



Szent István Egyetem

**Elektronikus nyelv alkalmazása borok minőségi
paramétereinek becslésére**

Soós János

Budapest

2019

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: **Simonné Dr. Sarkadi Livia**

Egyetemi tanár

Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar

Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

Témavezetők: **Dr. Fekete András †**

Egyetemi tanár

Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar Fizika-Automatika

Tanszék

Dr. Kovács Zoltán

Egyetemi docens

Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar Fizika-Automatika

Tanszék

Dr. Habil. Magyar Ildikó

Egyetemi docens

Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar Borászati Tanszék

A doktori iskola- és a témavezetők jóváhagyó aláírása:

A jelölt a Szent István Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	7
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	9
2.1 Tokaji borkülönlegességek	10
2.1.1 A nemesrothadás hatása a szőlő és a bor minőségére	11
2.1.2 A tokaji borkülönlegességek készítése.....	12
2.1.3 A tokaji borkülönlegességek típusai	15
2.2 A borok minőségének meghatározására irányuló módszerek	17
2.2.1 Kémiai módszerek.....	17
2.2.2 Érzékszervi bírálat.....	18
2.3 Az elektronikus nyelv.....	19
2.3.1 Elektronikus nyelv kialakulása.....	19
2.3.2 Az elektronikus nyelv típusai.....	21
2.3.3 Alkalmazási területek.....	22
2.3.4 Elektronikus nyelv borászati alkalmazásának lehetőségei.....	23
3. CÉLOK.....	28
4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	29
4.1 Felhasznált anyagok.....	30
4.1.1 Különböző borvidékekről származó vörös fajta és cuvée borok.....	30
4.1.2 Különböző borvidékekről származó fehér fajtaborok.....	30
4.1.3 Aszúborok vizsgálata az új borvidéki szabályozás tükrében	31
4.1.4 Aszúk, fordítások és hamisításaik	32
4.2 Alkalmazott módszerek	34
4.2.1 Különböző borvidékekről származó vörös fajta és cuvée borok.....	35
4.2.2 Különböző borvidékekről származó fehér fajtaborok.....	38
4.2.3 Aszúborok vizsgálata az új borvidéki szabályozás tükrében	39
4.2.4 Aszúk, fordítások és hamisításaik	40
4.2.5 Felhasznált statisztikai módszerek	40
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	43
5.1 Vörös fajta és cuvée borok vizsgálata.....	43
5.1.1 Analitikai vizsgálat eredményei	43

5.1.2	Érzékszervi bírálat eredményei	44
5.1.3	Elektronikus nyelv mérés eredményei	47
5.2	Fehér fajtaborok vizsgálata.....	61
5.2.1	Analitikai vizsgálat eredményei	62
5.2.2	Érzékszervi bírálat eredményei	62
5.2.3	Elektronikus nyelv mérés eredményei	65
5.3	Aszúk vizsgálata az új borvidéki szabályozás tükrében.....	72
5.3.1	Analitikai vizsgálat eredményei	72
5.3.2	Eltérő aszúszem tartalmú borok elkülönítése elektronikus nyelv segítségével	73
5.4	Aszúk, fordítások és hamisítások vizsgálata.....	81
5.4.1	Analitikai vizsgálat eredményei	81
5.4.2	Elektronikus nyelv mérés eredményei	82
5.4.3	Aszúk és fordítások minőségét befolyásoló kémiai tulajdonságok becslése	89
5.5	Új tudományos eredmények.....	92
6.	<i>KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK</i>	95
7.	<i>ÖSSZEFOGLALÁS</i>.....	96
8.	<i>SUMMARY</i>.....	98
9.	<i>MELLÉKLETEK</i>	100
9.1	Irodalomjegyzék.....	100
9.2	Borkészítés szabályozása Magyarországon	111
9.3	Vörösborok vizsgálata	113
9.4	Eltérő aszúszem tartalmú borok elkülönítése elektronikus nyelv segítségével ...	119
9.5	Aszúk, fordítások és hamisítások vizsgálata.....	119
	<i>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS</i>.....	120

Rövidítések jegyzéke

Rövidítés	Angol megfelelő	Magyar megfelelő
Ag/AgCl	Silver-Silverchloride	ezüst-ezüstklorid
AIC	Akaike information criterion	Akaike információs kritérium
ANOVA	Analysis of variance	variacionaalízis
CP	conducting polymer	vezetőképes polimer
CV	cross validation	kereszt-validáció
Cm extrakt	sugar free extract	cukormentes extrakt
drift	drift	szenzorjeleltolódás
DW	Durbin-Watson statistics	Durbin-Watson statisztika
GC	Gas Chromatography	gázkromatográfia
HPLC	High-performance liquid chromatography	nagyhatékonyságú folyadékromatográfia
ISFET	Ion Selective Field Effect Transistor	ion-szelektív tervezérlésű tranzisztor
LDA	Linear Discriminant Analysis	lineáris diszkriminancia-elemzés
LOO CV	Leave-one-out cross-validation	teljes keresztvalidáció
LV	Latent variable	látens változó
MM°	Hungarian must weight (sugar quantity (g) in 100g must)	magyar mustfok (100g mustban hány gramm cukor van)
MS	Mass Spectrometry	tömegspektrometria
NA	No data	nincs adat
n.d.	Not detectable	nem detektálható
NIR	Near-infrared	közeli infravörös
NMR	Nuclear magnetic resonance	mágneses magrezonancia

OIV	International Organisation of Vine and Wine	Nemzetközi Szőlészeti és Borászati Szervezet
PCA	Principal Components Analysis	főkomponens-elemzés
PCs	Principal Components	főkomponensek
PLS	Partial Least Squares	parciális legkisebb négyzetek
R^2	Coefficient of determination	determinációs koefficiens
RMSEC	Root Mean Square Error of Calibration	a kalibráció hibája
RMSECV	Root Mean Square Error of Cross Validation	a keresztvalidáció hibája
RMSEP	Root Mean Square Error of Prediction	az előrejelzés hibája
ZZ, BA, BB, CA, GA, HA, JB, SWS, BRS, GPS, SRS, STS, UMS, SPS	Sensors of Astree ET	Astree elektronikus nyelv érzékelői

1. BEVEZETÉS

A szőlőtermesztésnek és borkészítésnek a mai napig meghatározó szerepe van a magyar kultúrában. A bort világszerte elsősorban élvezeti értéke miatt fogyasztják, de az emberek egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek az egészséges táplálkozásra, melynek szerves része a mértékletes borfogyasztás. A borfogyasztásnak az emberi szervezetre gyakorolt jótékony hatása benne él a köztudatban. A világ nagy részén és hazánkban is legtöbbször a vörösbort részesítik előnyben, de idehaza fokozatosan emelkedik a rozé borok iránti kereslet. Magyarországon az egy főre eső átlagos éves borfogyasztás 2018-ban a 15 év feletti körében 29,3 liter volt, amivel a világ 24 legnagyobb borfogyasztó országai (átlag: 24,8 liter) között a 9. helyen állunk (Roca, 2019).

Az Európai Unióban, így hazánkban is, a fogyasztók és a termelők védelme érdekében rendkívül szigorú bortörvény van életben. Itthon az ellenőrző hatósági feladatokat a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Borászati és Alkoholos Italok Igazgatósága (NÉBIH BAI) végzi. Az Igazgatóság a szőlőtermesztésről és a borgazdálkodásról szóló 2004. évi XVIII. törvény hatálya alá tartozó termékek előállítását, kiszerezését és forgalomba hozását végző üzemek működésének engedélyezésével, továbbá a borászati termékek előállításával, kezelésével, minőségével és forgalomba hozatalával kapcsolatos hatósági feladatokat látja el. A hatóság a borokat forgalomba hozatal előtt érzékszervileg minősíti, és analitikai vizsgálatoknak veti alá. Egy bor forgalomba hozatala csak akkor lehetséges, ha a vizsgált paraméterek mindegyike megfelelt az előírásoknak.

A bortermelők és hegyközségek igyekeznek biztosítani az adott borvidéknek megfelelő jellegzetességeket és a magas minőséget, valamint megvédeni a saját nevüket, területüket a borhamisítások ellen. Minden borvidékünk éppen ezért rendelkezik saját előírásokkal, melyek betartása kötelező az adott borvidéken a szőlőműveléssel és borkészítéssel foglalkozók számára. Egyes borvidékek helyi borbíráló bizottságokat hoztak létre, hogy a magasabb minőségű borokat egyenként érzékszervileg minősítsék, csak azokon a borokon lehet feltüntetni az adott borvidéki jelölést, amely a bizottság elvárásainak megfelel. A magasabb minőségű borokat magasabb áron lehet értékesíteni, ezért sajnos még mindig előfordulnak olyanok, akik nem engedélyezett módon akarnak magasabb minőségű terméket előállítani. A bortermelőknek be kell tartaniuk a nemzeti és nemzetközi szervezetek által előírt szabályokat. A költségek csökkentése érdekében azonban előfordul, hogy szabálytalan kezeléseket (vízzel való hígítás, tiltott anyagok hozzáadása, különböző régiókból származó szőlő felhasználása vagy tiltott érlelési módszerek alkalmazása) végeznek. A borhamisítások felderítése nagyon hosszadalmas folyamat. A legtöbb esetben rengeteg érzékszervi és analitikai mérést kell elvégezni, amíg biztosan meg tudják állapítani a borhamisítás tényét. Az elektronikus nyelv hatékony eszköze lehet az ellenőrző szerveknek abban, hogy felismerjék a csalásokat, amelyekkel bizonyos termelők megpróbálják félrevezetni a

fogyasztót, helytelen információt adva a szőlő típusáról, a földrajzi eredetéről. Az elektronikus nyelvek megkülönböztető képessége használható a pincék minőségellenőrzésére, de a hivatalos szervezetek is igazolhatják vele a termék hitelességét, kiegészítve a hagyományos analitikai módszerekkel kapott eredményeket.

Az emberi ízérzékelés azonban még a képzett bírálók esetében is magában hordozza a szubjektivitás veszélyét. Az objektív és jól reprodukálható megítélésben szintén fontos szerepe lehet az elektronikus nyelv alkalmazásának. Az elektronikus nyelv használata nagyban segíthetné és gyorsíthatná az ellenőrző szervek munkáját az ellenőrzési folyamatokban. Külföldön egyre több kutatás foglalkozik már az analitikai módszerek, és az érzékszervi bírálócsoport alkalmazása mellett az elektronikus nyelv alkalmazásával, ugyanis biztató eredményeket kaptak a kutatók a borok érzékszervi tulajdonságainak becslésére és kémiai paramétereinek meghatározására.

Működési elvüknek köszönhetően az elektronikus nyelvek globális információt szolgáltatnak a mintáról. A fő felhasználásuk a minták megkülönböztetése vagy osztályozása kemometriás módszerekkel. Mindazonáltal, mivel a szenzoroktól kapott jelek az érzékelő réteg egyes vegyületekkel vagy vegyületek keverékeivel való kölcsönhatásából származnak, így az érzékelők jelei és a minta kémiai összetétele közötti összefüggések megállapíthatók. Többek között például a PLS regresszió használható olyan matematikai modellek létrehozására, amellyel az érzékelők jelei és a klasszikus módszerekkel kapott kémiai adatok között a korreláció mértéke mutatható ki, és ily módon az egyes paraméterekről információt kaphatunk, amely nagy segítsége lehet a borászatoknak a borokban bekövetkező kémiai változások követésében, legyen szó erjedésről, érlelésről, romlási folyamatokról vagy egyéb borhibát okozó haloanizolok (mint például 2,4,6-TCA) kimutatásáról, amelyek a parafa- és fahordók szennyezőanyagai és hozzájárulnak a dugó íz kialakulásához. Ezért ezeknek az anyagoknak a pontos és időben történő észlelése nagyon fontos a borászati ágazat számára.

Kutatási eredményeimre alapozva szeretném bemutatni, hogy az elektronikus nyelv mennyire alkalmas a hazai borok vizsgálatára, és hogyan segíthetné a fogyasztók, a borászok és az ellenőrző hatóság munkáját a borok minőségének meghatározása során.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A szőlőt az emberiség egyik legrégebb és legfontosabb kultúrnövényeként tartják számon. Élvezi a világ nagy vallásainak tiszteletét, némelyik szertartásában minden nap megjelenik. Termesztésbe vonására mintegy 6-8 ezer évvel ezelőtt került sor. A Kárpát-medencében a szőlő művelése több mint 2000 éves múltra tekint vissza (Bényei and Lőrincz 2005).

Magyarország területén a szőlőtermesztés nem egyenletesen oszlik el. A legtöbb szőlőt Észak-Magyarországon, Dél-Alföldön és Dél-Dunántúlon termesztik. A Magyarországon megtalálható 22 borvidék közül a legjelentősebbek is ezekben a régiókban helyezkednek el. A hegyvidéki borvidékeken jelentős a minőségi fehér- és vörösborkészítés. Legjobban ismert vörösboraink közé tartoznak az egri, a szekszárdi és a villányi házasítások, melyek közül a leghíresebb az Egri Bikavér, a legismertebb fehérborunk pedig a Tokaji aszú (Eperjesi et al. 1998). Az Európai Unió területén is megkülönböztetünk rendkívül sok borvidéket és több borkészítési technológiát, melyeket szabályozott körülmények között lehet csak alkalmazni.

Az Európai Parlament és az Európai Unió Tanácsa, valamint az Európai Közösségek Bizottsága számos jogszabályban határozza meg a szőlő-bor ágazat közösségi szabályozását (Melléklet 25. táblázat). Magyarországon a közösségi jogszabályok végrehajtását, illetve a tagállami szabályozást megvalósító törvények a következők:

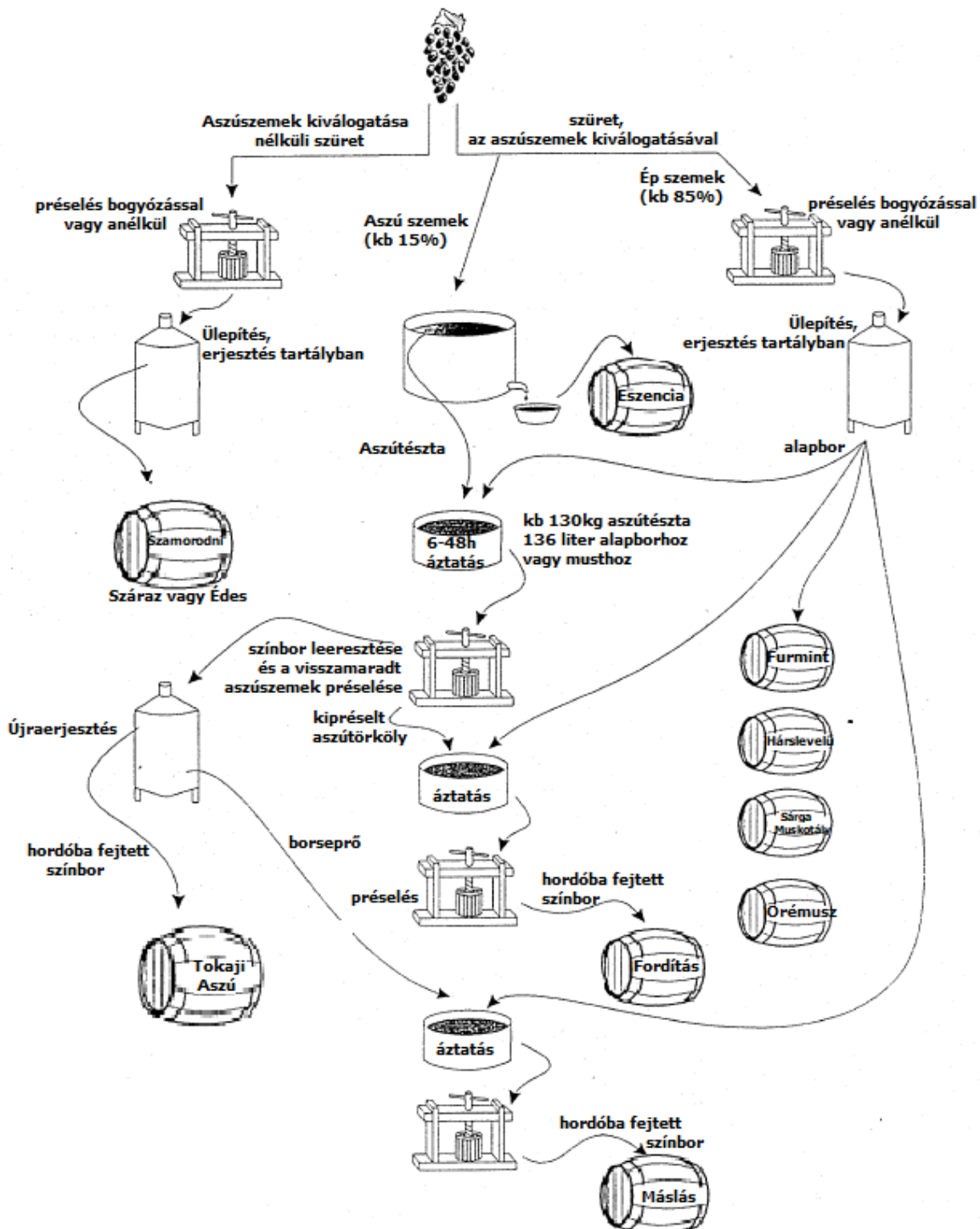
1. A szőlőtermesztésről és borgazdálkodásról szóló 2004. évi XVIII. törvény
2. A hegyközségekről szóló 2012. évi CCXIX. törvény
3. A védjegyek és a földrajzi árujelzők oltalmáról szóló 1997. évi XI. törvény

Ezen törvények betartása minden szőlő és bortermelőre egyaránt kötelező érvényű. Az eredetvédelem fontosságát több kormányrendelet és határozat bizonyítja (Melléklet 26. táblázat). A borvidéki szabályrendszerek a 2011. december 31-ig benyújtott termékleírások főszabály szerint a 2009. július 31-én hatályos állapotot tükrözik. Ezeket a dokumentumokat a Bortörvény 13/A. § (8) bekezdése alapján először a nemzeti jóváhagyásról szóló határozat Európai Bizottság részére történő megküldését követően kezdődő szüretben szüretelt borszőlőből származó borászati termékekre, vagyis a 2012. évjárártól kezdődően kell alkalmazni. Amennyiben az adott termékleírást módosították, a módosításokat a nemzeti jóváhagyó határozatban megjelöltek szerint kell alkalmazni.

Kutatásaim szempontjából kiemelt fontosságú Tokaj oltalom alatt álló eredetmegjelölés termékleírása (továbbiakban: Tokaji termékleírás), melyet az elmúlt években többször is módosítottak, hogy egy egységesebb arculatú, magasabb minőségű és a maga nemében páratlan termékpalettát állítsanak elő.

2.1 Tokaji borkülönlegességek

Magyarország egyik legismertebb bora, borkülönlegességünk a Tokaji aszú. Európa szerte a XVI–XVII. században vált ismerté a Tokaji aszú. XIV. Lajos francia király adományozta a „királyok bora, borok királya” („*Vinum regnum rex vinorum*”) megtisztelő címet. A tokaji borkülönlegességek közé tartozik a Tokaji aszú, a Tokaji eszencia, a Tokaji szamorodni (száraz, édes), továbbá a Tokaji fordítás és a Tokaji másolás. A tokaji borkülönlegességek készítésének főbb lépéseit az 1. ábra tartalmazza.



1. ábra A tokaji borok készítésének technológiája (Bene, 2004)

2.1.1 A nemesrothadás hatása a szőlő és a bor minőségére

A Tokaji borvidéken a különleges mikroklíma kedvező a szőlőszemek aszúsodásához. A szőlőszemek aszúsodását a *Botrytis cinerea* gomba okozza. Ha a fertőzés teljes érésben éri a szőlőt, valamint ebben az időszakban rövid nedves időjárás után huzamosabb száraz időszak következik, akkor nagy valószínűséggel nemesrothadás alakul ki. A *Botrytis cinerea* okozta enzimes átalakulások egyrészt lényegesen megváltoztatják a bogyó összetételét, másrészt roncsolják, feltárják a héjat, ezáltal a szőlőbogyó betöpped, elveszti nedvességtartalmának nagyrészét, értékes anyagai bekonzentrálódnak (Magyar, 2011).

A tokaji termékleírás (ver8. 2017) megfogalmazása szerint a Tokaji aszúszemek „a Tokaji borvidék szőlőfajtáinak *Botrytis cinerea* (nemes penész) hatására nemesen aszúsodott szőlőbogyói, amelyek külsőleg hamvas, csokoládébarna, belsejükben sárgásbarna, barna színűek. Az aszúszemek töppedtek, húsállományuk „zsíros” tapintású, felületük *Botrytis cinerea*-val különböző mértékben fedett”

Az aszúszemeket minőség szerinti osztályba legegyszerűbben a szárazanyag (főként cukor) tartalmuk alapján sorolhatjuk. A jelenlegi minőségi osztályok az alábbiak:

1. I. osztály: 60 Ref % és felette
2. II. osztály: 50-59 Ref %
3. III. osztály: 45-49 Ref %

A szárazanyag-tartalom a legegyszerűbben mérhető, objektív paraméter, de emellett az aszúszem számos jellemző vegyületet tartalmaz, amelyek az egészséges szőlőben nem, vagy csak lényegesen kisebb koncentrációban találhatók. A nemesrothadás során végbemenő fizikai és kémiai változásoknak óriási szakirodalma van, amelynek elemzése meghaladja e dolgozat kereteit. A témakörrel átfogó áttekintés található Ribereau-Gayon és munkatársai (1998), Dittrich és Grossmann (2011), Magyar (2011), Teissedre és Doneche (2013), Magyar és Soós (2016) munkáiban.

A fő tulajdonságai egy aszúszemnek a magas cukor-, sav-, glicerin- és ásványianyag-tartalom, a megváltozott polifenol, poliszacharid és fehérje összetétel, valamint az úgynevezett botritiszes aromaanyagok (Sarrazin et al. 2007). A *Botrytis* számos hidroláz és oxidáz enzimet termel, amelyek a szőlőszövet és a must számos összetevőjét átalakítják. A glükóz oxidációja glicerin termeléséhez vezet (> 7g/l), de a szőlőbogyó további dehidratációja után meghaladhatja a 30 g/l-t (Ribereau-Gayon et al., 2006). Továbbá más cukoralkoholok (arabitol, mannit, szorbit és inozit) és különböző karbonil vegyületek is termelődnek. A glükóz egy része glükonsavvá oxidálódik, amelyet egy másik *Botrytis* indikátornak tekintünk, mert az egészséges szőlőben nem fordul elő (Vivas et al., 2010).

A botrítisztes bogyók összetételbeli sajátosságai természetesen meghatározzák a belőlük készített borok kémiai és érzékszervi minőségét is. Bortípustól függően, minél magasabb az aszúszemek aránya, annál jelentősebbek az eltérések a nem aszúsodott szőlőből készült édes borokhoz viszonyítva. A fentebb kiragadott makro összetevők mellett óriási különbségek mutatkoznak a botrítisztes borok aroma összetételében. A Tokaji borkülönlegességek aromaanyagainak vizsgálatában úttörő szerepet játszott Miklósy és munkatársai (2000, 2004), Miklósy és Kerényi 2004, valamint Schreier és munkatársai (1976). A nemzetközi botrítisztes aromakutatás újabb irányzatainak eredményeit Magyar és Soós (2016) foglalta össze.

2.1.2 A tokaji borkülönlegességek készítése

A tokaji borkülönlegességek készítése során fokozott körültekintés szükséges. Az aszúk jellegét, minőségét nagymértékben befolyásolja a szüreti időpont, az aszúszem minősége, az extrakció határfoka, valamint a hordós és palackos érlelés hossza.

2.1.2.1 Szüret és posztharveszt kezelések

Tokaji borvidéken termesztett, aszúkészítés során használatos szőlőfajták a Furmint, a Hárslevelű, a Kabar, a Kövérszőlő, a Sárgamuskotály és a Zéta. Aszúkészítés során az aszúsodott szemeket el kell különíteni az ép szemektől, ami több módon is történhet: vagy naponta leszedhetik az aszúsodott szemeket, vagy egy napon, de külön szedve az aszúsodott szemeket és az ép fürtöket, vagy pedig egyben szüretelve és utólag válogatva. Más botrítisztes boroktól eltérően Tokajban fontos előírás, hogy az aszúsodásnak a tőkén kell végbemenni, nem pedig a már leszüretelt szőlő aszalása során.

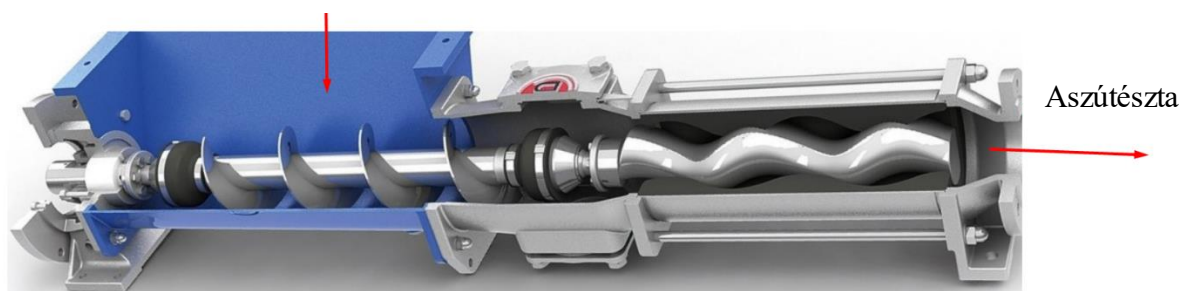
Az aszúszemek feldolgozása szüret közben nem elsődleges, eltartásukat kénezéssel oldják meg. Az aszúszemeket vékony rétegben kiterítik a kádakban, és borkénnel, azaz K-metabiszulfittal szórják meg, ami több kedvező következménnyel jár. Ilyen az erjedés beindulásának gátlása és az aszúszemek nedvességtartalmának homogenizálása, ami később megkönnyíti a préselést. Az egymáson lévő aszúszemek elősegítik a botrítisztes ízek, aromák gyarapodását, így végül erőteljesebb ízű bor nyerhető. A kéndioxid segít az aszúszemek feltárásában is, valamint az eszencia eltarthatóságát is biztosítja. A lecsurgó eszencia kívülről nedvesíti a szemeket, és ezáltal gyengíti a héjat és átjárhatóbbá teszi, részben a botrítisztes ízt átmossa az egész aszútömegben (Eperjesi, 2010).

2.1.2.2 Aszúszemek feltárása, maceráció

A Tokaji borvidéken eltérő filozófiák vannak arról, hogy áztatás előtt szükséges-e az aszúszemek feltárása vagy sem. Mechanikai feltárás esetén sérülhetnek a magok is, így kellemetlen ízt adó cseresavak kerülhetnek a borba. Ugyanakkor rövidebb áztatási idő szükséges és általában több mag úszik felszínre, így megoldható ezek eltávolítása, tehát kevesebb cserzőanyag sav oldódik a borba.

Feltárás nélkül több időre van szükség az értékes komponensek kioldódásához, valamint kevesebb mag eltávolítására van lehetőség. Az aszúszemek feltárásának hagyományos módja az aszútészta készítése, amit régebben taposással, később húsdaráló elvén működő, elektromos meghajtású géppel készítettek el. Ennek kíméletesebb, ma elterjedt módja a csökkentett fordulatszámú Mohno – csigaszivattyús feltárás, amelynél a megnövelt saválló acélgaratba öntött aszúbogyókat folyamatosan ráöntött extraháló borral vagy musttal mossák a szivattyúházba (2. ábra).

Aszúszemek és must vagy bor betáplálás



2. ábra Mohno – csigaszivattyú és működése

Extraháló közegként csak az azonos termőterületről, azonos évben szüretelt szőlőből készített mustot, vagy bort lehet használni. Az alkohol és a szén-dioxid segíti a kioldódást. Az alkoholtartalomnak köszönhetően az erjedésben lévő mustnak, és a kiejedt újborknak jobb az extraháló képessége. A szárazra kiejedt, szénsavas újbor a legjobb hatásfokú (Eperjesi, 2010).

Az erjedésben lévő bor ezen kívül elősegíti az erjedés beindulását is, ami a magas cukortartalom és a botritiszes tevékenységnek köszönhető kémiai átalakulások miatt egyébként nehezen indul el. Azonban az erjedés elhúzódására és esetleges elakadásának megelőzésére nincs pozitív befolyásoló hatással (Eperjesi, 2010). Az erjedésben lévő must már termel hőt, ami szintén segíti a kioldódást.

Technikai szempontból több módszer is lehetséges az aszúszemek macerációs áztatására. Az egyik, talán legkíméletesebb, ha kádban áztatják a szemeket, időnként finoman megkeverik, majd leengedik a levet. Ha szükséges, ezt ismétlik, és folytatják a megfelelő cukortartalom eléréséig. Másik lehetséges technológiai megoldás, ha a pneumatikus présben áztatják az aszúszemeket. A zárható és programozható présekben finom mozgásokkal megoldható az aszúszemek kíméletes keverése az extraháló musttal, erjedésben lévő borral, vagy kiejedt új borral. Harmadik lehetőség, a rotációs áztatótank alkalmazása. A rotációs tank finom mozgásával oldható meg a kíméletes keverés, ezzel a módszerrel a hőmérséklet is szabályozható (Eperjesi, 2010).

Áztatás után minden esetben kíméletes préselés következik. Maximum 1-1,4 bar nyomást alkalmaznak, hogy az előállítást kedvezőtlenül befolyásoló összetevők, főként polifenolok minél kevésbé oldódjanak ki. Ugyanezen okból kifolyólag az is fontos, hogy a préselés minél lassabb legyen.

2.1.2.3 Erjedés

Az erjedés több okból kritikus. A fahordós érlelés során a biológiai borstabilitáshoz általában 12-13 %vol alkohol tartalomra lenne szükség, de az aszúban ezt többnyire nem érik el. A mai szabályozás szerint a forgalomba hozatalhoz szükséges minimális alkohol tartalom 9 %vol. Az erjedés beindulása a botrítisztes anyagok, a magas cukortartalom és az alacsony hőmérséklet miatt nehezen megy végbe és hosszan elhúzódik (Magyar 2011).

A nemesrothadás a szőlő élesztő biótáját is jelentősen módosítja (Magyar and Bene 2006), így a spontán erjedést döntően más élesztőfajok indítják meg, mint a normál borok erjesztését (áttekintését ld. Magyar and Soós 2016). A spontán erjedés általában több hónapig is elhúzódik. Az újabb pincészetek egyre inkább fajélesztős erjesztést alkalmaznak. A kereskedelemben kapható élesztőtörzsek többségének nem megfelelő a környezet, ezért a termelők több éves gyakorlat alapján választják ki a megfelelő starterkultúrát. Néhány pincészetben helyben szelektált élesztőtörzseket alkalmaznak, amik képesek beindítani az erjedést extrém körülmények között is. Ezek azonban sokszor annyira ellenállóak, hogy 16 %vol-ig is kierjesztenék a bort, ami az értékes cukortartalom elvesztésével, és így jelentős értékvesztéssel jár. Ezért szükséges lehet az erjedés leállítás. Az erjedésleállítás történhet pasztörözéssel, de ez a botrítisztes aromakarakter kisebb-nagyobb mértékű elvesztésével jár, valamint kis pincészeteknél nem megoldható. Másik lehetőségként a különböző szűrési technikák, a kénezés és a hűtés különböző kombinációi jöhetnek szóba (Eperjesi, 2010).

2.1.2.4 Érlelés

Minden bor érési folyamataiban három szakaszt különíthetünk el: fejlődő szakasz, tetőfok és hanyatló szakasz. A szakaszok időtartalma a borok jellegétől függően változik. A reduktív borok érlelési ideje rövid, míg a magas cukortartalmú, nagy extrakt tartalommal rendelkező borok, mint a Tokaji aszú, hosszú érlelési időt kívánnak (Kállay, 2010). Éppen ezért az aszú készítése során az erjedés megállása után egy ideig még seprőn tartják a bort az illat-, íz-, és zamatanyagok fejlődése érdekében. Az első fejtés során a seprőtől elválasztják az újbort és ezután következhet az érlelés. Érlelés közben igen fontos a cukortartalom, illetve a mikrobiológiai stabilitás megőrzése. E cél elérésére fizikai és kémiai megoldások egyaránt használhatók, törvényi kereteken belül (Eperjesi, 2010). A Tokaji aszú jellegének kialakulásához egyrészt a botrítisztes aszúszemek (aszújelleg), másrészt a fahordós érlelés (tokaji jelleg) szükséges, amelyet törvényileg is szabályoznak, jelenleg

minimum 18 hónapos kishordós érlelés szükséges palackozás előtt. Más botritiszes boroknál ilyen kritérium nem található, csak a tokajiaknál.

Az érlelés során az utóerjedés megakadályozásához nélkülözhetetlen szerepet játszanak az alacsony és állandó hőmérsékletű pincék, amelyek a Tokaji borvidék különlegességei. A nagyrészt tufába vájt pincék hőmérséklete évszaktól függetlenül közel állandó, 8-12 °C között ingadozik. A jó klímájú pincék fala nemes pincepenésszel (*Cladosporium cellare*) vastagon fedett, amelyek a pincelevegő páratartalmának fontos szabályozói is (Tokaji termékleírás ver8. 2017).

Különleges érték a Zempléni-hegység magasabb övezeteiben megtelepült kocsánytalan tölgy erdőinek fája, amely a hordókészítés kiváló anyaga.

Tokaji borkülönlegességeket kizárólag palackozva, meghatározott „tokaji” palackban szabad forgalomba hozni.

2.1.3 A tokaji borkülönlegességek típusai

A fentebb ismertetett általános technológiai lépéseken túl az egyes borkülönlegességekkel szemben sajátos követelmények is vannak, melyek alapján az egyes típusok világosan elkülönülnek. Az eltérő technológia a borok összetételében, kémiai és érzékszervi minőségében, nem utolsó sorban árában is tükröződik. A legfontosabb különbség a felhasznált aszúszemek mennyiségében, arányában van. Az analitikai előírásokat a 1. táblázatban tüntettem fel, melyek az aktuális Tokaji termékleírás feltételeit tükrözik.

1. táblázat A tokaji borkülönlegességekre vonatkozó analitikai előírások (Tokaji termékleírás ver8. 2017)

Bortípus	Minimális összes alkoholtartalom (%vol)	Minimális összes savtartalom (g/l)	Tényleges alkoholtartalom (%vol)	Maradékcukor-tartalom (g/l)	Maximális illósavtartalom (g/l)
Eszencia	27,75	8,0	1,2-8,0	min. 450	2,1
Aszú	19,00	6,0	min. 9,0	min. 120	2,1
Száraz szamorodni	12,00	5,0	min. 12,0	max. 9	1,5
Édes szamorodni	16,00	5,0	min. 9,0	min. 45	1,5
Fordítás	16,00	5,0	min. 9,0	min. 45	1,5
Máslás	16,00	5,0	min. 9,0	min. 45	1,5

2.1.3.1 Tokaji aszú

„Tokaji aszú a Tokaji borvidék területén termett borszőlő *Botrytis cinerea* hatására nemesen rothadt, tőkén aszúsodott, szüretkor kézzel külön szedett, feldolgozott szőlőbogyóinak az ugyanott termelt szőlőből készült mustban, részben erjedt szőlőmustban, még erjedésben lévő új borban vagy azonos évjáratú borban történő áztatását követő alkoholos erjedés útján nyert, és a forgalomba hozatal előtt fahordóban érlelt tokaji borkülönlegesség” (2004. évi XVIII. tv.). A jelenleg hatályos TOKAJ oltalom alatt álló eredetmegjelölés termékleírása már a 8. változat.

A hagyományok szerint puttonyszám szerint osztályozták az aszúkat. Az erre használt „mértékegység” a tokaji puttony. Annyi puttonyos egy aszú, ahány puttony aszúsodott szőlőszemet használnak fel készítésekor egy gönci hordó borhoz (a gönci hordó 136-140 liter űrtartalmú). Egy tokaji puttony 25-27 kg aszúsodott szőlőszemet tartalmaz. Tehát például ötputtonyos aszúról akkor beszélhetünk, ha 5 tokaji puttony aszúszemet (125-135 kg) áztatnak be egy gönci hordónyi (136-140 liter) borba. A jelenleg hatályos termékleírás szerint az aszúknak egységesen tartalmaznia kell minimum 9 térfogatszázalék alkoholt és minimum 120g/l cukortartalmat, emellett az összes alkoholnak (a tényleges alkoholtartalom és a maradék cukortartalomból potenciálisan még képződő alkohol összegének) el kell érnie a 19 %vol -t. Fontos továbbá megemlíteni, hogy eszencia, aszú és fordítás együttesen 220 liter készíthető 100 kg aszúszemből, amelynek cukortartalma minimum 26,08 %vol (45 ref %).

2.1.3.2 Tokaji eszencia

„A Tokaji borvidék területén termett, a *Botrytis cinerea* hatására nemesen rothadt, tőkén aszúsodott és szüretkor kézzel külön szedett szőlőbogyókból préselés nélkül kiszivárgó, szőlőmustból minimális alkoholos erjedés útján keletkező tokaji borkülönlegesség” (2004. évi XVIII. tv.). Ez a szirupszerű, rendkívül értékes ital csak ritkán kerül önállóan forgalomba. Leggyakrabban az aszúborokba házasítják be a végső cukortartalom beállításához.

2.1.3.3 Tokaji szamorodni, Tokaji fordítás és Tokaji mászás

A tokaji borkülönlegességeknek a Tokaji aszúhoz képest a háttérben elhelyezkedő, de jelentős típusai még a Tokaji szamorodni, a Tokaji fordítás és a Tokaji mászás.

A Tokaji szamorodni az aszúsodott és egészséges szőlőbogyókat is tartalmazó szőlőfürtök feldolgozásával készülő borkülönlegesség, amelyet minimum 6 hónapig érlelnek fahordóban. Maradék cukortartalom alapján megkülönböztetünk száraz (max. 9g/l) és édes szamorodni (min. 45 g/l) bortípusokat.

A tokaji aszú készítés technológiájából kiágazik még két „melléktermék”, a fordítás és a másolás, melyek önállóan is forgalomba hozhatók tokaji borkülönlegességként.

„A Tokaji fordítás kipréselt aszútésztára felöntött meghatározott termőhelyről származó mustból vagy azonos évjáratú borból alkoholos erjedés útján készült, fahordóban érlelt tokaji borkülönlegesség, amely jellegzetes érlelési illattal és zamattal rendelkezik” (2004. évi XVIII. tv.). Önmagában ritkán hozzák forgalomba, általában aszúborokhoz házasítják.

„A Tokaji másolás szamorodni vagy az aszú seprőjére felöntött mustból vagy azonos évjáratú borból alkoholos erjedés útján készült tokaji borkülönlegesség, amely jellegzetes érlelési illattal és zamattal rendelkezik, és fahordóban érlelték” (2004. évi XVIII. tv.). Bár lehetséges, szintén nem jellemző ezen a néven való forgalomba hozatala, házasításhoz használják.

Fontos megjegyezni, hogy a többi borvidékünkön engedélyezett mustjavítás és a bor édesítése Tokajban tilos, így tehát nem engedélyezett sem a cukor, sem a mustsűrítmény használata a borkülönlegességek készítése során.

2.2 A borok minőségének meghatározására irányuló módszerek

A bor elsősorban élvezeti cikk, ezért minőségének elbírálásában az érzékszervi vizsgálatok rendkívül fontosak. Érzékszervi vizsgálattal állapítható meg például a bor illat- és zamatanyagainak intenzitása, finomsága és harmóniája. Az organoleptikus vizsgálatok mellett nagy szerepe van az objektív, mérhető paraméterek ismeretének a borkészítésben, illetve a minőség befolyásolásában. A fizikai, kémiai és mikrobiológiai vizsgálati eredmények figyelembevételével, érzékszervi vizsgálattal határozhatjuk meg a bor kereskedelmi és fogyasztási értékét is (Eperjesi, 2010).

2.2.1 Kémiai módszerek

Általános elvárás, hogy a választott kémiai módszer a lehető leggazdaságosabb legyen, ugyanakkor megfelelő pontossággal, reprodukálhatósággal bírjon. A minősítésre alkalmas módszerektől elvárjuk, hogy a kimutatási határa a minősítendő komponens határértékének legfeljebb 20%-a lehet, szórása a határérték 0,05-szöröse, valamint a mérési tartománya a határérték négyszeresét meghaladja (Murányi and Oldal 2012).

A fenti paramétereknek megfelelő módszerek között találunk klasszikusokat, mint az alkohol tartalom, az extrakt tartalom, az illósav tartalom, a titrálható sav tartalom, valamint a szabad és a kötött kénessav tartalom meghatározása. Újabban ezekre is kidolgoztak gyors, közvetett műszeres vizsgálati módszereket (pl. NIR, NMR), amelyeket a klasszikus módszerekkel kalibrálni szükséges. Találhatunk továbbá számos olyan vizsgálandó paramétert, melynek pontos

meghatározása okvetlenül műszeres analitikai módszereket igényel. A borok szerves komponenseinek meghatározása különféle kromatográfias módszerek segítségével (GC, HPLC) esetleg úgynevezett csatolt technikák segítségével történhet (GC-MS, HPLC-MS). Ezek a vizsgálatok a borok minősítése mellett eredetvédelmi, hamisítási feladatok megoldásában is segíthetnek (Murányi and Oldal 2012).

Az eredetvédelmi rendszerek célja a földrajzi árujelzők, mint megkülönböztető jelzések hitelességének védelme. A borminőségre ható tényezők elemzésekor a termőhely négy elemét különböztettük meg, úgy, mint klimatikus, fiziografikus, edafikus és biotikus viszonyok. Annak vizsgálata, hogy a borok megfelelnek-e az adott eredetvédelmi szabályzat (valamint az egyéb jogszabályok) előírásainak egyszerre jár analitikai vizsgálattal és érzékszervi bírálattal. Előbbit csak központilag (uniós szinten) ISO 17025 alapján akkreditált vizsgáló laboratóriumok végezhetik, az utóbbira pedig általában az adott borvidéken, többnyire a helyi termelőkől álló borbíráló bizottságok közreműködésével kerül sor (Gál and Kiss 2012).

2.2.2 Érzékszervi bírálat

Az élelmiszerek minőségének bírálásában az érzékszervi tulajdonságoknak döntő szerepük van. Az érzékszervi vizsgálatok általánosságban segítik a vásárlói kedveltség felderítését, a termékek íz-profil meghatározását. A vizsgálatok során a bírálókat gyakran befolyásolják a külső környezetből érkező ingerek. Továbbá a bírálók saját szubjektív véleménye és a már kialakult preferenciájuk is nagy szerepet játszhat a végső megállapításaikban.

A minősítés jelenleg használt legmagasabb szintje az a borbírálat, mely során a borok organoleptikus értékelését egy bizottság végzi. A bizottsági borbírálaton pedig megkülönböztetünk nyílt és zárt érzékszervi bírálatot. Nyílt vizsgálatnál ismerjük a borra vonatkozó összes adatot, zárt (vak teszt) vizsgálatnál azonban nem ismerünk semmiféle adatot. A borvizsgálat módja lehet abszolút (monadikus) és relatív (komparatív). Az abszolút vizsgálat esetén a bort önmagában bíráljuk, míg a relatív vizsgálat során a bort valamely más borhoz viszonyítjuk, vagyis összehasonlító bírálatot végzünk (Nagy, 2006).

A szabványos kóstoló pohár az O.I.V (Nemzetközi Szőlészeti és Borászati Hivatal) által megengedett típusú lehet (megegyezik az MSZ ISO 3591:2015 szabványban leírtakkal). A talpas kóstoló pohár felfelé kúposan szűkülő, öblös, kehely alakú, vékony falú, színtelen és sima felületű, mindenféle csiszolástól, díszítéstől mentes. A szabványos kóstoló pohár űrtartalma 2 dl, amelybe a bírálatkor 0,4-0,5 dl bort kell tölteni.

Az érzékszervi vizsgálat magával von egy bizonyos fokú szubjektivitást, a válaszok időbeni eltérését és az egy napon vizsgálható minták korlátozott számát, valamint igen időigényes folyamatok és kedvezőtlenek a valós idejű mérések esetén. A vizsgálatokat számos tényező befolyásolja úgy, mint az emberek fáradtsága, a stressz, az inkonzisztencia (Meilgaard et al. (1999)). Az ilyen nehézségek miatt próbálkoznak a kutatók az objektív műszeres technikák alkalmazásával (Ouyang et al. 2014) és mesterséges érzékszerveket kívántak kifejleszteni, melyek objektív végeredményt szolgáltatnak, nagy érzékenységgű mérésekre alkalmasak és az érzékszervi vizsgálatokhoz hasonlóan komplex információt adnak.

2.3 Az elektronikus nyelv

Toko (1996) szerint azt nevezzük elektronikus nyelvnek (electronic tongue), mely igen érzékenyen képes különbségeket tenni oldatok között, de képességei leginkább a különbség felismerésében merülnek ki, ezzel szemben az úgynevezett íz-érzékelő (taste sensor) mérési képességei hasonlítanak leginkább az emberi ízérezékeléshez.

