

# **DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**Hegyi-Kaló Júlia**

Budapest

2021



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

***A Botrytis cinerea által okozott  
nemesrothadásos folyamatok vizsgálata***

**Hegyi-Kaló Júlia**

Budapest

2021

## **A doktori iskola**

**megnevezése:** Élelmiszertudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Élelmiszertudományok

**vezetője:** **Simonné Dr. Sarkadi Livia, DSc**

Magyar Agrár – és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudományi Kar

Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi

Tanszék

**Témavezetők:** **Dr. Váczy Kálmán Zoltán, PhD**

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem

Kutatási és Fejlesztési Központ

Élelmiszertudományi és Borászati

Tudásközpont

**Dr. Pomázi Andrea, PhD**

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudományi Kar

Biotechnológiai és Mikrobiológiai Tanszék

## **A doktori iskola- és a témavezetők jóváhagyó aláírása:**

A jelölt a Magyar Agrár – és Élettudományi Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárására bocsátható.

.....

Az iskolavezető jóváhagyása

.....

A témavezetők jóváhagyása

.....

A témavezetők jóváhagyása

## 1. A munka előzményei

A *Botrytis cinerea* gombát a szőlőnövény esetében kétarcú gombaként is emlegetik, hiszen egyik oldalról kórokozó, ha a szürkerothadás megjelenik egy ültetvényben, a másik oldalról viszont áldásos tevékenységének köszönhetően jön létre a nemesrothadás, melynek eredményeként készülhet a Tokaji aszúbor, valamint számos más ország borvidékeiről származó nemesrothadással érintett szőlőből készülő természetes édes borkülönlegesség. A Tokaji aszúbor egyediségét a szemenként válogatott aszúszemek szüreteléséből készülő magas minőségű aszútészta adja. Hazánkban valódi aszúszemnek a teljesen töppedt, ugyanakkor húsos textúrájú, lilás színű, a bogyófelszínen nem mutatkozó gombahifákkal átszőtt szőlőszemeket nevezi a szőlészeti-borászati gyakorlat, tudományos elemzésekre alapozott definíció azonban jelenleg nem áll rendelkezésre az aszúszemre vonatkozóan. Elsősorban a *B. cinerea* jelenlétének tulajdonított nemesrothadás folyamatát máig egy összetett jelenségnek tartják, hiszen a gomba jelenlétén kívül számos környezeti és kulturális tényező (borvidéki hagyományok, generációkon átívelő gyakorlati szokások, művelésmód stb.) befolyásolhatja a folyamatot, de tudományos igényességgel eddig elősorban a *B. cinerea* populációgenetikai tulajdonságait vizsgálták a nemesrothadás során. Jól látható, hogy a nemesrothadás folyamata még sok szempontból adhatja tudományos kutatás tárgyát, ezért munkám során egy komplex vizsgálati modellt dolgoztam ki, ami az aszúszőlőbogyókról származó *B. cinerea* izolátumok fenotípusos tulajdonságain kívül kitér a nemesrothadás folyamatának leírására, a szőlőbogyót érintő fizikai, kémiai változásokra és feltárja az aszúsodás során, a szőlőbogyón azonosítható mikrobiális változásokat.

## 2. Célkitűzések

A *B. cinerea* nemesrothadásban betöltött szerepének vizsgálata még sok kihívást rejt magában, hiszen a jelenlegi szőlész-borász szakma előtt még ma is viszonyítási alapul szolgáló 1867-es Tokaj-Hegyaljai Album állításai, illetve a termékleírások is tartalmaznak mára elavultnak számító állításokat. A fenti gondolatok alapján munkám céljait a következő kérdések határozzák meg:

1. Kimutatható-e összefüggés a *B. cinerea* populáció összetétele és a környezeti paraméterek között (évjárat, szüretidőpont)?
2. A populáció homogenitását hogyan mutatják a morfológiai, élettani tényezők?
3. Hogyan változik a szőlőbogyók fizikai tulajdonsága a botritizálódás során?
4. Hogyan változik a szőlőbogyók kémiai tulajdonsága a botritizálódás során?
5. Hogyan változik a szőlőbogyók mikrobiótája a botritizálódás során?
6. Hogyan definiálható a „jó” aszúszem és a nemesrothadás folyamata a vizsgált változók közötti kapcsolatrendszer elemzésének eredményei alapján?

### 3. Anyag és módszer

#### Szőlőbogyó minták gyűjtése egri termőterületről

A 2013-as, 2014-es és 2015-ös években az Egri borvidékhez tartozó szőlőterületekről gyűjtöttem a kísérletekhez szükséges aszús szőlőbogyó mintákat. A szőlőterületek Szomolya község határában helyezkedtek el (47° 54' 00" N; 20° 30' 00" E). A kísérletbe két szőlőfajtát vontam be, egy fehér fajtát, az *Olaszrizlinget* és egy kék szőlőfajtát, a *Turánt*. A mintagyűjtés időtartamát három egyhónapos periódusra bontottam (szeptember, október, november), mert ezek képviselték az aszúszem fejlődés fő stádiumait. A szőlőbogyó mintákat botritiszes szőlőbogyókat tartalmazó fürtökről való leszedés után steril mintatartó dobozokba tettem, majd a laboratóriumba szállítottam és még a mintagyűjtés napján megkezdtem a *B. cinerea* izolálását.

#### Szőlőbogyó minták gyűjtése tokaji termőterületről

A 2016-os és 2017-es évjáratban a vizsgálatokhoz felhasznált szőlőbogyókat a Tokaji borvidékhez tartozó Mád község határában található Betsek dűlő (48° 11' 18.6" N 21° 19' 01.8" E) *Furmint* és *Hárslevelű* szőlő ültetvényeiből gyűjtöttem. A mintagyűjtés időtartamát ebben az esetben is három egyhónapos periódusra bontottam (szeptember, október, november), az aszúszemek fejlődési stádiumait figyelembe véve. A tokaji szőlőültetvényben a nemesrothadás folyamatának négy fő stádiumában (1. ép, teljes érettségű szőlőszem; 2. még nem töppedt, de barnás-lilás foltokkal tarkított szőlőszem; 3. már töppedésnek induló, botritiszes szőlőszem; 4. a lilás aszúszem, látens gombafonalakkal lévő szőlőbogyókat gyűjtöttem (1. ábra) a fent megadott évjáratok vizsgálati időszakának minden hónapjában mindkét szőlőfajtaról.



##### 1. Aszúsodási fázis:

Teljesen ép, érett szőlőszem.

##### 2. Aszúsodási fázis:

Világos barna bogyó, barnás-lilás elszíneződések jelennek meg.

##### 3. Aszúsodási fázis:

Elindul a dehidratáció, a már teljesen barnás-lilás színű bogyók „aszalódni kezdenek”. Láthatóvá válhatnak a gombafonalak.

##### 4. Aszúsodási fázis

Valódi aszúszem. Barnás-lilás színű teljesen dehidratált szőlőbogyó. „Látens” gombafonalak formájában van jelen a *B. cinerea*.

