



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

**TOKAJI ASZÚ NYOMONKÖVETHETŐSÉGI
VIZSGÁLATA FINOMANALITIKAI MÓDSZEREKKEL**

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

DOI: 10.54598/002420

Matolcsi Réka

Budapest

2022

A doktori iskola

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

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1 TARTALOM

2	A munka előzményei, célkitűzések	4
3	Anyag és módszer	7
3.1	Vizsgálati anyag	7
3.1.1	Kész aszúborok	7
3.1.2	Bogyóminták	7
3.1.3	Extrakcióra szánt folyadékminták	7
3.2	Vizsgálati módszerek	8
3.3	Adatelemzés, statisztikai módszerek	10
4	Eredmények és megvitatásuk	12
4.1	Vizsgálati évek főbb meteorológiai adatai, jellemzése	12
4.2	Analitikai paraméterek meghatározása	13
4.2.1	Kész aszúborok vizsgálatának eredményei	13
4.3	Bogyóminták vizsgálata	15
4.3.1	Bogyóminták csoportosításának lehetősége	15
4.4	Extrakcióra felhasznált borminták vizsgálata	16
4.5	Méréstechnikák összehasonlításai	19
4.5.1	NMR és HPLC technika összehasonlítása bogyóminták esetében	21
4.5.2	NMR és HPLC technika összehasonlítása extrakcióra felhasznált borminták esetében	21
4.5.3	NMR technika és fotometriás analizátor összehasonlítása bogyóminták esetében	21
5	Következtetések	22
6	Új tudományos eredmények	23
7	PUBLIKÁCIÓS TEVÉKENYSÉG	26

2 A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

Hazánk egyik fontos és a világban széles körben is jól ismert terméke a Tokaji aszú. Ennek a borkülönlegességnek az alapja az aszúszem, mely kialakulásának feltétele a technológiai érettségben lévő szőlő *Botrytis cinerea* hatására történő nemesrothadása. A fertőzési folyamat megváltoztatja a szőlőbogyó összetételét, ezzel különleges érzékszervi tulajdonságok kialakulását lehetővé téve.

A Tokaji aszúkészítés technológiáját ismerve az aszúszemeket a törvényi előírások szerint megfelelő arányban Tokaji borvidékről származó mustban vagy kierjedt borban áztatják 12-48 órán keresztül, majd ezt követően az aszútésztát kipréselik és alacsony hőmérsékleten erjesztik, amit tölgyfahordós érlelés követ.

Kutatásom célja, hogy analitikai paraméterek alapján - többféle méréstechnikai módszert használva – megvizsgáljam az alapanyagként szolgáló aszúszemek, az extrakcióra felhasznált folyadékminták (Furmint és Hárslevelű borok), továbbá a belőlük készült késztermék (Tokaji aszúborok) kémiai összetételét. További célom, hogy a mérési eredmények segítségével egymással összehasonlítsam az alkalmazott méréstechnikákat azon kémiai paraméterek esetében, melyeket párhuzamosan is megmértem.

Vizsgálataimhoz a 2020-as évjáratban bogyómintákat gyűjtöttem Tokaj-hegyaljáról. A bogyóminták között megtalálhatóak egészséges szemek, I. és II. osztályú aszúszemek, töppedt szemek, valamint szamorodni készítésre szánt szőlőszemek. Ezenkívül nyolc évjáratból származó száraz Furmint és Hárslevelű borokat mértem, melyeket az aszúkészítés során aszúáztatásra használnak. Továbbá 19 évjáratból (2000-2017; 2020) származó kész aszúborot

vizsgáltam. Mintáimat NMR technikával, HPLC készülékkel, fotometriás analizátorral mértem meg, továbbá finomanalitikai méréseket is végeztem belőlük.

Kutatásomban arra voltam kíváncsi, hogy a lemért paraméterek alapján az említett minták csoportosítása elvégezhető-e. Ezek a kategóriák bogyóminták esetében: egészséges szemeket, I., II. osztályú aszúszemeket, töppedt szemeket, szamorodni készítésre szánt szemeket; folyadékminták esetében: Furmint és Hárslevelű fajták elkülönítése; a kész aszúborok esetében pedig évjárat szerinti osztályokat jelentenek.

Vizsgálataimhoz többek között a mai borászati analitikában alkalmazott legkorszerűbb technikát a Nukleáris Magmágneses Rezonancia (NMR) spektroszkópiát használtam /angolul: *Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*/, mely innovatív megoldás borok vizsgálatára. Egyetlen NMR spektrum, ami a mintára jellemző egyedi, spektroszkópikus „ujjlenyomat”-nak tekinthető. A technika sikeresen alkalmazható borok és számos szőlőből készült termék általános kémiai jellemzésére (Fotakis et al., 2013), bor évjáratának (Lee et al., 2009), a földrajzi eredet hatásainak (Son et al., 2009) tanulmányozása céljából, továbbá az alkoholos és malolaktikus fermentációs folyamatok (López-Rituerto et al., 2012) megfigyelésére.

A Tokaji aszúborok alapanyagául szolgáló aszúszemekben lehetnek olyan kémiai komponensek (borkósav, glükonsav, galaktársav (nyálkasav)), melyeknek kiemelt jelentősége van a *Botrytis cinerea* tevékenységének köszönhetően. Ezek a paraméterek alkalmasak lehetnek a későbbiek során az aszúszemek minősítésére a *botrytisztes* tevékenység mutatójaként, vagyis az aszúszem kémiai összetétele – amely függ a nemesrothadás mértékétől - jellemző lehet a késztermékre.