Vlasov és Legin szerint (1998) az elektronikus nyelv egy nem szelektív szenzorokból álló szenzorsor és egy mintázatfelismerő algoritmust tartalmazó analitikai berendezés. A szenzorok részleges szelektivitást mutatnak a folyadékokban lévő különböző komponensekre, a mintázatfelismerő algoritmus képes az egyszerű és összetett oldatok mennyiségi és minőségi felismerésére. Az oldatok összetevői eltérő mértékben, de egyszerre több érzékelőre is befolyásoló hatással vannak (Lvova et al., 2015; Sliwinńska et al., 2014; Tahara and Toko, 2013).

2.3.1 Elektronikus nyelv kialakulása

Az első lépés az elektrokémiai szenzorok fejlesztésében Cremer (1906) nevéhez fűződik. Ő fedezte fel a H^+ ion szelektív pH szenzor működését azzal, hogy megfigyelte, hogy a potenciál megváltozik az üveg membránon, ha különböző pH-jú folyadékokba merül. Az 1970-es évek óta lehetőség nyílt az ion-szelektív tervezérlésű tranzisztorok használatára (Bergveld, 1970). Ezt követve 1982-ben hozta létre Persaud és Dodd az első elektronikus orr berendezést, amely már nem szelektív szenzorokat tartalmazott, és az eddigiekhez képest a legnagyobb hasonlóságot mutatta az emberi érzékeléshez. A folyadékok elemzéséhez használható multiszenzorok alkalmazását Otto és Thomas (1985) mutatta be elsőként. Ezek után Di Natale és munkatársai (1995) publikáltak először az elektronikus nyelvről, amelynek szenzorai állítsuk szerint különböző bevonatúak lehetnek, leggyakrabban kalkogenid üvegek, kristályos anyagok vagy lipofil polimerek.

A különböző érzékelők fejlődéstörténetét a pH elektródtól az elektronikus nyelv megjelenéséig Vlasov és Legin (1998) négy fő periódusra bontja (2. táblázat):

2. táblázat Érzékelők fejlődésének fő periódusai

I. 1906-1937. pH üveg elektród és ion csere elmélet

- 1906 Cremer-pH-tól függő elektromotoros hajtóerő (üveg membrán)
- 1909 Haber, Klemensiewicz-üveg elektród fejlesztése
- 1936 Beckman-pH mérő kereskedelmi célú előállítás
- 1937 Nikolsky-Nikolsky egyenlet és üveg elektród elmélet
- 1937 Kolthoff-„kristály elektród”
- 1937 Nikolsky-kristály membrán

II. 1961-1969. Hagyományos ionszelektív elektródok és bioszenzorok

- 1961 Pungor-heterogén szilárd ionszelektív elektród (ISE)
- 1962 Seiyama, Taguchi-félvezető gáz érzékelő
- 1966 Frant, Ross-LaF₃-elektród
- 1966 Simon-folyadék ISE semleges hordozóval
- 1967 Ross-ioncserélő membrán
- 1969 Guibalt, Montalvo-bioszenzor
- 1969 Baker, Trachzenberg-kalcogenid üveg membrán ISE-hoz

III. 1970-napjainkig. Mikroelektronika a szenzorfejlesztésben

- 1970 Bergveld-ISFET
- 1972 Shone-Piezoelektromos bioszenzor
- 1975 Lundstrom-gáz FET
- 1976 Schen-Immuno FET
- 1978 Lubbers, Opitz
- 1986 Thorn EMI.Microsensor-az ISFET első kereskedelmi célú előállítása

IV. 1982-napjainkig. Multiszenzor sorok és szenzor rendszerek

- 1982 Persaud, Dodd-„elektronikus orr”
 - 1995 Vlasov, Legin, D’Amico, Di Natale-„elektronikus nyelv”
-

2.3.2 Az elektronikus nyelv típusai

A szenzorok az elektronikus érzékelők legfontosabb elemei, amelyek feladata, hogy összegyűjtsék az adatokat a mért paramétereikről (Nagle et al. 1998). Az érzékelőket öt csoportra oszthatjuk, úgy mint: piezoelektromos; elektrokémiai (potenciometrikus, voltammetriás, amperometrikus, konduktometriás és impedimetriás) és kolorimetriás érzékelők; bioszenzorok; és gázkromatográfián és tömegspektrometrián alapuló érzékelők (Dymerski et al. 2014; Escuder-Gilabert and Peris 2010; Schaller et al. 1998; del Valle 2010; Kimmel et al. 2012)

Az alábbi felsorolás ezek közül mutat be néhány főbb megvalósítási elvet (Szöllösi, 2016) nyomán:

Potenciometriás elv: A potenciometrikus elektronikus nyelv érzékelői feszültség mérésen alapulnak, amelyek megméri és elemzik a minták különböző elektródpotenciálját egy referencia elektródhoz képest, amely leggyakrabban Ag/AgCl elektród. A potenciométeres érzékelők a következő pozitív tulajdonságokkal rendelkeznek: jól ismert működési elvek, alacsony költség, könnyű kereskedelmi termelés. Hátrányuk a mért érték függősége a hőmérséklettől és az oldat komponenseinek adszorpciója az elektródokra, ami befolyásolja a potenciál változását (Escuder-Gilabert and Peris, 2010).

Voltammetriás elv: A potenciometrikus technikákkal ellentétben a voltammetrikus műszerek elektródpotenciálját használják az elektronátviteli reakció végrehajtására, és megméri a kapott áramot. A legegyszerűbb mérési beállítás háromféle elektródot alkalmaz: referenciaelektródokat, munkaelektródokat és segédelektródokat. A munkaelektród általában fém csupasz elektród vagy módosított elektród, amely rézből, nikkelből, palládiumból, ezüsből, ónból, titánból, cirkóniumból, aranyból, platinából és ródiumból áll (Winqvist et al. 2002) A voltammetria használata számos előnnyel jár, mivel érzékeny, sokoldalú, egyszerű és robusztus. A potenciometriához viszonyítva a voltammetriát kevésbé befolyásolják az elektromos zavarok, így kedvező a jel-zaj arány. A feszültség időbeni lefutása lehet impulzus, ciklikus és visszaoldós típusú (Winqvist et al. 2004; Winqvist 2008).

Konduktometriás elv: A konduktometriás szenzorok érzékelése a vezetőképességen alapul. Ezek a változások az illékony illatanyagokkal való kölcsönhatásokból erednek, ami az érzékelő elektromos ellenállásának változásához vezet. Az alapul szolgáló mechanizmus az alkalmazott anyagtól függően eltérő. Annak ellenére, hogy különböző anyagokat használnak, a konduktometriás szenzorok specifikus elemeinek felépítése valójában ugyanaz. Az elektronikus orrookban leggyakrabban használt három típusú konduktometrikus érzékelő van; ezek vezetőképes polimer (CP) érzékelők, fém-oxid félvezetők (MOS) és fém-oxid félvezető térhatású tranzisztorok (MOSFET). Ezen túlmenően a konduktometriás szenzorok feloszthatók hideg és meleg

érzékelőkre, amelyek közül az utóbbiak csak magasabb hőmérsékleten képesek működni (Arshak et al. 2004; Dymerski et al. 2011). Az elektronikus nyelvben a konduktometrikus érzékelők használatáról kevés publikáció született (Winguist et al. 2000). A CP érzékelők előnye az alacsony ár és gyors válasz, míg a nedvességre való érzékenység a fő hátránya (Ciosek and Wroblewski, 2007).

Piezoelektromos elv: Cole és munkatársai (2015) által készített elektronikus nyelv a felületi akusztikus rezgések elvén működő szenzort tartalmaz, melynek során a szenzor rezonancia frekvenciája a szenzor felületével érintkező folyadék tulajdonságaitól függ. A piezoelektromos érzékelők legfőbb előnyei a nagy érzékenység, a valós idejű mérések, a kis méret, a tartósság és az alacsony költség (Sun et al., 2008). A kvarckristály mikromérleg egy példa egy piezoelektromos szenzor az alkalmazására (Dymerski et al. 2011; Nagle et al. 1998).

Biológiai elv: A bioszenzorok nagy szelektivitást mutatnak az enzim-szubsztrát kölcsönhatások miatt. Ezenkívül a bioszenzorok hatékonysága javítható az elektron-mediátorok bevezetésével, amelyek megkönnyítik az elektronok átvitelét az enzimről az elektródra (Ghasemi-Varnamkhasti et al., 2012).

2.3.3 Alkalmazási területek

A bemutatott széles körű mérés-technikai lehetőségek a folyadékok elemzése számára egyre újabb utakat nyitottak meg. Ennek köszönhetően az elektronikus nyelvet manapság már egyre gyakrabban alkalmazzák főként a kutatásban, de egyre több esetben ipari feladatokra is. Használják a kutatásfejlesztésben és a minőség ellenőrzésben, elsősorban az élelmiszerek és italok, a gyógynövények és gyógyhatású készítmények, a toxikus vegyületek elemzésére, továbbá az orvosi diagnosztika és a környezetvédelem területén (Cuartero et al., 2015; Fitzgerald and Fenniri, 2017; Li et al., 2019; Liu, 2018; Wasilewski et al., 2019; Yaroshenko et al., 2015).

Escuder-Gilabert és Peris (2010) az élelmiszeripari alkalmazásokat hat részre osztotta: folyamat követés, frissesség vizsgálat és eltarthatóság, eredetiség vizsgálat, élelmiszer jellemzés, kvantitatív elemzések és végül egyéb vizsgálatok.

Legin és munkatársai (1997) számos folyadékot (tea, kávé, sör, üdítő) teszteltek az általuk fejlesztett elektronikus nyelvvel. A teljes szenzorsor 18-21 szenzorból állt. Az adatok kiértékeléshez főkomponens analízist és mesterséges neurális hálózatot használtak. Az eredmények azt mutatták, hogy a berendezés megbízhatóan meg tudja különböztetni az egyes italfajtákat, valamint képes az üdítő öregedésének követésére. Összefüggést találtak az elektronikus nyelv által mért paraméterek és az üdítő minősége között.

Szöllősi és kutatótársai (2011) az elektronikus nyelv alkalmazhatóságát vizsgálták különböző édesítőszeret tartalmazó Cola italok elkülönítésére. A legnagyobb különbséget a természetes és mesterséges édesítőszeret tartalmazó minták között találták, de az édesítőszeret fajtáinak megfelelő csoportok szerinti elkülönítésre is alkalmasnak bizonyult az általuk használt műszer.

Arrieta és munkatársai (2004) olyan szenzorokat fejlesztettek ki, melyeket sikeresen alkalmaztak az édes, keserű, savas, sós és fanyar ízek szétválasztására. Az általuk készített mindegyik szenzor karakterisztikus elektrokémiai választ adott. A kinyert adatokon végzett főkomponens analízis pedig elválasztotta a vizsgált oldatokat. Sokakat foglalkoztatott az elektronikus nyelv mérések és az érzékszervi vizsgálat eredményének összevetése többek között kávéminták (Ferreira et al., 2007; Lopetcharat et al., 2016; Soós et al., 2013; Várvoölgyi et al., 2012), teák (Kovács et al. 2010; Zhi et al. 2017), szójaitalok (Jung et al., 2017), almalevek (Kovács et al., 2011), gombák (Phat et al. 2016) vagy olíva olaj minták (Velošo et al., 2016) esetén.

Az élelmiszerek eredetiségének (származási hely) vagy esetleges hamisításának elektronikus nyelvvel való detektálhatóságát számos kutató vizsgálta, például kecsketej (Dias et al., 2009), teák (Kovács et al., 2010), kávék (Flambeau et al., 2017), paradicsomlevek (Hong et al. 2014), mézek (Wei and Wang, 2014) vagy szűz olíva olaj (Apetrei and Apetrei, 2014) esetén.

Számos vizsgálatot végeztek kutatók a különböző élelmiszerekben bekövetkező romlási folyamatok detektálására (Ghasemi-Varnamkhasti et al., 2018), mint például a tej (Poghossian et al. 2019) vagy az almalé (Wang and Sun, 2019) esetében.

2.3.4 Elektronikus nyelv borászati alkalmazásának lehetőségei

A borászatban kiemelt szerepe van a szőlő minőségének, melyet a szőlő megjelenéséből és a mustjának az ízéből állapítanak meg általánosan. A must cukor és a fenol tartalmának elemzése szintén általános gyakorlat a minőség megállapítására. Az ISFET-en alapuló elektronikus nyelveket (Moreno I Codinachs et al., 2008), voltammetriás bioszenzorokat (Medina-Plaza et al., 2014) vagy multiszenzor rendszereket (Rodriguez-Mendez et al. 2016) sikeresen alkalmazták a szüretelt szőlőfajták és a különböző szüreti napokból származó mustok közötti különbségek felismerésére. A bioszenzorok segítségével szoros korrelációt fedeztek fel a cukortartalom és az érett szőlő fenolos összetétele között. Továbbá a bogyózás és zúzás után az áztatási idő növelése miatt emelkedő polifenol koncentrációt is nyomon tudták követni. Fehérborok készítése során leggyakrabban csak alkoholos erjedés szükséges, hogy a must cukortartalma átalakuljon alkohollá. A vörösborok esetében az alkoholos erjedés után sok esetben malolaktikus fermentáció következik, ahol az almasav tejsavvá alakul. Az erjesztést általánosan fizikai paraméterek (hőmérséklet) mérésével tudják szabályozni (Peris and Escuder-Gilabert, 2013). A malolaktikus

fermentáció során az almasav koncentrációját is rendszeresen ellenőrzik. A kémiai érzékelőkkel történő szabályozás azonban meglehetősen nehéz, mivel a fermentáció egy turbulens folyamat, amely hőmérsékletváltozásokat eredményez, és így befolyásolja az érzékelők teljesítményét. Ennek köszönhetően csak néhány kutatás szól az elektronikus szenzorok alkalmazásáról a bor erjedése során (Kutyla et al. 2018; Lan et al. 2017; Santos et al. 2015).

Az érzékszervi tulajdonságok javítása érdekében a fehér- és vörösborokat palackozás előtt sok helyen tölgyfahordóban érlelik. Számos régióban a borokat a hordós érlelés hossza szerint osztályozzák. A hordós érlelés során a fa pórusain keresztül kis mennyiségű levegő áramlik a borba, ez az úgynevezett mikrooxidáció (Schmidtke et al. 2011). A fa földrajzi eredetétől és pörköltégi fokától is nagy mértékben függ, hogy milyen aromaanyagok oldódnak a borba. Garcia-Hernandez és kutatótársai (2018) az impedimetrikus elektronikus nyelvvel vizsgáltak vörösborokat, amelyeket fahordóban érleltek és PLS-sel becsülték a borok kémiai paramétereit szoros korrelációval, úgy, mint például a pH ($R^2=0,82$), a cukortartalom ($R^2=0,96$) és az összes polifenoltartalom ($R^2=0,94$). (Parra és munkatársai (2006), valamint Apetrei és munkatársa (2012) a borok öregedését vizsgálták az érlelés során különböző helyről származó (francia, amerikai, litván) fahordókban. Rudnitskaya és munkatársai pedig portói borok (2007), majd madeirai borok (2010) korát becsülték sikeresen az elektronikus nyelvvel. A 10-35 év közötti portói borokat 2 év pontossággal tudták becsülni, az ennél idősebb boroknál azonban a becslési hiba már 5 év volt.

A borok érlelését alternatív módszerekkel megvalósíthatjuk úgy, hogy a borokba különböző méretű faforgácsot vagy dongát áztatunk rozsdamentes acéltartályokban és így érhetjük el a mikrooxigénezés jótékony hatását, valamint a hordós érlelésre jellemző ízvilágot (Oberholster et al., 2015). Az elektronikus nyelvek hasznosak lehetnek az alternatív érlelési módszerek alkalmazásának észlelésére (Apetrei et al. 2007; Prieto et al. 2012). Különösen a voltammetriás elektronikus nyelv képes volt kimutatni az alternatív módszerek alkalmazását, és megkülönböztetni borokat, a borban áztatott fa dongák mérete és típusa szerint, azonban a borok palackos érlelése után a különbségeket már nem lehetett kimutatni (Apetrei et al. 2007; Gay et al. 2010). Potenciometrikus elektronikus nyelvet is sikeresen alkalmazták már a különböző mennyiségű tölgyfa forgácsok detektálására és az alkalmazásuknak köszönhető fenolos összetétel mennyiségi meghatározására (Rudnitskaya et al., 2017).

A hordós érlelést a palackos érlelés követheti, amely az érzékszervi tulajdonságok további javulást eredményezheti. Az elektronikus nyelvek egyik fő alkalmazása a borászati szektorban a végtermék minőségének értékelése lehet, ami magában foglalja az idő múlásával bekövetkező változások elemzését, valamint a parafadugó minőségéből vagy a nem megfelelő tárolásból eredő nemkívánatos változások észlelését. A dugó íz kialakulását és jelenlétét többen vizsgálták

különböző bioszenzorokkal (Moschopoulou et al., 2018; Varelas et al., 2011). A brett karaktert okozó vegyületek jelenlétét szoros korrelációval tudta becsülni az elektronikus nyelv adatokból Gonzalez-Calabuig és del Valle (2018).

A szőlőfajta, amelyből egy bor készül, nagy mértékben felel a végtermék fő érzékszervi tulajdonságaiért. Emellett természetesen az időjárási viszonyok változatossága, vagy a szőlőtermesztési és borkészítési technológiák (például élesztők, tápanyagok hozzáadása, hőmérséklet-szabályozás, hordó típusa, pörkölési foka stb.) mind-mind hozzájárulnak a borok egyedi ízének kialakulásához. Végül, az érzékszervi tulajdonságok változása folytatódik a palackban, amely bizonyos ideig javítja a borok bukóját, de a túl hosszú vagy nem megfelelő tárolási feltételek ronthatják a bor élvezeti értékét. Az elektronikus nyelveket illetően a potenciometrikus kémiai szenzorokat többen alkalmazták arra, hogy megkülönböztessék az azonos fajtájú és évjáratú borokat, amelyek különböző szőlőültetvényekből származnak (Legin et al., 2003, 1999). Az ISFET-alapú szenzorok is képesek voltak megkülönböztetni a különböző szőlőfajtáktól és évjáratoktól készített borokat (Artigas et al., 2003; Moreno I Codinachs et al., 2008). A különböző típusú szenzorokat (ISFET, potenciometrikus, amperometrikus) kombináló hibrid rendszerek a szőlőfajta és a földrajzi eredet szerint is jellemezni és osztályozni tudták a fehér fajtaborokat (Gutiérrez et al., 2010). Az elektrokatalitikus anyagokkal kémiailag módosított voltammetriás szenzorokat széles körben használták a különböző spanyol régiókból származó borok megkülönböztetésére, és képesek voltak nyomon követni a borok érlelése során fellépő változásokat a hordókban és palackokban. Érdeemes megjegyezni, hogy a voltammetriás szenzorokhoz használt különböző kémiai módosítók sokasága (ftalocianinok, vezető polimerek, nanopolimerek) számos különböző specifikációjú szenzorsorozat kialakulásához vezetett (Parra et al. 2004, 2006; Cetó et al. 2014a, 2014b; Rodriguez-Mendez et al. 2004, 2008)

Voltammetriás szenzorokat alkalmaztak már az etanollal való hamisítás kimutatására, valamint más nem illékony komponensek (borkősav, SO₂, ecetsav) használatának felderítésére (Parra et al. 2006).

Többek között potenciometrikus elektronikus nyelvekkel becsülték a pH-t, az etanol-tartalmat, a borkősavtartalmat, a kén-dioxid tartalmat, az összes-polifenol tartalmat és a glicerin tartalmat kevesebb, mint 12% -os hibával (Legin et al., 2003). Egy másik hasonló műszerrel a további néhány fenolt pontosan kimutattak 5%-os hibával (Kirsanov et al., 2012). A lágyított PVC-ből és üvegmembránokból készített potenciometriás szenzorok kombinációján alapuló multiszenzoros rendszerek felhasználhatók borkősav, citromsav, hangyasav, katechin, vanillin és transz- rezveratrol kimutatására (Rudnitskaya et al., 2010). Továbbá, a már egyszer kalibrált elektronikus nyelvek előre jelezhetik több kémiai paraméter koncentrációját egyidejűleg. A pH, az összes-

polifenol-, a cukor-, a sav- és az illósvartartalom becsülhető az elektronikus nyelv válaszaiból. Ehhez a feladathoz potenciometriás, ISFET alapú, amperometrikus, voltammetrikus és impedimetrikus érzékelőket is sikeresen használtak már (Kirsanov et al. 2012; Oliveri et al. 2010).

A borok végső minősítése az emberi érzékeléshez kapcsolódik. A borokat általában olyan képzett szakemberek csoportja minősíti különböző pontrendszerek alkalmazásával, akik képesek érzékelni a borok különböző jellegzetességeit. Mivel az elektronikus nyelveket az emberi érzékek inspirálják, arra számíthatunk, hogy eredményeik a bíráló csoportok által adott pontszámokhoz kell kapcsolódniuk. Sajnos az emberi értékeléssel való összefüggéseket több tényező miatt nem könnyű megállapítani. Például az emberi ízérvékeléstől eltérően az elektronikus nyelvek kimutatják a kémiai vegyületeket, függetlenül attól, hogy milyen ízük van. Sok esetben az ízintenzitás nem közvetlenül korrelál egy bizonyos vegyület koncentrációjával. Gyakran előfordul, hogy a vegyületek átfedő „maszkoló” hatást fejtenek ki (Szöllősi, 2016), és az így kialakuló íz különbözik az alapösszetevők ízétől. Végül az emberi ízérvétet a szájban érezhető érzés (hőmérséklet, viszkozitás stb.) is befolyásolja és így az érzékszervi tulajdonságok teljes leírása elektronikus nyelv szempontjából nem lehetséges. Különösen nehéz a borok érzékszervi tulajdonságainak becslése, mivel a borok rendkívül összetett italok, és még a szakértői panelek is értékelik, hogy mennyire kellemes az ízelelésük. Az élvezeti érték azonban nem lineárisan kapcsolódik egy vegyülethez vagy egy vegyületcsaládhoz. A nehézségek ellenére a szenzorokkal PLS regresszió segítségével jól korreláló becsléseket lehet megállapítani az érzékszervi pontszámokkal vagy a specifikus ízekkel. Jó korrelációt találtak az érzékszervi értékekkel és a potenciometriás szenzorok eredményeivel (Di Natale et al., 2004; Kirsanov et al., 2012; Legin et al., 2003), az amperometrikus szenzorokkal (Buratti et al., 2007), vagy a voltammetrikus érzékelőkkel is (Cetó et al., 2015; Gay et al., 2010). Olaszországban és Spanyolországban az érzékszervi bírálat eredményeit 10% körüli hibával tudták becsülni az elektronikus nyelv eredményeiből, és mindig a helyi szőlőfajtákból készült borokat vizsgálták (Legin et al., 2003; Parra et al., 2004). Kirsanov és munkatársai (2012) 36 új-zélandi fehér- és 27 szlovákiai vörösbor érzékszervi tulajdonságát becsülték.

Számos kutatást fel lehet sorakoztatni az élelmiszerek elektronikus nyelvvel történő vizsgálatához, azonban tudomásom szerint ISFET alapú szenzorosok összehasonlító vizsgálatát borok tekintetében még nem végeztek. Egy szekvenciában szereplő minták helyének befolyásoló hatását már bizonyították, azonban az ismétlési sorrend eredményekre gyakorolt hatását nem. Továbbá látható, hogy foglalkoztak már a borok elektronikus nyelvvel történő vizsgálatával és számos mérés bizonyította, hogy gyors, megbízható és reprodukálható eredményeket kaphatunk az elektronikus nyelv használatával. Magyarország különböző borvidékeiről származó fehér- és

vörösborok termőhely és fajta szerinti elkülönítésére, valamint Tokaji borkülönlegességek vizsgálatára még nem volt példa fellelhető nemzetközi irodalmakban. Továbbá a hazai termőhelyekre jellemző és borokban megjelenő ízek elektronikus nyelv adatokból történő becsülhetőségét sem vizsgálták még korábban. Kézenfekvővé válik tehát a megállapítás, hogy egy a hazai bor-szortimentet átölelő vizsgálatosorozatra van szükség, ahol az elektronikus nyelv alkalmazhatóságát több mérés technikai szempontot figyelembe véve kell a vizsgálatoknak alávetni.

3. CÉLOK

Doktori dolgozatom céljai a következők voltak: olyan elektronikus nyelv módszer fejlesztése, amely lehetővé teszi, hogy a borban előforduló kémiai anyagokat detektáljuk, ez által a bor minőségi paramétereit és alapvető érzékszervi tulajdonságait becsüljük. Vizsgálataim két nagyobb területre irányultak, amelyek mindegyike két-két további résztemára oszlik.

- I. Kereskedelmi borminták vizsgálata során elektronikus nyelv alkalmazásán alapuló mérési módszer kidolgozása és alkalmazása a borok megkülönböztetésére fajták, valamint termőhelyek szerint. Továbbá összefüggések feltárása az érzékszervi értékelés, az analitikai vizsgálatok és az elektronikus nyelvvel való elemzés eredményei között.
 1. Vörös borok elemzése (4 fajta, 7 termőhely)
 2. Fehér borok elemzése (4 fajta, 4 termőhely)
- II. Az elektronikus nyelv alkalmazhatósága *Tokaji botritiszes borkülönlegességek* minőségének jellemzésében
 1. Különböző aszúszem hányadú aszúborok elkülönítése az új szabályozás tükrében
 2. Aszú, fordítás, szamorodni és hamisítások elkülönítése

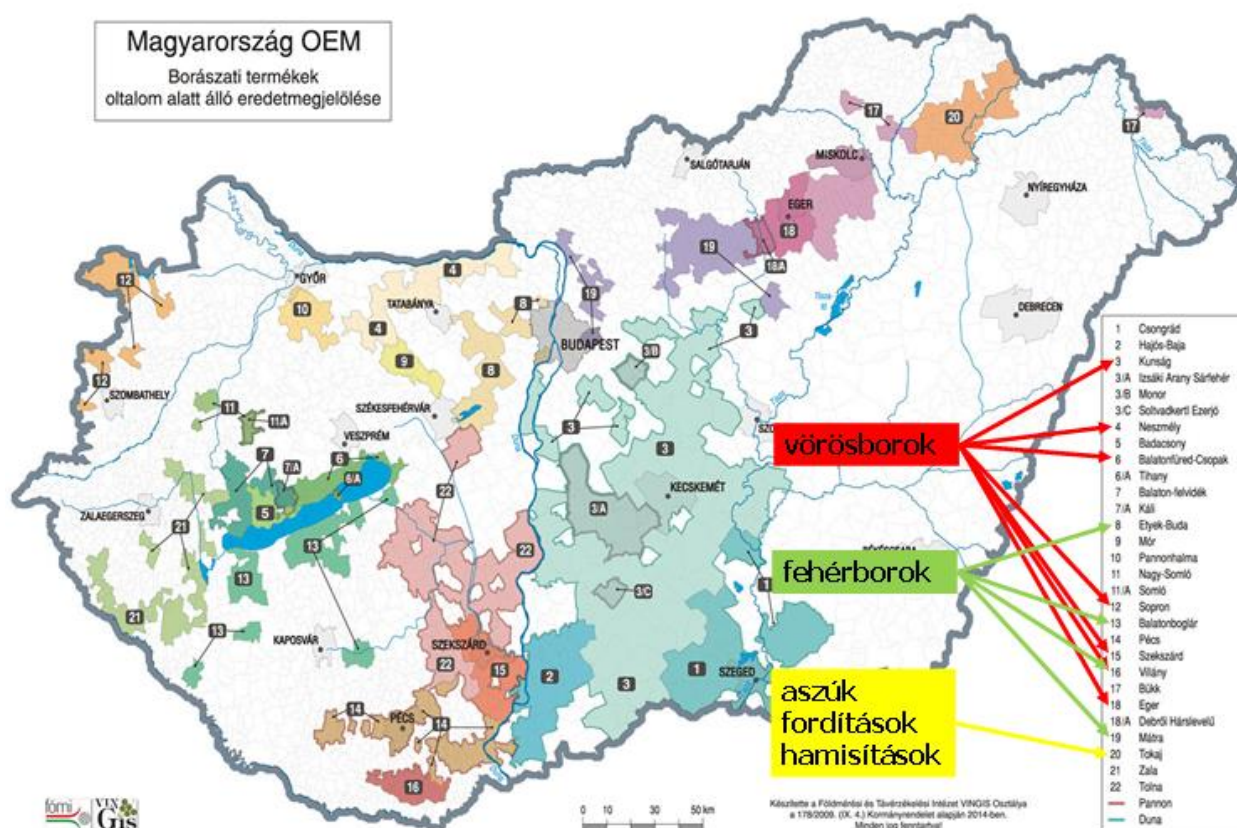
A fenti témakörök kutatásán belül munkám lényegi részét képezi az elektronikus nyelv célzott, borászati alkalmazási módszereinek fejlesztése.

A kutatás során az alábbi célokat tűztem ki:

- Az elektronikus nyelvvel mért egyes minták mérési sorrendjének eredményekre gyakorolt hatásának vizsgálata.
- Az elektronikus nyelvvel mért aszú minták hígítási fokának eredményekre gyakorolt hatásának vizsgálata.
- Összefüggések vizsgálata az érzékszervi bírálat és az elektronikus nyelvvel végzett mérések eredményei között.
- Érzékszervi bírálat eredményének becslése az elektronikus nyelvvel kapott eredmények alapján.
- Főbb bortípusokra jellemző kémiai paraméterek becslése elektronikus nyelv mérési eredményei alapján.

4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Kutatásaim középpontjában kezdetben 2012-es évjáratú vörösborok álltak, amelyek vizsgálata során az alapanalitikai és az érzékszervi minősítés eredményei, valamint az elektronikus nyelv által mért adatok összehasonlításán túl, elemeztem az ismétlési sorrend hatását az elektronikus nyelv mérésekre. A kapott eredményeket figyelembevéve, 2013-as évjáratú fehérborokat vizsgáltam és két szenzorsor eredményét vettem össze az analitikai és az érzékszervi bírálatok eredményével. Később 2014-es évjáratú saját készítésű aszúmintákat vizsgáltam a változó termékleírás figyelembevételével, amikor az alacsonyabb minőségű aszúk már nem feleltek meg az új elvárásoknak. Ebben az esetben az aszúban jelen lévő magasabb beltartalmi jellemzők vizsgálatához az elektronikus nyelv mérésekhez használatos optimális hígítási fok eléréséhez három különböző arányú hígítás hatékonyságát vizsgáltam. Végezetül szintén saját készítésű 2016-os évjáratú aszú és fordítás mintákat vizsgáltam az aszúszem minőségének és áztatási idejének hatására bekövetkező változások detektálására. Valamint összehasonlító vizsgálatokat végeztem kereskedelmi forgalomban kapható aszú és szamorodni mintákkal, illetve saját készítésű hamisításokkal. A vizsgálat tárgyát képező borok termőhely szerinti eloszlását Magyarország OEM kategóriáit is szemléltető 3. ábra mutatja.



3. ábra A vizsgált borminták termőhely szerinti eloszlása (VINGIS, 2014)

4.1 Felhasznált anyagok

A következő alfejezetekben mutatom be, hogy a vizsgáltok során pontosan milyen fajta borokat, mely borvidékeinkről vizsgáltam, valamint a saját készítésű mintáknál ismertetem az alkalmazott technológiát. Továbbá bemutatom az α -Astree potenciometrikus elektronikus nyelv működését.

4.1.1 Különböző borvidékekről származó vörös fajta és cuvée borok

A vizsgálatok tárgyát képező 12 vörösbormintát a következő hármas csoportokra oszthatjuk Kékfrankos, Merlot, Portugieser szőlőfajtából készült fajtaborok és a házasítások. A 3. táblázatban csoportosítottam a vizsgált borokat és a következőkben az alábbi kódokat használva mutatom be az eredményeket. A rövidítés alkalmas a borvidék és a fajta azonosítása is. A vörösborminták mindegyike 2012-es évjáratú kereskedelmi forgalomban kapható száraz minőségi vörösbor volt. Több magyarországi borvidékről származtak úgy, mint Ászár-Neszmély, Balatonfüred-Csopak, Eger, Kunság, Sopron, Szekszárd és Villány.

3. táblázat Vizsgálatokhoz használt 2012-es évjáratú kereskedelmi vörösborminták fajtái és borvidékei

	Fajta	Borvidék	Rövidítés
1.	Házasítás (cuvée)	Eger	EgCu
2.	Házasítás (cuvée)	Kunság	KuCu
3.	Házasítás (cuvée)	Villány	ViCu
4.	Kékfrankos	Ászár-Neszmély	ANKf
5.	Kékfrankos	Sopron	SoKf
6.	Kékfrankos	Szekszárd	SzKf
7.	Merlot	Balatonfüred-Csopak	BCMe
8.	Merlot	Eger	EgMe
9.	Merlot	Szekszárd	SzMe
10.	Portugieser	Eger	EgPo
11.	Portugieser	Szekszárd	SzPo
12.	Portugieser	Villány	ViPo

4.1.2 Különböző borvidékekről származó fehér fajtaborok

Összesen 16 fehér bormintát elemeztem. A vizsgált borok fajta szerint: Chardonnay, Cserszegi fűszeres, Szürkebarát és Sauvignon blanc szőlőfajtákból készült fajtaborok, borvidék szerint Balatonboglár, Etyek-Buda, Mátra és Villány borvidékeiről származtak (4. táblázat). Összeségében tehát négy borvidék négy fajtáján keresztül valósulhatott meg a termőhely adottságainak és a szőlőfajták befolyásoló hatásainak a vizsgálata. Az alkalmazott rövidítés ebben

az esetben is alkalmas a borvidék és a fajta azonosítására. A vizsgált borminták mindegyike 2013-as évjáratú kereskedelmi forgalomban kapható száraz minőségi fehérbor.

4. táblázat Vizsgálatokhoz használt 2013-as évjáratú kereskedelmi fehérborminták fajtái és borvidékei

Fajta	Borvidék	Rövidítés
1. Chardonnay	Balatonboglár	BbCh
2. Chardonnay	Etyek-Buda	EBCh
3. Chardonnay	Mátra	MaCh
4. Chardonnay	Villány	ViCh
5. Cserszegi fűszeres	Balatonboglár	BbCs
6. Cserszegi fűszeres	Etyek-Buda	EBCs
7. Cserszegi fűszeres	Mátra	MaCs
8. Cserszegi fűszeres	Villány	ViCs
9. Sauvignon blanc	Balatonboglár	BbSb
10. Sauvignon blanc	Etyek-Buda	EBSb
11. Sauvignon blanc	Mátra	MaSb
12. Sauvignon blanc	Villány	ViSb
13. Szürkebarát	Balatonboglár	BbSz
14. Szürkebarát	Etyek-Buda	EBSz
15. Szürkebarát	Mátra	MaSz
16. Szürkebarát	Villány	ViSz

4.1.3 Aszúborok vizsgálata az új borvidéki szabályozás tükrében

Három kísérletben összesen nyolc bor mintát vizsgáltam. Az aszú mintákat laboratóriumi körülmények között készítettem el a 2014-ben hatályos TOKAJ oltalom alatt álló eredetmegjelölés termékleírása alapján. Ekkor már a 2013 után szüretelt szőlőből készült borok esetében megszűnt a puttonyszám jelölése és az aszú eszencia minőségi kategória. Az új aszúborok valójában 5 vagy magasabb puttonyszámnak felelnek meg a felhasznált az aszúszem arányát tekintve. A könnyebb azonosítás érdekében a puttonyszám szerinti különbségek feltüntetésével neveztem el az aszú mintákat (5. táblázat). Azonos évjáratú szőlőből származó borban áztatva és macerálva készítettem el az aszúkat. Öt tételt készítettem, melyekben különböző mennyiségű aszúszemet (puttonyszám szerint ~3-7) áztattam 48 órán keresztül azonos alapborban. Préselés után fajélesztővel beoltottam a nyers aszúkat és gondoskodtam az élesztők megfelelő tápanyag utánpótlásáról komplex élesztőtápanyag adagolással. További két aszúmintát két csoport (Aszu3p és Aszu7pN) különböző arányú (60:40 (Aszu5p1) és 40:60 (Aszu5p2)) házasításával készítettem el. Az erjesztés végeztével

az új borvidéki termékleírás követelményeinek három minta felelt meg, a másik két aszúminta pedig a régi szabályozási rendszernek megfelelő módon készült, de az új termékleírás analitikai elvárásainak már nem felelt meg.

5. táblázat Vizsgált aszúminták a megváltozott borvidéki szabályozás szerint

	Bor megnevezése	Aszúszem/ extraháló bor	Borvidék szabály	Rövidítés
1.	Furmint alapbor	-	-	Alap1
2.	Aszú 3p	0,6kg/l	2013 előtti	Aszu3p
3.	Aszú 4p	0,8kg/l	2013 előtti	Aszu4p
4.	Aszú 5p	1kg/l	2013 utáni	Aszu5pN
5.	Aszú 6p	1,2kg/l	2013 utáni	Aszu6pN
6.	Aszú Eszencia	1,4kg/l	2013 utáni	Aszu7pN
7.	Aszú 5p1	-	Házásítva	Aszu5p1
8.	Aszú 5p2	-	Házásítva	Aszu5p2

4.1.4 Aszúk, fordítások és hamisításaik

Ehhez a kísérlethez használt aszúszemek 2016-ban szüretelt tokaji Furmint szőlőültetvényről származtak. Az aszúk és fordítások készítéséhez használt alapbor egy még erjedésben lévő, 2016-os Tokaji Furmint volt. A felhasznált aszúszemek két minőségi osztályból – I. osztályú és II. osztályú aszúszem – származtak. A vegyes minőségű aszúszemek felhasználásával készült aszúk és fordítások fele-fele arányban tartalmaztak első és másodosztályú aszúszemeket. Az aszúszemek az alapborban 1:1 arányban (1kg aszúszem 1liter borban) 24, illetve 48 óráig voltak áztatva. Az áztatás mindkét esetben 16 C°-on üvegedényekben történt, ezután kipréseltem az aszútésztát (4. ábra). Ezt a kipréselt aszútésztát (aszútörkölyt) használtam fel a fordítások készítéséhez. Az újbóli felöntésnél csak 24 órás áztatási időt alkalmaztam. A cél annak megállapítása volt, hogy a 24 illetve 48 óráig áztatott aszútésztá újra felöntésével még mennyi értékes komponens nyerhető ki az aszúszemekből. Az aszúk és a fordítások fajélesztővel lettek beoltva éppúgy, mint a potenciális hamisítások. A hamisítások elkészítéséhez ugyanazt az alapbort használtam fel, mint az aszúk és fordítások készítése során. Az egyik esetben kristálycukorral állítottam be a kívánt cukortartalmat. A másik esetben a kívánt cukortartalom eléréséhez mustsűrítményt használtam. A cukor használata borédesítésre tilos, de Tokaj eredetvédelmi termékleírása tiltja mind a két eljárást. A minták folyamatos ellenőrzés mellett két hónapig erjedtek, ezután hűtéssel állítottam le az erjedést. A kísérlet során kereskedelmi forgalomban kapható aszúkat és szamorodnikat is vizsgáltam a saját készítésű minták mellett. A mintákat az (6. táblázat) foglalja össze.



4. ábra Aszúk áztatása és préselése (saját kísérlet)

6. táblázat Aszú minták készítése eltérő aszúszem-minőség (I., II) és áztatási idő (24, 48 óra) alapján

	Bor megnevezése	Aszúszem minőség	Áztatási idő (h)	Rövidítés
1.	Furmint alapbor	-	-	Alap2
2.	Alapbor+cukor (hamisítás)	-	-	Alap_cuk
3.	Alapbor+sűrítmény (hamisítás)	-	-	Alap_sur
4.	Aszú I/1	I	24	Aszu_I_1
5.	Aszú I/2	I	48	Aszu_I_2
6.	Aszú II/1	II	24	Aszu_II_1
7.	Aszú II/2	II	48	Aszu_II_2
8.	Aszú vegyes	I és II (1:1)	24	Aszu_Vegy1
9.	Aszú vegyes	I és II (1:1)	48	Aszu_Vegy2
10.	Fordítás I/1	I	24	Ford_I_1
11.	Fordítás I/2	I	24	Ford_I_2
12.	Fordítás II/1	II	24	Ford_II_1
13.	Fordítás II/2	II	24	Ford_II_2
14.	Fordítás vegyes 1	I és II (1:1)	24	Ford_Vegy1
15.	Fordítás vegyes 2	I és II (1:1)	24	Ford_Vegy2
16.	Aszú (Furmint)	NA	NA	Aszu_Furm
17.	Aszú (Zéta)	NA	NA	Aszu_Zeta
18.	Szamorodni (Hárslevelű)	-	-	Szam_Hárs
19.	Szamorodni (Zéta)	-	-	Szam_Zeta

A hamisítások (2. és 3. sorszámú minta) ebben az esetben nagyon szélsőséges esetet tükröznek, amikor nem használnak aszúszemet a készítéséhez, de a műszer alkalmazhatósága szempontjából fontosnak tartottam a két szélsőséges hamisítást is elemezni. Ezek a borok analitikailag és érzékszervileg is nagyon különböznek a borkülönlegességektől.

Éppen ezért hamisítás szempontjából „gyakorlatiasabb” kérdéskört is vizsgáltam, melynek során kiválasztottam egy aszú mintát (Aszu_Vegy2) és ugyanolyan cukortartalmú bort hoztam létre a mustsűrítménnyel, az alapbor és maga az aszú minta különböző arányú házasításával, mivel ismert volt az aszú (178,1 g/l), az alapbor (87,1g/l) és a mustsűrítménnyel (710g/l) cukortartalma is. A borok elkészítéséhez használt aszú alapbor arányt és a cukortartalom beállításához szükséges mustsűrítménnyel mennyiségét a 7. táblázatban foglaltam össze.

7. táblázat Aszúhamisítási sorozat alapborral és mustsűrítménnyel

Rövidítés	Aszú/alapbor arány	Aszu_Vegy2 (ml)	Alap2 (ml)	Sűrítménnyel (ml)	Cukortartalom (g/l)
Aszu100	100	0	300,00	0,00	178,10
Aszu99	99	1	297,00	3,00	178,10
Aszu95	95	5	285,00	15,00	178,10
Aszu90	90	10	270,00	30,00	178,10
Aszu80	80	20	240,00	60,00	178,10
Aszu70	70	30	210,00	90,00	178,10
Aszu60	60	40	180,00	120,00	178,10
Aszu50	50	50	150,00	150,00	178,10

4.2 Alkalmazott módszerek

A kereskedelmi forgalomban leginkább a feszültségmérésen alapuló elektronikus nyelv műszerek terjedtek el. Az egyik ilyen az α -Astree típusú elektronikus nyelv, melyet 2000-ben az Alpha M.O.S. cég dobott piacra.

Munkám során az Alpha Astree 2 elektronikus nyelvvel dolgoztam, mely egy potenciometriás elven működő elektronikus nyelv. A műszerben használt érzékelő szenzorok egy Ag/AgCl referencia elektródhoz képest mérik a szenzor felületén kialakuló potenciált. A hét munkaelektrod mindegyike tartalmaz egy speciális PVC alapú membránt, melybe szenzoronként eltérő lipid összetevőket ágyaztak, azonban az összetételt szabadalom védi és azt nem ismerjük (AlphaM.O.S., 2002).

Az elektronikus nyelv képes a folyadékokban lévő szerves és szervetlen kémiai komponensek mérésére. Működése nem specifikus szenzorsorok alkalmazásán alapszik, így alkalmazható különböző italok minőségi elemzésére. A szenzorsor 7 db szilícium tranzisztor alapú szerves

membránburkolattal ellátott szenzorból áll, melyek mindegyike mikrochipet tartalmaz. Az egyes szenzorok a bevonattól függően eltérő érzékenységet mutatnak az egyes összetevőkre, köztük a szerves és szervetlen kémiai komponensekre.

A mérések megkezdése előtt a szenzorok tisztításához és átnedvesítéséhez előkondicionálásra volt szükség. A közel 5 órás folyamat során az elektronikus nyelv 0,01 N HCl oldattal végzi a többszörösen ismétlődő méréseket addig, míg a szenzorjel be nem áll egy állandó értékre. A kondicionálást a műszer kalibrálása követte, amely egy általam kimért mintával történt, mely minden bormintából azonos mennyiséget tartalmazott és a bormintákkal megegyező mennyiségű desztillált vizet, hogy a szenzorok hozzászokjanak a mérendő mintákhoz. A bormérésekkel kapcsolatban több kérdés is felmerült, hogy hogyan befolyásolja a szenzorjeleket az ismétlési sorrend, melyik szenzorsor alkalmasabb a borminták vizsgálatára, valamint, hogy az aszú mérések esetén milyen befolyásoló hatása van a hígítási foknak. A kérdések megválaszolásához a következő alfejezetekben ismertetett módszereket alkalmaztam.

4.2.1 Különböző borvidékekről származó vörös fajta és cuvée borok

A vörösboroknak elsőként feltérképeztem az alapvető analitikai tulajdonságait, majd a bírálók érzékszervileg minősítették profilanalízis segítségével (MSZ ISO 11035:2001 szerint). Végezetül több mérési módszert alkalmazva vizsgáltam a borokat az elektronikus nyelv segítségével.

