

# **SZAKDOLGOZAT**

**Szurovecz Gabriella**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Élelmiszertudományi- és Technológiai Intézet**

**Élelmiszermérnök alapképzési szak**

**MEGGYLÉ DÚSÍTÁS KIMUTATHATÓSÁGÁNAK  
VIZSGÁLATA KÉZI KÖZELI INFRAVÖRÖS  
SPEKTROSKÓPIÁVAL**

**Belső konzulens:**

**Dr. Kovács Zoltán**

egyetemi tanár

**Belső konzulens intézete/tanszéke:**

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet,  
Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék

**Belső konzulens:**

**Dr. Vitális Flóra**

kutatási munkatárs

**Belső konzulens intézete/tanszéke:**

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet,  
Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék

**Készítette:**

**Szurovecz Gabriella**

**Budapest**

**2025**

# Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzések .....	1
1.1.	Bevezetés .....	1
1.2.	Célkitűzések.....	3
2.	Szakirodalmi áttekintés .....	4
2.1.	Gyümölcsfogyasztás .....	4
2.2.	A hazai gyümölcsstermesztés és kihívásai.....	4
2.3.	A gyümölcsök értékes tápanyagai .....	5
2.4.	Tartósítási lehetőségek .....	6
2.5.	Gyümölcslé előállítás .....	7
2.6.	Az élelmiszerek dúsítása .....	8
2.7.	A dúsított gyümölcslevek vizsgálata .....	8
2.7.1.	Alkalmas módszerek, fontos paraméterek .....	8
2.7.2.	A közeli infravörös spektroszkópia.....	9
3.	Anyagok és módszerek .....	12
3.1.	Mintaelőkészítés .....	12
3.2.	Közeli infravörös spektroszkópiás vizsgálat .....	13
3.3.	Adatelemzés.....	13
3.3.1.	Adatok előkezelése.....	13
3.3.2.	Főkomponens analízis (PCA).....	14
3.3.3.	Lineáris diszkriminancia analízis (LDA) .....	14
3.3.4.	Részleges legkisebb négyzetek regresszió (PLSR).....	14
4.	Eredmények és értékelésük.....	16
4.1.	A nyers adatok áttekintése .....	16
4.2.	A főkomponens elemzés (PCA) eredményei.....	17
4.3.	A PCA alapú lineáris diszkriminancia elemzés (LDA) eredményei .....	20

4.4.	A részleges legkisebb négyzetek regresszió (PLSR) eredményei .....	23
5.	Következtetések és javaslatok .....	29
6.	Összefoglalás .....	31
7.	Irodalomjegyzék .....	33
8.	Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	39
8.1.	Ábrajegyzék.....	39
8.2.	Táblázatjegyzék .....	40
	Mellékletek.....	42

# 1. Bevezetés és célkitűzések

## 1.1. Bevezetés

Az egészséges táplálkozás kiemelt szerepet játszik az emberi szervezet egészségének fenntartása során. Az egészséges étkezési szokások jelentősen befolyásolhatják számos, életmóddal összefüggő betegség, mint a 2-es típusú cukorbetegség, illetve szív-és érrendszeri megbetegedések előfordulásának valószínűségét (Bujdosó, 2021). Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül a tudatos táplálkozás iránti fogyasztói érdeklődés. Ennek megfelelően folyamatosan növekszik az egyre egészségesebb, táplálóbb élelmiszerek iránti fogyasztói kereslet is.

A mindennapi étrend kiemelt fontosságú termékei a gyümölcsök. A számos gyümölcsfeldolgozási forma közül különösen a gyümölcslevek igen kedvelt termékek a fogyasztók körében. Amellett, hogy kellemes ízzel rendelkeznek, egyszerű folyadékforrások és számos egészségtámogató vegyületben gazdagok. Emellett a különböző fajták kombinálásával számos, egyedi ízvilágú és összetételű termék létrehozható. Ezen a vonalon tovább haladva a gyümölcslevek különböző, szervezetünk számára hasznos vegyületekkel való dúsítása igen jó megoldás lehet a folyamatosan növekvő, újszerű fogyasztói igények kielégítésére. Dolgozatom középpontjában ezen dúsított gyümölcslevek állnak.

A gyümölcslevek, különösen a dúsított gyümölcslevek előállítás- és ellenőrzési folyamatainak során igen fontos a termékösszetevők arányának, mennyiségének folyamatos kontrollja. de az előállítás egyes lépései (pl. hőkezelés) mellett más, tényezők is (pl. érettség, eredet stb.) jelentősen befolyásolhatják a beltartalmi értékeket. Annak érdekében, hogy megbizonyosodhassunk a termékek pontos összetételéről, számos paraméter vizsgálata szükséges (szárazanyag tartalom, savtartalom stb.). Ezen mérési módszerek alkalmazása sok esetben időigényes és a vizsgálatok során az anyag elroncsolására van szükség. Mindezek mellett egyes minőségi paraméterek meghatározása során olyan vegyszerek használata elengedhetetlen, melyek egészségkárosító hatásúak lehetnek. Továbbá termékmanipuláció nem minden esetben szűrhető ki a fenti néhány minőségi jellemző vizsgálatával. Mindezek mellett a gyümölcslevek vizsgálata során előfordul, hogy a gyümölcsök természetes sötétebb színéből adódóan a vizuális meghatározás (pl. titrálás során szemmel látható végpontjelzés) nem lehetséges.