Kutatásomban egy új, korszerű technikáról van szó, mellyel eddig még nem végeztek hasonló méréseket. Jelen értekezés több évjáratban folytatott kutató- és adatgyűjtő munka eredményeit mutatja be és dolgozza fel.

3 ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 Vizsgálati anyag

3.1.1 Kész aszúborok

Kutatómunkámban a 2000-es évjáratot követően, 19 évjáratból (2000-2017; 2020) származó, összesen 156 darab Tokaji aszúbort (156 db) gyűjtöttünk, majd analizáltunk NMR technikával.

3.1.2 Bogyóminták

A 2020-as évjáratban összesen 64 darab bogyómintát gyűjtöttünk Tokaj-hegyaljai ültetvényekről, majd elemeztük különböző mérés technikai módszerek segítségével. A szőlőszemek között voltak

- I. osztályú (13 db) aszúszemek,
- II. osztályú (16 db) aszúszemek,
- töppedt szemek(4 db),
- egészséges szemek (4 db), valamint
- szamorodni készítésre szánt szőlőszemek (27 db).

3.1.3 Extrakcióra szánt folyadékminták

Az extraháló borminták 8 évjáratból származnak (összesen: 78 darab), melyek között

- 63 db száraz Furmint és
- 15 db száraz Hárslevelű fajta található.

3.2 Vizsgálati módszerek

A kész aszúborokból 53 kémiai paramétert vizsgáltunk NMR technikával.

A bogyó- és az extrakcióra felhasznált bormintákat HPLC készülékkel (elválasztástechnikai módszer), NMR technikával (spektroszkópiai módszer), fotometriás analizátorral /Thermo Fischer Scientific Gallery készülékkel/ (spektroszkópiai módszer), továbbá finomanalitikai módszerekkel vizsgáltuk.

A savösszetétel meghatározását (borkősav, almasav, citromsav, tejsav, fumársav, sikiminsav, borostyánkősav, fumársav, glükonsav, galaktársav) HPLC technikával hajtottuk végre, míg az L-almasav- és a D-glükonsav-tartalmakat fotometriás analizátorral mértük. A cukortartalom, valamint az összes polifenol-, catechin és leukoantocianin-tartalmak meghatározására finomanalitikai módszereket használtunk.

A szőlőbogyókat mérésre alkalmas állapotba kellett hozni, ezért előzetesen mintaelőkészítést hajtottunk végre.

Szőlőbogyó mintaelőkészítése

A szőlőbogyók mintaelőkészítését etanolos extrakcióval végeztük. A folyamat kezdetén először egy 12 %-os vizes etanol oldatot készítünk, melyet hagyunk kihűlni, majd bemértünk $100 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$ szőlőbogyót. Ezt követően hozzáadtunk 100 ml 12%-os vizes etanol oldatot (aszúszemek esetén, ha szükséges, 150 ml 12 %-os vizes etanol oldatot). Ezt az alkoholos elegyet turmixgépben 1,5 percig összeturmixoltuk, majd fél órát állni hagyjuk, végül centrifugáltuk. A szűrletet 200 ml-es mérőlombikba fogtuk fel és 12%-os vizes etanollal jelre töltöttük. Az így előkészített mintát mintatároló edényben vizsgálatig -20°C -on tároltuk. A felülúszót mintatároló edényben vizsgálatig -20°C -on tároltuk.

Finomalitikai vizsgálatok

Polifenol-összetételének meghatározása

- 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 (1969), módosított módszere alapján,
- A katechintartalom méréséhez Rebelein (1965) vanillines színreakción alapuló módszerét alkalmaztam, 500 nm-en spektrofotometriásan mértük.

Mintáink cukortartalmát Rebelein-módszerrel, az MSZ 9479-1980 szabvány alapján határoztuk meg.

¹H-NMR mérési módszer

A mintákat a Diagnosticum Zrt. Szerencsen működő borászati laboratóriumában vizsgáltuk NMR készülékkel. A laboratóriumban két darab, a Bruker BioSpin GmbH által gyártott /Rheinstetten, Germany/AVANCE III 400 típusú NMR készülék található. Egyetlen mérés segítségével 53 kémiai paramétert tudunk meghatározni a mintából.

HPLC-s meghatározási módszer

A szerves savak (citromsav, borkősav, almasav, sikiminsav, tejsav, fumársav) együttes meghatározását nagyteljesítményű folyadékkromatográfiás eljárással (HPLC) végeztük a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Borászati Tanszék kutatói laboratóriumában. A mérésekhez szükséges minden reagenst a Sigma Aldrich-től szereztünk be (Merck KGaA, Darmstadt, Germany).