4.2.1.1 Analitikai módszerek

Az alapanalitikai (rutin) vizsgálatokat a SZIE Borászati Tanszék kutatói laboratóriumában, az általános borászati analitikai gyakorlatnak megfelelően végeztem el a magyar szabványoknak megfelelően. Vizsgáltam a titrálható savtartalmat (MSZ 9472-86), a pH értéket (MSZ-14849-1979), a cukortartalmat (MSZ 9479-1980), az alkoholtartalmat (MSZ 9458-1972), valamint az illósavtartalmat (MSZ 9473-87) minden vörösbor esetében.

4.2.1.2 Érzékszervi bírálat során alkalmazott módszer leírása

A vörösbor vizsgálatok esetében, az érzékszervi bírálathoz a 12 bormintát két csoportra osztottam és egy-egy csoportba hét bormintát választottam ki úgy, hogy két borminta mind a két csoportban szerepeljen egyfajta átfedést képezve közöttük. Az egyik kiválasztott borminta rendelkezett a legmagasabb cukortartalommal, a másik pedig a legmagasabb savtartalommal az analitikai vizsgálatok alapján. A többi borminta véletlenszerűen került az adott csoportba. Két csoportra azért volt szükség, hogy a bírálóknak ne egyszerre kelljen összehasonlítani az összes bormintát. A borokat kóstoló poharakba töltöttem és háromjegyű számmal kódoltam. Az érzékszervi vizsgálatokat 12 bíráló végezte el, akik közül hat az egyetemen végzett borász. A bírálóknak összesen 13 tulajdonság szerint kellett értékelni a borokat. Az eredményeket strukturálatlan skálán

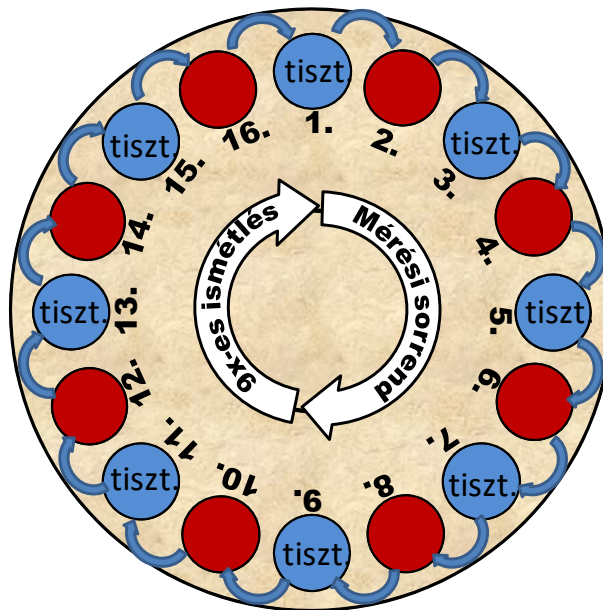
kellett megjelölniük a bírálóknak, melynek során egymáshoz kellett viszonyítaniuk a bormintákat a megadott szempontok alapján. A bírálati lapok kiértékelésének első lépéseként a bírálók által megjelölt intenzitás értékeket vonalzó segítségével mértem le, és százalékos értékre számoltam át.

4.2.1.3 Elektronikus nyelv méréseknél alkalmazott módszerek leírása

A borminták előkészítése során 50 ml borhoz 50 ml desztillált vizet mértem. A véletlenszerű csoportba sorolás és mérési sorrend (szekvencia) ezúttal is fontos volt mivel már kimutatták, hogy a mérési sorrend befolyásolhatja az elektronikus nyelv mérési eredményeit (Kovács, 2012) és csökkenteni akartam az így fellépő mérési hibákat. A mérés szobahőmérsékleten ($24,5^{\circ}\text{C}\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) zajlott másodpercenként történő mintavétellel. A vizsgálat során a szenzorsor és a referencia elektród egyszerre merültek a mérendő folyadékba, majd a számítógép regisztrálta a potenciálkülönbségüket, így a mért adatok statisztikai programok segítségével kiértékelhetővé váltak. Az elektronikus nyelv a kondicionálást és a kalibrációt követően minden mintán 120 mp-es mérést végzett, melyben az utolsó 10mp-ben mért jel átlagát vettem mérési eredményként, mivel ebben a tartományban áll be az egyensúlyi állapot. A szenzorok tisztítása és a szenzorjelek egyensúlyi helyzetből való kimozdítása céljából minden minta mérése után egy tisztító fázis következett, amely során a szenzorok desztillált vízbe merültek 15mp-ig, minden mintához saját tisztító folyadék tartozott.

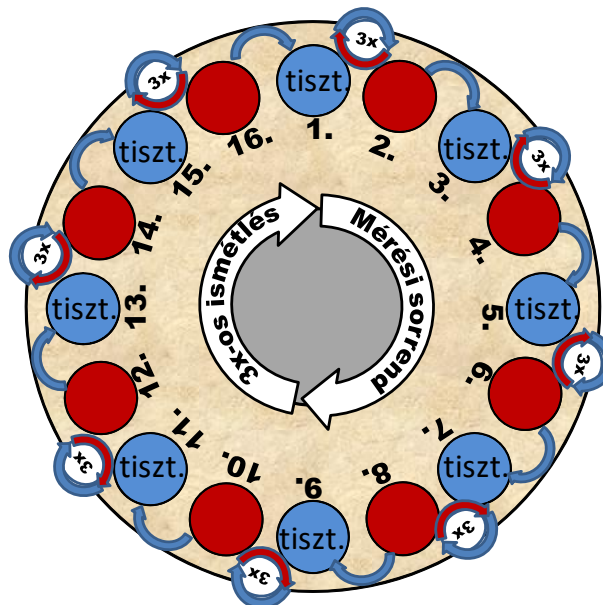
A vörösbor mérések során vizsgáltam az ismétlési sorrend elektronikus nyelv mérési eredményeit befolyásoló hatását, melyet a következő három mérési módszer alkalmazásával teszteltem. A három mérési módszert a következő ábrák mutatják (5. ábra, 6. ábra és 7. ábra). Mind a három mérés során minden minta mérését egy tisztító folyadék (esetemben mindig desztillált víz) használata követett.

Az első mérési módszer (amelyet mostantól teljes szekvenciaismétlés módszernek nevezek) szerint minden minta megmérése után tisztító fázis következett. A szekvenciát kilencszeres ismétlésben mérte az elektronikus nyelv. A szekvencia az adott mérés során a mintatartó egységben elhelyezett minták egy körben történő mérése.



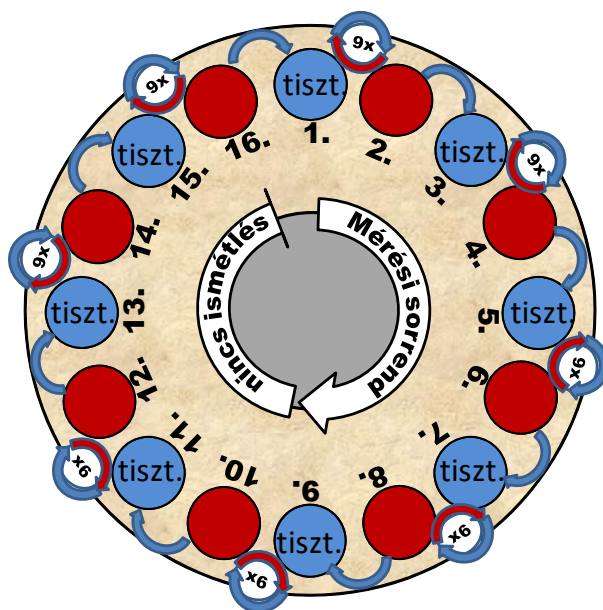
5. ábra Az elektronikus nyelv teljes szekvencia ismétlés módszere során alkalmazott mérési sorrend (a kék színű körök a tisztító folyadékok, a bordó színű körök pedig a borminták helyét mutatják)

A második mérési módszer (mostantól: részleges ismétlés módszere) során az elektronikus nyelv az első bort háromszoros ismétlésben vizsgálta és minden ismétlés előtt tisztítást is végzett, majd így haladt tovább a többi bor esetén. A szekvencia végeztével még háromszor megismételte a mérést. Majd ugyanígy mérte a második szekvenciát.



6. ábra Az elektronikus nyelv részleges ismétlés módszere során alkalmazott mérési sorrend

A harmadik mérési módszer esetén (4. ábra), amit mintánkénti ismétlés módszerének nevezek mostantól, pedig az elektronikus nyelv egyesével haladt végig a két szekvencián, de úgy, hogy minden egyes bort kilencszeres ismétlésben mért meg és minden ismétlés előtt tisztítást is végzett.



7. ábra Az elektronikus nyelv mintánkénti ismétlés módszere során alkalmazott mérési sorrend

4.2.2 Különböző borvidékekről származó fehér fajtaborok

Hasonlóan a vörösbor vizsgálatához, a fehérborok esetében is mértem a borok analitikai paramétereit, bíráló csoport vizsgálta az érzékszervi tulajdonságait profilanalízis segítségével (MSZ ISO 11035:2001 szerint), valamint a legjobbnak ítélt ismétlési sorrendet alkalmazva az elektronikus nyelv méréseket két féle szenzorsor alkalmazásával végeztem el.

4.2.2.1 Analitikai módszerek

A fehérborok vizsgálata során ugyanazokat az analitikai paramétereket vizsgáltam, mint a vörösborok esetében. Ennek megfelelően meghatároztam a borok pH értékét, valamint a sav-, cukor, alkohol- és illósavtartalmát.

4.2.2.2 Érzékszervi bírálat során alkalmazott módszer leírása

A fehérbor vizsgálatok esetében, az érzékszervi bírálathoz a 16 bormintát négy csoportra osztottam fajta szerint. Az érzékszervi vizsgálatokat ugyanaz a 12 bíráló végezte el, mint akik a vörösborokat is vizsgálták. A bírálóknak négy íz tulajdonság és összbenyomás szempontjából kellett értékelni a borokat egy strukturálatlan skálán. A bírálati lapok kiértékelésének első lépéseként a bírálók által megjelölt intenzitás értékeket vonalzó segítségével mértem le, és százalékos értékre számoltam át.

4.2.2.3 Elektronikus nyelv mérés leírása

A fehérbor mérések esetében mindent ugyanazon metodika szerint végeztem el a kondicionálástól a mintaelőkészítésig, mint amit ismertettem a vörösbor mérések kapcsán.

Ebben a kísérletben a mérésekhez kétféle szenzorsor alkalmazására nyílt lehetőségem, melyek összehasonlító vizsgálatát azonos körülmények között végeztem el.

Egyik volt az élelmiszerek méréséhez ajánlott szenzorsor, szenzorok: ZZ, BB, CA, GA, HA, JB. A másik az specifikus szenzorsor volt, amelyet a vörösborok méréséhez is alkalmaztam, melynek egyes érzékelői a gyártó szerint némileg specifikusak bizonyos alapízekre. SRS – savanyú; BRS – keserű; UMS – umami; STS – sós; SWS – édes. Ezen felül a sorban még két alapízhez nem kötött globális érzékenységű szenzor is volt az SPS és a GPS.

4.2.3 Aszúborok vizsgálata az új borvidéki szabályozás tükrében

Az aszú vizsgálata során már nem végeztem érzékszervi bírálatot, viszont a borok komplexebb leírásához több kémiai paramétert vizsgáltam, mint az előző mérések esetében.

4.2.3.1 Analitikai módszerek

A fehér és vörösborok vizsgálata során is alkalmazott módszerekkel vizsgáltam az aszú pH értékét, valamint a sav-, cukor, alkohol- és illósavtartalmát, melyet további vizsgálatokkal egészítettem ki. A spektrofotometriás vizsgálatokhoz GBC 932 plus system típusú készüléket használtam. A mérések a következő csoportokra oszthatók:

1. Sav vizsgálat

- titrálhatóság-tartalom – MSZ 9472-1986 szerint,
- glükonsav-tartalom - Boehringer-Mannheim enzimteszttel
- pH mérés kombinált üvegelektóddal – MSZ-14849-1979 szerint,

2. Cukor vizsgálat

- cukortartalom - MSZ 9479-1980 szerint

3. Polifenol-összetételének vizsgálata

- összes polifenol-tartalom meghatározása Folin-Ciocalteu reagens alkalmazásával, galluszsavra kalibrálva, MSZ-9474-80 szerint,
- leukoantocianin-tartalmat vas(II)-szulfátot tartalmazó sósav-butanol, 40:60 arányú elegyével történő melegítés után, spektrofotometriásan (Flanzy et al. 1969),
- katechin-tartalom alkohollal hígított borban kénsavas vanillinnel reagáltatva, 500 nm-en, spektrofotometriásan (Rebelein, 1965).

4. Alkohol vizsgálat

- alkohol tartalom MSZ 9458-1972 szerint
- glicerin tartalom Boehringer-Mannheim enzimteszttel

5. Egyéb rutinanalitikai vizsgálat:

- illósav tartalom – MSZ 9473-87 szerint

4.2.3.2 Elektronikus nyelv mérés leírása

A fehér és vörösborok esetében 50%-os hígítást alkalmaztam. Az aszú mérések során a szenzorokra ható esetleges elmaszkoló hatás miatt, ami a magasabb cukortartalomnak köszönhető, kísérleteket végeztem, hogy kiderítsem melyik hígítási fok a legalkalmasabb az aszú minták elkülönítésére. Desztillált vízzel történt a hígítás, az aszúborok szempontjából a következő hígítási fokokon: hígítás nélkül, 50% és 25%.

4.2.4 Aszúk, fordítások és hamisításaik

Az aszú mérések újabb saját készítésű aszúkkal, kereskedelmi tételekkel, fordításokkal és hamisítások vizsgálatával bővítettem ki.

4.2.4.1 Analitikai módszerek

Az előző fejezetben ismertetett analitikai módszereket alkalmazva mértem a borkülönlegességek pH értékét, valamint a sav-, cukor, alkohol-, illósav-, összes polifenol-, katechin-, leukoantocianin-, glicerín- és glükonsav tartalmát.

4.2.4.2 Elektronikus nyelv mérés leírása

Az elektronikus nyelv méréseket az előző kísérletben legjobb eredményt adó hígítási fokon végeztem el két szekvenciában. Az első szekvenciában vizsgáltam a saját és kereskedelmi aszú mintákat, a második szekvenciában pedig a fordításokat és kereskedelmi szamorodni mintákat. Mindkét szekvenciában mértem továbbá két hamisítást. Ezek voltak alapjai annak, hogy a későbbiekben együtt tudjam elemezni a mintákat és hogy az aszúk és fordítások közötti különbségeket vizsgálni tudjam. Továbbá egy külön mérés során vizsgáltam a hamisítási sorozatot.

4.2.5 Felhasznált statisztikai módszerek

Az érzékszervi bírálat, az analitikai vizsgálatok és az elektronikus nyelv eredményeit többféle statisztikai módszerrel vizsgáltam meg, melyeket az alábbiak szerint foglaltam össze. Az adatok feldolgozásához több statisztikai programot alkalmaztam, úgy, mint a Statistica 10.0, a PanelCheck V1.4.2. (Tromsø, Norway) és az R-Studio (Boston, USA)

4.2.5.1 Bírálok kiválasztása

A vörös és fehérborok érzékszervi bírálatain 12 bíráló vett részt. A strukturálatlan skálán általuk bejelölt értékeket %-os értékre számoltam át.

Az érzékszervi bírálatok után a bírálók kiválasztására klaszteranalízis módszerét (Ward módszer alapján és euklideszi távolságot használva) és a bajusz-doboz ábrát alkalmaztam.

A klaszteranalízis a hasonló mintákat csoportokba rendezi és megjeleníti a kapcsolatot az egyes csoportok, valamint az azokon belüli minták között. Két minta hasonlósági szintjének meghatározásához az elsődleges módszer a távolságuk kiszámítása egy J dimenziós térben. A távolság mérésének legáltalánosabb módja az euklideszi távolság. Az euklideszi távolság a két minta közti legrövidebb egyenes hossza. A klaszteranalízis eredményeit általában fa-diagramokon szokták ábrázolni, mely szemlélteti az adatsorban lévő egyes minták közti kapcsolatot. Minden minta minden mintától való távolságának megállapítása után párba rendeződnek a dendrogram ágaiként a hasonlóságuk szintjének megfelelően (Obádovics, 2006).

Az adatok megjelenítéséhez minden vizsgált tulajdonságra külön boxplot ábrát készítettem az összes bírálóval. A boxplot ábra a leíró statisztika öt legfontosabb értékén alapszik: minimum, maximum, alsó kvartilis (negyedelő pont), felső kvartilis, medián. Maga a box egy számegyenes mentén megjelenő, a két negyedelő érték által határolt doboz, melyben a medián értéknél egy törésvonal található (Obádovics, 2006). A bíráló kiválasztás során minden tulajdonság esetében visszakerestem, hogy melyik bírálónak voltak kiugró adatai.

A bírálók kiválasztása során arra törekedtem, hogy azok a bírálók maradjanak az elemzésben a 12 résztvevő közül, akik a borok íz jellemzőiben egymáshoz hasonló bírálatot adtak, így azon bírálók eredményeit nem vettem figyelembe, akik nem voltak konszenzusban a csoport többi tagjával.

4.2.5.2 Egytényezős varianciaelemzés

Az egytényezős varianciaanalízist alkalmaztam annak megállapítására, hogy az egyes borminták között egyrészt a vizsgált analitikai paraméterek, másrészt a megadott érzékszervi tulajdonságok alapján mely esetekben állapítható meg szignifikáns különbség mintánként és fajtánként összesítve. Az ANOVA alkalmazhatóságának feltétele, hogy minden csoportban normális eloszlású legyen a vizsgált változó, a szórások minden csoportban közel azonosak legyenek, valamint, hogy az egyes megfigyelések függetlenek legyenek egymástól. Azt, hogy van-e legalább két olyan csoport, amelyek különböznek egymástól a p -érték alapján dönthetjük el, amelyet az ANOVA táblázat tartalmaz. Ha a p -érték 0,05-nél kisebb, akkor van legalább két olyan csoport, amelyek között az adott tulajdonságban szignifikáns a különbség, 5 %-os első fajú hiba mellett. Amely tulajdonságok esetében az ANOVA elemzés szerint volt különbség adott szignifikancia szinten a minták között, a csoportok páronkénti összehasonlítására a post hoc tesztek közül a Tukey-HSD tesztet alkalmaztam.

4.2.5.3 Adatkorrekció az elektronikus nyelv mérési eredményei esetén

Mivel egy-egy mérés meglehetősen hosszú időt vesz igénybe (~ 4 óra) ezért elkerülhetetlen a szenzorjelek driftje (Kovács, 2012). Az elektronikus nyelv által kapott eredményeken minden esetben drift korrekciót és kiugró érték elemzést végeztem. A driftkorrekció során 0 középértékre hoztam körönként a szenzorjelek átlagát. A kísérlettervtől függően kétféle driftkorrekciós módszert alkalmaztam. Teljes mintasoros driftkorrekció során, amikor egy mérés alkalmával mértem az összes vizsgálandó mintát. A referenciamintás driftkorrekciót akkor alkalmaztam, amikor két mérési időpontban vizsgáltam a mintákat. Ebben az esetben a két szekvenciában szerepelt két-két egyforma minta (standard) és a driftkorrekció során ezen a minták jelintenzitásának átlagát hoztam 0 középértékre. Általánosnak tekinthető, hogy az elektronikus nyelv eredményei közül az első három mérési pontot hagyják ki az elemzésből (Kovács et al., 2011; Várölglyi et al., 2012). Ezzel szemben boxplot elemzést végeztem el szenzoronként, és csak azokat az adatokat hagytam ki a további elemzésből, amelyek kiugró értéknek bizonyultak legalább egy szenzor esetében és a PCA (Saha et al., 2016) és boxplot elemzés alapján.

4.2.5.4 Lineáris diszkriminancia elemzés

Az elektronikus nyelv eredményeit diszkriminancia elemzésnek vetettem alá, amely a szakirodalmakban is gyakran alkalmazott eljárás. A lineáris diszkriminancia-elemzés során használt modellek validációját háromszoros kereszt-validációval végeztem (Berrueta et al. (2007)). Ennek a lényege, hogy a mérési minták adatai (statisztikai értelemben esetek) kétharmad részére történik a modellépítés, majd a maradék egyharmad rész szolgál a modell tesztelésére. Esetemben a két részre osztás úgy történt, hogy a teljes adathalmazból kivettem minden harmadik mérési eredményt (minden harmadik sor az adatmátrixból), felépítettem a modellt a 'maradék' adatokból, majd a kivett elemeket a modellbe vetítve ellenőriztem a besorolás helyességét és ezt megismételtem háromszor minden esetben egyel eltolva az adatokat, így minden minta szerepelt a kalibráció és a becslés során is.

4.2.5.5 Parciális legkisebb négyzetek regressziója

A parciális legkisebb négyzetek regresszióját használtam a bort leíró valamely kémiai paramétert, illetve az érzékszervi tulajdonságok becslésére. Ez egy lineáris regressziós módszer, amely a komponenseket (faktorok, látens változók) új független változókként (prediktorok) jeleníti meg a regressziós modellben. Ha növeljük a látens változók számát, a modell egyre pontosabban írja le a becült és tényleges adatok közötti összefüggést. A PLS modellek validálásához is a háromszoros keresztvalidáció módszerét alkalmaztam (Berrueta et al. 2007).

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK

Az eredményeket az anyag és módszer fejezet szerinti bontásban mutatom be, tehát elsőként a vörösborokon végzett kísérletek eredményeit ismertetem.

5.1 Vörös fajta és cuvée borok vizsgálata

Az analitikai mérések eredményének bemutatását követően az érzékszervi bírálat eredményeit szemléltetem a következő két alfejezetben. Azután az elektronikus nyelv mérési eredményein keresztül hasonlítom össze a három mérési módszert. Végezetül az elektronikus nyelv adatainak felhasználásával készített modellek alkalmazásával mutatom be egyes kémiai paraméterek és érzékszervi tulajdonságok becslését.

5.1.1 Analitikai vizsgálat eredményei

A borok analitikai vizsgálatának eredményeit a 8. táblázat tartalmazza. A legmagasabb savtartalommal és a legalacsonyabb pH-val az Ászár-Neszmélyi Kékfrankos (ANKf), a legalacsonyabb savtartalommal és a legmagasabb pH-val pedig a Szekszárdi Merlot (SzMe) rendelkezett. A kapott pH értékek átlagosnak számítanak, a szakirodalomban megtalálható határértékek között vannak minden borminta esetén (Kállay, 2010). Az egyes fajták kémiai paramétereinkénti összehasonlítására elvégzett egytényezős varianciaelemzés az alábbi eredményeket hozta. Az eredmények azt mutatták, hogy a Merlot boroknak szignifikánsan magasabb az alkoholtartalma 95%-os szignifikanciaszinten a Kékfrankos és cuvée borokénál. A többi bormintához képest kiugróan magas az ANKf minta savtartalma és a BCMe alkoholtartalma.

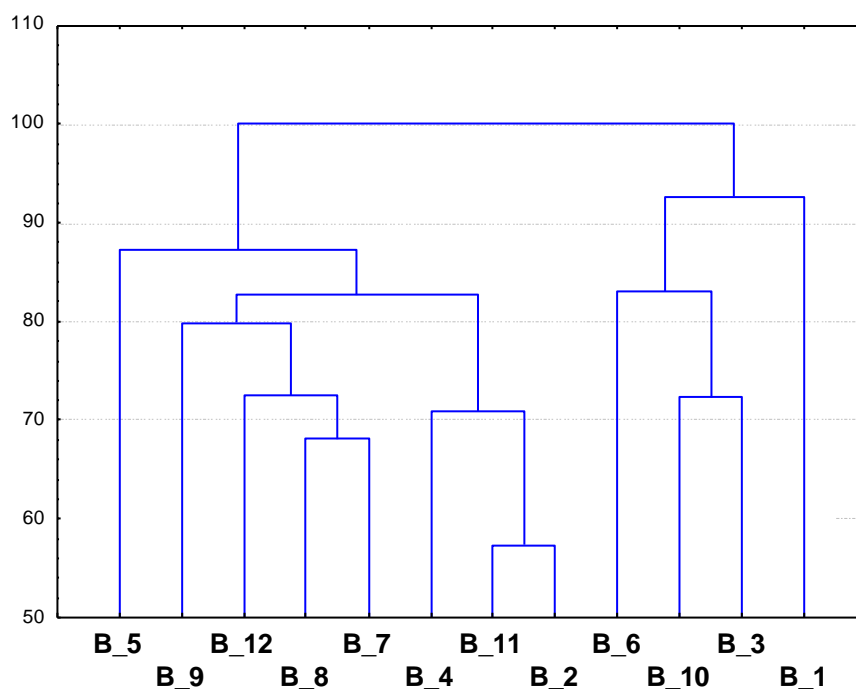
8. táblázat A vizsgált vörösborok és főbb kémiai paramétereik

Borminták	Sav tartalom g/l	pH	Alkohol tart. vol. %	Cukor tartalom g/l	Cm extrakt tartalom g/l	Illósav tartalom g/l
EgCu	5,61	3,40	12,00	1,1	27,8	0,65
KuCu	5,51	3,46	11,00	3,2	19,7	0,43
ViCu	5,63	3,50	12,55	1,0	26,5	0,72
ANKf	9,90	2,77	11,70	0,7	19,4	0,70
SoKf	6,12	3,25	11,50	0,3	23,1	0,54
SzKf	5,82	3,53	12,50	0,3	26,0	0,79
BCMe	6,12	3,36	14,43	0,2	28,4	0,46
EgMe	5,41	3,45	13,50	0,9	24,6	0,59
SzMe	5,20	3,58	13,00	0,8	26,5	0,73
EgPo	5,31	3,4	12,00	1,4	25,3	0,54
SzPo	6,22	3,37	12,00	5,8	26,3	0,81
ViPo	5,92	3,53	12,55	1,0	27,2	0,72

5.1.2 Érzékszervi bírálat eredményei

Az elektronikus nyelv eredményeivel való összevetés céljából elvégzett érzékszervi bírálat során fő szempont volt, hogy kiderítsem, hogy a borok mely tulajdonságaiban állapítottak meg különbségeket a bírálók és hogy ezek milyen alapanalitikai különbségre vezethető vissza.

Klaszter analízis (CA) módszerének eredménye alapján a 12 bíráló közül 8 bíráló eredménye tekinthető hasonlóknak a vizsgált paramétereket tekintve. A 8. ábra is szemlélteti, hogy két nagy klaszter alakult ki. A nagyobb klaszterben található 8 bíráló adataival dolgoztam tovább.



8. ábra A vörösborokon végzett érzékszervi bírálatok összevont eredményének hierarchikus klaszterelemzés (Ward-módszer és euklideszi távolság alapján) (B_1-B_12 a bírálók)

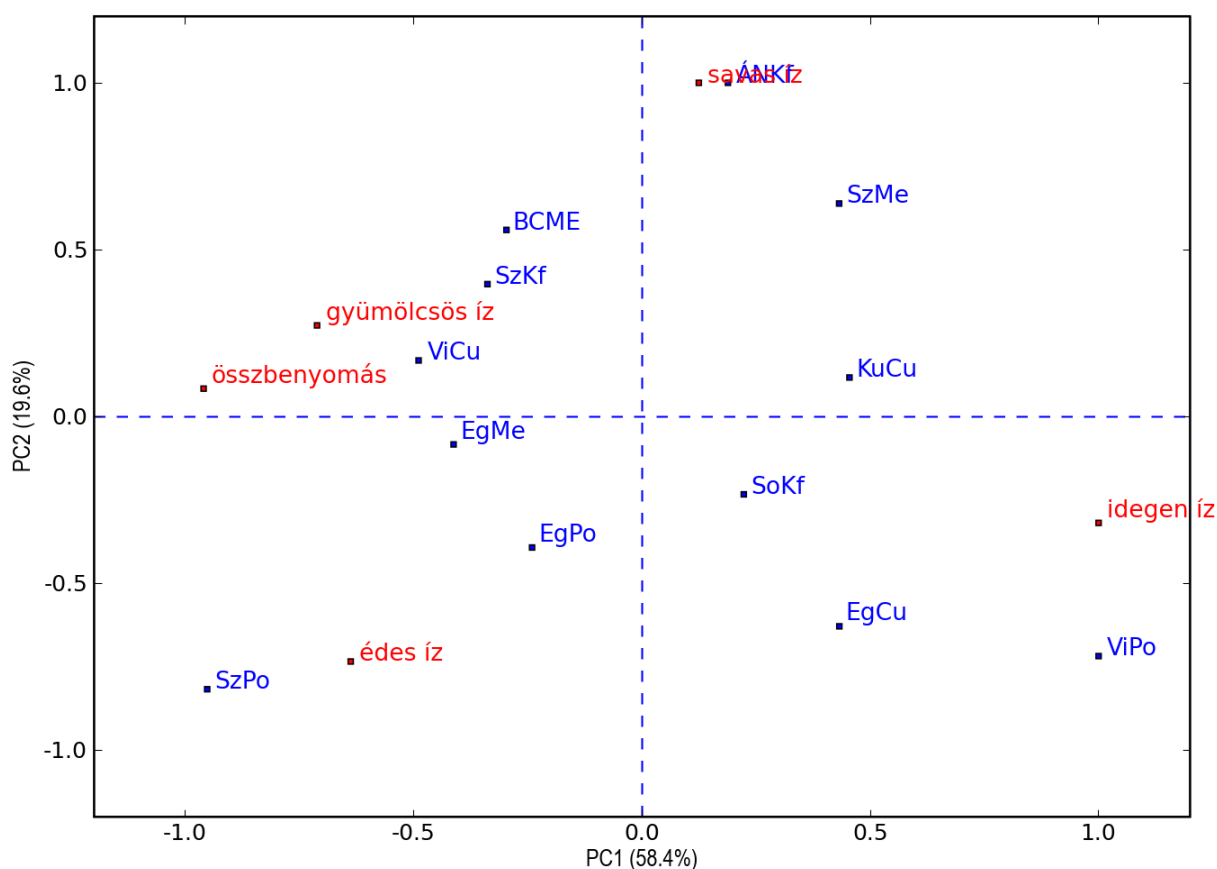
Minden vizsgált érzékszervi paraméterre végeztem ANOVA elemzéseket és a kapott p -értékeket tulajdonságonként a 9. táblázatban foglaltam össze.

9. táblázat A vörösborok érzékszervi jellemzőinek p -értékei ANOVA táblák alapján

Tulajdonság	p -érték	Tulajdonság	p -érték
1. bíbor szín	< 0,01	8. édes íz	< 0,01
2. rubin szín	< 0,01	9. alkoholos íz	0,38
3. gyümölcsös illat	< 0,01	10. testesség	0,36
4. fás illat	0,03	11. fás íz	0,22
5. idegen illat	0,03	12. idegen íz	< 0,01
6. gyümölcsös íz	0,02	13. összbenyomás	< 0,01
7. savas íz	< 0,01		

A varianciaelemzés eredményei azt mutatták, hogy a bírálók alkoholos íz, fás íz és testesség szempontjából nem tudtak különbséget tenni a vizsgált borminták között. A Tukey-HSD tesztek eredményeit a Mellékletben foglaltam össze (27. táblázat - 31. táblázat). A kapott táblázatok felső része azt mutatja, hogy hány százalékos első fajú hiba mellett ($\lambda=0,05$) jelenthető ki, hogy van különbség a minták között, alsó része pedig annak valószínűségét mutatja, hogy az adott minták átlagértékei megegyeznek. A Tukey-HSD teszt során megállapítottam, hogy a bírálók szignifikánsan különbözőnek érezték a SoKf, SzPo, EgPo és az EgCu mintákat az ANKF mintától érzékszervi savasság tekintetében. Ami azt jelenti, hogy alacsony első fajú hiba mellett jelenthetjük ki, hogy az ANKF különbözik a másik három mintától ebben a paraméterben.

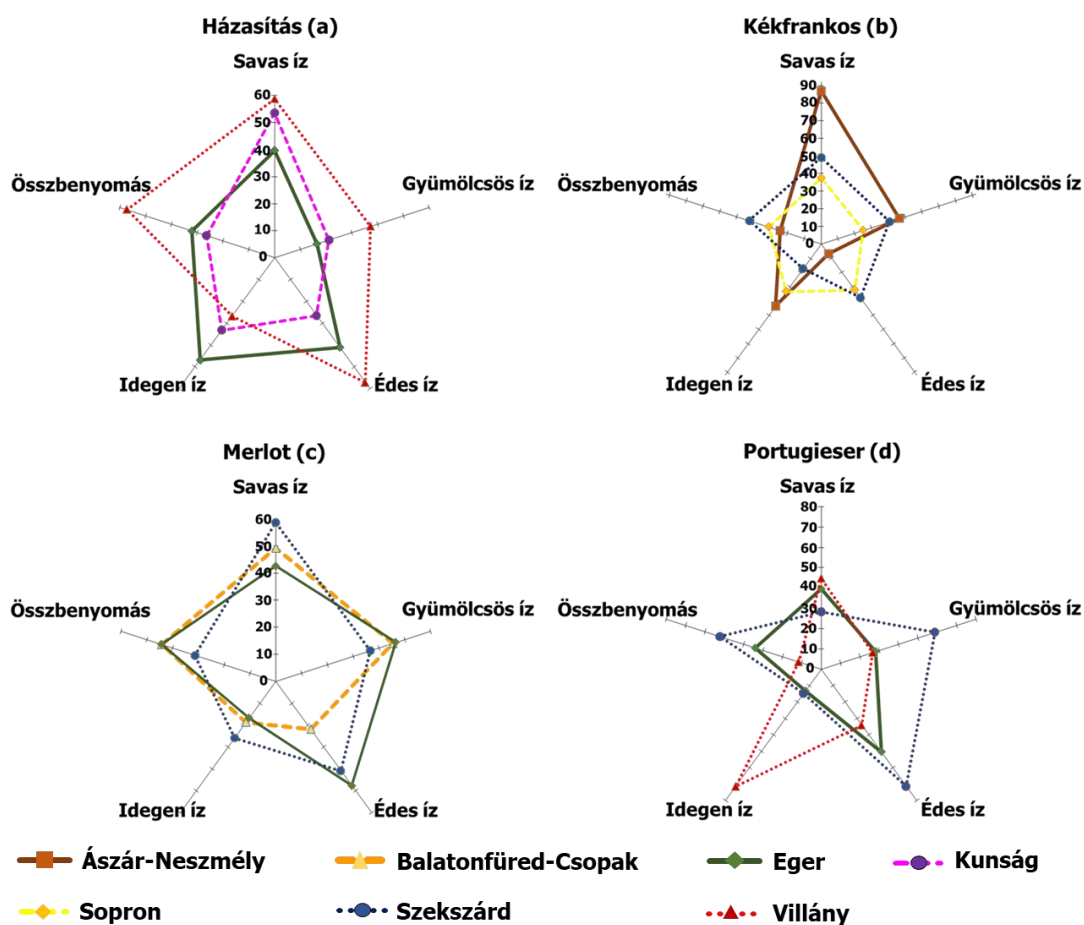
A 9. ábra alapján is hasonló következtetéseket lehet levonni, az első főkomponens mentén különül el leginkább a többi bormintától a ViPo minta, amely a legközelebb esik az idegen íz tulajdonsághoz. Szintén az első főkomponens mentén, de ellenkező irányban a SzPo minta különül el leginkább, amely összbenyomás és édes íz tekintetében áll legtávolabb a többi mintától az első főkomponens mentén. A második főkomponens mentén, amely a lényegi információ közel 20%-át hordozza, az ANKF minta esik a legközelebb a savas íz tulajdonsághoz. Összességében elmondható, hogy a bírálók felismerték a legsavasabb és legmagasabb cukortartalommal rendelkező borokat és helyesen elkülönítették őket a többi mintától.



9. ábra PCA (PC1-PC2): A vörösbor minták és érzékszervi tulajdonságok elkülönülése az érzékszervi bírálat alapján

Az íz tulajdonságok vizuális bemutatásához pókháló diagramot alkalmaztam. A 10. ábra mutatja, hogy hogyan értékelték a bírálók fajtánként az egyes mintákat a legjellemzőbb íztulajdonságok szerint. Az ábrán a könnyebb átláthatóság miatt osztottam fajtánkénti csoportokra a bormintákat, de a teljes borszortimentet vizsgálva állapítottam meg az eredményeket.

A bírálatok alapján az Ászár Neszmélyi Kékfrankos volt a legsavasabb. A leggyümölcsösebb és a legédesebb ízzel a Szekszárdi Portugieser rendelkezett a bírálók szerint és összbenyomás tekintetében ezt a mintát preferálták legjobban a bírálók. Legkevésbé a Villányi Portugiesert kedvelték a bírálók és ebben érezték a legnagyobb mértékű idegen ízt.

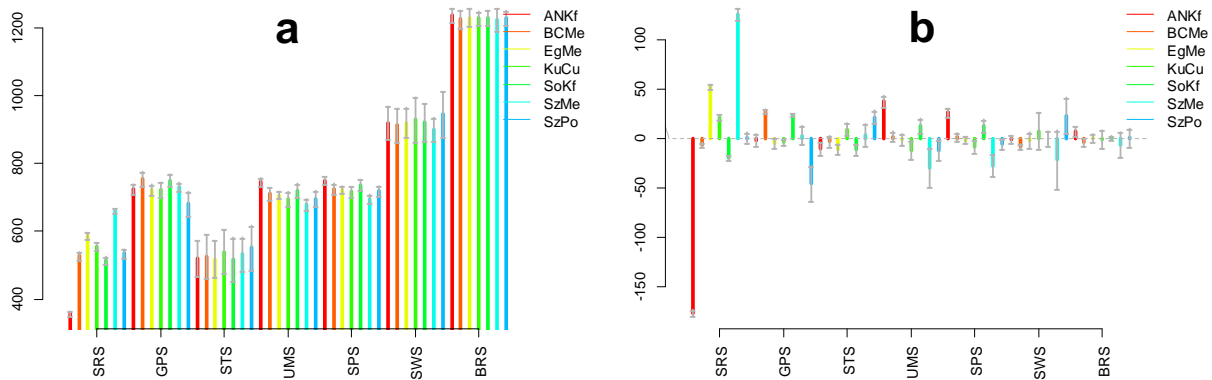


10. ábra Különböző vörösborminták érzékszervi eredményeinek profilanalízise

5.1.3 Elektronikus nyelv mérés eredményei

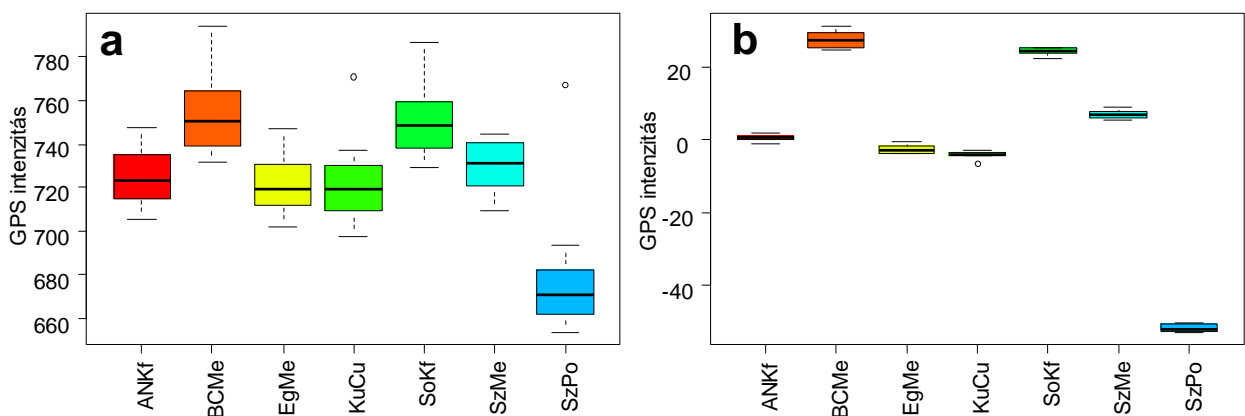
Az elektronikus nyelv mérésekre ható ismétlési sorrend hatását a következő alfejezetekben mutatom be a vörösbork vizsgálatára. Mindezek előtt az elvégzett driftkorrekció és kiugró értékek kizárásának hatását szemléltetem a következő ábrákon.

A 11. ábra mutatja a szenzorok jelintenzitását driftkorrekcióval és anélkül a szórás értékek megjelölésével.



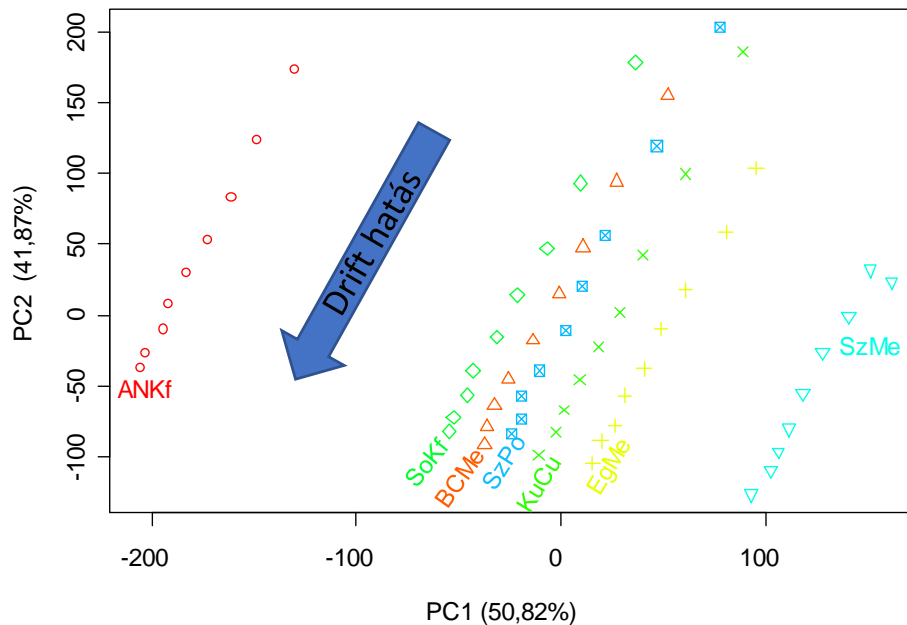
11. ábra Jelintenzitás szenzoronként (a, driftkorrekció nélkül) (b, driftkorrekcióval) (elektronikus nyelv eredmények teljes szekvenciaismétlés esetén 1. szekvencia)

A Boxplot elemzés alakulását egy kiválasztott szenzor példáján (GPS) keresztül a driftkorrekció és a kiugró értékek kizárása előtt és azt követően a 12. ábra szemlélteti. A kiugró érték kizárása után megfigyelhető, hogy jelentősen csökken az egyes minták közötti szórás és a köztük lévő különbségeket mutatja a GPS szenzor esetében az ábra b része.



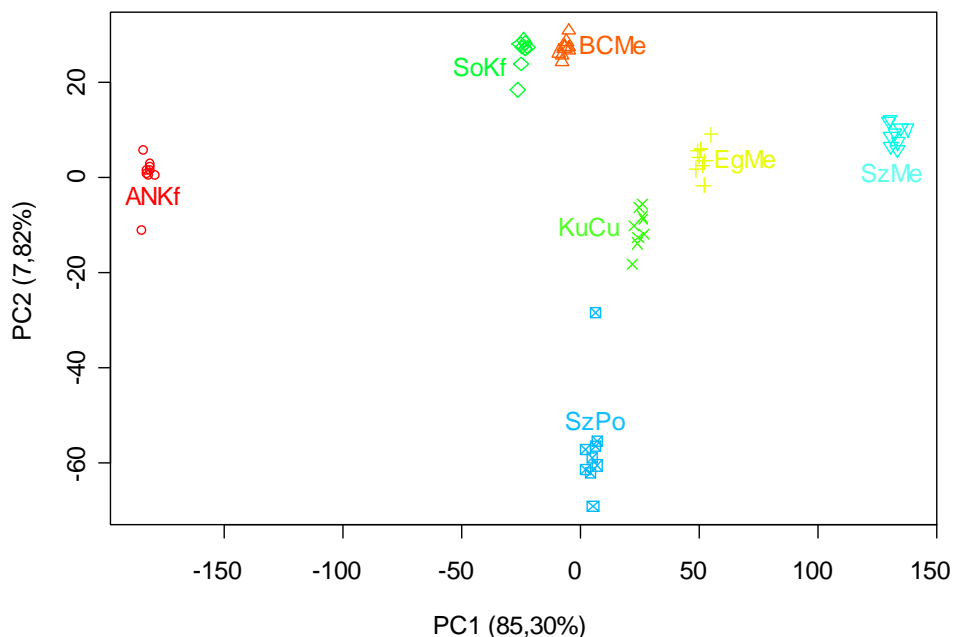
12. ábra Bajusz-doboz ábra a GPS szenzor esetében a nyers adatokra (a), valamint driftkorrekció és kiugró értékek kizárása utáni adatokra (b) (elektronikus nyelv eredmények teljes szekvenciaismétlés esetén 1. szekvencia)

A nyers adatokon végzett főkomponens elemzés ábráján keresztül felfedezhető a teljes mérésre jellemző szenzorjelek driftje (13. ábra). Minden minta esetében azonos irányú eltolódás fedezhető fel, így megállapítható, hogy egy irányba mutat a drift a mérés elejétől a végéig.