Ezen okokból is érdemes figyelmet fordítani az egyre korszerűbb eljárásokra, melyek alkalmazásával lehetőség nyílik roncsolásmentes, gyors meghatározásra. Az ilyen technológiák közül az egyik legfontosabb az infravörös spektroszkópia (NIRS), mely számos iparágban széleskörűen, eredményesen használt vizsgálati módszer. Alkalmazása során az anyagot nem éri károsodás, így nincs anyagvesztés, továbbá a mintaelőkészítés sem időigényes. Vegyszerhasználati szempontból a káros egészségügyi hatások elkerülése mellett költséghatékonyabb és fenntarthatóbb megoldásnak bizonyul. A NIRS technikával szilárd és folyékony minták mérése is lehetséges, továbbá a termék színe nem befolyásolja a mérést, így akár a dúsított gyümölcslevek összetételének vizsgálatára is alkalmas technika lehet.

## 1.2. Célkitűzések

Kutatásunk fókuszában meggylé különböző fajtájú növényi kivonatokkal történő dúsításának vizsgálata áll, kiemelt tekintettel a roncsolásmentes közeli infravörös spektroszkópiás módszerrel történő alkalmazhatóságra.

A vizsgálatok során célunk a dúsítás mind kvalitatív, mind kvantitatív szempontból történő kimutathatóságának meghatározása.

Tudományos munkám során több rész cél került meghatározásra:

- Meggylé növényi kivonattal történő dúsításának spektrális elemzése és elkülöníthetőség meghatározása:
  - az eltérő koncentrációk és extraktumok között;
  - a különböző növényi kivonatok szimpla, bináris és ternáris kombinációi között;
- Meggylé dúsítás kvantitatív modellezése:
  - dúsítási koncentráció becslhetőségének meghatározása,
  - modellezésben leginkább relevánsnak mutató hullámhosszok azonosítása.

A vizsgálatink eredményei hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a közeli infravörös spektroszkópia vizsgált termékcsoporthoz hasonló körben hatékonyabban alkalmazhatóvá váljon.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1. Gyümölcsfogyasztás

A FAO adatai szerint 2000 és 2022 között Magyarországon az egy főre jutó gyümölcs mennyisége - bár az Unió szintje alatt - de lassan növekedő tendenciát mutat (FAO, 2024). Ennek ellenére 2010 és 2023 között a gyümölcslé és -nektár fogyasztás az Európai Unióban folyamatosan csökkenni látszik (Statista, 2024). Ezt a kijelentést szintén alátámasztja a Magyar Ásványvíz, Gyümölcslé és Üdítőital Szövetség kimutatása, miszerint az egy főre eső gyümölcslé fogyasztás az utóbbi két évtizedben csökkent hazánkban (MAGYÜSZ, 2024).

Egészségünk megőrzéséhez elengedhetetlen a megfelelő tápanyagok bevitele, így mindenképpen fontos a gyümölcstermékek fogyasztásának témájával foglalkozni. A megfelelő tápanyag bevitel biztosítása érdekében a nagyobb mennyiségű fogyasztás mellett megoldást jelenthet a gyümölcstermékek egészségtámogató vegyületekkel történő kiegészítése.

### 2.2. A hazai gyümölcsstermesztés és kihívásai

Magyarország a kontinentális éghajlati tulajdonságából adódóan számos gyümölcsfajta termesztéséhez optimális környezeti adottságokkal bír. Hazánkban a legjelentősebb az alma- és szőlőtermesztés, melynek mértéke 2023-ban rendre meghaladta a 485 ezer és 410 ezer tonnát (KSH, 2024).

A csonthéjas gyümölcsök is igen jelentős mennyiségben kerülnek termesztésre hazánkban. A KSH adatai szerint a magyarországi gyümölcsstermesztés jelentős, megközelítően 20%-át teszik ki a csonthéjasok. Ezek közül kiemeltnek tekinthető a kajszibarack és a szilva mennyisége, a vezető pozíciót pedig a meggy foglalja el (KSH, 2023). Azonban az Agrárpiaei jelentések (2024) meggyel kapcsolatos kiadványa szerint hazánk meggytermelése a korábbi évekhez képest 2023-ra mintegy 18%-kal csökkent, illetve hasonló, alacsonyabb termésátlagot becsültek 2024-re vonatkozóan is. A belföldi meggytermelés jelentősnek tekinthető a többi csonthéjas gyümölcs mennyiségéhez képest, de okkal tarthatunk a meggy elérhetőségének csökkenésétől.