Fotometriás analizátor /Thermo Fisher Scientific Gallery készülék/

A minták L-almasav és D-glükonsav koncentrációit a Diagnosticum Zrt. Szerencsen működő borászati laboratóriumában mértük meg fotometriás analizátorral /Thermo Scientific Gallery készülék/ a gyártó által megadott módszerek alapján. Az L-almasavat a gyártó által megadott D04670_08, a D-glükonsavat a gyártó által megadott D11542_02 módszer szerint mértük meg. Az L-almasav módszer L-Malát-dehydrogenáz (L-MDH) és Glutamát-Oxálacetát-Transzamináz (GOT) alapú enzimátikus teszt. A D-glükonsav módszer 6PGDH (6-P-gluconate-dehydrogenase) és GK (gluconate kinase) alapú enzimátikus teszt. A mérést mindkét komponens esetében 37°C-on, 340 nm-es hullámhosszon végeztem.

3.3 Adatelemzés, statisztikai módszerek

A mérési eredményeket a Microsoft Excel (verziószám: 18.2106.12410.0, license: Microsoft Corporation) programba vittük be, a statisztikai számolásokat R-ben elemeztük ki (R Core Team, 2021). Az NMR technikával mért kémiai paraméterek és a vizsgált évjáratok közötti összefüggések tanulmányozására Kruskal-Wallis tesztet alkalmaztunk. Szükség esetén post hoc tesztként Dunn-tesztet végeztünk. Amennyiben a Kruskal-Wallis teszt szerint különbség volt a csoportok között, akkor Dunn-teszttel néztük meg, hogy pontosan mely csoportok különböznek egymástól. A minták kémiai paraméterek alapján történő csoportosítására (évjárat, mintatípus) klaszteranalízist használtunk. A mérési módszerek összehasonlítására párosított Wilcoxon-tesztet alkalmaztunk, mely két csoport közötti különbség vizsgálatára alkalmas. A különböző mérés technikák mérési eredményeit

oszlopdiagramokon és ún. boxplot ábrákon szemléltettük. A boxplot ábráról a csoportok közötti általános különbségeket lehet leolvasni. A „doboz” közepén található a medián, ami egyfajta átlagnak tekinthető. A függőleges vonalak a „doboz” tetején és alján a szórást mutatják, míg a kiugró adatokat a pontok jelölik.

4 EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

4.1 Vizsgálati évek főbb meteorológiai adatai, jellemzése

Vizsgálataimat a 2000 és 2020 közötti évjáratokból származó kész aszúborokból végeztem. A vizsgálati terület időjárási viszonyainak bemutatását, illetve az évjáratok jellemzését Leskó István, szőlész, növényorvostól kapott meteorológiai adatok alapján készítettem. Az évjáratokat aszúsodás szempontjából jó, közepes és gyenge kategóriákba vannak besorolva, továbbá a vizsgált évek között vannak olyanok, melyek mediterrán jellegűek voltak. Megfigyelhető, hogy a 2000-es évek elején még jellemző hármas szabály, miszerint jó, közepes és gyenge évjáratok voltak jellemzőek, míg 2009 után már a mediterrán jellegű évjáratok lettek gyakoribbak, melyek közül a 2018-as év kiemelkedően mediterrán jellegű volt. Kiváló aszús évjárat volt a 2000-es és a 2017-es. Az elmúlt 150 év gyakorlati tapasztalatai alapján az az általános megállapítás, hogy 10 évenként általában 3 kiváló aszús évjárat szokott lenni. A csapadékmennyiségek alakulására vonatkozóan 2009 és 2020 közötti időszakból származó adataink voltak. Az adatokat szemrevételezve a 2010-es és 2018-as évjáratok mutatnak kiugró értékeket a vizsgált, többi évhez képest. A 2018-as év nagyon gyenge aszús évjáratnak számít. Érdekeselek a megfigyelések, miszerint a 2000-2010 közötti időszakban három évjárat volt jó évjárat aszúsodás szempontjából, míg a következő 10 évben (2010-2020) ez a szám 1. A többi év inkább csak közepesnek minősült. Ez is a klímaváltozás hatásainak tudható be.

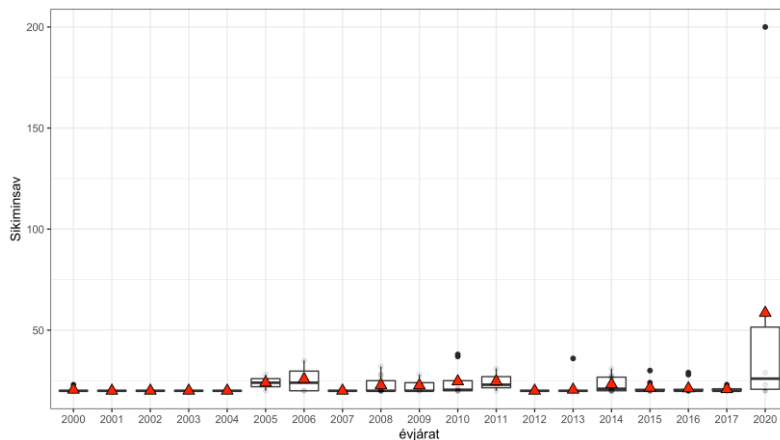
4.2 Analitikai paraméterek meghatározása

4.2.1 Kész aszúborok vizsgálatának eredményei

Méréseimet a 2000-es évjáratot követően, 19 évjáratból (2000-2017 között, valamint 2020-ban) származó, összesen 156 darab Tokaji aszúborból végeztük el.