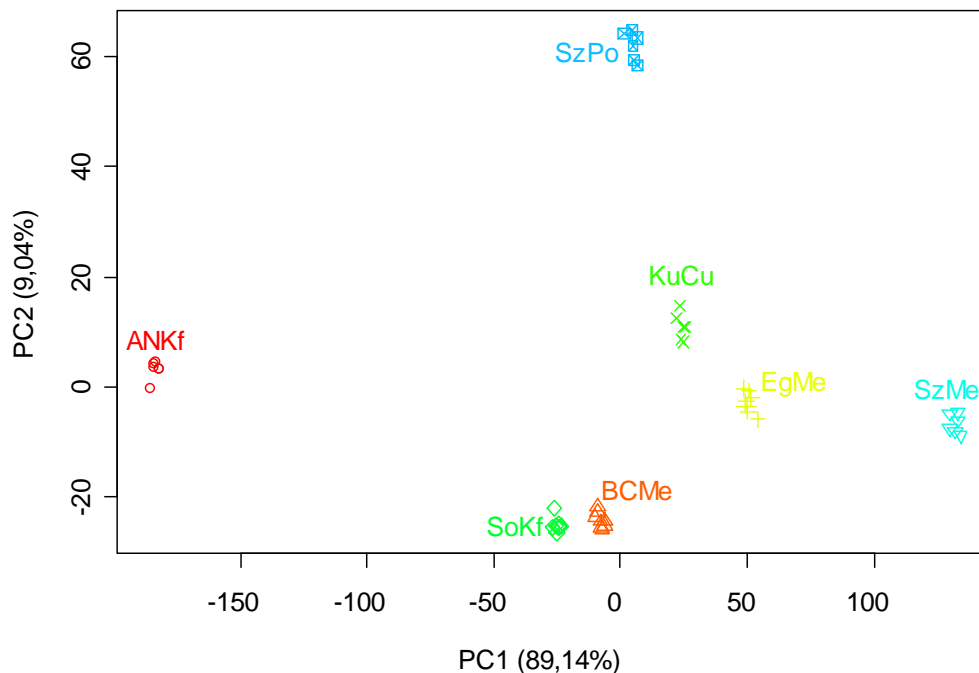
13. ábra PCA (PC1-PC2) – Nyers adatokon főkomponens elemzése (elektronikus nyelv eredmények teljes szekvenciaismétlés esetén 1. szekvencia)

A teljes mintasoros driftkorrekció után elvégzett főkomponens elemzés eredményét mutatja a 14. ábra. Az egyes minták közötti eltolódás mértéke jelentősen lecsökkent és a vizsgált minták jól láthatóan külön csoportokat alkotnak. Egy-egy kiugró adat azonban még azonosítható.



14. ábra PCA (PC1-PC2) – Teljes mintasoros driftkorrekció után végzett főkomponens elemzés (elektronikus nyelv eredmények teljes szekvenciaismétlés esetén 1. szekvencia)

A kiugró értékek kizárása utáni főkomponens elemzést a 15. ábra szemlélteti.

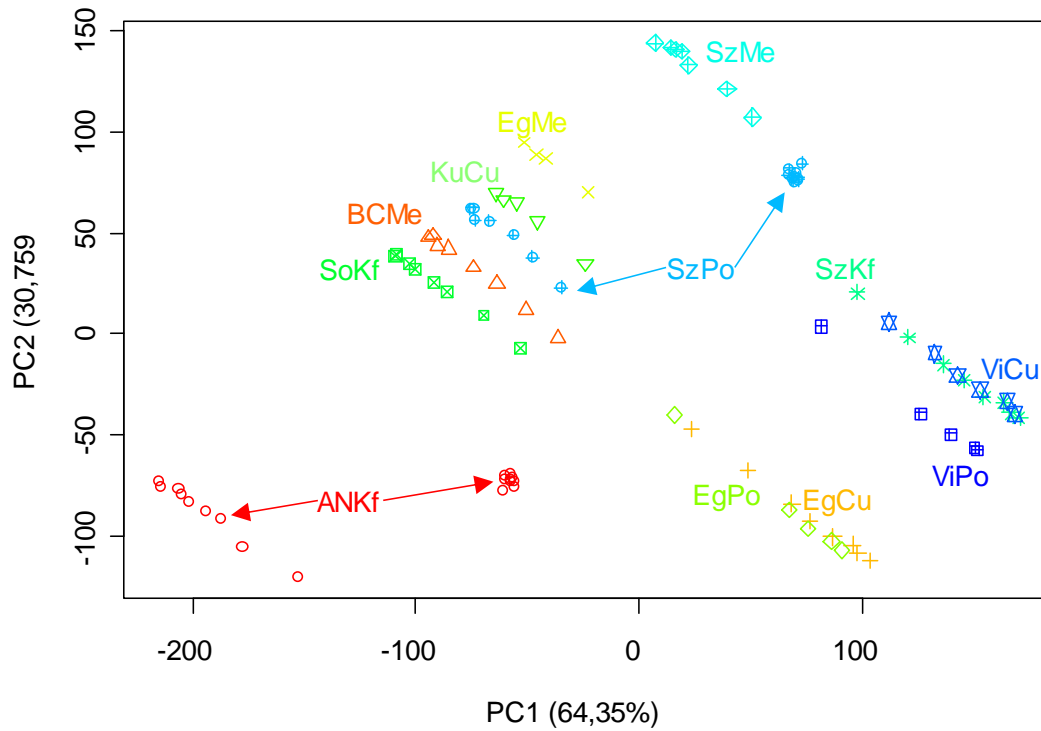


15. ábra PCA (PC1-PC2) – Kiugró értékek kizárása után végzett főkomponens elemzés (elektronikus nyelv eredmények teljes szekvenciaismétlés esetén 1. szekvencia)

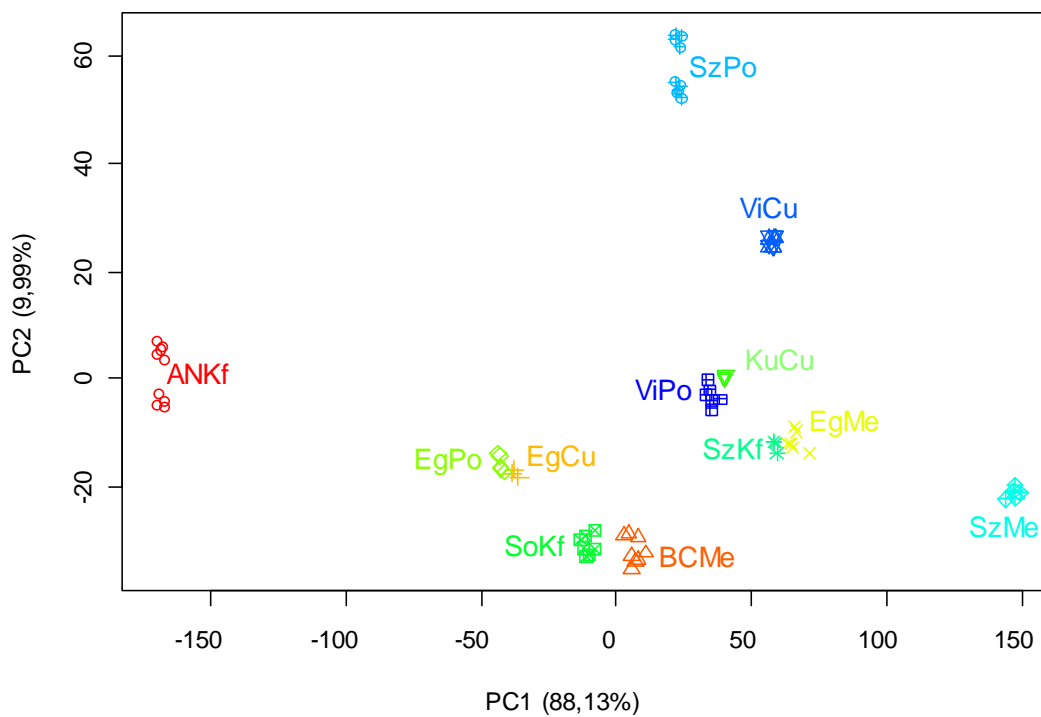
Az ismertett adatkorrekciós lépéseknek köszönhetően az elemzéseket nagyobb hatékonysággal el lehet végezni, ha csak egy mérési szekvenciánk van. Azonban előfordulhat, hogy nagyobb mintaszám esetén nem tudjuk egyszerre lemérni az összes mintát és több szekvenciát különböző időpontban mérünk meg. Ha elegendő szekvenciánként elemezni az adatokat, akkor az ismertett teljes mintasoros adatkorrekció alkalmazható a további elemzések előtt. Azonban, ha szeretnénk összevonni a különböző mérések adatait, akkor már nem lehetünk biztosak abban, hogy ez a fajta adatkorrekció a legmegfelelőbb, ugyanis eltérő időben eltérő lehet a driftelés.

A nyers adatok egyszerű összevonása után újból driftkorrekció és kiugró értékek kizárása utáni főkomponens elemzést mutatja a 16. ábra. Hiába a szenzorjelek standardizálása, továbbra is látható a jelek eltolódása.

Mindkét szekvenciában szerepelt az ANKf és a SzPo, hogy nyomon lehessen követni a szenzorjelek változását, amennyiben eltérő napon történik a mérés. A 17. ábra része mutatja a referenciamintás driftkorrekciót, amely ennek a két bornak a két szekvenciában mért jelintenzitásainak eredményét hozza 0 középvértékre és így minimalizálja a két nap közötti különbséget minden minta esetében. Ezzel a módszerrel már teljes mértékben kiküszöbölhető az eltérő napokon mért jelek drift-je.



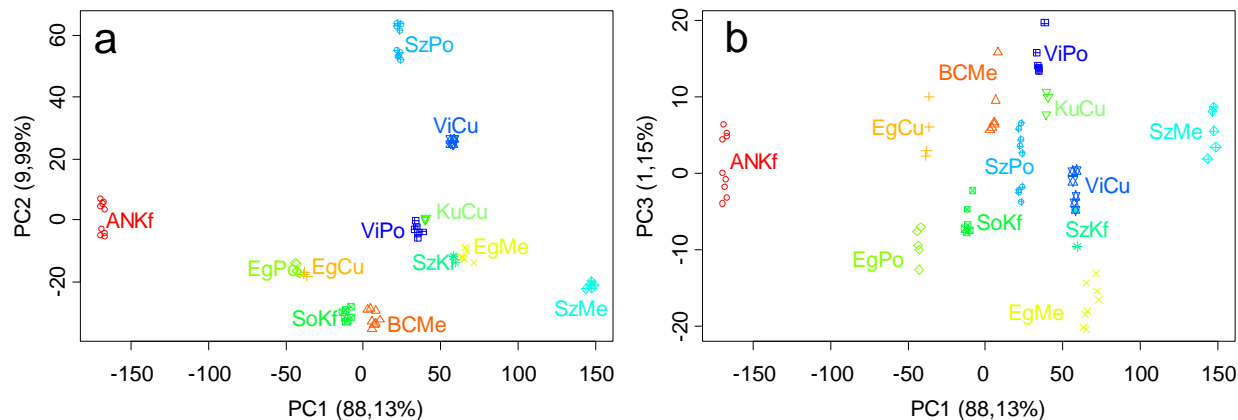
16. ábra PCA (PC1-PC2) Összevont adatok főkomponens elemzése (teljes szekvencia ismétlés)



17. ábra PCA (PC1-PC2) Összevont adatok főkomponens elemzése 2 (teljes szekvencia ismétlés)

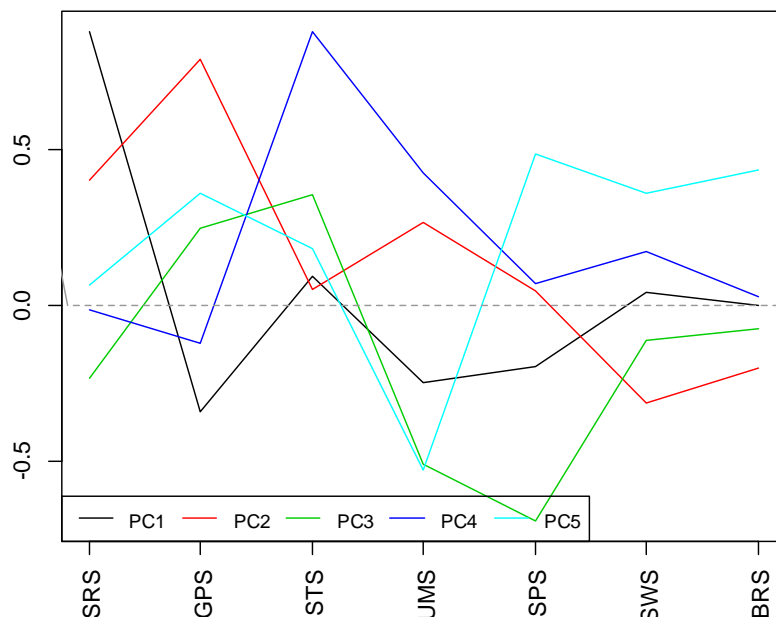
5.1.3.1 A teljes szekvencia ismétlés alkalmazásának eredményei

Az előzőekben bemutatott driftkorrekció és kiugró értékek kizárását alkalmaztam minden mérési módszer kiértékelése előtt. A teljes szekvencia ismétlés összevont adatainak a főkomponens analízisét a 18. ábra mutatja.



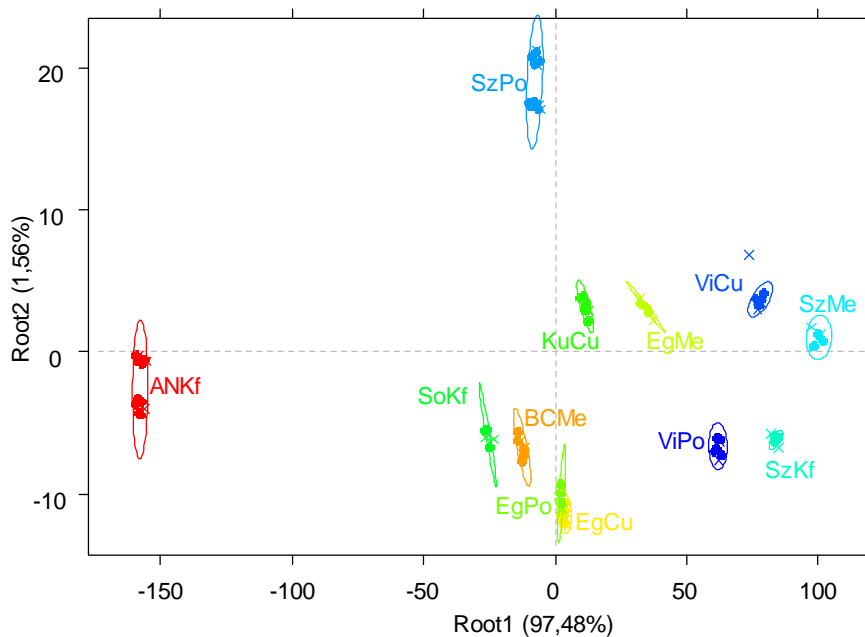
18. ábra PCA (a, PC1-PC2; b, PC1-PC3) Összevont adatok főkomponens elemzése (teljes szekvencia ismétlés)

A különböző főkomponenseket leginkább meghatározó szenzorokat a 19. ábra mutatja be. Az első főkomponenst leginkább meghatározza az SRS szenzor jelszintje, amely szenzor a gyártói leírás alapján a savas íz meghatározásában játszik kulcsszerepet. Éppen ezért nem meglepő, hogy az első főkomponens mentén mindkét szekvencia esetében az ANKf különül el leginkább, és az analitikai vizsgálat eredménye szerint ennek a legmagasabb a savtartalma a vizsgált borminták közül. A második főkomponenst leginkább meghatározó szenzorok a GPS, és az SWS, ami pedig az édes ízre legérzékenyebb szenzor, a gyártói leírás alapján. A második főkomponens mentén a SzPo különül el leginkább, amely a legmagasabb cukortartalommal rendelkezik és így alátámasztja a gyártói megállapítást.

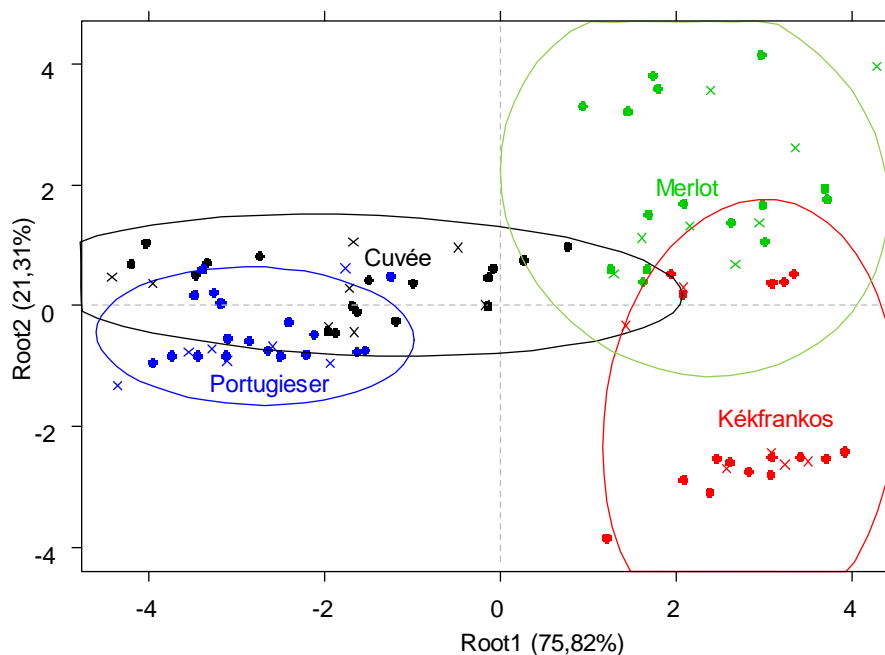


19. ábra A főkomponenseket meghatározó szenzorjelek összevont adatok esetén (teljes szekvencia ismétlés)

A vörösborok csoportjai közötti különbségek maximalizálása érdekében diszkriminancia analízist végeztem. A diszkriminancia elemzés eredményei a főkomponens elemzéssel közel azonosak. A minták elkülönülését a 20. ábra tartalmazza, mely alapján szintén elkülönültek az előbb említett csoportok, leginkább megint az ANKf csoportja különült el a többi vizsgált bormintától. A diszkriminancia elemzés alapján megállapítható, hogy az elektronikus nyelv minden esetben jól csoportosította a mintákat, ezért a helyes osztályozási arány 100% lett, viszont a harmadik validáció során egy mintát rossz helyre csoportosított az EgCu-t tévesztette az EgPo-val, amely alapján a validáció hibája: 0,93%. Gyakorlati szempontból ez elenyészőnek tekinthető, mivel az Egri Bikavér egyik fő alapbora a Portugieser. A teljes keresztvalidációs táblázat megtalálható a mellékletben (32. táblázat).



20. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Vörösborok megkülönböztetése (teljes szekvencia ismétlés)



21. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Vörösborok fajta szerinti megkülönböztetése (teljes szekvencia ismétlés)

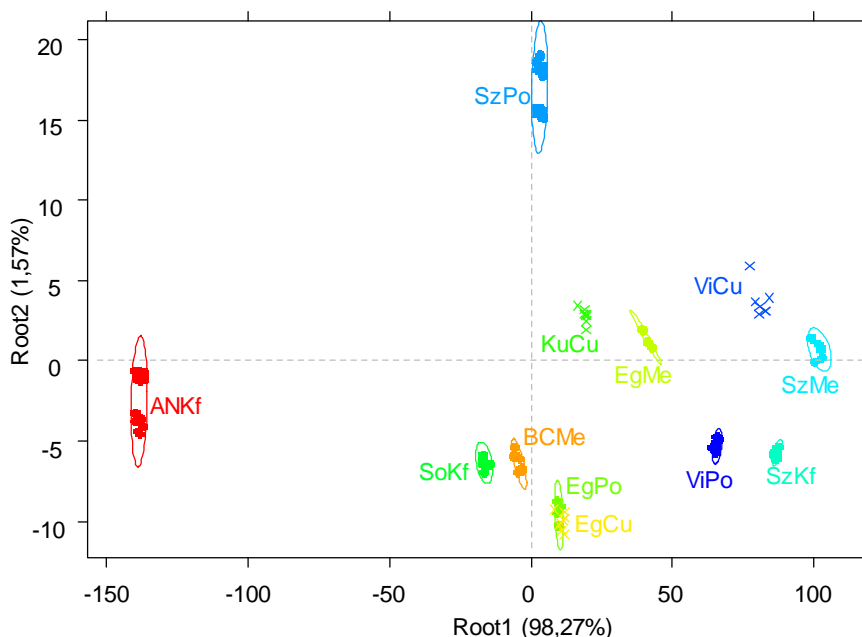
Megvizsgáltam, hogy hogyan lehet a diszkriminancia analízis segítségével elkülöníteni az egyes borfajtákat egymástól, amelyet a 21. ábra mutat be. Az eredmények azt mutatták, hogy a legnagyobb mértékű félreosztályozás a cuvée és Portugieser borok között volt. A vörösborminták fajta szerinti becsléséhez használt kalibrációs modell pontossága 82,35%. Összességében a felállított klasszifikációs modell 78,29%-os pontosságú besorolásra volt képes (10. táblázat).

10. táblázat A vörösborok fajta szerinti csoportosítása elektronikus nyelv méréssel kapott adatainak LDA kereszt-validációs táblázata (a háromszoros keresztvalidáció átlagos modellje) (mintánkénti ismétlés)

eredeti csoport	modellépítés, % átlagos helyes osztályozás: 82,35%			
	Cuvée	Kékfrankos	Merlot	Portugieser
Cuvée	80,77	0,00	5,77	13,46
Kékfrankos	0,00	86,54	13,46	0,00
Merlot	4,35	2,17	93,48	0,00
Portugieser	31,37	0,00	0,00	68,63
Összesen	116,49	88,71	112,71	82,09

eredeti csoport	keresztvalidáció, % átlagos helyes osztályozás: 78,29%			
	Cuvée	Kékfrankos	Merlot	Portugieser
Cuvée	69,57	0,00	0,00	30,43
Kékfrankos	0,00	76,92	23,08	0,00
Merlot	0,00	0,00	100,00	0,00
Portugieser	33,33	0,00	0,00	66,67
Összesen	102,90	76,92	123,08	97,10

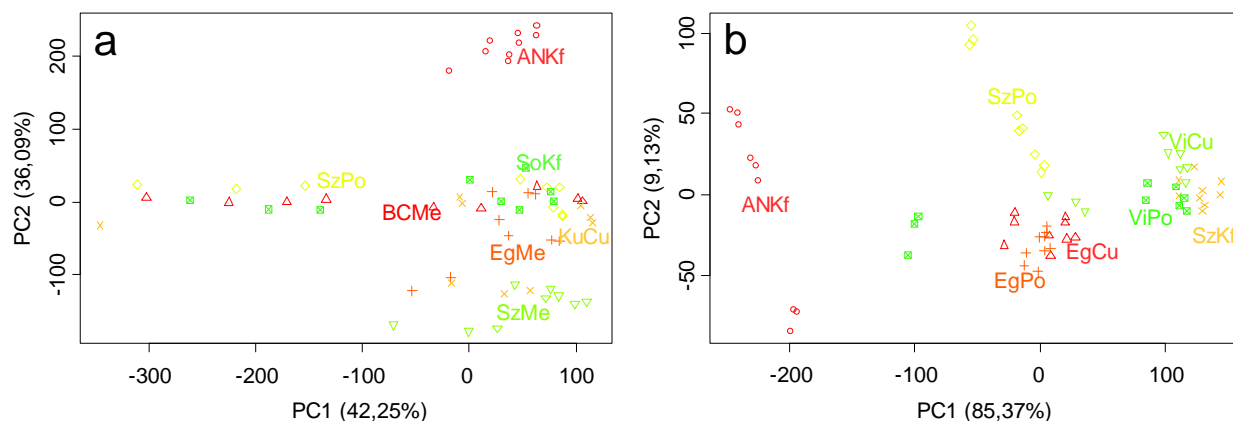
A következő diszkriminancia elemzés során ismeretlen mintaként kezeltem a házításokat és a fajtaborok adatait használtam fel a modellépítéshez, a házításokat pedig a modell validálásához (22. ábra). A modellépítés során 100%-ban helyes osztályozási arányt kaptam, míg a becslés alapján az EgCu-t EgPo csoportjához sorolta, amely alapján szintén feltételezhető, hogy a cuvée egyik alapja a Portugieser, mert ehhez hasonlít leginkább. Az egri és a villányi cuvée borok esetében ez az ismert, helyi borászati gyakorlat alapján is szinte bizonyosra vehető. A KuCu mintát 50-50%-ban az EgPo és EgMe csoportjaihoz, valamint a ViCu-t az SzKf-hez sorolta.



22. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Vörös fajtaborok megkülönböztetése és a házítások becslése (teljes szekvencia ismétlés)

5.1.3.2 A részleges ismétlés alkalmazásának eredményei

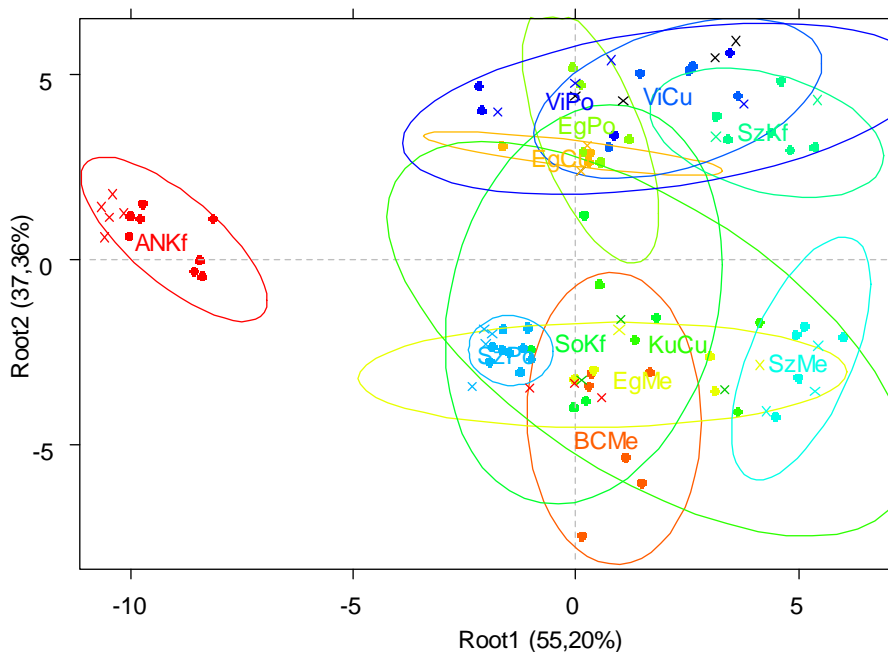
A részleges ismétlés (3-as ismétlésben lettek mérve a minták) két szekvenciájának főkomponens analízisének adatkorrekció nélküli eredményét a 23. ábra szemlélteti. Az eredmények azt mutatták, hogy a nyers adatok hármass ismétlései között kisebb lett a csoporton belüli szórás, de a szenzorjelek eltolódása hasonlóan detektálható, melyet leginkább az ábra b részén követhetünk nyomon.



23. ábra PCA (PC1-PC2) – Vörösborminták nyers adatainak elektronikus nyelvű vizsgálata a részleges ismétlés szerint (első (a) és második szekvencia (b))

Hasonlóan az előző fejezetben leírtakhoz elvégzett driftkorrekció és a kiugró érték kizárása után vizsgáltam a részleges ismétlés elektronikus nyelvű adatainak diszkriminancia elemzését (24. ábra). Az eredmények azt mutatták, hogy ez a mérési módszer kevésbé alkalmas a vörösborok megkülönböztetésére. A vörösborminták keresztvalidációs mátrixa alapján a modell építés szakaszában csak az ANKf és az SzKf mintákat nem tévesztette, és így a kalibrációs modell pontossága 74,58%. Összességében a felállított klasszifikációs modell 60,15%-os pontosságú besorolásra volt képes (melléklet 33. táblázat), így messze elmarad az előző módszer pontosságához képest.

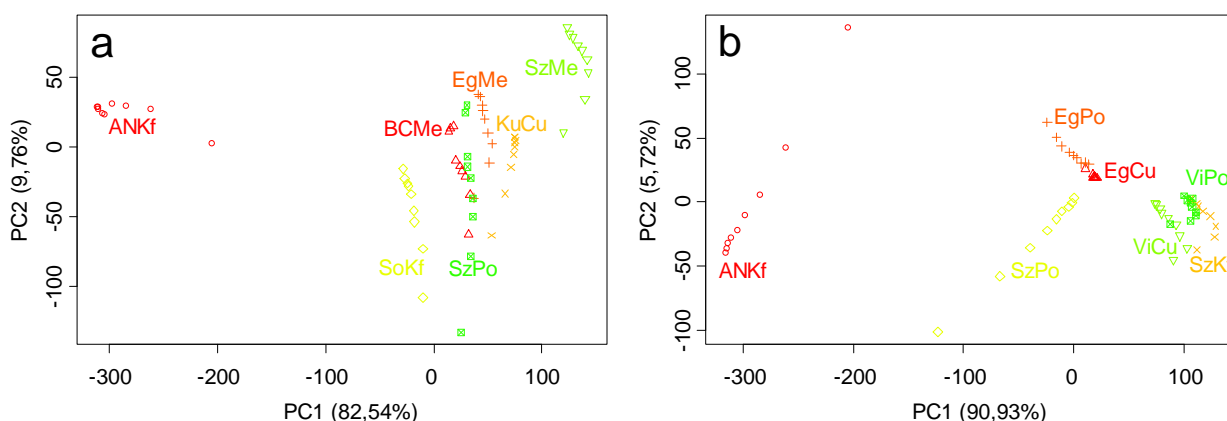
A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a részleges ismétlés nem alkalmas a vörösborok megkülönböztetésére. Feltehetően annak köszönhető, hogy az egy mintához tartozó jelek három csoportba oszthatók intenzitásuk szerint és az alkalmazott driftkorrekció sem tette lehetővé, hogy ezek a mintán belüli különbségek kellően csökkenjenek, esetleg eltűnjenek.



24. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Vörösborok megkülönböztetése elektronikus nyelv eredményeiből (részleges ismétlés)

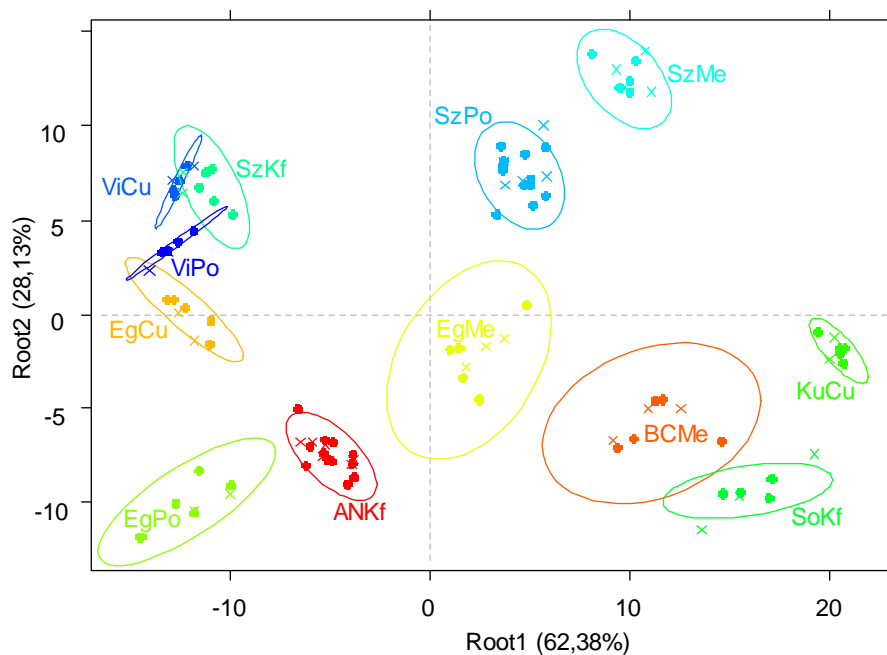
5.1.3.3 A mintánkénti ismétlés alkalmazásának eredményei

Mint azt a módszer részben már ismertettem, a harmadik mérés során minden bort egymás után kilencszeres ismétlésben mértem. Az összehasonlíthatóság miatt először most is a nyers adatok főkomponens analízisét mutatom be (25. ábra). Látható, hogy ezzel a módszerrel a 3-4. mérési ponttól az egy mintához tartozó szenzorjelek driftje lecsökkent és így nagyobb hatékonysággal különülnek el a különböző borok csoportjai.



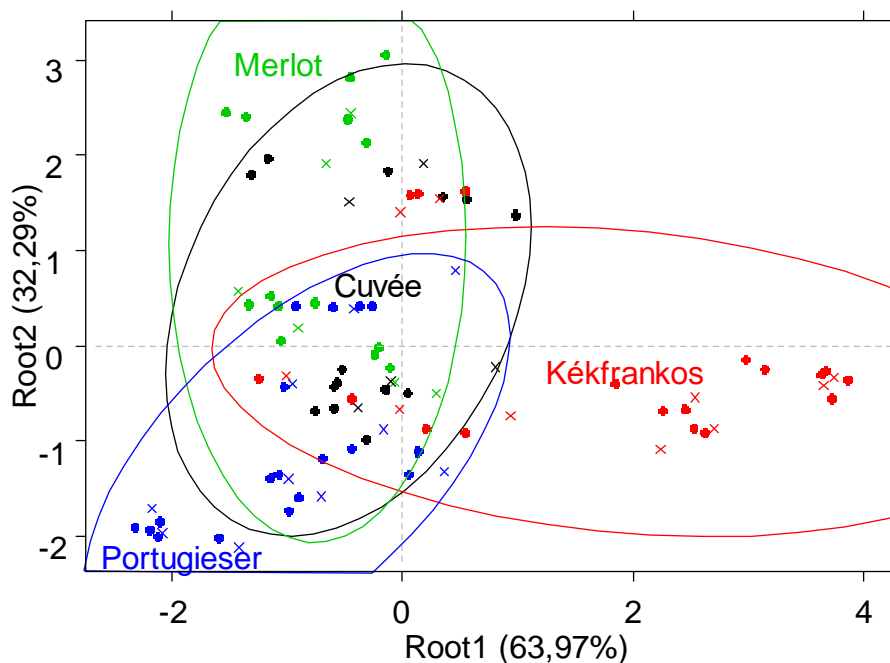
25. ábra PCA (PC1-PC2) - Borminták elektronikus nyelvű vizsgálata mintánkénti ismétlés szerint (első (a) és második (b) szekvencia)

A diszkriminancia elemzés azt mutatta, hogy ez a módszer is hatékonyan tudja elkülöníteni a vörösbor mintákat egymástól (26. ábra). A háromszoros keresztvalidáció során az eredmények is ezt mutatták, a modell építés minden esetben 100%-ban helyesnek bizonyult. A modell validálása során 0,93%-os félreosztályozást tapasztaltam, éppúgy mint a teljes szekvencia ismétlés esetén, azzal a különbséggel, hogy jelen esetben egy SzKf-t sorolt a Vicu csoportjához (melléklet 34. táblázat).



26. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Vörösborok megkülönböztetése elektronikus nyelv adatokból (mintánkénti ismétlés)

Megvizsgáltam, hogy hogyan lehet a diszkriminancia analízis segítségével elkülöníteni az egyes borfajtákat egymástól, amelyet a 27. ábra mutat be. Az eredmények azt mutatták, hogy ez a mérési módszer kevésbé alkalmas a vörösborok fajta szerinti megkülönböztetésére, mint a teljes szekvencia ismétlés. A vörösborminták kalibrációs modell pontossága 56,36%. Összességében a felállított klasszifikációs modell 54,32%-os pontosságú besorolásra volt képes (11. táblázat), így messze elmarad az előző módszer pontosságához képest.



27. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Vörösborkok fajta szerinti megkülönböztetése (mintánkénti ismétlés)

11. táblázat A vörösborkok fajta szerinti csoportosítása elektronikus nyelv méréssel kapott adatainak LDA kereszt-validációs táblázata (a háromszoros keresztvalidáció átlagos modellje) (mintánkénti ismétlés)

eredeti csoport	modellépítés, % átlagos helyes osztályozás: 56,36%			
	Cuvée	Kékfrankos	Merlot	Portugieser
Cuvée	44,74	0,00	21,05	34,21
Kékfrankos	16,07	57,14	17,86	8,93
Merlot	32,50	0,00	45,00	22,50
Portugieser	21,43	0,00	0,00	78,57
Összesen	114,74	57,14	83,91	144,21
eredeti csoport	keresztvalidáció, % átlagos helyes osztályozás: 54,32%			
	Cuvée	Kékfrankos	Merlot	Portugieser
Cuvée	31,58	0,00	31,58	36,84
Kékfrankos	17,86	53,57	17,86	10,71
Merlot	20,00	0,00	50,00	30,00
Portugieser	17,86	0,00	0,00	82,14
Összesen	87,29	53,57	99,44	159,70

A három mérési módszer közül a teljes szekvencia ismétlés és a mintánkénti ismétlés bizonyult a leghatékonyabbnak a borminták elkülönítése szempontjából, ha viszont a borfajta szerinti elkülönülést vizsgáljuk, akkor a teljes szekvencia ismétlés hatékonyabbnak bizonyult. Továbbá a mintánkénti ismétlés során, ugyan a szenzorjel driftje egy-egy minta esetében lecsökken, viszont nem kapunk arra vonatkozó információt, hogy a mérés végén mekkora az eltolódás mértéke az első és utolsó minta szenzorjele között. Belátható, hogy nem lehet biztosan állítani, hogy a minták

közötti különbségből adódik a helyes osztályozás, mert a tapasztalatok alapján a mérés egészében folyamatos a szenzorjelek eltolódása. Mindezek alapján a teljes szekvencia ismétlést tekintem a legalkalmasabbnak borok ilyen jellegű vizsgálatához. A további elemzések során az érzékszervi bírálókat eredményeit, valamint a vizsgált kémiai paramétereket becsültem az elektronikus nyelv adatai segítségével.

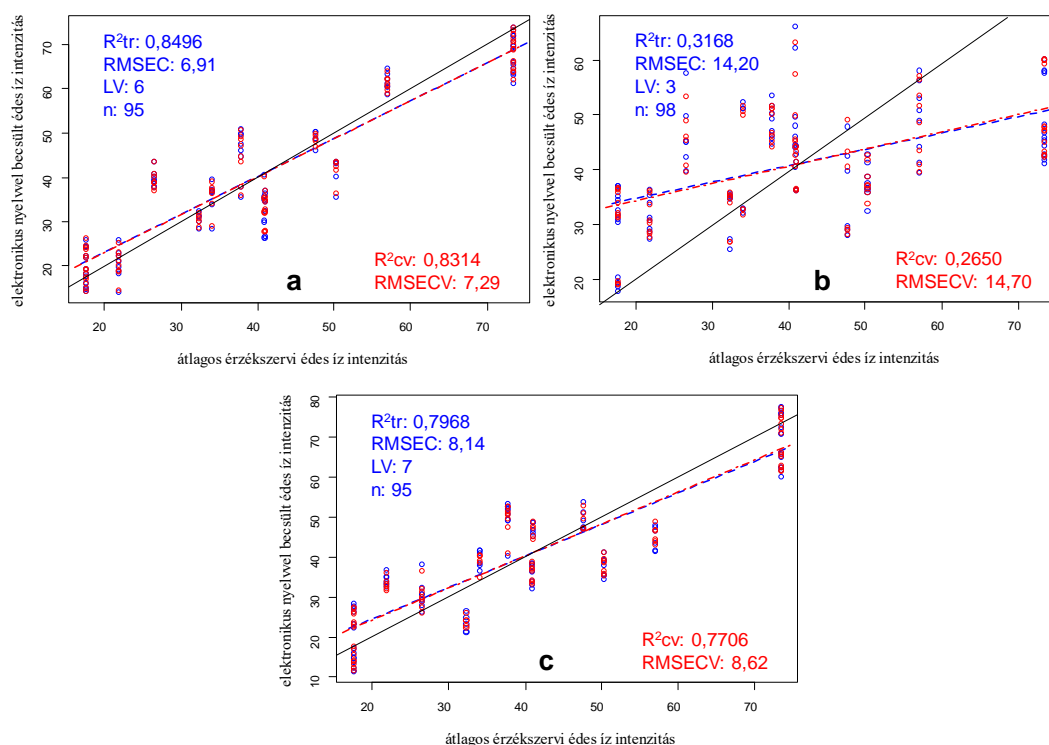
5.1.3.4 Érzékszervi tulajdonságok becslése

Az érzékszervi tulajdonságok becsléséhez PLS regressziót végeztem. Az érzékszervi tulajdonságok közül azokat az íztulajdonságokat becsültem a PLS segítségével, amelyek esetében az érzékszervi vizsgálat során a bírálók szignifikáns különbséget éreztek. Ennek megfelelően a *gyümölcsös íz*, *savasság* és *édes íz intenzitását* vizsgáltam, valamint a borminták egyéni megítélésére vonatkozó szubjektív értéket, az *összbenyomást*. Ez utóbbi a bírálók egyéni megítélésétől függő, komplex és szubjektív paraméter, amelyre nem volt várható pontos becslés. A háromszoros keresztvalidáció (CV1-CV3) miatt három modell épült. Az 12. táblázatban foglaltam össze az eredményeket, amelyek alapján megállapítható, hogy minden esetben a teljes szekvencia ismétlés bizonyult a leghatékonyabbnak az érzékszervi tulajdonságok becslése során. Ezt a módszert fejlesztve az elektronikus nyelv alkalmas lehet a borok alapvető ízének becslésére, azonban a bírálók preferenciáját nem lehetett pontosan becsülni.

12. táblázat: A vörösborok érzékszervi tulajdonságainak becslésére kapott R^2 és hiba értékei (módszerek rövidítése: 1 – teljes szekvenciaismétlés, 2 – részleges szekvenciaismétlés, 3 – mintánkénti ismétlés)

Becsült paraméter	Módszer	LV	Kalibráció		Validáció	
			R^2	RMSEC	R^2	RMSECV
Édes íz	1.	6	0,8496	6,91	0,8314	7,29
	2.	3	0,3168	14,21	0,2650	14,70
	3.	7	0,7968	8,14	0,7706	8,62
Gyümölcsös íz	1.	7	0,6806	6,84	0,6365	7,27
	2.	6	0,3672	9,41	0,2533	10,17
	3.	5	0,6085	7,83	0,5621	8,26
Savas íz	1.	7	0,8433	6,92	0,8282	7,44
	2.	2	0,2608	13,54	0,1771	14,24
	3.	6	0,6433	9,6708	0,5777	10,4568
Összbenyomás	1.	7	0,6591	7,47	0,5998	8,06
	2.	3	0,1907	11,32	0,0534	12,18
	3.	6	0,5883	8,38	0,5295	8,93

A 28. ábra tartalmazza a kalibrációs és a validációs modellt is mind a három módszer esetében, amikor az édes íz intenzitását vizsgáltam. Az ábrákon pirossal jelöltem a modellépítésben résztvevő pontokat, kékkel pedig a modell becsült pontjait.



28. ábra PLS – Borminták édes íz intenzitásának becslése az elektronikus nyelv mérési eredményeiből (a – teljes szekvenciaismétlés, b – részleges szekvenciaismétlés, c – mintánkénti ismétlés)

5.1.3.5 Kémiai paraméterek becslése

Ebben a fejezetben a rendelkezésre álló analitikai mérések eredményeit becsültem az elektronikus nyelv adatok alapján. Összehasonlítottam mind a három mérési módszer eredményét, a legjobb eredményt adó módszerrel szorosabb összefüggést találtam a pH érték és savtartalom becslése során, mint Kirsanov és munkatársai (2012) a kutatásuk során ($R^2_{\text{savtartalom}}=0,86$ és $R^2_{\text{pH}}=0,95$). A kémiai paraméterek becslése során is azt az eredményt kaptam, hogy a teljes szekvencia ismétléssel lehet a legszorosabb összefüggéseket kimutatni a kémiai paraméterek becslésekor. Az pH becslését illetően kaptam a legmagasabb determinációs együttható értéket, amely 0,98-nál magasabbnak adódott a validáció esetében. Így a módszer alkalmas lehet a borászatok számára a vörösborok legfontosabb kémiai paramétereinek becslésekor vegyszerek használata nélkül. Összességében az első mérési módszer bizonyult a leghatékonyabb a borok elkülönítésére, az érzékszervi és a kémiai paraméterek becslésére, így a további vizsgálatok során ezt a módszert alkalmaztam.

