesztővel kezelt tételek is biztonságosan fogyaszthatók, mert a borok biogén amin koncentrációja nem érte el a kritikus határértékeket. Élelmiszer higiénés szempontból az élesztőtörzs alkalmasnak bizonyult a borkészítésre a gyakorlatban is.

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

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

A fizikai eljárással csökkentett alkoholtartalmú borok esetében is megvalósult az alkohol csökkentés a kiindulási (kontroll) borhoz képest. A membránszeparáción alapuló technika szintén alkalmasnak bizonyult a borok részleges alkoholtartalom csökkentésére. Azonban a mérési eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy egy 1,5 v/v%-os alkohol csökkentés is jelentősen

elvitte azokat a magasabb rendű alkoholokat, melyek a gyümölcs észterek kialakulásában játszanak fontos szerepet, ezáltal a borjelleg, borkarakter kialakítását teszik lehetővé. Ennek ellenére fontos megjegyezni, hogy a magasabb rendű alkoholokon belül az i-amil-alkohol és i-butanol koncentrációknál megfigyelhető, hogy az alkalmazott technológia nem tudja annyira csökkenteni a koncentrációjukat, szemben a n-propanol és 2-metil-1-butanol koncentrációkkal. Az alkoholmentesítés során magasabb rendű alkoholok koncentrációjának csökkenéséről Liguori és munkatársai (2019) is beszámoltak. Ugyanakkor részleges alkohol csökkentés mellett a borok képesek megőrizni a fenolos- és illékony vegyületeket, valamint érzékszervi tulajdonságukat (Kumar et al., 2024). Továbbá a borok glicerin és extrakt tartalmában is minimális csökkenés volt megfigyelhető, ami a borok érzékszervi megítélésére lehet hatással, hiszen, ha csökken a glicerin koncentráció, az hatással lehet a borok teltségérzetére is. Egy közelmúltbeli tanulmányban Italiano és munkatársai (2025) megfigyelték, hogy a vákuum desztillációval előállított alkoholmentes fehérbor glicerintartalma megnőtt. Ezzel szemben a membránalapú technológiák, például az ozmotikus desztilláció, a fordított ozmózis segítségével előállított alkoholmentes borokban a glicerin tartalom csökkenést mutatott, ami valószínűleg a membránon való áthaladásnak köszönhető.

A nitrogén tartalmú vegyületek esetében kijelenthető, habár a statisztika szignifikáns különbséget eredményezett a borok AFN koncentrációjánál, azonban technológiai szempontból a kapott eredmény nem nevezhető annak. A borok prolin koncentrációjánál szignifikáns hatás nem volt megfigyelhető, az eljárás nincs hatással a prolin mennyiségére. A borok polifenol-összetételéről szintén kijelenthető, hogy nem befolyásolta a kezelést. An és munkatársai

(2025) kimutatták, hogy az olyan eljárás, mint az ozmótikus desztilláció ígéretesnek bizonyult a fenolos összetétel megőrzése szempontjából. Fontos megjegyezni, hogy a bor egy vizes-alkoholos elegy, a benne oldott vegyületek egyensúlyban vannak, ha ezt a fiziko-kémiai egyensúlyt megbontjuk, az hatással lehet az érzékszervi összetételre is. A rendelkezésre álló borok mennyisége miatt ugyan nem volt lehetőség az érzékszervi bírálatra, de a jövőben mindenképp érdemesnek tartom ezzel az eljárással csökkentett alkoholtartalmú borok vizsgálatát, hogy a glicerin koncentráció csökkenés milyen mértékű és mennyire befolyásolja a borok teltségérzetét, testességét.

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

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

Méréseimet, kutatásaimat érdemesnek találom tovább folytatni.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- 1) Hazai viszonylatban elsőként vizsgáltam kísérleti fázisban lévő speciális tulajdonsággal rendelkező élesztő törzset üzemi körülmények között, arra a kérdésre keresve a választ, hogy az élesztő alkalmas-e az alkohol tartalom csökkentésére, továbbá befolyásolja-e a borok glicerin koncentrációját? *Eredményeim alapján kijelenthető, hogy az élesztőtörzs alkalmas 1-1,5 v/v%-os alkohol csökkentésre üzemi körülmények között, valamint az élesztő a borok glicerin koncentrációjára is pozitív hatást gyakorolt, ezzel is növelve a borok teltség érzetét.*