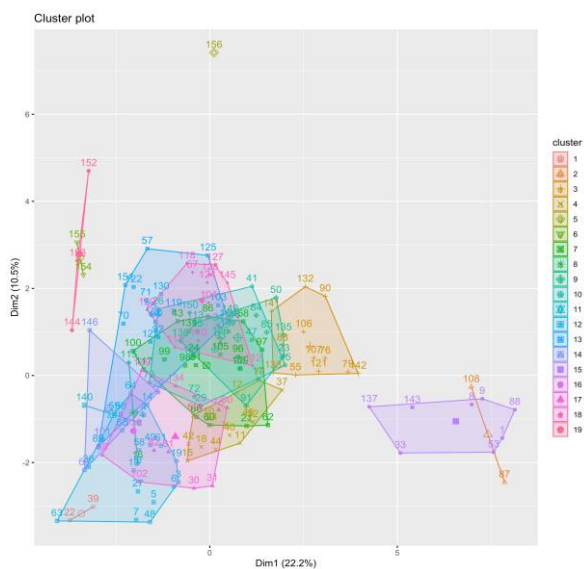
4.2.1.1 A 2000 és 2020 évjáratú aszúborok közötti különbségek értékelése

Célkitűzésem arra irányult, hogy van-e különbség az NMR technikával mért változóknak a vizsgált évjáratokból (2000-2020) származó aszúborok között. A kadaverin, a putreszcin és az epikatechin koncentrációit az NMR készülék kimutathatósági határa alatt mérte, ezért ezeket a komponenseket nem tudtuk értékelni. Az elvégzett Kruskal-Wallis teszt alapján az NMR technikával mért paraméterek közül a citromsav, glükonsav, alanin, arginin, galakturonsav, almasav, sikiminsav, valamint a prolin, hangyasav, fűmársav, szorbinsav esetében fedezhető fel szignifikáns különbség az egyes évjáratok között. Ezek közül csak a sikiminsavra kapott eredmény alapján (lásd: 1. ábra) tudjuk azt megállapítani, hogy akár *Botrytis*-indexnek lehetne tekinteni. Glükonsav, galakturonsav esetében a mérési eredményeinket összehasonlítva az évjáratok jellemzőivel nem erősítették meg a feltevésünket, miszerint az aszúsodás jelzőszámai.



1. ábra: Boxplot ábra a sikiminsav koncentrációk alakulásáról a vizsgált évjáratok (2000-2020) függvényében

4.2.1.2 Kész aszúborok csoportosítása kémiai paraméterek alapján



2. ábra: Klaszteranalízis eredményei évjárat szerinti kategóriákra klaszterploton ábrázolva

Kutatásom egyik célja annak a kérdésnek a megválaszolása, hogy van-

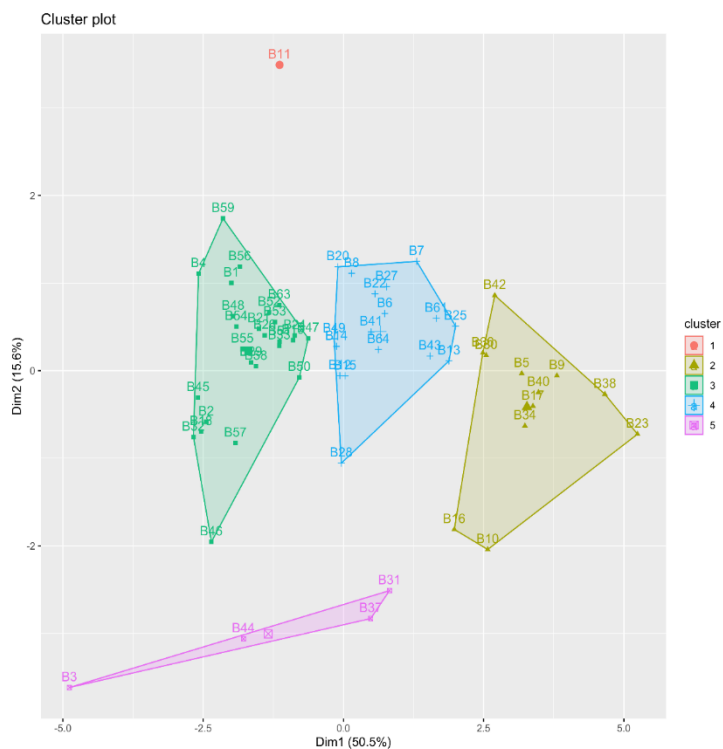
e lehetőség egy adott aszúbor besorolására évjárat szerinti kategóriába az NMR technika segítségével mért paraméterek alapján. A mérési eredményeinkből készített klaszteranalízis által kapott csoportokat a 2. ábra szemlélteti. A színes határvonalak az egy csoportba tartozó borokat kerítik körbe. A minták azonosítója leolvasható az ábráról. Látható, hogy a csoportok többsége nem válik el élesen egymástól. Az új csoportok nem fednek át az eredeti kategóriákkal (évjáratokkal), vagyis megállapítható, hogy nem lehet egyértelműen meghatározni az NMR által mért paraméterek alapján az évjáratokat.

4.3 Bogyóminták vizsgálata

4.3.1 Bogyóminták csoportosításának lehetősége

A mintatípusok alapján öt csoportra számítottunk (egészséges szemek, I. osztályú aszú, II. osztályú aszú, szamorodni készítésére szánt szőlő, töppedt szemek), ezért K-közép klaszterelemzés módszerrel azt vizsgáltuk, hogy a bogyóminták öt csoportba sorolhatóak-e.