1. ábra Az aszúsodás stádiumai (saját felvétel)

### A szőlőbogyók fizikai tulajdonságainak mérése

A 2016-os és 2017-es évjáratú szőlőbogyók fizikai tulajdonságainak méréséhez a TAxT2i típusú (Stable Micro System, Surrey, Egyesült Királyság) textúraelemző készüléket használtam HDP 90-es platformmal és 30 kg-os maximális terheléssel. Az adatok kiértékelését a Texture Expert Exceed szoftver csomaggal végeztem. Minden paraméter mérése előtt sor került a kar magasságának, sebességének, maximális nyomóerejének kalibrálására, valamint a megfelelő szonda felhelyezésére.

### A szőlőbogyók kémiai tulajdonságainak mérése

Szintén a 2016-os és 2017-es évjáratú szőlőbogyók esetében az alap analitikai paraméterek meghatározását WineScan (FOSS-analytic, Dánia) készülékkel végeztem. A nemesrothadás stádiumaiban minden szőlőfajta-hónap-év kombinációban a begyűjtött szőlőbogyókat laboratóriumi élelmiszer homogenizátor (IUL Masticator homogenizátor, IUL S.A., Spanyolország) segítségével roncsoltam, majd a kapott mustot leszűrtem, centrifugáltam és a tiszta must frakciót vizsgáltam a WineScan készülékkel. Az alábbi must analitikai paramétereket mértem: cukortartalom (Brix), titrálható savtartalom (TA) és pH.

### Szőlőbogyók mikrobiológiai vizsgálata

#### Egri termőterület mintái: 2013-2015

A *B. cinerea* izolálás első lépéseként az *Olaszrizling* és *Turán* aszúsodott szőlőbogyókról konidiumokat vittem át bengál-rózsakloramfenikol szelektív táptalajra (Scharlau Chemie S.A. Spanyolország). A bengál-rózsakloramfenikol táptalajon csírázásnak indult konidiumokból sztereo-mikroszkóp alatt monokonidiális telepeket válogattam, majd agar darabkával kivágva áthelyeztem a növekedéshez szükséges burgonya-dextróz agar táptalajra (Scharlau Chemie S.A. Spanyolország).

#### *B. cinerea* növekedési profil vizsgálat és morfológiai csoportok meghatározása

A *B. cinerea* izolátumok növekedési profil vizsgálatához a mintagyűjést követően frissen izolált négy napja aktívan fejlődő gombatelep széléről kivágott 5 mm-es agar korongot helyeztem a PDA agarlemez közepére. A Petri-csészéket 20 °C-on, 15 °C-on és 25 °C-on sötétkamrában inkubáltam. A micélium fejlődést négy

napon keresztül naponta regisztráltam. A *B. cinerea* morfológiai tulajdonságainak vizsgálatához mindhárom évjáratban ugyanazokat az izolátumokat vizsgáltam, friss, egyszer átoltott tenyészetekből a három különböző mintagyűjtési hónap és szőlőfajta (*Turán* és *Olaszrizling*) kombinációban. A kialakult morfológiai karaktereket a 20 °C-os optimális hőmérsékleten 21 napig tartó inkubáció után különítettem el. A makroszkópiusan megállapítható tulajdonságok alapján – sporuláció, micélium és szklerócium fejlődés - négy micéliális (M I, M II, M III, M IV) és négy szkleróciális (S I, S II, S III, S IV) típust különítettem el.

#### Tokaji termőterület mintái: 2016-2017

A *Furmint* és *Hárslevelű* szőlőbogyók botritizálódási stádium-hónap-év kombinációjának élesztő- és fonalgomba összetétel vizsgálata során a mikroorganizmusok izolálásához általános és szelektív táptalajokat használtam: CGA (Chloramphenicol Glucose Agar), CD (Czapek Dox Agar), TGE (Trypton Glucose Extract) és DRBC (Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol). A szőlőbogyókat (10 g) 90 ml fiziológiás sóoldattal együtt laboratóriumi élelmiszer homogenizátor (IUL Masticator homogenizátor, IUL S.A., Spanyolország) segítségével roncsoltam, majd hígítási sort készítettem és a táptalajokra széleszttem. A 20-23 °C-on kifejlődött különböző gombatelepeket PDA (Potato Dextrose Agar) és YEPD (Yeast Extract Peptone Dextrose) agarokra oltottam.

#### Élesztőgombák morfológiája

Az izolált élesztőgombák makromorfológiai tulajdonságait vizsgáltam mikroszkóp segítségével (ALPHA BIO-5F típusú fluoreszcens mikroszkóp, 100x objektív). A felvételezéshez friss tenyészeteket használtam (1-3 nap), melyekből preparátumot készítettem. A morfológiai tulajdonságok alapján csoportokba rendeztem az izolátumokat.

#### Összes élesztő- és penészszám vizsgálata

A nemesrothadás folyamata során vizsgáltam a *Furmint* és *Hárslevelű* (minden mintagyűjtés és aszúsodási fázis) szőlőbogyók összes élesztő- és penészszámát a telepszámlálás módszerével. Az élesztő- és penészszám meghatározásához CD (Czapek Dox Agar, Merck KGaA, Germany) és CGA (Chloramphenicol Glucose Agar, Scharlau Chemie S.A. Spanyolország) táptalajt használtam, a szélesztés után 22 °C és 25

°C-on inkubáltam a tenyészeteket három napig, majd megszámláltam a kifejlődő telepek számát.

### DNS kivonás és rDNS amplifikáció

A szőlőbogyók felületéről a 2016-ban és 2017-ben izolált mikroorganizmusok pontos azonosítása érdekében az élesztőgombák és fonalasgombák tiszta friss tenyészeiből DNS-t vontam ki. A nukleinsav izoláláshoz NucleoSpin Plant II DNS kivonó kitet használtam (Macherey-Nagel, Németország). A PCR reakció beállításait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A PCR reakció során alkalmazott primer párok és a reakció beállításai

| Mikroorganizmus típusa | Primer Pár      | rDNS régió             | PCR reakció                                                                                                 |
|------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fonalas gomba          | ITS<br>1F/ITS 4 | ITS1/5,8S<br>rDNS/ITS2 | denaturáció 94 °C 3 min, 94 °C 45 sec, anellálás 55 °C 1 min, extenzio 72 °C 2 min, 35 ciklus, 72 °C 10 min |
|                        |                 |                        |                                                                                                             |
| Élesztő gomba          | NL 1/NL 4       | 26S D1/D2              | denaturáció 94 °C 3 min, 94 °C 45 sec, anellálás 53 °C 1 min, extenzio 72 °C 2 min, 35 ciklus, 72 °C 10 min |

A reakció során kapott terméket tisztítottam (QIAquick PCR purification kit, QIAGEN, Németország) és mennyiségét Nanodrop ND 1000 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA) készülék alkalmazásával ellenőriztem, majd szekvenáltattam (BaseClear B.V, Hollandia).