13. táblázat A vörösborok kémiai paramétereinek becslésének jósága és hibája az elektronikus nyelv adatokból PLS módszerével

Becsült paraméter	Módszer	LV	Kalibráció		Validáció	
			R ²	RMSEC	R ²	RMSECV
Alkoholtart. (vol.%)	1.	7	0,2038	0,74	0,1065	0,78
	2.	4	0,2831	0,72	0,1927	0,77
	3.	3	0,2511	0,75	0,1632	0,79
Savtartalom (g/l)	1.	5	0,9568	0,32	0,9503	0,34
	2.	6	0,8210	0,61	0,7817	0,67
	3.	6	0,8485	0,70	0,8219	0,75
pH	1.	5	0,9908	0,02	0,9887	0,03
	2.	7	0,8706	0,09	0,8343	0,10
	3.	7	0,9559	0,07	0,9478	0,07
Cukortartalom (g/l)	1.	7	0,7319	0,98	0,6814	1,06
	2.	1	0,0355	0,67	0,0081	0,68
	3.	5	0,1747	0,68	0,0810	0,72
Cukormentes extrakt tartalom (g/l)	1.	7	0,7821	1,64	0,7410	1,78
	2.	5	0,3497	3,01	0,2438	3,22
	3.	5	0,5577	2,63	0,5089	2,77
Illósav tartalom (g/l)	1.	7	0,8480	0,05	0,8189	0,05
	2.	5	0,4055	0,09	0,3208	0,10
	3.	6	0,5967	0,08	0,5199	0,09

5.2 Fehér fajtaborok vizsgálata

Hasonlóan a vörösborok elemzése során alkalmazott tematika szerint az analitikai mérési eredményeket mutatom be elsőként, majd az érzékszervi bírálat eredményeit szemléltetem a következő két alfejezetben. Azután az elektronikus nyelv mérési eredményein keresztül hasonlítom össze a két szenzorsor alkalmazhatóságát a fehérborok elkülönítésére. Végezetül az elektronikus nyelv adatainak felhasználásával készített modellek alkalmazásával mutatom be egyes kémiai paraméterek és érzékszervi tulajdonságok becslését.

5.2.1 Analitikai vizsgálat eredményei

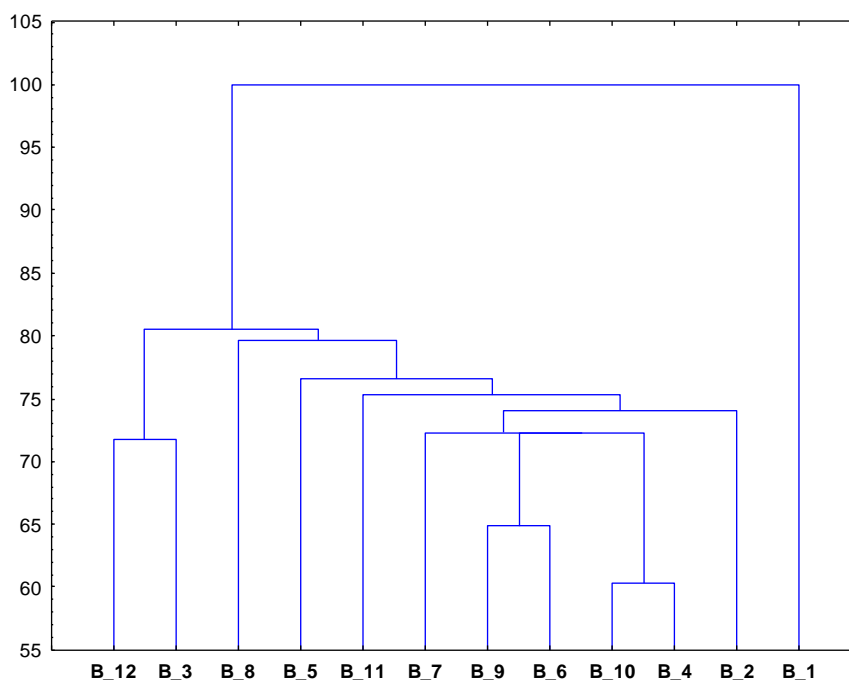
Az analitikai vizsgálat eredményeit a 14. táblázat tartalmazza. Az eredmények alapján a savtartalom 4,5 és 7,4 g/l közötti értékeket mutat a borokban. Az alkoholtartalom 11,18 és 14,17 vol. % között alakult. Minden bor száraz, és a legtöbb minta esetében a cukortartalom a meghatározási határérték alatti és így nem detektálható. A vizsgált borok illósav tartalma ideálisnak tekinthető 1g/l alatti. Az egyes fajtákat kémiai paraméterenként összehasonlítottam egytényezős varianciaelemzéssel. Az eredmények azt mutatták, hogy egyedül a Sauvignon blanc borok különböznek pH tekintetében 95%-os szignifikanciaszinten a Chardonnay és Cserszegi fűszeres boroktól. Összességében az analitikai adatok alapján minden bor megfelelő minőségű és alkalmas az érzékszervi bírálatra.

14. táblázat A vizsgált fehér borok és főbb kémiai paramétereik

Borminták	Sav tartalom g/l	pH	Alkohol tart. vol. %	Cukor tartalom g/l	Cm extrakt tartalom g/l	Illósav tartalom g/l
BbCh	5,4	3,35	12,73	n.d.	23,1	0,35
EBCh	5,7	3,25	12,22	n.d.	22,4	0,41
MaCh	5,5	3,39	12,68	6,90	20,7	0,49
ViCh	5,6	3,43	13,66	0,60	23,6	0,51
BbCs	5,7	3,38	14,17	n.d.	23,2	0,50
EBCs	4,6	3,39	13,02	n.d.	23,2	0,40
MaCs	5,9	3,24	12,03	6,00	22,8	0,48
ViCs	5,6	3,34	11,18	n.d.	20,7	0,48
BbSb	7,4	3,10	12,26	n.d.	23,5	0,44
EBSb	6,3	3,11	12,45	3,20	20,7	0,40
MaSb	5,8	3,12	13,09	1,60	21,7	0,43
ViSb	5,3	3,27	13,40	3,40	19,3	0,47
BbSz	4,8	3,28	12,00	n.d.	20,3	0,40
EBSz	6,2	3,18	13,25	n.d.	23,3	0,46
MaSz	4,5	3,20	13,53	n.d.	16,3	0,46
ViSz	5,6	3,29	12,32	1,90	18,8	0,49

5.2.2 Érzékszervi bírálat eredményei

Klaszter analízis (CA) módszerének eredménye és a boxplot-ok eredményei alapján a 12 bíráló közül 11 bíráló eredménye tekinthető hasonlóknak a vizsgált paramétereket tekintve. A 29. ábra is szemlélteti, hogy két nagy klaszter alakult ki. A nagyobb klaszterben található 11 bíráló adataival dolgoztam tovább.



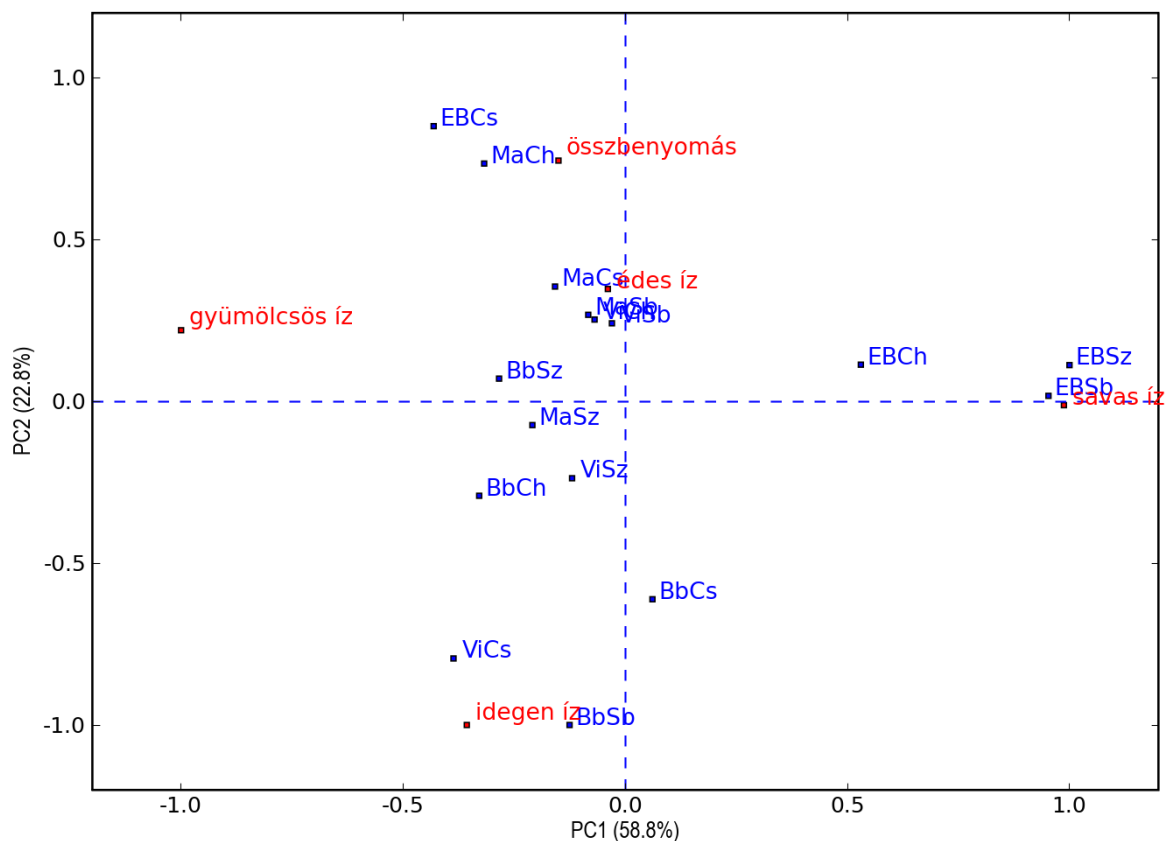
29. ábra A fehérborok érzékszervi bírálat eredményének hierarchikus klaszterelemzése (Ward-módszer, euklideszi távolság alapján) (B_1-B_12 a bírálók)

Minden vizsgált érzékszervi paraméterre végeztem ANOVA elemzéseket és a kapott p-értékeket tulajdonságoként a 15. táblázatban foglaltam össze, továbbá kiegészítettem a Tukey teszt eredményével, hogy mely mintapárok között találtak különbséget a bírálók. Gyümölcsös és savas íz tekintetében az EBSb és az EBSz minták különböztek a többi bormintától. A legintenzívebb idegen ízt pedig a BbSb mintában érezték a bírálók.

15. táblázat A fehérborok érzékszervi jellemzőinek p-értékei ANOVA táblák alapján

Tulajdonság	p-érték	Tukey-teszt
Gyümölcsös íz	< 0,01	EBSb – BbCh, EBCs, MaCh, MaCs, ViCh, ViCs EBSz – BbCh, EBCs, MaCh, MaCs, ViCs
Savas íz	< 0,01	EBSb – BbSz, MaCh, MaSz, ViSz EBSz – BbCh, MaCh, MaSz, ViCs ViSz
Édes íz	0,68	
Idegen íz	< 0,01	BbSb – EBCh, EBCs, EBSa, ViCh, MaCh
Összbenyomás	0,26	

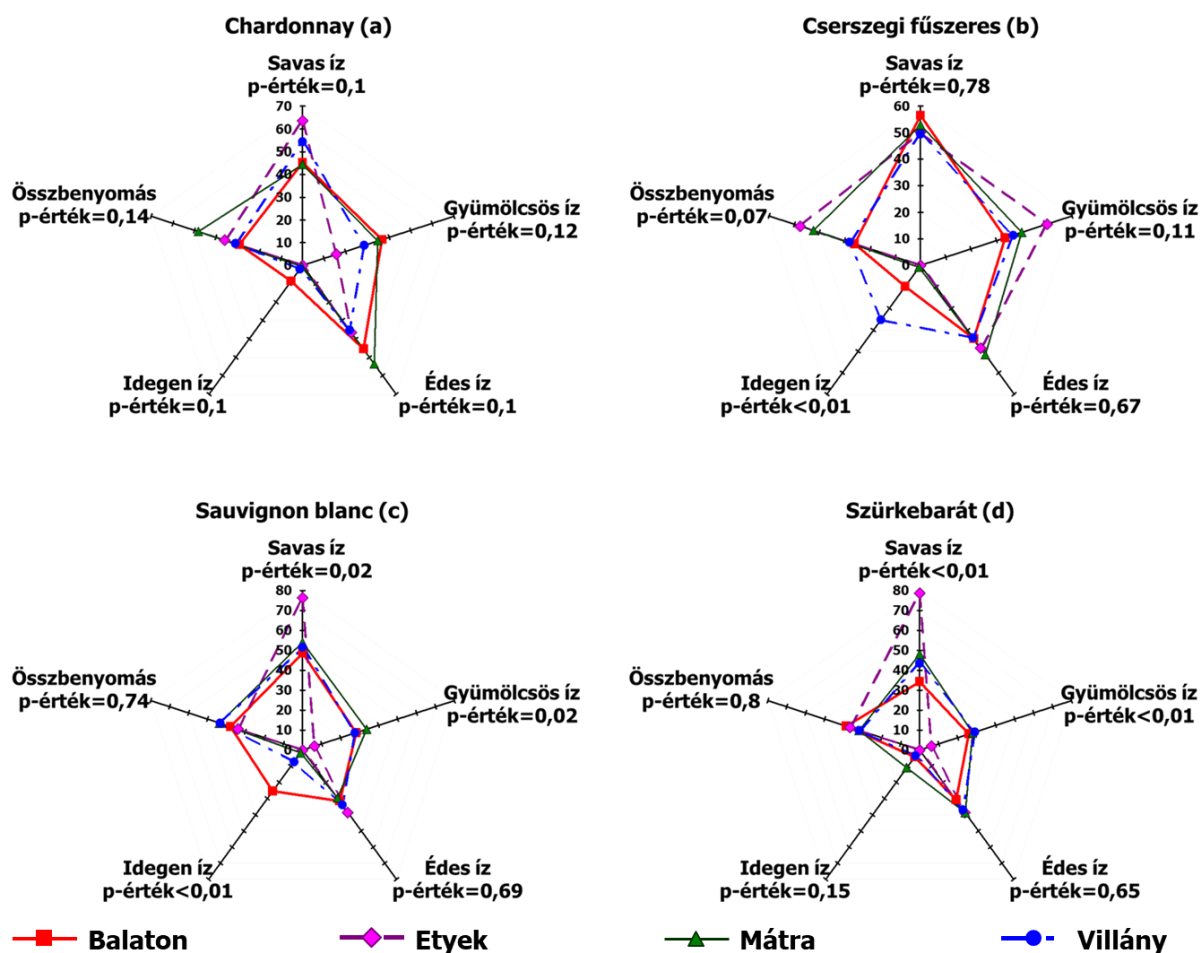
Hasonló eredményt mutatott a PanelCheck programmal elvégzett főkomponens elemzés (30. ábra). Az első főkomponens mentén a legnagyobb elkülönülést az EBSz és EBSb minták mutatták, amelyek a legközelebb estek a savas íz tulajdonsághoz.



30. ábra PCA (PC1-PC2) A fehérbor minták és érzékszervi tulajdonságok elkülönülése az érzékszervi bírálat alapján

A fajtákat érzékszervi tulajdonságokként együtt elemezve csak a gyümölcsös íz szempontjából lehet megkülönböztetni 95%-os szignifikanciaszinten a Cserszegi fűszereket a Sauvignon blanc és Szürkebarát fajtáktól. A többi tulajdonság szerint nem volt kimutatható szignifikáns különbség. Az eredet szerinti ANOVA elemzés eredménye azt mutatta, hogy az etyeki borok savas íz szempontjából, a mátrai és villányi borok pedig gyümölcsös íz szempontjából különböznek 95%-os szignifikancia szinten a többi borvidék boraitól.

A négy vizsgált fajtát a kiválasztott bírálók eredményei alapján külön-külön is feldolgoztam. A kapott érzékszervi profilokat és az ANOVA eredményeit (az egyes érzékszervi tulajdonságok p-értéke) a 31. ábra mutatja be. A bírálók nem tudtak különbséget tenni a Chardonnay minták között és a Cserszegi fűszeresek esetében is csak egy mintát tudtak elkülöníteni idegen íz tekintetében. A két másik borfajta esetében a „savas íz” és a „gyümölcsös íz” tulajdonságai között különbségek mutatkoztak. Az „édes íz” (száraz borok) és az „összbenyomás” alapján nem volt szignifikáns különbség a minták között.



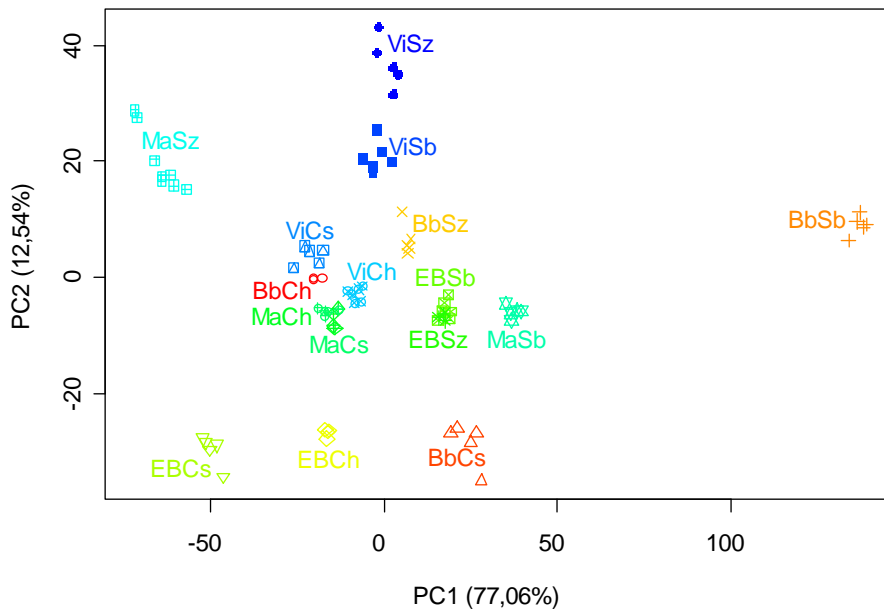
31. ábra Fehérborok fajta szerinti érzékszervi eredményeinek profilanálízise

5.2.3 Elektronikus nyelv mérés eredményei

Az elektronikus nyelv méréseket mind a két szenzorsorral az előző fejezetben ismertetett első mérési módszer alapján végeztem el. A mintákat ebben az esetben egy szekvenciában mértem. A kapott adatokon driftkorrekciót és kiugró érték elemzést végeztem, majd az így kapott adatokkal dolgoztam a továbbiakban.

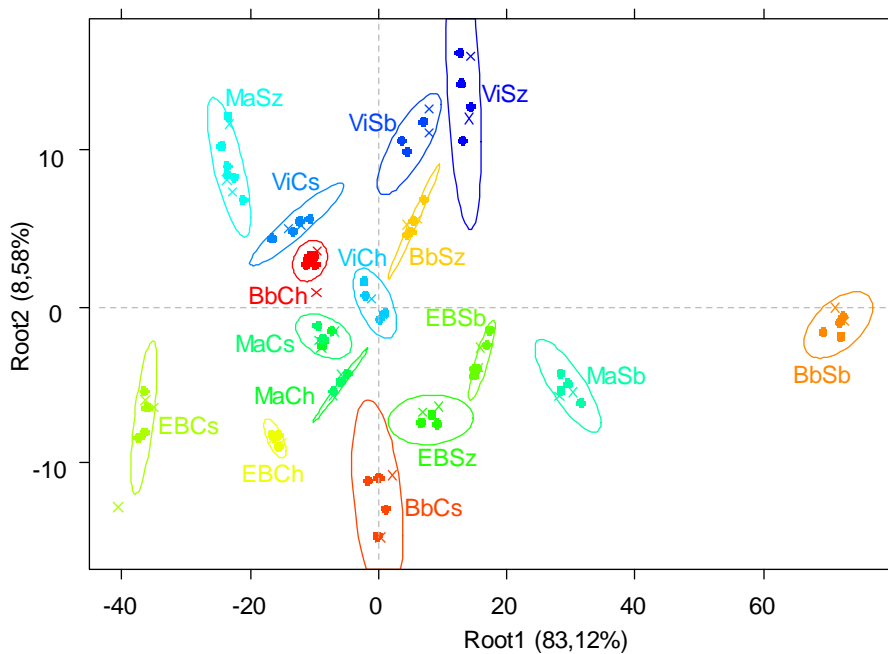
5.2.3.1 Az élelmiszer-méréshez ajánlott szenzorsor eredményei

A főkomponens elemzés alapján megállapítottam, hogy mely szenzorok vesznek részt legnagyobb súllyal a főkomponensek meghatározásában. Két szenzort kizártam, ami azt eredményezte, hogy a kiugró érték elemzések után 12,5%-kal több adattal dolgozhattam tovább, mintha nem zártam volna ki a szenzorokat. A kiválasztott szenzorokkal elvégzett főkomponens elemzés azt mutatta, hogy az első főkomponens az adatok 77%-át írja le (32. ábra). A legnagyobb elkülönülést a legnagyobb savtartalommal bíró BbSb mutatta.



32. ábra PCA (PC1-PC2) Fehér fajtaborok elemzése elektronikus nyelv adatokból

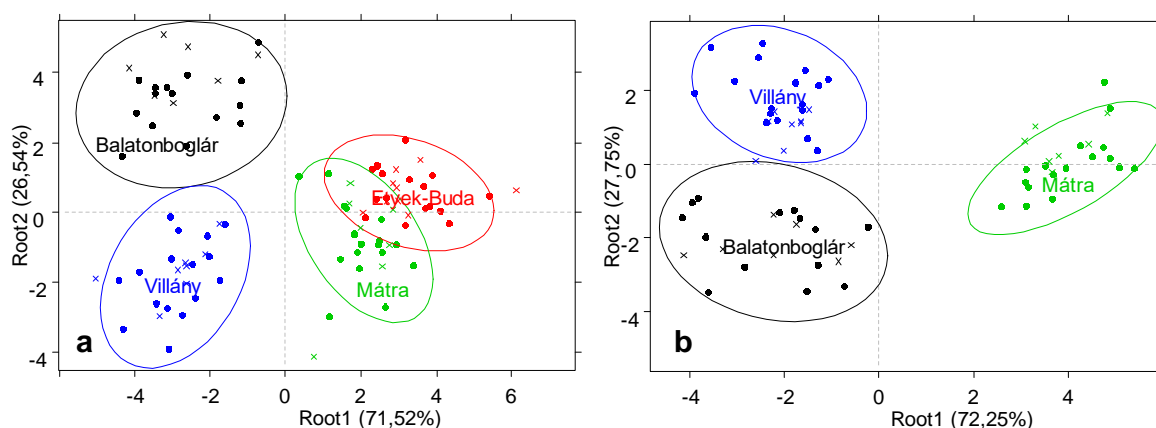
Hasonló eredmény mutatkozott a diszkriminancia elemzés során. A 16 mintát sikeresen el lehetett különíteni egymástól kalibrációs hiba nélkül és validáció hibája csak 3,06% lett. Ismételten a Balatoni Sauvignon blanc mutatta a legnagyobb elkülönülést a Root1 mentén, amely a 83,12% -át írja le a különbözőségnek (33. ábra). Az EBCs és MaSz mintáknak a legalacsonyabb a savtartalma, így megállapítható, hogy jelen esetben a Root1 követi a savtartalom növekedését.



33. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Fehérborok elkülönítése elektronikus nyelv adatokból

Termőhely szerinti elkülönítés

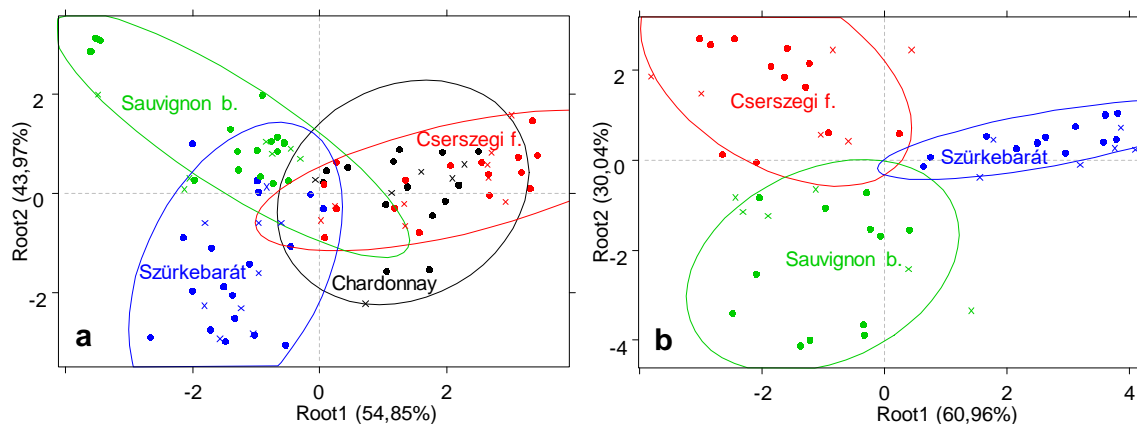
A 34. ábra mutatja a borok termőhely szerinti elkülönítését. Ha mind a négy borvidéket elemezzük, akkor az Etyeki és a Mátrai borvidék borai között átfedés tapasztalható, mely kalibrációs (7,69%) és validációs (12,12%) hibában is megmutatkozik, ugyanis csak ezt a két mintát nem lehetett minden esetben elkülöníteni egymástól az elektronikus nyelv adatai alapján. Amennyiben, az etyeki borokat kivesszük az elemzésből, akkor már kevesebb esetben történt félreosztályozás a kalibráció és a validáció során, így a hiba értékek lecsökkentek 1,37%, illetve 2,74%-ra.



34. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Fehér fajtaborok termőhely szerinti elemzése az Etyek-Budai borvidék boraival (a) és azok nélkül (b) az elektronikus nyelv adatokból (élelmiszer mérésekhez ajánlott szenzor)

Fajta szerinti elkülönítés

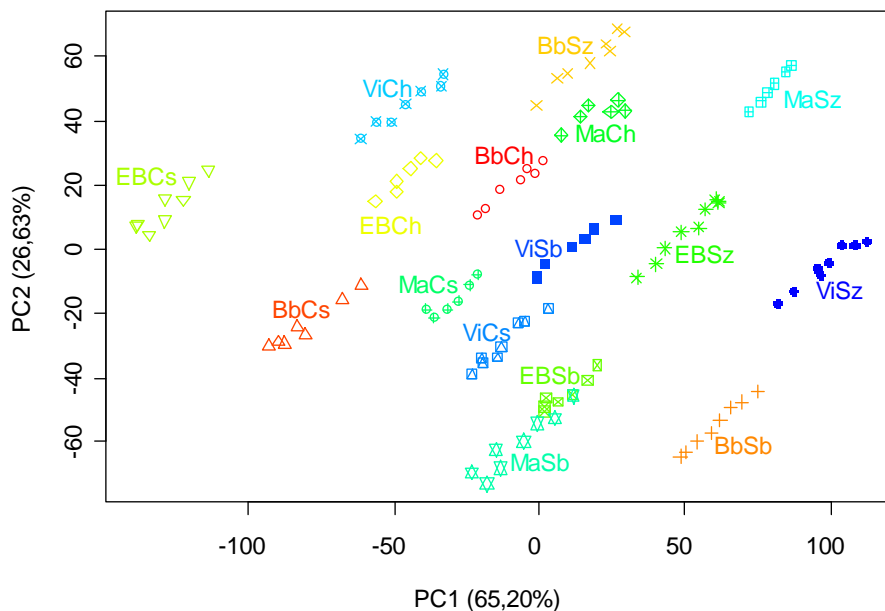
A fajták elkülöníthetőségét is vizsgáltam diszkriminancia analízissel. Az eredmények azt mutatták, hogy a Cserszegi Fűszeres és Chardonnay minták között olyannyira nagy az átfedés a Root1 és Root2 mentén (35. ábra), hogy kalibráció hibája 26,03% és a validációé 28,77%. Ezek a hibák jelentősen csökkentek, ha a Chardonnay mintákat kihagyjuk az elemzésből. Ebben az esetben 99,07%-os volt a helyes csoportba sorolás a kalibráció során és a validáció során 96,33% volt a helyes csoportosítás.



35. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Fehérborok fajta szerinti elemzése Chardonnay borokkal (a) és azok nélkül (b) az elektronikus nyelv adatokból (élelmiszer mérésekhez ajánlott szenzor)

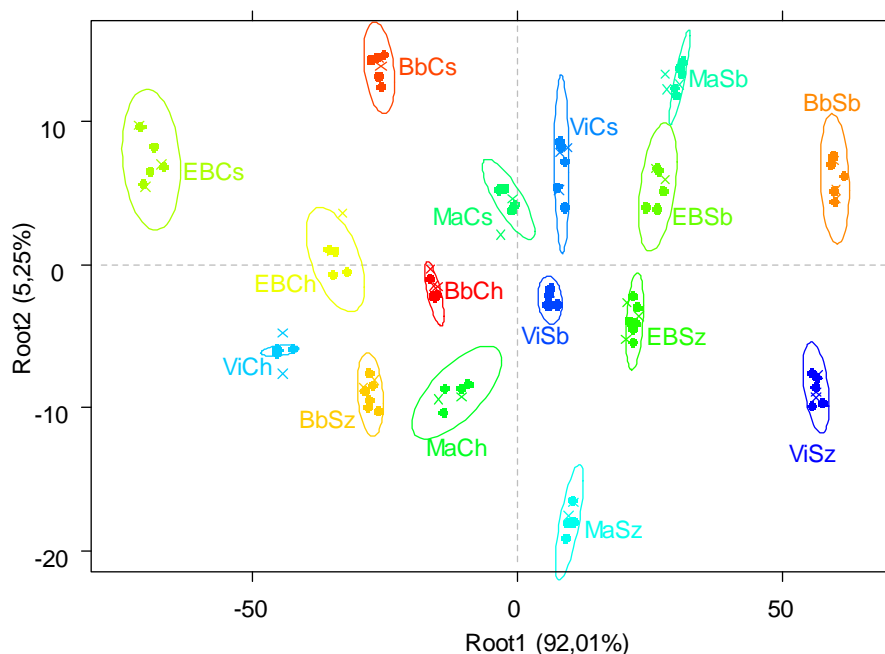
5.2.3.2 A specifikus szenzorsor eredményei

A driftkorrekciót és kiugró értékek kizárását követően főkomponens elemzést végeztem, melynek eredményét a 36. ábra 14. ábra tartalmazza. Az első két főkomponens, az adatok korrekciója után már az adatok varianciájának több, mint 90%-át írja le. Az egyes minták közül a legnagyobb elkülönülést az EBCs és a ViSz mutatja a borminták közül.



36. ábra PCA (PC1-PC2) Fehér fajtaborok elemzése az elektronikus nyelv adatokból (specifikus szenzorsor)

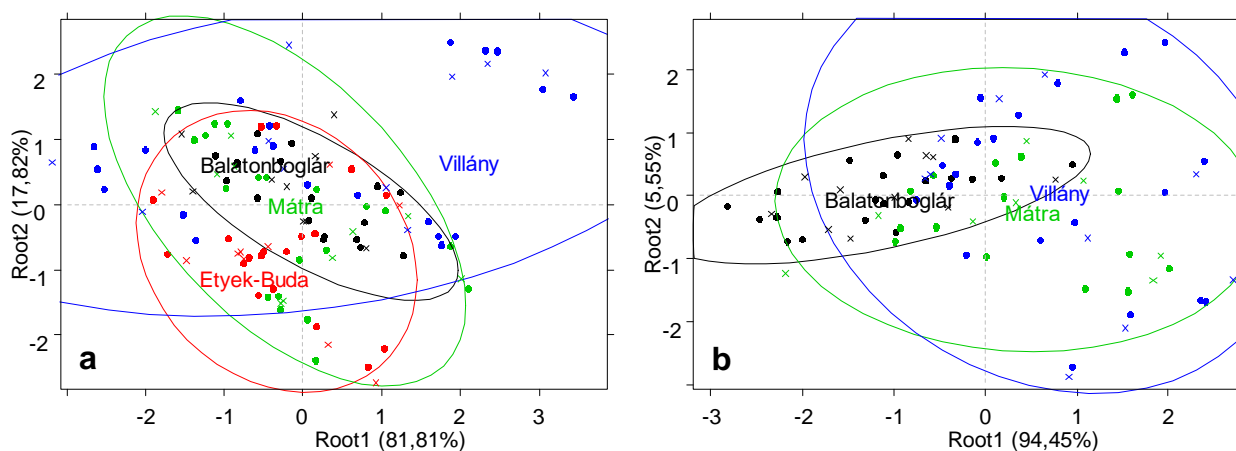
A diszkriminancia elemzés eredménye azt mutatta (37. ábra), hogy az elektronikus nyelv a különböző fehérbor mintákat 100%-ban helyesen tudta külön csoportosítani és a validáció során is 100%-ban helyesnek bizonyult a csoportba osztás.



37. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Fehér fajtaborok elemzése az elektronikus nyelv adatokból (specifikus szenzorsor)

Termőhely szerinti elkülönítés

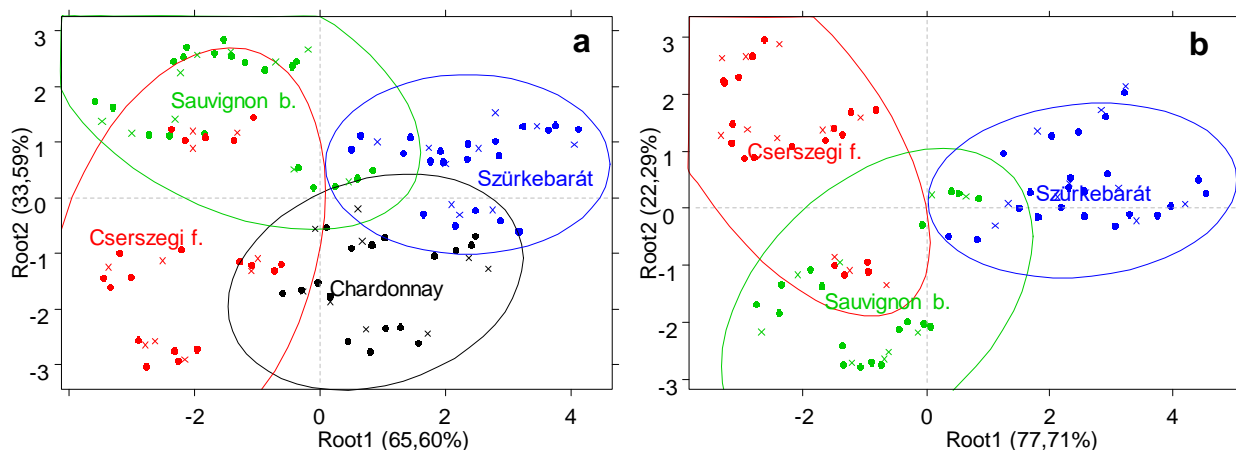
A következő diszkriminancia elemzést már úgy végeztem, hogy az egyes csoportok a termőhelyek voltak. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a specifikus szenzorsor nem tudta elkülöníteni kellő hatékonysággal a vizsgált borokat termőhely szerint, ugyanis a modellépítés során 53,25% volt sikeres a csoportba sorolás, míg a modell validálása során csak 38,46%-os volt a helyes csoportba osztás. Az eredmények akkor sem javultak nagy mértékben, ha az előző szenzorsornál is alkalmazott kizárást elvégeztem. Az Etyek-Budai borvidék borai nélkül is csak 76,74%-os volt a modellépítés során a helyes csoportosítás.



38. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Fehér fajtaborok termőhely szerinti elemzése az Etyek-Budai borvidék boraival (a) és azok nélkül (b) az elektronikus nyelv adatokból (specifikus szenzorsor)

Fajta szerinti elkülönítés

Ezután fajtánként csoportosítottam a mintákat és így végeztem el a diszkriminancia elemzést (39. ábra). Ebben az esetben már jobb eredményeket kaptam. 88,31%-ban sikeresen különítette el egymástól a fajtákat az elektronikus nyelv a modellépítés során, Chardonnay borok nélkül ez az érték 93,02%-ra nőtt, viszont a modell validációja során helyes csoportba sorolás 76,92%-ról 72,73%-ra esett vissza.



39. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Fehérborok fajta szerinti elemzése Chardonnay borokkal (a) és azok nélkül (b) az elektronikus nyelv adatokból (specifikus szenzor)

5.2.3.3 Az érzékszervi tulajdonságok és kémiai paraméterek becslése

Az összehasonlíthatóság miatt együtt mutatom be a két szenzorsorral kapott eredményeket a becslések során. „S”-sel a specifikus szenzorsort „E”-vel az élelmiszermérésekhez ajánlott szenzorsor eredményeit jelöltem. A 16. táblázat tartalmazza az érzékszervi tulajdonságok becslését minden borminta eredményét figyelembe véve. A releváns esetekben az élelmiszerméréshez ajánlott szenzorsor eredményével lehetett szorosabb becslést elérni, úgy, mint a gyümölcsös és savas íz, valamint az összbenyomás.

16. táblázat A fehérborok érzékszervi tulajdonságainak elektronikus nyelv eredményekre alapozott becslésére kapott R² és hiba értékei („S” specifikus szenzorsor; „E” élelmiszermérésekhez ajánlott szenzorsor)

Becsült paraméter	Szenzorsor	LV	Kalibráció		Validáció	
			R ²	RMSEC	R ²	RMSECV
Édes íz	S	6	0,2991	4,65	0,1891	4,97
	E	2	0,2490	4,58	0,1517	4,85
Gyümölcsös íz	S	5	0,7483	6,39	0,6742	6,74
	E	7	0,7965	5,12	0,7457	5,68
Savas íz	S	7	0,8143	5,87	0,7619	6,23
	E	6	0,9399	4,05	0,9046	4,57
Idegen íz	S	3	0,2174	7,04	0,1365	7,38
	E	5	0,3279	6,54	0,2596	6,84
Összbenyomás	S	5	0,7337	5,25	0,6419	5,73
	E	6	0,7708	4,30	0,7053	4,59

A vizsgált fehérborok analitika paramétereinek becslésének az eredményeit az elektronikus nyelv adatok alapján a 17. táblázat tartalmazza. Mind a két szenzorsorral szoros korrelációt kaptam a savtartalom, pH és a cukormentes extrakttartalom becslése során, amely pH esetében szorosabb összefüggést mutatott, mint amit Garcia-Hernandez és kutatótársai (2018) értek el az impedimetrikus elektronikus nyelv segítségével.

17. táblázat A fehérborok analitika paramétereinek elektronikus nyelv eredményekre alapozott becslésére kapott R² és hiba értékei („S” specifikus szenzorsor; „E” élelmiszermérésekhez ajánlott szenzorsor)

Becsült paraméter	Szenzorsor	LV	Kalibráció		Validáció	
			R ²	RMSEC	R ²	RMSECV
Alkoholtart. (vol.%)	S	6	0,2108	0,66	0,1522	0,68
	E	3	0,2055	0,67	0,1101	0,71
Savtartalom (g/l)	S	7	0,9485	0,14	0,9261	0,17
	E	7	0,9526	0,14	0,9432	0,16
pH	S	6	0,9329	0,03	0,9120	0,04
	E	7	0,9424	0,02	0,9304	0,03
Cukortartalom (g/l)	S	7	0,2796	1,76	0,1606	1,89
	E	3	0,2181	1,86	0,0867	2,00
Cm extrakt tartalom (g/l)	S	7	0,7946	1,04	0,7544	1,11
	E	6	0,8318	0,90	0,7842	1,01

Összeségében megállapítható, hogy mind a két szenzorsor alkalmas a fehér fajtaborok elkülönítésére. Azonban az élelmiszermérésekhez ajánlott szenzorsorral hatékonyabban lehetett elkülöníteni a bormintákat fajta és termőhely szerint. Továbbá az érzékszervi tulajdonságok és a kémiai paraméterek becslése során szintén megállapítható, hogy az élelmiszermérésekhez ajánlott szenzorsorral szorosabb összefüggés érhető el. Mindezek alapján ezt szenzorsort találtam alkalmasabbnak borok vizsgálatához. Így ezzel a szenzorral végeztem a további kísérleteket.

5.3 Aszúk vizsgálata az új borvidéki szabályozás tükrében

A 2014-es szüretben életbe lépett új szabályrendszer szerint megszűnt az aszúk puttonyszám szerinti osztályozása. A botrítisztes bogyók arányának növelésével egyfajta magasabb minőségi osztály elérése volt a cél, annak érdekében, hogy a Tokajból kikerülő aszúk egységesen magasabb minőséget képviselhessenek. Ennek hatására a régi 3 és 4 puttonyos aszúk már nem felelnek meg az új szabályozási rendszernek és az 5 puttonyos aszúk közül is csak a magasabb minőségűek felelnek meg ennek a szabályzásnak. Munkám során vizsgáltam, hogy az elektronikus nyelv alkalmas lehet-e a korábbi, alacsonyabb puttonyszámú aszúk, valamint az új szabályozásnak megfelelő (magasabb aszúszem hányaddal készült) aszúborok elkülönítésére. A vizsgálatokhoz autentikus, saját készítésű aszúborokat használtam fel, melyeket analitikai vizsgálatokkal, valamint elektronikus nyelv segítségével elemeztem.

5.3.1 Analitikai vizsgálat eredményei

Az analitikai eredmények alapján, melynek egy részét a 18. táblázatban foglaltam össze, megállapítható, hogy az elvárásoknak megfelelően alakult az aszúk minősége.

18. táblázat Eltérő aszúszemtartalmú borminták legfőbb kémiai paraméterei

Borminták	Sav tartalom g/l	pH	Alkohol tart. vol. %	Cukor tartalom g/l	Illósav tartalom g/l
Alap1	10	3,03	13,22	2,7	0,96
Aszu3p	11	3,57	14,9	60,3	1,26
Aszu4p	11,5	3,58	14,62	95,7	0,99
Aszu5p1	12,6	3,54	11,97	133,9	1,08
Aszu5p2	12,6	3,55	11,47	156,5	1,05
Aszu5pN	12,5	3,51	10,46	205,4	1,08
Aszu6pN	13	3,5	9,43	223	1,2
Aszu7pN	13,2	3,51	9,04	240,7	1,23

Az Aszu3p és az Aszu4p nem felel meg csak a régi borvidéki szabályrendszernek, míg az 5pN, 6pN és 7pN minták maradéktalanul eleget tesznek az új szabályozásban elvártaknak.

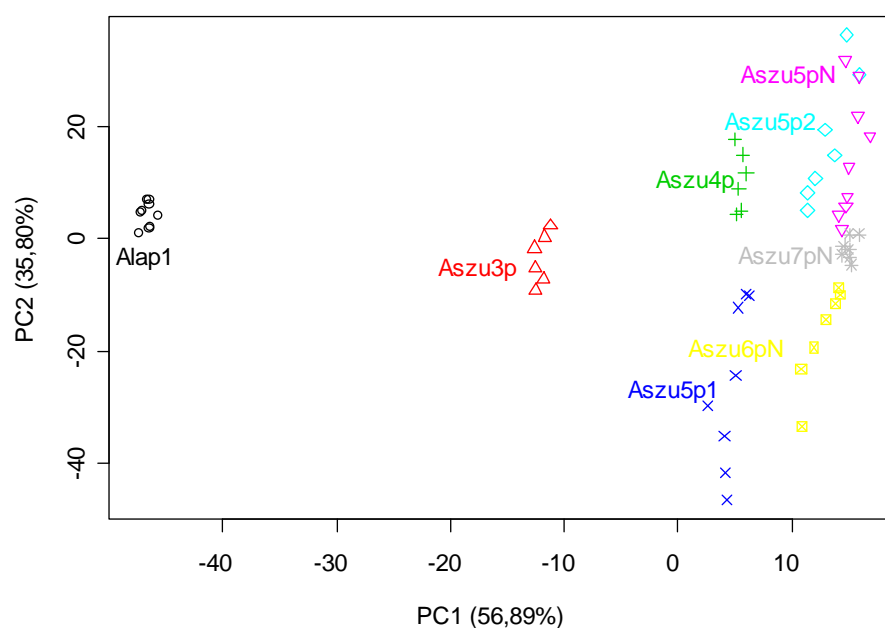
5.3.2 Eltérő aszúszem tartalmú borok elkülönítése elektronikus nyelv segítségével

Az elektronikus nyelv méréseket három hígítási fokban is elvégeztem, azzal a céllal, hogy kiderítsem, melyik hígítási fok alkalmasabb az aszú borok elkülönítésére, valamint a kémiai paraméterek becslésére.

A méréseket az előző fejezetekben ismertetett teljes szekvencia ismétlés alapján végeztem el az élelmiszer-mérésekhez ajánlott szenzorsorral. A mintákat ebben az esetben is egy szekvenciában mértem. A kapott eredményeket a driftkorrekciót és kiugró értékek kizárását követően mutatom be a következő fejezetben.