A mérési eredményeinkből kapott csoportokat a 3. ábra mutatja.



3. ábra: Klaszteranalízis eredményei a bogyók csoportokba sorolására klaszterploton ábrázolva

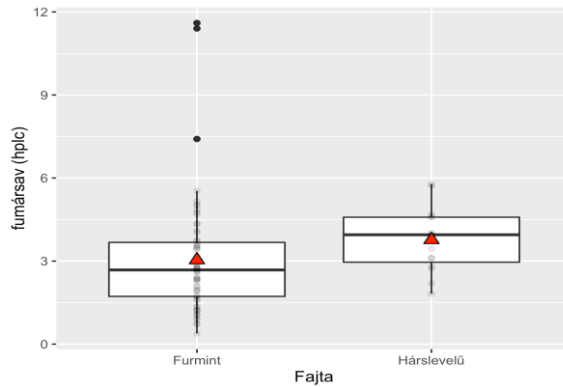
Vizsgálatainkból megállapítható, hogy az új csoportok nem fednek át a valós kategóriákkal, tehát nem lehet egyértelműen meghatározni az mért kémiai paraméterek alapján a minták típusát.

4.4 Extrakcióra felhasznált borminták vizsgálata

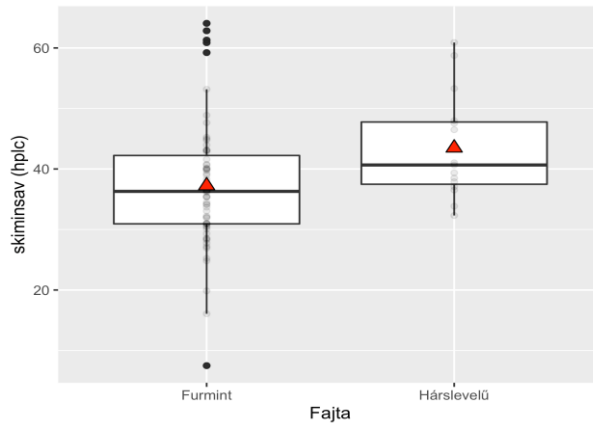
4.4.1.1 Furmint és Hárslevelű fajták közötti különbségek vizsgálata

Vizsgálatokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy az összes mért paraméter közül mely komponensek esetében van különbség a Furmint és a Hárslevelű fajták között. A kérdés megválaszolására Mann-Whintey-féle U-próbát alkalmaztunk, melynek eredménye alapján a HPLC-vel mért fumársav,

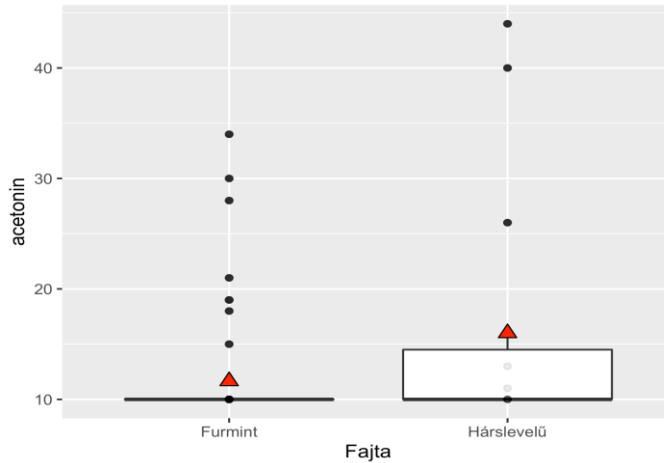
sikiminsav, illetve az NMR technikával mért acetoin esetében szignifikáns különbség adódott a Furmint és a Hárslevelű fajták között. Ezeket a komponenseket az alábbi diagramokon szemléltetem.



4. ábra: Furmint és Hárslevelű fajtájú borminták HPLC-vel mért fumársav-tartalmai boxplot-on szemléltetve



5. ábra: Furmint és Hárslevelű fajtájú borminták HPLC-vel mért sikiminsav-tartalmai boxplot-on szemléltetve



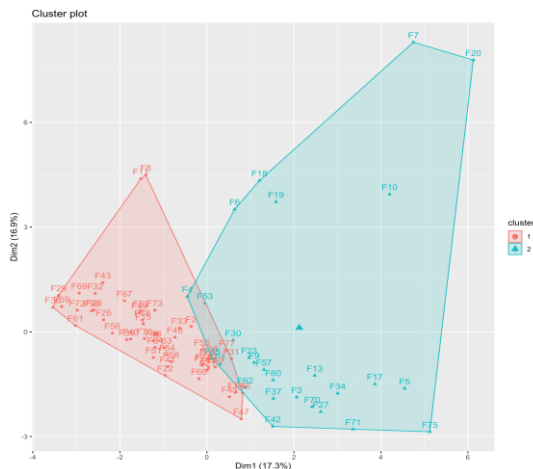
6. ábra: Furmint és Hárslevelű fajtájú borminták acetoin-tartalmai boxplot-on szemléltetve

A Hárslevelű borokban magasabb fumársav-, sikiminsav-, acetoin-tartalmakat mértünk, mint Furmint borokban.

Megállapítható, hogy a HPLC technikával mért fumársav (4. ábra) és skiminsav (5. ábra), illetve az NMR technikával mért acetoin (6. ábra) mutat különbséget a Furmint és Hárslevelű minták között.