A betakarítást követően a gyümölcs minőségének biztosítása szempontjából számos kihívás jelentkezik. Tekintettel arra, hogy a gyümölcsök biológiai szervezetek, megjelenésük, összetételük, illetve ebből adódóan érzékszervi tulajdonságaik sem állandóak. Ezen tulajdonságokból és a környezeti körülményekből adódóan nem csak a minőség, hanem a

termésátlag is ingadozhat. Az egyes tényezőkből adódó minőségi sajátosságokat mind a friss fogyasztásra, mind a további feldolgozásra szánt termékek kezelése esetén is figyelembe kell tartani.

### 2.3. A gyümölcsök értékes tápanyagai

A megannyi élelmiszercsoport közül a gyümölcsök kiemelt szerepet játszanak a szervezet normál működésének fenntartásában. Összetételüket tekintve számos, az egészség fenntartásához nélkülözhetetlen vegyületet tartalmaznak. Ásványianyagokat tekintve is több fontos makro- és nyomelem (pl. kálium, foszfor, vas) forrásaiként szolgálnak (Takácsné Dr. Hájos Mária, 2021. Vitamintartalmuk (pl. C-, B<sub>1</sub>-, A-vitamin) létfontosságú a megfelelő testi és szellemi fejlődéshez egyaránt (Booth, Johns and Kuhnlein, 1992; Rodler, 2006; Adams, 2007; Maqbool *et al.*, 2017; Mrowicka *et al.*, 2023).

Fehérjéket és az azokat felépítő aminosavakat, valamint zsírokat a gyümölcsök túlnyomó része elhanyagolható mennyiségben tartalmaz (FDA, 2008; Boyle *et al.*, 2024). A gyümölcsök szénhidrát tartalmát tekintve jelentős befolyásoló tényező a gyümölcs fajtája, a termesztés során jelen lévő környezeti feltételek, továbbá az érettségi állapot egyaránt. A gyümölcsök jelentős szénhidrát tartalommal rendelkeznek, mely tápanyagcsoporton belül megkülönböztetünk egyszerű, illetve összetett szénhidrátokat, mint főbb kategóriákat (Barta, 2007).

Az emberi szervezet számára létfontosságú tényező a megfelelő folyadékmennyiség bevitele. A napi ajánlott vízbeviteli mennyiség számos tényezőtől függően átlagosan 2-3 liter. A gyümölcsök jellemzően magas víztartalmukkal hozzájárulnak a napi folyadékszükséglet kielégítéséhez (Vicente *et al.*, 2022). Víztartalmuk gyümölcsfajtától függően meghaladhatja a mintegy 75-95%-ot (McCance and Widdowson's, 2014).

Kutatásunk kiemelt gyümölcsfajtája, a meggy számos jótékony hatással rendelkezik. Vitamintartalma (A, C, E) támogatja az emberi szervezet, különösen az immunrendszer normál működését (Blando and Oomah, 2019). Han és munkatársai (2020) kutatása szerint kiemelkedően magas polifenol tartalma pedig vérnyomáscsökkentő hatással bír. Fontos ásványi anyagokat (kálium, kalcium, magnézium, foszfor) is jelentős mértékben tartalmaz, melyek elengedhetetlenek például a csontképzéshez és sejttanyagcsere-folyamatokhoz egyaránt (Ekşi, Burcu and Kirtiş, 2016; Takácsné Dr. Hájos Mária, 2021). Szénhidrát tartalmát tekintve alacsony mennyiségben tartalmaz egyszerű cukrokat. Jelentős a szerves sav tartalma, melyek közül legnagyobb mennyiségben almasav van jelen. Alacsony fehérjetartalommal rendelkezik, azonban fontos esszenciális aminosav, triptofán kiváló forrásaként szolgál. Továbbá olyan

értékes komponenseket is rejt magában, mint a szerotonin és a melatonin (Hussain *et al.*, 2021). Felhasználása igen széleskörű, gyakran találkozhatunk vele befőtt, lekvár, szörp, illetve gyümölcslé formájában is.

Dolgozatom készítése során vörösáfonya-, szőlőmag - és gránátalma kivonatok használatára került sor. Amellett, hogy a meggy magas a tápanyagtartalommal rendelkezik, a használt kivonatok mindegyike további, értékes vegyületeket tartalmaznak. Így például a vörösáfonya rendkívül gazdag proantocianidinekben és ásványi anyagokban (Nemzer *et al.*, 2022). A szőlőmag dús polifenolokban, ezek között kiemelendő az erős antioxidáns hatású rezveratrol tartalma, mely nagyobb mennyiségben a szőlőben fordul elő (Hegedüs *et al.*, 2022). A gránátalmában található nagy mennyiségű ellagitanninok szintén kifejezetten előnyös élettani hatással bírnak (Heber, 2011). Következésképpen megállapítható, hogy a tudományos munkában használt extraktumok mindegyikét érdemes meggylé dúsítása során alkalmazni sajátos, a meggy értékes anyagain kívüli vegyületeik miatt.