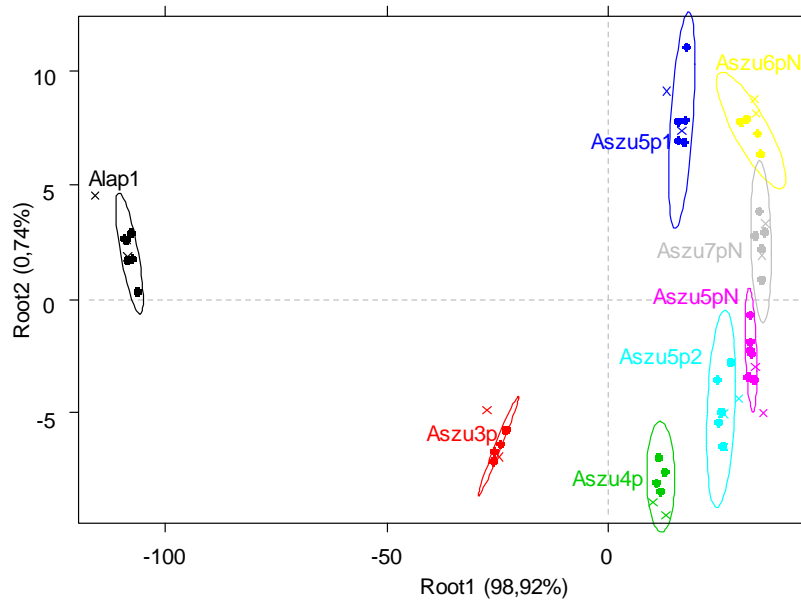
5.3.2.1 Elkülönülés vizsgálata 25%-os hígítási fok esetén

A főkomponens elemzés során azt tapasztaltam, hogy az alapbor, amelyet az aszú készítéséhez használtam, nagy mértékben elkülönül az aszú mintáktól az első főkomponens mentén (40. ábra), amely várható volt, hiszen minden analitikai paramétere nagy mértékben különbözik a többi mintától. Továbbá az első főkomponens mentén követhető a növekvő cukortartalom.



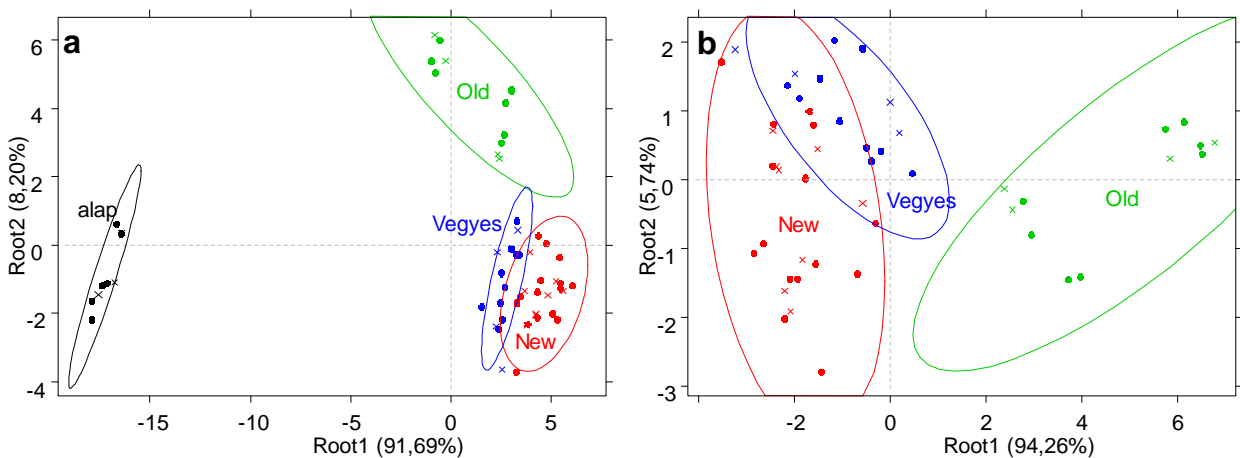
40. ábra PCA (PC1-PC2) Aszú elemzése 25%-os hígítás mellett az elektronikus nyelv adatokból

A diszkriminancia analízis eredménye is azt mutatta, hogy az alapbor különbözik leginkább az aszú mintáktól (41. ábra). A kalibráció és validáció során sem volt félreosztályozás, így 100%-ban helyesen el lehetett különíteni a bormintákat egymástól.



41. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Aszúk megkülönböztetése az elektronikus nyelv adatokból (25%-os hígítás)

A következő diszkriminancia elemzésben szabályozás szerint próbáltam elkülöníteni a mintákat egymástól (42. ábra). Az eredmények azt mutatták, hogy az alapbor nagyon különbözik az aszú mintáktól és ezért kivettem az elemzésből, hogy jobban láthatóvá váljon a szabályozás szerinti elkülönülés az aszú minták között. A keresztvalidáció során jelentkező hibákat a 19. táblázat tartalmazza. Az így kapott eredmények alapján megállapítható, hogy az elektronikus nyelv 25%-os hígítás mellett képes elkülöníteni az aszúkat a régi és új szabályozás szerint, viszont ezek házasításával létrehozott vegyes aszúkat már nem tudta egyértelműen jó csoportba sorolni és több esetben az új szabályozás szerinti csoportba sorolta őket.



42. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Aszúk szabályozás szerinti elemzése az alapborral (a) és anélkül (b) az elektronikus nyelv adatokból (25%-os hígítás)

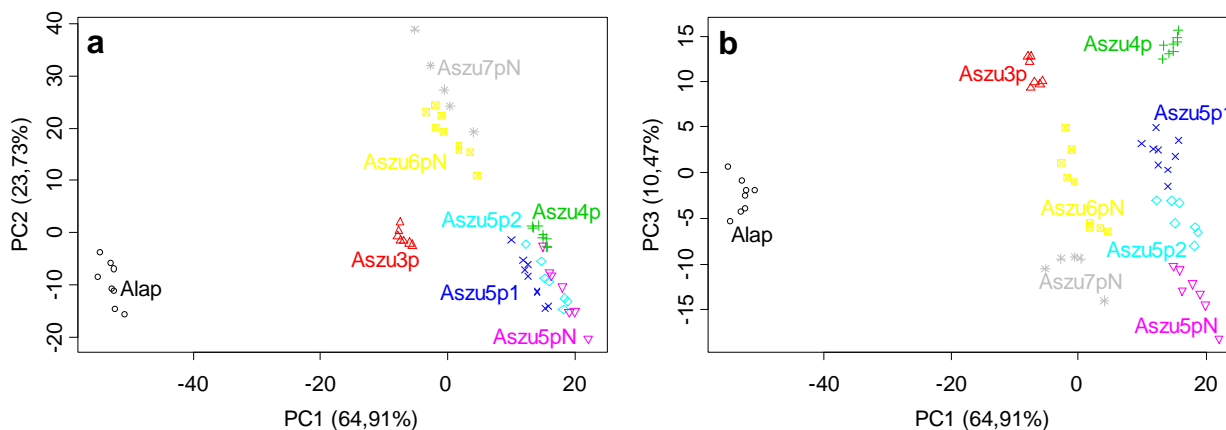
19. táblázat A vizsgált aszúminták elektronikus nyelv méréssel kapott adatainak LDA kereszt-validációs táblázata (a háromszoros keresztvalidáció átlagos modellje) (25%-os hígítási fok esetén)

eredeti csoport	modellépítés, % átlagos helyes osztályozás: 92,22%			
	Alap	Régi szab.	Új szab	Vegyes
Alap	100,00	0,00	0,00	0,00
Régi szab.	0,00	100,00	0,00	0,00
Új szab.	0,00	0,00	88,89	11,11
Vegyes	0,00	0,00	20,00	80,00
Összesen	100,00	100,00	108,89	91,11

eredeti csoport	keresztvalidáció, % átlagos helyes osztályozás: 89,38%			
	Alap	Régi szab.	Új szab	Vegyes
Alap	100,00	0,00	0,00	0,00
Régi szab.	0,00	100,00	0,00	0,00
Új szab.	0,00	0,00	85,00	15,00
Vegyes	0,00	0,00	27,50	72,50
Összesen	100,00	100,00	112,50	87,50

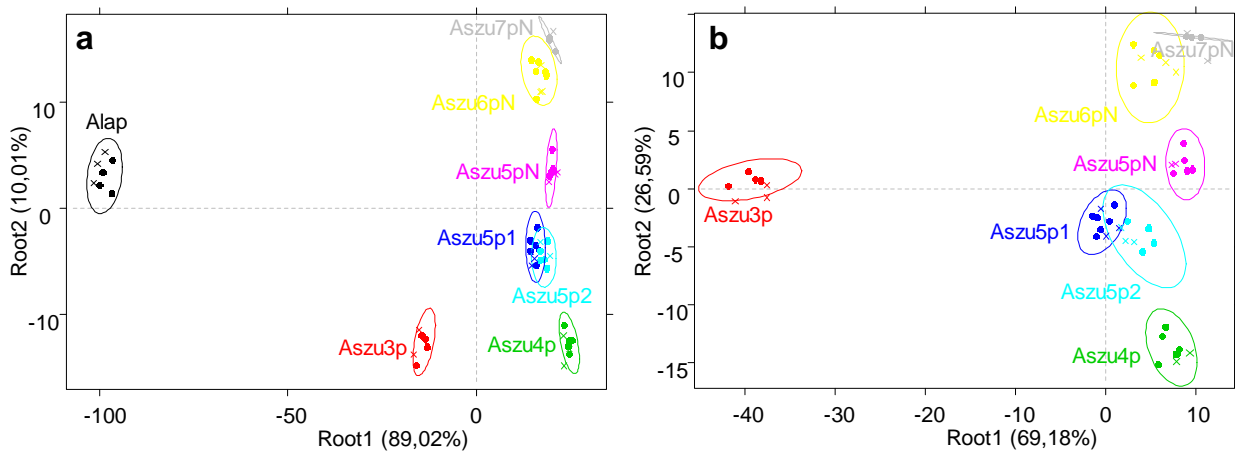
5.3.2.2 Elkülönülés vizsgálata 50%-os hígítás esetén

Az 50%-os desztillált vizes hígítás mellett a főkomponens elemzés alapján, hasonló elkülönülés látható, mint amilyen a 25%-os hígítás esetén volt (43. ábra). Ismételten tehát az alapbor különbözik leginkább a vizsgált mintáktól, azzal a különbséggel, hogy ebben az esetben az Aszu6 és 7pN minták a PC2 szerint mutatnak nagyobb elkülönülést.



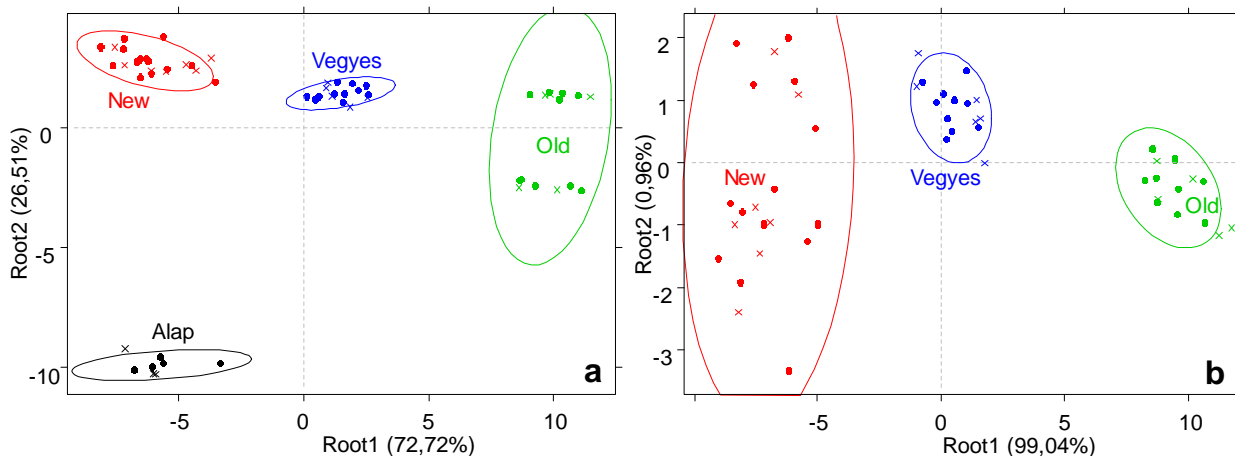
43. ábra PCA Aszúk elemzése a (PC1-PC2) b (PC1-PC3) szerint 50%-os hígítás mellett az elektronikus nyelv adatokból

A diszkriminancia analízis eredménye jelen esetben is azt mutatta, hogy az alapbor különbözik leginkább az aszú mintáktól és azért, hogy a különbségek jobban észlelhetők legyenek elvégeztem az elemzést az alapbor nélkül is (44. ábra). A kalibráció és validáció során egyik esetben sem volt félreosztályozás, így 100%-ban helyesen el lehetett különíteni az aszú mintákat külön-külön egymástól.



44. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Aszúk megkülönböztetése alapborral (a) és anélkül (b) az elektronikus nyelv adatokból (50%-os hígítás)

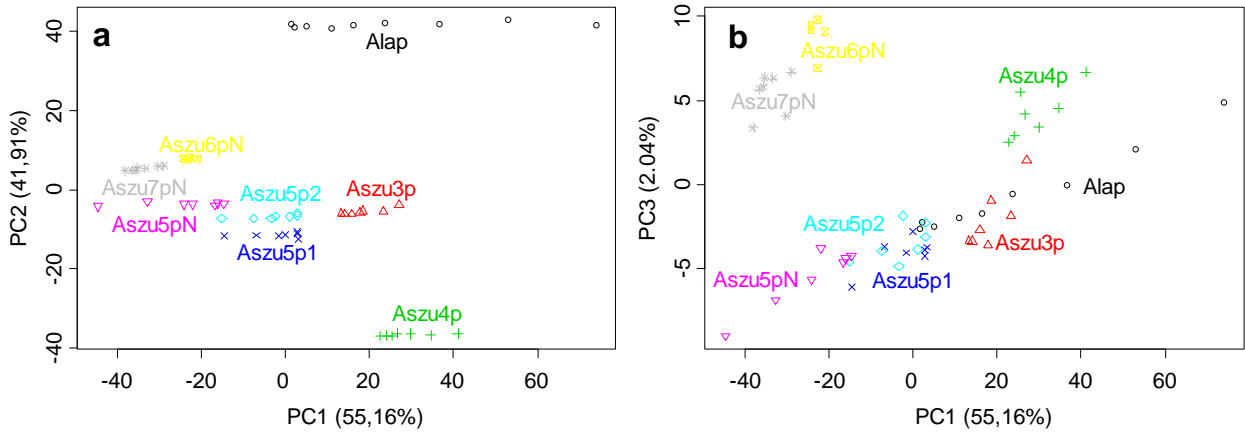
A szabályozás szerinti diszkriminancia elemzés eredményei azt mutatták, hogy az alapbor ismételtén nagyon különbözik az aszú mintáktól, ezért anélkül is elvégeztem a diszkriminancia analízist. A kalibráció és keresztvalidáció során nem történt rossz csoportba sorolás. Az így kapott eredmények alapján megállapítható, hogy az elektronikus nyelv 50%-os hígítás mellett képes elkülöníteni az aszúkat a régi és új szabályozás szerint, és ezek házasításával létrehozott vegyes aszúkat is egyértelműen képes külön csoportba sorolni. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a módszer alkalmas lehet az új termékleírásnak megfelelő rendelkező aszú elkülönítésére ezáltal segítségére lehet a helyi érdekképviselői szervezeteknek a megfelelő tanúsításban.



45. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Aszúk szabályozás szerinti elemzése az alapborral (a) és anélkül (b) az elektronikus nyelv adatokból (50%-os hígítás)

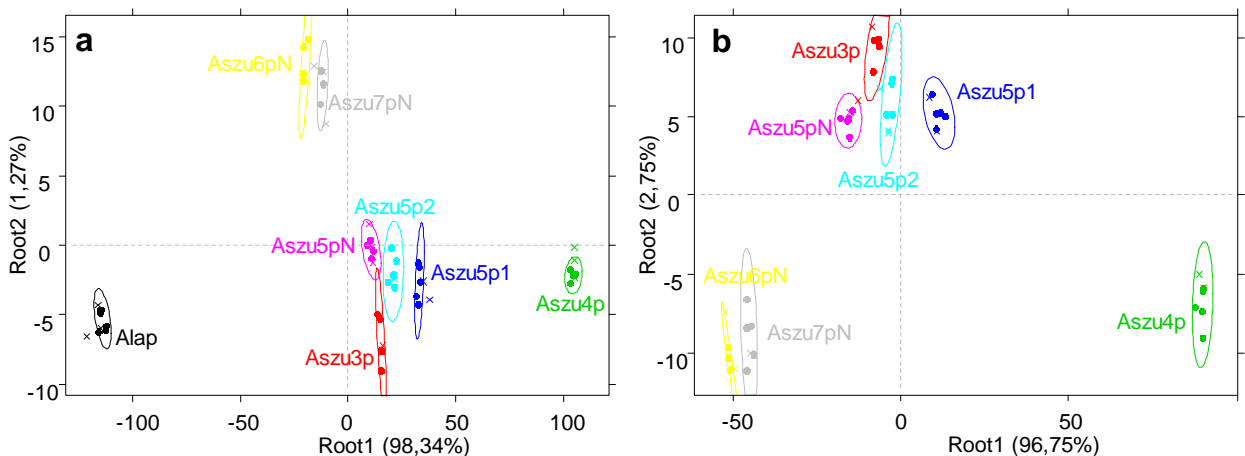
5.3.2.3 Elkülönülés vizsgálata hígítás nélküli minták esetén

A főkomponens elemzés ebben az esetben azt mutatta, hogy nem első főkomponens mentén volt az alapbor különböző, hanem a második főkomponens mentén (46. ábra). Valamint az adatok korrekciója és a kiugró érték elemzéssel sem javult kellő mértékben az alapbor szenzorjeleinek driftje, amely fokozottan látható a PC1 és PC3 együtt ábrázolása során.



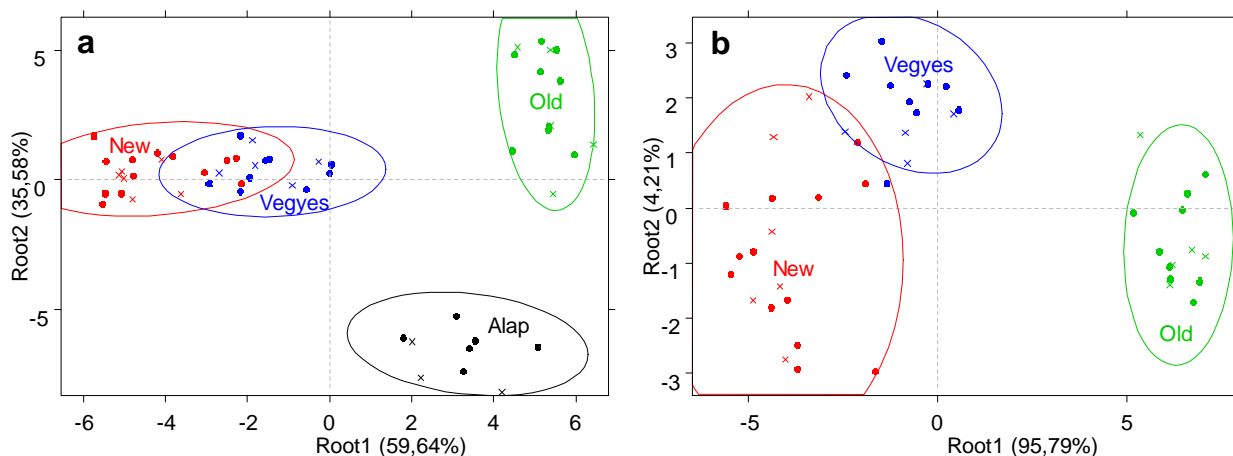
46. ábra PCA Aszúk elemzése a (PC1-PC2) b (PC1-PC3) szerint az elektronikus nyelv adatokból (hígítás nélkül)

A diszkriminancia analízis eredménye ebben az esetben azt mutatta, hogy az alapboron kívül az Aszu4p minta is nagy mértékben különbözik a többi aszútól (47. ábra). A kalibráció során nem és validáció során is csak egy-egy esetben történt félreosztályozás a borok elkülönítése során alapborral (validációs hiba: 1,79%) és anélkül (validációs hiba: 2,13%) is. Mind a két esetben egy Aszu6pN mintát sorolt az Aszu7pN minták közé.



47. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Aszúk megkülönböztetése alapborral (a) és anélkül (b) az elektronikus nyelv adatokból (hígítás nélkül)

A szabályozás szerinti diszkriminancia elemzés eredményei azt mutatták, hogy az alapbor nem különbözik olyan nagy mértékben az aszú mintáktól, mint a korábbi hígítások esetében, de az összehasonlíthatóság miatt az alapbor nélkül is elvégeztem a diszkriminancia analízist (48. ábra). A keresztvalidáció során jelentkező hibákat a 20. táblázat tartalmazza. Az így kapott eredmények alapján megállapítható, hogy az elektronikus nyelv hígítás nélkül is képes elkülöníteni az aszúkat a régi és új szabályozás szerint, viszont ezek házasításával létrehozott vegyes aszúkat már nem tudta egyértelműen jó csoportba sorolni és több esetben az új szabályozás szerinti csoportba sorolta őket éppúgy, mint a 25%-os hígítás esetén.



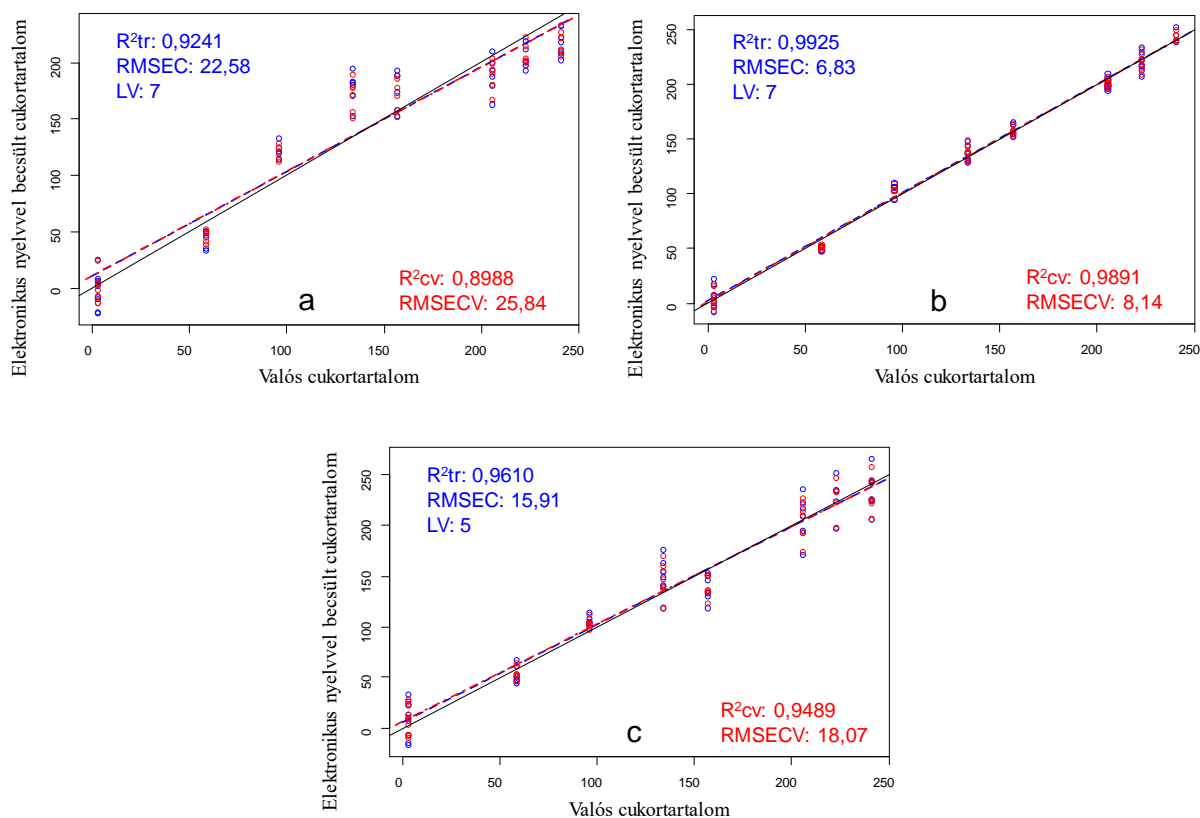
48. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Aszú szabályozás szerinti elemzése az alapborral (a) és anélkül (b) az elektronikus nyelv adatokból (hígítás nélkül)

20. táblázat A vizsgált aszúminták elektronikus nyelv mérésel kapott adatainak LDA kereszt-validációs táblázata (a háromszoros keresztvalidáció átlagos modellje) (Hígítás nélkül)

eredeti csoport	modellépítés, % átlagos helyes osztályba sorolás: 97,92%			
	Alap	Régi szab.	Új szab.	Vegyes
Alap	100,00	0,00	0,00	0,00
Régi szab.	0,00	100,00	0,00	0,00
Új szab.	0,00	0,00	96,67	3,33
Vegyes	0,00	0,00	5,00	95,00
Összesen	100,00	100,00	101,67	98,33
eredeti csoport	keresztvalidáció, % átlagos helyes osztályba sorolás: 94,58%			
	Alap	Régi szab.	Új szab.	Vegyes
Alap	100,00	0,00	0,00	0,00
Régi szab.	0,00	100,00	0,00	0,00
Új szab.	0,00	0,00	93,33	6,67
Vegyes	0,00	0,00	15,00	85,00
Összesen	100,00	100,00	108,33	91,67

5.3.2.4 Kémiai tulajdonságok becslése a hígítási fok függvényében

A könnyebb átláthatóság miatt együtt mutatom be a kémiai paraméterek becslését minden vizsgált hígítás esetében. Minden kémiai paraméter esetében elvégeztem a PLS regressziókat. Jól lehetett becsülni a minták alkohol-, sav-, cukor-, glicerín-, és glükonsav tartalmát, valamint a pH értéket. Ezek közül a cukortartalom becslését szemlélteti a 49. ábra mind a három hígítási fok alkalmazása esetén.



49. ábra A cukortartalom becslése a hígítási fok függvényében az elektronikus nyelv adatokból (a, 25%; b, 50%; c, 100%)

A 21. táblázatban foglaltam össze a kapott eredményeket. A kapott eredmények közül dőlttel jelöltem, ha az adott becslés determinációs együttható értéke magasabb, mint 0,8 és félkövérrel emeltem ki az adott tulajdonsághoz tartozó legmagasabb értéket. Az eredmények azt tükrözik, hogy a legjobb becslések 50% hígítás esetén érhetők el a legtöbb esetben két kivétellel, ugyanis a savtartalom és a glükonsav tartalom becslése esetén a 25% hígítás szorosabb összefüggést kaptam. Jól lehetett becsülni a minták alkohol-, sav-, cukor-, glicerín-, és glükonsav tartalmát, valamint a pH értéket. Ezek közül az összes sav, cukor, glicerín és glükonsav lényegesen nagyobb koncentrációban található az aszú borokban, mint a normál borokban, így ezeknek a paramétereknek becslése kulcsszerepet játszik az aszú borok leírásában.

21. táblázat Aszúk analitikai paramétereinek elektronikus nyelv eredményekre alapozott becslésére kapott R² és hiba értékei a hígítási fok függvényében

Becsült paraméter	Hígítási fok %	LV	Kalibráció		Validáció	
			R ²	RMSEC	R ²	RMSECV
Alkoholtart. (vol.%)	25	5	0,8408	0,81	0,7901	0,92
	50	7	0,9797	0,29	0,9704	0,18
	100	6	0,9657	0,38	0,9499	0,45
Savtartalom (g/l)	25	7	0,9814	0,15	0,9752	0,17
	50	7	0,9778	0,16	0,9691	0,18
	100	5	0,9458	0,26	0,9291	0,29
pH	25	5	0,9703	0,03	0,9650	0,04
	50	7	0,9760	0,03	0,9696	0,03
	100	3	0,8974	0,06	0,8830	0,06
Cukortartalom (g/l)	25	7	0,9241	22,58	0,8988	25,84
	50	7	0,9925	6,83	0,9891	8,13
	100	5	0,9610	15,91	0,9489	18,07
Illósav tartalom (g/l)	25	7	0,5121	0,07	0,3299	0,09
	50	4	0,6292	0,06	0,5538	0,07
	100	5	0,5398	0,07	0,3939	0,08
Összes polifenol tartalom (mg/l)	25	3	0,6764	22,62	0,6293	24,12
	50	5	0,7623	18,19	0,7171	19,74
	100	6	0,5299	27,58	0,4124	30,62
Katechin tartalom (mg/l)	25	6	0,6733	36,87	0,5390	43,32
	50	4	0,8594	24,53	0,8160	27,90
	100	6	0,7634	31,45	0,6843	36,01
Leukoantocianin tartalom (mg/l)	25	5	0,7841	158,21	0,7227	178,13
	50	4	0,9108	100,03	0,8849	112,72
	100	5	0,8988	108,60	0,8550	128,63
Glicerín tartalom (g/l)	25	5	0,9252	0,74	0,8996	0,85
	50	4	0,9327	0,68	0,9173	0,75
	100	5	0,8424	1,07	0,8063	1,18
Glükonsav tartalom (g/l)	25	6	0,9041	0,23	0,8702	0,27
	50	4	0,8986	0,23	0,8690	0,26
	100	5	0,8641	0,27	0,8238	0,31

A kapott eredmények tükrében megállapítható, mivel az aszúk közti különbségek kimutatása a legfontosabb, hogy az 50%-os hígítás alkalmazása a legjobb ezen különbözőségeket felderítésére. Amennyiben az aszúkat leginkább leíró kémiai paramétereket szeretnénk becsülni az elektronikus nyelv adatokból, akkor paramétertől függően a 25-50%-os hígítás esetén érhetők el a legjobb eredmények. Összességében az 50%-os hígítást találtam a legideálisabbnak az aszúk méréséhez, így ezzel a hígítási fokkal vizsgáltam a további kísérleteim során az aszúkat és fordításokat.

5.4 Aszúk, fordítások és hamisítások vizsgálata

A következő fejezetben, vizsgáltam az aszúszemek minőségének és a maceráció idejének hatását aszúk és fordítások esetében. Összehasonlítottam a mintákat kereskedelmi forgalomban kapható aszúkkal és szamorodnikkal analitikai paraméterek és elektronikus nyelv mérési eredményei alapján is. A saját készítésű borkülönlegességek vizsgált kémiai paramétereire és az elektronikus nyelv adatokra épített modell segítségével becsültem a kereskedelmi minták paramétereit. Továbbá megvizsgáltam, hogy a hamisítási sorozatban melyik a legkisebb eltérés, amit már ki lehet mutatni az elektronikus nyelv segítségével.

5.4.1 Analitikai vizsgálat eredményei

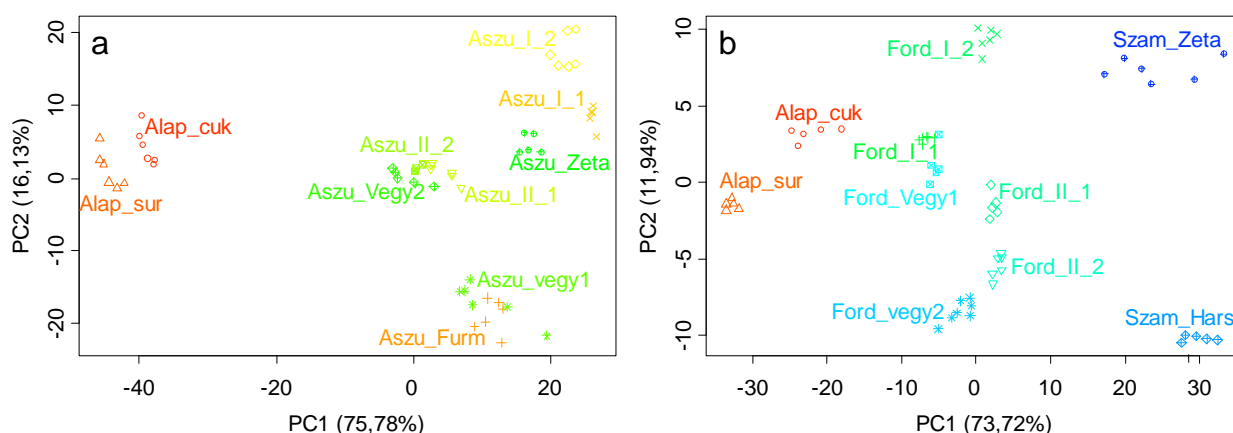
Az analitikai vizsgálat eredményét a 22. táblázatban foglaltam össze. A két hamisítás mind alkohol és cukortartalomban közel áll a legjobb minőségű aszúkhöz, melyeket az első osztályú aszúszemek felhasználásával készítettem el, azonban nagy mértékben eltér glicerinnel és leukoantocianin tartalomban. A kereskedelmi aszúk a vegyes aszúszemekből készített aszúk közül a 48 órás macerációval készített aszúra hasonlítanak a legtöbb paraméter alapján. A leginkább szembevetendő különbség a fordítások és az aszúk között nem csak a cukortartalom, hanem a mellékletben feltüntetett katechin, leukoantocianin és a glicerinnel tartalom. A 48 órás áztatás az első és vegyes osztályú aszúszemek felhasználása során magasabb cukortartalmat eredményezett, melynek fordítottja jelent meg az ezekből készült fordításoknál. Ott ugyanis a 24 órás áztatás után az újra felhasznált aszúszemekből tudott több cukor a borba oldódni. A másodosztályú aszúszemeknél hasonló eredményt kaptam, de abban az esetben a 48 órás áztatás utáni aszúnak azért alacsonyabb a cukortartalma, mert az élesztők több cukrot tudtak kiejeszteni és ezáltal annak magasabb lett az alkoholtartalma. A vizsgált édes szamorodnik a jobb minőségű fordításokhoz hasonlítanak leginkább. Az ANOVA elemzések azt mutatták, hogy ha az aszúszem minősége alapján vizsgáljuk a borokat, akkor a sav-, összes polifenol és cukormentes extrakt kivételével minden esetben van szignifikáns különbség a minták között 95%-os szignifikancia szinten. A Tukey-teszt megmutatta, hogy az aszúk és a fordítások 99%-os szignifikanciaszinten különböznek egymástól sav-, cukor és glicerinnel tartalom szempontjából. Az eredmények alátámasztották a más szakirodalmakban is bizonyított tény, hogy mind az aszúszem minősége és mind az áztatási idő jelentős hatással van az aszúk analitikai tulajdonságára. A kémiai paraméterek alapján a saját készítésű aszúk és fordítások megfelelnek a borkülönlegességekkel szemben támasztott analitikai követelményeknek.

22. táblázat A vizsgált aszúk, fordítások, szamorodnik, valamint hamisítások főbb kémiai paramétereit

Borminták	Sav tartalom g/l	pH	Alkohol tart. vol. %	Cukor tartalom g/l	Illósav tartalom g/l
Alap2	8,9	3,27	12,18	87,1	0,98
Alap_cuk	8,0	3,25	10,66	238,8	0,73
Alap_sur	11,3	3,27	9,54	239,6	0,70
Aszu_I_1	12,4	3,20	9,94	218,0	1,19
Aszu_I_2	12,5	3,16	9,02	254,5	1,07
Aszu_II_1	12,1	3,21	11,80	173,5	1,22
Aszu_II_2	12,2	3,22	12,61	168,2	1,22
Aszu_vegy1	11,9	3,33	13,01	141,0	1,02
Aszu_vegy2	12,1	3,25	10,88	178,1	1,04
Aszu_Furm	12,0	3,33	11,78	185,6	0,73
Aszu_Zeta	12,3	3,29	11,83	189,5	0,95
Ford_I_1	11,0	3,39	11,28	144,8	1,04
Ford_I_2	10,6	3,42	12,55	130,2	1,07
Ford_II_1	10,5	3,42	14,10	79,6	0,95
Ford_II_2	9,9	3,38	13,69	90,9	1,04
Ford_Vegy1	10,8	3,44	13,48	117,5	1,04
Ford_vegy2	10,0	3,41	12,68	95,6	1,13
Szam_Hars	10,7	3,43	12,49	117,2	0,76
Szam_Zeta	10,9	3,41	12,40	129,2	1,04

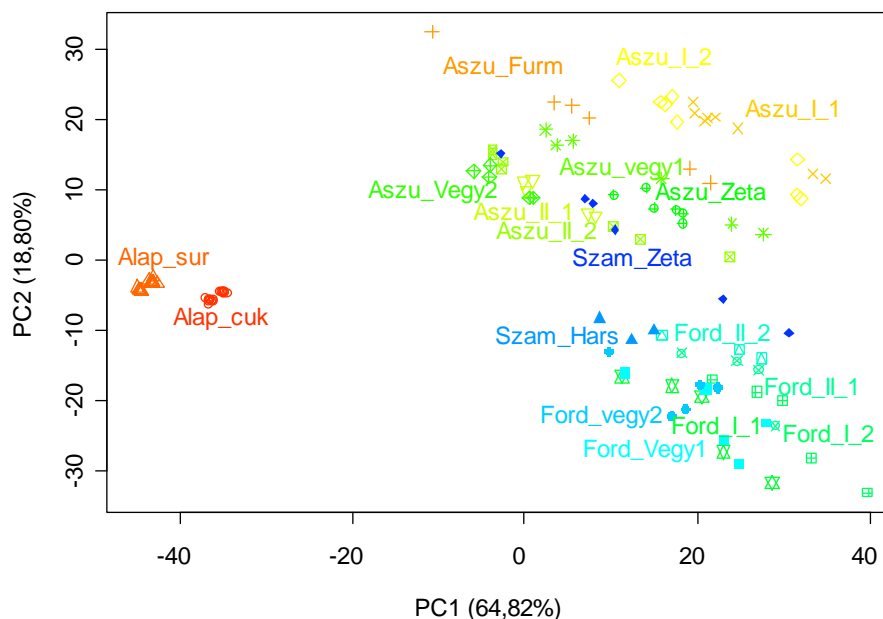
5.4.2 Elektronikus nyelv mérés eredményei

Az elektronikus nyelv eredményeket a korábban már ismertetett módszerekkel elemeztem. Hasonló módon elvégeztem a kiugró érték elemzést, de ebben az esetben nem volt szükséges egy szenzor kizárása sem egyik szekvencia vizsgálata során sem. A főkomponens elemzés alapján megállapítható, hogy az első főkomponens mentén az Alap_cuk és Alap_sur minták különböznek leginkább az aszúktól, a fordításoktól viszont a két szamorodni különbözik jobban, ha a két szekvenciát külön elemezzük (50. ábra).



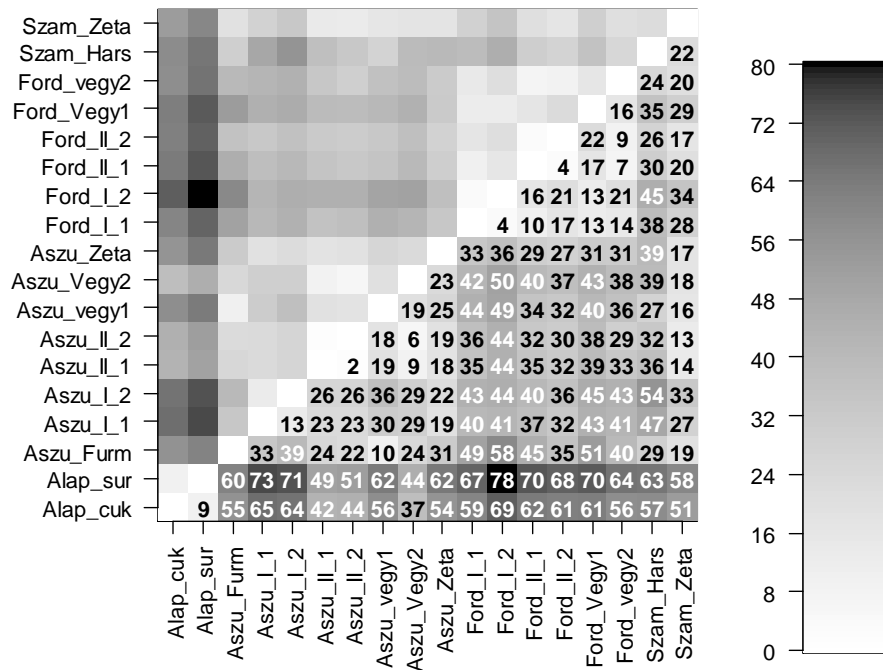
50. ábra PCA (PC1-PC2) – Aszúk (a) és fordítások (b) elektronikus nyelvvel vizsgálata hamisításokkal

Az adatokat összevonva és főkomponens elemzésnek alávetve azt tapasztaltam, hogy az első főkomponens mentén elkülönül a két hamisítás, míg a második főkomponens mentén az aszúkat a fordításoktól lehet elkülöníteni (51. ábra). A második főkomponens alapján a Zéta szamorodni az aszúkhöz van közelebb, míg a Hárslevelű szamorodni a fordításokkal van átfedésben, az analitikai adatok alapján ez a minta glicerín-, katechin- és leukoantocianin tartalom tekintetében közelebb áll az aszúkhöz, mint a fordításokhoz.



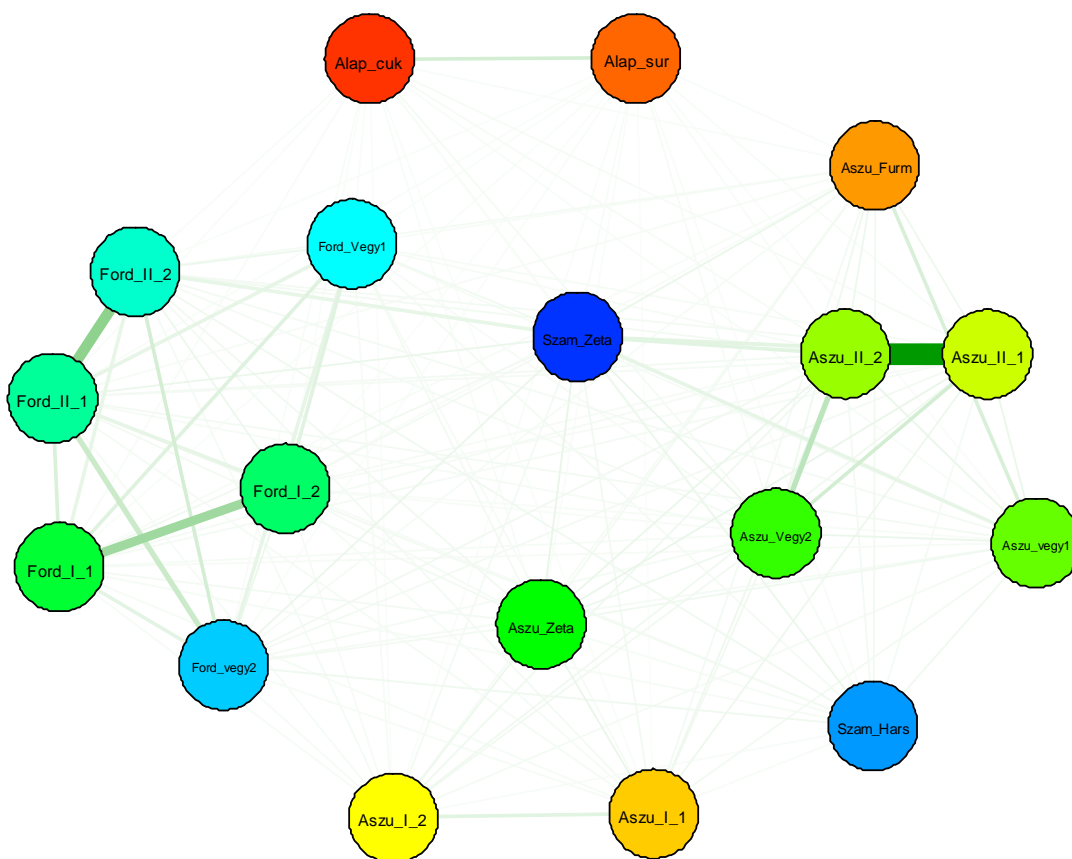
51. ábra PCA (PC1-PC2) Összevont adatok főkomponens elemzése az elektronikus nyelv adatokból

A különbség mértékét a mintapontok közötti átlagos euklideszi távolsággal jellemeztem, melyet a szignifikáns különbségért felelős szenzorok által kifeszített térben határoztam meg. Az 52. ábra mutatja, hogy az Alap_Cuk és Alap_Sur között, a másodosztályú aszúszemből készített aszú és az elsőosztályú aszúszem felhasználásával készült fordítások között nagyon kis különbség észlelhető között.