4.4.1.2 Extrakcióra felhasznált borminták csoportba sorolásának lehetősége

Az extraháló borok (Furmint és Hárslevelű) csoportosítását mérési eredményeink alapján, K-közép klaszterelemzés módszerrel végeztük. A módszerrel kialakított csoportokat a 7. ábra mutatja. A színes határvonalak az egy csoportba tartozó borokat kerítik körbe. A minták azonosítója leolvasható az ábráról. Látható, hogy a két csoport nem válik el élesen. Vannak minták, melyekről nehéz lenne megmondani, hogy melyik csoportba tartozik. Az elemzésből tehát az a tény állapítható meg, hogy a csoportoknak nincs egy markáns karakterisztikája.

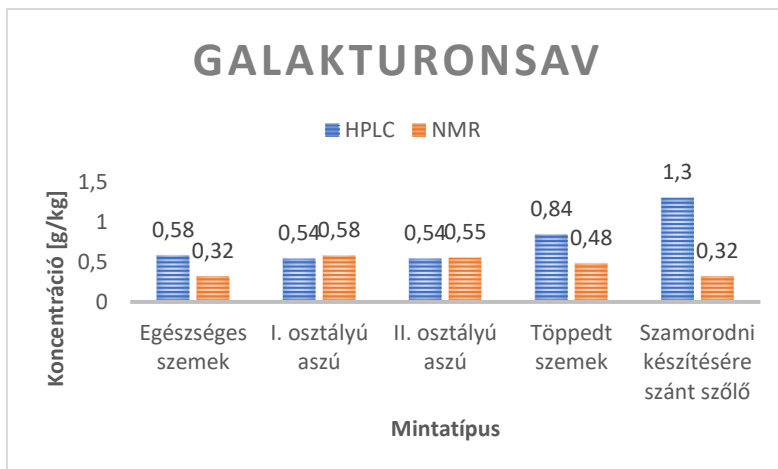


7. ábra: Klaszteranalízis eredményei a Furmint és Hárslevelű folyadékminták csoportokba sorolására klaszterploton ábrázolva

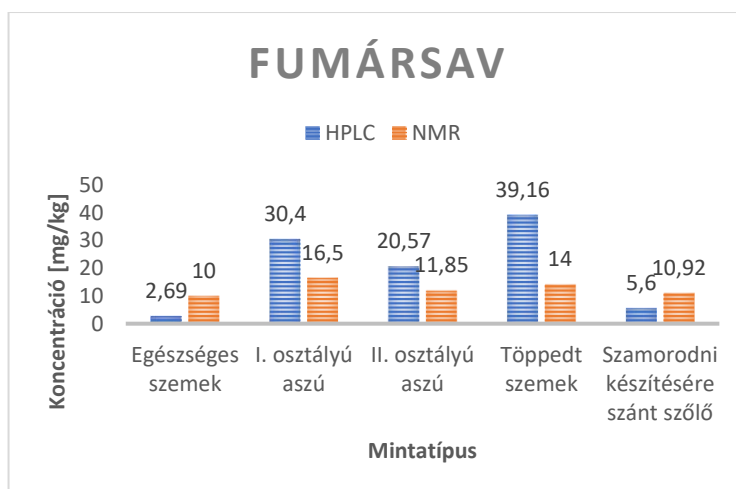
4.5 Méréstechnikák összehasonlításai

4.5.1 NMR és HPLC technika összehasonlítása bogyóminták esetében

A következő komponenseket NMR technikával és HPLC készülékkel párhuzamosan is megmértünk: borkósav, tejsav, citromsav, fumársav, galakturonsav, borostyánkősav, sikiminsav. A tejsavat, borostyánkősavat és a sikiminsavat az NMR készülék kimutathatósági határ alatt mérte, ezért ezeket a komponenseket nem tudjuk figyelembe venni az összehasonlítás során. A táblázatból az látszik, hogy a galakturonsav (8. ábra) és a fumársav (9. ábra) esetében szignifikáns eredményeket kaptunk.



8.ábra: HPLC és NMR technikákkal mért galakturonsav-koncentrációk alakulása a különböző mintatípusokban



9.ábra: HPLC és NMR technikákkal mért fumársav-koncentrációk alakulása a különböző mintatípusokban

Galakturonsav és fumársav-tartalmak mérésekor a HPLC készülékkel mért eredmények adódtak magasabbnak. Ez azt jelenti, hogy ezen komponensek esetében a két alkalmazott mérési technika (NMR és HPLC) között eltérés

mutatkozik, Összességében tehát megállapítható, hogy a két mérési módszer nem egyforma eredményeket mutatott a vizsgált komponensek esetében.

4.5.2 NMR és HPLC technika összehasonlítása extrakcióra felhasznált borminták esetében

Megállapítható, hogy borkősav, citromsav, galakturonsav és sikiminsav esetében a két technikával végzett mérések nem ugyanazokat az eredményeket adták. Borkősav és sikiminsav esetében a HPLC technikával mért értékek voltak magasabbak, míg citromsav és galakturonsav esetében az NMR technikával kapott eredmények. Vizsgálati eredményeik közül a fumársav és a glükonsav koncentrációk esetében nem volt lehetőség a két technika összehasonlítására, mivel ezen komponensek az NMR készülék kimutathatósági határánál alacsonyabb mennyiségben találhatóak meg az általunk vizsgált Hárslevelű és Furmint mintákban.