## 2.4. Tartósítási lehetőségek

A termékek élvezeti értéke mellett kiemelten fontos a fogyasztó egészségének védelme, így a gyümölcstermékek esetén is jelentős szerepet játszik a mikrobiológiai biztonság megléte. A gyümölcsök szezonon túli minőségének biztosításához elengedhetetlen valamilyen tartósítási eljárás alkalmazása. A technológia megválasztásakor annak sterilizáló hatékonyságát is figyelembe kell venni a gyümölcs jellege mellett.

A későbbi felhasználási célnak és az alapanyag tulajdonságainak függvényében számos terméktípus állítható elő. Igen gyakori a hagyományos tartósítási módszerek alkalmazása, mint a befőzés, a lekvár- és dzsem főzés. Emellett jellemző a gyümölcsök fagyasztása, illetve szárítása is. Továbbá készíthetünk belőlük szörpöket, leveket, vagy akár sűrítményeket, melyek több hónapon keresztül fogyasztásra alkalmasak maradhatnak. (Barta, 2007). Ugyanakkor léteznek újszerűbb, technológiák is. Ilyen a liofilizálás, melynek célja a hosszú eltarthatósági idő elérésén túl a gyümölcs kíméletes kezelésével annak kiindulási jellegének és értékes tápanyagainak megőrzése (Nowak and Jakubczyk, 2020).

A tartósítási módszerek mindegyikére elmondható, hogy alkalmazásukkal nem csak a gyümölcsök eltarthatósági idejét hosszabbítják, hanem nagy hozzáadott értékkel is bírnak. Dolgozatomban a számos terméktípus közül a gyümölcslé előállítási folyamatát tárgyalom részletesebben.

## 2.5. Gyümölcsle előállítás

A folyékony gyümölcskészítményeken belül három nagyobb kategóriát különböztetünk meg, ezek a gyümölcslevek, -nektárok és -italok. E csoportok közötti különbséget a gyümölcstartalom és a hozzáadható víz és cukor jelenléte, illetve mennyisége határozza meg. Ezeknek fogalmát, továbbá előállítási és jelölési szabályozását a *Magyar Élelmiszerkönyv (2009)*, illetve a *Gyümölcsitalok és üdítőitalok jelölési útmutatója (2007)* tartalmazza. A 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelet 11. mellékletének B része (2009) szerint a következő meghatározás hatályos a gyümölcslevekre: *„Olyan erjeszhető, de nem erjesztett termék, amelyet a gyümölcs egészséges és érett, friss, hűtéssel vagy fagyasztással tartósított, egy vagy több gyümölcsfajta összekeverésével előállított, ehető részéből nyertek, amely rész jellegzetes színe, aromája és íze a termék előállításához felhasznált gyümölcsnek a levére jellemző”*. A megnevezés további kritériuma, hogy kizárólag rostok, vitaminok, ásványi anyagok, gyümölcspép hozzáadása, illetve aroma-visszaadagolás lehetséges.

A gyümölcslevek előállítása során elsőként a nyersanyag minőségi és mennyiségi átvétele és annak felhasználásig történő tárolása történik. Ezt követően a nyersanyag előkészítő műveleteken esik át. Ekkor zajlik a gyümölcs kiválogatása, a gyümölcsön maradt növényi részek eltávolítása, illetve a gyümölcsök mosása. Emellett abban az esetben, ahol a gyümölcs jellege indokolja, aprító műveletet végeznek el a léhozam növelése céljából. Ezt követi a lényerés, melyet mechanikai módszerekkel hajtanak végre. A préselés után a léisztításra kerül sor, melynek célja a vízben nem oldódó anyagok későbbi kiválásának megelőzése, ezzel a kívánt minőségi és érzékszervi jellemzők megőrzése. Gyümölcslevek esetében tartósítás kizárólag hőkezeléssel történhet. Ez jellemzően pasztörözéssel történik 84-88°C fokon, 15-45 percen keresztül a csomagolás méretétől és fajtájától függően. A hőkezelés után a lehűtött terméket aszeptikus csomagolásba töltik (Barta, 2007; Samreen, 2025).

Feldolgozás szempontjából a gyümölcsle előállítás két fontos kategóriáját különböztetjük meg. A közvetlen gyártás alatt a fentiekben említett technológiai lépések végrehajtása történik. A közvetett gyártás folyamán viszont a termék egy előzetesen elkészített sűrítményből kerül előállításra. Ekkor a közvetlen előállítási lépéseket a sűrítmény vízzel történő visszahígítása előzi meg. Ez utóbbi előállítási módszer alkalmazását a termék csomagolásán fel kell tüntetni. (Barta, 2007).

