

# **SZAKDOLGOZAT**

**Juhász István**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Szőlészeti és Borászati Intézet**

**Szőlész – Borász mérnöki alapképzési szak**

**KÍSÉRLETI BORÁSZATI TÉTELEK ANALITIKAI VIZSGÁLATA**

**LABORATÓRIUMI ESZKÖZÖKKEL**

**Belső konzulens:** Nyitrai Dr. Sárdy Diána  
Ágnes  
Egyetemi Tanár

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** Szőlészeti és Borászati  
Intézet  
Borászati tanszék

**Készítette:** Juhász István

**Budapest**

**2025**

# 1. Tartalomjegyzék

1.	Tartalomjegyzék .....	1
2.	Bevezetés és célkitűzések .....	3
3.	Szakirodalmi áttekintés .....	5
3.1.	Klimatikus változások .....	5
3.2.	A klímaváltozás hatása a szőlőbogyó összetételére .....	8
3.3.	Töppesztési eljárások .....	9
3.4.	Szalmabor készítés .....	10
3.5.	Töppesztés során fellépő változások a szőlőbogyóban .....	10
3.6.	Szalmaborok beltartalmi értékének változásai .....	11
3.7.	A borok szerves savai és meghatározási lehetőségei .....	12
3.7.1.	Erjedés során képződő jellegzetesebb savak .....	17
3.7.2.	Egyéb szerves savak .....	18
3.8.	Polifenolok az aromaképzésben.....	22
4.	Anyag és módszer.....	28
4.1.	Választott fajták.....	28
4.2.	Analitikai vizsgálati módszerek.....	29
4.2.1.	Mustok és borok savösszetételének vizsgálata.....	31
4.2.2.	Borok színintenzitásának és színtónusának vizsgálata.....	31
4.2.3.	Borok polifenol-összetételének vizsgálata.....	32
4.2.4.	Egyéb rutinanalitikai vizsgálatok .....	32
4.2.5.	HPLC-s vizsgálati módszerek .....	32
4.2.5.1.	Kalibrációs mérések.....	33
4.2.5.2.	Szervessav-standardok készítése a kalibrációhoz:.....	34
4.2.5.3.	A kalibrációs mérés kiértékelése.....	34

5.	Eredmények és értékelésük .....	38
5.1.	Rutinanalitikai vizsgálatok eredményei.....	38
5.1.1.	Pátria .....	38
5.1.1.1.	Mustvizsgálat.....	38
5.1.1.2.	Borvizsgálat .....	40
5.1.2.	Kékfrankos.....	43
5.1.2.1.	Mustvizsgálat.....	43
5.1.2.2.	Borvizsgálat .....	44
5.2.	HPLC vizsgálat és mérési eredményei .....	47
5.2.1.	A vizsgált minták mérésének kiértékelése .....	47
5.2.1.1.	Pátria szalmabor HPLC-s vizsgálatának mérési eredményei.....	47
5.2.1.2.	Kékfrankos szalmabor HPLC-s vizsgálatának mérési eredményei .....	48
5.3.	Színintenzitás és színtónus vizsgálatok eredményei .....	50
5.3.1.	Pátria szalmaborok színintenzitás vizsgálata és eredményei .....	50
5.3.2.	Kékfrankos szalmaborok színintenzitás és színtónus vizsgálata és eredményei .....	51
5.4.	Polifenolok összetételének vizsgálati eredményei .....	52
5.4.1.	Pátria .....	52
5.4.2.	Kékfrankos.....	54
6.	Következtetések és javaslatok.....	58
7.	Összefoglalás .....	61
8.	Irodalomjegyzék .....	65
9.	Táblázatok és ábrák jegyzéke .....	67
9.1.	Táblázatok jegyzéke .....	67
9.2.	Ábrák jegyzéke .....	68
10.	Mellékletek.....	70

## 2. Bevezetés és célkitűzések

Az utóbbi évtizedekben számos tanulmány látott napvilágot a Földet érintő globális hőmérsékletváltozási tendenciákról. A mezőgazdaságot, így a szőlőtermesztést is jelentős mértékben befolyásolja az éves átlaghőmérséklet-növekedés, emellett az időjárási körülmények hektikus változása, kiemelten a csapadék éves eloszlása bizonytalansági tényezőként szerepel a termelés sikerességében. A globális szintű klímaváltozás fokozatosan növekvő mértékű hatással van a szőlőtermesztésre, mivel ezek a változások egyre nagyobb stresszhelyzetet idéznek elő a szőlőnövények számára. Hazánk borvidékeinek többségét is a mindinkább szárazabb és forróbb nyarak jellemzik. Ilyen klimatikus körülmények között az érésben lévő szőlőbogyókban lényeges változások mennek végbe a cukortartalom és a savtartalom alakulásának tekintetében, egy átlagos, viszonylag csapadékosabb évjárásthoz képest, – nem kis fejtörést okozva a borászoknak, hogy mikorra tervezzék a szüret időpontját. Ennek következtében egyre fontosabb szerephez jutnak azok a technológiai újítások és megoldási javaslatok, melyekkel a borászati szakma a klímaváltozás hatását próbálja ellensúlyozni.

A fenti kockázatok mérséklésére alternatív megoldást biztosíthat szalmabor készítése is: amennyiben emellett döntünk, a szélsőséges időjárási körülményeket kizárva, szabályozott körülmények között, szabályozott koncentrátságú alapanyagokból nyílik lehetőségünk kiváló minőségű borok készítésére.

Dr. Kovács Barnabás és társai évek óta folytattak kutatómunkát (2024-ig) szalmabor készítésével a MATE Cserszegtomaji Szőlészeti-Borászati Kísérleti Telepén, ehhez a programhoz csatlakoztam én is, mikor elkezdtem a szakdolgozatommal foglalkozni.

A szalmabor-készítés nem újkeletű, bár hazánkban csak egy-két pincészet foglalkozik vele, vannak olyan országok, ahol komoly múltra tekint vissza ennek hagyománya. Történeti leírások szerint az első borok a télire elrakott, szárított szőlőbogyók esszenciájából készülhettek i.e. 10 000 évvel ezelőtt. Hésziodész görög költő i.e. 800-ban említ egy ily módon készített bort, melyet ciprusi manának hívtak (KAMBAS, 2005). EPERJESI (2010) a következőképp definiálta a szalmabort: „A szárított (töppedt) szőlőből készült bor az a termék:

a) amelyet alkoholtartalom-növelés nélkül, napon vagy részleges vízelvonás céljából árnyékban hagyott szőlőből állítanak elő;

b) amelynek összes alkoholtartalma minimum 16 térfogatszázalék, és tényleges alkoholtartalma minimum 9 térfogatszázalék;

c) amelynek természetes alkoholtartalma minimum 16 térfogatszázalék (vagy 272 g/l cukor). (Mivel a természetes és az összes alkoholtartalom minimum-értékeinek előírásai egyezők, a bor teljesen natúr terméknek minősül.)”

Viszonylag kevésnek mondható azon hazai és nemzetközi szakirodalmi cikkek száma, amely a szárított szőlőből készült borok sajátosságait taglalná mind érzékszervi és mind analitikai vizsgálatok tekintetében. 2022 – ben ezért is kezdtünk el Dr. Kovács Barnabás vezetésével kutatásunkban erre fókuszálni, amikor hozzájuk csatlakoztam. Dolgozatom elkészítése során a következő célokat tűztem ki:

- *Eltérő szárítási (töppesztési) eljárással készült alapanyagok érésdinamikai vizsgálata – elsősorban a titrálható savtartalom, a pH-érték, illetve a szerves savak összetételének változása tekintetében*
- *Eltérő szárítási (töppesztési) eljárással készült alapanyagokból nyert szalmaborok finomanalitikai vizsgálatának összehasonlító elemzése - borostyánkősav, sikiminsav, fumársav tekintetében*
- *Szalmaborok készítése során alkalmazott, különböző szárítási (töppesztési) eljárások hatása a borok színintenzitására, színtónusára és a polifenolok összetételére.*

### 3. Szakirodalmi áttekintés

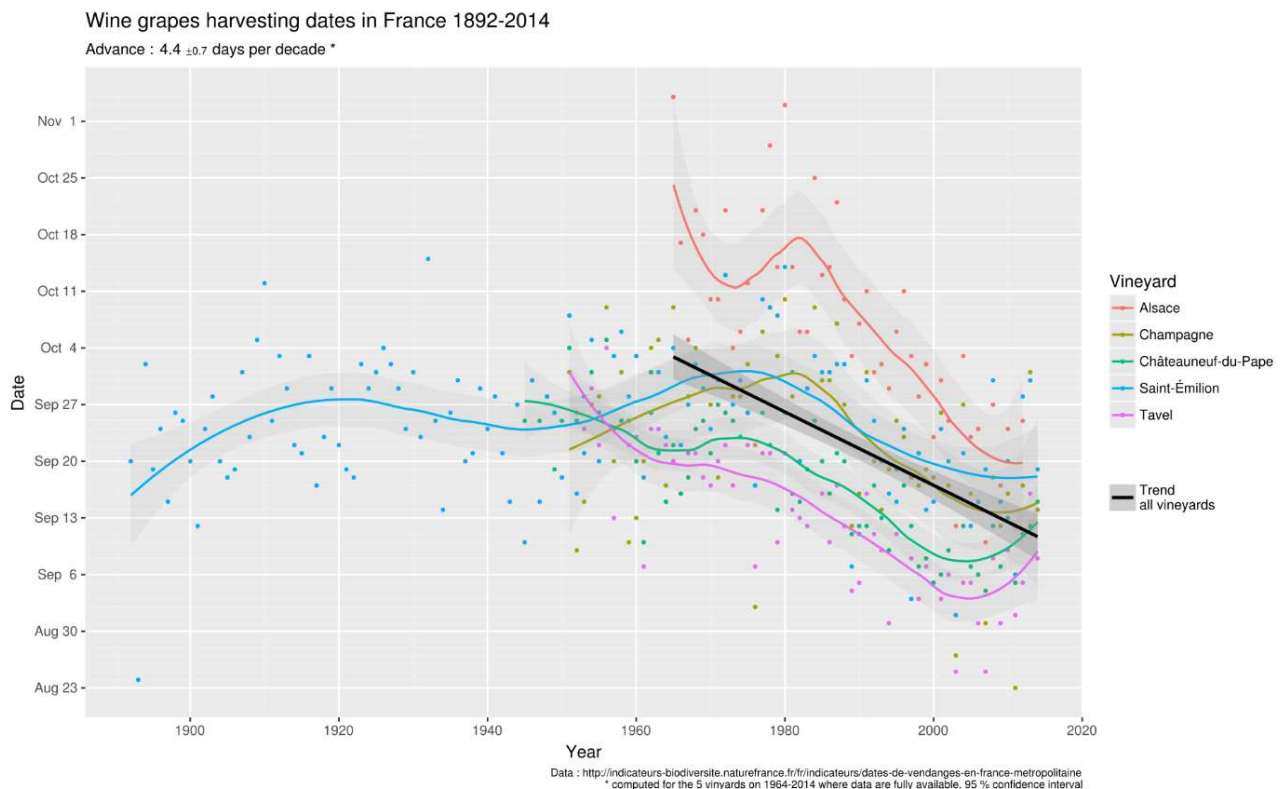
Dolgozatom szalmaborok vizsgálatával foglalkozik, azonban külön ki szeretném emelni annak fontosságát, miért is esett kutatócsoportunk választása a szalmaborok készítésére. Az alábbiakban részletezni szeretném ennek a technológiának az alapjait, valamint népszerűsítésének, illetve elterjedésének szükségességét, mint technológiai lehetőséget a már fent említett klímaváltozás ellensúlyozására.

#### 3.1. Klímatis változások

A technológiai érettség elérése, azaz a szüret időpontja egyre korábbi dátumokra tevődik, amit az elmúlt ötven év adatait vizsgálva tényként kezelhetünk. A tendenciát az **1. ábra**: A szüreti időpontok változása 1892-2014 között Franciaországban. is jól mutatja, amelyet JONES et al. (2005) készítettek 1964-2014 közötti, Franciaország 5 szőlőtermő területének szüreti- és prógnózis kalkulációk eredményeinek összehasonlításából.

**1. ábra:** A szüreti időpontok változása 1892-2014 között Franciaországban.

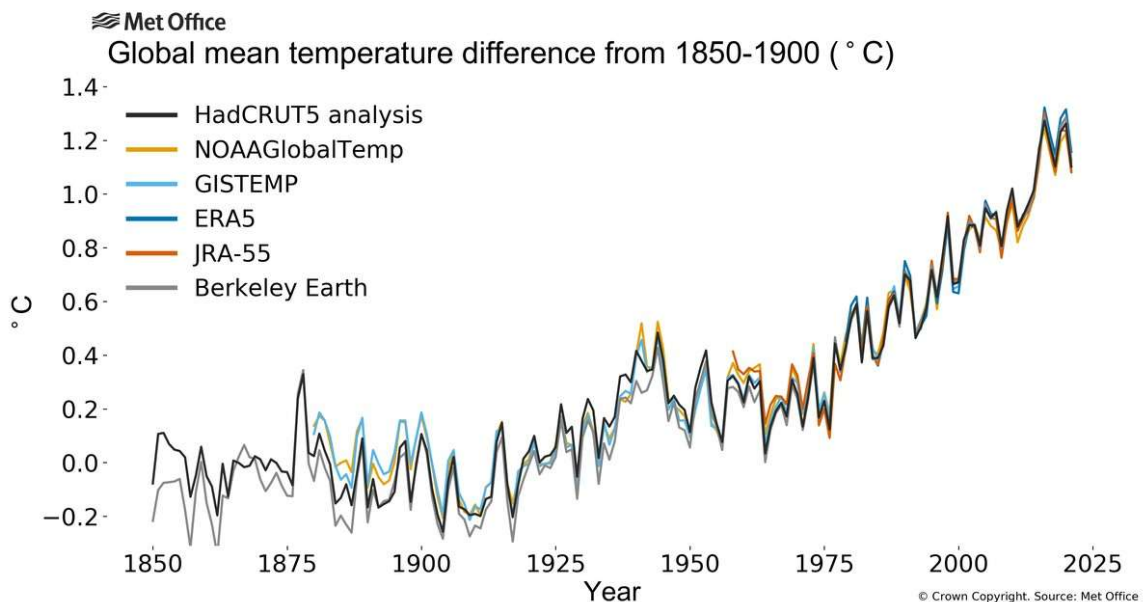
(Forrás: Jones, Gregory V.; White, Michael A.; Cooper, Owen R.; Storchmann, Karl (2005-12-01). "Climate Change and Global Wine Quality". *Climatic Change*. 73 (3): 319–343.)



A technológiai érettség eléréséhez sajnálatos módon rövidebb vegetációs időszak társul: a megfelelő cukortartalom és az optimális savtartalom, ill. összetétel a szőlőbogyókban így előbb, de egymással nem mindig harmonikus koncentrációban állnak elő, kékszőlők esetében különösen a polifenolok megfelelő érettségi szintjével pedig nincsenek mindig párhuzamban. A globális felmelegedés következtében a talaj felszínének hőmérséklete is növekszik, - melyet a **2. ábra** szemléltet.

**2. ábra:** A globális évi átlagos felszínhőmérsékletek eltérése az iparosodás (1850–1900) előtti átlagtól

(Forrás:Met Office)

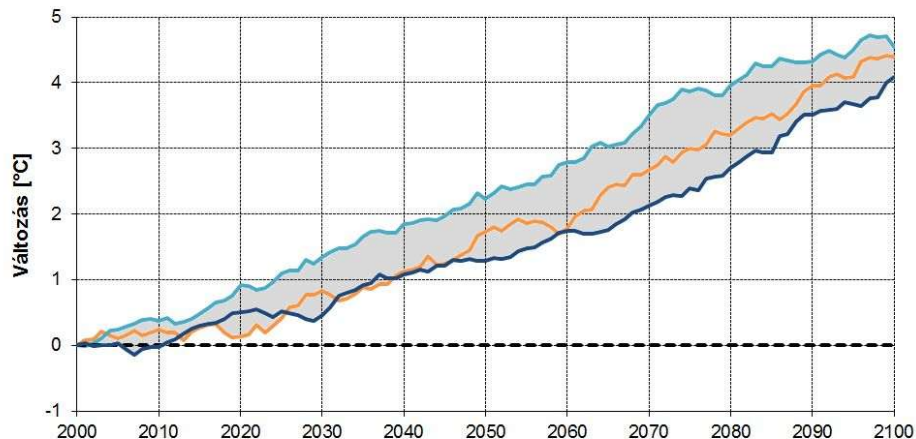


A talaj által kisugárzott hő növekszik, éjszakánként gyakorta nem tud visszahúlni, így növelve a légköri aszály kialakulásának kockázatát, ami újabb stresszhelyzetet idézhet elő a szőlőnövények számára. Nem képesek annyi vizet felvenni, amennyit a hőség és a száraz levegő miatt párologtatva elveszítene. Légköri aszály fennállása esetén a sztomák bezáródnak, a növény nem tud párologtatni, a vízháztartásában zavar lép fel, a fotoszintézis lelassul, majd leáll. Ilyenkor a növény a nedves talajból sem tudja már felvenni a számára szükséges és elégséges vízmennyiséget. A nagy hőséggel és szárazsággal párhuzamosan gyakorta jelentkezik a felhőtlen égbolt, ami akadálytalanul átengedi az UV sugárzást, újabb stresszhelyzetet idézve ezzel elő.

Az **alábbi** prognózis ugyancsak aggodalomra adhat okot a teljes hazai mezőgazdaság számára, miszerint a nyári átlaghőmérséklet 4 °C -kal növekszik a következő 75 évben.

**3. ábra:** A Magyarországi nyári átlaghőmérséklet változásának (°C) 30-éves mozgóátlaga az OMSZ-ban készített három modellszimuláció eredményei alapján. Referencia időszak: 1971–2000

(Forrás: met.hu)



A következő diagramokon a *HungaroMet* munkatársai hazánk klímaváltozásával kapcsolatos kimutatásokat taglalják. Ezek szakdolgozatom Mellékletek lesznek megtalálhatók, mivel nem kapcsolódnak szorosan kutatócsoportunk munkásságához, azonban alátámasztják a klimatikus tényezők egyre inkább hektikus változásait és rámutatnak az alternatív megoldások bevezetésének szükségességére.

A teljesség igénye nélkül: a **25. ábra** és az **26. ábra** az országos középhőmérséklet változásait szemléltetik.

A **27. ábra** és a **28. ábra** a csapadékösszegek változását írja le. Az egész évben lehullott összes csapadék mennyisége nem változik ugyan drasztikusan, az eloszlása viszont annál inkább. A csapadékos napok számának csökkenése (

**29. ábra**), a hosszabb csapadék nélküli száraz időszakok növekedése (**31. ábra**) és az átlagos napi csapadék növekedése (**30. ábra**) arra enged következtetni, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok formájában hullik le.

Az elmúlt 120 év alatt bekövetkezett, a szőlőültetvények számára ugyancsak kritikusnak mondható időjárási tényezők változásait, úgymint a forró-(**32. ábra**) és hőségnapok (**33. ábra**), ill. trópusi éjszakák számának (**34. ábra**) alakulását az alábbi diagramok szemléltetik. Megállapítható, hogy a legszembetűnőbb változás az elmúlt húsz évben következett be.

### 3.2.A klímaváltozás hatása a szőlőbogyó összetételére

A fent említett időjárási körülmények között a fokozatosan növekvő cukortartalommal párhuzamosan jelentősen lecsökkenhet a savtartalom, gátolva a harmonikus glükóz – sav arány kialakulását a szőlőben, következésképpen az alkohol – sav ideális arányát a borban. A magasabb cukorkoncentráció hatására fellépő ozmotikus viszonyok lerontják a *Saccharomyces cerevisiae* törzsek erjesztési képességét – a glükóz koncentráció emelkedésével a szaporodás sebessége és a glükóz felhasználás hatékonysága is csökken –, elősegítve a különböző vadélesztők előtérbe kerülését. A *Saccharomyces bayanus* törzsek jobban tolerálják a magasabb glükózkoncentrációt, ezek alkalmazásával kivédhetjük a vadélesztők gyorsabb felszaporodását.

A szőlőnövény viszonylag nagy alkalmazkodó képességgel bír, azonban az adott éghajlatokon eddig szelektált és telepített szőlőfajok egyedeiben a szélsőséges időjárási körülmények hatására lerövidülnek az egyes fenológiai fázisok közötti időszakok, melynek következtében a zsendülés és a termésérés hamarabb és magasabb hőmérsékleten játszódik le. Az érésben lévő szőlőbogyó különösen érzékeny az extrém magas hőmérséklet és erős napsugárzás kombinációjára, mivel a levélfelülettel ellentétben csak kis mértékben tudja hűteni magát a párologtatás révén. A bogyók cukortermelése fokozódik, ezáltal a belőlük nyert bor alkoholtartalma megnő, míg savtartalma lecsökken, így ezzel párhuzamosan a pH-értéke emelkedni fog; fontos megjegyezni, ha a bor pH-értéke  $\text{pH} = 3,8$  érték fölé emelkedik, az káros mikrobiális tevékenységek kialakulásához vezethet. Az egyre erősebb UV-B sugárzás a szárazság-stresszel kísérve növeli a bogyók kálium-, kalcium- és polifenol tartalmát, ill. csökkenti az aromaprekurzorok koncentrációját. A fenolos vegyületek felelősek a borok oxidációjáért, jelenlétük rendkívül fontos a bor jellegének kialakításában. Mivel a fenolos vegyületek a szőlőből kerülnek át a borba, miközben biológiai aktivitásukat megtartják, fontos, hogy megfelelő fenolos érettség stádiumában szüreteljünk. Összetételüket mind az alkalmazott szőlőművelési-, mind a szőlőfeldolgozási-, mind a borkészítési technológia jelentősen befolyásolja. Egyes képviselőik, mint a vörösborokban megtalálható rezveratrol, jótékony biológiai hatással bírnak antioxidáns funkciójuk révén, továbbá jelentős szerepük van a borok fehérjestabilizálásban is. Fehérborok esetében a kaftársav polifenol-oxidáz hatására vízre és kaftársav-orto-kinonra bomlik, mely közvetítőként részt vesz a fehérborok barnulási folyamataiban, mennyiségük a bogyókialakulás és zsendülés közötti időszakban az erős napsugárzás hatására nő. A szárazság-stressz következtében megnövekedett kálium- és

kalcium-tartalom a bor savtartalmát tovább csökkentheti kálium-hidrogén-tartarát és kalcium-tartarát formájában a borkő kiválása során.

### 3.3. Töppesztési eljárások

Amennyiben késői szüretelésű, túlérett szőlőből szeretnénk bort készíteni nemcsak a hátrányos időjárási körülményekkel kell számolnunk, hanem a bogyók savtartalmának csökkenésével, a kártevők és a kórokozók általi kártételekkel is. Ahhoz, hogy magasabb minőségű terméket – beleértve a természetes maradék cukortartalmú borokat is – állíthassunk elő, megfelelő cukorkoncentrátság elérése szükséges a savtartalom megmaradása mellett. Többféle töppesztési technológia alkalmazása közül választhatunk a gyakorlatban, ezeket két nagy csoportra lehet bontani (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006): *on-vine grape drying*, ill. *off-vine grape drying*. Az első csoportba tartozó technológia sajátossága, hogy a termést a szőlőtőkén töppesztik, míg az *off-vine grape drying* esetében, a szőlőt leszüretelik, majd valamilyen módszerrel szárítják a már levágott fürtöket. A hagyományos késői szüretnél valamivel alacsonyabb termesztési kockázatot biztosíthat az I. csoportba tartozó DMR technológia (Double Maturation Raisonné, másodlagos vagy kettős érlelés) alkalmazása (GYÖRFFYŃÉ et al., 2010), amit a gyakorlatban úgy valósítanak meg, hogy a szüreti időpont előtt általában 1-2 héttel a szálvesszőt átvágják, melynek hatására abszolút és relatív cukorgyarapodás fog bekövetkezni. A levágott vesszőn a még élő levelek asszimilátákat szállítanak a fürtökbe – ennek köszönhető az abszolút cukortartalom növekedése –, majd miután a leszáradt levelek egy része már lehullott, több napfény éri a bogyókat, ezáltal serkentve a töppedés folyamatát. Hátrányai közé tartozik, hogy csak hosszú metszésű (félszálvessző) vagy szálvesszős művelésmód mellett alkalmazható, abban az esetben, ha ezek a vesszők a támrendszerhez rögzítve vannak. Negatívumként említhető még, hogy a beavatkozás hatására csökken az aktív lombfelület, így a tőkék nehezebben tudnak felkészülni a nyugalmi időszakra, az azon fennmaradt vesszők beérése bizonytalanná válhat, továbbá a kezelést évről-évre megismételve romolhat az ültetvény általános kondíciója, vegetatív teljesítménye (MÁJER, 2007).

A világ számos bortermelő országának borászati tradíciói közé tartozik az *off-vine grape drying* csoportjába sorolható eljárással előállított szalmaborok készítése. Ez a módszer jellemzően a déli országokban terjedt el kihasználva a klimatikus adottságok nyújtotta előnyöket. Közülük csak a legfontosabbakat említeném, úgy, mint az észak-olaszországi *Amarone della*

*Valpolicella*, a Soave borvidéken ismert *Recioto* vagy a francia Jura borvidéken a *Vin de Paille*, a spanyolországi Jerez borvidéken a *Soleo* és a *Strohwein*, mely Ausztriában, Németországban és Svájcban terjedt el.

### 3.4.Szalmabor készítés

A klímaváltozások okozta hatások miatt mihamarabbi változtatásokat kell bevezetni mind a szőlőtermesztésben, mind a borkészítési gyakorlatban, úgymint új fajták szelektálása és telepítése, újfajta technológiai lépések bevezetése a szőlő feldolgozása és bor készítése során. Bizonyos mértékig a környezeti hatások kiküszöbölésére adhat lehetőséget a szalmabor-készítés kontrollált körülmények közötti töppesztési eljárása révén. Ezzel a technológiával ugyanis nemcsak desszertborok készíthetők, hanem kiváló minőségű száraz borok is.

A töppesztés időtartamát, módját tekintve eltérő technológiákkal találkozhatunk. A végtermék minőségét befolyásoló kulcsfontosságú tényező a szárítási folyamat, miszerint annak során semmilyen káros folyamat (kórokozók, kártevők, emberi tényezők) nem állhat fent. A kiindulási alapanyagként választott szőlőfajták bogyómérete, cukor-, és savtartalma, fürtjeinek szerkezete, tömörsége, bogyóhéj vastagsága befolyásolhatja, hogy mennyire alkalmas szalmabor készítésére (ESMAILLI et al., 2013). A szárítási folyamat történhet szalmaágyon kiterítve, a fürtöket felfüggesztve, ill. rekeszekben tárolva, napon vagy árnyékos helyen, nyitott vagy zárt térben, de minden esetben jól szellőzött helyen. A szárítás időtartama néhány héttől négy hónapig terjed általában, esetenként még azt is meghaladhatja. A száradást rendszeresen ellenőrzik, a fürtöket átmozgatva elősegítik azt. A fürtöket kézzel válogatják, a beteg, sérült bogyókat eltávolítják a kocsányról, ezzel elősegítve a törődésmentes szárítást, elejét véve a kórokozók elszaporodásának, gombás fertőzések kialakulásának, így a rothadásnak is. A sérült bogyókban fellépő mikrobiológiai tevékenységeknek köszönhetően megnőhet az illósav termelődése is. A szárítás időtartamával összhangban a bogyók tömegük 20-50%-át veszítik el a töppesztés során. Feldolgozáskor a fürtöket kézzel válogatják, a bogyók eltávolítása történhet kézi, ill. gépi úton.