4.5.3 NMR technika és fotometriás analízátor összehasonlítása bogyóminták esetében

Az L-almasavat és a glükonsavat NMR készülékkel és fotometriás analízátor segítségével is megmértem párhuzamosan. A kapott eredményekből az látszik, hogy nincs szignifikáns különbség a két technikával mért érték között. Ez azt jelenti, hogy a két technika egymáshoz viszonyítva hasonlóan mér.

5 KÖVETKEZTETÉSEK

A jelenlegi vizsgálati tevékenységemben az alapanyaggyűjtés során elfogadtam azokat az információkat, amiket rendelkezésemre bocsájtottak azzal kapcsolatban, hogy milyen osztályba tartozik az aszúszem, illetve milyen technológiával készült az adott bor. A jövőben meg kellene annak a lehetőségét teremteni, hogy ugyanazon kutató, egy ugyanazon termőterületen termett mintát gyűjtsön, valamint a feldolgozástechnológiában is részt vegyen, mert a jövőben csak ez lehet az objektív értékítéletet alapja.

A jövőben fontosnak tartom egy olyan kutatás elvégzését, ami következetesen az alapanyag és a belőle készült késztermék kémiai összetétele közötti összefüggések vizsgálatára irányul.

Ennek tanulmányozása érdekében egy olyan kísérletet javasolnék megtervezni, ami a bogyómintákból, ugyanezen bogyómintákból készült mustokból, továbbá kiejedt, kész aszúborokból végzi el ezen méréseket. Ezen eredmények alapján összehasonlítható lenne az alapanyag a belőle készült késztermékkel, azon túl, hogy nyomon lehetne követni az idő előrehaladtával bekövetkező változásokat.

A vizsgált paraméterek ismerete egy olyan objektív minősítési rendszer kidolgozását tenné lehetővé, amit a *botrytisz*es borok minőségi megkülönböztethetőségére lehetne használni és alapjául szolgálna egy minőségbiztosítási rendszer kialakításának.

Ez a kutatás innovációnak számít, ugyanis jelenleg nem létezik az aszúszemek és az aszúborok minősítésére objektív minősítési rendszer. Manapság refrakció% alapján döntenek el, hogy egy adott aszúszem I. vagy II. osztályú kategóriába tartozik-e.

6 ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. 19 évjáratból származó Tokaji aszúborból NMR mérések alapján, a technikával mérhető 53 paraméter és az évjáratok közötti összefüggéseket kerestem. Fő kérdésem arra irányult, hogy megfigyelhető-e különbség az NMR technikával mért kémiai paraméterek alapján a vizsgált évjáratokból (2000-2017 és 2020) származó aszúborok között. *Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy az alanin, arginin, prolin citromsav, hangyasav, fumársav, galakturonsav, szorbinsav, glükonsav, sikiminsav és az almasav mutattak szignifikáns különbséget az egyes évjáratok között.*
2. Doktori dolgozatomban arra a kérdésre kerestem a választ, hogy van-e lehetőség az NMR technika segítségével megvizsgált kész aszúborok évjárat szerinti kategorizálására az 53 kémiai komponens alapján? *A K-közép klaszterelemzés módszer segítségével csoportosítottam a vizsgált 153 darab aszúborot, viszont ezek az általam újonnan létrehozott kategóriák nem fednek át az aszúborok évjárataival. Ennek alapján, az NMR technikával mért paraméterek ismeretében nem lehet meghatározni az aszúborok évjáratait.*
3. Doktori dolgozatomban a Tokaji borvidékről származó bogyómintákat vizsgáltam, melyek között voltak I. osztályú, II. osztályú aszúszemek, szamorodni készítésére szánt szőlőszemek, illetve töppedt szemek. Ezeket a mintákat több mérési módszerrel is megmértük. Kutatómunkám ezen szakaszában vizsgálatot végeztem arra vonatkozóan, hogy csoportokba lehet-e sorolni a bogyókat a mért paraméterekre kapott értékek alapján. *Az elvégzett klaszteranalízisből*

az a tény állapítható meg, hogy a mért komponensek alapján nem lehet a mintákat megbízhatóan kategorizálni, ugyanis az eredményekből kapott csoportok nem fednek át a mintatípus szerinti eredeti kategóriákkal.

4. Kutatómunkám további részében megnéztem, hogy csoportokba lehet-e sorolni a Furmint és Hárslevelű folyadékmintákat a mért analitikai paraméterek alapján. *A klaszteranalízisből az látható, hogy a mért komponensek alapján a Furmint és a Hárslevelű fajtákat nem lehet egymástól egyértelműen elkülöníteni.*

5. Az extrakcióra szánt – különböző évjáratokból származó - folyadékmintákból vizsgálatot végeztünk arra vonatkozóan, hogy az összes mért érték közül mely paraméterek esetében különböznek egymástól a Furmint és a Hárslevelű fajták. *Az eredmények alapján a két fajta fumársav-, sikiminsav- és acetoin-tartalmaiban különbözött egymástól szignifikánsan. A Hárslevelű borokban a fumársav-, sikiminsav-, acetoin magasabb koncentrációban volt mérhető, mint a Furmint borokban. Megállapítható tehát, hogy a két fajta kémiai összetételében van különbség.*