### Szekvenálás, szekvencia elemzések

A megbízás alapján elkészült (BaseClear B.V, Hollandia) élesztő – és fonalasgomba szekvenciákat az NCBI adatbázisában BLAST kereső algoritmussal és referencia szekvenciák alapján azonosítottam, majd elkülönítettem a különböző nemesrothadás fázisában lévő szőlőbogyókon megtalálható élesztőgomba és fonalasgomba nemzetségeket. A 2017-es évjáratban izolált élesztő - és fonalasgomba telepek molekuláris azonosítása során kapott DNS szekvenciákat felhasználtam statisztikai vizsgálatokhoz,

melynek során operational taxonomic unit (OTUk) csoportokba rendeztem a szekvenciákat 97%-os hasonlóság alapján a USEARCH v. 11 szoftver program segítségével.

### Statisztikai módszerek

A *B. cinerea* növekedési profil vizsgálat mérési adatait varianciaanalízissel elemeztem. A kísérlet és mintagyűjtés során faktor-paramétereket (évjárat, szüretidőpont, szőlőfajta) és a hőmérsékletet, mint ismert változót variáltam. A vizsgálat során a változók együttes hatását is figyelembe vettem. Az eloszlások átlagát LSD (Least Significant Difference) teszt (szignifikancia szint  $p$ -értékre  $\alpha = 5\%$ ) segítségével csoportosítottam. Az azonosított morfológiai típusok gyakoriságát (frequency distribution, FD%) az alábbi összefüggés szerint számoltam évjáratonként, szüretidőpontonként és szőlőfajtánként.  $FD\% = (\text{izolátum száma az adott morfológiai csoport esetében} / \text{összes izolátum szám}) \cdot 100$ . Az így kapott gyakoriságok eloszlását szintén varianciaanalízissel elemeztem. Nem metrikus többváltozós skálázással (NMDS) ordinációs vizsgálatot végeztem a morfológiai csoportok évjárat és szüretidőpont szerinti eloszlásain. Meghatároztam az NMDS „stress” értékét is. Az ordinációban vizuálisan megfigyelt elkülönülés szignifikanciáját permANOVA (permutációs többváltozós varianciaanalízis) módszerrel határoztam meg.

A fizikai-kémiai és mikrobiológiai vizsgálatok eredményeit egy komplex adatbázisba rendeztem, a statisztikai elemzésekhez RStudio-t használtam (R-Studio 4.03 verzió) több statisztikai parancs-csomagot is felhasználva (Vegan, mixOmics és Factomine). A különböző változók eloszlását varianciaanalízissel vizsgáltam (ANOVA). A varianciaanalíziseket a következő külső változókra és azok kombinációjára végeztem: a botritizálódási fázisok (1-4), a szőlőfajták (*Furmint* és *Hárslevelű*) és a szüretidőpontok (szeptember, október, november). A belső változók, amelyek eloszlását összehasonlítottam a következők voltak:  $F_{sk}$ ,  $E_{sk}$ ,  $W_{sk}$ , BH, cukortartalom (Brix), pH, titrálható sav (TA) és mikroorganizmus (OTUk) összetétel. A legjobb ANOVA modell kiválasztásához az „Akaike information criterion” (AICcwt: Akaike Information Criterion contribution weight) számot határoztam meg. Az AIC teszt által kiválasztott, az adott eloszláshoz legjobban illeszkedő modell esetében Tukey HSD tesztet végeztem. A teszt által adott szignifikancia értékek alapján elvégeztem a belső változók eloszlásainak csoportosítását.

A többváltozós eloszlások két- vagy többdimenziós ábrázolásának különböző módszerei léteznek, mint főkomponens analízis, diszkriminancia analízis és más ordinációk. Munkám során főkomponens-analízist (Principal Component Analysis – PCA) használtam. A gombaközösségek esetén nem alkalmazható az Euklidészi metrika, ezért az ún. Bray-Curtis távolság határozandó meg, mely két minta esetén a közösen előforduló mikroorganizmusok és az összes mikroorganizmus számának hányadosából állítható elő:  $BC_{ij} = 1 - \frac{2C_{ij}}{S_i + S_j}$ , ahol BC a Bray-

Curtis távolság,  $C_{ij}$  a két mintában azonosan előforduló mikroorganizmusok száma,  $S_i$  és  $S_j$  pedig a mintákban összesen előforduló mikroorganizmusok száma. Ezek alapján meghatároztam a különbözőségi- vagy távolságmátrixot és az eloszlást NMDS ordináció segítségével 2D-ban ábrázoltam (RStudio, Vegan csomag, metaMDS függvény). Meghatároztam a mintákban található gombaközösségek ún. lokális változatosságát ( $\beta$ -diversity) is, mely megadja, hogy egy adott minta ökológiai változatossága hogyan aránylik a teljes populáció ökológiai változatosságához. A mikrobák statisztikai elkülönítéséhez meghatároztam az ún. OTU-k számát (Operational Taxonomic Unit). Egy OTU csoportba soroltam a mikrobákat, ha a vizsgált DNS szekvenciája legalább 97%-ban azonos volt.

A mért paramétereket változócsoporotokba sorolva (textúra, analitika, mikrobiális közösség) meghatározható, hogy a fázisonkénti, szüretidőpontenkénti vagy a szőlőfajtából adódó “elkülönülés” mennyire szignifikáns. Ehhez a permutációs többváltozós variancia analízist használtam (Permutational Multivariate ANOVA – PerMANOVA, RStudio, Vegan csomag, Adonis függvény). A változó csoportok korrelációját, azaz, hogy az adott csoportba tartozó változók együttes eloszlása mennyire korrelál egy másik változócsoporthoz tartozók eloszlásával az ún. Mantel-teszt segítségével határoztam meg.

#### 4. Eredmények és azok megbeszélése

Munkám során három évjáratban (2013, 2014, 2015) vizsgáltam az aszús szőlőbogyók felületén jelen lévő *B. cinerea* izolátumok növekedési profilját és morfológiai sajátosságait, majd további két évjáratban 2016-ban és 2017-ben pedig a nemesrothadás folyamatának fizikai, kémiai és mikrobiológiai sajátosságait tártam föl, melynek köszönhetően a minőségi aszúbogyóra vonatkozóan új számszerűsíthető paramétereket írtam le.

##### Mikroorganizmusok törzsgyűjteménye

2013-ban, 2014-ben és 2015-ben a korábban ismertetett szomolyai szőlőültetvényen termő két szőlőfajtáról (*Olaszrizling*, *Turán*) aszús tüneteket mutató szőlőbogyó minták feldolgozása során 693 monospórás *B. cinerea* izolátumot állítottam elő. Az izolátumok adatait törzsgyűjteménybe rendeztem a további vizsgálatok megalapozásához. 2016-ban és 2017-ben a mádi Betsek dűlőből *Furmint* és *Hárslevelű* szőlőfajtákról gyűjtött, négy botritizálódási stádiumból származó szőlőbogyók feldolgozása során összesen 345 élesztő- és fonalgomba izolátumot különítettem el, majd szintén törzsgyűjteménybe rendeztem a gombák adatait.