52. ábra A vizsgált minták átlagos csoportközepek alapján számolt euklideszi távolságuk a hét szenzor által kifeszített hét dimenziós térben

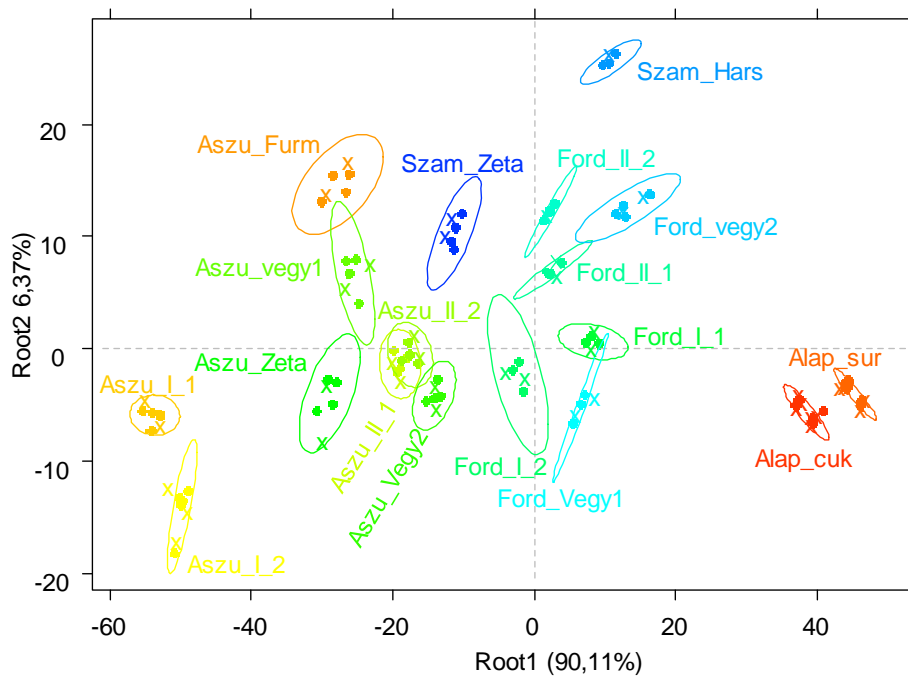
Könnyebben észlelhetők a hasonlóságok és a különbségek, ha az 53. ábra tartalmát figyeljük. A vonalak vastagsága utal a hasonlóság nagyságára és minél vékonyabb vonal köt össze két mintát, azok annál inkább különböznek egymástól. Jól láthatóan a két hamisítás elkülönül, ezen felül a fordítások és az aszúk is alkotnak egy-egy nagyobb csoportot, melyen belül az aszúszem minősége jobban befolyásolja a köztük lévő kapcsolatot, mint az áztatás hossza. A kereskedelmi tételek közül a Furmint aszú és Hárslevelű szamorodni hasonlít jobban az általam készített aszúkhöz, míg a Zéta aszú és Zéta szamorodni egyfajta kapocs az aszúk és a fordítások között, ugyanis a két csoport között helyezkednek el.



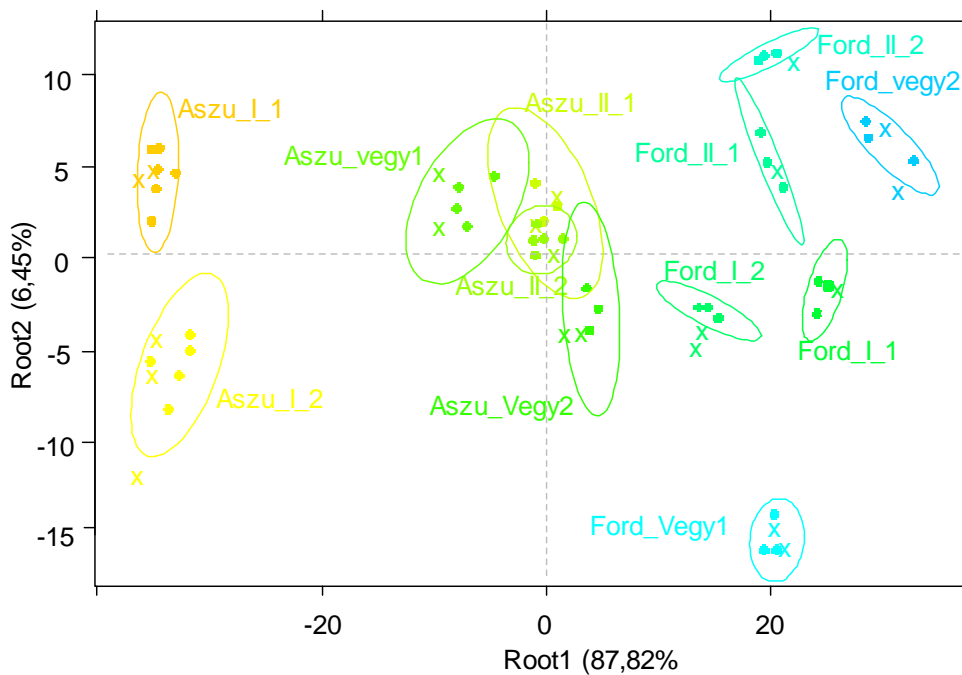
53. ábra A vizsgált borok közötti kapcsolat Neuron hálóban távolságuk alapján a hét szenzor által kifizített hét dimenziós térben

A továbbiakban diszkriminancia elemzést végeztem különböző csoportokra osztva a vizsgált mintákat. Első körben minden minta külön csoportot alkotott és így végeztem el a diszkriminancia analízist (54. ábra). A csoportok közül leginkább a hamisítások különülnek el. A csoportokba sorolás 100%-ban helyesnek bizonyult a kalibráció és a validáció során is.

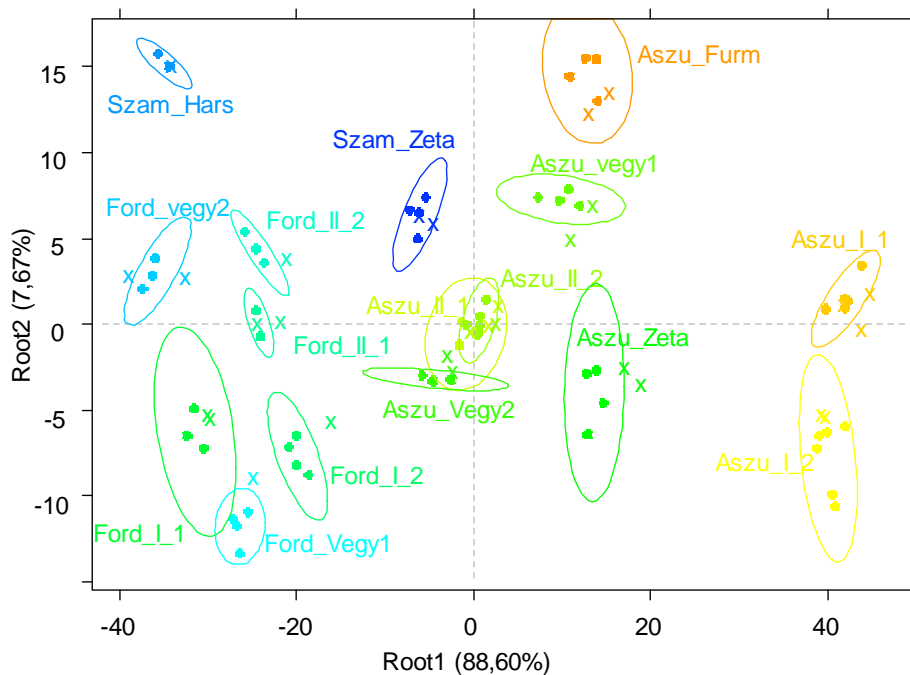
Az aszúk és fordítások közötti különbségek jobb áttekinthetősége miatt az elemzést elvégeztem a hamisítások és a kereskedelmi minták nélkül is (55. ábra). Ebben az esetben sem volt félreosztályozás. Jól láthatóan az első osztályú aszúszem felhasználásával készített aszúk különülnek el leginkább. Az Aszu_Vegy1 csoportja pedig közel került a másodosztályú aszúszemekből készített aszúk csoportjához. A fordításoknál ugyanez a Ford_vegy1 csoportjáról mondható el. A kereskedelmi mintákat visszatéve az elemzésbe azt tapasztaltam, hogy a Root1 mentén a két kereskedelmi aszú minta az Aszu_vegy1-hez hasonlít leginkább, míg a Szam_Hars a Ford_vegy2-vel esik egyvonalba. Továbbá az is látható, hogy a Ford_vegy1 csoport az első osztályú aszúszemek felhasználásával készült fordításokhoz esik közel míg a Ford_vegy2 a másodosztályúak csoportjához.



54. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Aszúk, fordítások és hamisítások, valamint kereskedelmi minták elkülönítése mintánként elektronikus nyelv mérés alapján

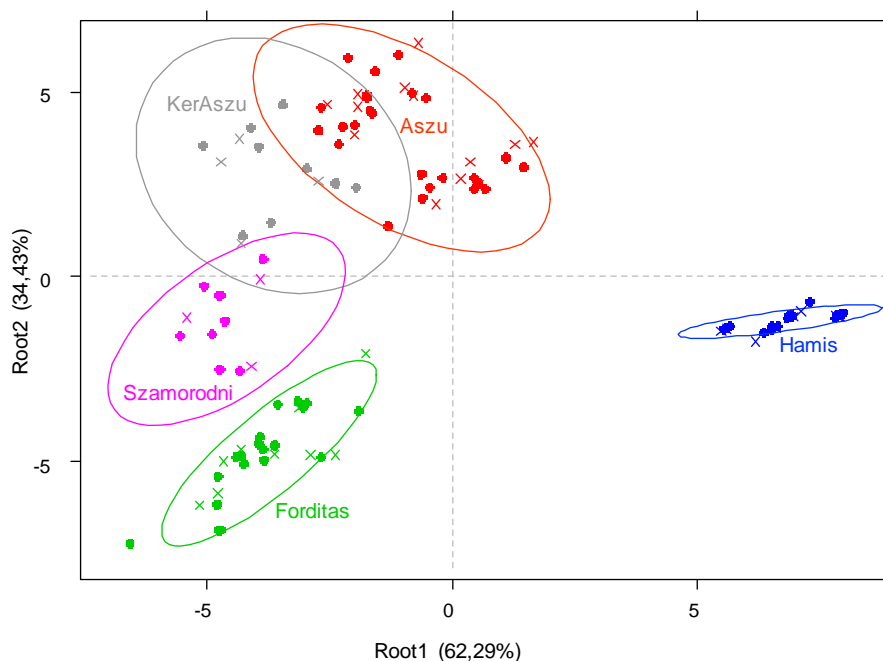


55. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Aszúk és fordítások elkülönítése mintánként elektronikus nyelv mérés alapján



56. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Aszúk és fordítások, valamint kereskedelmi minták elkülönítése mintánként elektronikus nyelv mérés alapján

A következő elemzésben olyan csoportosítást végeztem, melyben egy csoportba tartozott az általam készített összes aszú, egy külön csoportba az összes fordítás, valamint külön csoportot képviseltek a kereskedelmi aszúk, a szamorodnik és a hamisítások (57. ábra). A legnagyobb elkülönülést a hamisítványok csoportja mutatta a Root1 mentén. A többi vizsgált minta inkább a Root2 mentén mutatott különbséget. A keresztvalidáció során a félreosztályozásból eredő hibákat a 23. táblázatban foglaltam össze. A modellalkotás során 95,77%, míg a modell validálása esetén 92,75% volt a minták besorolásának pontossága.



57. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Aszúk, fordítások és hamisítások, valamint kereskedelmi minták elkülönítése csoportonként elektronikus nyelv mérés alapján

23. táblázat A vizsgált borkülönlegességek csoportonkénti elkülönítésére kapott elektronikus nyelv mérés adatainak LDA kereszt-validációs táblázata (a háromszoros keresztvalidáció átlagos modellje)

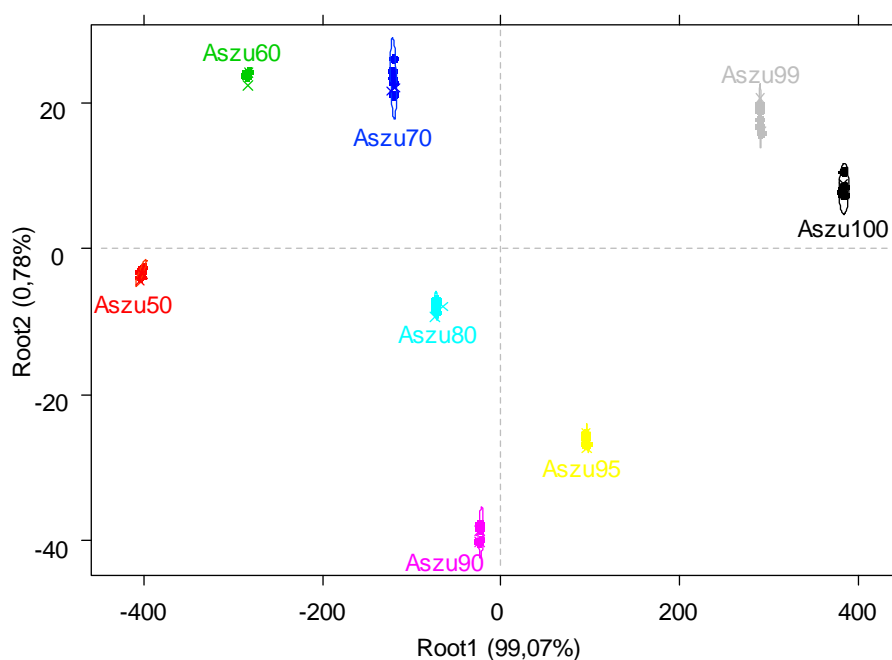
eredeti csoport	modellépítés, % átlagos helyes osztályba sorolás 95,77%				
	Aszú	KerAszú	Fordítás	Szamorodni	Hamis
Aszú	97,37	2,63	0,00	0,00	0,00
KerAszú	14,81	81,49	0,00	3,70	0,00
Fordítás	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
Szamorodni	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
Hamis	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Összesen	112,18	84,12	100,00	103,70	100,00

eredeti csoport	keresztvalidáció, % átlagos helyes osztályba sorolás 92,75%				
	Aszú	KerAszú	Fordítás	Szamorodni	Hamis
Aszú	92,31	7,69	0,00	0,00	0,00
KerAszú	21,43	71,43	0,00	7,14	0,00
Fordítás	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
Szamorodni	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
Hamis	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Összesen	113,74	79,12	100,00	107,14	100,00

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy az elektronikus nyelv képes volt elkülöníteni a vizsgált mintákat a hamisításoktól. A fordításokat szintén minden esetben el lehetett különíteni hiba nélkül az aszú mintáktól. A kereskedelmi aszú minták pedig az általam készített aszú mintákhoz hasonlítottak legjobban, leginkább az első és másodosztályú aszúszemek vegyes

felhasználásával készített aszúk csoportjához hasonlított. Ugyan ez az állítás az analitikai paraméterek alapján is megállapítható.

A fenti értékelésben használt imitált aszúborok extrém mértékű hamisítást képviselnek. A gyakorlatban a feltételezett hamisítások kisebb mértékűek és lényegesen jobban hasonlíthatnak a valódi aszúkra. Az ezt modellező, általam készített hamisítási sorozat diszkriminancia analízisét mutatja az 58. ábra. Az egyes minták eltérő aszúbor (azaz aszúszem) aránnyal, de hasonló cukor és savtartalommal készültek. Az eredmények azt mutatták, hogy az minden esetben 100%-ban helyes volt a csoportba sorolás a validáció és a kalibráció során. Jól láthatóan elkülönülnek a minták a Root1 mentén annak függvényében, hogy milyen mértékben van benne az eredeti aszú.

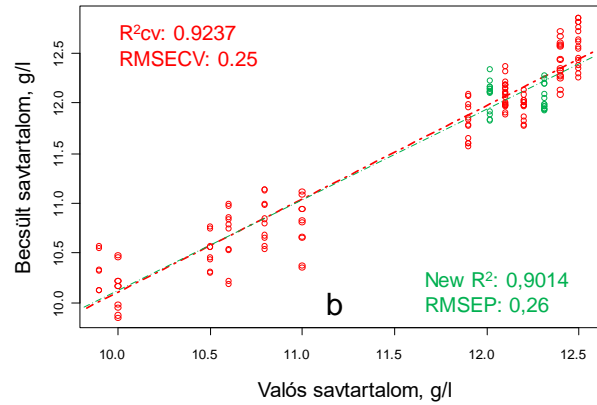
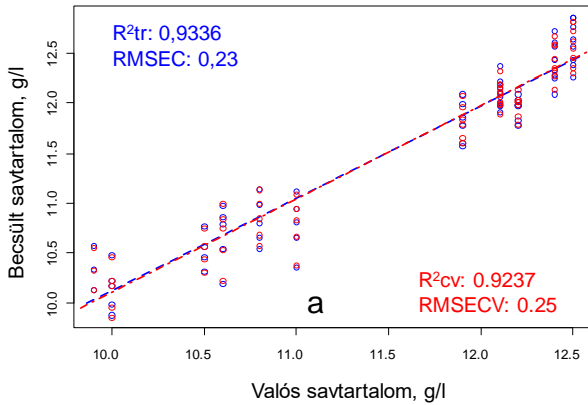


58. ábra LDA (Root1-2, tömött karika-kalibráció (2/3), x-validáció (1/3), ellipszis-95%-os konfidenciaintervallum) Aszúhamisítási sorozat elkülönítése az elektronikus nyelv adatokból

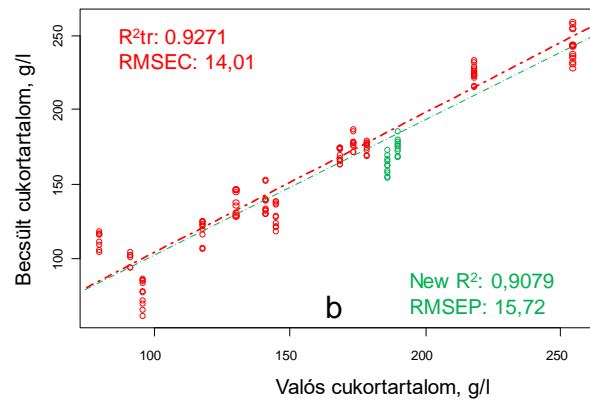
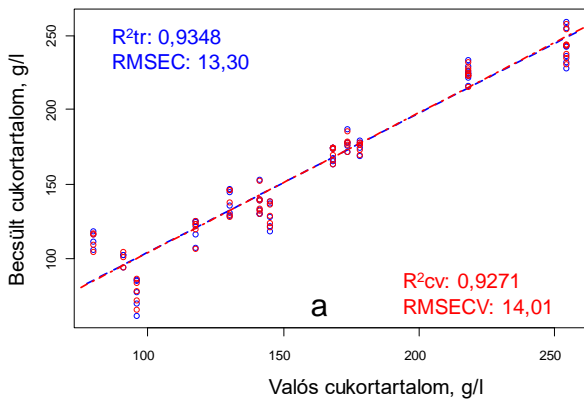
5.4.3 Aszúk és fordítások minőségét befolyásoló kémiai tulajdonságok becslése

A teljes szenzorsor eredményét használtam fel a becslésekhez. A PLS modell építéséhez csak a saját készítésű fordítások és aszúk mintáit használtam fel. A kapott modelleket validáltam, majd az így kapott modelleket felhasználva becsültem a kereskedelmi tételek kémiai paramétereit.

A savtartalom becslését szemlélteti az 59. ábra, míg a cukortartalom becslését az 60. ábra mutatja. A saját készítésű tokaji borkülönlegességek csoportjaira illesztett regressziós modell R^2 értéke savtartalom esetén 0,9336 és cukortartalom esetén 0,9348 volt, ami igen szoros korrelációt mutat. A modellek kellően szorosnak mondhatók. Minden vizsgált kémiai paraméter esetében elvégeztem a PLS regressziókat.



59. ábra (a) Saját készítésű tokaji borkülönlegességek és (b) az ebbe a modellbe belevetített kereskedelmi aszúminták cukortartalmának becslése elektronikus nyelvméréssel kapott adatokból PLS regresszióval



60. ábra (a) Saját készítésű tokaji borkülönlegességek és (b) az ebbe a modellbe belevetített kereskedelmi aszúminták savtartalmának becslése elektronikus nyelvméréssel kapott adatokból PLS regresszióval

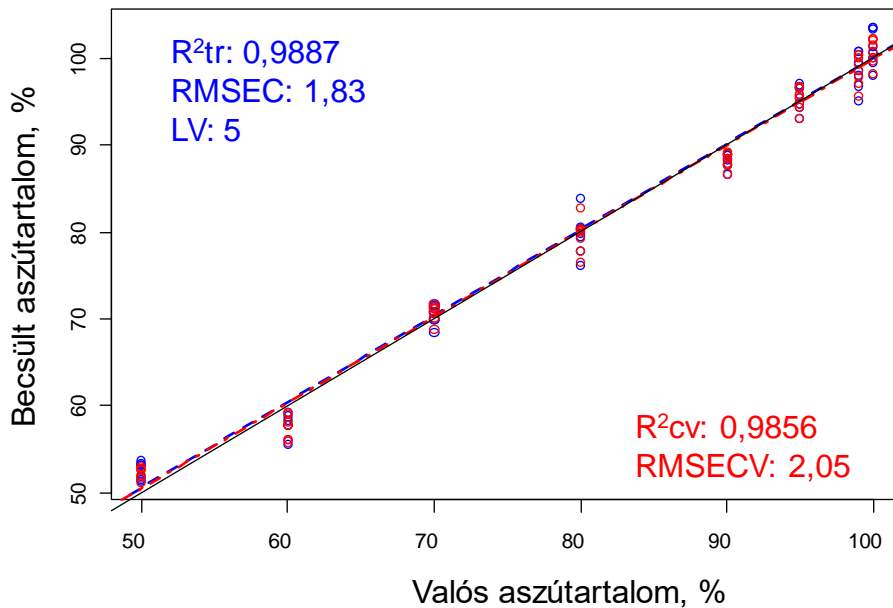
A 24. táblázatban foglaltam össze a kapott eredményeket. A kapott eredmények közül dőlttel jelöltem, ha az adott becslés regressziós koefficiens értéke magasabb. Jól lehetett becsülni a minták sav-, cukor-, összes polifenol-, catechin-, leukoantocianin-, és glicerintartalmát, valamint a pH értéket. A glükonsav becslése ebben az esetben nem volt megfelelő, de az aszúk minőségében jelentős szereppel bíró glicerín/glükonsav arányt vizsgálva szorosabb összefüggést fedeztem fel. Azokban az esetekben, amikor a validáció során magas R^2 értéket kaptam ($R^2 > 0,9$) becsültem a kereskedelmi aszúminták paramétereit a felállított modellek segítségével.

24. táblázat Aszúk és fordítások kémiai paramétereinek becslése az elektronikus nyelv adatainak felhasználásával

Becsült paraméter	Látens változók	Kalibráció		Validáció		Becslés	
		R ²	RMSEC	R ²	RMSECV	R ²	RMSEP
Alkoholtart. (vol.%)	4	0,7791	0,73	0,7328	0,80	-	-
Savtartalom (g/l)	5	0,9336	0,23	0,9237	0,25	0,9014	0,26
pH	4	0,9178	0,03	0,9045	0,03	0,8754	0,04
Cukortartalom (g/l)	3	0,9348	13,30	0,9271	14,01	0,9079	15,72
Illósav tartalom (g/l)	1	0,1724	0,07	0,1278	0,08	-	-
Összes polifenol tartalom (mg/l)	6	0,8578	16,29	0,8389	17,27	-	-
Katechin tartalom (mg/l)	4	0,9615	15,04	0,9533	16,47	-	-
Leukoantocianin tartalom (mg/l)	5	0,9494	58,62	0,9387	64,08	0,9201	68,63
Glicerin tartalom (g/l)	6	0,9499	1,01	0,9399	1,10	0,9098	1,22
Glükonsav tartalom (g/l)	5	0,6299	0,14	0,5811	0,15	-	-
Glicerin/ Glükonsav arány	4	0,9119	0,44	0,9002	0,47	0,8787	0,51

Összeségében megállapítható, hogy az elektronikus nyelv képes az aszúkra és fordításokra leginkább jellemző kémiai paraméterek becslésére. Sikeresen tudtam becsülni a felépített modellek segítségével a kereskedelmi minták kiválasztott kémiai tulajdonságait

A továbbiakban vizsgáltam, hogy PLS modell segítségével, hogyan lehet becsülni, hogy mekkora a hamisítás mértéke az eredeti aszúmintához képest (61. ábra). A saját készítésű hamisítási sorozat csoportjaira illesztett regressziós modell R² értéke 0,9856 volt a keresztvalidáció esetén, a validáció hibája alacsonynak adódott RMSECV=2,05, ami alapján alig több mint 2% pontossággal meg lehet becsülni, ha az eredeti aszúmintához sűrítményt és alapbort adtak hamisítás gyanánt.



61. ábra Hamisítási sorozat aszútartalmának becslése PLS modell alkalmazásával

5.5 Új tudományos eredmények

Az Alpha Astree elektronikus nyelvvel végzett mérések eredményei alapján az alábbi új tudományos eredményeket állapítottam meg. Ezek az eredmények a kísérletekben használt műszerre/szenzorra és mintákra bizonyítottak teljes mértékben, de véleményem szerint jelentősen hozzájárulnak az elektronikus nyelvről rendelkezésre álló ismereteinkhez. Dolgozatom jelentőségét növeli, hogy elektronikus nyelv műszerrel a tokaji borkülönlegességekben esetlegesen előforduló nem engedélyezett anyagok (cukor, mustsűrítmény) detektálására irányuló vizsgálatokat, ilyen típusú műszerrel még nem végeztek a felkutatott irodalmak alapján.

1. tézis

Elektronikus nyelv mérésen alapuló mérési módszert dolgoztam ki borok elemzésére. Az eredmények többváltozós módszerekkel (PCA, LDA) való feldolgozásával bebizonyítottam, hogy az ismétlési sorrend nagy mértékben befolyásolja a mérendő minták elkülöníthetőségét, valamint jelentős hatással van az érzékszervi tulajdonságok és az analitikai paraméterek becslésére. Vörösborok elemzésével megállapítottam, hogy a három különböző mérési módszer közül (teljes szekvencia ismétlés, részleges szekvencia ismétlés, mintánkénti ismétlés) a teljes szekvencia ismétlés módszere bizonyult a legjobbnak, és hogy a borok fajta szerinti osztályozásánál ezzel 100%-os átlagos helyes osztályba sorolás érhető el. Az érzékszervi tulajdonságok PLS becslési eredményei közül az érzékszervi édes és a savas íz intenzitás volt a legjobban becsülhető ($R^2=0,8314$ és $R^2=0,8282$). Az analitikai tulajdonságok közül a pH és a savtartalom volt legjobban becsülhető ($R^2=0,9887$ és $R^2=0,9503$).

2. tézis

Szenzorsorok összehasonlító mérése után, megállapítottam, hogy az élelmiszer-mérésekhez ajánlott szenzorsorral hatékonyabban el lehet különíteni egymástól a vizsgált fehérborokat fajta és borvidék szerint is, úgy, mint a Cserszegi fűszeres, Sauvignon blanc és Szürkebarát. Mérésekkel igazoltam, hogy az élelmiszer-mérésekhez ajánlott szenzorsorral hatékonyabban lehet becsülni a fehérborok érzékszervi és analitikai tulajdonságát is, mint a specifikus szenzorsorral. Az elektronikus nyelv eredményeiből becsült érzékszervi tulajdonságok közül a savas íz intenzitás volt a legjobban becsülhető ($R^2=0,9046$), és az analitikai paraméterek közül is a savtartalom volt a legjobban becsülhető ($R^2=0,9432$).

3. tézis

Bizonyítottam, hogy a 25-50%-os desztillált vizes hígítások és a hígítás nélküli vizsgáltok közül az 50%-os hígítási arány ideális az aszúborok elektronikus nyelv méréséhez. Az elektronikus nyelv eredményeiből becsült analitikai paraméterek közül a cukor- és a savtartalom volt a legjobban becsülhető ($R^2=0,9891$ és $R^2=0,9752$).

4. tézis

Bebizonyítottam, hogy az elektronikus nyelv alkalmas a különböző arányú felhasznált aszúszemekből készített aszúokban bekövetkező kémiai változások monoton követésére, erőteljes különbséget detektáltam a régi és új Tokaji termékleírás alapján elkészített aszúminták között. A helyes csoportba sorolási arány az alkalmazott 50%-os hígítási fokkal elérte a 100%-ot.

5. tézis

Mérésekkel igazoltam, hogy a kétféle minőségű aszúszem felhasználásával készített tokaji borkülönlegességek elkülöníthetők az elektronikus nyelv mérések alapján, mind az aszú, mind a fordítások tekintetében. A helyes csoportba sorolás 100%-osnak bizonyult.

6. tézis

Igazoltam, hogy kontrollált körülmények között készített aszúkból épített modellek segítségével kereskedelmi minták független becslésére alkalmas az elektronikus nyelv és a mérések alapján szoros korrelációval becsülhető a kereskedelmi aszúk sav- ($R^2=0,9014$; $RMSEP=0,26$), cukor- ($R^2=0,9079$; $RMSEP=15,72$) és glicerintartalma ($R^2=0,9098$; $RMSEP=1,22$).

7. tézis

Megállapítottam, hogy az elektronikus nyelvvel kapott eredmények alapján az aszúk mustsűrítmény tartalma szoros korrelációval becsülhető ($R^2=0,9856$, $RMSEcv=2,06\%$), így detektálható az ilyen jellegű hamisítás.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Kutatómunkám eredményei megalapozzák, hogy az elektronikus nyelv hatékony eszköze legyen borászati analitikai mérések elvégzésére. Ahhoz, hogy ez a műszer a gyakorlatban is megjelenjen, további üzemi környezetben történő mérésekre van szükség, de a kutatómunkám eredményei előrevetíthetik a berendezés alkalmazását.

Számos kiaknázatlan területen segíthetné a bortermelők munkáját is a műszer. Akár már a szüret alatt a mustok minőségének megállapításában a szőlő átvétele során, ugyanis gyakori probléma a szőlő, illetve a must minőségének meghatározása, amely alapján a felvásárló fizet a termelőnek. Az elektronikus nyelv objektív eszközként olyan eredményeket adhatna, amelyet mind a két fél köteles lenne elfogadni.

Mivel a mustban vagy borban nagyon kis változásokat is detektálhatunk, így az elektronikus nyelv alkalmas lehetne a borokban megjelenő ízhibák, borbetegségek felderítésére még mielőtt az emberi ízérzékeléssel detektálható lenne, ezzel is segítve a borász munkáját. A Tokaji borkülönlegességek esetében további izgalmas vizsgálati terület lehet a fahordós érlelés időtartamának becslése, vagy a Tokai édes borok megkülönböztetése a világ más botrítisztes boraitól (pl.: Sauternes, trockenbeerenauslese stb.). Az elektronikus nyelvet véleményem szerint nem csak a nagyüzemi borászatokban, de a kisebb családi borászatokban is sikeresen lehetne alkalmazni. A bor minőségének megőrzésében folyamatos monitoring eszközként lehetne alkalmazni.

Az általam használt elektronikus nyelv méreténél fogva rutinszerű eljárásra még nem alkalmas. A további kutatások során érdemes lehet kiterjeszteni a módszert más, potenciális hamisító anyagokra is, és egy akár hordozható kézi műszert kialakítani, amely gyors módszerként segíti a hatóság munkáját az ellenőrzések során. A szenzorok számának csökkentésével csökkenthetővé válna a műszer mérete is.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A szakirodalmi áttekintés során bemutattam, hogy milyen eredetvédelmi előírásoknak kell megfelelni a bortermelőknek a borkészítés során, és hogy milyen tényezők befolyásolhatják a borok ízét/minőségét, különös figyelmet fordítva a tokaji borkülönlegességekre, melyek közül az aszúszem minősége és a fahordós érlelés kiemelt fontosságú. A kutatók számos különböző módszert – kémiai, érzékszervi bírálat, elektronikus nyelv – alkalmaztak már, hogy vizsgálják a borok jellegét, ízét, analitikai paramétereit, detektálják az esetlegesen előforduló idegen anyagokat. Bemutattam az elektronikus nyelv fejlődését és alkalmazási területeit.

A szakirodalomban már lehet példákat találni az elektronikus nyelv borászati alkalmazására egészen a must értékelésétől a kész bor érlelésének vizsgálatáig. Magyarország különböző borvidékeiről származó fehér- és vörösborkok termőhely és fajta szerinti elkülönítésére, valamint Tokaji borkülönlegességek vizsgálatára még nem volt példa fellelhető nemzetközi irodalmakban. Továbbá a hazai termőhelyekre jellemző és borokban megjelenő ízek elektronikus nyelv adatokból történő becsülhetőségét sem vizsgálták még korábban. Céлом volt egy a hazai borsortimentet átölelő vizsgálat sorozat, ahol az elektronikus nyelv alkalmazhatóságát több mérés technikai szempontot figyelembe véve kísérleteket végeztem. Vizsgálataim két nagyobb területre irányultak, amelyek mindegyike két-két további rész témára oszlik. Kereskedelmi vörös és fehér bormintákat vizsgálata során a mérési sorrend és az alkalmazott szenzorok elektronikus nyelv eredményeit befolyásoló hatásokat elemeztem, miközben a borok megkülönböztetését tűztem ki célul fajták, valamint termőhelyek szerint. Mindkét bortípus esetén összefüggéseket kerestem az érzékszervi minősítés és az analitikai vizsgálatok elektronikus nyelvvel való elemzés eredményei között.

Vizsgáltam továbbá az elektronikus nyelv alkalmazhatóságát tokaji botritisz borkülönlegességek minőségének jellemzésében. Az optimális hígítási fokot keresve vizsgáltam a különböző aszúszem hányadú aszúborok elkülönítését az új szabályozás tükrében. Végezetül aszúk és fordítások, valamint kereskedelmi tokaji borkülönlegességek összehasonlító vizsgálatát végeztem el, valamint becsültem a minták kémiai paramétereit és megvizsgáltam, hogy az elektronikus nyelv milyen érzékenységgel tudja kimutatni, ha az aszút hamisítjuk sűrítménny és alapbor felhasználásával.

Vizsgálataim jelentős metodikai fejlesztést igényeltek, melyek során többféle módszerváltozót, több mérési módszert vizsgáltam és értékeltem eredményesség szempontjából (pl. ismétlési sorrend, hígítási fok, szenzor típus, statisztikai módszerek).

Az eredmények azt mutatták, hogy a három mérési módszer közül a teljes szekvencia ismétlés és a mintánkénti ismétlés bizonyult a leghatékonyabbnak a vörösborminták elkülönítése szempontjából, ha viszont a borfajta szerinti elkülönülést vizsgáljuk, akkor a teljes szekvencia ismétlés hatékonyabbnak bizonyult. A pH becslését illetően kaptam a legmagasabb determinációs együttható értéket, amely 0,98-nál magasabbnak adódott a validáció esetében. Összességében az a teljes szekvencia ismétlés bizonyult a leghatékonyabb módszernek a borok elkülönítésére, az érzékszervi és a kémiai paraméterek becslésére, így a további vizsgálatok során ezt a módszert alkalmaztam. Megállapítottam, hogy az élelmiszermérésekhez ajánlott szenzorsor és a specifikus szenzorsor is alkalmas a fehér fajtaborok elkülönítésére. Azonban az élelmiszermérésekhez ajánlott szenzorsorral hatékonyabban lehetett elkülöníteni a bormintákat fajta és termőhely szerint is. Továbbá az érzékszervi tulajdonságok és a kémiai paraméterek becslése során szintén megállapítható, hogy az élelmiszermérésekhez ajánlott szenzorsorral szorosabb összefüggés érhető el.

Az aszúk mérése során kapott eredmények tükrében megállapítható, hogy az 50%-os hígítás alkalmazása a legjobb a különbözőségek felderítésére. Amennyiben az aszúkat leginkább leíró kémiai paramétereket szeretnénk becsülni az elektronikus nyelv adatokból, akkor paramétertől függően a 25-50%-os hígítás esetén érhető el a legjobb eredmények. Összességében az 50%-os hígítást találtam a legideálisabbnak az aszúk méréséhez, így ezzel a hígítási fokkal vizsgáltam a további kísérleteim során a tokaji borkülönlegességeket. Az elektronikus nyelv képes volt elkülöníteni a vizsgált mintákat a hamisításoktól. A fordításokat szintén minden esetben el lehetett különíteni hiba nélkül az aszú mintáktól. A kereskedelmi aszú minták pedig az általam készített aszú mintákhoz hasonlítottak legjobban. Az elektronikus nyelv képes az aszúkra és fordításokra leginkább jellemző kémiai paraméterek becslésére. Sikeresen tudtam becsülni a felépített modellek segítségével a kereskedelmi minták kiválasztott kémiai tulajdonságait (pl.: $R^2_{\text{borkősav}}=0,9014$, $R^2_{\text{cukor}}=0,9079$, $R^2_{\text{glicerin}}=0,9098$). Megállapítottam, hogy az elektronikus nyelvvel kapott eredmények alapján az aszúk esetleges mustsűrítmény tartalma szoros korrelációval ($R^2=0,9856$) becsülhető.

A leírt eredmények hozzájárulhatnak egy objektív és jól reprodukálható minősítési rendszer kialakulásához. Továbbá az elektronikus nyelv használata nagyban segíthetné és gyorsíthatná az ellenőrző szervek munkáját az ellenőrzési folyamatokban.

8. SUMMARY

Through the publications from this study, the measures of origin protection for wines were illustrated. By standard, winemakers are required to follow these measures to guarantee the quality assurance of the product. Important factors which can influence the taste and the quality of the wines were detailed with particular attention to the Tokaj wine specialties, especially the quality of the *aszú* berry and the barrel aging. Researchers have applied several different methods (chemical, sensory analysis, biosensors) to analyze the taste and analytical parameters of the wines, or to detect any foreign substances. I introduced the development and application of electronic tongue.

From the oenological point of view, the processes involved in the evaluation of the grape must to the ageing of the wine with electronic tongue was deeply discussed. Until the publication of my research findings, there were no reports in literature to differentiate white and red wines from the different wine regions of Hungary according to the origin, variety, or generally about the analysis of Tokaj wine specialties. In addition, the electronic tongue has not been used for the prediction of the typical flavors of local wine which appear in domestic places in Hungary. My aim was to perform a series of experiments for some assorted Hungarian wines using the electronic tongue and different measurement techniques. My research focused on two major areas, each of which is divided into two further sub-topics. During the analysis of commercial red and white wine samples, I analyzed the effects of the measurement order and the electronic tongue results of the applied sensor arrays, while aiming at the differentiation of wines according to varieties and origin. For both white and red wines, I have determined correlations between the results of sensory analysis, analytical results and the sensor signals from the electronic tongue. I also tested the applicability of electronic tongue in characterizing the quality of Tokaj wine specialties. In order to find the optimum dilution level of *aszú* wines, I investigated the discriminatory ability of the electronic tongue in case of *aszú* wines and the effect of ratios of *aszú* berries on the electronic tongue results according to new standard regulations. Finally, I performed a study of the *aszú*, *fordítás* and commercial Tokaj wine specialties to predict the chemical parameters of the samples and examined the sensitivity of the electronic tongue to detect adulteration of *aszú* wines which contained base wine and must concentrate.

My research required significant methodological development, during evaluation of several variables, several measurement techniques in terms of effectiveness (e.g. sequence repetition, dilution ratio, sensor type, statistical methods). The results showed that from the three

measurement methods, complete sequence repetition and repetition per sample proved to be the most effective for discrimination of the red wine samples, but according to wine variety discrimination the complete sequence repeat was more efficient. Highest determination coefficient (R^2) was found for the prediction of pH, which was higher than 0.98 for validation. Overall, the complete sequence repetition proved to be the most effective method to evaluate wines, or predict sensory and chemical parameters, so this method was used in further studies. The study proved that both sensor arrays (recommended for the food measurement and the specific sensor arrays) were suitable for discriminating white wines. It was also possible to achieve better separation of the wine samples by variety and origin with the sensor array which recommended by the manufacturers for food measurements. In addition, during the electronic tongue measurement with the sensor array which recommended for food, and the sensory attributes and chemical parameters could be predicted with closer correlation than using the specific sensor array.

Dilution level of 50% gave the best result in detecting the differences between *aszú* wines according to the results. For predicting *aszú* wine chemical parameters with the electronic tongue, 25-50% wine dilution gave the best result depending on the parameter of interest.

The electronic tongue was able to separate the tested specialties from the adulterated wines. The *fordítás* wines could also be separated from the *aszú* wine samples without any error. The commercial *aszú* samples were the most similar to the self-made *aszú* samples. The electronic tongue was able to predict the chemical parameters of paramount importance for *aszú* and *fordítás* wine quality. Using the built models, the selected chemical parameters of commercial *aszú* wine samples could be predicted successfully (e.g.: $R^2_{\text{tart.acid}}=0.9014$, $R^2_{\text{sugar}}=0.9079$, $R^2_{\text{glycerol}}=0.9098$). In conclusion, must concentrate concentration in *aszú* wine could be predicted with close correlation ($R^2=0.9856$) using the electronic tongue

The results can contribute to the development of an objective and reproducible monitoring system. Furthermore, the use of electronic tongue presents high sensitivity, waste free and rapid real-time analysis that can be adopted by the control authorities.

9. MELLÉKLETEK

9.1 Irodalomjegyzék

1. AlphaM.O.S., 2002. T-SAS-04 Astree Electrochemical Sensor Technology, in: Alpha Astree Technical Note. Alpha M.O.S., Toulouse.
2. Apetrei, C., Apetrei, I.M., Nevares, I., del Alamo, M., Parra, V., Rodríguez-Méndez, M.L., De Saja, J.A., 2007. Using an e-tongue based on voltammetric electrodes to discriminate among red wines aged in oak barrels or aged using alternative methods. Correlation between electrochemical signals and analytical parameters. *Electrochim. Acta* 52, 2588–2594. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2006.09.014>
3. Apetrei, I.M., Apetrei, C., 2014. Detection of virgin olive oil adulteration using a voltammetric e-tongue. *Comput. Electron. Agric.* 108, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.08.002>
4. Apetrei, I.M., Rodríguez-Méndez, M.L., Apetrei, C., Nevares, I., del Alamo, M., de Saja, J.A., 2012. Monitoring of evolution during red wine aging in oak barrels and alternative method by means of an electronic panel test. *Food Res. Int.* 45, 244–249. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.034>
5. Arrieta, A.A., Apetrei, C., Rodriguez-Mendez, M.L., de Saja, J.A., 2004. Voltammetric sensor array based on conducting polymer-modified electrodes for the discrimination of liquids. *Electrochim. Acta* 49, 4543–4551. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2004.04.039>
6. Arshak, K., Moore, E., Lyons, G.M., Harris, J., Clifford, S., 2004. A review of gas sensors employed in electronic nose applications, in: *Sensor Review*. Emerald Group Publishing Limited, pp. 181–198. <https://doi.org/10.1108/02602280410525977>
7. Artigas, J., Jiménez, C., Domínguez, C., Mínguez, S., Gonzalo, A., Alonso, J., 2003. Development of a multiparametric analyser based on ISFET sensors applied to process control in the wine industry. *Sensors Actuators, B Chem.* 89, 199–204. [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(02\)00464-1](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(02)00464-1)
8. Bene, Z., 2004. Aszúbogyók élesztő- és penészbiotájának tanulmányozása Tokaj-hegyalján. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási egyetem.
9. Bényei, F., Lőrincz, A., 2005. Borszőlőfajták, csemegeszlő-fajták és alanyok. Mezőgazda kiadó.
10. Bergveld, P., 1970. Development of an ion-sensitive solid-state device for neurophysiological measurements. *IEEE Trans Biomed Eng.* 17, 70–71.
11. Berrueta, L.A., Alonso-Salces, R. M. Heberger, K., 2007. Supervised pattern recognition in food analysis. *J. Chromatogr. A* 196–214.