- 2) Meghatároztam a kísérleti tételek savösszetételét és D-tejsav koncentrációját. *A savösszetétel tekintetében megállapítható, hogy a borok D-tejsav koncentrációja növekedett a kontroll borokhoz képest, ezért a lágyabb savérzetet eredményező évjáratokban anélkül valósulhat meg a savharmónia kialakítása, hogy plusz savadagolásra lenne szükség. A borkősav és almasav koncentrációjának aránya megváltozott, ami a klímaváltozással hozható összefüggésbe. Továbbá a borostyánkősav koncentrációjának alakulására is kedvezően hatott az alkalmazott élesztőtörzs, mely hozzájárul a borok érzékszervi tulajdonságához.*

- 3) *A polifenol-összetételre vonatkozóan a katechin, a leukoantocianin és az összes-polifenol tartalom szempontjából az új élesztőtörzs és a szekvenált beoltás alkalmas minőségi csökkentett alkoholtartalmú bor*

előállítására. Élelmiszer higiénés szempontból az élesztő alkalmasnak bizonyult borkészítésre a gyakorlatban is. A magasabb rendű alkoholok magasabb koncentrációban voltak kimutathatók a kezelt tételekben, ezzel pozitívan hozzájárulva a borok érzékszervi tulajdonságaihoz.

- 4) Vizsgálataim alapján kijelenthető, hogy az analitikai, finomanalitikai és érzékszervi tulajdonságok alapján a 40 g/hl-rel kezelt tételek alkalmasak a minőségi alkoholcsökkentett borok előállítására.*
- 5) A fizikai eljárással történtő alkohol csökkentés glicerin koncentráció csökkenéssel is jár. 1,5 v/v%-os alkohol csökkentés 0,5 g/l glicerin csökkenést eredményezett.*
- 6) Mérési eredményeim alapján megállapítható, hogy nincs hatással az összes polifenol tartalomra a fizikai eljárással történt alkohol tartalom csökkentés. A magasabb rendű alkoholok azonban csökkenést mutattak 1,5 v/v%-os alkohol csökkentés hatására. Az eljárás csökkenti a magasabb rendű alkoholokat, melyek a későbbiekben a borjelleg (gyümölcsészterek) kialakulásáért felelnek.*
- 7) Továbbá vizsgáltam az alkohol csökkentésen átesett borok nitrogén tartalmú vegyületeinek alakulását, mely alapján megfigyelhető, hogy a prolin koncentrációjában nem történt változás, az AFN esetében pedig a kontroll és 0,5 v/v%-kal csökkentett alkohol tartalom között látható szignifikáns hatás.*

6. PUBLIKÁCIÓS LISTA

Alapkövetelmények

Impaktfaktoros cikkek

- 1) Nyitrai Sárdy, Diána Ágnes ; Bodor-Pesti, Péter ; **Steckl, Szabina**
Assessing the Applicability of a Partial Alcohol Reduction Method to the Fine Wine Analytical Composition of Pinot Gris
FOODS 14 : 15 Paper: 2738 , 13 p. (2025)
Tudományos
Folyóirat szakterülete: Scopus - Health Professions (miscellaneous) SJR indikátor: D1
Folyóirat szakterülete: Scopus - Food Science SJR indikátor: Q1
Folyóirat szakterülete: Scopus - Health (social science) SJR indikátor: Q1
Folyóirat szakterülete: Scopus - Plant Science SJR indikátor: Q1
Folyóirat szakterülete: Scopus - Microbiology SJR indikátor: Q2

- 2) Jahnke, Gizella ✉ ; Szőke, Barna Árpád ; **Steckl, Szabina** ; Szövényi, Áron Pál ; Knolmajerné Szigeti, Gyöngyi ; Németh, Csaba ; Jenei, Botond Gyula ; Nyitrai Sárdy, Diána Ágnes
Delay in the Ripening of Wine Grapes: Effects of Specific Phytotechnical Methods on Harvest Parameters
AGRONOMY (BASEL) 13 : 8 Paper: 1963, 20 p. (2023)
Központi kezelésű Tudományos
Folyóirat szakterülete: Scopus - Agronomy and Crop Science SJR indikátor: Q1