### 3.5.Töppesztés során fellépő változások a szőlőbogyóban

A szőlőfürtök szárítása során a vízvesztésen és a cukor koncentrációjának növekedésén túl számos biokémiai folyamat játszódik le a szőlőbogyók belsejében. A szárítás során alkalmazott magasabb páratartalmú közeg kedvező körülményeket biztosít a nemesrothadásért felelős

Botrytis cinereának, így hasonló folyamatok lezajlását figyelhetjük meg, mint a Tokaj-Hegyaljai borvidék mikroklímáján (NEGRI et al., 2017). Azonban számos más, akár mikotoxinokat termelő gombás fertőzések megjelenését is kockáztatjuk ezzel.

A szakirodalomban leírt megfigyelések és analitikai vizsgálatok alátámasztják, hogy a töppesztett szőlőből készített borok jelentősebb mennyiségű borostyánkősavat és citromsavat tartalmaznak. A borostyánkősav a szokásos borászati technológiák mellett az erjedés során keletkezik mintegy 1,5 g/l maximális értékben (KÁLLAY, 2010). Azonban a túlérett szőlőben a Botrytis cinereának köszönhető aszúsodási folyamatok során, ill. a fent alkalmazott szárítási műveletek alatt már a szőlőbogyóban megindul ennek a savnak a képződése, ezt igazolja, hogy a belőlük készült mustok jelentősebb mennyiségű borostyánkősavat tartalmaznak.

A fokozatosan emelkedő vízhiány és a magasabb hőmérséklet következtében a szőlőbogyók belsejében az almasav koncentrációjának csökkenése figyelhető meg (ZOCCATELLI et al., 2013). A borkősav tartalom csökkenése szintén jellemző folyamata a szárítási műveletnek, amely az almasavhoz hasonlóan a kálium-ionokkal történő reakcióba lépésének lehetséges következménye. Az almasav – és a borkősav tartalom csökkenésével párhuzamosan a pH-érték valamelyest növekszik. Azonban több kutatócsoport mérései is azt igazolják, hogy a szárítás kezdeti fázisában tapasztalható titrálható savtartalom csökkenését általában enyhe emelkedés követi, az egész folyamatra nézve összességében nő a titrálható savtartalom (BELLINCONTRO et al., 2016).

### 3.6. Szalmaborok beltartalmi értékének változásai

A szárítás során számos enzim aktiválódhat, ill. halmozódhat fel a szőlőbogyóban, ez annak köszönhető, hogy a dehidratációs folyamat során drámai sejtszerkezeti változások mennek végbe. A szárítás körülményeitől, elsősorban az alkalmazott hőmérséklettől függően előfordulhat, hogy elveszítik aktivitásukat – ha napon történik a szárítás és túl magas hőmérséklet alakul ki a bogyók belsejében, ill. bizonyos esetekben hatásukat nem a szárítás során, hanem később, a feldolgozás alatt fejtik ki, mivel a sértetlen bogyók belsejében nem találkozhatnak szubsztrátjaikkal. (COSTANTINI et al., 2006). Ezeknek az enzimeknek (pl.: lipoxigenáz) a hatása, ill. a termékei (pl.: 6 szénatomos illó alkoholok és aldehidek) megtalálhatóak lesznek a fermentáció során. A szőlőben az illékony fenolok a sikiminsav úton képződnek, egyes enzimjei fénystiumláltak, melyek eltérő aktivitást mutatnak napon ill.

árnyékban történő szárítás során. Ezeknek a vegyületeknek – 4-vinil-fenol, 4-vinil-gvajakol, eugenol és a szintén sikiminsav úton szintetizálódó 2-fenil-etanol – koncentrációját a fermentációhoz alkalmazott élesztők is befolyásolhatják. A terpenoidok arányát és azok koncentrációját a külső környezeti hatások már kevésbé tudják befolyásolni, miután a szőlőfürtöt levágták (COSTANTINI et al., 2006) – az érés során a napfény hiánya, ill. a magas hőmérséklet negatívan hat a szabad terpenoidok koncentrációjára.

### 3.7.A borok szerves savai és meghatározási lehetőségei

A borok ismert kémiai összetevői az azonosítási módszerek fejlődése következtében igen nagyszámú egyedi vegyületet foglalnak magukba. Az elmúlt évtizedekben számos olyan illékony vegyület szerkezetét azonosították, amelyek a borokban előforduló igen kis koncentrációjuk ellenére is hatással vannak érzékszerveinkre. Ugyanakkor, a fő alkotórészek közül, legyen akár illó, akár illékony vegyület, csak igen keveset vizsgálnak rutinszerűen. Minden bor alapvető és meghatározó szerepet betöltő kémiai anyaga egy szerves savakból álló vegyülethalmaz, amelynek illó és illékony tagjai is vannak. A következőkben mindazon szerves savakat és azoknak a borok végső karakterét kialakító szerepüket elemzem, melyek vagy a szőlőből, mint alapanyagból, vagy az erjedés, ill. az érlelés szakaszában kerülnek a végtermékbe, a borba. A borok szerves savai megjelenési formájuk szerint illékonyak és nem illók. Minden olyan sav, mely egy, vagy több karboxil csoportot tartalmaz, függetlenül az alapváztól, szerves savnak tekintendő. A borokban előforduló szerves savak csoportosítása több szempont szerint történhet, pl.:

- illó – nem illó,
- aromás gyűrűs – egyenes szénláncú,
- heteroatomos – csak C, H, O-atomokat tartalmazó,
- szőlőnövényből származó – erjedés és érlelés során keletkező.

Az alábbiakban kizárólag ez utóbbi csoportosítás néhány tagjával foglalkozok, kiemelve azok technológiai és érzékszervi szerepét. A szőlők és borok kémiájának részletezése során, de leginkább az összetétel kémiai analízisekor, általában a nagyobb koncentrációjú szerves savak kerülnek a fókuszba. Ezeknek a szerves savaknak a meghatározási módszerei egyszerűek, legtöbbjük klasszikus kémiai analízissel, illetve az utóbbi évtizedekben enzimatis analízissel kvantitatív módon meghatározható.

A bor nem illó szerves savai: borkősav, almasav, citromsav, borostyánkősav, tejsav. A savtartalom fő részét a borkősav és almasav képezi. Ezeken kívül számos más szerves sav is kimutatható a borokban igen kis mennyiségben vagy nyomokban. Ezek nem is játszanak jelentős szerepet a borok összetételében, életében. Szerves savak közül a glikolsav és a glicerinsav is kimutatható, a nemesrothadáson átesett szőlőkből származó mustokban jelentős mennyiségű glükonsav is található. A Botrytis cinerea hatására akár 2 g/l koncentrációban glükonsav és kb. 100 mg/l mennyiségű glükuronsav termelődik, ezek a savak glükózból a szőlőben és az erjedés alatt keletkeznek – bizonyos esetekben szalmabor készítése során is. Ugyancsak kis mennyiségben szintetizálódik a galakturonsav és az oxálsav is. Technológiai szempontból fontos megemlíteni a nyálkasavat is, miszerint a hosszabb ideig érlelt, nemesrothadáson átesett borokban nyálkasavas kiválásokat idézhetnek elő annak kalciummal képződő kristályai. A nyálkasav a Botrytis cinerea hatására, de nem általa képződik, mivel az a keletkező galakturonsav enzimes oxidációjának a terméke, koncentrációja elérheti akár a 2 g/l-es mennyiséget is. A jellegzetes, tűs kristályokban kiváló nyálkasav egészséges szőlőből készült borban nem található, ill. erjedés során nem keletkezik, az csak a szőlőből kinyert mustból kerülhet a borba. A legtöbb borból pár milligrammos mennyiségben kimutatható még a fumársav, a 2-hidroxi-glutánsav, a malonsav, ill. akár 300 mg/l mennyiségben a citramálsav is – ezt az élesztő ecetsav és pirooszőlősav kondenzációjával szintetizálja (EPERJESI et al., 2000). Elmondható tehát, hogy a bor savainak egy része a mustból kerül át a borba, más részük az erjedés folyamán képződik. A szőlőben, ill. annak mustjában a teljes érettség elérése előtt az almasav, majd azt elérve pedig a borkősav van túlsúlyban. A savak felelősek a bor savasságáért, de a savérzet kialakítását más komponensekkel együttesen biztosítják. A borokat különböző kategóriákba sorolhatjuk savasságuk, azaz a mért pH-értékük szerint, ezt az **1. táblázat** összegzem.

**1. táblázat:** A borok pH-érték szerinti besorolása

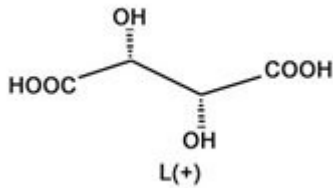
(Forrás: KÁLLAY, M. (2010): *Borászati kémia – Mezőgazda Kiadó*)

Érzékszervileg észlelt savasság	pH
Túl kemény, vadsavanyú bor	2,70 — 3,00
Kemény bor	3,00 — 3,25
Normál, átlagos savas bor	3,25 — 3,45
Lágy bor	3,45 — 3,65
Nagyon lágy bor	3,65 — 3,90
Túl lágy, ízetlen bor	3,90 — 4,10

A bor savtartalmának optimális arányban kell lennie a bor többi alkotójával ahhoz, hogy harmonikus összbenyomást keltsen. A savtartalom mennyisége a bor fajtájától, a szőlő érettségi fokától és a borkészítés technológiájától függ. A bor tulajdonságai és a benne lejátszódó folyamatok nagy része függ a savtartalomtól. A savtartalom azonban egyértelműen nem fejezi ki a bor valódi savasságát. A bor titrálható savassága (aciditása) csupán a benne lévő savak mennyiségét adja meg, az oxónium-ion koncentráció, pedig a savak erősségét, amit a pH-értékkel tudunk kifejezni. Mivel a borban egyidejűleg többféle sav fordul elő, melyek disszociációs foka eltér egymástól, ezért potenciometriás titrálással azok erőssége külön-külön nem határozható meg, de a borban uralkodó sav-bázis egyensúly kifejezésre jut. A bor savai és azoknak a borban található egyéb összetevőkkel képzett sói együttesen pufferhatást fejtenek ki, meghatározva a sav-bázis egyensúlyok időbeli kialakulását. A savösszetevők minőségi- és mennyiségi alakulása a borok minőségét befolyásoló tényezők egyike. Részt vesznek az üledékképzési folyamatokban, hozzájárulnak az aromaprofil kialakulásához az oxidációs, redukciós, (egyszóval a redox reakciók) vagy az észterképződési reakciók révén.

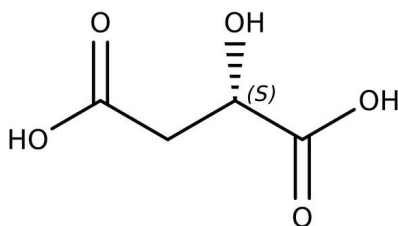
A borokban előforduló, igen nagy számú, sok esetben többértékű savak mennyiségének külön-külön meghatározása titrimetriás módon nem valósítható meg, de nincs is erre szükség. A meghatározások során azon savak összességét határozzuk meg, amelyek erős lúggal titrálva gyengén lúgos közegű ekvivalencia ponttal bírnak, és az egyszerűség kedvéért, illetve a könnyebb kezelhetőség miatt úgy tekintjük, mintha az összes sav csak borkósav lenne. A borok üdeségét ízvilágát jelentősen befolyásoló savtartalom kívánatos értéktartománya általában 4-7 g/l borkósav egyenértéknek tekinthető. Ettől alacsonyabb érték esetén szükség lehet savpótlásra, magasabb érték esetében pedig savtompításra. Feltétlen figyelembe kell venni a Bortörvény ide vonatkozó előírásait. Alapvetően azon borkészítmény, amin savtompítást kellett végrehajtani, későbbiekben savnövelés nem alkalmazható! A savtompítás hatására viszont a bor jellegtelenné válhat, üres lehet.

## L-Borkósav



A bor jellegzetes és legfontosabb sava. A bor pH-értéke nagymértékben függ a borkósavtartalomtól, nagy mennyiségben azonban a bort keménnyé teszi. A szőlőből származik, maximális mennyiségét a must borkósavtartalma szabja meg, mert az erjedés és ászkolás alatt koncentrációjuk már csak csökken. Túlságosan meleg évjáratokban vagy késői szüret esetén a mennyisége jelentősen kisebb. Viszonylag jól ellenáll a lebontó tevékenységű baktériumoknak, nehézfémekkel komplex vegyületeket képez. A borkósavnak két olyan sója van, amelynek oldhatósága kicsi s ezáltal normálisan kiválnak a borból, borkőnek nevezett üledéket képezve – ezek oldhatósága az alkoholtartalomtól, a hőmérséklettől és a pH-értéktől függ. Ez a két só a savas kémhatású *kálium-hidrogén-tartarát* (kálium-bitartarát, borkő) és a semleges *kalcium-tartarát*. A borkósav nehézfémekkel (vas, réz) komplex vegyületeket képez. A borkósav mennyisége az említett körülményektől függően erősen változhat: jellemzően 1 és 5 g között literenként, kivételesen nagyobb értékek is előfordulhatnak.

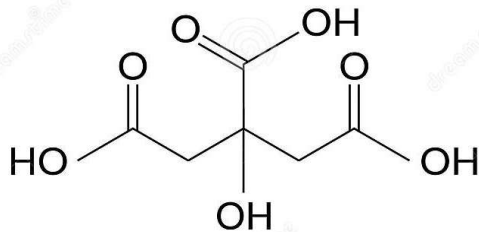
## L-almasav



A növényvilágban legelterjedtebb szerves savak egyike, sok gyümölcs legfontosabb sava. A borban az almasav mellett annak neutrális és savanyú sói is megtalálhatók. A szabad almasavtartalom és kötött sóinak aránya százalékosan kifejezve hozzávetőlegesen 80 – 20%. Az alkoholos erjedés során a borélesztők jelentősen lecsökkentik mennyiségüket. A fiatal borok és a hideg nyarú évjáratok borainak nyersessége az almasavnak tudható be. A malolaktikus fermentáció során a bor almasav tartalma átalakul tejsavra és szén-dioxidra.

Mivel a keletkező tejsav gyengébb és általában 134 g almasavból csak 90 g tejsav képződik, ezért a folyamat során a bor összes savtartalma csökken, illetve a savbomlással arányosan a pH-érték emelkedik. Az L-almasav biológiai lebomlása, melyet malolaktikus fermentációnak nevezünk, a legfontosabb biológiai folyamat az alkoholos erjedést követően, – elsősorban a vörös borok esetében. Az, hogy az almasavbomlás során milyen metabolitok keletkeznek, függ a bor fajtájától, a tejsavas baktériumok típusától. A keletkező termékek mennyiségétől nagyban függenek a kialakuló új aromák összetevői. A borok almasavtartalma nagyon különböző, még ugyanazon boroké is, ha fejlődésüknek különböző időszakában vizsgálják, ezáltal mennyiségük csak széles határok között adható meg: 0–8 g/l.

### Citromsav

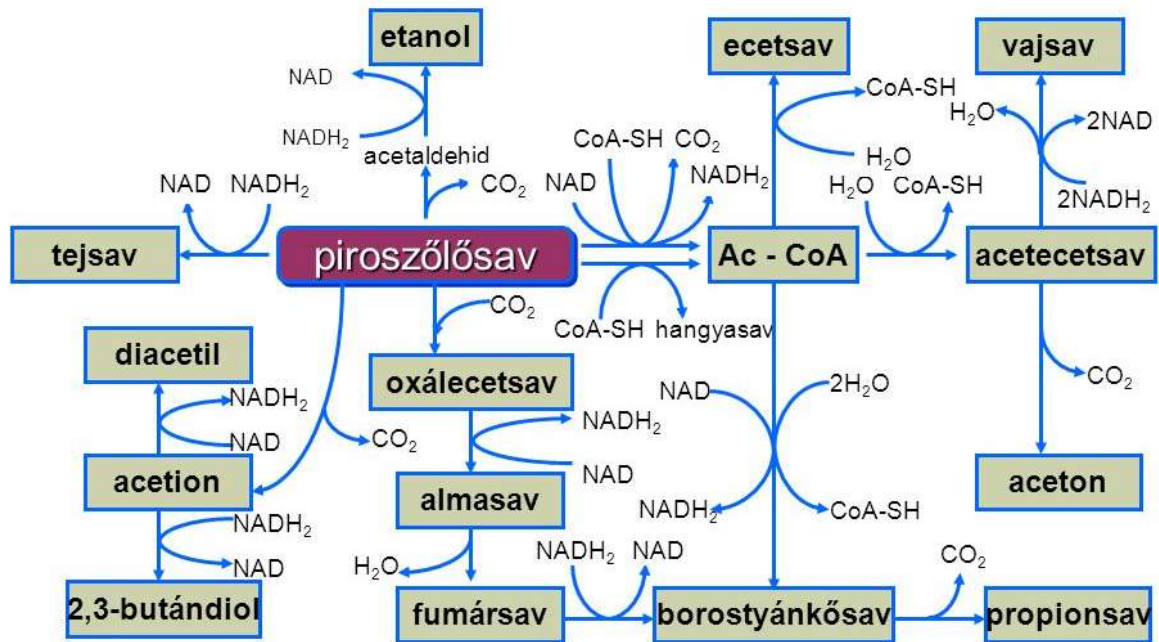


Kis mennyiségben a szőlő és a bor természetes alkotórésze. A botritiszes szőlőből származó mustok 1 g/l citromsavat is tartalmazhatnak. Vörösborokban kevesebb a citromsav, mint a fehérekben. A borkősav után a bor második legerősebb sava, mely az összes savtartalomnak csak 1-2%-át teszi ki. Komplexképző tulajdonsága révén meggátolja a bor Fe(III)-ionok által okozott vasas törését. Az ászkolás folyamán a citromsavtartalom lecsökken, a malolaktikus erjedéssel párhuzamosan a baktériumok csaknem teljes mértékben elfogyasztják, amelyből diacetil, illetve illó savak keletkezhetnek. A keletkező diacetilt a baktériumok képesek tovább redukálni, ezáltal különféle aromaanyagok prekursorai állhatnak elő.

A borban előforduló és az erjedés során termelődő összetevőket, ill. azok lehetséges képződési útjait a **4. ábra** szemléltetem.

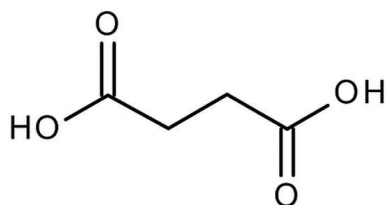
**4. ábra:** Másodlagos erjedési melléktermékek képződési lehetőségei piroszőlősavból

(Forrás: *Élelmiszerteknológia alapjai*,(2008), <https://slideplayer.hu/slide/2194963/>)



### 3.7.1. Erjedés során képződő jellegzetesebb savak

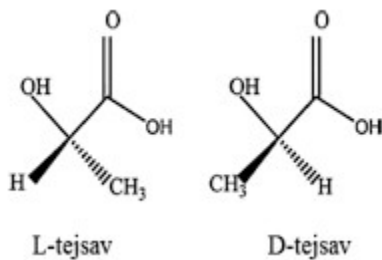
#### Borostyánkősav



A borostyánkősav a bor leggazdagabb ízzel rendelkező sava. Jellegzetes, komplex sós—keserű—savanyú ízével hozzájárul az ún. boríz kialakulásához. Kémiaailag kétbázisú sav, melynek sói a borban oldott formában is megtalálhatóak. Az alkoholos erjedés másodlagos terméke, az élesztőtörzsek állítják elő: képződhet piroszőlősavból, két molekula Acetil-CoA oxidatív kondenzációja során, ill. glutaminsavból is, de elenyésző mennyiségben. A képződött borostyánkősav mennyisége 0,5 - 1,5 g/l koncentrációtartományban változik az erjedés körülményeitől függően. Ez a borostyánkősav-tartalom meg is marad a borban. Esetleges

dekarboxileződése során propionsavvá alakul, normál erjedési körülmények között azonban csak nyomokban mutatható ki. A borostyánkősav előfordulhat mustokban is, amennyiben az nem teljes érésben lévő vagy mikroorganizmusok (pl.: *Botrytis cinerea*) által ferőzött szőlőből származik.

### Tejsav



Aszimmetrikus szénatomot tartalmazó, optikailag aktív szerves sav. Három izomerje van, a balra forgató D(-)-tejsav, a jobbra forgató L(+)-tejsav, ill. ezen kettő 1:1 arányú racém keverékeként, az optikailag inaktív DL-tejsav. A borban levő tejsav a két, optikailag aktív tejsav keveréke. A D(-)-tejsav alkoholos erjedés alatt képződik cukorból, kb. 1 g/l-nyi mennyiségben. Minden bor normál alkotórésze. A biológiai savcsökkenés során almasavból nagyobb mennyiségű tejsav (L(+)) képződhet az almasav koncentrációjától és a malolaktikus erjedés lefolyásától függően, 5 g/l-ig. Ez a folyamat a vörösborokban különösen kedvező, mivel nemcsak zamatképző hatású, hanem a bor lágyulását is eredményezi. Kellemesen savanyú ízű. Tejsav azonban képződhet különböző baktériumos tevékenységek hatására, borbetegségeknél (mannitos erjedés, megfordulás, glicerinerjedés) a cukrok, illetve a borkősav lebontása révén. A tejsavról elmondhatjuk, hogy az a bornak azon sava, amelynek koncentrációja az erjedéstől kezdve állandóan nő akár természetes folyamatok (malolaktikus erjedés), akár borbetegségek révén. Kivételt képeznek az állandóan kénezett borok, amelyeknek kénessavtartalma meggátolja mind a malolaktikus erjedés, mind a különböző bakteriális folyamatok lejátszódását, így az erjedés alatt keletkezett kb. 1 g/l tejsav koncentráció változatlan maradhat az ászkolás során.

### 3.7.2. Egyéb szerves savak

A tárgyalt szerves savakon kívül a borokban számos más sav kimutatható nyomokban, pl. **glikolsav** (CH<sub>2</sub>OH-COOH), **glioilsav** (CHO-COOH), **mezoxálsav** (COOH-CO-COOH), **glicerinsav** (CH<sub>2</sub>OH-CHOH-COOH), **szacharinsav** (COOH-(CHOH)<sub>4</sub>-COOH). Ezeknek azonban nincs lényeges

borászati jelentőségük, mennyiségük elhanyagolható. Alacsony töménységük ellenére viszont nem jelenthetjük ki egyöntetűen, hogy funkciójuk a borban lejátszódó valamennyi folyamatnál nélkülözhető.

**Glükonsav:**  $\text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_4-\text{COOH}$  Egybázisú sav, a glükózból származik, az aldehidgyök oxidációja révén. A penészeknél igen elterjedt enzim, a glükóz-oxidáz idézi elő ezt az oxidációt. Mivel nem erjeszthető, a glükonsav teljes mennyiségében megtalálható a borban is. A glükonsav jelenléte azt bizonyítja, hogy az édes bor nemesrothadású szőlőből származik. A teljesen egészséges szőlőkből szűrt mustok és borok csak igen kevés (max. 120 mg/l) glükonsavat tartalmaznak. A nemesrothadáson átment szőlőből származó, természetes, édes csemegeborok egészen 2,5 g/l-ig terjedő mennyiségben tartalmazhatják.

**Glükuronsav:**  $\text{CHO}-(\text{CHOH})_4-\text{COOH}$  Szintén a glükózból származik, hasonló körülmények között keletkezik, mint a glükonsav, csak kisebb mennyiségben. Nemesrothadáson vagy rothadáson átment szőlő mustjából származik. Az élesztő nem bontja, ezért teljesen átkerül a borba, ahol 0,4–1,25 g/l mennyiségben kimutatható. Ezzel összefüggésben állhat a rothadt szőlőből készült borok normálisnál nagyobb redukálóanyag-tartalma. A glükonsav és a glükuronsav is optikailag aktív, jobbra forog, ez magyarázza a rothadt szőlőből származó borok jobbra forgató képességét.

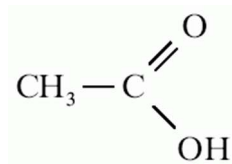
**Fumársav:**  $\text{COOH}-(\text{CH})_2-\text{COOH}$  Telítetlen dikarbonsav transz – (Z) – izomere. Erjedés során almasavból keletkezik, amely nagyrészt borostyánkőssavvá alakul tovább, így csak pár milligrammos mennyiségben marad jelen. Jellegzetes gyümölcsös, savanykás íze van, hozzájárul a bor savszerkezetének kiegyensúlyozásához.

**Sikiminsav:** Kísérleti eredmények bizonyítják, hogy a különböző termesztési technológia, a terhelési módok (rügyterhelés szabályozása, fűrtválogatás stb.) nagyban befolyásolják a borban található koncentrációját. Mennyiségük a szőlő fajtájától függően 200 mg/l -ig változhat, de befolyásolja a borászati technológia is a szőlő érettségi állapota, azaz a szüret időpontjának megválasztása révén. A borokban mérhető sikiminsav mennyiségét a héjon erjesztés annak időtartamával arányosan növeli (SZŐKE, 2016). Olasz kutatók szerint (BERTELLI et al., 2006) a sikiminsav a kvercetinrel együtt a fehérborok pozitív élettani hatását erősíti. A sikiminsav az aromás aminosavakon túl a flavonoidok, a tanninok, valamint a galluszsav prekurzoraként is fontos biokémiai folyamatokban vesz részt.

## Illósavak

Az illósavak jelentős részét a borban az ecetsav és a hangyasav képezi. Míg a hangyasav az erjedés során képződik, és mennyisége a borban nem több, mint 0,1 - 0,2 g/l, addig az ecetsavnak csak egy része keletkezik az alkoholos erjedés során — acetaldehidből az aldehidgenáz enzim katalitikus hatására oxidálódik ecetsavvá — és mennyisége az összes illósav-tartalom 95%-át teszi ki. A borban az ecetsav képződése a fermentációval nem szűnik meg, de csak a megfelelő közeg kialakulásakor indul meg újból: a mikroorganizmusok tevékenységét nem gátló közeg, pl. oxigén és alacsony kén-dioxid tartalom melletti magas cukortartalom és kevésbé savas közeg (pH-érték: 3,2 - 3,8) hozzájárul további képződéséhez. Ugyanakkor az alkohol gátló hatású a kontamináns mikroorganizmusokra a hőmérséklet függvényében: az alacsony alkoholtartalmú bor alacsony hőmérsékleten.