## 2.6. Az élelmiszerek dúsítása

Napjainkra egyre nagyobb arányban találhatók a boltok polcain különböző, dúsított élelmiszerek. A termékekhez történő további tápanyag adagolásnak alapvetően két fő célja lehet. Az egyik eset, amikor a technológiai folyamatok következtében kialakult alacsonyabb tápanyagtartalomra történő pótlás a szándék. A másik esetben a gyártó az eredeti termékhez képest szándékosan magasabb tápanyagtartalom elérésére törekszik (Kasza, 2022).

Annak érdekében, hogy egy termék dúsított élelmiszernek legyen nevezhető, megadott feltételeket kell teljesítenie. A hozzáadott anyagnak a napi ajánlott beviteli érték legalább 15%-át (italok esetén 7,5%-át) kell adja a termékben, azonban nem követelmény, hogy a hozzáadott tápanyag a termék eredeti összetételében jelen legyen (NNGYK, 2024).

A gyümölcsleveken belül elkülönítendő kategóriát alkot a dúsított gyümölcslevek csoportja, mely manapság igen széles termékpalettával rendelkezik a kereskedelemben. Ezeket jellemzően vitaminokkal, illetve ásványi anyagokkal dúsítják. Azonban erre a célra alkalmazhatók különböző növényi kivonatok is. Ezeknek nagy előnye, komplex összetételük miatt egyféle extraktum hozzáadásával is többfél egészségtámogató vegyület vihető be a szervezetbe.

Több tanulmány foglalkozik dúsított élelmiszerek vizsgálatával. Olson és munkatársai (2021) tanulmánya kiemeli, hogy a dúsított élelmiszerek a pozitív egészségügyi hatások mellett jelentős piaci és társadalmi hatóerővel is rendelkeznek. Vannak kutatások, amelyek különböző termékcsoportok dúsítási lehetőségeivel foglalkoznak. Léteznek tanulmányok, melyek tejtermékek növényi extraktumokkal történő dúsíthatóságát tárgyalják (Kandyliari *et al.*, 2023; Wazzan, 2024). Emellett vannak a témában fellelhető olyan kísérletek is, amelyek a gyümölcslevek értékes növényi extraktumokkal történő kiegészítésével foglalkoznak (Törrönen *et al.*, 2012; Gil *et al.*, 2023; Furulyás *et al.*, 2024; Furulyás *et al.*, 2024; Pálócziné Furulyás, 2024).

## 2.7. A dúsított gyümölcslevek vizsgálata

### 2.7.1. Alkalmas módszerek, fontos paraméterek

A gyümölcslevek, illetve a dúsított gyümölcslevek kémiai-, fizikai- és érzékszervi tulajdonsága számos paramétertől függ. A gyümölcslevek esetében fontos paraméternek tekinthető például a vízdoldható cukortartalom (Brix), a titrálható savtartalom, a rosttartalom, valamint a vitamin összetétel (P.Muthukumaran, R and Kumaravel, 2020). Ezen paraméterek

mérésére jellemzően hagyományos analitikai eljárásokkal történik. Sajnos több esetben az analízis költsége és a vizsgálat jelentős időigénye miatt csak korlátozott számú mérés elvégzésére van lehetőség. Emellett a mérések során használatos vegyszerek egy része egészség- és környezetkárosító hatással rendelkezik (pl. nátrium-hidroxid). Továbbá jellemzően egy-egy vizsgálat csak egy paraméter mérésére, azaz célzott vizsgálatra ad lehetőséget. Így azonban termékmanipuláció nem minden esetben szűrhető ki. Ezért is javasolt nem célzott megközelítési módszerek alkalmazása, melyek a termék teljeskörűbb profilelemzését teszik lehetővé. Az ilyen technológiák egyik legfontosabb képviselője a közeli infravörös spektroszkópia (NIRS). Más hagyományos analitikai módszerekkel szemben nem igényel káros vegyszereket, és egyre megfizethetőbb technikáról van szó. Továbbá igen nagy előnye, hogy roncsolásmentesen, gyorsan és kevés anyag felhasználásával teljeskörűbb analitikai képet kaphatunk egyetlen méréssel.

#### 2.7.2. A közeli infravörös spektroszkópia

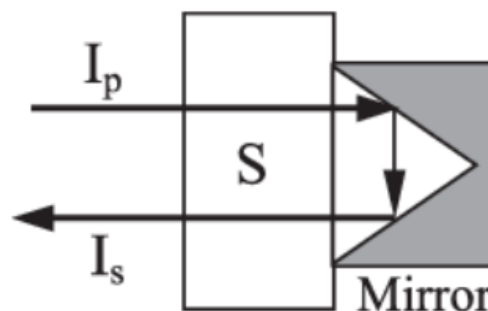
A közeli infravörös sugárzás (near infrared radiation) a spektrum 780-2500 nm hullámhossz tartományát foglalja magában. Használatával kémiai kötések gerjesztésére van lehetőség, kis energiája miatt csak a vizsgálatok tárgyát képező mintákban lévő kémiai kötések forgatásának és rezgésének előidézése valósul meg (Barbara H. Stuart, 2004).