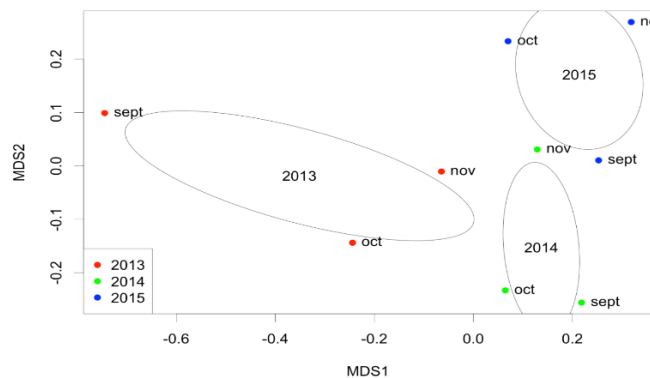
##### Környezeti tényezők hatása a *B. cinerea* micélium fejlődésére

Munkám során a környezeti körülmények közül az évjárat, szőlőfajta és a szüretidőpont (mintagyűjtési hónap) hatását vizsgáltam a gomba micélium növekedésére különböző inkubációs hőmérsékleteken. Az analízis célja az volt, hogy megvizsgáljam, hogy a különböző változóknak (évjárat, mintagyűjtési hónap, szőlőfajta, inkubációs hőmérséklet) való eltérés megváltoztatja-e a mért adatok (gombatelepek növekedése) eloszlását. A varianciaanalízis eredményei alapján szignifikáns különbségeket azonosítottam az évjárat, mintagyűjtési hónap és inkubációs hőmérsékletek között a micélium fejlődést tekintve, de a szőlőfajta nem befolyásolta a gomba micélium növekedését. Az eloszlások átlagát LSD teszt (szignifikancia szint  $p$ -értékre  $\alpha = 5\%$ ) segítségével csoportosítottam. A három évjáratban a mintagyűjtési hónapokat is figyelembe véve a micéliális növekedés 59-79 mm, 75-84 mm és 55-77 mm értékek között változott 15, 20 és 25 °C-on. Az átlagnövekedés értékeket vizsgálva elmondható, hogy a legnagyobb értéket 2013-ban mértem (76 mm), 2014-ben és 2015-ben is kisebb értékeket tapasztaltam (65 és 69 mm). A szeptemberi és novemberi mintagyűjtések izolátumainak növekedése között eltérés mutatkozott. Az általam vizsgált fehér (*Olaszrizling*), illetve kék (*Turán*) szőlőfajtáról származó *B. cinerea* izolátumok

növekedésének hőmérséklet optimuma nem tért el egymástól, a legerőteljesebben 20 °C-on fejlődtek a *B. cinerea* izolátumok micéliumai. A 2013-as évjáratban a napi maximum hőmérséklet 22,7 °C volt az ősz folyamán, ami közel áll a gomba növekedési optimumához, a 20 °C-hoz. Ezzel szemben 2014 és 2015 őszén a napi hőmérsékletek (23,1 és 24,0 °C) távolabb álltak az optimum hőmérséklettől, ami arra enged következtetni, hogy lassabb növekedési profil volt jellemző 2014-ben és 2015-ben. A fent leírt eredmények igazolják azt a tényt, miszerint szőlészeti-borászati szempontból a 2013-as évjárat jó minőségű aszúszemek képződésére adott lehetőséget, hiszen az évjárat őszén optimális körülmények voltak jelen a *B. cinerea* növekedéséhez. A 2014-es évjárat gyakorlatban tapasztalt extrém csapadék eloszlásának (nem mennyiségének) köszönhetően a gomba növekedése nem az optimális ütemben haladt, illetve inkább az ősszel jelenlévő szürkerohadás tünetei jelentek meg a szőlőbogyókon, ezt igazolhatja az ebben az évjáratban mért legnagyobb növekedési ráta is. A 2015-ös évjárat ősszel mért hőmérséklet adatai helyezkedtek el a legtávolabb az gomba növekedési optimumától, a gyakorlat oldaláról nézve az ősszel megjelenő botritizálódás szinte teljesen elmaradt ezen évjáratban.

#### Környezeti tényezők hatása a *B. cinerea* morfológiai típusaira

A varianciaanalízis eredményei alapján szignifikáns különbségeket azonosítottam az évjárat, mintagyűjtési hónap és morfológiai csoportok gyakoriságának eloszlása között, azonban a szőlőfajta ezen esetben sem gyakorolt hatást a morfológiai csoportok gyakorisági eloszlására. A három évjáratban és mindhárom mintagyűjtési hónapban a micéliális morfológiai csoportok gyakorisági eloszlása 51,4 és 91,7 % között alakult (átlag= 70,5 %), ami szignifikánsan magasabb volt a szkleróciális morfológiai csoportok gyakorisági eloszlásához képest. NMDS ordináció segítségével (Non Metric Multidimensional Scaling) meghatároztam a különbözőségi- vagy távolságmátrixot a morfológiai csoportok gyakorisági eloszlása között az évjáratok és hónapok szerint (2. ábra). Az elemzés eredménye szerint a morfológiai csoportok az évjáratok alapján elkülönülnek.



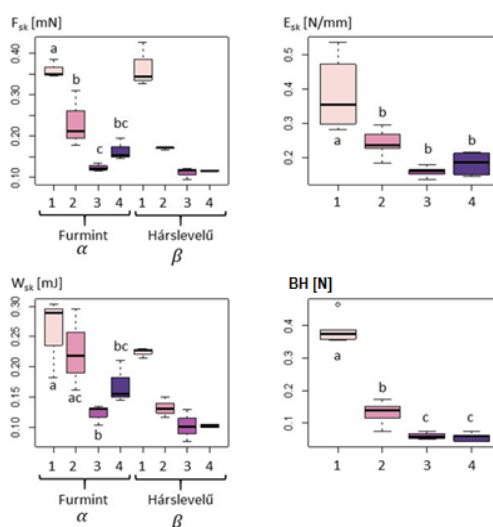
2. ábra: A minták (morfológiai csoportok) elkülönülésének ábrázolása NMDS (non-metric multidimensional scaling) ábrázolás szerint. A különböző színű pontok a három különböző évszámot jelölik (piros-2013, zöld-2014, kék-2015).