## Ecetsav



Éles, szúrós-szagú folyadék, forráspontja 118,1 °C. Ecetsav egészséges mustokban csak nyomokban mutatható ki, rothadó, penészes mustokban azonban néhány tized g/l, kivételes esetekben több is keletkezhet. Az ecetsav a tejsavas és ecetsavas baktériumok tevékenysége során keletkezik. Képződésük függ a közeg pH-értékétől és a fermentáló baktériumok fiziológiai állapotától. Az erjedés folyamán mindig keletkezik ecetsav, például a cukorból képződött acetaldehid diszmutációja révén. Már az erjedés elején megjelenik, maximumát akkor éri el, amikor a cukor fele kiejert, utána képződése lassan csökken. Az erjedés alatt, az élesztők tevékenysége folytán képződött ecetsav mennyisége függ az erjedés körülményeitől, de normál erjedéseknél rendszerint nem haladja meg a 0,6–0,8 g/l -t. Az ecetsavas baktériumok az alkoholt ecetsavvá oxidálják: — a *Glukonobacter* fajok végtermékként, az *Acetobacter* fajok az ecetsavat képesek tovább oxidálni szén-dioxiddá. Az ecetsavas erjesztő baktériumok légzésükhöz a légköri oxigént hasznosítják. Oxigénigényük biztosítására a bor felszínén, mint folyékony táptalajon hárttyát képeznek. Tápanyaguk a cukor és az alkohol, a légzés alapanyaga az etil-alkohol. A kémia reakció enzimek által katalizált. A bor maximálisan megengedett illósav-tartalmát a Bortörvény szabályozza. A megjelölt felső határérték fölött a bort fogyasztásra alkalmatlannak kell tekinteni. Tekintettel arra, hogy az

illósavak túlnyomó része ecetsav, ilyen esetben a bor érzékszervileg is kifogásolható. Az illósavas borokban az ecetsavval párhuzamosan ecetsavas-etilészter is képződik, ez utóbbi hat kellemetlenül az erősen illós borokban. Az illósav mennyisége a borban ritkán állandó, általában az idő előrehaladtával növekszik, csökkentésére kizárólag alacsony illósav-tartalmú borral való elhazásítás nyújthat lehetőséget. Az egészséges bor maximálisan megengedett illósav tartalma 1,2 g/l ecetsavban kifejezve (fehér- és rozéborok esetében literenként 18 milliekvivalens, vörösborok esetében 20 milliekvivalens, Tokaji borkülönlegességek esetében 25 milliekvivalens (1,5 g/l). Az ecetsav koncentráció emelkedéséhez az alábbi folyamatok vezetnek:

- Ecetsavas erjedés
- Borkősav-glicerín erjedés (borkősavbontás)

Igen kis mennyiségben azonban egyéb illó savak is jelen lehetnek a borban, a baktériumos elváltozások esetén nagyobb mennyiségben is.

**Hangyasav:**  $\text{H-COOH}$  Éles szagú folyadék, forrpointja  $100,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kis mennyiségben,  $50\text{ mg/l}$ -ig mindig kimutatható a borokban, alkoholos erjedéskor képződik, mint a leucin bomlásterméke.

**Propionsav:**  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$  Színtelen, csípős, kellemetlen szagú folyadék, forrpointja  $141,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , egészséges borok csak nyomokban tartalmazzák, anaerob baktériumok által megtámadott, beteg borokban, főleg a megfordulásnál, nagyobb mennyiségben is keletkezhet, akár az illósav-tartalom 30%-áig

**Vajsav:**  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$  Kellemetlen, avas vajszagú folyadék, forrpointja  $163,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , nyomokban, legfeljebb  $10\text{--}20\text{ mg/l}$  mennyiségben egészséges borokban is kimutatták. Beteg, tejsavas erjedésű borok nagyobb mennyiséget is tartalmazhatnak. Magasabb rendű (5–17 szénatomosak) zsírsavak is előfordulhatnak a borokban – igaz csak nyomnyi mennyiségben, azonban a borászati szempontból jelentőséggel bíró, igen kis koncentrációjú észterek, illat- és aromaanyagok képzésénél szerepet játszanak. Az ún. későiszüretelésű – magas cukortartalmú – mustok erjesztésére ajánlott speciális fajlesztők alkalmazása esetében az erjedés után közvetlenül mért illósav-koncentráció sok esetben meghaladja az előírt határértéket, jóllehet érzékszervileg nem érezhető. Ezek az élesztők relatíve nagy koncentrációban képeznek magasabb rendű (C6, C8, C10) zsírsavakat, amelyek a meghatározási módszer körülményei között illósavként jelentkeznek. Az érlelés során az észtereződési reakcióknak köszönhetően már nem befolyásolják számottevően az illósav-értéket.

### 3.8. Polifenolok az aromaképzésben

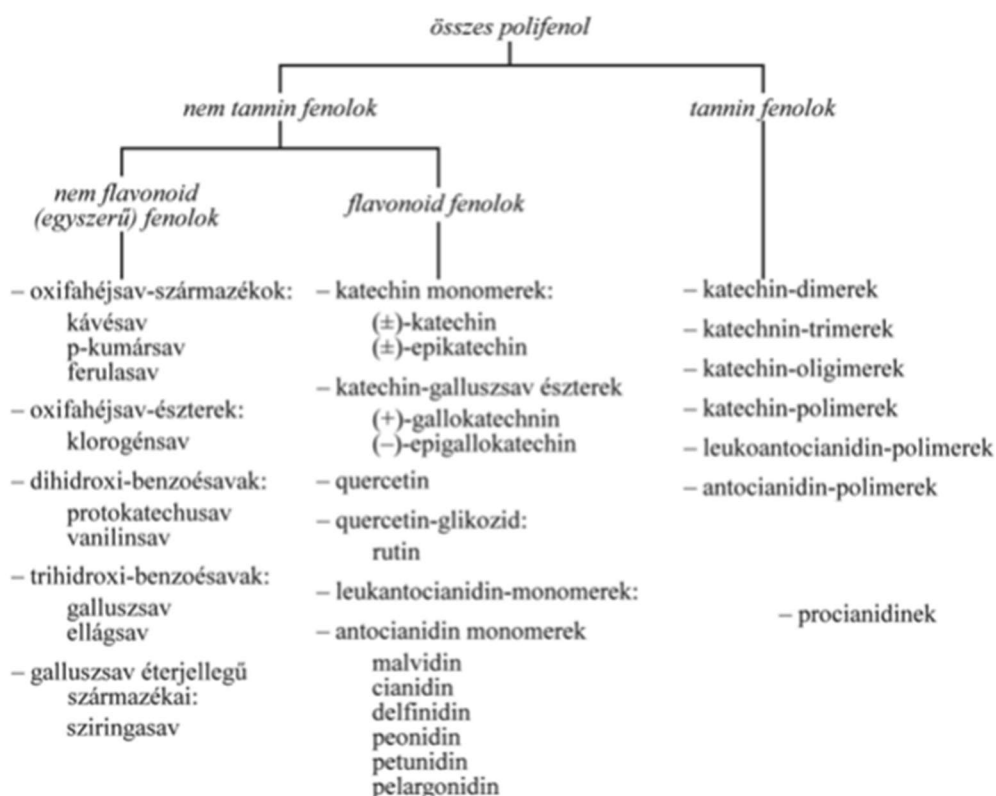
A szőlő és a belőlük nyert must polifenol vegyületeit kétféleképpen csoportosíthatjuk: kémiai szempontból, ill. a borban észlelt tulajdonságaik alapján, miszerint az alábbi négy csoportot különböztetjük meg:

- Flavonok
- Fenolsavak
- Antocianinok
- Tanninok

A **5. ábra** a fenolos vegyületek PERI és POMPEI (1971) szerinti kémiai csoportosítását mutatja be.

**5. ábra:** Fenolos vegyületek csoportosítása Peri és Pompei alapján, 1971

(Forrás: *Borászati kémia, Kállay, 2010*)

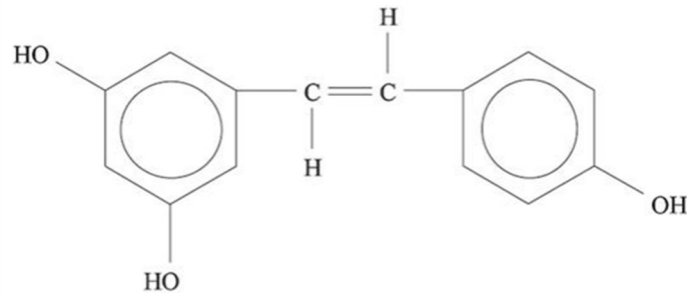


A **nem flavonoid-fenolok** (fenolsavak) főként észterek formájában csaknem kizárólag a bogyóhúsban találhatóak. Jellemzőjük a kevésbé összehúzó íz. A borban található benzoésav-származékok feltételezhetően az antocianinok bomlástermékei. A fahéjsav származékok

előfordulhatnak szabad-, ill. acilezett formában (acilezett antocianinok). Külön említést érdemel az ebbe a csoportba tartozó *rezveratrol* (**6. ábra**), amely a stilbének családjához tartozó fenolos vegyület

**6. ábra:** Rezveratrol – 3,5,4'-trihidroxi-transz-difenil-etilén

(Forrás: *Borászati kémia, Kállay, 2010*)



Különleges élettani hatása szív és érrendszeri betegségek elleni védőhatásában nyilvánul meg. Koncentrációja, mely nagyban függ a szőlő feldolgozásának technológiájától, a vörösborokban magasabb, mint a fehérborokban, jellemzően 0,5-5 mg/l). Fontos szerepet játszik a szőlőnövény patogén kórokozókkal szembeni természetes védekező mechanizmusában. Elsősorban a bogyó héjszerkezetében halmozódik fel (CREASY és COFFEE, 1988).

A **flavonoid-fenolok** (nem tannin-flavonoidok) csoportjába tartoznak a katechin, leukoantocianin és az antocianin monomerek. Ezen monomerek különböző fokú polimerizációja során előállt makromolekuláiból épülnek fel a procianidinek. A procianidineknek kiemelkedő szerepük van a borminőség meghatározásában a stabilitási – és érzékszervi tulajdonságok kialakításában betöltött szerepük révén.

A szőlő kiemelkedően gazdag flavonoid vegyületekben; ezen vegyületek jellemző kémiai sajátossága, hogy könnyen oxidálhatók és különböző fémionokkal komplexeket alkotnak – ennek jelentősége a fémes törések megakadályozásában is megnyilvánul, továbbá könnyen reakcióba léphetnek a fehérjékkel, illetve egyéb polimerekkel, mint pl. a poliszacharidokkal is. Antioxidáns hatásuk részben annak köszönhető, hogy a különböző oxidációs folyamatokat katalizáló fémionokat kelátkomplex képződése közben megkötik. Redukálóképességük révén, mely az alapváz telítetlenségének, ill. az eltérő számú és helyzetű hidroxil-csoportnak köszönhető, kiemelten fontos szerepet játszanak a bor redox-potenciáljának kialakításában és a redukcióval – oxidációval járó folyamatokban. Sajátos kémiai tulajdonságuk a polimerizációra való hajlam kondenzációs reakcióik révén.

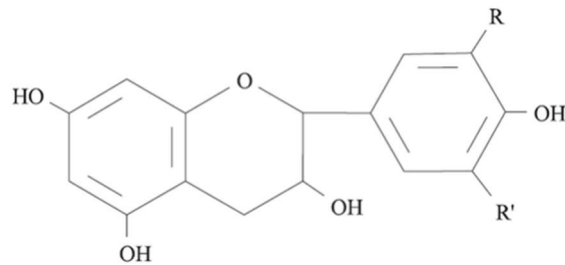
A **katechinek** a flavanol-3 alapvázú vegyületek közé tartoznak (**7. ábra**). Az alapváz két asszimetriacentrummal rendelkezik.

Katechin:  $R=OH, R'=H$

Gallokatechin:  $R=R'=OH$

**7. ábra:** Katechinek (3-flavanolok) szerkezeti képlete

(Forrás: Borászati kémia, Kállay, 2010)

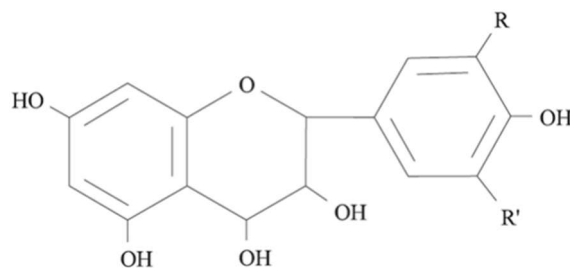


A szőlőben csak a (+)-katechin (transz izomer) és a sztereoiszomerje a (–)-epikatechin (cisz izomer) fordul elő. A bor P-vitamin-aktivitása a katechin koncentrációjával egyenesen arányos, ami az öregedési folyamatok során fokozatosan csökken.

A **leukoantocianinok** (3,4-flavandiolok) a flavan-3,4-diol alapvegyület hidroxilezett származékai, ezek szintelen vegyületek (**8. ábra**)

**8. ábra:** Leukoantocianinok (3,4-flavandiolok) szerkezeti képlete

(Forrás: Borászati kémia, Kállay, 2010)



Leukoantocianidin:  $R=OH, R'=H$

Leukodelfinidin:  $R=R'=OH$

Leukomalvidin:  $R=R'=OCH_3$

Leukopetunidin:  $R=OCH_3, R'=OH$

Leukoponidin:  $R=OCH_3, R'=H$

Leukopelargonidin:  $R=R'=H$

Alkoholos sósavval melegítve vörös színű antocianin-kloriddá alakulnak, ezen vegyület kvantitatív mérésén alapul meghatározási módszerük is. A leukoantocianidin és kondenzációs

terméke, a tannoid alkotják a borcserzőanyag, az *önotannin* legnagyobb részét (BATE-SMITH és SWAIN, 1963), ezáltal fontos szerepet játszanak a bor zselatinnal történő derítésében. Érzékszervi tulajdonságuk, összehúzó ízük mértéke polimerizációs fokuk függvényében változik. Fontos szerepet játszanak az óborok színének kialakításában azáltal, hogy az öregedési folyamatok során a tanninok polimerizációs foka nő (GLORIES, 1976), továbbá mennyiségükkel arányos a borok P-vitamin-aktivitása. Antioxidáns hatásukat azáltal fejtik ki, hogy a belőlük képződő antocianidinek köztes vegyületekként vesznek részt a borokban lejátszódó redoxfolyamatokban, megvédve így azokat az oxigén káros hatásától. Vörösborkban nagyobb mennyiségben fordulnak elő, 2 g/l körüli koncentrációban.

A flavonoidok elsősorban a bogyó héjában, a fűrtkocsányban és a szőlő magvaiban fordulnak elő, főként monomer állapotban, kisebb mennyiségben dimer és trimer alakjuk is kimutatható. Korszerű szőlőfeldolgozási technológiák alkalmazása révén elérhető, hogy fehérborok esetében a flavonoid-fenolok koncentrációja 200 mg/l alatt, illetve vörösborknál is megfelelő szinten maradjon. Nagyobb mennyiségben hozzájárulnak a bor fenolos anyagainak változásához, mellyel összefüggésbe hozható a barnulási hajlam és a nem megfelelő érzékszervi tulajdonságok kialakulása, így a keserű, összehúzó utóíz a flavonoid koncentrációtól nagymértékben függ (SINGLETON és ESAU, 1969).

A **tanninok** két további csoportra bonthatók. A **hidrolizálható tanninok** a fenolkarbonsavak egymással vagy cukrokkal alkotott észterszerű vegyületei. Legismertebbek a galluszsav, melynek anhidridje a digalluszsav, az ellágsav és a penta-galloil-glükóz. Jellemző tulajdonságuk, hogy nem a szőlőből kerülnek a borba, hanem azok érlelése során a tölgyfa hordók dongáiból, ill. a borok kezelése során alkalmazott cersav- és tannin-készítményekből. A **nem hidrolizálható tanninok** csoportjába tartoznak a procianidinek, a kondenzált tanninok és a tannin-flavonoidok, melyek a monomer-flavonoidok kondenzációs reakcióiban képződött különböző polimerizációs fokú polimer vegyületek. A kis polimerizációs fokú (di-,tri-,tetra-, stb. oligomerek) és ezáltal kis molekulatömegű vegyületek vízben jól oldódnak, jellemzően fanyar, összehúzó ízű anyagok. A nagy polimerizációs fokú és molekulatömegű származékaik a flobafének, vízben rosszul, alkoholban és lúgban jól oldódnak. Nagyszámú fenolos hidroxil-csoportot tartalmaznak, azok oxidálódása révén vörös, illetve sötétbarna színű polimerszármazékok keletkeznek belőlük.

A **procianidinek** tannintípusú polifenolok 2-6 alegységből álló oligomerjei. A procianidinek és prekursorai a (+)-katechin és a (-)-epikatechin a szőlőfűrt különböző részeiben eltérő

mennyiségben vannak jelen. Hazai vizsgálatok alapján (KÁLLAY, 1995) az alábbiak szerint változik a koncentráció megoszlásuk:

must < héj < kocsány < mag

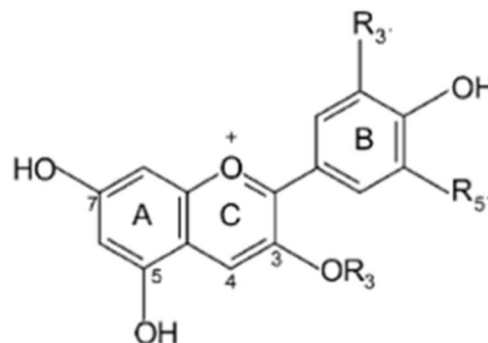
azaz elmondható, hogy legnagyobb mennyiségben a szőlő magjában és a kocsányban található, de kisebb mennyiségben a bogyó húzában is jelen vannak.

Az **antocianin** vízben oldódó természetes pigment, mely a virágok, levelek, termések rózsaszín, piros, kék színét adja. A különböző piros, vörös és kék termések (pl.: szilva, cseresznye, meggy, málna, áfonya, kék és piros szőlő, vörös káposzta) színét jellemzően az antocianin tartalmuk adja (BELL et al., 2017). A színyanyagok kémiai szerkezetének meghatározása során kiderült, hogy a piros, a rózsaszín és a kék növényi részek színéért ugyanahhoz a vegyületcsaládhoz tartozó vegyületek különböző formái felelősek.

Az **antocianinok** csoportjába tartozó vegyületek szerkezete az **alábbi ábrán** látható.

### 9. ábra: Az antocianinok szerkezete

(Forrás: STINTZING és CARLE, 2004)



<b>Antocianin</b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>3'</sub></b>	<b>R<sub>5'</sub></b>
Pelargonidin	H	H	H
Cianidin	H	OH	H
Delfinidin	H	OH	OH
Peonidin	H	OCH <sub>3</sub>	H
Petunidin	H	OCH <sub>3</sub>	OH
Malvidin	H	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>
Pelargonidin 3-glükózid	Glc	H	H
Cianidin 3-glükózid	Glc	OH	H
Delfinidin 3-glükózid	Glc	OH	OH
Peonidin 3-glükózid	Glc	OCH <sub>3</sub>	H
Petunidin 3-glükózid	Glc	OCH <sub>3</sub>	OH
Malvidin 3-glükózid	Glc	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>

Az antocianinok glikozidok, amelyek cukor- és nemcukor-részre bonthatók. Az aglikont antocianidinek nevezzük. A glikozidok sokkal stabilabb vegyületek az aglikonnál. A természetben az antocianidinek mindig cukorhoz kötve, glikozidok formájában fordulnak elő. A látható színt sosem egyetlen antocianin vegyület, hanem több, különböző arányban jelenlévő, eltérő szerkezetű antocianin alakítja ki. Ezekben a glikozidokban a cukorrész általában az 'A' gyűrű 3-as, illetve 5-ös helyzetben lévő fenolos hidroxil-csoportjaihoz kapcsolódik (**9. ábra**) (KONG et al., 2003). Az antocianinok oxigéntartalmú heterociklikus vegyületeknek tekinthetők, 2-fenil-benzopiriliumból származó polimetoxi- és polihidroxi-vegyületek glikozidjai (GOMBKÖTŐ, 1985).

Az antocianinoknak a növényekben betöltött élettani szerepén túl kiemelkedő sajátossága nagyfokú antioxidáns kapacitásuk. Több orvostudománnyal foglalkozó cikk alátámasztja, hogy késlelteti bizonyos betegségek kialakulását, immunrendszer stimuláló hatása révén serkenti az azokkal szembeni védekező mechanizmusok lejátszódását, pl. kardiovaszkuláris betegségeket (PECHANOVA et al. 2020).

A szőlő fenolos vegyületeinek és minőségi összetételüknek meghatározó szerepe van a borminőség kialakítása szempontjából. Kiemelkedően fontos szerepet játszanak a stabilitás és az érzékszervi (szín és íz) tulajdonságok kialakításában. A szőlő fenolos vegyületei közül a monomer katechinek – melyek a procianidinek prekursorai - határozzák meg döntő mértékben a színintenzitást és az árnyalatot, fehérborok esetében pedig a végbemenő oxidációs folyamatok hatására felelősek a szín mélyüléséért. Ugyancsak meghatározó szerepet játszanak a bor tisztulási folyamataiban, a stabilitás kialakulásában, a megfelelő ízérzet kialakításában vagy éppenséggel okozói lehetnek a kellemetlen összehúzó, fanyar és keserű ízeknek. Míg a katechinek a héj-, mag- és kocsányrészekben fordulnak elő, addig az egyszerűbb fenolos vegyületek a bogyó húzában. Éppen ezért kiemelkedően fontos szerepet játszik a borok fenolos összetételének kialakulásában az alkalmazott szőlőfeldolgozási- és borkészítési technológia.

## 4. Anyag és módszer

### 4.1. Választott fajták

#### Kékfrankos

##### 10. ábra: Kékfrankos szőlő

(Forrás: Szőlőfajtaismeret és használat c. egyetemi jegyzet)



#### Szőlőfajta jellemzése:

Származása ismeretlen. Levele nagy, nem tagolt, a vállöble keskeny V-alakú, fonáka durván serteszőrös. Termése vállas, közepesen tömött fürtű, sötétkék, hamvas, közepes méretű gömbölyű bogyókkal (10. ábra). Cukortartalma közepes, savtartalma közepesnél nagyobb. Az átlagosnál jobb fagyűrő képességű, nem rothad, szellős lombzatot nevel, megbízható mennyiségi és minőségi hozamánál fogva

közkedvelt fajta. Bora mélyvörös színű, csersavban gazdag, markáns, kemény vörösbor, de érlelés során savai szépen lekerekednek.

#### Pátia

##### Szőlőfajta jellemzése:

Bakonyi Károly nemesítette Olaszrizling és Piros Trimini keresztezésével Cszerszegtomajon (1980), állami elismerést 2002-ben kapott. Az Olaszrizlingnél korábban érő, középérésű fajta. Tőkéje erős növekedésű, mely középvastag, világosbarna csíkozott-pontozott vesszőket nevel. Levele középnagy, ötszögletű és változatosan tagolt (3-5 karéjú), felszíne csupasz, fonáka pókhálós, erezte zöld színű. Termését és levelét a 11. ábra láthatjuk. Fagyűrőse az Olaszrizlinghez hasonlóan közepes, nem

##### 11. ábra: Pátia szőlő

(Forrás: Szőlőfajtaismeret és használat c. egyetemi jegyzet)



rothad, míg a liztharmatra érzékeny, a peronoszpórának viszonylag jól ellenáll. Bora harmonikus savakkal rendelkező, testes, illat- és zamatanyagokban gazdag, kiváló minőségű bor (Olaszrizlingnél kicsit savasabb, viszont illat- és zamatanyagokban is gazdagabb).

## 4.2. Analitikai vizsgálati módszerek

A kémiai elemzés kétféle módon történhet:

- klasszikus analitikai módszerekkel
- műszeres analitikai módszerekkel

Némely komponens mindkét módszerrel vizsgálható, egyesek meghatározása csak műszeres elemzéssel valósítható meg. A klasszikus módszereket ma elsősorban mennyiségi meghatározásra használjuk, míg a műszeres eljárások a minőségi és mennyiségi elemzésben egyaránt alkalmazott módszerek. A klasszikus és műszeres vizsgálatok megválasztását a módszer megbízhatósága, pontossága, a borminta mennyisége, az időtényező és a gazdaságosság határozza meg. A borászati gyakorlatban a kulcsfontosságú paraméterek mérése jelenleg is a kvantitatív analitikai kémia klasszikus módszereit alkalmazza leggyakrabban.

A **színanyagok vizsgálatára** első közelítésben (színintenzitás, színindex) UV-VIS fotometriát szokás alkalmazni. (A két paraméter az 520 nm-en és 420 nm-en mért abszorbanciák összege, illetve hányadosa)

**pH-érték mérése** pH-érzékeny üvegelektóddal: Az üvegelektód általában egy vegyértékű kationokra érzékeny, szelektivitása egy adott ionra a membrán összetételétől, az ioncsere egyensúly állandójától, valamint a cserében résztvevő ionféleségek mobilitásának hányadosától függ az üveggélben. Az üvegmembrán leggyakrabban egy alkáli- és alkáliföldfém tartalmú szilikát. Vizes oldatban az üveg felülete hidratálódik, megduzzad, gélréteg keletkezik. E duzzadt rétegben, melynek vastagsága 0,005-0,1 mm mérettartományban van, játszódik le a membránpotenciált létrehozó ioncsere folyamat:  $\text{Na}^+(\text{ü}) + \text{M}^+(\text{o}) \leftrightarrow \text{M}^+(\text{ü}) + \text{Na}^+(\text{o})$ . Ahhoz, hogy a gélréteg kialakulhasson, az üvegelektódot vízben vagy híg HCl-oldatban kell tartani legalább 12 órán keresztül. A membrán rendszerint gömb alakú, egy üvegcső végére forrasztva. A membrán belsejében ismert, állandó aktivitású pufferoldat van, melybe egy másodfajú elektrod merül (ref.1). A H<sup>+</sup>-érzékeny elektrod felületén az ioncsere a Na<sup>+</sup> és H<sup>+</sup> ionok között megy végbe, a töltésszállítást a gélben és a membránban ezek az ionok biztosítják. A membrán külső fele a mintában található, melyben

egy másodfajú elektród is van (ref.2). Az üvegelektrod potenciálja tehát lineárisan változik a pH-értékkel, általában 2-9 pH-értékek között. A pH érzékeny elektróddal történő pH-érték meghatározás számos előnnyel bír más eljárással szemben:

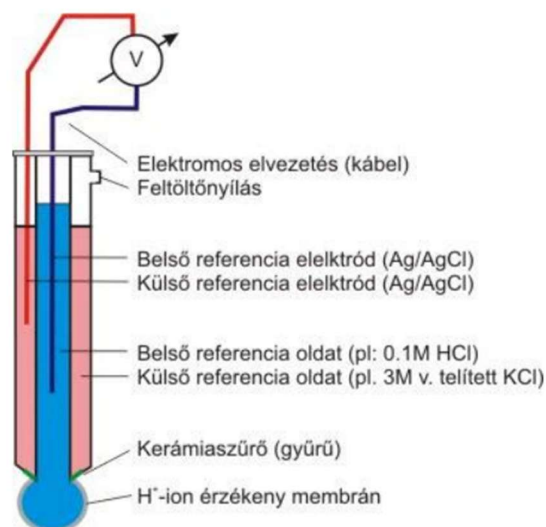
- az elektródpotenciál hamar beáll (max. 15 - 30 s)
- az elektródpotenciál a mintában található redoxirendszerektől független
- színes, opálos oldatokban is mérhetünk.

A pH-érzékeny üvegelektrod az oldatok pH-értékének meghatározására leggyakrabban használt elektródtípus. Mérési tartománya pH = 1-13 értékek közé esik. Szerkezetének legfontosabb eleme egy vékony üveggömb, melyben ioncsere-egyensúly alakul ki az oldat  $H^+$ -val. Az üveggömb belső oldalát pufferelt közegbe helyezve (állandó  $H^+$ -koncentráció!), a két oldal között kialakuló  $H^+$ -koncentráció aránya csak a külső (minta) oldattérben lévő  $H^+$ -koncentrációtól függ, így az üveg két oldala között kialakuló potenciálkülönbség a minta  $H^+$ -koncentrációjával lesz arányos. A napjainkban használt kombinált üvegelektrodokban a hagyományos üvegelektrod-test köré egy referencia elektródot építenek még fel (**12. ábra**)

Az analitikai vizsgálatokat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Borászati Tanszék kutatói laboratóriumában, az általános borászati analitikai gyakorlatnak megfelelően végeztük el.