A közeli infravörös sugárzás alkalmazása során azt vizsgáljuk, hogy a fény, mint elektromágneses sugárzás hatására adott minta milyen válaszreakciót ad. Alapelve, hogy ismert intenzitású fénnel világítjuk meg a vizsgálni kívánt anyagot, majd szenzorok segítségével mérjük, hogy a mintát elhagyó fény intenzitása hányad része a mintára bocsátott fény intenzitásának. Annak eredményeképpen, hogy az egyes molekulák kötéstípusuktól függően adott frekvencián eltérő mértékben abszorbeálják a fényt, a különböző funkciós csoportok viszonylag könnyen megkülönböztethetőek lehetnek egymástól (Osborne, 2006). A kapott ujjlenyomatszerű „képpel” számos funkciós csoport jelenléte detektálható a vizsgált mintában. További jellemzője, hogy csak szerves dipólus molekulák vizsgálata lehetséges, mert ezeknek van elnyelése ebben a tartományban. Jellemzője továbbá, hogy nem csak minőségi paramétereinek jellemzésére van lehetőség. A Lambert-Beer törvény értelmében a detektált foton intenzitása egyenesen arányos a minta koncentrációjával, így a vizsgált komponens mennyiségi meghatározása is lehetséges (Pasquini, 2003).

A közeli infravörös fénnel történő monitorozás során spektrométert alkalmazunk. Ez egy optikai mérőberendezés, felépítését tekintve három nagy egységből áll. Ezek a fényforrás, a

monokromátor, egy vagy több mintatartó egység és a detektor. A monokromátorban prizma található. A fényt legtöbb esetben egy halogén izzó adja, mely 320 és 2500 nm hullámhosszon bocsát ki sugárzást. A monokromátorban a prizma megtöri a beeső fényt, diszkrét hullámhosszokra bontva azt. Az ismert paraméterekkel rendelkező monokromatikus fény ezután a mintát tartalmazó küvettán halad át. A detektor érzékeli a beérkező, csökkent intenzitású fényt. Végül a berendezéshez kapcsolt számítógép a detektorból beérkező jeleket numerikus adatokká konvertálja (Agelet and Hurburgh Jr., 2010). A minta, a fényforrás és a detektor elhelyezkedésétől függően különböző műszereket különböztetünk meg. Transzmissziós esetén a mintán áthaladó, transzflexiós elrendezés során a mintán áthaladó és visszaverődő, reflexiós felépítésnél pedig a mintáról visszaverődő fény kerül detektálásra. Jelen kutatómunka mérései során, transzflexiós elrendezésű műszert használtunk. Ennek felépítését az 1. ábra szemlélteti.

1. ábra: A transzflexiós elrendezésű spektrométer vázlatos felépítése (Pasquini, 2003)



Napjainkra a NIR spektroszkópiás berendezéseknek többféle kialakítása létezik. A hagyományos, általában laboratóriumokban használatos asztali berendezés mellett már létezik kisebb, kézi változatai is az eszköznek. Ez utóbbit elsősorban helyszíni, gyors ellenőrzésekre használják, főleg mezőgazdasági területeken.

A közeli infravörös fény energiája a látható fényhez képest is kisebb, így annak alkalmazása mintakezelés szempontjából kíméletes eljárásnak tekinthető. A technológia további előnyeire sorolható, hogy a minta színe nem befolyásolja mérést. Emellett szilárd és folyadék halmazállapotú minták vizsgálata egyaránt lehetséges. A NIR spektroszkópia használata több területen is jelen van. Elsősorban az élelmiszeripari termékek minőségi paramétereinek vizsgálata során alkalmazott, azonban a gyógyszeriparban és a mezőgazdaságban is egyaránt használatos (García-Sánchez *et al.*, 2017).

A NIR spektroszkópiás módszerek alkalmazásával számos élelmiszer jellemző vizsgálata lehetséges. Deák és munkatársai (2015) ipari paradicsom sav- és cukortartalmát határozták meg a technikával. Escárate és munkatársai (2022) szintén alkalmazták ezt a technikát csonthéjas gyümölcsök szárazanyagtartalmának meghatározásához, melynek ismeretében következtetni lehet a gyümölcs érettségére. Továbbá Kurz és munkatársai (2010) gyümölcsök eredetiségvizsgálatával és élelmiszerek gyümölcstartalmának meghatározásával foglalkoztak.