Lektorált folyóiratban (MTA listás) megjelent közlemények

- 3) **Steckl, Szabina** ; Sólyom-Leskó, Annamária ; Nagy, Balázs ; Szőke, Barna
Alkoholtartalom csökkentése speciális élesztőtörzsekkel
BORÁSZATI FÜZETEK 32 : 2 pp. 35-39. , 5 p. (2022)
Tudományos
IV. Agrártudományok Osztálya IVAO A

Osztálylistás folyóiratban megjelent cikk (az alapkötetelményen túl)

- 1) Nyitrai, Dr. Sárdy Diána ; Dr. Sólyom-Leskó, Annamária ;
Dr. Nagy, Balázs ; **Steckl, Szabina**
Különböző élesztőtörzsek egyszerű fenol- és biogénamin-
termelése közötti összefüggések vizsgálata
BORÁSZATI FÜZETEK 35 : 2 pp. 36-39. , 4 p. (2025)
Tudományos
IV. Agrártudományok Osztálya IVAO A

- 2) Nyitrai, Sárdy Diána ; Antal, Eszter ; Nagy, Balázs ;
Steckl, Szabina
Csökkentett alkoholtartalmú borok finomanalitikai vizsgálata
BORÁSZATI FÜZETEK 34 : 4 pp. 35-39. , 5 p. (2024)
Tudományos
IV. Agrártudományok Osztálya IVAO A

- 3) **Steckl, Szabina** ; Sólyom-Leskó, Annamária ; Nagy, Balázs
; Nyitrai, Sárdy Diána
A speciális tulajdonságú élesztők szerepe a borok
aromaképzésében különös tekintettel a borok magasabb
rendű alkoholkomponenseire
BORÁSZATI FÜZETEK 33 : 5 pp. 31-35. , 5 p. (2024)
Tudományos
IV. Agrártudományok Osztálya IVAO A

- 4) Bolbás, Ildikó ; Nagy, Balázs ; Nyitrai, Sárdy Diána ;
Sólyom-Leskó, Annamária ; **Steckl, Szabina**
Biogénamin-koncentráció a csökkentett alkoholtartalmú
borokban
BORÁSZATI FÜZETEK 33 : 4 pp. 36-41. , 6 p. (2023)
Tudományos
IV. Agrártudományok Osztálya IVAO A

- 5) **Steckl, Szabina** ; Sólyom-Leskó, Annamária ; Nagy, Balázs
; Szőke, Barna
Alkoholtartalom csökkentése speciális élesztőtörzsekkel
BORÁSZATI FÜZETEK 32 : 2 pp. 35-39. , 5 p. (2022)
Tudományos
IV. Agrártudományok Osztálya IVAO A

Konferencia összefoglalók („abstract”)

- 1) Nyitrai, Sárdy Diána ; **Steckl, Szabina**
A magasabb rendű alkoholok az alkoholcsökkentett és alkoholmentesített borokban
In: Nyitrai, Sárdy Diána Ágnes; Kókai, Zoltán; Bodor-Pesti, Péter; Deák, Tamás (szerk.) A 2025. évi Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly (LOV) Tudományos Ülés összefoglalói
Budapest, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budai Campus (2025) 87 p. p. 45
Tudományos
ISBN 978-615-7048-00-3

- 2) **Steckl, Szabina** ; Szövényi, Áron ; Nagy, Balázs ; Nyitrai, Sárdy Diána Ágnes
A speciális tulajdonságú élesztők szerepe a borok aromaképzésében különös tekintettel a borok magasabb rendű alkohol komponenseire
In: Varga, Zsuzsanna; Oláh, Róbert; Nyitrai Sárdy, Diána (szerk.) A VI. Országos Szőlész – Borász Konferencia összefoglalói : A konferencián bemutatott tudományos poszterek összefoglalói
(2024) p. 12
ISBN 978-615-6448-53-8

- 3) **Steckl, Szabina** ; Nyitrai, Sárdy Diána
Borok alkoholtartalmának csökkentési lehetőségei a borminőség tükrében
In: Fodor, Marietta; Bodor-Pesti, Péter; Deák, Tamás (szerk.) A 2023. évi Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly (LOV) Tudományos Ülésszak összefoglalói Abstracts of János Lippay – Imre Ormos – Károly Vas (LOV) Scientific Meeting, 2023
Budapest, Magyarország: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budai Campus (2024) 149 p. p. 128
Tudományos
ISBN 978-615-02-0252-5