### 12. ábra: Kombinált üvegelektrod

(Forrás: saját szerkesztés)



#### 4.2.1. Mustok és borok savösszetételének vizsgálata

A savösszetétel vizsgálata során a mindennapi gyakorlatban használt módszereket alkalmazva határoztuk meg mennyiségi és minőségi szempontból a savakat. Ezek a mérési eljárások rutinszerűek és ismertek, részletes bemutatásukra a HPLC-s vizsgálatok kivételével szakdolgozatomban ezért nem térnék ki.

- Titrálhatóság-tartalom – MSZ 14849-79 szerint.
- pH-érték mérés kombinált üvegelektóddal – MSZ 14849-79 szerint.
- Borkősav-tartalom – A bor tartarát-ionjai a borhoz adott reagens vanadátionjaival narancssárga színű komplexet képeznek (a benne előforduló tejsav és almasav a reakciót nem zavarja), melynek színintenzitását spektrofotometriával mérjük. A szín intenzitása a borkősav koncentrációjával arányos, MSZ 9489-78 szerint.
- Almasav-tartalom – Boehringer Mannheim enzim teszttel, spektrofotometriásan mérve.
- Tejsav-tartalom – Boehringer Mannheim enzim teszttel, spektrofotometriásan mérve.
- Citromsav-tartalom – Boehringer Mannheim enzim teszttel, spektrofotometriásan mérve.
- Borostyánkősav-tartalom – Nagyhatékonyságú folyadékromatográfiával (HPLC)  
Kolonna: Supelco Lichrosorb RP18-5; 25 cm x4,66 mm, 5  $\mu$ m  
Izokratikus mérési körülmények között.
- Fumársav-tartalom – Nagyhatékonyságú folyadékromatográfiával (HPLC)  
Kolonna: Supelco Lichrosorb RP18-5; 25 cm x4,66 mm, 5  $\mu$ m  
Izokratikus mérési körülmények között.
- Sikiminsav-tartalom – Nagyhatékonyságú folyadékromatográfiával (HPLC)  
Kolonna: Supelco Lichrosorb RP18-5; 25 cm x4,66 mm, 5  $\mu$ m  
Izokratikus mérési körülmények között.

#### 4.2.2. Borok színintenzitásának és színtónusának vizsgálata

A borok színintenzitását és színtónusát az alábbiak szerint mértük:

- $\lambda=420$  és  $520$  nm-en mért abszorbanciák felhasználásával spektrofotometriásan, 1 cm-es rétegvastagság mellett mérve, MSZ 14848-79 szerint.
- Az  $I$  színintenzitást az alábbi kifejezés adja:

$$I = A_{420} + A_{520}$$

- Az  $T$  színtónus pedig a következő összefüggés alapján számolható:

$$T = \frac{A_{420}}{A_{520}}$$

### 4.2.3. Borok polifenol-összetételének vizsgálata

A minták polifenol-összetételének vizsgálatát az alábbiak szerint végeztük:

- Összes polifenol-tartalom meghatározása Folin-Ciocalteu reagens alkalmazásával galluszsavra kalibrálva, MSZ 9474-80 szerint.
- Leukoantocianin-tartalom – vas(II)-szulfátot tartalmazó sósav-butanol, 40:60 arányú elegyével történő melegítés után, spektrofotometriásan mérve (AUBERT, 1970, módosítva)
- Katechin-tartalom – alkohollal hígított borban kénsavas vanillinnel reagáltatva, 500 nm-en spektrofotometriásan mérve (TANNER és BRUNNER, 1979, módosítva)
- Antocianin-tartalom – 2 V/V% koncentrációjú sósavat tartalmazó 96%-os etanollal történő hígítást követően, 550 nm-en spektrofotometriásan mérve (AUBERT, 1970, módosítva)

### 4.2.4. Egyéb rutinanalitikai vizsgálatok

- Kénessav-tartalom (szabad/összes) – MSZ 9465-85 szerint.
- Illósav-tartalom – MSZ 9473-87 szerint.
- Alkohol-tartalom – lepárlásos módszerrel, MSZ 9458-72
- Cukor-tartalom – Rebelein-módszerrel, MSZ 9479-80 szerint.

### 4.2.5. HPLC-s vizsgálati módszerek

Borok szerves komponenseinek száma rendkívül magas, meghatározásukat többek között olyan elválasztástechnikai módszerekkel, mint a nagyhatékonyságú folyadék kromatográfia (HPLC) és a gázkromatográfia (GC) végezhetjük el.

A HPLC-vel mérhető legfontosabb vegyületcsoportok:

- alkoholok
- szerves savak

- szénhidrátok
- színyanyagok
- polifenolok
- peszticidek, szermaradványok
- toxinok

A szerves savak elválasztását és mérését HPLC-vel végeztük, a Pátia és a Kékfrankos szalmaborokból vett tételeket borostyánkősav, fumársav és sikiminsav tartalomra vizsgáltuk.

A minták mennyiségi meghatározásához szükséges, hogy azok vizsgálata előtt kalibrációs egyenest készítsünk ismert koncentrációjú oldatok segítségével.

#### 4.2.5.1. Kalibrációs mérések

##### **Módszer**

A vizsgálathoz szükséges eluent és a kalibrációs hígítasisort az alábbiak szerint állítottuk össze:

Eluens:  $7,94 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$  foszforsavoldat, mely 1% acetonitrilt tartalmaz, pH=2,1

Eluens készítése: 1,000 l-es mérőlombikba bemérünk

- 499  $\mu\text{l}$  85%-os foszforsavat
- 10 ml acetonitrilt
- majd kétszeresen desztillált vízzel jelig töltjük.

Kolonna: Supelco Lichrosorb RP18-5; 25 cm x4,66 mm, 5  $\mu\text{m}$

Izokratikus mérési körülmények

Áramlási sebesség: 0,6 ml/min

$\lambda=210 \text{ nm}$

Stoptime: 20 min.

$T_{\text{kolonna}}= 35 \text{ }^\circ\text{C}$

#### 4.2.5.2. Szervessav-standardok készítése a kalibrációhoz:

A **2. táblázat** alapján kimért és összeállított standard-keverékből 100,0 ml oldatot készítünk. Az így kapott törzsoldatot első lépésben felére, majd azt a következő lépésben szintén felére hígítva egy három tagú hígítási sort kapunk – aminek koncentrációit egyenként az X, X/2, ill. X/4 jelöli a táblázatban [g/l] -ben kifejezve.

#### 2. táblázat: Szervessav-standardok készítése

(Forrás: saját munka)

Szervessav	Koncentráció [g/l]	Bemért anyag tömege 100 ml-ben [g]	Tényleges koncentráció X [g/l]	Hígítás	
				X/2 [g/l]	X/4 [g/l]
Sikiminsav	0,5	0,0519	0,519	0,2595	0,1298
Borostyánkősav	3	0,3047	3,047	1,5235	0,7618
Fumársav	1	0,1078	1,078	0,539	0,2695

#### Mérés előkészítése

A standard kalibrációs sort 1:4 arányban, azaz ötszörösére hígítottuk eluens hozzáadásával.

#### 4.2.5.3. A kalibrációs mérés kiértékelése

A standard-keverékek mérési eredményei és kalibrációs görbéi az alábbi ábrákon láthatók:

- Sikiminsav: **3. táblázat**, ill. **13. ábra**: Sikiminsav - standard kalibrációs görbéje
- Borostyánkősav: **4. táblázat**, ill. **14. ábra**
- Fumársav: **5. táblázat**, ill. **15. ábra**

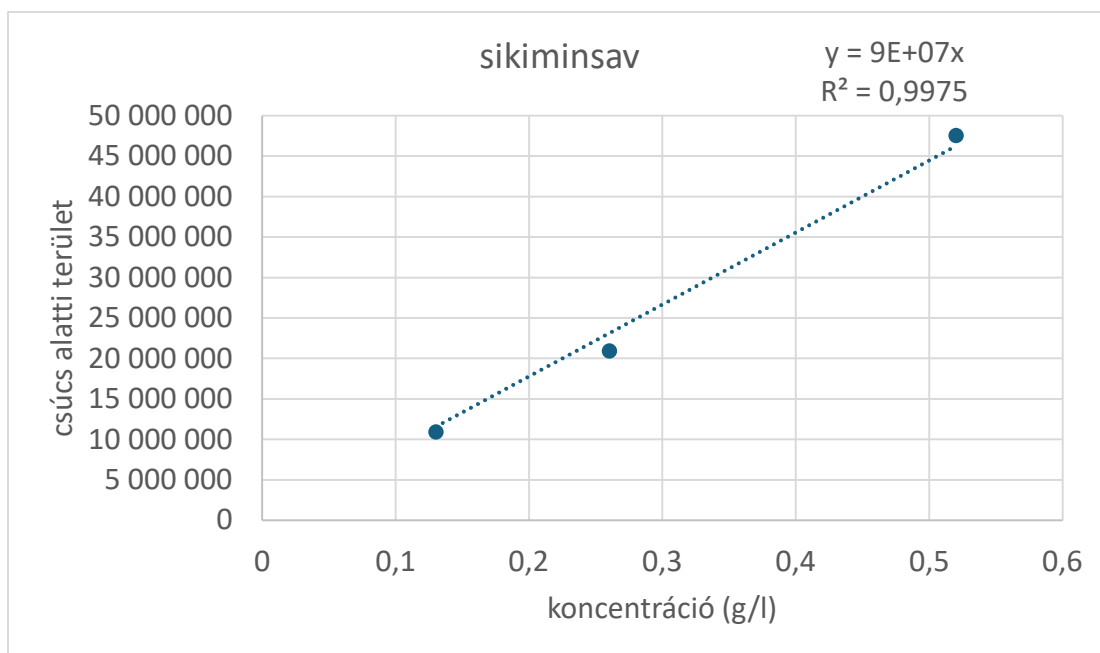
#### 3. táblázat: Sikiminsav – standard mérési eredményei

(Forrás: saját munka)

sikiminsav (g/l)	csúcs alatti terület
0,519	47 529 920
0,259	20 926 680
0,129	10 899 070

**13. ábra:** Sikiminsav - standard kalibrációs görbéje

(Forrás : saját munka)



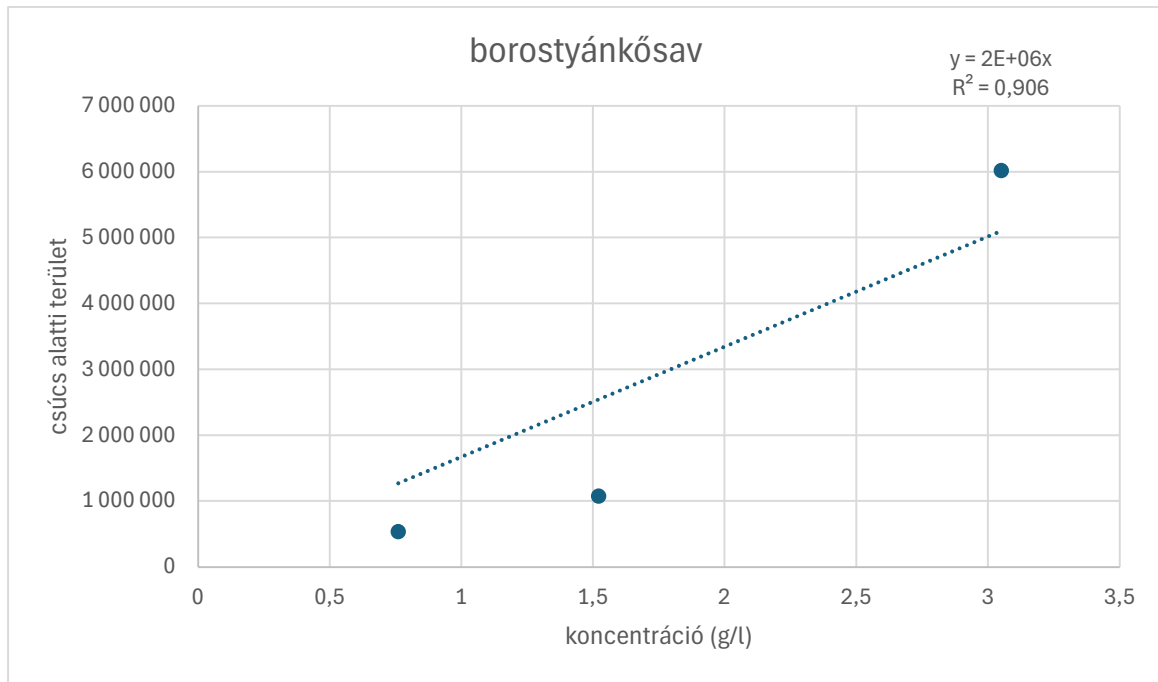
**4. táblázat:** Borostánykősav - standard mérési eredményei

(Forrás : saját munka)

borostánykősav (g/l)	csúcs alatti terület
3,047	6 017 395
1,523	1 074 175
0,761	533 100

**14. ábra:** Borostyánkősav - standard kalibrációs görbéje

(Forrás : saját munka)



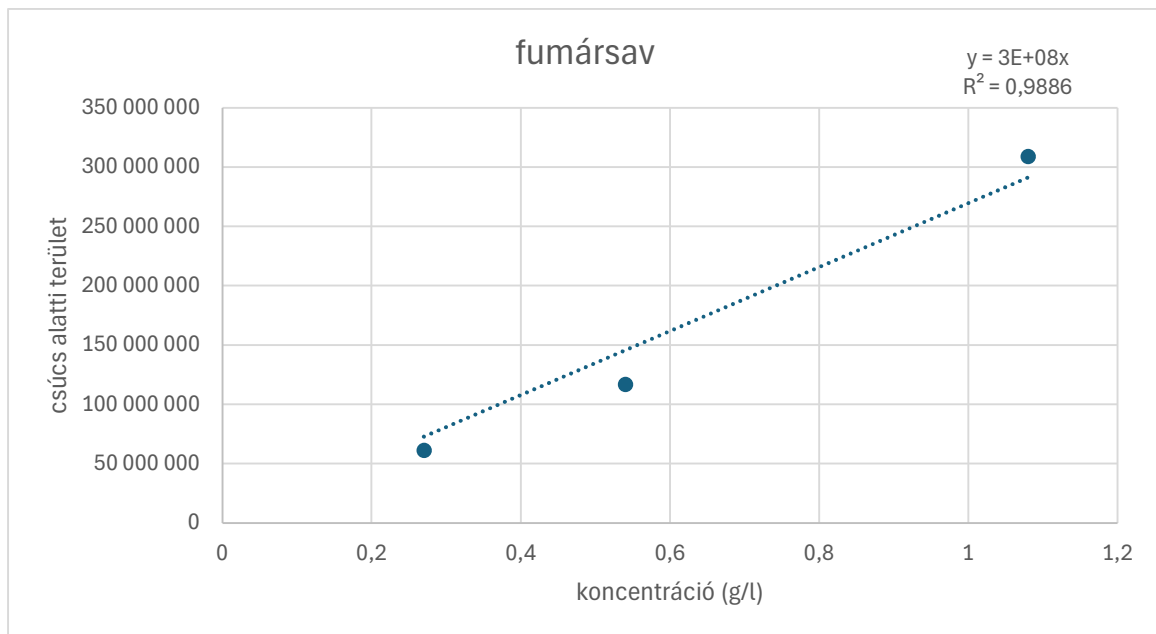
**5. táblázat:** Fumársav - standard mérési eredményei

(Forrás : saját munka)

fumársav (g/l)	csúcs alatti terület
1,078	308 812 480
0,539	1 16712 720
0,269	6 1078 800

**15. ábra:** Fumársav - standard kalibrációs görbéje

(Forrás : saját munka)



A standard-keverék oldat kromatogramjáról az alábbi retenciós időket állapíthatjuk meg (10.Mellékletek):

- Sikiminsav:  $t_{ret.}=5,5$  min.
- Borostyánkősav:  $t_{ret.}=7,2$  min.
- Fumársav:  $t_{ret.}=8,1$  min.

A kalibráció során kapott koncentráció – csúcs alatti területek közötti összefüggéseket kifejező egyenletek

- Sikiminsav :  $y = 9 \times 10^7 X,$  (1)
- Borostyánkősav:  $y = 2 \times 10^6 X,$  (2)
- Fumársav:  $y = 3 \times 10^8 X,$  (3)

- amelyből az  $X_{minta}$  koncentráció [g/l] a mért T a csúcs alatti területek behelyettesítésével könnyen számolható.

A fenti egyenletek a vizsgált borminták tényleges koncentrációit közvetlenül fejezik ki: mivel a hígítási sor elemeit és a bormintákat is 1:4 arányban, azaz ötszörösére hígítottuk az eluenssel.

## 5. Eredmények és értékelésük

### Szalmaborok készítése

A 2022 szüreti időszakában Csupaki Olaszrizling, Pátria, Rozália, Kékfrankos és Merlot szőlőfajtákból készítettünk szalmaborokat, háromféle töppesztési módszert alkalmazva: függesztéses (F), szalmaágyas (SZ) és rekeszes (R); a szárítás időtartamát tekintve a valpolicellai Amarone és Soave borvidéken jellemző Recioto szalmaborok hagyományos 3-4 hónapos töppesztését vettük alapul. A mikrovinifikáció során a héjon történő erjesztést a hideg- és alkoholtűrő képessége alapján szelektált Uvaferm Dantsil A fajlesztővel végeztük 20-22 °C környezeti hőmérsékleten, a törkölykalap feltörésére napi kétszeri csömöszölést alkalmazva.

Ezek közül a Pátria és a Kékfrankos szalmaborok vizsgálatával foglalkoztam.

### Eljárás

Mindegyik szőlőfajtnál 3 féle töppesztési kísérletet állítottunk be:

- függesztett,
- szalmaágyas,
- rekeszes.

## 5.1. Rutinanalitikai vizsgálatok eredményei

### 5.1.1. Pátria

#### 5.1.1.1. Mustvizsgálat

Miután a töppesztési, szőlőfeldolgozási és szalmaborkészítési technológia kidolgozásában és gyakorlati alkalmazásában jómagam nem vettem részt, ezért szakdolgozatomban ezen eljárások részleteire csak nagyvonalakban térek ki. A töppesztési eljárás előtt a 2022.09.23-án leszüretelt szőlőfürtökből mintát vettem, bogyózták – zúzták, majd mustot készítettek belőle – a **gyorstesztel készült vizsgálatok** eredményeit a **6. táblázat** foglaltam össze. A szőlőfürtök tömegét lemérték, majd (F) egyenként felkötötték egy kifeszített huzalokból álló szárítóra, egymástól kellő sor és tőtávolságot tartva a megfelelő szellőzés biztosítása érdekében. (SZ) A fürtöket rekeszekbe helyezett szalmaágyra fektették szintén szellős távolságra egymástól. (R) A fürtöket csak tiszta rekeszekbe rakták, szintén megfelelő távolságra egymástól, elhelyezés

közben ügyelve a bogyók sérülésmentes állapotára. A töplesztés végén a fürtök tömegét szintén megmérték, hogy tudjuk melyik mennyit veszített nedvességtartalmából. A szőlőszemeket ezután leválasztották a kocsányról, azokat zúzták és mustot készítettek belőle. A héjon erjesztés megindulása előtt mintát vettem analitikai vizsgálati célból, ezek eredményeit szintén a **6. táblázat** a szárítás előtti eredményekkel összevetve láthatjuk. Megállapíthatjuk, hogy a függesztési eljárással töplesztett szőlő mustjának cukortartalma volt a legnagyobb, azaz ezzel az eljárással koncentráltabb leginkább a szőlőbogyók beltartalma, míg a rekeszes típusnál elért legkisebb cukortartalom – szignifikáns (17% – o s) különbséggel alulmarad a függesztett eljárásához képest – arra enged következtetni, hogy az volt a legkevésbé hatékony töplesztés vízvesztés tekintetében a többihez viszonyítva – azt feltételezve, hogy azonos minőségű és beltartalmi értékekkel rendelkező szőlőből indultunk ki az eljárás elején. Ugyanakkor ennek a kísérletnek a javára írható, hogy közel 20%– os mértékkel nőtt a titrálható sav mennyisége.

**6. táblázat:** Pátia szőlő mustjának vizsgálati eredményei

(Forrás : saját munka)

Minta	Titrálható savtartalom [g/l]*		Redukáló cukor mennyisége [g/l]		pH-érték	
	Szárítás előtt	Szárítás után	Szárítás előtt	Szárítás után	Szárítás előtt	Szárítás után
<b>Pátia Függesztett</b>	7,0	7,9	17,5 MM° 185,5**	256	2,9	2,94
<b>Pátia Szalmaágyas</b>		7,2		245		3
<b>Pátia Rekeszes</b>		8,39		211		2,89

\*borkósav egyenértékben kifejezve

\*\*átváltás MM° – ból cukortartalomra [g/l] táblázat alapján

#### 5.1.1.2. Borvizsgálat

Miután az erjedési folyamat végbement, a színlé elválasztása után a kísérleti borok törkölyének préselése kézzel történt 2023. 01. 17-én. Az elkészült borokat hagyták leülepedni, tisztulni, majd átfejtették. Ezután analitikai vizsgálati célból mintákat vettünk a különböző eljárással töppesztett szőlőből készült szalmaborokból. Ezeket a vizsgálati eredményeket a **7. táblázat**, ill. az **8. táblázat** foglaltam össze, továbbá azok összehasonlítását a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** látható diagramon szemléltettem. Megállapítható, hogy a legnagyobb kiindulási cukortartalommal rendelkező mustból (függesztett töppesztési eljárás) nyertük a legnagyobb alkoholtartalmú bort, valamivel magasabb maradékcukor tartalom mellett. Mindhárom kísérleti bor száraz minőségű a maradék cukortartalom tekintetében, az erjedés teljes egészében végbement, nem akadt el. A függesztett eljárás javára írható, a szalmaágyas kísérlet mellett, hogy ezek a tételek kevesebb illósavat tartalmaznak, ebből arra is következtethetünk, hogy az eljárás során ezek valamivel jobban biztosították a fűrtök törődésmentes töppesztését – azt feltételezve, hogy a mikrovinifikációs erjesztés során azonos körülmények között kb. azonos mennyiségű illósav keletkezett. Fontos azonban megjegyezni, hogy a 99/2004.(VI.3) FVM rendelet és Uniós szabályozás alapján a fehérborokban maximálisan megengedett illósavtartalom határértékét (18 milliekvivalens) mindhárom kísérlet során készült bor túllépi. A magas illósav koncentrációk kialakulásához valamelyest hozzájárulhatott a borok relatíve alacsony kén-dioxid szintje. A tejsav-termelődés a szalmaágyas kísérlet borában sokkal intenzívebb volt a másikkal képest – szignifikáns különbség látható; megfigyelhetjük azt is, hogy az almasavkoncentrációja ennek a tételnek volt a legalacsonyabb, ennek megfelelően ezen mikrovinifikációs kísérlet biztosította a legkedvezőbb körülményeket a malolaktikus fermentáció lezajlásához, ami fehérborok esetében sem szokatlan.

További megállapításaim:

- a citromsav-képződését egyik eljárás sem serkentette jobban a másikkal, 0,12-0,14 g/l koncentrációja talán alul is marad a fehérborok átlagos 0,2 g/l tartalmához képest
- a kiindulási, titrálható savtartalom-beli szignifikáns eltérés, – amely a rekeszes töppesztési technológiával készült szalmabor mustjánál volt látható – az erjedés során is megmaradt, így a borkósavra vonatkoztatott (6,3 g/l) - és a valamennyi vizsgált sav

össztartalmának (5,95 g/l) tekintetében ugyancsak szignifikáns eltéréssel a rekeszes eljárásnál volt mindhárom közül a legnagyobb.

- A függesztett és a szalmaágyas Pátria kísérletek boraiban keletkezett, 14 V/V%-ot is meghaladó alkohol-tartalomhoz képest az 5,6 – 5,8 g/l-es koncentrációjú titrálható sav mennyisége a 3,6 feletti pH-értékeket is figyelembe véve talán túl kevésnek mondható, megállapításom szerint ideálisabb lenne 6 g/l feletti (min. 6,2-6,5 g/l) titrálható sav mennyisége egy harmonikus bor kialakulásához. A tervezett érzékszervi -, organoleptikus vizsgálatok segítségével sokkal átfogóbb képet kapunk az előállított borok minőségéről, élvezeti értékéről.
- A töplesztés során bekövetkező kálium-tartalom növekedése, valamint az erjedés során keletkező alkohol hatására a borkősav kiválása fokozódik.