Permutációs többváltozós varianciaanalízist (permANOVA) végeztem, annak érdekében, hogy a minták elkülönülése esetében megvizsgáljam, hogy az előző csoportosítás mennyire írja le az eredeti eloszlásokat. Az elemzés eredményei szerint a meghatározott morfológiai csoportok szignifikánsan nem különböznek egymástól a szüretidőpontok alapján, azonban az évszámok szerint pontosan elkülöníthetők, mivel a permANOVA p értéke 0,048. A varianciaanalízis azt mutatja, hogy az évszámok különbözősége a minták elkülönülésének 28%-át magyarázzák ( $R^2=0,28$ ). A fent leírt eredményeim elsőként világítanak rá az évszám és szüretidőpont (mintagyűjtési hónap) fontosságára, hiszen az évszámok és az őszi hónapok hatással vannak a *B. cinerea* fejlődésére és morfológiai típusainak gyakoriságára a nemesrothadás folyamata során

#### A szőlőbogyó fizikai tulajdonságainak változása a nemesrothadás során

Az aszúsodás folyamatának fizikai változásait a 3. ábrán mutatom be. A mért fizikai paraméterek közül a szőlőbogyó héj átszakításához szükséges erő ( $F_{sk}$ , mN) erőteljes csökkenést mutat az aszúszem kialakulásának irányába, illetve a bogyóhéj átszakításához szükséges munka ( $W_{sk}$ , mJ) is hasonló lefutást ír le a nemesrothadás folyamata során. E meghatározó fizikai tulajdonságok a folyamat 3. fázisáig csökkennek, majd a 4. fázis felé haladva újra növekedésnek indulnak, jól alátámasztva az érés, túléérés, botritizálódás és töppedés tapasztalati folyamatait. Az  $F_{sk}$  és  $W_{sk}$  lefutásában bár nincs különbség a szőlőfajták között, viszont mindkét paraméter értékei szignifikánsan eltérnek a két

szőlőfajta esetében, ami azt jelenti, hogy a szőlőfajták héj keménysége eltérő. A szőlőbogyó héjának rugalmassági tényezője ( $E_{sk}$ , N/mm) és a bogyó keménysége (BH, N) szintén hasonló trendet vesz fel mindkét esetben, azzal az eltéréssel, hogy a két szőlőfajta értékeiben nem mutatkozik szignifikáns különbség, csak a nemesrothadás fázisai között mért értékek térnek el szignifikánsan. A rugalmassági tényező mért értékei alapján meghatározott 1. és 2. fázis között fellépő csökkenést *E-drop*-nak neveztem el, ami megmutathatja, hogy mely az a szabad szemmel még nem látható, de vizsgálatokkal precízen kimutatható pont, amikor a nemesrothadás elindulhat. Az *E-drop* azonosításával lehetőség nyílt a botritizálódás elindulásának nagyon korai felismerésére, ami természetesen nem jelenti azt, hogy innen számítva csak pozitív kimenetele lehet a „fertőzésnek”.



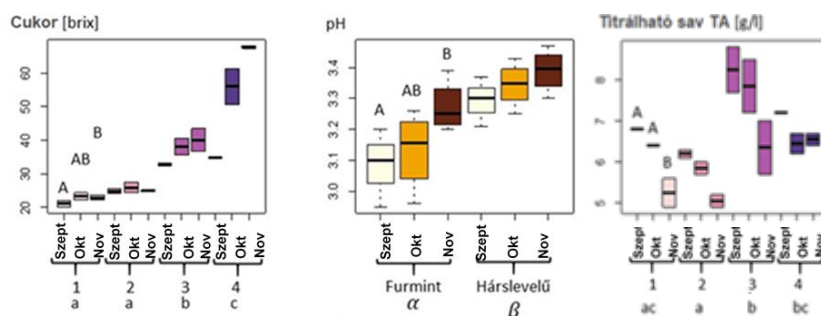
3. ábra: A 2017-ben gyűjtött szőlőbogyók fizikai változói a nemesrothadás folyamata során, melyeket varianciaanalízis segítségével (ANOVA) vizsgáltam a botritizálódási fázisok (arab számokkal jelölve 1-4), mintagyűjtési hónapok (szeptember-november) és szőlőfajták (görög betűkkel jelölve a Furmint és Hárslevelű) szerint. Az ábrán megjelenített betűk a post hoc Tukey HSD teszt ( $p < 0,05$ ) szerinti szignifikáns különbségeket jelölik, a kis betűk a fázisokra utalnak. A diagramokon kizárólag a szignifikánsan különböző eloszlásból származó csoportok vannak feltüntetve.

Fontos eredmény, hogy a szőlőbogyó héjára vonatkozó fizikai paramétereket nagymértékben befolyásolja a nemesrothadás stádiuma, ugyanakkor a szőlőfajta csak mérsékelten gyakorol hatást a fizikai paraméterekre és a szüretidőpont pedig egyáltalán nem befolyásolja a bogyók héjának deformációs tulajdonságait. Ezek alapján biztosan állítható, hogy a korábban szemrevételezés alapján felállított botritizálódási fázisok a fent leírt texturális

tulajdonságok alapján pontosan elkülöníthetők. Ráadásul az *E-drop*-ként elnevezett előrejelzési pont detektálása a termelők segítségére lehet a nemesrothadás folyamatának pontosabb meghatározásában és nyomonkövetésében vagy akár kiterjeszhető más kórokozók jelenlétének feltárásában, hiszen más gombás megbetegedések is jelentős hatással vannak a szőlőbogyó héjának textúrájára.

#### A szőlőbogyó kémiai tulajdonságainak változása a nemesrothadás során

Az aszúsodásról általánosan elmondható, hogy a nemesrothadás folyamatának 4. fázisa – és természetesen az egyre későbbi szüretidőpontok – felé haladva mindkét szőlőfajta esetében folyamatosan nő a cukortartalom, melynek dinamikáját a pH változása is követi, azonban a *Furmint* bogyókban mért pH értékek minden esetben a *Hárslevelű* alatt maradtak. A titrálható sav (TA) értékek „cikk-cakk” alakzatot vesznek föl a botritizálódás során: az 1. és 2. fázis között csökkenés tapasztalható, a következő lépésekben növekedés, majd ismét csökkenés, viszont a 4. fázisban mért értékek nagyon közel helyezkedtek el az 1. fázisban mértekhez (4. ábra).



4. ábra: A 2017-ben gyűjtött szőlőbogyók kémiai változói a nemesrothadás folyamata során, melyeket varianciaanalízis segítségével (ANOVA) vizsgáltam a botritizálódási fázisok (arab számokkal jelölve 1-4), mintagyűjtési hónapok (szeptember-november) és szőlőfajták (görög betűkkel jelölve a Furmint és Hárslevelű) szerint. Az ábrán megjelenített betűk a post hoc Tukey HSD teszt ( $p < 0,05$ ) szerinti szignifikáns különbségeket jelölik, a kis betűk a fázisokra utalnak, a nagy betűk pedig a mintagyűjtés hónapjaira mutatnak. A diagramokon kizárólag a szignifikánsan különböző eloszlásból származó csoportok vannak feltüntetve.

Vizsgálataim arra mutattak rá, hogy az azonos botritizálódási fázisokba tartozó szőlőbogyók esetében a cukortartalom a késői szüret időszakában a legmagasabb, különösen a 3. és 4. fázisban, ami arra enged következtetni, hogy a legmagasabb minőségű aszúszemek szüretelése októberben vagy novemberben a legvalószínűbb.