A MATE Élelmiszertudományi és Technológia Intézet Élelmiszeripari Mérés Technika és Automatizálás Tanszékén, ahol kutatásaimat is folytattam, széles körben alkalmazzák a közeli infravörös fényelnyelésen alapuló technológiát eredetiségvizsgálatok során. Például végezték meggy tárolási tulajdonságainak vizsgálatát (Szabó *et al.*, 2023), fermentált probiotikus gyümölcslevek minőségi jellemzőinek nyomon követésére is alkalmazták a módszert (Regatieri *et al.*, 2025). S tanszéki kutatások alapján a technológia eredményesen alkalmazható különböző cukrok meghatározására is (Haruna Gado *et al.*, 2021).

A dolgozatomban vizsgált termékcsoport dúsításának nyomon követése NIR spektroszkópiával még nem kifejezetten kutatott, így indokolt a módszer ezen területen történő alkalmazhatóságának vizsgálatára.

### 3. Anyagok és módszerek

#### 3.1. Mintaelőkészítés

A mérésekhez háromféle por alapú növényi kivonatot – vörösáfonya-, szőlőmag- és gránátalmakivonatot – alkalmaztunk. A gyümölcsle alapját 64%-os meggylé sűrítmény adta, amelynek törésmutatóját Abbé-féle refraktométerrel határoztuk meg.

A vizsgálatokat megelőzően elkészítettük a dúsított gyümölcsle mintákat. Ehhez 2000 mL gyümölcsle-alapot állítottunk elő a meggylé-sűrítmény négyszeres hígításával, amely megközelítőleg 17% (Brix) koncentrációt eredményezett, ezt használtuk a minták előkészítéséhez.

A dúsított gyümölcslevek előállításához analitikai mérlegen, három tizedes pontossággal mértük be az egyes extraktumokat. A bemért extraktumokat mérőlombikokban 100 mL-re töltöttük jelre meggylével. A háromféle kivonat hatféle koncentrációban, 0,5 és 2,5 g/ 100 mL-között lett adagolva a meggyléhez, így 18 különböző lékeverék került előállításra, amelyek a szimpla összetételű mintacsoportokat adták (2. ábra). Ezeket a leveket aztán koncentrációs szintenként 1:1 vagy 1:1:1 térfogatarányban kevertük és adagoltuk 15 mL-es centrifugacsövekbe. Az előbbieket alkották a bináris (két különböző kivonatos), az utóbbiak a ternáris (három különböző kivonatos) összetételű lékeverék mintákat. A részletes mintalistát az 1. melléklet tartalmazza.

2. ábra: Szimpla összetételű gyümölcsle keverékek (saját fénykép)



Minden típusú lékeverékből 3 mintapárhuzamos készült egymást követő előkészítő napokon, beleértve a kivonatot nem tartalmazó kontrollt is. Az így kapott összesen 123 mintát, amelyeket szárítószekrényben (MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Planegg, Németország) hőkezeltük 85 °C-on, 1 perces hőtartással. A szobahőmérsékletre hűlt mintákat a roncsolásmentes vizsgálatok kezdetéig hűtőben tároltuk.

### 3.2. Közeli infravörös spektroszkópiás vizsgálat

A gyümölcslevek roncsolásmentes vizsgálata NIR-M-R11 típusú, kézi NIR spektrométerrel történt (InnoSpectra Co., Hsinchu, Tajvan), transzreflexiós mérési elrendezésben (3. ábra). A mérés randomizált sorrendben történt üveg hengerküvetében, mintánként három egymást követő spektrum felvétellel. Minden mérés után a küvetét háromszor alkoholos-vizes oldattal öblítettük, majd precíziós papírtörülővel szárítottuk. Ezt követően háromszor öblítettük a soron következő mintával. Minden mérési napon a vizsgálatokat kétszer desztillált víz spektrumának felvételével indítottuk, majd ezt minden tizedik mintát követően ismételtük. A 3 kontroll gyümölcsleves minta spektrumát összesen 5 alkalommal vettük fel. A gyümölcsleves spektrumok rögzítése az 1350-2150 nm hullámhossztartományban kerültek felvételre. Összesen 423 darab mintaspektrum elemzése történt a továbbiakban.

3. ábra: A mérések során használt kézi NIR műszer (<http1>)



### 3.3. Adatelemzés

#### 3.3.1. Adatok előkezelése

A kézi NIR műszerrel mért spektrumok elemzése az RStudio statisztikai program és az aquap2 bővítménycsomag használatával történt (Kovacs and B. Pollner, 2016). Az adatok értékelését megelőzően az adatsorból a környezeti kontrollként használt vízspektrumok

eltávolításra kerültek, mivel azok elsősorban a mérés közben felmerülő esetleges anomáliák kiszűrésére lettek használva. A spektrumok elemzése az 1352-1850 nm hullámhossztartományban történt. A nem kívánt zavaró hatások mérsékléséhez, valamint a többváltozós statisztikai modellezés eredményesebbé tételéhez különböző spektrum előkezeléseket, pl. Savitzky-Golay simítást (sgol) és egyéb spektrum előkezeléseket (pl. többszörös szóródási korrekció, detrending, első vagy második deriváltak) alkalmaztunk, melyek a 2. mellékletben kerültek felsorolásra.