**7. táblázat:** Pátria szalmabor rutin analitikai vizsgálatának eredményei *(Forrás : saját munka)*

Minta	Prézelés dátuma	Alkohol [V/V%]	Maradék cukor [g/l]	pH – érték	Titrálható savtartalom [g/l]	Szabad/Összes SO <sub>2</sub> [mg/l]
<b>Pátria Függesztett</b>	2023.01.17.	14,76	4,1	3,66	5,6	4/10
<b>Pátria Szalmaágyas</b>	2023.01.17.	14,24	2,6	3,61	5,8	6/14
<b>Pátria Rekeszes</b>	2023.01.17.	13,67	2,7	3,39	6,3	4/10

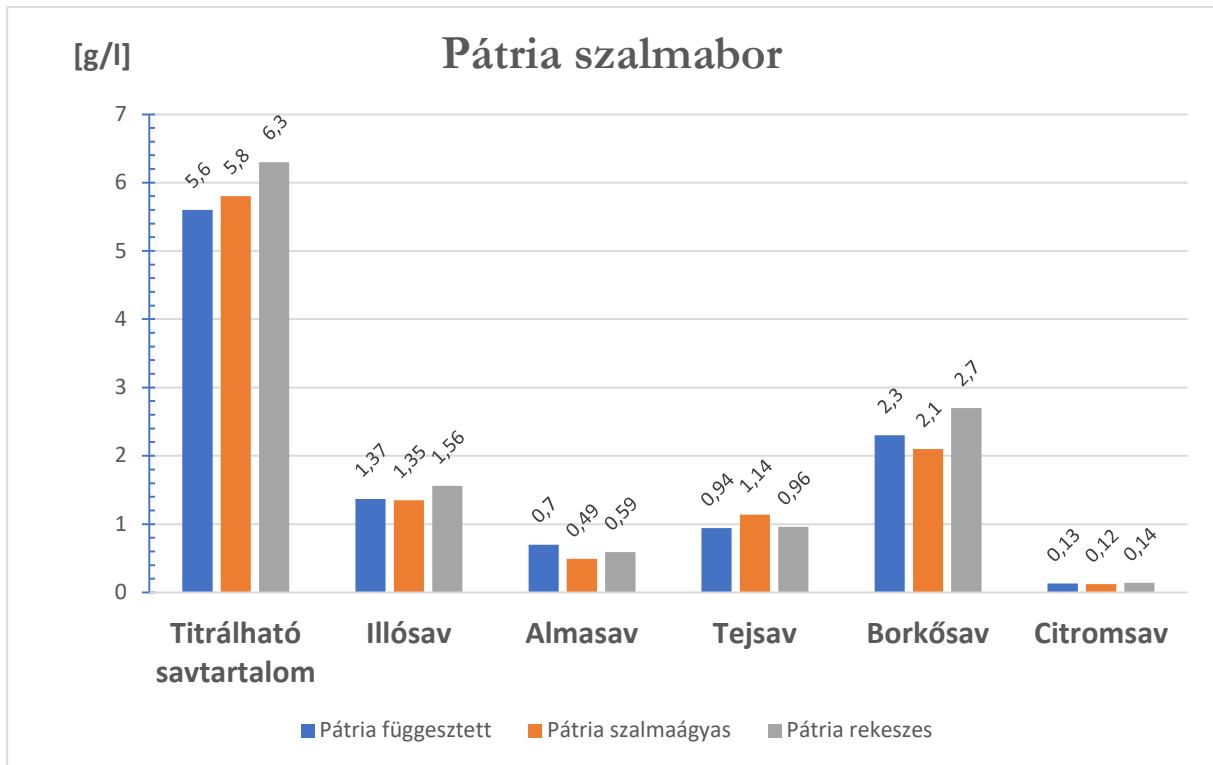
**8. táblázat:** Pátria szalmabor savösszetételének meghatározását szolgáló analitikai vizsgálatok eredményei

*(Forrás : saját munka)*

Minta	Illósav [g/l]	Almasav [g/l]	Tejsav [g/l]	Borkősav [g/l]	Citromsav [g/l]
<b>Pátria Függesztett</b>	1,37	0,70	0,94	2,30	0,13
<b>Pátria Szalmaágyas</b>	1,35	0,49	1,14	2,1	0,12
<b>Pátria Rekeszes</b>	1,56	0,59	0,96	2,70	0,14

**16. ábra:** Pátria szalmabor savösszetételének meghatározását szolgáló analitikai vizsgálatok eredményei és titrálható savtartalma

(Forrás : saját munka)



## 5.1.2. Kékfrankos

### 5.1.2.1. Mustvizsgálat

Hasonlóan a Pátria szalmabor készítéséhez a Kékfrankos szőlőnél is ugyanazt a három töplesztési eljárást alkalmazták, a fürtök szárításánál is azonos módon jártak el. A szárítást megelőzően, illetve a héjon erjesztés megindulása előtt mustmintát vetten analitikai vizsgálat céljából, ezek eredményeit a **9. táblázat** foglaltam össze. Megállapíthatjuk, hogy itt is a függesztési eljárással töplesztett szőlő mustjának cukortartalma volt a legnagyobb, azaz ezzel az eljárással koncentrálnak leginkább a szőlőbogyók beltartalmi paraméterei, különös tekintettel a redukáló cukor koncentrációjára (33,6%-os növekedés). Itt azonban a szalmaágyas típusnál kaptuk a legkisebb cukor-tartalmú mustot szignifikáns különbséggel (kb. 10%-os eltérés a másik két eljáráshoz képest), ez arra enged következtetni, hogy Kékfrankos esetében ez volt a legkevésbé hatékony szárítási eljárás. Ahogy a Pátria szőlő esetében, itt is a rekeszekben szárított szőlő titrálható savtartalma nőtt leginkább, nem kevesebb, mint 56%-kal, ami önmagában 17%-kal nagyobb mértékű növekedést jelent a függesztetthez képest.

**9. táblázat:** Kékfrankos szőlő mustjának vizsgálati eredményei

(Forrás : saját munka)

Minta	Titrálható savtartalom [g/l]*		Redukáló cukor mennyisége [g/l]		pH-érték	
	Szárítás előtt	Szárítás után	Szárítás előtt	Szárítás után	Szárítás előtt	Szárítás után
Kékfrankos Függesztett	6,0	8,37	17,8 MM° 189,3**	253	3	2,86
Kékfrankos Szalmaágyas		7,67		224		2,89
Kékfrankos Rekeszes		9,38		247		2,91

\*borkósav egyenértékben kifejezve

\*\*átváltás MM° – ból cukortartalomra [g/] táblázat alapján

### 5.1.2.2. Borvizsgálat

Az erjedési folyamat végeztével, a színlé elválasztása után a kísérleti borok törkölyének kézzel történő préselésére 2023. 01. 20-án került sor. Az így készült kísérleti borokat hagyták leülepedni, tisztulni, majd átfejtették. Ezután analitikai vizsgálat céljából mintákat vettem a különböző eljárással töplesztett szőlőből készült tételekből. Ezeket a vizsgálati eredményeket a **10. táblázat** ill. a **11. táblázat** foglaltam össze, továbbá azok összehasonlítását a **17. ábra** látható diagramon szemléltettem.

**10. táblázat:** Kékfrankos szalmabor rutin analitikai vizsgálatának eredményei

(Forrás : saját munka)

Minta	Préselés dátuma	Alkohol [V/V%]	Maradék cukor [g/l]	pH – érték	Titrálható savtartalom [g/l]	Szabad/Összes SO <sub>2</sub> [mg/l]
Kékfrankos Függesztett	2023.02.20.	14,71	3,4	2,74	10,7	20/26
Kékfrankos Szalmaágyas	2023.02.20.	13,18	2,8	2,61	10,9	12/20
Kékfrankos Rekeszes	2023.02.20.	13,56	3,1	2,68	10,8	8/14

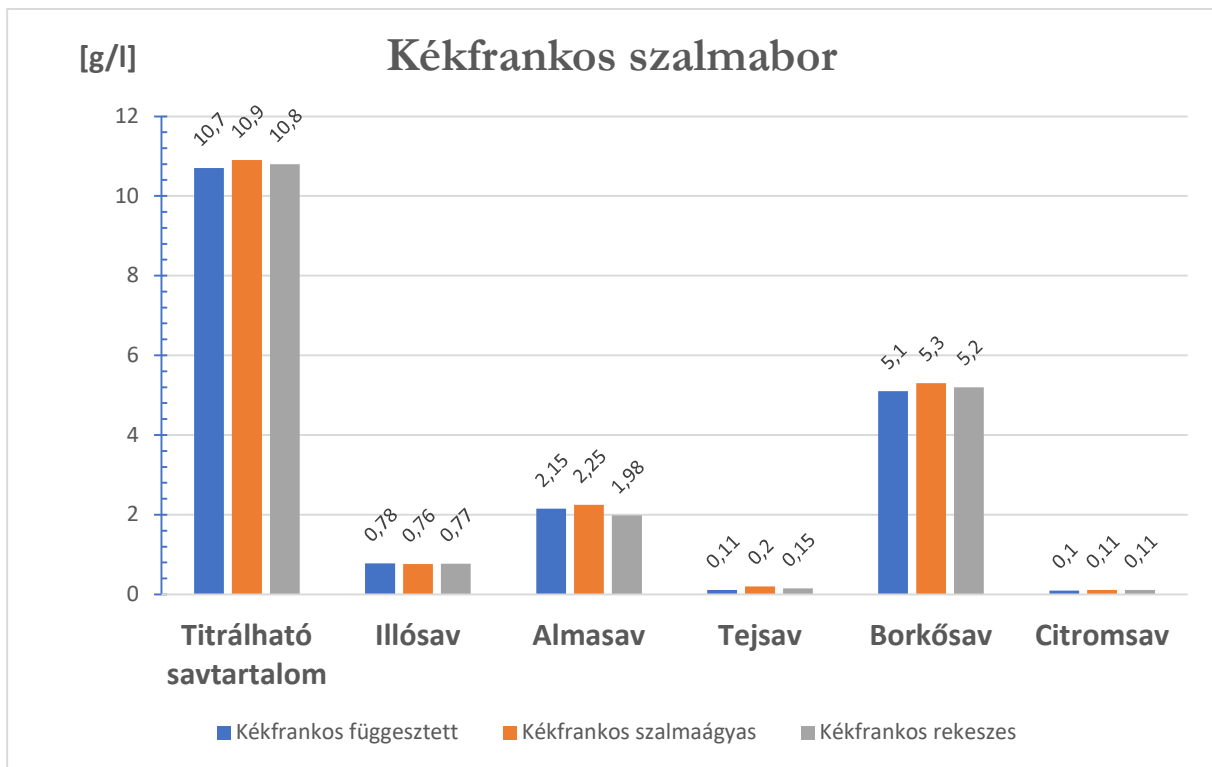
**11. táblázat:** Kékfrankos szalmabor savösszetételének meghatározását szolgáló analitikai vizsgálatok eredményei

(Forrás : saját munka)

Minta	Illósav [g/l]	Almasav [g/l]	Tejsav [g/l]	Borkósav [g/l]	Citromsav [g/l]
Kékfrankos Függesztett	0,78	2,15	0,11	5,10	0,10
Kékfrankos Szalmaágyas	0,76	2,25	0,20	5,30	0,11
Kékfrankos Rekeszes	0,77	1,98	0,15	5,20	0,11

**17. ábra:** Kékfrankos szalmabor savösszetételének meghatározását szolgáló analitikai vizsgálatok eredményei

(Forrás : saját munka)



A fentieket szemlélve megállapíthatjuk, hogy a legnagyobb kiindulási cukortartalommal rendelkező mustból (függesztett töppesztési eljárás) nyertük a legnagyobb alkoholtartalmú bort, valamivel magasabb maradékcukor tartalom mellett. Mindhárom kísérleti szalmabor tétel szépen kiejedt, száraz minőségű a visszamaradt cukortartalom tekintetében. Mindhárom töppesztési eljárás közel azonos illósav-tartalmú borokat eredményezett, lényegesen alacsonyabb koncentrációban, mint a Pátria szalmaborok esetében. Azt feltételezve, hogy a mikrovinifikációs erjesztés során azonos körülmények között kb. azonos mennyiségű illósav keletkezik, elmondható, hogy a kékszőlő töppesztése során kisebb valószínűséggel lépett fel káros mikrobiális tevékenység. Az illósav-tartalom egy része származhat a mustból, amennyiben az eljárás során a sérült bogyókban ecetedéssel járó mikrobiológiai folyamatok léptek fel. A szőlőfürtök szárítása előtt és után sajnos nem készítettünk ezirányú mikrobiológiai vizsgálatokat, így megállapításom csak feltételezéseken alapul. A fermentáció során képződő tejsav-termelődés itt is a szalmaágyas kísérlet borában volt valamivel intenzívebb, azonban a csekély tejsav koncentráció és a 2 g/l feletti almasav koncentráció arra enged következtetni, hogy a spontán almasavbomlás nem ment végbe a

mintavétel időpontjáig – a fenti pH-értékek és a titrálható savtartalom mennyisége is indokoltta teszi az almasav bontását, amelynek köszönhetően egy kerekesebb, komplexebb savszerkezettel rendelkező borban egyúttal 'puhábbá' vált savérzet is társul majd. A malolaktikus fermentáció nyomonkövetéséhez nem történt további mintavétel, – meg szeretném jegyezni, hogy ez azért nem került előtérbe, mivel elsősorban csak a töppesztés körülményei révén és az elsődleges erjedés alatt keletkezett vegyületeket szeretnénk volna vizsgálni mind minőségi, mind mennyiségi tekintetben. A spontán almasavbontás leggyakrabban csak az alkoholos erjedés után megy végbe – kedvező körülmények között, amit befolyásol a keletkezett alkohol mennyisége, a bor hőmérséklete, valamint az összes és a szabad kénessav koncentrációja. A 15-20 mg/l szabad kénessav koncentráció viszont már gátló hatással bírhat a tejsavbaktériumok megfelelő szaporodására. Továbbá megállapíthatjuk azt is, hogy a citromsav-képződését egyik eljárás sem serkentette jobban a másikonál, - hasonlóan a Pátia szalmabor esetéhez.

A mustban meghatározott titrálható savtartalom az alkoholos erjedés végére általában valamelyest csökken, ami többek között azzal magyarázható, hogy borkősav oldhatóságát a keletkezett alkoholtartalom csökkenti, így az kristályok formájában kiválik a borból, az almasavból a tejsavbaktériumok tejsavat és széndioxidot, bizonyos élesztőgombák alkoholt és széndioxidot állítanak elő, valamint az erjedés során keletkezett szerves savak sűrűsége kisebb a mustok savgerincét meghatározó főbb savakénál. Ezeket alapul véve, a borminták titrálható savtartalmának – mustmintákhoz viszonyított – jelentős növekedése csak az erjedés során keletkezett és átalakult savak mennyiségével magyarázható – beleértve a szabad/kötött formák arányának változását is. A vizsgált minta titrálható savtartalma csak a szabad és a félig kötött savak koncentrációjának összességét adja meg anélkül, hogy kalkulálna azok sűrűségével. A tényleges savasságot – amit többek között érzékszerveinkkel is érzünk – a *hidrogén-ion* [H<sup>+</sup>]-koncentrációja adja (amit annak negatív logaritmusával, a pH-értékkel fejezünk ki). Ennek értéke függ a jelenlévő savak mennyiségétől és az erősségétől is, mivel az a savak disszociációjának mértékét jelentősen befolyásolja. Megállapíthatjuk azt is, hogy a vizsgált **44.o)** mért pH-értékek csökkenése a **43.o.)** mértékhez képest ugyancsak a savak koncentrációjának növekedését támasztják alá – ez szintén összefüggésben áll a fentiekkel. *Megjegyzés:* A kialakuló savtartalom nagymértékben függ az évjárattól, a szőlőfajtától, illetve az alkalmazott szőlőtermesztési- és borászati technológiától.

## 5.2. HPLC vizsgálat és mérési eredményei

### 5.2.1. A vizsgált minták mérésének kiértékelése

A standard kalibrációs sorhoz hasonlóan a bormintákat is 1:4 arányban, azaz ötszörösére hígítottuk eluens hozzáadásával.

A vizsgált mintákban az egyéb összetevők mátrix-hatása miatt a kérdéses komponensek retenciós ideje valamelyest módosul az alábbiak szerint:

- Sikiminsav:  $t_{\text{ret.}}=5,77-5,87$  min.
- Borostyánkősav:  $t_{\text{ret.}}=6,86-7,7$  min.
- Fumársav:  $t_{\text{ret.}}=9,22-9,41$  min.

A kalibrációs görbékre illesztett regressziós egyenesek **34** átrendezve és behelyettesítve az adott csúcs alatti területet, megkapjuk a hozzájuk tartozó koncentrációkat:

- Borostyánkősav: [g/l]

$$X = \frac{T}{2 * 10^6}$$

- Sikiminsav: [mg/l]

$$X = \frac{T}{9 * 10^7} * 1000$$

- Fumársav: [mg/l]

$$X = \frac{T}{3 * 10^8} * 1000$$

ahol T a csúcs alatti területet jelöli

#### 5.2.1.1. Pátia szalmabor HPLC-s vizsgálatának mérési eredményei

**Pátia szalmabor** HPLC-s vizsgálatának adatait a **12. táblázat**, ill. **13. táblázat** foglaltam össze.

A vizsgálat során megállapítást nyert, hogy a szalmaágyas töppezési eljárással készült szalmabor tartalmazza a legtöbb borostyánkősavat, **5,43 g/l** koncentrációban – szignifikáns különbséggel (42%-kal több). Fumársav termelődése tekintetében ugyancsak a szalmaágyas kísérlet bizonyult a legjobbnak, szintén 40% körüli többlet mennyiséggel (**32 mg/l**). Továbbá megállapíthatjuk, hogy a rekeszes kísérlet során állt elő a legtöbb Sikiminsav, **183,3 mg/l** koncentrációban.

**12. táblázat:** Pátia szalmaborok kromatogramjairól leolvasott csúcs alatti területek

(Forrás : saját munka)

Minta száma / Elnevezése	Borostyánkősav Csúcs alatti terület	Sikiminsav Csúcs alatti terület	Fumársav Csúcs alatti terület
<b>343 / P. Függesztett</b>	7 560 304	15 738 552	6 891 552
<b>321 / P. Szalmaágyas</b>	10 863 792	14 660 528	9 599 142
<b>342 / P. Rekeszes</b>	7 578 394	16 492 616	7 129 226

**13. táblázat:** Pátia szalmaborok HPLC – s vizsgálatának eredményei

(Forrás : saját munka)

Minta száma / Elnevezése	Borostyánkősav [g/l]	Sikiminsav [mg/l]	Fumársav [mg/l]
<b>343 / P. Függesztett</b>	3,78	174,9	23,0
<b>321 / P. Szalmaágyas</b>	5,43	162,9	32,0
<b>342 / P. Rekeszes</b>	3,79	183,3	23,8

#### 5.2.1.2. Kékfrankos szalmabor HPLC-s vizsgálatának mérési eredményei

**Kékfrankos szalmabor** HPLC-s vizsgálatának adatait a **14. táblázat**, ill. a **15. táblázat** láthatjuk. A függesztett ill. rekeszes eljárással készült kékfrankos szalmabor minták ismételt vizsgálatára volt szükség, mivel azok mérési eredménye a kalibrációs görbe koncentrációtartományán kívül estek. Az újbóli vizsgálat megerősítette, hogy ezekben a borostyánkősav tartalom 0,1 g/l koncentrációnál kisebb mennyiségben van jelen, ezért a pontos meghatározásuktól eltekintettünk. A HPLC-s vizsgálatok során keletkezett kromatogramok a **70**

Mellékletek találhatóak.

**14. táblázat:** Kékfrankos szalmaborok kromatogramjairól leolvasott csúcs alatti területek

(Forrás : saját munka)

<b>Minta száma / Elnevezése</b>	<b>Borostyánkősav Csúcs alatti terület</b>	<b>Sikiminsav Csúcs alatti terület</b>	<b>Fumársav Csúcs alatti terület</b>
<b>332 / K. Függesztett</b>	-	12 922 656	4 925 450
<b>341 / K. Szalmaágyas</b>	13 490 584	11 029 720	4 029 560
<b>344 / K. Rekeszes</b>	-	22 093 248	5 218 611

**15. táblázat:** Kékfrankos szalmaborok HPLC-s vizsgálatának eredményei

(Forrás : saját munka)

<b>Minta száma / Elnevezése</b>	<b>Borostyánkősav [g/l]</b>	<b>Sikiminsav [mg/l]</b>	<b>Fumársav [mg/l]</b>
<b>332 / K. Függesztett</b>	<0,1	143,6	16,4
<b>341 / K. Szalmaágyas</b>	6,75	122,6	13,4
<b>344 / K. Rekeszes</b>	<0,1	245,5	17,4

Kékfrankos szalmaborok közül a rekeszes töppesztés kísérlete volt a legkedvezőbb az előállt sikiminsav és a fumársav tekintetében is, a szalmaágyashoz képest jelentős, kétszeres mennyiségű sikiminsav koncentráció figyelemre méltó a vizsgált tételek közül.

### 5.3.Színintenzitás és színtónus vizsgálatok eredményei

A borok színintenzitása és színtónusa nagymértékben függ a szőlő fajtájától, ill. az alkalmazott szőlőfeldolgozási technológiától, valamint az érlelés körülményeitől. Természetesen a borokban végbemenő öregedési folyamatok és a részben ezzel összefüggésben álló szabad kénessav szintje is mind befolyásoló tényezőként szerepel. Fehérborok esetében elmondható, hogy a színintenzitásuk 0,05 – 0,1 – 0,2 értékek között változik nagy általánosságban, az ennél magasabb értékek túloxidáltságra és öregedésre engednek következtetni, de mindenképpen összefüggésben állnak a polifenolok nagyobb mennyiségű jelenlétével.

#### 5.3.1. Pátria szalmaborok színintenzitás vizsgálata és eredményei

Ezen vizsgálatok eredményeit a

**16. táblázat** foglaltam össze. A Pátria szalmaborok vizsgálatánál megállapított 0,202 – 0,358 értékekkel az alábbi megfigyelések állhatnak összefüggésben:

- a bor készítése során alkalmazott technológia hozzájárul a szalmabor rozéhoz hasonló, sötétebb színének kialakulásához, mivel az töplesztett szőlőből és héjon erjesztéssel készült
- A **41. oldalon** leírt alacsony kénessav szintek elősegíthetik a nem kívánatos oxidációs folyamatok lejátszódását, ezáltal a barnulási folyamatokat is
- mivel a szóban forgó vizsgálat értékei a polifenolok megnövekedett mennyiségével szorosán korrelálnak, előrevetítik, hogy az arra irányuló mérések eredményei is kiugróan magas értékeket képviselnek.

**16. táblázat:** Pátria szalmaborok színintenzitásának eredményei

(Forrás : saját munka)

Minta	Színintenzitás
Pátria Függesztett	0,358
Pátria Szalmaágyas	0,202
Pátria Rekeszes	0,223

### 5.3.2. Kékfrankos szalmaborok színintenzitás és színtónus vizsgálata és eredményei

A Kékfrankos szalmaborok színintenzitását és színtónusát **17** taglalja. A vizsgálat során meghatározott Sudraud-indexek alapján megállapítható, hogy mindhárom kísérleti tétel jó színárnyalattal rendelkezik ( $0,5 < T < 0,8$ , jónak nevezhető), barnatörésre nem hajlamos. Továbbá színintenzitási értékeik alapján a „különleges minőségű” vörösboroknál intenzívebb színnel rendelkeznek, mivel azokra  $I=4,00-5,50$  tartomány jellemző. Valamelyest a töppesztett bogyók hosszabb ideig tartó héjon erjesztésének tudható be ez az eltérés, de ezzel a borok élvezeti értéke nem csökken.

**17. táblázat:** Kékfrankos szalmaborok színintenzitásának és színtónusának vizsgálati eredményei

(Forrás : saját munka)

Minta	A420	A520	Színintenzitás	Színtónus
Kékfrankos Függesztett	3,303	5,897	9,2	0,56
Kékfrankos Szalmaágyas	2,094	4,106	6,2	0,51
Kékfrankos Rekeszes	2,606	4,494	7,1	0,58

## 5.4. Polifenolok összetételének vizsgálati eredményei

### 5.4.1. Pátria

A **Pátria szalmaborok** vizsgálati eredményeit a **18. táblázat** tartalmazza, ill. azok összehasonlító elemzését a **18. ábra-**

**19. ábra- 20. ábra** szemléltetik. Megállapíthatjuk, hogy a függesztett eljárással készült borok összes polifenol-tartalma valamivel magasabb, 12%-kal, ill. 15%-kal haladja meg a másik két eljárással készült borokét. Mint ahogyan a színintenzitás vizsgálat eredményeiből már sejteni lehetett, mindhárom szalmabor esetében kiugróan magas értékeket adtak a vizsgálatok – amennyiben a hagyományos fehérborok összes polifenol- (170-300 mg/l), katechin- (15-40 mg/l), leukoantocianin-tartalmát (5-15 mg/l) vesszük alapul. Véleményem szerint ezek a magas értékek részben az alacsony kénessav-adagolásnak, részben a technológiának tudhatók be.

**18. táblázat:** Pátria szalmabor összes polifenol és fenolos alkotóinak mérési eredményei

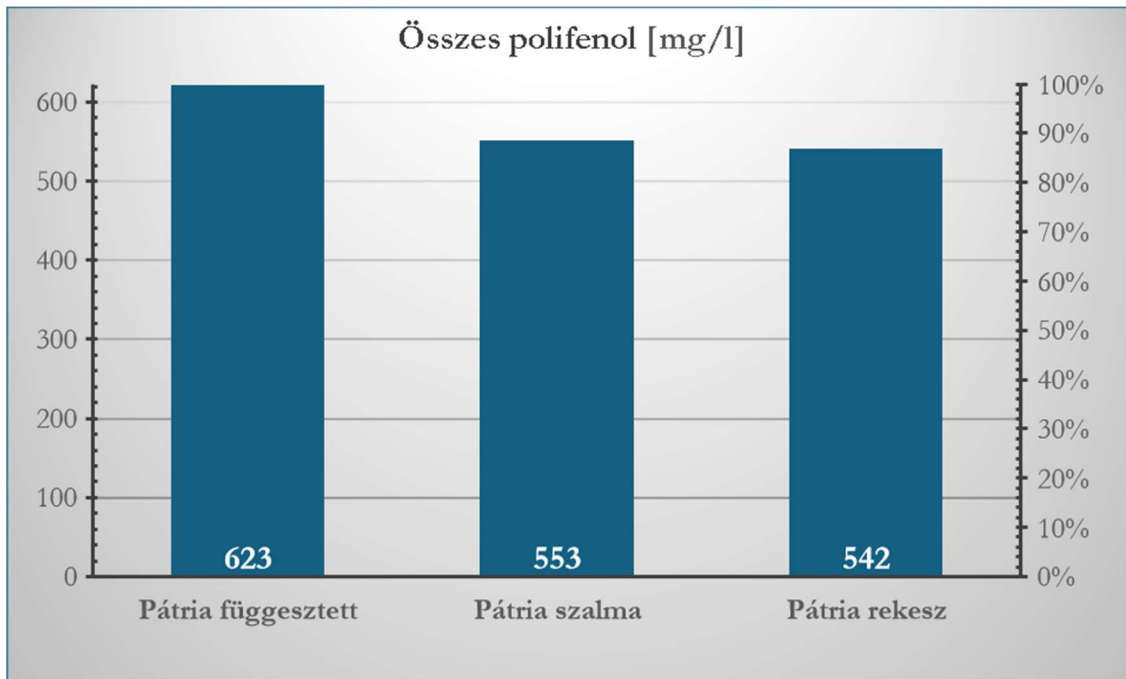
(Forrás : saját munka)

Minta	Összes Polifenol* [mg/l]	Leukoantocianin [mg/l]	Katechin [mg/l]
<b>Pátria Függesztett</b>	623	446	425
<b>Pátria Szalmaágyas</b>	553	354	320
<b>Pátria Rekeszes</b>	542	279	316

\*galluszsavban kifejezve

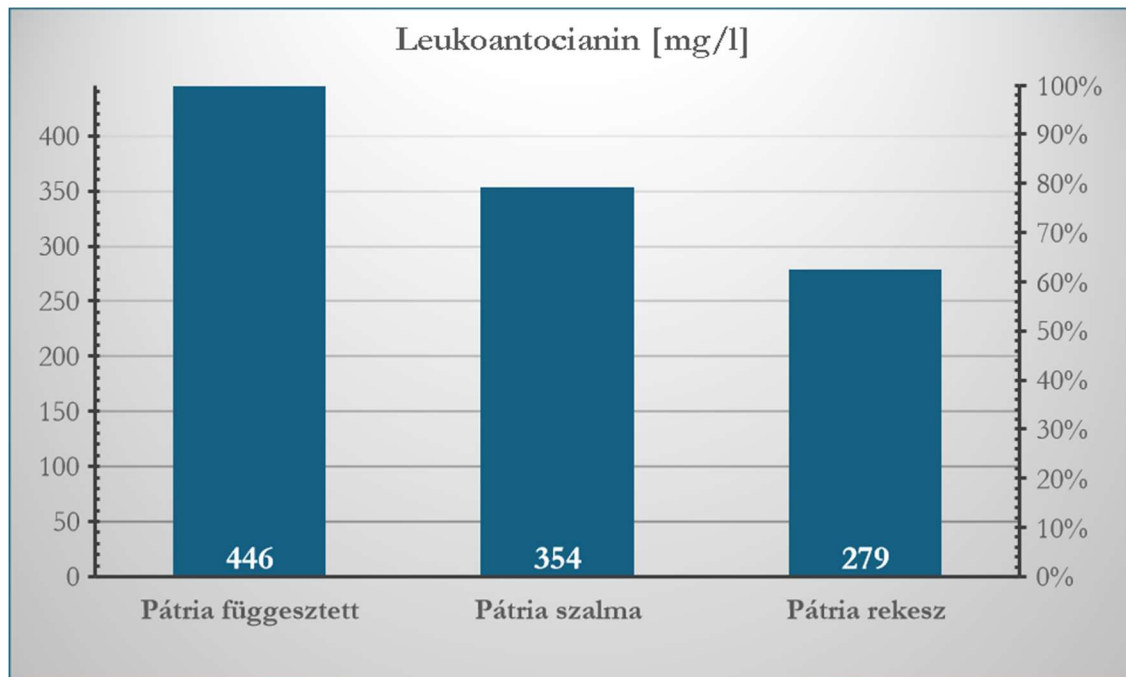
**18. ábra:** Pátria szalmabor összes polifenol mérési eredményeinek összehasonlítása