## A szőlőbogyó mikrobiótájának változása a nemesrothadás során

### Az élesztőgombák morfológiája és az összes élesztő- és penészszám meghatározásának eredményei

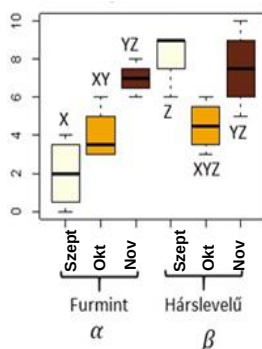
A különböző fázisú szőlőbogyók felszínén lévő összes élesztő- és penészszám változását mindkét évjáratban (2016, 2017) nyomonkövettem. A vizsgálat során azt tapasztaltam, hogy az élesztő- és fonalgombák száma a 4. fázis felé haladva mennyiségileg növekszik mindkét évjáratban és mindkét szőlőfajtán.

### Molekuláris azonosítás eredményei

A vizsgált szőlőbogyókon minden fázisban megtalálható volt az *Aureobasidium* sp. és a *Hanseniaspora* sp. nemzetség. Az 1. fázis mikroorganizmusai nagyobb változatosságot mutattak. A 4. fázist reprezentáló aszúbogyókon a *Botrytis* sp. mellett *Penicillium* spp., *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp., *Curvibasidium* spp. és *Cladosporium* spp. fonalgombákat azonosítottam. A 2016-os évjáratához hasonlóan 2017-ben is az *Aureobasidium* sp., *Hanseniaspora* sp., *Cryptococcus* sp. és *Metschnikowia* sp. nemzetségek fordultak elő a legtöbb aszúsodási fázisban mindkét szőlőfajta esetében. Összefoglalva elmondható, hogy a különböző botritizálódási fázisokban gyűjtött bogyók élesztő- és fonalgomba összetételében eltéréseket tapasztaltam, amely összefüggésbe hozható a bogyók fázisonként eltérő fiziológiai állapotával. A fázisok fejlődése során a 4. fázis felé haladva növekszik a bogyófelszínen található összes élesztő- és penészszám, ugyanakkor az előforduló élesztő- és fonalgomba nemzetségek diverzitása csökken. Eredményeim háttérében az állhat, hogy a töppedtséggel egyre ráncosabbá váló bogyófelszín alkalmasabb lehet a mikroorganizmusok megtelepedésére, de a növekvő cukortartalom csökkentheti az előforduló mikroorganizmusok sokféleségét. A régióra jellemző szőlőfajták - *Furmint* és *Hárslevelű* - bogyóin található élesztő- és fonalgomba közösségben eltérést azonosítottam. A 2017-es évjáratban gyűjtött szőlőbogyókon előforduló, tenyésztethető élesztőgomba és fonalgomba izolátumokból (198 db) nyert szekvenciák tekintetében további elemzéseket végeztem. A kapott DNS szekvenciákat OTUK-ba (operational taxonomic units) soroltam, 26 OTU (12 fonalgomba, 14 élesztőgomba OTUK) reprezentálja a kapott 198 db szekvenciát, melyeket a gomba referencia szekvenciákhoz 97 %-nál nagyobb szekvencia hasonlóság és a statisztikai elemzések alapján határoztam meg. A

5. ábrán jól látható, hogy a gombák összetételét szignifikánsan befolyásolja a szőlőfajta és a szüret időpontja, azonban a botritizálódási fázis nem. A *Furmint* szőlőbogyókon szeptembertől novemberig folyamatosan növekszik a gomba OTUK száma, de novemberre kevésbé diverz gomba összetétel alakul ki, mint a *Hárslevelűn*. Ezen kívül a *Hárslevelűn* nem azonosítottam a gombák számában egyértelmű növekedését az ősz elejétől a végéig. Az eredmények alapján elmondható, hogy a botritizálódási fázis nincs szignifikáns hatással a gomba populációk előfordulására.

Azonosított gomba OTUK

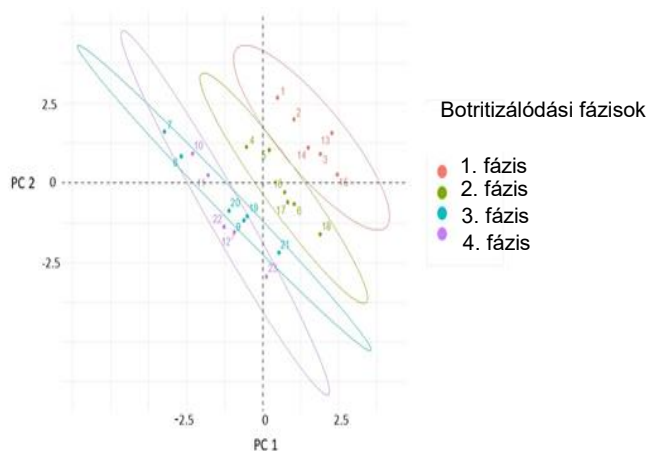


5. ábra: A szőlőbogyó mikrobiológiai változói a nemesrothadás folyamata során, melyeket varianciaanalízis segítségével (ANOVA) vizsgáltam a botritizálódási fázisok (arab számokkal jelölve 1-4) mintagyűjtési hónapok (szeptember-november) és szőlőfajták (görög betűkkel jelölve a *Furmint* és *Hárslevelű*) szerint. Az ábrán megjelenített betűk a post hoc Tukey HSD teszt ( $p < 0,05$ ) szerinti szignifikáns különbségeket jelölik, a görög betűk a szőlőfajtákra, a nagy betűk pedig a mintagyűjtés hónapjaira mutatnak. A diagramokon kizárólag a szignifikánsan különböző eloszlásból származó csoportok vannak feltüntetve.

### A fizikai-kémiai-mikrobiológiai változók és a nemesrothadás közötti kapcsolat feltárása

Annak érdekében, hogy feltárjam a különbségeket a különböző botritizálódási fázisokban, különböző szüretidőpontokban és a két különböző szőlőfajtaról gyűjtött szőlőbogyók között, többváltozós statisztikai elemzéseket végeztem. Főkomponens analízis segítségével jól ábrázolható, hogy a főkomponensek alapján hogyan különülnek el a fázisok, szüretidőpontok és szőlőfajták. Egynél nagyobb sajátértékkel három főkomponenst azonosítottam. A változók közül a PC1 (a teljes varianciának a 26,27%-a) a titrálható savtartalommal (TA), a bogyó keménységgel (BH) és a rugalmassági tényezővel ( $E_{sk}$ ) korrelált a legjobban. A bogyóhéj keménység ( $F_{sk}$ ), cukortartalom és  $W_{sk}$  pedig a PC2 tengely esetében domináltak. A minták vizuális ábrázolását a PC1 és PC2 tengely által meghatározott síkon mutatom be (6. ábra). A minták különböző kategóriáinak szétválasztása a 6. ábra alapján arra

enged következtetni, hogy a vizsgált botritizálódási fázisok jól elkülönültek a mért változók alapján, az első három botritizálódási fázis teljesen elvált egymástól, míg a 4. fázis kisebb átfedést mutat a 3. fázis mintáival.