12. Buratti, S., Ballabio, D., Benedetti, S., Cosio, M.S., 2007. Prediction of Italian red wine sensorial descriptors from electronic nose, electronic tongue and spectrophotometric measurements by means of Genetic Algorithm regression models. *Food Chem.* 100, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.040>
13. Cetó, Xavi, Apetrei, C., Del Valle, M., Rodríguez-Méndez, M.L., 2014. Evaluation of red wines antioxidant capacity by means of a voltammetric e-tongue with an optimized sensor array. *Electrochim. Acta* 120, 180–186. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2013.12.079>
14. Cetó, Xavier, Capdevila, J., Mínguez, S., del Valle, M., 2014. Voltammetric BioElectronic Tongue for the analysis of phenolic compounds in rosé cava wines. *Food Res. Int.* 55, 455–461. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.025>
15. Cetó, X., González-Calabuig, A., Capdevila, J., Puig-Pujol, A., Del Valle, M., 2015. Instrumental measurement of wine sensory descriptors using a voltammetric electronic tongue. *Sensors Actuators, B Chem.* 207, 1053–1059. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.09.081>
16. Ciosek, P., Wroblewski, W., 2007. Sensor arrays for liquid sensing - electronic tongue systems. *Analyst* 132, 963–978. <https://doi.org/10.1039/b705107g>
17. Cole, M., Spulber, I., Gardner, J.W., 2015. Surface acoustic wave electronic tongue for robust analysis of sensory components. *SENSORS AND ACTUATORS B-CHEMICAL* 207, 1147–1153. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.09.029>
18. Cremer, M., 1906. Über die Ursache der elektromotorischen Eigenschaften der Gewebe, zugleich ein Beitrag zur Lehre von den polyphasischen Elektrolytketten. *Z. Biol.* 47, 562–608.
19. Cuartero, M., Carretero, A., Garcia, M.S., Ortuno, J.A., 2015. New Potentiometric Electronic Tongue for Analysing Teas and Infusions. *Electroanalysis* 27, 782–788. <https://doi.org/10.1002/elan.201400586>
20. del Valle, M., 2010. Electronic Tongues Employing Electrochemical Sensors. *Electroanalysis* 22, 1539–1555. <https://doi.org/10.1002/elan.201000013>
21. Di Natale, C., D'Amico, A., Vlasov, Y., Legin, A. V., Rudnitskaya, A.M., 1995. No Title, in: *Proceedings of the 1995 8th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, and Eurosensors IX. Part 2 (of 2)*. Stockholm, p. 512.
22. Di Natale, C., Paolesse, R., Burgio, M., Martinelli, E., Pennazza, G., D'Amico, A., 2004. Application of metalloporphyrins-based gas and liquid sensor arrays to the analysis of red wine. *Anal. Chim. Acta* 513, 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.11.017>
23. Dias, L.A., Peres, A.M., Veloso, A.C.A., Reis, F.S., Vilas-Boas, M., Machado, A.A.S.C., 2009. An electronic tongue taste evaluation: Identification of goat milk adulteration with

- bovine milk. *Sensors Actuators, B Chem.* 136, 209–217. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2008.09.025>
24. Dittrich, H., Grossmann, H., 2011. *Mikrobiologie des Weines*, 4th ed. Ulmer, Stuttgart.
 25. Dymerski, T., Gebicki, J., Wardencki, W., Namiesnik, J., 2014. Application of an Electronic Nose Instrument to Fast Classification of Polish Honey Types. *SENSORS* 14, 10709–10724. <https://doi.org/10.3390/s140610709>
 26. Dymerski, T.M., Chmiel, T.M., Wardencki, W., 2011. Invited Review Article: An odor-sensing system-powerful technique for foodstuff studies. *Rev. Sci. Instrum.* 82. <https://doi.org/10.1063/1.3660805>
 27. Eperjesi, I., 2010. *Borászati technológia. Mezőgazda kiadó.*
 28. Eperjesi, I., Kállay, M., Magyar, I., 1998. *Borászat*, 1st ed. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
 29. Escuder-Gilabert, L., Peris, M., 2010. Review: Highlights in recent applications of electronic tongues in food analysis. *Anal. Chim. Acta* 665, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.03.017>
 30. Ferreira, E.J., Pereira, R.C.T., Delbem, A.C.B., Oliveira Jr., O.N., Mattoso, L.H.C., 2007. Random subspace method for analysing coffee with electronic tongue. *Electron. Lett.* 43, 1138–1140. <https://doi.org/10.1049/e1:20071182>
 31. Fitzgerald, J., Fenniri, H., 2017. Cutting Edge Methods for Non-Invasive Disease Diagnosis Using E-Tongue and E-Nose Devices. *BIOSENSORS-BASEL* 7. <https://doi.org/10.3390/bios7040059>
 32. Flambeau, K.J., Lee, W.-J., Yoon, J., 2017. Discrimination and geographical origin prediction of washed specialty Bourbon coffee from different coffee growing areas in Rwanda by using electronic nose and electronic tongue. *FOOD Sci. Biotechnol.* 26, 1245–1254. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0168-1>
 33. Flanzky, M., Aubert, S., Marinos, M., 1969. New technique for determination of leucoanthocyanic tannin. *Ann. Technol. Agric* 18, 327–328.
 34. Gál, P., Kiss, A., 2012. *Élelmiszerbiztonság, -Ellenőrzés, Eredetvédelem. Borkultúra Központ, Eger.*
 35. Garcia-Hernandez, C., Salvo Comino, C., Martin-Pedrosa, F., Rodriguez-Mendez, M.L., Garcia-Cabezon, C., 2018. Impedimetric electronic tongue based on nanocomposites for the analysis of red wines. Improving the variable selection method. *SENSORS AND ACTUATORS B-CHEMICAL* 277, 365–372. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.09.023>
 36. Gay, M., Apetrei, C., Nevaes, I., Del Alamo, M., Zurro, J., Prieto, N., De Saja, J.A., Rodríguez-Méndez, M.L., 2010. Application of an electronic tongue to study the effect of the use of pieces of wood and micro-oxygenation in the aging of red wine. *Electrochim.*

- Acta 55, 6782–6788. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2010.05.090>
37. Ghasemi-Varnamkhasti, M., Apetrei, C., Lozano, J., Anyogu, A., 2018. Potential use of electronic noses, electronic tongues and biosensors as multisensor systems for spoilage examination in foods. *TRENDS FOOD Sci. Technol.* 80, 71–92. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.018>
 38. Ghasemi-Varnamkhasti, M., Rodríguez-Méndez, M.L., Mohtasebi, S.S., Apetrei, C., Lozano, J., Ahmadi, H., Razavi, S.H., Antonio de Saja, J., 2012. Monitoring the aging of beers using a bioelectronic tongue. *Food Control* 25, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.10.020>
 39. Gonzalez-Calabuig, A., del Valle, M., 2018. Voltammetric electronic tongue to identify Brett character in wines. On-site quantification of its ethylphenol metabolites. *Talanta* 179, 70–74. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.10.041>
 40. Gutiérrez, M., Llobera, A., Vila-Planas, J., Capdevila, F., Demming, S., Büttgenbach, S., Mínguez, S., Jiménez-Jorquera, C., 2010. Hybrid electronic tongue based on optical and electrochemical microsensors for quality control of wine. *Analyst* 135, 1718–1725. <https://doi.org/10.1039/c0an00004c>
 41. Hong, X., Wang, J., Qiu, S., 2014. Authenticating cherry tomato juices-Discussion of different data standardization and fusion approaches based on electronic nose and tongue. *Food Res. Int.* 60, 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.039>
 42. Jung, H.Y., Kwak, H.S., Kim, M.J., Kim, Y., Kim, K.-O., Kim, S.S., 2017. Comparison of a descriptive analysis and instrumental measurements (electronic nose and electronic tongue) for the sensory profiling of Korean fermented soybean paste (doenjang). *J. Sens. Stud.* 32. <https://doi.org/10.1111/joss.12282>
 43. Kállay, M., 2010. *Borászati kémia*. Mezőgazda kiadó, Budapest.
 44. Kimmel, D.W., LeBlanc, G., Meschievitz, M.E., Cliffel, D.E., 2012. Electrochemical Sensors and Biosensors. *Anal. Chem.* 84, 685–707. <https://doi.org/10.1021/ac202878q>
 45. Kirsanov, D., Mednova, O., Vietoris, V., Kilmartin, P.A., Legin, A., 2012. Towards reliable estimation of an “electronic tongue” predictive ability from PLS regression models in wine analysis. *Talanta* 90, 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.01.010>
 46. Kovács, Z., 2012. Módszer elektronikus nyelvvel végzett méréseknél fellépő zavaró hatások csökkentésére, Doktori ér. ed. Budapesti Corvinus Egyetem.
 47. Kovács, Z., Dalmadi, I., Lukács, L., László, S., Szántai-Kohegyi, K., Kókai, Z., Fekete, A., 2010. Geographical origin identification of pure Sri Lanka tea infusions with electronic nose, electronic tongue and sensory profile analysis. *J. Chemom.* 24, 121–130. <https://doi.org/10.1002/cem.1280>

48. Kovács, Z., Sipos, L., Szöllösi, D., Kókai, Z., Székely, G., Fekete, A., 2011. Electronic Tongue and Sensory Evaluation for Sensing Apple Juice Taste Attributes. *Sens. Lett.* 9, 1273–1281. <https://doi.org/10.1166/sl.2011.1687>
49. Kutyla-Olesiuk, A., Wesoly, M., Wroblewski, W., 2018. Hybrid Electronic Tongue as a Tool for the Monitoring of Wine Fermentation and Storage Process. *Electroanalysis* 30, 1983–1989. <https://doi.org/10.1002/elan.201800093>
50. Lan, Y., Wu, J., Wang, X., Sun, X., Hackman, R.M., Li, Z., Feng, X., 2017. Evaluation of antioxidant capacity and flavor profile change of pomegranate wine during fermentation and aging process. *FOOD Chem.* 232, 777–787. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.030>
51. Legin, A., Rudnitskaya, A., Lvova, L., Vlasov, Y., Di Natale, C., D’Amico, A., 2003. Evaluation of Italian wine by the electronic tongue: Recognition, quantitative analysis and correlation with human sensory perception. *Anal. Chim. Acta* 484, 33–44. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(03\)00301-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(03)00301-5)
52. Legin, A., Rudnitskaya, A., Vlasov, Y., Di Natale, C., Mazzone, E., D’Amico, A., 1999. Application of Electronic Tongue for Quantitative Analysis of Mineral Water and Wine. *Electroanalysis* 11, 814–820. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-4109\(199907\)11:10<814::AID-ELAN814>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-4109(199907)11:10<814::AID-ELAN814>3.0.CO;2-7)
53. Legin, A., Rudnitskaya, A., Vlasov, Y.G., Di Natale, C., Davide, F., D’Amico, A., 1997. Tasting of beverages using an electronic tongue. *Sensors Actuators, B Chem.* 44, 291–296. [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(97\)00167-6](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(97)00167-6)
54. Li, X., Li, S., Liu, Q., Chen, Z., 2019. Electronic-Tongue Colorimetric-Sensor Array for Discrimination and Quantitation of Metal Ions Based on Gold-Nanoparticle Aggregation. *Anal. Chem.* 91, 6315–6320. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b01139>
55. Liu, X., 2018. APPLICATION OF ELECTRONIC TONGUE TECHNOLOGY AND MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS IN WATER ENVIRONMENT. *FRESENIUS Environ. Bull.* 27, 5107–5112.
56. Lopetcharat, K., Kulapichitr, F., Suppavorasatit, I., Chodjarusawad, T., Phatthara-aneksin, A., Pratontep, S., Borompichaichartkul, C., 2016. Relationship between overall difference decision and electronic tongue: Discrimination of civet coffee. *J. Food Eng.* 180, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.02.011>
57. Luz Rodriguez-Mendez, M., Garcia-Hernandez, C., Medina-Plaza, C., Garcia-Cabezon, C., de Saja, J., 2016. Multisensor systems based on phthalocyanines for monitoring the quality of grapes. *J. Porphyr. Phthalocyanines* 20, 889–894. <https://doi.org/10.1142/S1088424616500796>

58. Lvova, L., Pudi, R., Galloni, P., Lippolis, V., Di Natale, C., Lundström, I., Paolesse, R., 2015. Multi-transduction sensing films for Electronic Tongue applications. *Sensors Actuators, B Chem.* 207, 1076–1086. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.10.086>
59. Magyar, I., 2011. Botrytized Wines, in: Jackson, RS (Ed.), *ADVANCES IN FOOD AND NUTRITION RESEARCH, VOL 63: SPECIALITY WINES*, Advances in Food and Nutrition Research. ELSEVIER ACADEMIC PRESS INC, 525 B STREET, SUITE 1900, SAN DIEGO, CA 92101-4495 USA, pp. 147–206. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384927-4.00006-3>
60. Magyar, I., Bene, Z., 2006. Morphological and taxonomic study on mycobiota of noble rotted grapes in the Tokaj wine district. *Acta Aliment.* 35, 237–246. <https://doi.org/10.1556/AAlim.35.2006.2.11>
61. Magyar, I., Soós, J., 2016. Botrytized wines - Current perspectives. *Int. J. Wine Res.* 8. <https://doi.org/10.2147/IJWR.S100653>
62. Medina-Plaza, C., Revilla, G., Munoz, R., Antonio Fernandez-Escudero, J., Barajas, E., Medrano, G., de Sajaf, J., Luz Rodriguez-Mendez, M., 2014. Electronic tongue formed by sensors and biosensors containing phthalocyanines as electron mediators. Application to the analysis of red grapes. *J. Porphyr. Phthalocyanines* 18, 76–86. <https://doi.org/10.1142/S1088424613501137>
63. Meilgaard, M.C., Carr, B.T., Civille, G. V, 1999. *Sensory Evaluation Techniques*, Third Edition. Taylor & Francis.
64. Miklosy, E., Kalmar, Z., Kerenyi, Z., 2004. Identification of some characteristic aroma compounds in noble rotted grape berries and Aszu wines from Tokaj by GC-MS. *ACTA Aliment.* 33, 215–226. <https://doi.org/10.1556/AAlim.33.2004.3.2>
65. Miklosy, E., Kalmar, Z., Polos, V., Kerenyi, Z., 2000. Study of volatile aroma components in young Tokaji Aszu wines by GC-MS. *Chromatographia* 51, S305–S308. <https://doi.org/10.1007/BF02492823>
66. Miklosy, E., Kerenyi, Z., 2004. Comparison of the volatile aroma components in noble rotted grape berries from two different locations of the Tokaj wine district in Hungary. *Anal. Chim. Acta* 513, 177–181. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.11.087>
67. Moreno I Codinachs, L., Kloock, J.P., Schöning, M.J., Baldi, A., Ipatov, A., Bratov, A., Jiménez-Jorquera, C., 2008. Electronic integrated multisensor tongue applied to grape juice and wine analysis. *Analyst* 133, 1440–1448. <https://doi.org/10.1039/b801228h>
68. Moschopoulou, G., Mavrikou, S., Valdes, D., Kintzios, S., 2018. Comparative Study of a Cell-Based and Electrochemical Biosensor for the Rapid Detection of 2,4,6-Trichloroanisole in Barrel Water Extracts. *Beverages* 5.

<https://doi.org/10.3390/beverages5010001>

69. Murányi, Z., Oldal, V., 2012. Borászati analitika. Borkultúra Központ, Eger.
70. Nagle, H.T., Gutierrez-Osuna, R., Schiffman, S.S., 1998. The how and why of electronic noses. *IEEE Spectr.* 35, 22–34. <https://doi.org/10.1109/6.715180>
71. Nagy, Á., 2006. A bor érzékszervi bírálata. Mezőgazda kiadó, Budapest.
72. Obádovics, C., 2006. Adatfeldolgozás módszerei, in: *Elektronikus Jegyzet. SZIE-GTK, Gödöllő.*
73. Oberholster, A., Elmendorf, B.L., Lerno, L.A., King, E.S., Heymann, H., Breneman, C.E., Boulton, R.B., 2015. Barrel maturation, oak alternatives and micro-oxygenation: Influence on red wine aging and quality. *Food Chem.* 173, 1250–1258. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.043>
74. Oliveri, P., Casolino, M.C., Forina, M., 2010. *Chemometric Brains for Artificial Tongues, Advances in Food and Nutrition Research.* Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374468-5.00002-7>
75. Otto, M., Thomas, J.D.R., 1985. Model studies on multiple channel analysis of free magnesium, calcium, sodium, and potassium at physiological concentration levels with ion-selective electrodes. *Anal. Chem.* 57, 2647–2651.
76. Ouyang, Q., Zhao, J., Chen, Q., 2014. Instrumental intelligent test of food sensory quality as mimic of human panel test combining multiple cross-perception sensors and data fusion. *Anal. Chim. Acta* 841, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2014.06.001>
77. Parra, V., Arrieta, Á.A., Fernández-Escudero, J.A., Íñiguez, M., Saja, J.A. De, Rodríguez-Méndez, M.L., 2006a. Monitoring of the ageing of red wines in oak barrels by means of an hybrid electronic tongue. *Anal. Chim. Acta* 563, 229–237. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.09.044>
78. Parra, V., Arrieta, Á.A., Fernández-Escudero, J.A., Rodríguez-Méndez, M.L., De Saja, J.A., 2006b. Electronic tongue based on chemically modified electrodes and voltammetry for the detection of adulterations in wines. *Sensors Actuators, B Chem.* 118, 448–453. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2006.04.043>
79. Parra, V., Hernando, T., Rodríguez-Méndez, M.L., De Saja, J.A., 2004. Electrochemical sensor array made from bisphthalocyanine modified carbon paste electrodes for discrimination of red wines. *Electrochim. Acta* 49, 5177–5185. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2004.06.031>
80. Peris, M., Escuder-Gilabert, L., 2013. On-line monitoring of food fermentation processes using electronic noses and electronic tongues: A review. *Anal. Chim. Acta* 804, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2013.09.048>

81. Persaud, K., Dodd, G., 1982. Analysis of discrimination mechanism in the mammalian olfactory system using a model nose. *Nature* 299, 488. <https://doi.org/10.1093/nq/s5-IV.103.488c>
82. Phat, C., Moon, B., Lee, C., 2016. Evaluation of umami taste in mushroom extracts by chemical analysis, sensory evaluation, and an electronic tongue system. *FOOD Chem.* 192, 1068–1077. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.113>
83. Poghossian, A., Geissler, H., Schoening, M.J., 2019. Rapid methods and sensors for milk quality monitoring and spoilage detection. *Biosens. Bioelectron.* 140, 18–31. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.04.040>
84. Prieto, N., Rodriguez-Méndez, M.L., Leardi, R., Oliveri, P., Hernando-Esquisabel, D., Iñiguez-Crespo, M., de Saja, J.A., 2012. Application of multi-way analysis to UV-visible spectroscopy, gas chromatography and electronic nose data for wine ageing evaluation. *Anal. Chim. Acta* 719, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.01.009>
85. Rebelein, H., 1965. Beitrag zur Bestimmung des Catechingehaltes in Wein. *Dtsch. Leb.* 61, 182–183.
86. Ribereau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donéche, B., Lonvaud-Funel, A., 1998. The microbiology of wine and vinification, in: *Handbook of Enology*. Wiley, New York, pp. 410–419.
87. Ribereau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Doneche, B., Lonvaud, A., 2006. Botrytized sweet wines (Sauternes and Tokay), in: *Handbook of Enology*. John Wiley & Sons, pp. 449–458.
88. Roca, P., 2019. *Conjuncture Vitivinicole Mondiale 2018*. O.I.V.
89. Rodriguez-Mendez, M.L., Arrieta, A.A., Parra, V., Bernal, A., Vegas, A., Villanueva, S., Gutierrez-Osuna, R., de Saja, J.A., 2004. Fusion of three sensory modalities for the multimodal characterization of red wines. *IEEE Sens. J.* 4, 348–354. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2004.824236>
90. Rodríguez-Méndez, M.L., Parra, V., Apetrei, C., Villanueva, S., Gay, M., Prieto, N., Martínez, J., De Saja, J.A., 2008. Electronic tongue based on voltammetric electrodes modified with materials showing complementary electroactive properties. *Applications. Microchim. Acta* 163, 23–31. <https://doi.org/10.1007/s00604-007-0907-8>
91. Rudnitskaya, A., Delgadillo, I., Legin, A., Rocha, S.M., Costa, A.M., Simões, T., 2007. Prediction of the Port wine age using an electronic tongue. *Chemom. Intell. Lab. Syst.* 87, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2006.07.005>
92. Rudnitskaya, A., Rocha, S.M., Legin, A., Pereira, V., Marques, J.C., 2010. Evaluation of the feasibility of the electronic tongue as a rapid analytical tool for wine age prediction and quantification of the organic acids and phenolic compounds. The case-study of Madeira

- wine. *Anal. Chim. Acta* 662, 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.12.042>
93. Rudnitskaya, A., Schmidtke, L.M., Reis, A., Domingues, M.R.M., Delgadillo, I., Debus, B., Kirsanov, D., Legin, A., 2017. Measurements of the effects of wine maceration with oak chips using an electronic tongue. *FOOD Chem.* 229, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.013>
94. Saha, P., Roy, N., Mukherjee, D., Sarkar, A.K., 2016. Application of Principal Component Analysis for Outlier Detection in Heterogeneous Traffic Data. *Procedia Comput. Sci.* 83, 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.04.105>
95. Santos, J.P., Cabellos, J.M., Arroyo, T., Alexandre, M., Horrillo, M.C., 2015. Malolactic fermentation monitoring with a portable electronic nose, in: 16th International Symposium on Electronic Noses ISOEN2015. Book of abstracts, Dijon, p. Abstract Number: 66.
96. Sarrazin, E., Dubourdieu, D., Darriet, P., 2007. Characterization of key-aroma compounds of botrytized wines, influence of grape botrytization. *FOOD Chem.* 103, 536–545. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.026>
97. Schaller, E., Bosset, J.O., Escher, F., 1998. 'Electronic noses' and their application to food. *FOOD Sci. Technol. Technol.* 31, 305–316.
98. Schmidtke, L.M., Clark, A.C., Scollary, G.R., 2011. Micro-Oxygenation of Red Wine: Techniques, Applications, and Outcomes. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51, 115–131. <https://doi.org/10.1080/10408390903434548>
99. Schreier, P., Drawert, F., Kerényi, Z., 1976. Gaschromatographisch massenspektrometrische Untersuchung flüchtiger Inhaltsstoffe des Weines VI. Aromastoffe in Tokajer Trockenbeereauslese (Aszu)-Weinen. *Leb. Unters. Forsch.* 161, 249–258.
100. Sliwińska, M., Wisniewska, P., Dymerski, T., Namiesnik, J., Wardencki, W., 2014. Food Analysis Using Artificial Senses. *J. Agric. Food Chem.* 62, 1423–1448.
101. Soós, J., Kozits, S., Kovács, Z., Várvolgyi, E., Szöllösi, D., Fekete, A., 2013. Application of electronic tongue to beverages. *Acta Aliment.* 42, 90–98. <https://doi.org/10.1556/aalim.42.2013.suppl.11>
102. Sun, H., Mo, Z.H., Choy, J.T.S., Zhu, D.R., Fung, Y.S., 2008. Piezoelectric quartz crystal sensor for sensing taste-causing compounds in food. *Sensors Actuators, B Chem.* 131, 148–158. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2007.12.014>
103. Szöllösi, D., 2016. Íz-kölcsönhatások elemzése elektronikus nyelvvel. Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.
104. Szöllosi, D., Kovács, Z., Gere, A., Sípos, L., Kókai, Z., Fekete, A., 2011. Sensory evaluation and electronic tongue analysis for sweetener recognition in coke drinks. *AIP Conf. Proc.* 1362, 193–194. <https://doi.org/10.1063/1.3626355>

105. Tahara, Y., Toko, K., 2013. Electronic tongues-a review. *IEEE Sens. J.* 13, 3001–3011. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2013.2263125>
106. Teissedre, L., Doneche, B., 2013. Botrytized wines: sauternes, German wines, in: Mencarelli, F., Tonutti, P. (Eds.), *Sweet, Reinforced and Fortified Wines: Grape Biochemistry, Technology and Vinification*. John Wiley & Sons, Oxford, pp. 285–299.
107. Toko, K., 1996. Taste sensor with global selectivity. *Mater. Sci. Eng. C* 4, 69–82. [https://doi.org/10.1016/0928-4931\(96\)00134-8](https://doi.org/10.1016/0928-4931(96)00134-8)
108. Varelas, V., Sanvicens, N., M-Pilar-Marco, Kintzios, S., 2011. Development of a cellular biosensor for the detection of 2,4,6-trichloroanisole (TCA). *Talanta* 84, 936–940. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.02.029>
109. Várvölgyi, E., Kozits, S., Soós, J., Szöllosi, D., Kovács, Z., Fekete, A., 2012. Application of electronic tongue for distinguishing coffee samples and predicting sensory attributes. *Prog. Agric. Eng. Sci.* 8. <https://doi.org/10.1556/Progress.8.2012.5>
110. Veloso, A.C.A., Dias, L.G., Rodrigues, N., Pereira, J.A., Peres, A.M., 2016. Sensory intensity assessment of olive oils using an electronic tongue. *Talanta* 146, 585–593. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.08.071>
111. VINGIS, 2014. Borászati termékek oltalom alatt álló eredetmegjelölése. Földmérési és Távérzékelési Intézet VINGIS osztálya.
112. Vivas, N., De Gaulejac, N.V., Vitry, C., Bourden-Nonier, M.F., Chauvet, S., Doneche, B., Absalon, C., Mouche, C., 2010. Occurrence and specificity of glucose oxidase (E.C: 1.1.3.4) in botrytized sweet white wine. Comparison with laccase (E.C: 1.10.3.2), considered as the main responsible factor for oxidation in this type of wine. *VITIS* 49, 113–120.
113. Vlasov, Y., Legin, A., 1998. Non-selective chemical sensors in analytical chemistry: From “electronic nose” to “electronic tongue.” *Fresenius. J. Anal. Chem.* 361, 255–260. <https://doi.org/10.1007/s002160050875>
114. Wang, H., Sun, H., 2019. Potential use of electronic tongue coupled with chemometrics analysis for early detection of the spoilage of *Zygosaccharomyces rouxii* in apple juice. *FOOD Chem.* 290, 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.120>
115. Wasilewski, T., Migon, D., Gebicki, J., Kamysz, W., 2019. Critical review of electronic nose and tongue instruments prospects in pharmaceutical analysis. *Anal. Chim. Acta* 1077, 14–29. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.05.024>
116. Wei, Z., Wang, J., 2014. Tracing floral and geographical origins of honeys by potentiometric and voltammetric electronic tongue. *Comput. Electron. Agric.* 108, 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.07.014>

117. Winquist, F., 2008. Voltammetric electronic tongues - basic principles and applications. *Microchim. ACTA* 163, 3–10. <https://doi.org/10.1007/s00604-007-0929-2>
118. Winquist, F., Holmin, S., Krantz-Rulcker, C., Wide, P., Lundstrom, I., 2000. A hybrid electronic tongue. *Anal. Chim. Acta* 406, 147–157. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(99\)00767-9](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(99)00767-9)
119. Winquist, F., Krantz-Rulcker, C., Lundstrom, I., 2004. Electronic tongues. *MRS Bull.* 29, 726–731. <https://doi.org/10.1557/mrs2004.210>
120. Winquist, F., Krantz-Rülcker, C., Lundström, I., 2002. Electronic Tongues and Combinations of Artificial Senses. *Sensors Updat.* 11, 279–306. <https://doi.org/10.1002/seup.200211107>
121. Yaroshenko, I.S., Kirsanov, D.O., Wang, P., Ha, D., Wan, H., He, J., Vlasov, Y.G., Legin, A. V, 2015. Determination of the toxicity of herb preparations of the traditional Chinese medicine with a multisensor system. *Russ. J. Appl. Chem.* 88, 72–81. <https://doi.org/10.1134/S1070427215010115>
122. Zhi, R., Zhao, L., Zhang, D., 2017. A Framework for the Multi-Level Fusion of Electronic Nose and Electronic Tongue for Tea Quality Assessment. *SENSORS* 17. <https://doi.org/10.3390/s17051007>

Szabványok és törvények:

1. MSZ ISO 11035:2001 Érzékszervi vizsgálat. A leíró kifejezések azonosítása és kiválasztása érzékszervi profilhoz többdimenziós eljárással
2. MSZ ISO 3591-2015: Érzékszervi vizsgálat. Eszközök. Borkóstoló pohár.
3. MSZ 14849-1979: Borok pH-jának meghatározása.
4. MSZ 9458-1972: Borvizsgálatok. Szesztartalom meghatározás lepárlással.
5. MSZ 9463-1985: Borok extrakttartalmának meghatározása piknométeres módszerrel.
6. MSZ 9472-1986: Borok összes savtartalmának meghatározása.
7. MSZ 9479-1980: Borok cukortartalmának meghatározása Rebelein-módszerrel.
8. MSZ 9474-1980: Borok összes polifenol tartalmának meghatározása galluszsavra kalibrálva
9. MSZ 9473-1987 Borok illósav tartalmának meghatározása
10. 2004. évi XVIII. törvény a szőlőtermesztésről és a borgazdálkodásról

Internetes források:

1. Hatályos jogszabályok: <https://boraszat.kormany.hu/jogszabalyok> (2019.június 10.)
2. Tokaj oltalom alatt álló eredetmegjelölés termékleírás 8. változat (2017) <https://boraszat.kormany.hu/tokaj> (2019.június 10.)

9.2 Borkészítés szabályozása Magyarországon

25. táblázat Borászati termékek készítésére vonatkozó jogszabályok (Forrás: <https://boraszat.kormany.hu/jogszabalyok>)

Jogszabály száma	Címe
1308/2013/EU rendelet	a mezőgazdasági termékpiacok közös szervezésének létrehozásáról és a 922/72/EGK, a 234/79/EGK, az 1037/2001/EK és az 1234/2007/EK tanácsi rendelet hatályon kívül helyezéséről
555/2008/EK rendelet	a borpiac közös szervezéséről szóló 479/2008/EK tanácsi rendeletnek a támogatási programok, a harmadik országokkal folytatott kereskedelem, a termelési potenciál és borágazat ellenőrzése tekintetében történő végrehajtására vonatkozó részletes szabályok megállapításáról
606/2009/EK rendelet	a 479/2008/EK tanácsi rendeletnek a szőlőből készült termékek kategóriái, a borászati eljárások és az azokhoz kapcsolódó korlátozások tekintetében történő végrehajtására vonatkozó egyes szabályok megállapításáról
607/2009/EK rendelet	a 479/2008/EK tanácsi rendeletnek a bizonyos borászati termékekre vonatkozó oltalom alatt álló eredetmegjelölések és földrajzi jelzések, hagyományos kifejezések, valamint e termékek címkézése és kiszerelese tekintetében történő végrehajtására vonatkozó egyes részletes szabályok megállapításáról
1149/2016/EU rendelet	az 1308/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendeletnek a borágazatban megvalósuló nemzeti támogatási programok tekintetében történő kiegészítéséről és az 555/2008/EK bizottsági rendelet módosításáról
1150/2016/EU rendelet	a borágazatban megvalósuló nemzeti támogatási programok tekintetében az 1308/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet alkalmazása szabályainak megállapításáról
273/2018/EU rendelet	az 1308/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendeletnek a szőlőtelepítésekre vonatkozó engedélyezési rendszer, a szőlőkataszter, a kísérőokmányok és a kapcsolódó tanúsítás, a bevételezési és kiadási nyilvántartás, a kötelező bejelentések, az értesítések és a bejelentett információk közzététele tekintetében történő kiegészítéséről, valamint az 1306/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendeletnek a releváns ellenőrzések és szankciók tekintetében történő kiegészítéséről, az 555/2008/EK, a 606/2009/EK és a 607/2009/EK bizottsági rendelet

	módosításáról, továbbá a 436/2009/EK bizottsági rendelet és az (EU) 2015/560 felhatalmazáson alapuló bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről
274/2018/EU rendelet	az 1308/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendeletnek a szőlőtelepítésekre vonatkozó engedélyezési rendszer, a tanúsítás, a bevételezési és kiadási nyilvántartás, a kötelező bejelentések és értesítések tekintetében, valamint az 1306/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendeletnek a releváns ellenőrzések tekintetében történő alkalmazására vonatkozó szabályok megállapításáról, továbbá az (EU) 2015/561 bizottsági végrehajtási rendelet hatályon kívül helyezéséről
33/2019/EU rendelet	az 1308/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendeletnek a borágazati eredetmegjelölésekre, földrajzi jelzésekre és hagyományos kifejezésekre vonatkozó oltalom iránti kérelmek, a kifogásolási eljárás, a használatra vonatkozó korlátozások, a termékleírások módosítása, az oltalom törlése, valamint a címkézés és a kiszerezés tekintetében történő kiegészítéséről
34/2019/EU rendelet	az 1308/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendeletnek a borágazati eredetmegjelölések, földrajzi jelzések és hagyományos kifejezések oltalma iránti kérelmek, a kifogásolási eljárás, a termékleírások módosításai, az oltalom alatt álló elnevezések nyilvántartása, az oltalom törlése és a szimbólumok használata tekintetében, valamint az 1306/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendeletnek a megfelelő ellenőrzési rendszer tekintetében történő alkalmazására vonatkozó szabályok megállapításáról

26. táblázat Borászati termékekre vonatkozó eredetvédelmi szabályozás Magyarországon (Forrás: <https://boraszat.kormany.hu/jogszabalyok>)

178/2009. (IX. 4.) Korm. rendelet	a borászati termékek eredetmegjelöléseinek és földrajzi jelzéseinek közösségi oltalmára irányuló eljárásról, valamint ezen termékek ellenőrzéséről
99/2009. (VII. 30.) FVM rendelet	a borok eredetvédelmi szabályairól szóló 97/2004. (VI.3.) FVM rendelet módosításáról. E rendeletmódosítás eredményeként a rendelet melléklete adja meg a magyarországi oltalom alatt álló eredetmegjelöléseket. Az eredetmegjelölések és földrajzi jelzések hatályosnak tekinthető listáját az Európai Bizottság e-Bacchus adatbázisa tartalmazza
Kormány 1372/2013. (VI. 27.) Korm. határozata	a Bor Eredetvédelmi Tanácsról
99/2009. (VII. 30.) FVM rendelet	a borok eredetvédelmi szabályairól szóló 97/2004. (VI.3.) FVM rendelet módosítása

9.3 Vörösborok vizsgálata

27. táblázat Vörösborok gyümölcsös íz szerinti páros összehasonlítása Tukey-HSD teszttel

	EgCu	KuCu	ViCu	ANKf	SoKf	SzKf	BCMe	EgMe	SzMe	EgPo	SzPo	ViPo
EgCu		1,00	0,90	0,43	1,00	0,78	0,53	0,47	0,92	1,00	0,02	1,00
KuCu	-		0,99	0,72	1,00	0,98	0,78	0,73	0,99	1,00	0,07	1,00
ViCu	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00
ANKf	-	-	-		0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,91	0,94
SoKf	-	-	-	-		0,99	0,92	0,89	1,00	1,00	0,16	1,00
SzKf	-	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00	0,93	0,99
BCMe	-	-	-	-	-	-		1,00	1,00	0,97	0,99	0,95
EgMe	-	-	-	-	-	-	-		1,00	0,96	1,00	0,93
SzMe	-	-	-	-	-	-	-	-		1,00	0,77	1,00
EgPo	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,28	1,00
SzPo	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,21
ViPo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

28. táblázat Vörösborok savas íz szerinti páros összehasonlítása Tukey-teszttel

	EgCu	KuCu	ViCu	ANKf	SoKf	SzKf	BCMe	EgMe	SzMe	EgPo	SzPo	ViPo
EgCu		1,00	0,99	0,04	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00
KuCu	-		1,00	0,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	1,00
ViCu	-	-		0,71	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,76	1,00
ANKf	5%	-	-		0,03	0,25	0,25	0,08	0,71	0,04	<0,01	0,12
SoKf	-	-	-	5%		1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00
SzKf	-	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
BCMe	-	-	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
EgMe	-	-	-	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00
SzMe	-	-	-	-	-	-	-	-		0,99	0,77	1,00
EgPo	-	-	-	5%	-	-	-	-	-		1,00	1,00
SzPo	-	-	-	1%	-	-	-	-	-	-		1,00
ViPo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

29. táblázat Vörösborok édes íz szerinti páros összehasonlítása Tukey-teszttel

	EgCu	KuCu	ViCu	ANKf	SoKf	SzKf	BCMe	EgMe	SzMe	EgPo	SzPo	ViPo
EgCu		1,00	0,99	0,80	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,34	1,00
KuCu	-		0,65	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	0,90	0,02	1,00
ViCu	-	-		0,10	0,88	0,98	0,44	1,00	0,99	1,00	0,98	0,92
ANKf	-	-	-		0,99	0,91	1,00	0,46	0,81	0,32	<0,01	0,98
SoKf	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,07	1,00
SzKf	-	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00	0,21	1,00
BCMe	-	-	-	-	-	-		0,85	0,98	0,75	<0,01	1,00
EgMe	-	-	-	-	-	-	-		1,00	1,00	0,68	1,00
SzMe	-	-	-	-	-	-	-	-		1,00	0,33	1,00
EgPo	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,81	0,99
SzPo	-	5%	-	1%	-	-	1%	-	-	-		0,11
ViPo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

30. táblázat Vörösborok idegen íz szerinti páros összehasonlítása Tukey-tesztrel

	EgCu	KuCu	ViCu	ANKf	SoKf	SzKf	BCMe	EgMe	SzMe	EgPo	SzPo	ViPo
EgCu		1,00	0,93	1,00	1,00	0,52	0,60	0,49	0,90	0,32	0,27	0,76
KuCu	-		1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,93	0,95	0,15
ViCu	-	-		0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,04
ANKf	-	-	-		1,00	0,48	0,54	0,44	0,92	0,26	0,16	0,37
SoKf	-	-	-	-		0,98	0,99	0,98	1,00	0,92	0,94	0,16
SzKf	-	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	<0,01
BCMe	-	-	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00	<0,01
EgMe	-	-	-	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	<0,01
SzMe	-	-	-	-	-	-	-	-		1,00	1,00	0,03
EgPo	-	-	-	-	-	-	-	-	-		1,00	<0,01
SzPo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		<0,01
ViPo	-	-	5%	-	-	1%	1%	1%	5%	1%	1%	

31. táblázat Vörösborok összbenyomás szerinti páros összehasonlítása Tukey-tesztrel

	EgCu	KuCu	ViCu	ANKf	SoKf	SzKf	BCMe	EgMe	SzMe	EgPo	SzPo	ViPo
EgCu		1,00	0,66	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,61	0,88
KuCu	-		0,35	1,00	1,00	0,97	0,95	0,95	1,00	1,00	0,27	0,98
ViCu	-	-		0,11	0,61	0,99	1,00	1,00	0,62	0,76	1,00	0,02
ANKf	-	-	-		1,00	0,88	0,81	0,08	1,00	1,00	0,04	0,98
SoKf	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,55	0,91
SzKf	-	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,34
BCMe	-	-	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00	0,27
EgMe	-	-	-	-	-	-	-		1,00	1,00	1,00	0,26
SzMe	-	-	-	-	-	-	-	-		1,00	0,57	0,90
EgPo	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,74	0,80
SzPo	-	-	-	5%	-	-	-	-	-	-		<0,01
ViPo	-	-	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	1%

32. táblázat A vizsgált vörösborminták elektronikus nyelv mérésével kapott adatainak LDA keresztvalidációs táblázata (a háromszoros keresztvalidáció átlagos modellje) (teljes szekvencia ismétlés)

eredeti csoport	modellépítés, % átlagos helyes osztályozás: 100,00%											
	ANKf	BCMe	EgCu	EgMe	EgPo	KuCu	SoKf	SzKf	SzMe	SzPo	ViCu	ViPo
ANKf	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BCMe	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgCu	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgMe	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgPo	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KuCu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SoKf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SzKf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00
SzMe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00
SzPo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00
ViCu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00
ViPo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
Összesen	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
eredeti csoport	keresztvalidáció, % átlagos helyes osztályozás: 99,07%											
	ANKf	BCMe	EgCu	EgMe	EgPo	KuCu	SoKf	SzKf	SzMe	SzPo	ViCu	ViPo
ANKf	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BCMe	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgCu	0,00	0,00	88,89	0,00	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgMe	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgPo	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KuCu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SoKf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SzKf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00
SzMe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00
SzPo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00
ViCu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00
ViPo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
Összesen	100	100	100	100	111,11	100	100	100	100	100	100	100

33. táblázat A vizsgált vörösborminták elektronikus nyelv mérésével kapott adatainak LDA keresztvalidációs táblázata (a háromszoros keresztvalidáció átlagos modellje) (részleges ismétlés)

eredeti csoport	modellépítés, % átlagos helyes osztályozás: 74,58%											
	ANKf	BCMe	EgCu	EgMe	EgPo	KuCu	SoKf	SzKf	SzMe	SzPo	ViCu	ViPo
ANKf	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BCMe	0,00	75,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgCu	0,00	0,00	66,67	0,00	25,00	0,00	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgMe	0,00	43,75	0,00	25,00	0,00	12,50	18,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgPo	0,00	0,00	22,22	0,00	61,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,56	11,11
KuCu	0,00	0,00	0,00	44,44	0,00	55,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SoKf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	80,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SzKf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00
SzMe	0,00	0,00	0,00	5,56	0,00	5,56	0,00	0,00	88,88	0,00	0,00	0,00
SzPo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00	96,30	0,00	0,00
ViCu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00	25,00
ViPo	0,00	0,00	0,00	0,00	28,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,43
Összesen	100	119	89	100	115	97	107	100	89	96	81	108

eredeti csoport	keresztvalidáció, % átlagos helyes osztályozás: 60,15%											
	ANKf	BCMe	EgCu	EgMe	EgPo	KuCu	SoKf	SzKf	SzMe	SzPo	ViCu	ViPo
ANKf	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BCMe	0,00	66,67	0,00	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgCu	0,00	0,00	50,00	0,00	33,33	0,00	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgMe	0,00	50,00	0,00	25,00	0,00	12,50	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgPo	0,00	0,00	14,29	0,00	57,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,29	14,29
KuCu	0,00	0,00	0,00	40,00	0,00	40,00	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00
SoKf	0,00	0,00	0,00	0,00	9,09	18,18	45,46	0,00	0,00	18,18	9,09	0,00
SzKf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00	0,00	0,00	12,50	12,50
SzMe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,50	0,00	0,00	87,50	0,00	0,00	0,00
SzPo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00	91,67	0,00	0,00
ViCu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	50,00	25,00
ViPo	0,00	0,00	33,33	0,00	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67	33,33
Összesen	100	117	98	98	116	83	83	100	108	110	103	85

34. táblázat A vizsgált vörösborminták elektronikus nyelv mérésel kapott adatainak LDA keresztvalidációs táblázata (a háromszoros keresztvalidáció átlagos modellje) (mintánkénti ismétlés)

eredeti csoport	modellépítés, % átlagos helyes osztályozás: 100,00%											
	ANKf	BCMe	EgCu	EgMe	EgPo	KuCu	SoKf	SzKf	SzMe	SzPo	ViCu	ViPo
ANKf	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BCMe	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgCu	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgMe	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgPo	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KuCu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SoKf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SzKf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00
SzMe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00
SzPo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00
ViCu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00
ViPo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
Összesen	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

eredeti csoport	keresztvalidáció, % átlagos helyes osztályozás: 99,07%											
	ANKf	BCMe	EgCu	EgMe	EgPo	KuCu	SoKf	SzKf	SzMe	SzPo	ViCu	ViPo
ANKf	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BCMe	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgCu	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgMe	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EgPo	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KuCu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SoKf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SzKf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,89	0,00	0,00	11,11	0,00
SzMe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	0,00
SzPo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00
ViCu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00
ViPo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
Összesen	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	111,11	100

9.4 Eltérő aszúszem tartalmú borok elkülönítése elektronikus nyelv segítségével

35. táblázat Az eltérő aszúszem tartalmú borok egyéb kémiai paraméterei

Borminták	Összes polifenol tartalom mg/l	Katechin tartalom mg/l	Leuko-antocianin tartalom. mg/l	Glicerintartalom g/l	Glükonsav tartalom g/l
Alap1	314	118	63,4	15,32	4,05
Aszu3p	387	123	343	20,73	4,80
Aszu4p	342	111	74,5	19,22	5,43
Aszu5p1	387	176	534	22,69	5,80
Aszu5p2	442	257	695	22,69	5,80
Aszu5pN	385	248	901	22,69	6,00
Aszu6pN	378	286	905	22,68	6,17
Aszu7pN	424	173	910	22,68	6,17

9.5 Aszúk, fordítások és hamisítások vizsgálata

36. táblázat A vizsgált tokaji borkülönlegességek további kémiai paraméterei

Borminták	Cm extrakt g/l	Összes polifenol tartalom mg/l	Katechin tartalom mg/l	Leuko-antocianin tartalom mg/l	Glicerintartalom g/l	Glükonsav tartalom g/l
Alap2	30,5	370	201	63,5	10,43	3,17
Alap_cuk	38,0	358,4	192	64,2	9,52	3,04
Alap_sur	46,5	668,3	231	71,8	14,76	3,38
Aszu_I_1	51,9	500,6	300	632	29,06	3,27
Aszu_I_2	55,4	527,1	293	662	31,71	3,21
Aszu_II_1	53,3	422,7	231	584	25,04	3,70
Aszu_II_2	48,8	452,2	252	532	22,98	3,80
Aszu_vegy1	48,0	436,4	259	582	21,16	3,23
Aszu_vegy2	53,4	478,5	247	614	24,20	3,73
Aszu_Furm	49,6	499,6	291	584	24,90	3,24
Aszu_Zeta	50,7	501,3	287	550	26,83	3,29
Ford_I_1	45,3	418,5	132	76,8	20,08	3,28
Ford_I_2	48,5	446,9	141	83,1	19,20	3,28
Ford_II_1	45,0	393,1	110	84,1	19,08	3,20
Ford_II_2	46,2	410,1	114	72,9	18,50	3,26
Ford_Vegy1	43,7	396,3	115	78,9	20,05	3,36
Ford_vegy2	52,8	407,5	95	75,3	17,90	3,16
Szam_Hars	42,8	434,4	151	210	18,40	4,87
Szam_Zeta	41,9	445,3	190	392	23,40	4,60

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni a szakmai segítséget és támogatást:

- A témavezetőimnek:

Dr. Fekete Andrásnak, Dr. Kovács Zoltánnak és Dr. Habil. Magyar Ildikónak

- Dr. Dénesné Dr. Várvolgyi Evelinnek

- Dr. Dénes Lajos Dénesnek

- A SZIE ÉTK Fizika-Automatika Tanszék régi és jelenlegi munkatársainak

- A SZIE KERTK Borászati Tanszék régi és jelenlegi munkatársainak

- valamint az opponenseimnek:

Dr. Sipos Lászlónak, Dr. Kerényi Zoltánnak és Szöllősi Dánielnek.

Köszönöm az együttműködést és az alapanyagok biztosítását a Royal Tokaj Borászati Zrt., a Grand Tokaj Zrt. és a Patrícus Borház Kft. vezetőinek.

Szeretnék köszönetet mondani az egész családomnak a támogatásukért és a kedvesemnek a kitartó szakmai és lelki segítségéért!