(Forrás : saját munka)



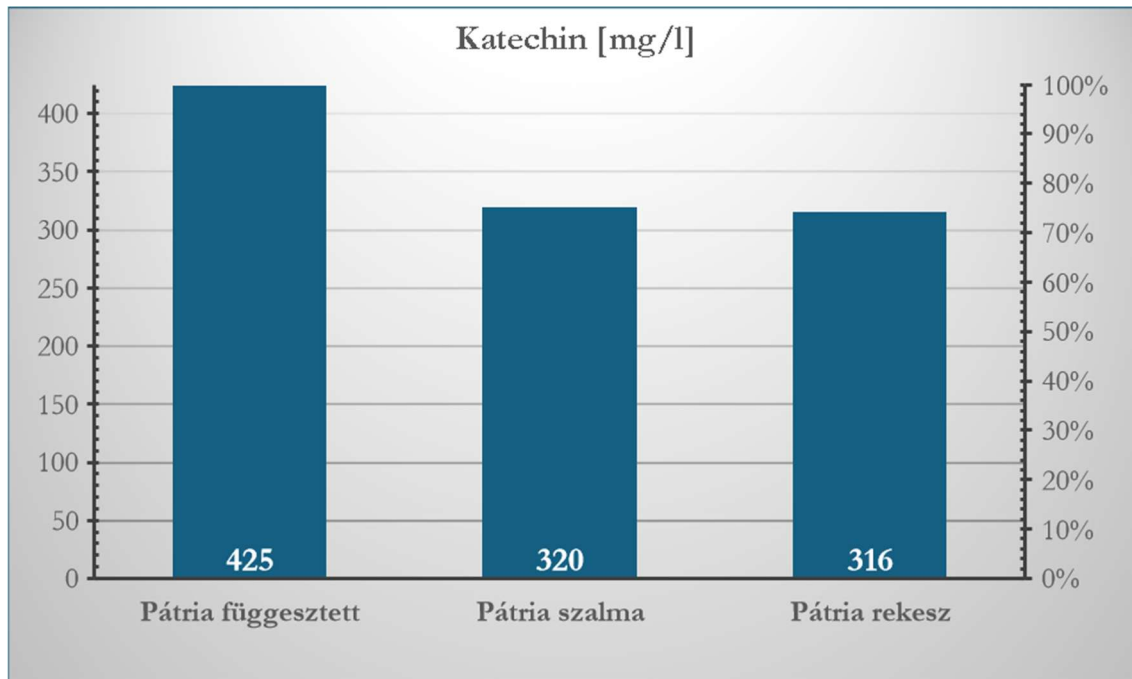
**19. ábra:** Pátria szalmabor Leukoantocianin mérési eredményeinek összehasonlítása

(Forrás : saját munka)



**20. ábra:** Pátia szalmabor Katechin mérési eredményeinek összehasonlítása

(Forrás : saját munka)



#### 5.4.2. Kékfrankos

A Kékfrankos szalmaborok vizsgálati eredményeit a **19. táblázat** tartalmazza, ill. azok összehasonlító elemzését a **21. ábra** - **22. ábra** - **23. ábra** - **24. ábra** szemléltetik. Megállapíthatjuk, hogy a függesztett eljárással készült borok összes polifenol-tartalma lényegesen magasabb, 30%-kal, illetve 47%-kal haladja meg a másik két eljárással készült borokét. Mindhárom érlelésre szánt szalmabor esetében az összes polifenol-tartalom, továbbá az antocianin-tartalom hozzájárulhat azok színtabilitásához és megtartásához. Az antocianin-tartalom az erjedés alatt ill. után és az érlelés alatt is fokozatosan csökken azok polimerizációja ill. kiválása következtében. A polifenol vizsgálatok 2024-ben történtek, a borok kb. 1 éves érlelése után, mely szintén amellet szól, hogy stabil és megfelelő színárnyalattal rendelkeznek.

**19. táblázat:** Kékfrankos szalmabor összes polifenol és fenolos alkotóinak mérési eredményei

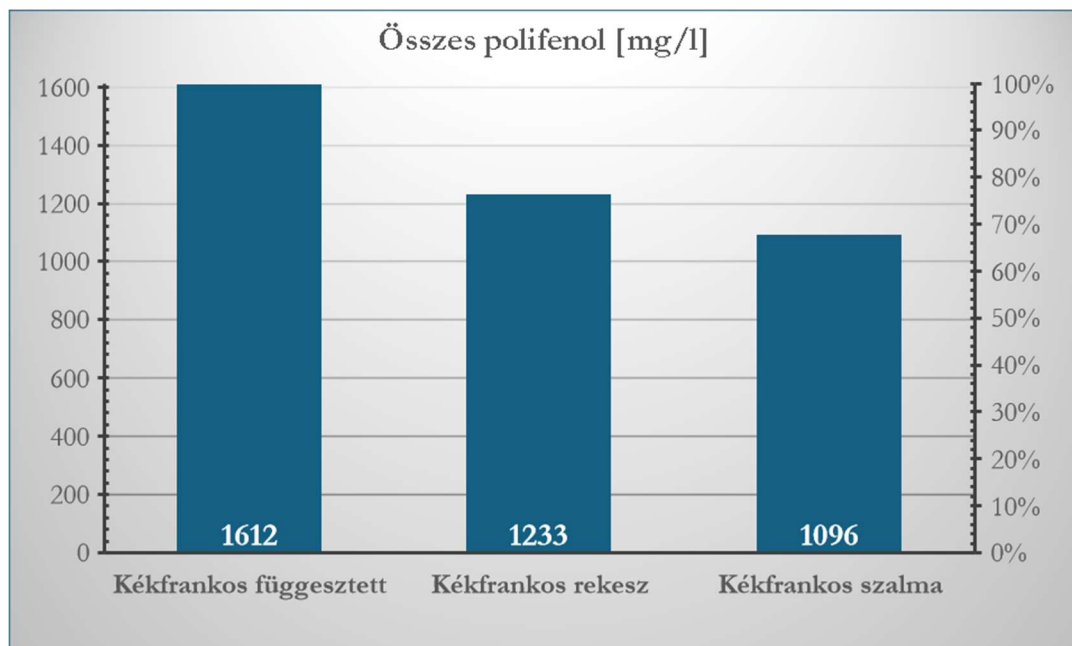
(Forrás : saját munka)

Minta	Összes Polifenol* [mg/l]	Leukoantocianin [mg/l]	Katechin [mg/l]	Antocianin [mg/l]
Kékfrankos Függesztett	1612	902	750	217
Kékfrankos Szalmaágyas	1096	764	653	159
Kékfrankos Rekeszes	1233	746	598	151

\*galluszsavban kifejezve

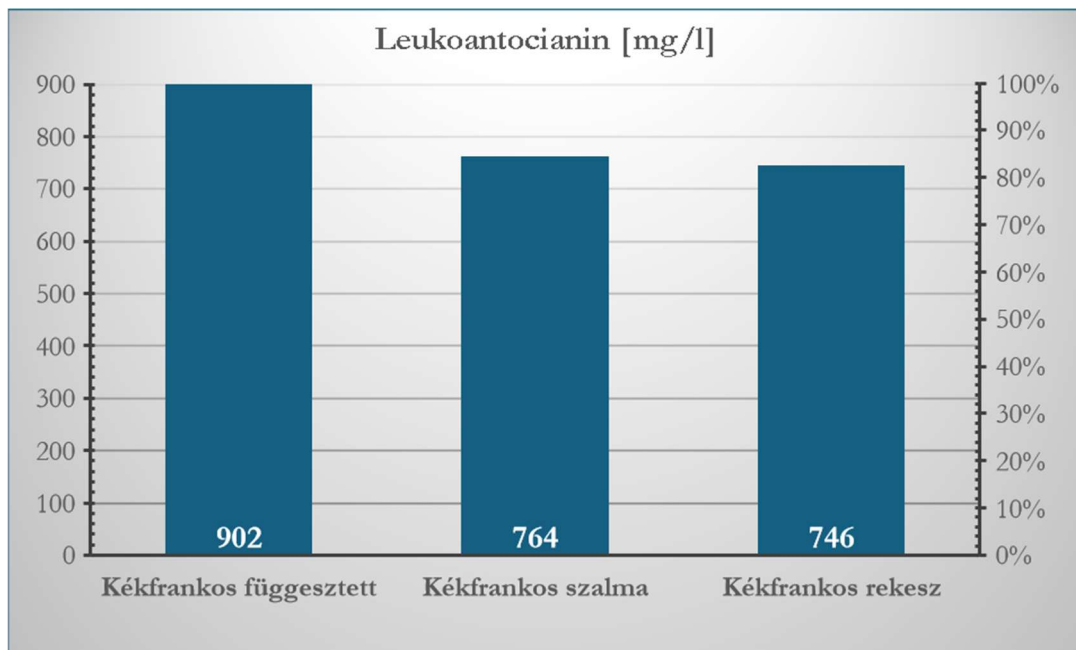
**21. ábra:** Kékfrankos szalmabor összes polifenol mérési eredményeinek összehasonlítása

(Forrás : saját munka)



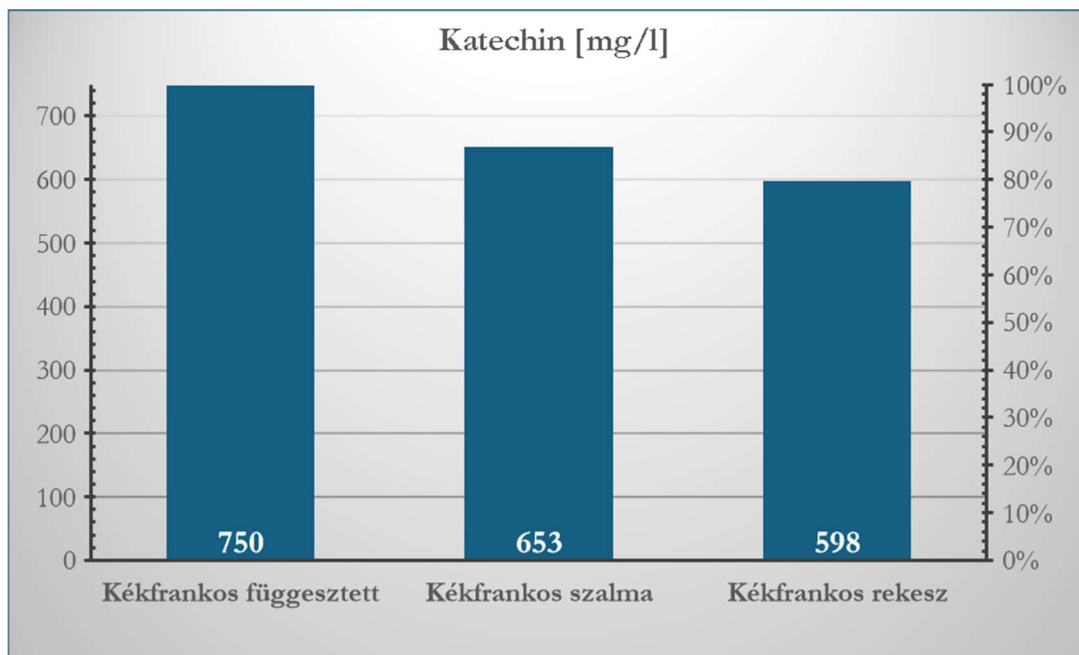
**22. ábra:** Kékfrankos szalmabor Leukoantociain mérési eredményeinek összehasonlítása

(Forrás : saját munka)



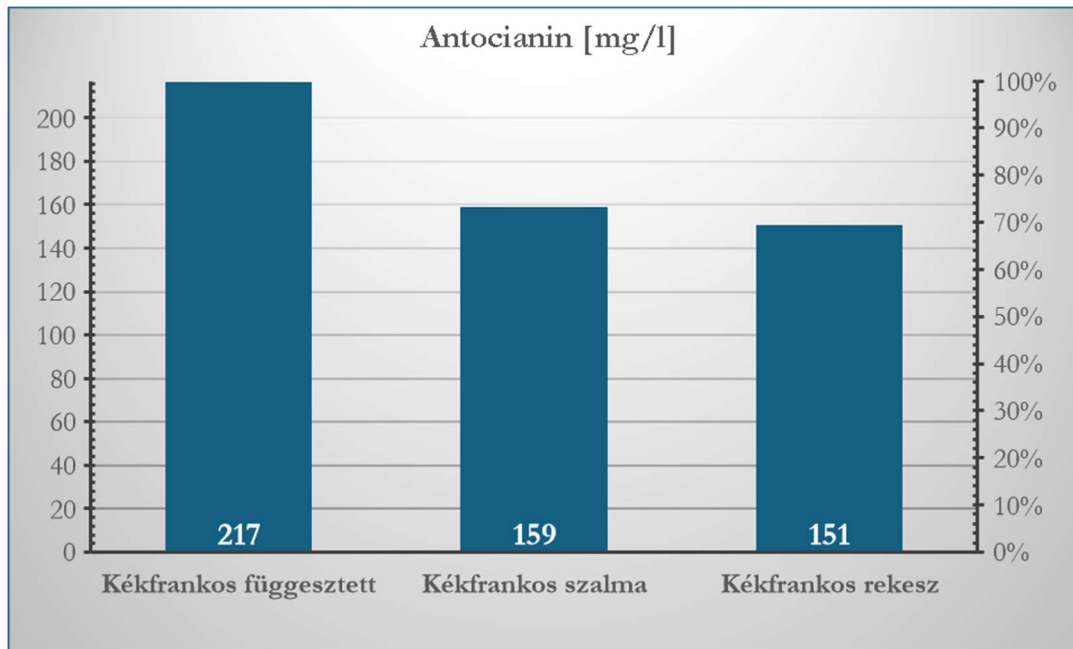
**23. ábra:** Kékfrankos szalmabor Katechin mérési eredményeinek összehasonlítása

(Forrás : saját munka)



**24. ábra:** Kékfrankos szalmabor Antocianin mérési eredményeinek összehasonlítása

(Forrás : saját munka)



## 6. Következtetések és javaslatok

Az analitikai vizsgálatok azt támasztják alá, hogy a **függesztett** eljárással készült borok bizonyos tekintetben kiemelkednek a másik két eljáráshoz képest:

- kiemelkedően magas a redukáló cukrok tartalma,
- titrálható sav mennyisége és a savösszetétel is kedvezőnek mondható,
- polifenolok és antocianin nagymértékű keletkezése hozzájárul a színstabilitás kialakulásához, azonban a fehérborok esetében a magas polifenol – tartalom nem kedvező,
- hátrányaként mondható el, hogy ez a technológia sokkal több kézimunkát igényel.

Megfigyelhető, hogy mindkét szőlőfajta esetében a **rekeszes** technológia alkalmazása során kaptuk a legnagyobb titrálható savtartalmú mustokat, Pátria fajta esetében szalmabort is, valamint a sikiminsav tekintetében kiemelkedő koncentrációk voltak mérhetőek. Mivel az aromaanyagokat alkotó vegyületek a sikiminsav útján képződnek, érdemes lenne ebben a tekintetben további vizsgálatokat folytatni, miszerint a borok aromaprofilját meghatározó vegyületek mennyiségében milyen eltérések lesznek megfigyelhetőek töppesztési eljárásenként, illetve a hagyományos eljáráshoz viszonyítva. A tőkén beérő szőlőfürtök esetében megfigyelhető, hogy a hűvösebb keleti és északi dűlők nagyobb savtartalmú mustokat adnak. Elképzelhető, hogy töppesztés során a rekessel folyamatosan érintkező bogyókban közrejátszhatott a rekeszek jobb hőelvonó képessége, mint a szalmaágy szigetelőhatása, ill. az áramló levegő a függesztett eljárás során.

Korábban már utaltam KÁLLAY (2010) megállapítására, miszerint a szokásos borászati technológiák alkalmazása során maximum 1,5 g/l koncentrációjú borostyánkósav keletkezik erjedés közben. Az alkalmazott töppesztési technológiák mellett, kiváltképp a szalmaágyon történő szárításkor mindkét fajta esetében ennél jóval több – 5,43 g/l (Pátria), illetve 6,75 g/l (Kékfrankos) – borostyánkósav állt elő.

Citromsav többletermelődésről sajnos nem sikerült a fenti vizsgálatok során megbizonyosodnunk. Azonban fontos megjegyeznem, hogy a malolaktikus fermentáció során a citromsav nagyrészt, szinte teljes egészében elfogyasztják a baktériumok, miközben végtermékként az aromaképződésben fontos szerepet játszó diacetil intermediert állítanak elő. Ezért javasolnám a citromsav mennyiségi meghatározását az erjedés megindulása előtt a mustban. Amennyiben a mostani vizsgálatokat meghaladó mennyiségű citromsav keletkezne,

az erjedés során többszöri mintavételt alkalmazva, kiegészítve diacetil meghatározásával kutatnék tovább.

Pátia fajta esetében magas illósav – tartalmú szalmaborokat sikerült előállítani mindhárom módszerrel. Érdeemes lenne kideríteni, mi válthatta ki. A mustokban lévő illósavak mennyiségi meghatározásával egyértelműen azonosítani lehetne, hogy a szárítás vagy az erjedés során keletkeztek. Szárítás során a különböző muslicák (*Drosophila melanogaster*, illetve a *Drosophila suzukii*) nagyobb számú megjelenése és károkozása nem volt tapasztalható. Amennyiben az ecetedéssel járó mikrobiológiai folyamatok még a szárítás során okozták – úgy, hogy a fürtök törődésmentes állapotára különös gondot fordítottak – ebben az esetben meggondolandó a Pátia fajta alkalmazása szalmabor készítésére: a függesztett eljárás alkalmazásánál minimális a bogyók sérülésének esélye, mivel annak során nem történik további mozgás, azonban itt is 1,37 g/l koncentrációban keletkezett. Emlékeztetőül: Az alkalmazhatóságot nagymértékben befolyásolja a bogyóhéj vastagsága, viaszoltsága, a fürt szerkezete, tömörsége, a szőlőbogyók mérete, valamint a bogyókocsány – azáltal, hogy milyen erővel tartja a bogyókat a fürtön.

Teljesebb értékű képet kaphatnánk az elkészült szalmabor tételekről, amennyiben azokról érzékszervi vizsgálat is készülne 100 pontos rendszer alapján: A borostyánkősav nagyobb mennyiségű jelenléte határozott ízével izgalmassá teheti a borokat, gazdagítva savainak sokszínűségét.

Továbbá ismételt színintenzitás mérésekre is szükség lenne: a Kékfrankos boroknál a kialakult szín tartósságának, Pátia esetében pedig az esetleges színmélyülés vizsgálata miatt.

Ahhoz, hogy mélyebben megismerjük a töppesztési eljárások indukálta folyamatokat, továbbá egyértelműen azonosítani tudjuk az azok során keletkező vegyületek minőségi és mennyiségi jellemzőit, kontroll mintát kellene készíteni: ugyanazon szüreti tételből hagyományos technológiai módszerrel készített borok szolgálnának kontroll mintaként, azonos erjesztési körülményeket alkalmazva. A beltartalmi értékek változásának nyomon követése több szempontból is fontos lehet: meghatározható a szárítás időtartamának ideális esete, amikor a legharmonikusabb összetételű borokat tudjuk elkészíteni. A hosszabb ideig történő töppesztés alatt a víztartalom jelentős csökkenésével, nemcsak cukorkoncentráció fog megnövekedni, hanem a termés mennyisége is lecsökken. Amennyiben nem célunk magasabb maradék cukortartalmú borok készítése, időt és energiát takaríthatunk meg az optimális szárítási idő beállításával. Ehhez folyamatos monitoring mellett a beltartalmi értékek

változását a szárítás időtartamának függvényében lemodellezzük az adott fajtákra, majd ezalapján meghatározzuk annak optimális időtartamát, amikor a legharmonikusabb borok készíthetők. Párhuzamos kísérletek és mérések elvégzése esetén statisztikai adatok, szórások, eloszlások, esetlegesen bizonyos folyamatok időbeli változásának jellemzői is kinyerhetők.

A glükonsav, galakturonsav esetleges keletkezésének vizsgálatára sajnos nem volt lehetőségünk, ezek eredményei a későbbiek folyamán fontos adatok lehetnek.

## 7. Összefoglalás

A globális szintű éghajlatváltozással járó átlaghőmérséklet-növekedés, a csapadék mennyiségének csökkenése, egyenetlen eloszlása komoly stresszhelyzetet idéz elő a mezőgazdaságban, így a szőlőnövények számára is. Hazánk borvidékei változatos adottságaik ellenére sem képeznek kivételt: egyre szárazabb és forróbb nyarak, nem megfelelő csapadékeloszlás jellemzik őket. Ilyen klimatikus körülmények között a zsendülő és az érésben lévő szőlőbogyókban a cukortartalom és a savtartalom alakulása eltér egy átlagos hőmérsékletű, viszonylag csapadékosabb évjáráthoz képest. A borászoknak igazi kihívást jelent eltalálni a megfelelő technológiai érettség állapotát, igazodva ahhoz a nehezítő körülményhez, hogy a szüreti időszakban szintén változatos, sok esetben rossz időjárási körülmények alakulnak ki. E tényezők miatt egyre fontosabb szerephez juthatnak bizonyos technológiai megoldások, melyekkel részint kiküszöbölhetők a klímaváltozás káros hatásai, továbbá minőségi borok előállítására kínálnak alternatívát, miközben a szüret időszakának szélsőséges időjárási körülményeit és annak kockázatait jelentősen csökkentik.

Szalmabor készítése során a szőlőbogyók cukor- és savtartalmát szabályozott körülmények között a kívánt koncentrációra állíthatjuk be, így a savgerincen javítva, az aromaanyagokat megőrizve növelhető a redukáló cukortartalom.

A szakdolgozatom része egy, a szalmaborokat mélységeiben feltérképező kutatásnak, amelyben mikrobiológiai vizsgálatok mellett kitértek arra is, hogy van-e létjogosultsága a piacon, azaz fizetőképes kereslet mutatkozik-e ezekre a borokra. A vizsgálatok alapjául szolgáló szalmaborokat Pátria és Kékfrankos szőlőfajtákból készítettük, háromféle töppesztési módszert alkalmazva: függesztéses (F), szalmaágyas (SZ) és rekeszes (R); a szárítás időtartamát tekintve a valpolicellai Amarone és Soave borvidéken jellemző Recioto szalmaborok hagyományos 3-4 hónapos töppesztését vettük alapul. A mikrovinifikáció során a héjon történő erjesztést a hideg- és alkoholtűrő képessége alapján szelektált Uvaferm Dantsil A fajélesztővel végeztük 20-22 °C környezeti hőmérsékleten, a törkölykalap feltörésére napi kétszeri csömöszölést alkalmazva.

Célkitűzéseim között szerepelt a fenti szalmaborok szerves savainak meghatározása, valamint annak megállapítása, hogy a különböző töppesztési eljárások miként befolyásolják keletkezésüket. Ezen vizsgálatok azért is fontosak, mivel a savak mennyisége, azok egymáshoz, illetve a keletkezett alkohol- és a maradék (redukáló) cukortartalomhoz viszonyított aránya

nagyban befolyásolja a borok érzékszervi tulajdonságait, ezáltal azok élvezeti értékét. A polifenolok nemcsak a barnulási hajlamért felelősek, hanem fontos, pozitív élettani hatással is rendelkeznek. Sikiminsav keletkezése közben olyan vegyületek állhatnak elő, melyek prekursorai számos aromaanyagnak, így módon gazdagítva a bor ízét. A töppesztés során keletkező borostyánkősav és citromsav nem csupán gazdagítja a bor savainak sokszínűségét, karakterét, hanem az így előállt citromsav növelheti a további aromaanyagok prekursorainak mennyiségét. Mindezt a malolaktikus fermentáció révén, azáltal, hogy a baktériumok a citromsavból többek között diacetilt állítanak elő, amely intermediere a már említett aromaanyagok közé tartozó vegyületeknek.

A héjon erjesztést megelőzően valamennyi kísérleti tételnél mintát vettem a mustokból, hogy összehasonlítsam a töppesztést megelőző, illetve a már kész szalmaborok vizsgálatának eredményeivel. Ennek révén teljesebb képet kaphatunk arról, hogy az egyes töppesztési módok miként befolyásolták a vízvesztés során a savak, illetve a redukáló cukrok mennyiségének alakulását, továbbá az erjedéskor végbement változásokat is láthatjuk. Töppesztés során Pátria fajta esetében 20%-kal, Kékfrankos fajtánál több, mint 50%-kal nőtt a titrálható savtartalom és mindkét fajtánál a rekeszes eljárás során volt maximális. Ezzel párhuzamosan a pH-értékek is csökkentek. Redukáló cukrok mennyiségének növekedése a függesztett verzióknál volt a legintenzívebb mindkét fajta esetében (Pátria + 38%, Kékfrankos + 33%). Míg Pátria fajtánál az erjedés során hozzávetőlegesen 25%-kal csökkent a titrálható savtartalom, addig Kékfrankos szőlőnél a mustok erjedése során a titrálható savtartalom növekedését tapasztaltam [+ 15% (R), + 27% (F), + 42% (SZ)], ami a keletkezett, illetve az átalakult savak mennyiségének változásával magyarázható.

A szalmaborok savösszetételét tekintve: Pátria fajta esetében mindhárom töppesztési eljárásnál megállapítható, hogy az almasav jelentős része az MLF során tejsavvá alakult, Kékfrankos szalmaborokban a mintavétel idejéig még nem ment teljesen végbe az almasav bontása, továbbá valamivel 5 g/l feletti mennyiségben tartalmaznak borkősavat. Ugyanakkor megállapítható, hogy mindkét fajtánál a szalmaágyas töppesztés kedvezett leginkább a tejsav termelődésének. Megnövekedett citromsav koncentrációt, ami botritiszes mustoknál is jellemző, egyik tételnél sem tapasztaltam.

Célkitűzésem volt továbbá az eltérő szárítási (töppesztési) eljárással készült alapanyagokból nyert szalmaborok finomanalitikai vizsgálatának összehasonlító elemzése borostyánkősav, sikiminsav, fumársav tekintetében, amit HPLC-s mérésekkel határoztam meg.

Ezen vizsgálatok során megállapítást nyert, hogy a töppesztett szőlőből készült szalmaborok borostyánkősav tartalma lényegesen magasabb, mint a hagyományos technológiával készült boroké. A töppesztés módját tekintve Pátia és Kékfrankos szőlő esetében is a szalmaágyas módszer során állt elő bizonyítottan a legmagasabb koncentrációban, (átlagos mennyiség négyszerese), ugyanakkor a Pátia fajtánál a másik két töppesztési eljárással (F és R) az átlagos maximális mennyiségnek mondható érték kétszeresét is meghaladta.