6. ábra: Az első két főkomponens alapján ábrázolt minták csoportosulása a négy fizikai paraméter ( $F_{sk}$ ,  $E_{sk}$ ,  $W_{sk}$ ,  $E_{sk}$ ), három analitikai paraméter (cukortartalom, titrálható savtartalom, pH) és a gomba közösségek eloszlása alapján. A színnel jelölt csoportosítás a minták adott fázisú állapotát jelöli: piros – 1. fázis; zöld – 2. fázis; kék – 3. fázis; lila – 4. fázis

A változó csoportok korrelációs együtthatóját vizsgálva a  $W_{sk}$ ,  $F_{sk}$ ,  $E_{sk}$ , BH értékek, melyek együtt változnak és függenek egymástól. A TA is pozitív korrelációt mutat, de nem változik együtt a fizikai paraméterekkel. A gomba OTUk nem korrelálnak a fizikai változókkal és a kémiai változók közül is csak a pH értékekkel, ez azt jelenti, hogy a szőlőbogyó pH-ja befolyásolja az ott jelenlévő mikrobaközösséget. A cukortartalom negatív korrelációt mutat a textúra paraméterekkel, míg a savtartalom nem korrelál egyik többi változóval sem. Az NMDS elemzés eredménye szerint is a mintáim legjobban a botritizálódási fázisok alapján különülnek el, az első három botritizálódási fázis teljesen elvált egymástól és a negyedik fázis pedig kis átfedést mutat a harmadikkal. A főkomponens és NMDS elemzéseken kívül permutációs varianciaanalízist (perMANOVA) végeztem, annak érdekében, hogy a minták elkülönülése esetében megvizsgáljam, hogy az előző csoportosítások mennyire írják le az eredeti eloszlásokat.

2. táblázat: A nemesrothadás fázisaival, a szüretidőpontokkal és a szőlőfajtákkal korreláló variancia (%) eloszlása a vizsgált változók esetén a permANOVA elemzések alapján.

| Változók          | Nemesrothadás fázisai |              | Szüretidőpont |              | Szőlőfajta |              |
|-------------------|-----------------------|--------------|---------------|--------------|------------|--------------|
|                   | Var. (%)              | p            | Var. (%)      | p            | Var. (%)   | p            |
| Textúra paraméter | 57                    | <b>0.001</b> | 31            | <b>0.001</b> | 12         | 0.057        |
| Kémiai paraméter  | 72                    | <b>0.001</b> | 11            | 0.12         | 0          | 0.835        |
| Gombaközösség     | 21                    | <b>0.031</b> | 22            | <b>0.014</b> | 25         | <b>0.014</b> |

Az elemzés eredményei szerint (2. táblázat) a textúra -, analitikai - és mikrobiológiai paraméterek szignifikánsan különböznek egymástól a botritizálódási fázisok eloszlásai alapján. A textúra paramétereket 57%-ban ( $p=0,001$ ), a kémiai paramétereket 72%-ban ( $p=0,001$ ) és gomba közösséget 21%-ban ( $p=0,031$ ) befolyásolja a botritizálódási fázis. Ezen eredmény alátámasztja a korábban meghatározott botritizálódási fázisok elkülönítésének biztonságát. A főkomponens analízis szerint ugyan nem különültek el a mintagyűjtés időpontjai és a szőlőfajták szerint sem a minták, de a permANOVA analízis rávilágított, hogy a mintagyűjtési időpont szignifikánsan befolyásolja a fizikai változókat (31%,  $p=0,001$ ) és a gombaközösség diverzitását (22%,  $p=0,014$ ) is, a szőlőfajta pedig szignifikáns hatást gyakorol a jelenlévő gombaközösség diverzitására. Az azonosított gombaközösségek esetében fázisok szerint összehasonlítottam a gombaközösségek diverzitását, a  $\beta$ -diverzitást. Ez alapján elmondható, hogy a 4. botritizálódási fázisban a gombák  $\beta$ -diverzitásának eloszlása szignifikánsan különböző, kisebb átlagértéket és kisebb szórást mutat, mint a többi fázisban. Ezen eredmény azt mutatja, hogy a valódi aszúszemen jelenlévő gombaközösség heterogenitása csökken a nemesrothadás előre haladtával. Ezen eredmények összefüggést mutatnak a 2016-ban és 2017-ben végzett vizsgálataimmal, amikor az összes élesztő- és penészszám növekedett a botritizálódás előrehaladtával, de a mikroorganizmusok heterogenitása pedig csökkent. Mantel-tesztet használtam a különböző változó csoportok közötti korreláció vizsgálatához. Az eredmény alapján egyedül a gombaközösség összetétele és fizikai paraméterek között azonosítottam szignifikáns kapcsolatot (Mantel statisztika:  $R: 0,1624$ ,  $p=0,0429$ ), míg a kémiai paraméterek és gombaközösség összetétele, illetve a kémiai és fizikai paraméterek között nem azonosítottam szignifikáns korrelációt. Szemléletesebben kifejezve ez az eredmény azt jelenti, hogy ha a minták fizikai paraméterei eltérőek, akkor az ott jelenlévő gombaközösség összetétele is eltérő lesz, míg a kémiai változók függetlenül változnak a fizikai

változóktól és a szőlőbogyón lévő mikroorganizmusoktól. A szőlőbogyókon lévő gombaközösség összetételére vonatkozó eredményeket értékelve elmondható, hogy bár a vártnál kevesebb szignifikáns változást azonosítottam a gombák sokféleségére vonatkozóan a botritizálódás fázisai között, a gombák közösségének komplexitása összehasonlítható volt a nemesrothadás során. Mindazonáltal, hogy a nemesrothadás folyamata szignifikáns hatást gyakorolt a gombaközösség összetételére további karakterisztikákat is előre jelezhet például a szőlőbogyók fizikai és kémiai változásait is.

## 5. Következtetések és javaslatok

Az értekezésben bemutatott eredményeim alapján új elemeket tártam fel a nemesrothadás és *B. cinerea* között fennálló kapcsolatrendszerben. Az aszúbor előállításában jártas szakemberek szerint a jó aszúszem, kellően magas cukor- és savtartalmú, megfelelő pH-jú, botritiszes ízű, textúrája töppedt, ugyanakkor puha és húsos bogyóként írható le. A tapasztalaton alapuló tudás mögött rejtőző, a szőlőszemekben bekövetkező fizikai-kémiai és biológiai változások háttérében álló folyamatok, ezek rendszere és együttese azonban eddig nem került feltárára. Ezen kihívásokból kiindulva építettem fel a botritizálódás folyamatának összefüggéseit feltáró kísérleteimet, melyeknek eredményeiből kiderül, hogy az évjárat és szüretidőpont erősen befolyásolja a *B. cinerea* morfológiáját. Eredményeim rámutattak, hogy a *B. cinerea* micéliális növekedésére és a morfológiai típusok előfordulására az évjárat és szüretidőpont nagy hatással bír. A gomba tulajdonságain túlmutatva a szőlőbogyók aszúsodásának folyamatát kezdtem vizsgálni, melyben a *B. cinerea* fontos, de nem egyedüli szerepet játszik. Többváltozós statisztikai módszerek segítségével elemeztem, hogy a mért textúraparaméterek, az analitikai értékek és a mikroorganizmus közösségek kombinált modellként kezelve, hogyan változnak az aszúsodás folyamata során. A modell legmeghatározóbb változói rendre a titrálható sav, bogyókeménység, a rugalmassági tényező, a bogyóhéj átszakításához szükséges munka és a cukortartalom értékek, melyek alapján jól meghatározható, hogy az aszúsodás négy különböző fázisa tökéletesen elhatárolódik és megkülönböztethető a vizsgált paraméterekből alkotott modell alapján. Kísérleti eredményeimre alapozva az eddig csak „szállóigeként” emlegetett – milyen is egy jó aszúszem? – definíció tudományos alapokra helyeződött. A jó aszúszem (évjáratától függően) október végén vagy november elején szüretelhető optimális paraméterekkel, *Furmint* szőlőfajtából a 4. aszúsodási fázisban. Eredményeim nem egy technológiai eljárást adnak, amely alapján bármilyen körülmények között elkészíthető a legjobb aszúbor, hanem támpontokat, melyek segítenek a folyamat megismerésében, illetve a tudatos szőlőtermesztés kialakításában az aszúbogyó termelés során.