Vizsgálataimhoz többféle mérés technikát alkalmaztunk, melyek segítségével párhuzamosan is megmértünk bizonyos kémiai paramétereket. Ezen mérések azt a célt szolgálták, hogy az egyes mérési technikákat összehasonlítsuk egymással. Az NMR és HPLC technika összehasonlítására az alábbi paramétereket használtuk fel: borkősav, tejsav, citromsav, fumársav, galakturonsav, borostyánkősav, sikiminsav. Bogyómintákból az almasavat és

a glükonsavat NMR és fotometriás analizátorral is megmértük párhuzamosan. *Megállapítható, hogy az NMR és a HPLC technika egymástól eltérő értékeket eredményezett, vagyis tejsav, fumársav, galakturonsav, borostyánkősav és a sikiminsav esetében szignifikáns különbség van a két módszer által kapott analízis között. A megállapításokból az látszik, hogy az analitikai módszerek különbözősége különböző eredményeket ad, mely tény jelentősége különösen fontos a hatósági ellenőrzések során. Ezzel szemben az NMR technika és a fotometriás analizátor egymáshoz viszonyítva megbízható eredményeket mutatott.*

7 PUBLIKÁCIÓS TEVÉKENYSÉG

Impakt faktoros folyóiratcikk

Nyitrai Sárdy, Á.D.; Ladányi, M.; Varga, Zs.; Szövényi, Á.P.; **Matolcsi, R.** The Effect of Grapevine Variety and Wine Region on the Primer Parameters of Wine Based on ¹H NMR-Spectroscopy and Machine Learning Methods. *Diversity* 2022, 14, 74. <https://doi.org/10.3390/d14020074>

Nagy, B.; Varga, Zs.; **Matolcsi, R.**; Kellner, N.; Szövényi, Á.; Nyitrai Sárdy, D. (2021): Impact of Using Organic Yeast in the Fermentation Process of Wine. *Processes* 2021, 9 (1), 155. <https://doi.org/10.3390/pr9010155>

Nyitrai Sárdy, D.Á.; Németh, E.K.; **Matolcsi, R.**; Szabó, A.; Varga, Zs. The Effect of the Double Reasoned Maturation (DMR)(2022) Method on the Chemical Composition of the Juice and Wine of the Bianca Grape Cultivar. *Horticulturae* 2022, 8, 97. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020097>

Kellner N., Antal E., Szabó A., **Matolcsi R.** (2022): The effect of black rot on grape berry composition. *Acta Alimentaria*. 2021, DOI: 10.1556/066.2021.00195

Lektorált folyóiratban (MTA listás) megjelent közlemények

Kellner, Nikolett; **Matolcsi, Réka**; Sólyom-Leskó, Annamária; Antal, Eszter (2021): Feketerothadás (*Guignardia bidwellii*) hatása a szőlőbogyó egyes biogén aminosav összetételére. *Borászati Füzetek*. 31:3 pp. 30-33., 4 p.

Nyitrai Sárdy D., Kiss P., **Matolcsi R.**, Sólyom-Leskó A., Varga Zs. (2020): A Tokaji Borvidék Furmint és Hárslevelű fajtáinak elválasztása NMR technikán alapuló statisztikai modellekkel. *Borászati Füzetek*. 3. évf. p. 32-35.

Nyitrai Sárdy D., Gál Cs., **Matolcsi R.**, Szövényi Á., Varga Zs. (2020): Az érjedéskori élesztőtápanyag-adagolás hatása a bor asszimilálható nitrogéntartalmára és polifenol-összetételére. *Borászati Füzetek*. 3. évf. p. 36-39.

Nyitrai Sárdy D., Sólyom-Leskó A., Kellner N., **Matolcsi R.**, Antal E. (2019): Palackos borok analitikai vizsgálata NMR készülékkel. *Borászati Füzetek*. 3. évf. p. 36-41.

Nyitrai Sárday D., Antal E., Kállay M., **Matolcsi R.** (2021): Metil-alkohol a borban. Borászati Füzetek. 1. évf. p. 20-24.

Antal E., **Matolcsi R.**, Nyitrai Sárday D., Kállay M. (2022): Megfontolások a Tokaji aszú szemek cukortartalmára vonatkozóan. Borászati Füzetek.

Egyéb tudományos cikk

Matolcsi Réka, Kiss Petra (2020): XXI. századi borászati innováció Szerencsen. Agrofórum. 31. évf. p. 42-44.

Konferencia összefoglalók

Glicerín és glükonsav koncentrációk vizsgálata NMR technikával Tokaji aszúszemekben és Tokaji borokban Matolcsi Réka, Antal Eszter, Matolcsi, Réka ; Antal, Eszter ; Kállay, Miklós ; Nyitrai Sárday Diána Ágnes Glicerín és glükonsav koncentrációk vizsgálata NMR technikával Tokaji aszúszemekben és Tokaji borokban

In: Fodor, Marietta; Bodor-Pesti, Péter; Deák, Tamás (szerk.) Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly (LOV) Tudományos Ülésszak : Összefoglalók Budapest, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budai Campus (2021) p. 86 , 1 p. Közlemény:32530903 Admin láttamozott Forrás Könyvrészlet (Absztrakt / Kivonat) Tudományos