Szakirodalmi források alapján a borok maximális sikiminsav tartalma hozzávetőlegesen 200 mg/l, különösen a fehérborok tartalmazhatják nagyobb mennyiségben, amit a termesztési technológia és az adott szőlőfajta nagymértékben befolyásol. Azonban a legtöbb vizsgálat csak 30-50 mg/l – es koncentráció értéket állapít meg, ritkán 70-80 mg/l felett (BENE, 2022). Rekeszes töppesztési technológiával Pátia esetében 183 mg/l, Kékfrankos fajtánál 245 mg/l koncentrációban állapítottam meg a sikiminsav mennyiségét, ami kimagasló eredménynek számít. A másik két szárítási eljárással készült Pátia és Kékfrankos szalmaborok sikiminsav tartalma is jóval 100 mg/l fölött van. Kiemelkedő élettani hatását a kvercetinrel együtt fejti ki.

A hagyományos borok fumársav tartalma csak pár milligrammra tehető literenként, mivel az erjedés közben végbemenő reakciók során többnyire borostyánkősavvá alakul. Ízhatásában kellemesen savanykás, a gyümölcsös jegyeket kiemelve üdítő, friss jelleget ad a bornak. Szalmaborainkban mért relatíve magasabb koncentrációja (Pátia: 32 mg/l, Kékfrankos: 17 mg/l) mindkét fajtánál párhuzamban áll a borostyánkősav szignifikáns koncentrációjával.

Szerettem volna továbbá megtudni, hogy a különböző töppesztési eljárások miként befolyásolják a szalmaborok színintenzitását, színtónusát és a polifenolok összetételét. A szalmaborok készítésénél alkalmazott hosszabb ideig tartó héjon erjesztés és héjon tartás következtében magas értékeket kaptam a színintenzitás mérésekor mindkét fajta összes kísérleti tételénél, ami megállapításom szerint párhuzamban áll a polifenolok összetételével és megnövekedett mennyiségével is. Pátia fajta esetében ehhez hozzájárulhat az a körülmény is, hogy a színintenzitás, színtónus és a polifenol vizsgálatok majd egy éves érlelés után kerültek meghatározásra, miközben a kénessav-tartalom mindvégig alacsony szinten maradt. Kékfrankos esetében a színtónus értéke (0,5-0,6) mindhárom eljárás esetén megfelelő, barnatörésre egyik sem hajlamos.

Polifenol vizsgálatok során meghatároztam a kísérleti tételek összes polifenol tartalmát – galluszsavban kifejezve, függesztett eljárás során kaptam a legmagasabb értékeket mindkét fajtánál (Pátia: + 15%, Kékfrankos: + 40%). Pátia szalmaborok polifenol összetételét vizsgálva

meghatároztam a leukoantocianin és a katechin mennyiségét és az eredményül kapott 400 mg/l feletti koncentrációk, valamint az összes polifenol-tartalom magas (>600 mg/l) értékei nagymértékben az alkalmazott technológiának tudhatók be. Kékfrankos esetében az antocianin-tartalom is meghatározásra került. A függesztett eljárással készült szalmabor 200 mg/l feletti antocianin koncentrációja a magas polifenol-tartalommal társulva hozzájárul annak színtabilitásához. Mindegyik kísérleti tételről elmondható, hogy a töppesztéses technológiának köszönhetően az összes polifenol, leukoantocianin –, katechin – és antocianin tartalma magasabb értékeket mutat a hagyományos technológiák mért eredményeihez képest, ami egyúttal megnövekedett antioxidáns tartalmat is jelent a magas sikiminsav koncentrációval társulva.

Célkitűzéseim között szerepelt a szalmaborok feltérképező vizsgálata: ennek többek között az is a célja, hogy alátámasszuk a fenti állításokat és azt szakirodalmakban közzé tegyük – mivel hazánkban nem jellemző a szalmaborok készítése, ezért szerettük volna vizsgálatokkal igazolni, hogy nálunk is alkalmas alternatíva lehet ez a technológia minőségi borok készítésére.

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Nyitrai Dr. Sárdy Diána Ágnesnek, témavezetőmnek, Dr. Kovács Barnabásnak, a volt témavezetőmnek a munkámban való segítségnyújtásért és Dr. Kállay Miklós Professzor Úrnak, ill. Antal Eszternek az elvégzett analitikai vizsgálatokért.

## 8. Irodalomjegyzék

Bellincontro A., Matarese F., D’Onofrio C., Accordini, Tosi E., Mencarelli F. (2016): Management of postharvest grape withering to optimise the aroma of final wine: A case study on Amanore, Food Chemistry

Bertelli A.A.E., Mannari C., Santi S., Filippi C., Migliori M., Giovanni L. (2008): Immuno modulatory Activity of shikimic acid and quercetin in comparison with Oseltamivir (Tamiflu) in an In Vitro Model. Journal of Medical Virology 80:741–745. <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.21072>.

Bene Zs., Oláhné-Horváth B., Kneip A., Balling P. (2022): Héjon erjesztett natúrborok vizsgálata, Élelmiszervizsgálati közlemények, 2022.LXVIII.3,3964

Costantini L., Kappel D. Ch., Trenti M., Battilana J., Emanuelli F., Sordo M., Moretto M., Camps C., Larcher R., Delrot S., Grando S. M.: (2006) Drawing Links from Transcriptome to Metabolites: The Evolution of Aroma in the Ripening Berry of Moscato Bianco (*Vitis vinifera* L.)

Creasy L. L., Coffee M. (1988): Phytoalexin production potential in grape berries. J. Am. Soc. Hort Sci., 113.2.230-234.

*Élelmiszerteknológia alapjai*,(2008), SzTE MK, jegyzet, <https://slideplayer.hu/slide/2194963/>

Letöltés dátuma: 2023.04.03.

Eperjesi I. (2010): *Borászati technológia*, Budapest: Mezőgazdasági Kiadó

Eperjesi I., Horváth Cs., Sidlovits D., Pásti Gy., Zilai Z.(2010): *Borászati technológia*, Budapest: Mezőgazdasági Kiadó

Esmaili M., Sotudeh-Gharebagh R., Cronin K., Mousavi M. A. E., Rezazadeh G. (2007) Grape Drying: A Review, Food Reviews International, 23, 257-280

Frontiers in Plant Science, The Induction of Noble Rot (*Botrytis cinerea*) Infection during Postharvest Withering Changes the Metabolome of Grapevine Berries (*Vitis vinifera* L., cv. Garganega)

Györffyné J. G, Májer J. Varga P., Németh Cs., Knolmajerné Sz. Gy., Szőke B. (2010): DMR módszer alkalmazása Juhfark, Szürkebarát és Pinot noir szőlőfajtáknál, Pannon Egyetem Agrártudományi Centrum Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet

Jones, Gregory V.; White, Michael A.; Cooper, Owen R.; Storchmann, Karl (2005-12-01). "Climate Change and Global Wine Quality". *Climatic Change*. 73 (3): 319–343. Letöltés dátuma: 2023.04.03.

Kállay M. (2010) *Borászati kémia*, Budapest: Mezőgazda Kiadó

Kambas, M. (2005): Cypriots thought to be first Mediterranean winemakers, Reuters

Majer J., Jahnke G., Nemeth Cs., Knolmajer Sziget Gy., Varga P. (2007). Application Met Office, Hungaromet adatok forrás: <https://met.hu> Letöltés dátuma: 2023.04.05.

Nagy B. (2020): A Bianca szőlőfajta Borászati technológiájának optimalizálása, Szent István Egyetem, Doktori (Ph.D.) értekezés

Negri S., Lovato A., Boscaini F., Salvetti E., Torriani S., Comisso M., Danzi R., Ugliano M. (2017) of an special grape growing method the D. M. R. for the production of traditional wine

Pechanova O., Dayar E., Cebova N. (2020). Therapeutic potential of polyphenols-loaded polymeric nanoparticles in cardiovascular system. *Molecules*, 25:3322. <https://doi.org/10.3390/molecules25153322>.

Peri C., Pompei C. (1971) An assay aof difference phenolic fractions in Wines. *Am. J. Enol and Vitic.* 22., 55-58.

Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A. Dubourdieu D. (2006). *Handbook of Enology specialities in Badacsony*. OIV Word Congress Budapest 10-16 June 2007 Proceeding

Szőke B. (2016): A Pinot fajtakör szőlő és borászati technológiai vizsgálata, Budapest, Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet Badacsonyi Kutató Állomás, Doktori (Ph.D.) értekezés

Zoccatelli G., Zenoni S., Savoi S., Dal Santo S., Tononi P., Zandonà V., Dal Cin A., Guantieri V., Pezzotti M., Tornielli G.B. (2013) Skin pectin metabolism during the postharvest dehydration of berries from three distinct grapevine cultivars <https://doi.org/10.1111/ajgw.12014>

## 9. Táblázatok és ábrák jegyzéke

### 9.1. Táblázatok jegyzéke

<b>1. táblázat:</b> A borok pH-érték szerinti besorolása .....	13
<b>2. táblázat:</b> Szervessav-standardok készítése.....	34
<b>3. táblázat:</b> Sikiminsav – standard mérési eredményei.....	34
<b>4. táblázat:</b> Borostánykősav - standard mérési eredményei.....	35
<b>5. táblázat:</b> Fumársav - standard mérési eredményei.....	36
<b>6. táblázat:</b> Pátria szőlő mustjának vizsgálati eredményei.....	39
<b>7. táblázat:</b> Pátria szalmabor rutin analitikai vizsgálatának eredményei .....	41
<b>8. táblázat:</b> Pátria szalmabor savösszetételének meghatározását szolgáló analitikai vizsgálatok eredményei .....	41
<b>9. táblázat:</b> Kékfrankos szőlő mustjának vizsgálati eredményei .....	43
<b>10. táblázat:</b> Kékfrankos szalmabor rutin analitikai vizsgálatának eredményei.....	44
<b>11. táblázat:</b> Kékfrankos szalmabor savösszetételének meghatározását szolgáló analitikai vizsgálatok eredményei.....	44
<b>12. táblázat:</b> Pátria szalmaborok kromatogramjairól leolvasott csúcs alatti területek.....	47
<b>13. táblázat:</b> Pátria szalmaborok HPLC – s vizsgálatának eredményei.....	48
<b>14. táblázat:</b> Kékfrankos szalmaborok kromatogramjairól leolvasott csúcs alatti területek ..	49
<b>15. táblázat:</b> Kékfrankos szalmaborok HPLC-s vizsgálatának eredményei.....	49
<b>16. táblázat:</b> Pátria szalmaborok színintenzitásának eredményei .....	50
<b>17. táblázat:</b> Kékfrankos szalmaborok színintenzitásának és színtónusának vizsgálati eredményei .....	51
<b>18. táblázat:</b> Pátria szalmabor összes polifenol és fenolos alkotóinak mérési eredményei ...	52
<b>19. táblázat:</b> Kékfrankos szalmabor összes polifenol és fenolos alkotóinak mérési eredményei .....	55

## 9.2. Ábrák jegyzéke

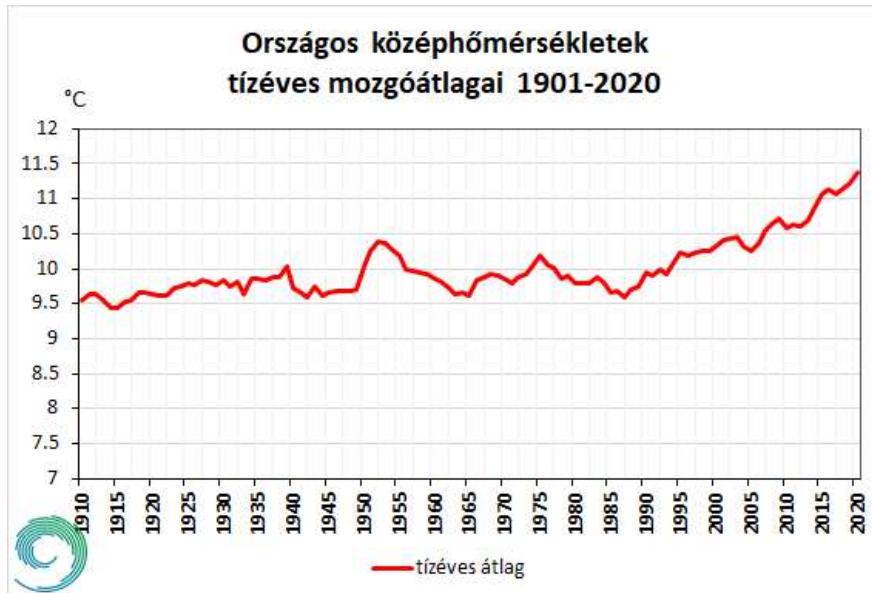
<b>1. ábra:</b> A szüreti időpontok változása 1892-2014 között Franciaországban.....	5
<b>2. ábra:</b> A globális évi átlagos felszínhőmérsékletek eltérése az iparosodás (1850–1900) előtti átlagtól.....	6
<b>3. ábra:</b> A Magyarországi nyári átlaghőmérséklet változásának (°C) 30-éves mozgóátlaga az OMSZ-ban készített három modellszimuláció eredményei alapján. Referencia időszak: 1971–2000.....	7
<b>14. ábra:</b> Másodlagos erjedési melléktermékek képződési lehetőségei piroszőlősavból.....	17
<b>15. ábra:</b> Fenolos vegyületek csoportosítása Peri és Pompei alapján, 1971.....	22
<b>16. ábra:</b> Rezveratrol – 3,5,4'-trihidroxi-transz-difenil-etilén.....	23
<b>17. ábra:</b> Katechinek (3-flavanolok) szerkezeti képlete.....	24
<b>18. ábra:</b> Leukoantociainok (3,4-flavandiolo) szerkezeti képlete.....	24
<b>19. ábra:</b> Az antocianinok szerkezete.....	26
<b>20. ábra:</b> Kékfrankos szőlő.....	28
<b>21. ábra:</b> Pátria szőlő.....	28
<b>22. ábra:</b> Kombinált üvegelektrod.....	30
<b>13. ábra:</b> Sikiminsav - standard kalibrációs görbéje.....	35
<b>14. ábra:</b> Borostyánkősav - standard kalibrációs görbéje.....	36
<b>15. ábra:</b> Fumársav - standard kalibrációs görbéje.....	37
<b>16. ábra:</b> Pátria szalmabor savösszetételének meghatározását szolgáló analitikai vizsgálatok eredményei és titrálható savtartalma.....	42
<b>17. ábra:</b> Kékfrankos szalmabor savösszetételének meghatározását szolgáló analitikai vizsgálatok eredményei.....	45
<b>30. ábra:</b> Pátria szalmabor összes polifenol mérési eredményeinek összehasonlítása.....	53
<b>31. ábra:</b> Pátria szalmabor Leukoantocianin mérési eredményeinek összehasonlítása.....	53
<b>32. ábra:</b> Pátria szalmabor Katechin mérési eredményeinek összehasonlítása.....	54
<b>33. ábra:</b> Kékfrankos szalmabor összes polifenol mérési eredményeinek összehasonlítása..	55
<b>34. ábra:</b> Kékfrankos szalmabor Leukoantociain mérési eredményeinek összehasonlítása...	56
<b>35. ábra:</b> Kékfrankos szalmabor Katechin mérési eredményeinek összehasonlítása.....	56
<b>36. ábra:</b> Kékfrankos szalmabor Antocianin mérési eredményeinek összehasonlítása.....	57

<b>4. ábra:</b> Országos középhőmérsékletek tízéves mozgóátlagai (az adott évhez tartozó érték az adott évvel záródó 10 év átlagát jelöli).....	70
<b>5. ábra:</b> Országos évi középhőmérsékletek .....	70
<b>6. ábra:</b> Országos csapadékösszegek tízéves mozgóátlagai (az adott évhez tartozó érték az adott évvel záródó 10 év átlagát jelöli).....	70
<b>7. ábra:</b> Országos éves csapadékösszegek.....	71
<b>8. ábra:</b> A csapadékos napok ( $R \geq 1\text{mm}$ ) számának országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel az 1901–2020 időszakban.....	71
<b>9. ábra:</b> A nyári napi csapadékintenzitás országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel az 1901–2020 időszakban. ....	72
<b>10. ábra:</b> A leghosszabb száraz periódus (napi $R < 1\text{mm}$ ) országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel az 1901–2020 időszakban.....	72
<b>11. ábra:</b> Forró napok száma 1901-2023 között.....	73
<b>12. ábra:</b> Hőségnapok száma 1901-2023 között.....	74
<b>13. ábra:</b> Trópusi éjszakák száma 1901-2023 között.....	74
<b>38. ábra:</b> HPLC Kalibráció.....	75
<b>39. ábra:</b> 332.sz. Minta – függesztett Kékfrankos.....	75
<b>40. ábra:</b> 341.sz. Minta – szalmaágyas Kékfrankos.....	75
<b>41. ábra:</b> 344.sz. Minta – rekeszes Kékfrankos.....	76
<b>42. ábra:</b> 343.sz. Minta – függesztett Pátria.....	76
<b>43. ábra:</b> 321.sz. Minta – szalmaágyas pátria.....	77
<b>44. ábra:</b> 342.sz. Minta – rekeszes Pátria.....	77

## 10. Mellékletek

**25. ábra:** Országos középhőmérsékletek tízéves mozgóátlagai (az adott évhez tartozó érték az adott évvel záródó 10 év átlagát jelöli)

(Forrás: met.hu)



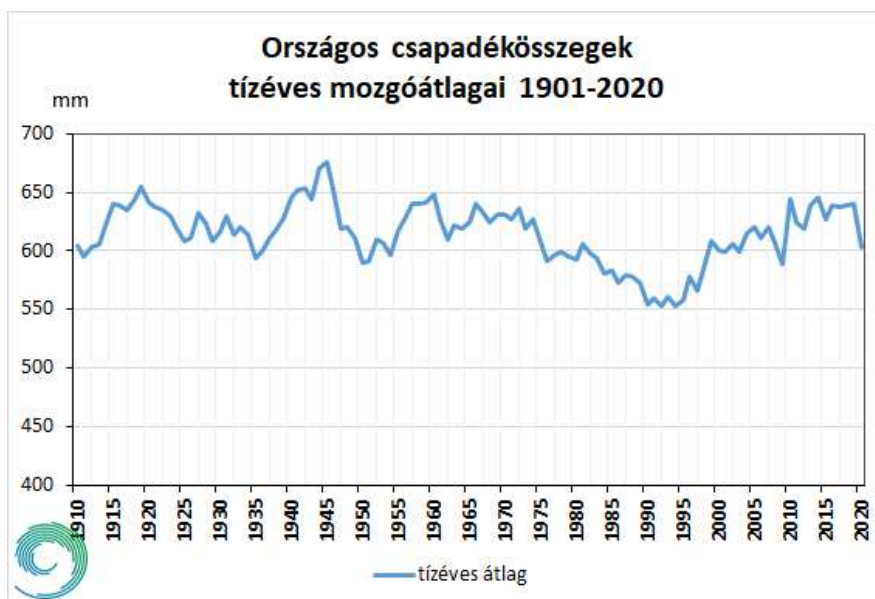
**26. ábra:** Országos évi középhőmérsékletek

(Forrás: met.hu)



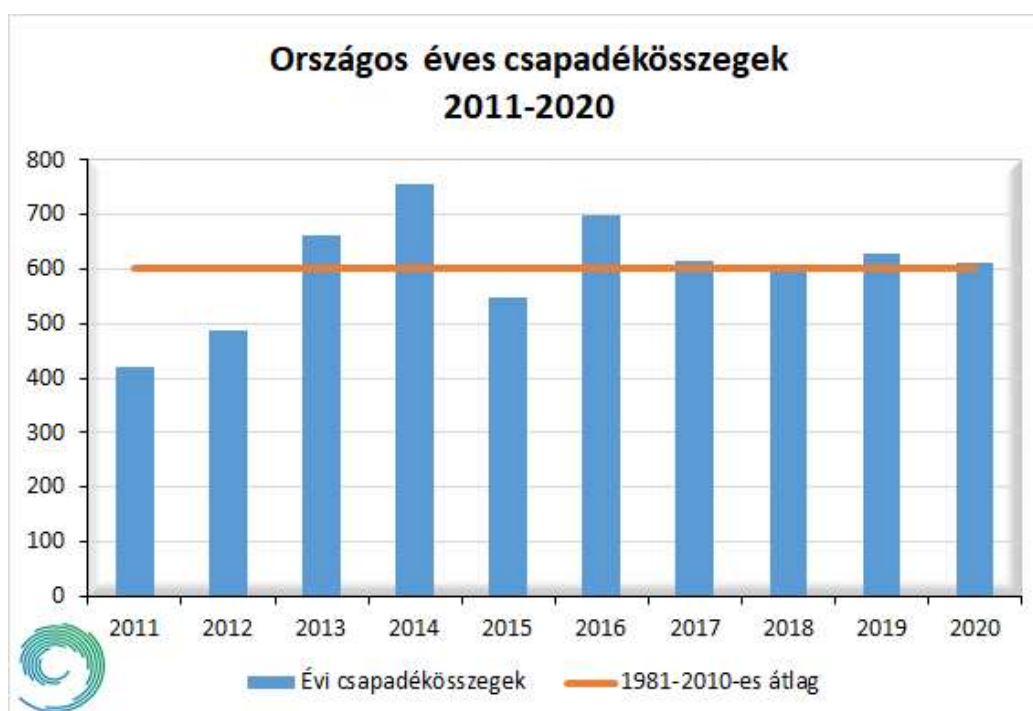
**27. ábra:** Országos csapadékösszegek tízéves mozgóátlagai (az adott évhez tartozó érték az adott évvel záródó 10 év átlagát jelöli)

(Forrás: met.hu)



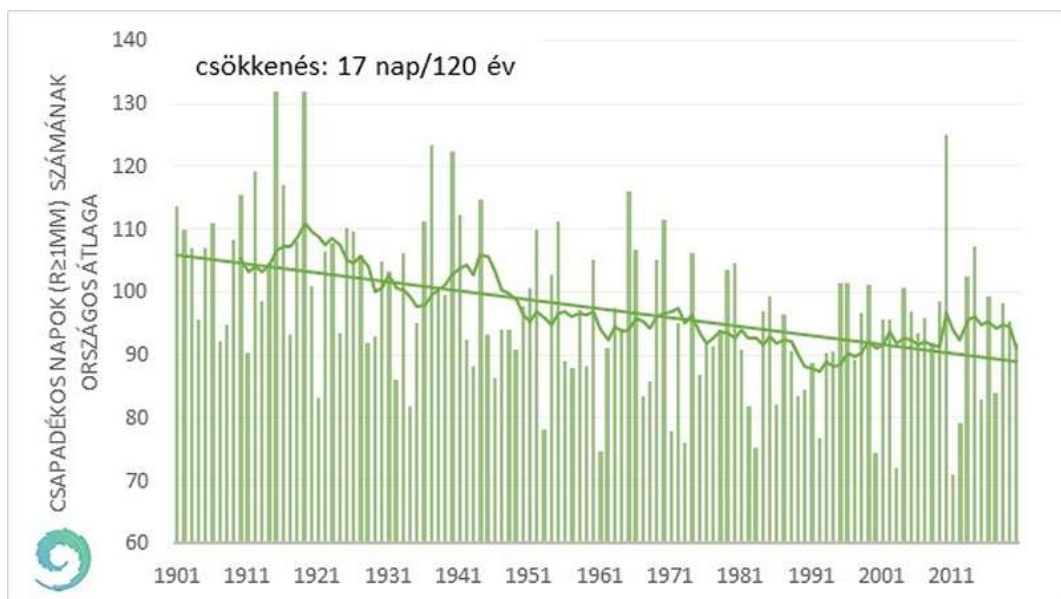
**28. ábra:** Országos éves csapadékösszegek

(Forrás: met.hu)



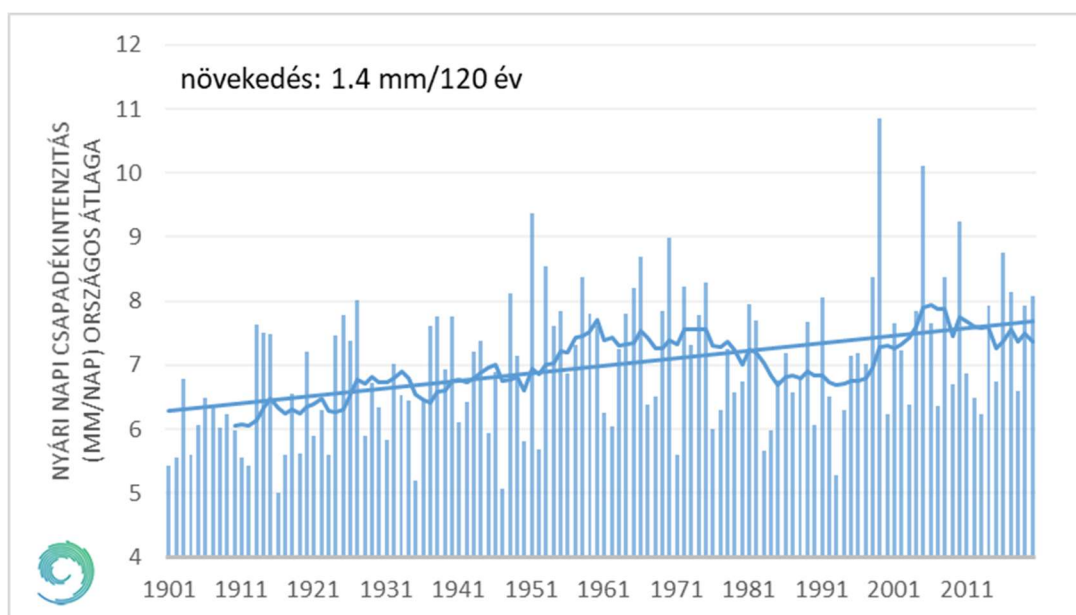
**29. ábra:** A csapadékos napok ( $R \geq 1\text{mm}$ ) számának országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becült lineáris trenddel az 1901–2020 időszakban.

(Forrás: met.hu)

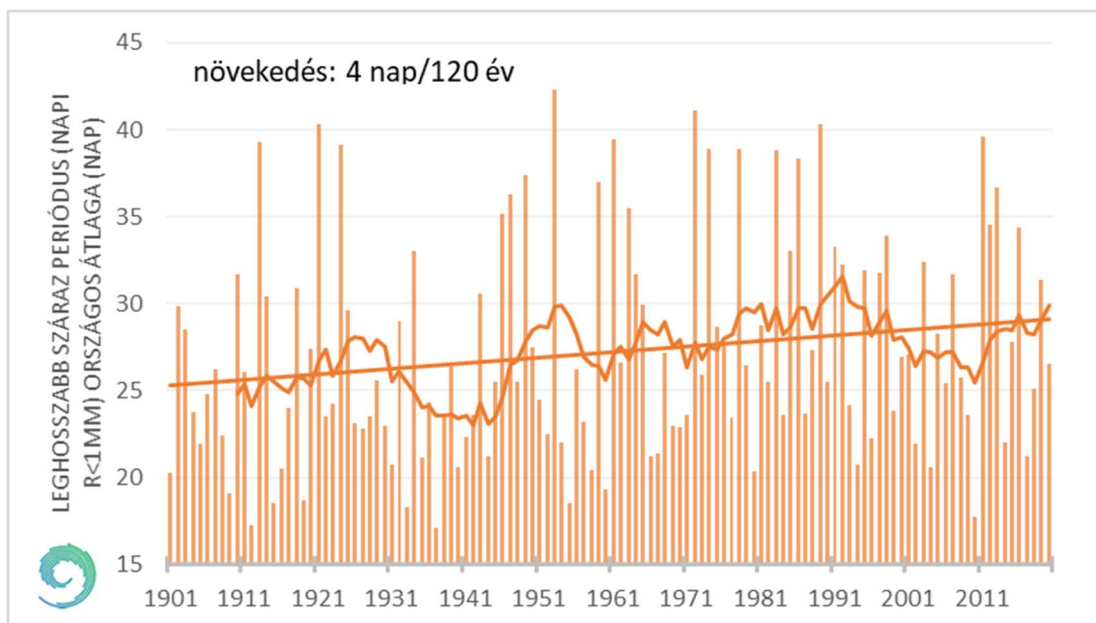


**30. ábra:** A nyári napi csapadékin tenzitás országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel az 1901–2020 időszakban.