## 6. Új tudományos eredmények

Munkám során a nemesrothadás folyamatában legnagyobb jelentőséggel bíró fonalasgomba, a *B. cinerea* biológiáját tanulmányoztam, majd vizsgáltam a szőlőbogyó botritizálódásának egyéb tulajdonságait fizikai, kémiai és mikrobiológiai szemszögből megvilágítva a nemesrothadás folyamatát. Vizsgálataim rávilágítottak, hogy bár a nemesrothadás folyamatában a *B. cinerea* jelenléte alapvető, a szőlőbogyók aszúsodási folyamatának dinamikáját a fizikai-kémiai paraméter változások és a mikrobiális kapcsolatrendszer kölcsönhatásai határozzák meg. Kutatásaim alapján az alábbi új tudományos eredményeket állapítom meg:

### 1. tézis:

Kísérleteimmel elsőként mutattam ki, hogy az évjárat jellegzetességei hatással vannak a *B. cinerea* micéliális növekedési rátájának és morfológiájának változására a nemesrothadás során. A gomba optimális növekedési hőmérsékletétől eltérő hőmérsékleten a lassabb növekedési rátájú, illetve a szkleróciális morfológiai megjelenést mutató izolátumok dominálnak szemben az optimális hőmérsékleti értékhez közeli micéliális megjelenéssel rendelkező és gyorsabb növekedési rátájú izolátumokkal. A morfológiát tekintve a mintagyűjtések előrehaladtával a micéliális típusok előfordulási gyakorisága szignifikánsan csökken.

### 2. tézis:

Munkám során kimutattam, hogy a szőlőbogyók fizikai és kémiai paraméterei évjárattól és szőlőfajtától függetlenül azonos módon változnak a nemesrothadás során, melyből következtetni lehet az aszúsodási fokra (aszúsodási fázisra). A bogyóhéj rugalmassági tényezőjének ( $E_{sk}$ ) értékeihez köthetően meghatároztam az *E-drop*-nak elnevezett pontot, ami megmutatja, hogy mely az a szabad szemmel még nem látható, de a bogyóhéj textúra vizsgálatával kimutatható bogyóállapot, amikor a nemesrothadás folyamata elindul.

### 3. tézis:

Vizsgálataim rámutattak, hogy a *Furmint* és *Hárslevelű* szőlőfajták aszúsodási folyamatában a *Furmint* szőlőfajta esetében tapasztalható a magas minőséget prezentáló fizikai és kémiai értékek kialakulása, ahol – botritizálódás szempontjából megfelelő évjárat esetén - optimális állapotú és minőségű aszúszemet a negyedik aszúsodási fázisban, október végén vagy november elején lehet szüretelni.

### 4. tézis:

Vizsgálataim bizonyították, hogy a botritizálódás során, az egy adott időpontban előforduló aszúsodási fázisok szőlőbogyóinak mikrobiális összetétele hasonló, azonban a folyamat időbeli előrehaladása során a gombaközösség összetételében változások tapasztalhatók. Elmondható, hogy a gombaközösségek átlagosan változatosabbak a *Hárslevelűn*, ám a szüretidőpont előrehaladtával a mikrobaközösség diverzebb a *Furmint* szőlőfajta esetében.

### 5. tézis

A vizsgált változók közötti kapcsolatrendszer feltárása során igazoltam, hogy szoros összefüggés van a szőlőbogyó textúrája és a gomba közösségének összetétele között, mely arra enged következtetni, hogy az aszúsodási folyamat mikrobiális háttere jóval összetettebb az eddig feltételezettektől.

## 7. Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

### **Impakt Faktossal rendelkező angol nyelvű folyóiratcikkek**

Júlia, Hegyi-Kaló; Imre, J. Holb; Szabina, Lengyel; Ákos, Juhász; Kálmán, Zoltán Váczy

Effect of year, sampling month, grape cultivar and incubation temperature on mycelial growth and morphological type of Botrytis cinerea isolated during noble rot development

EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY (2019)

**2019 IF = 1,466**

Júlia, Hegyi-Kaló, Ádám István Hegyi, József Geml, Zsolt Zsófi, Xénia Pálfi, Kálmán Zoltán Váczy

Physico-chemical characteristics and culturable microbial communities of grape berries change strongly during noble rot development

MDPI Plants (2020)

**2020 IF = 2,762**

### **Magyar nyelvű folyóiratcikkek**

Hegyi-Kaló, Júlia; Lengyel, Szabina; Szalóki, Nikoletta; Szén, Orsolya; Juhász, Ákos; Váczy, Kálmán Zoltán

Különböző aszúsodási fázisokban gyűjtött szőlőbogyók felületén előfordulható élesztő és fonalgomba közösség vizsgálata

NÖVÉNYVÉDELEM 78: 11 pp. 507-512., 6 p. (2017)

### **Nemzetközi konferencia (teljes)**

Hegyi-Kaló, J; Pomázi, A; Váczy, K Z

Diversity of Botrytis cinerea population of “Aszú” berries compared within two different vintages

In: Engelhardt, Tekla; Dalmadi, István; Baranyai, László; Mohácsi-Farkas, Csilla (szerk.) Food Science Conference 2015 - Integration of science in food chain: Book of proceedings

Budapest, Magyarország: Corvinus University of Budapest, (2015) pp. 94-97. , 4 p.

Júlia, Kaló-Hegy; Andrea, Pomázi; Zsuzsanna, Váczy; Kálmán, Zoltán Váczy

Genetic and morphologic characterisation of noble rotted Botrytis cinerea isolates from Eger wine - growing region

In: Dalmadi, I; Engelhardt, T; Bogó-Tóth, Zs; Baranyai, L; Bús-Pap, J; Mohácsi-Farkas, Cs (szerk.) Food Science Conference 2013 - With research for the success of Darányi Program: Book of proceedings

Budapest, Magyarország: Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, (2013) pp. 204-207., 4 p.