(Forrás: met.hu)

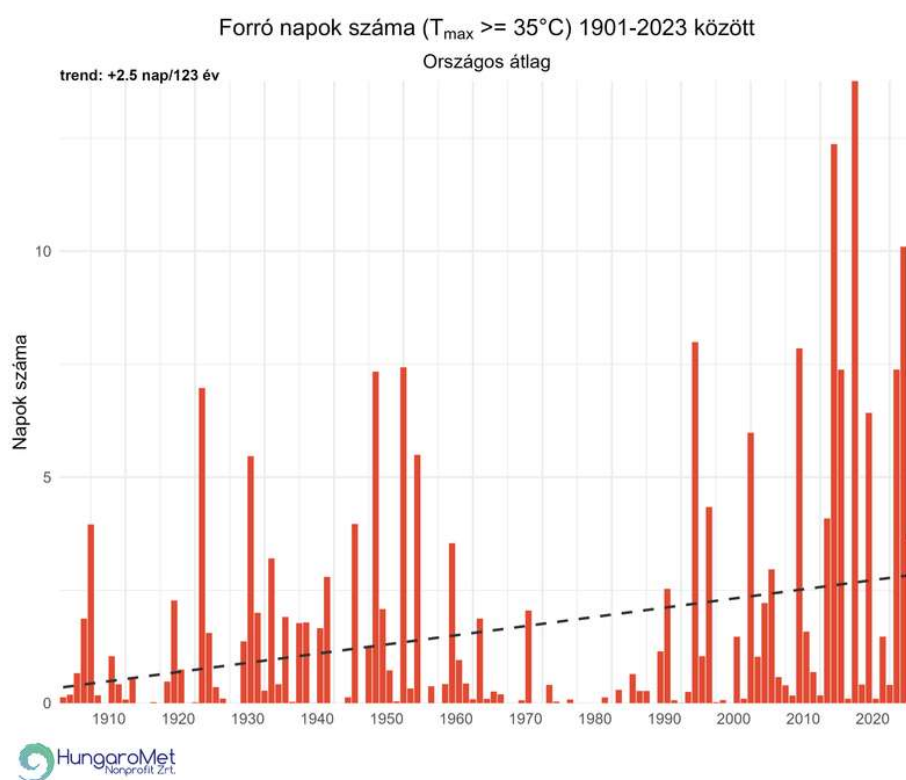


**31. ábra:** A leghosszabb száraz periódus (napi  $R < 1\text{mm}$ ) országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel az 1901–2020 időszakban.



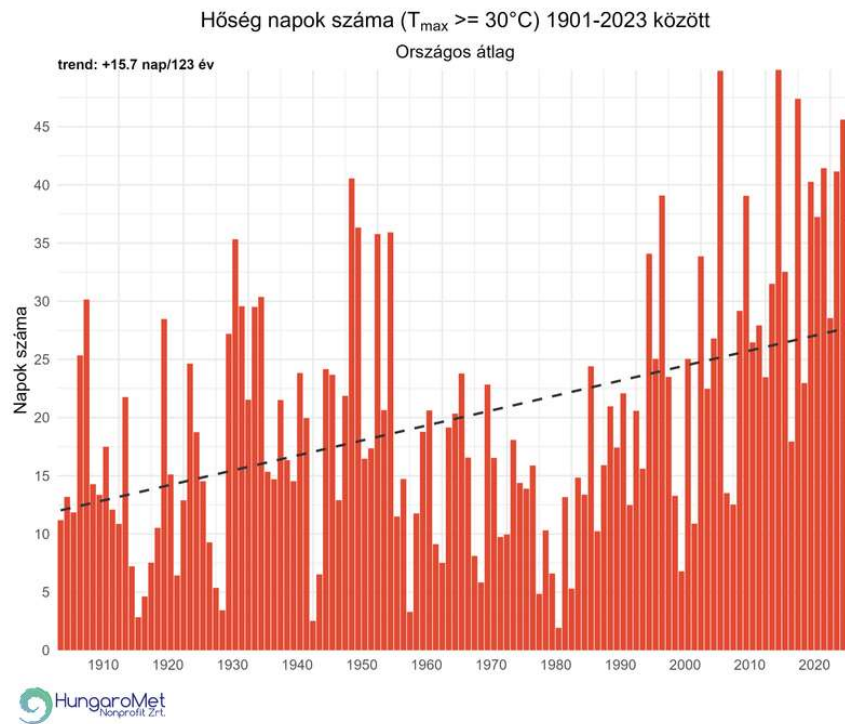
**32. ábra:** Forró napok száma 1901-2023 között

(Forrás: met.hu)



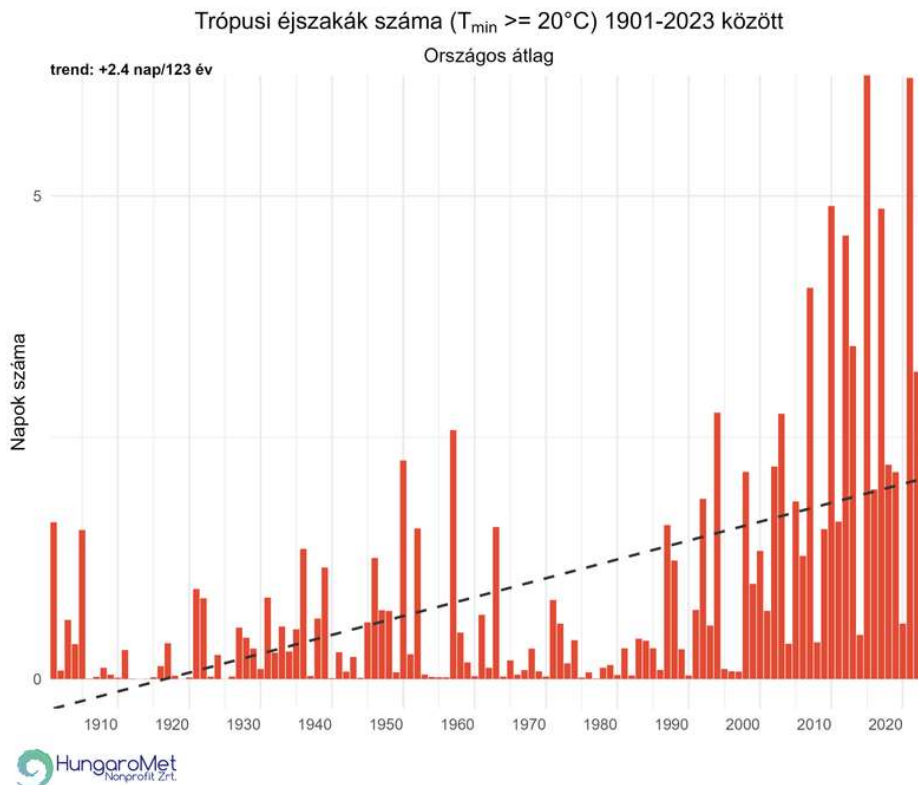
**33. ábra:** Hőségnapok száma 1901-2023 között

(Forrás: met.hu)



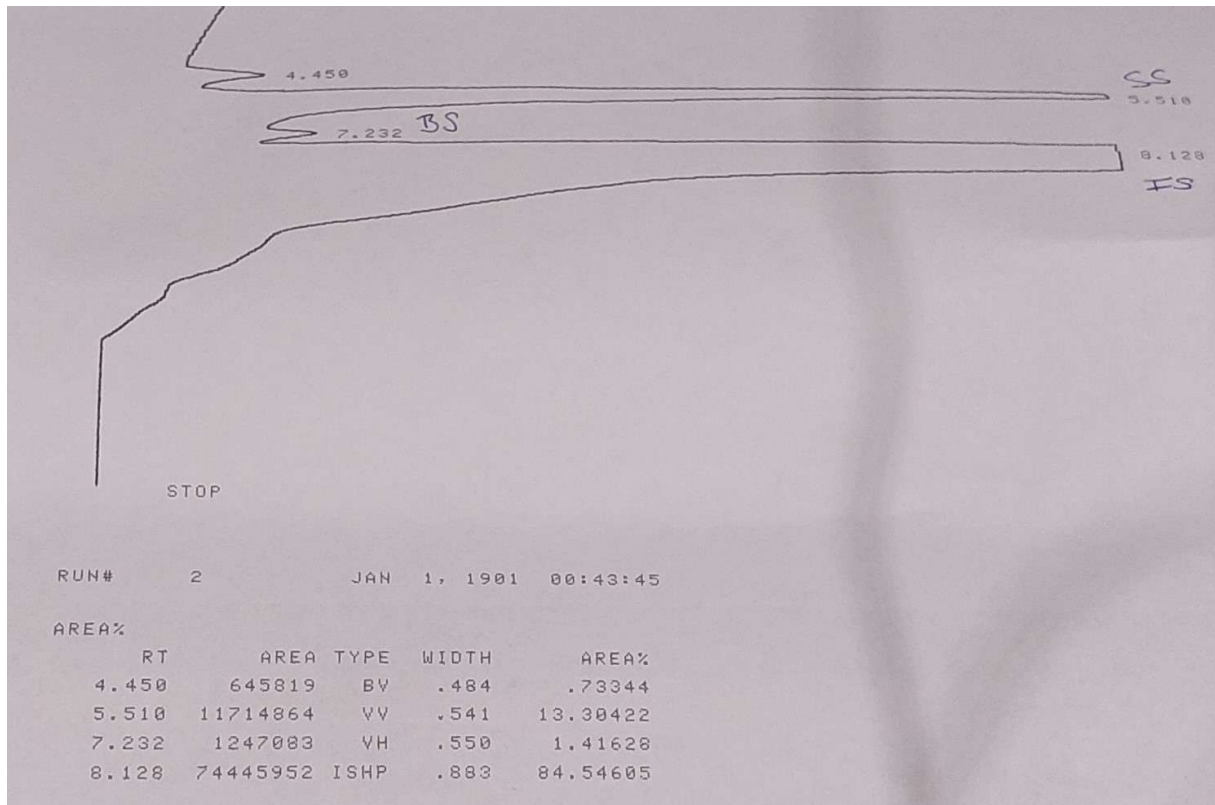
**34. ábra:** Trópusi éjszakák száma 1901-2023 között

(Forrás: met.hu)



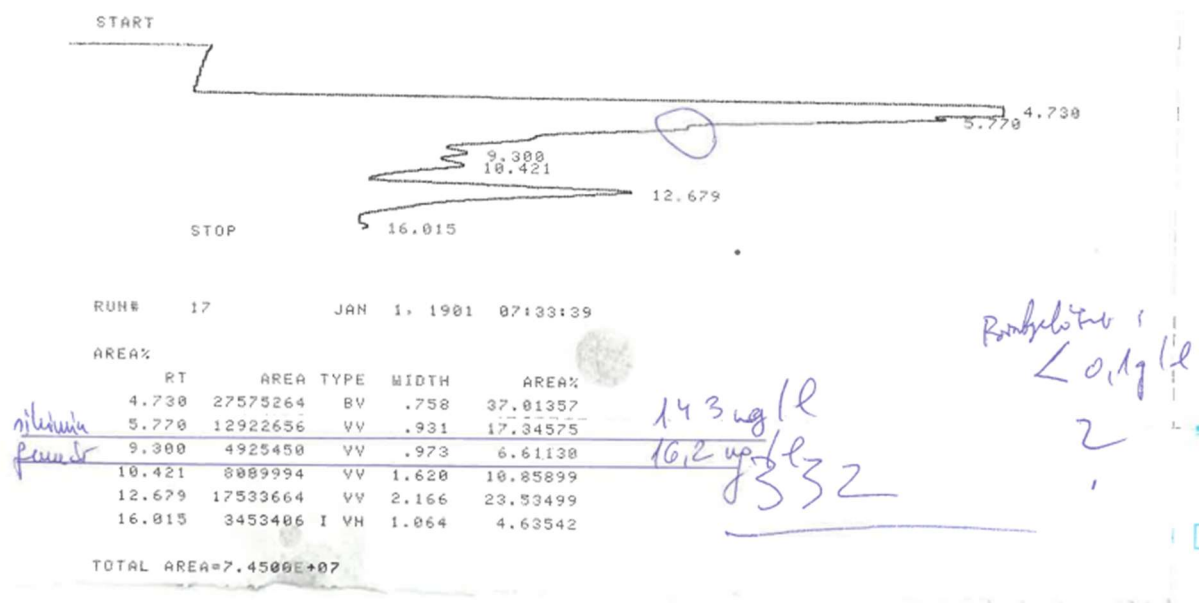
**35. ábra: HPLC Kalibráció**

(Forrás : saját munka)



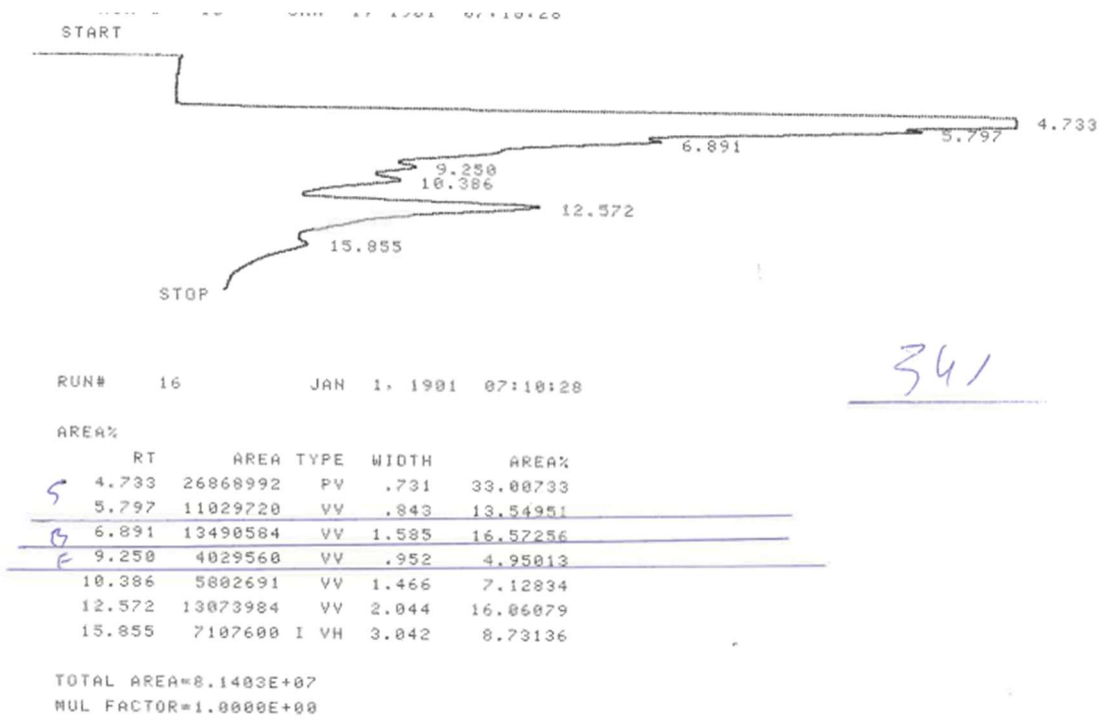
**36. ábra: 332.sz. Minta – függesztett Kékfrankos**

(Forrás : saját munka)



**37. ábra: 341.sz. Minta – szalmaágyas Kékfrankos**

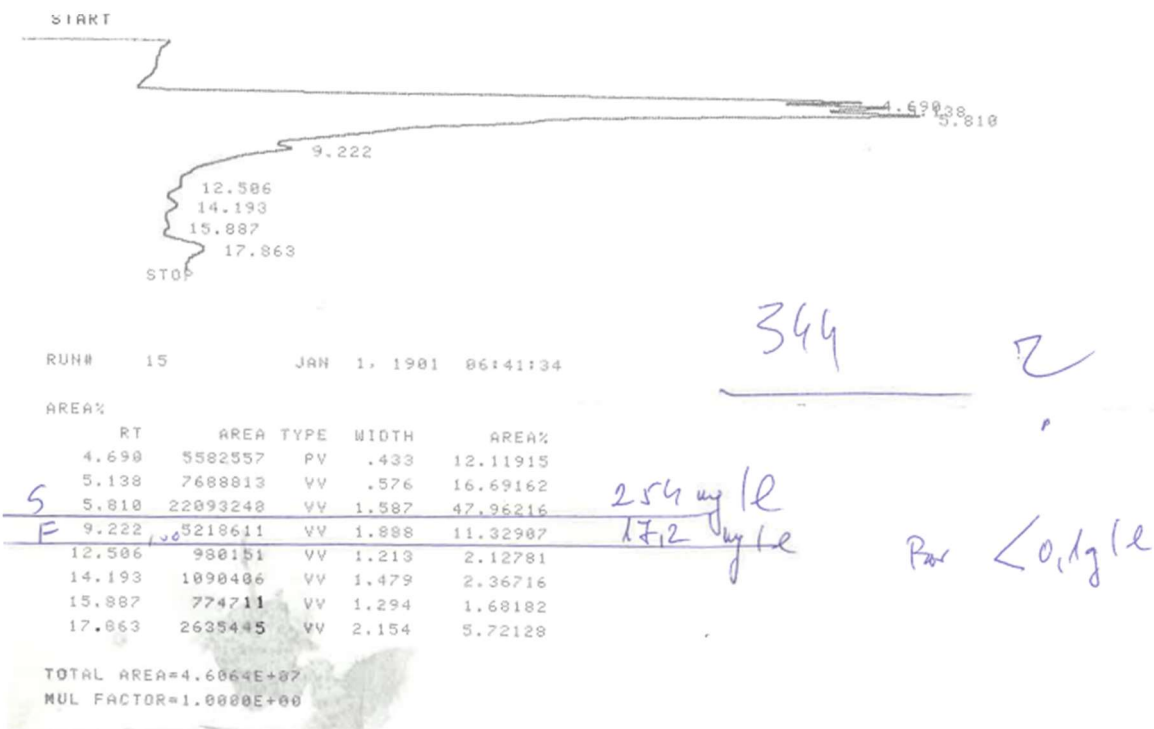
(Forrás : saját munka)



341

38. ábra: 344.sz. Minta – rekeszes Kékfrankos

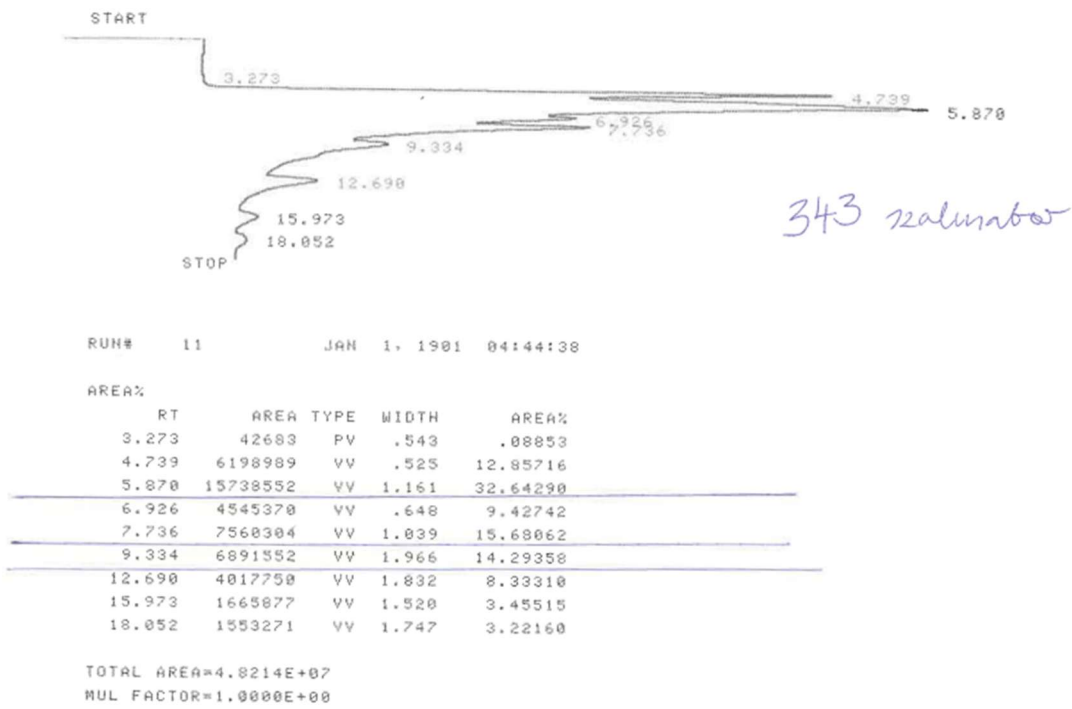
(Forrás : saját munka)



344 Z  
254 m<sup>2</sup> / l  
172 m<sup>2</sup> / l  
Par < 0,1 g / l

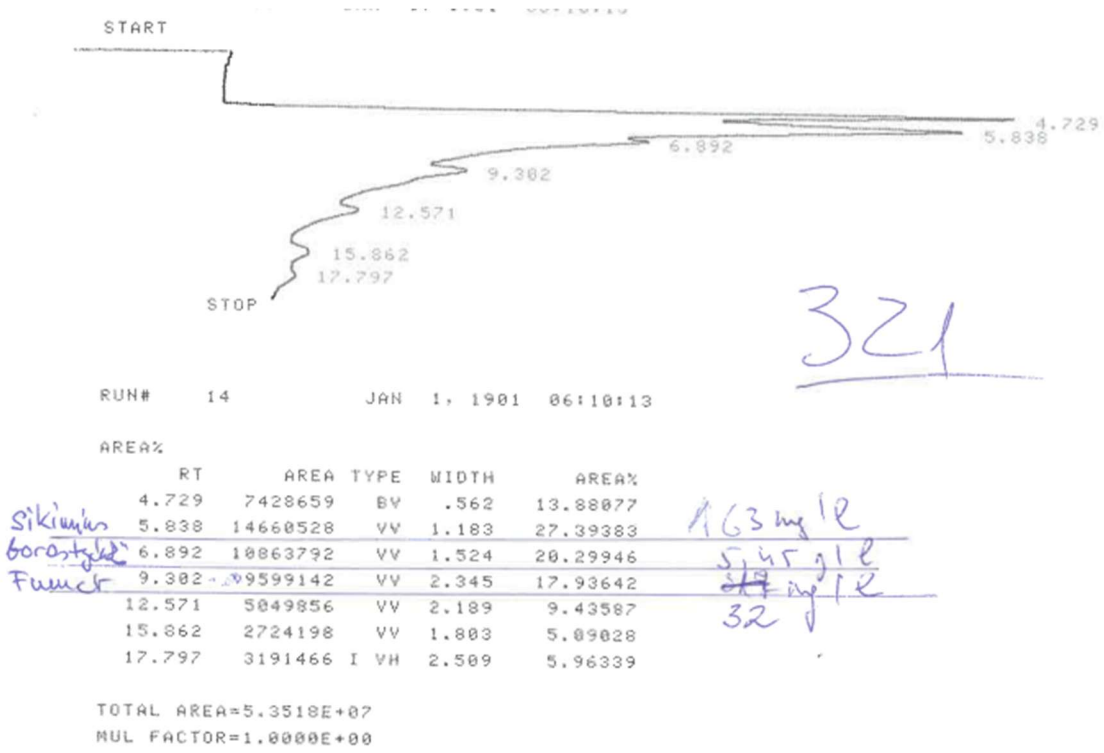
39. ábra: 343.sz. Minta – függesztett Pátia

(Forrás : saját munka)



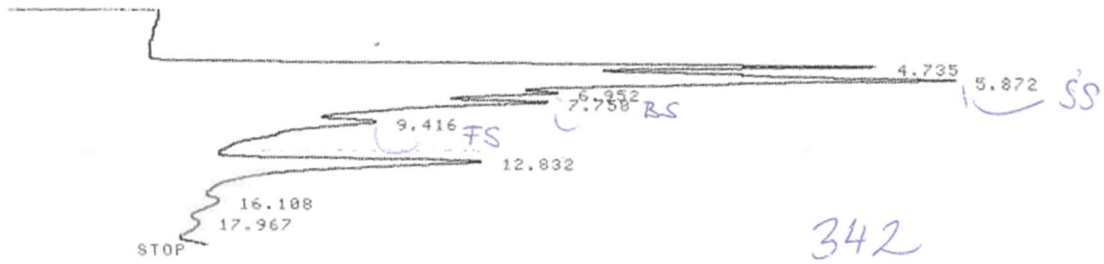
40. ábra: 321.sz. Minta – szalmaágyas pátria

(Forrás : saját munka)



41. ábra: 342.sz. Minta – rekeszes Pátria

(Forrás : saját munka)



RUN# 7 JAN 1, 1901 02:35:20

AREA#	RT	AREA	TYPE	WIDTH	AREA%
§	4.735	6732483	VV	.532	12.40308
	5.872	16492616	VV	1.172	30.38393
	6.952	4646410	VV	.649	8.55996
§	7.758	7578394	VV	1.087	13.96148
F	9.416	7129226	VV	1.796	13.13399
	12.832	8476858	VV	1.455	15.61670
	16.108	1863228	VV	1.497	3.43258
	17.967	1361536	VV	1.510	2.50832

TOTAL AREA=5.4281E+07  
MUL FACTOR=1.0000E+00

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Juhász István  
A Hallgató Neptun kódja: U3CZY4  
A dolgozat címe: Kísérleti borászati tételek analitikai vizsgálata laboratóriumi  
eszközökkel  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: MATE SZŐLÉSZETI BORÁSZATI INTÉZET  
A konzulens tanszékének a neve: BORÁSZATI TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szövegenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

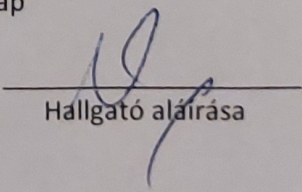
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025 év 11 hó 11 nap

  
Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

Juhász István (név) (hallgató Neptun azonosítója: U3CZY4 ) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: Budapest, 2025. november 9.

---

Nyitrai dr. Sárdy Diána  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.

# Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

## 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Juhász István
Neptun-kódja:	U3CZY4
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	Kísérleti borászati tételek analitikai vizsgálata laboratóriumi eszközökkel

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

## 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

*(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)*

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

## 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

### I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

*(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)*

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

### II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

*(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)*

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet

	verziója, elérhetősége		bejegyzésének sorszáma

### 3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

**Kelt:** Budapest, 2025. november 9.

.....

**Hallgató aláírása**



.....

**Konzulens/Témavezető aláírása**

	verziója, elérhetősége		bejegyzésének sorszáma

### 3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

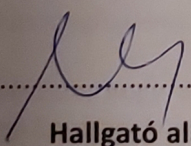
.....

.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

**Kelt:** Budapest, 2025. november 9.

.....  
  
 Hallgató aláírása

.....  
 Konzulens/Témavezető aláírása