### 3.3.2. Főkomponens analízis (PCA)

Az előzetes mintázat feltérképezéshez főkomponens analízist (PCA) végeztünk, mely egy nem felügyelt osztályozási módszer. Ezt az elemzést a koncentrációs szintek szerinti elkülöníthetőség hatékonyságának vizsgálatára használtuk. Az eredmények továbbá bemenetként szolgáltak az ezt követő többváltozós modellezéshez.

### 3.3.3. Lineáris diszkriminancia analízis (LDA)

Célunk volt felmérni, hogy extraktum fajtájától, a kombinációs szinttől függetlenül milyen pontossággal különülnek el a különböző koncentrációs szintek, illetve az extraktum típusok. Ennek vizsgálatára főkomponens elemzéssel kombinált lineáris diszkriminancia analízist alkalmaztunk (PCA-LDA). Ebben az esetben egy felügyelt statisztikai módszerről van szó, tehát az adatok összehasonlítása előre meghatározott osztályozó változók mentén zajlik (pl. kivonat típusa, koncentrációs szintje). Az elemzés a teljes adatkészleten történt. A 2. mellékletben részletezett spektrum előkezelési módszerek hatékonyságát teszteltük, miközben meghatározásra kerültek az LDA modellezéshez optimális főkomponens számok (NrPC) is modellépítés és tesztelés során. Az így kapott eredmények összehasonlítása alapján határoztuk meg a legjobb osztályozó modelleket. Az elemzés során validációs módszerként „egy mintapárhuzamos kihagyásos” keresztvalidációt alkalmaztunk. Dolgozatomban a legjobb eredményeket ismertetem.

### 3.3.4. Részleges legkisebb négyzetek regresszió (PLSR)

A NIR spektroszkópia koncentráció becslésére vonatkozó alkalmassága a vizsgált gyümölcslevek esetében részleges legkisebb négyzetek regresszióval (PLSR) került meghatározásra. A modellek illesztése többféle adatkészletre történt: a teljes adatsoron és a különböző kombinációs szinteken (szimpla, bináris, ternáris) külön-külön. A fentebb

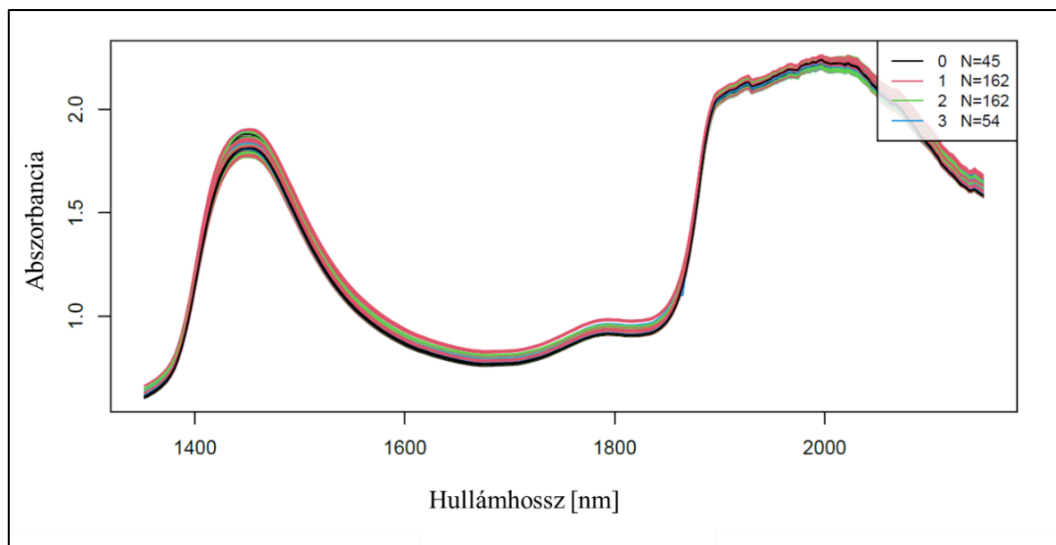
részletezett különböző spektrum előkezelési módszereket itt is alkalmaztuk, illetve meghatározásra kerültek az optimális látens változó számok (NrLV) a modellépítés (C) és tesztelés (CV) során. Ebben az esetben is validációs módszerként „egy mintapárhuzamos kihagyásos” validációra került sor. A legjobban becsülő modelleket a determinációs együtthatók ( $R^2$ ) és átlagos négyzetes eltérés (RMSE) értékek összehasonlításával határoztuk meg, melyek táblázatos formában és vizuálisan is bemutatásra kerülnek.

## 4. Eredmények és értékelésük

### 4.1. A nyers adatok áttekintése

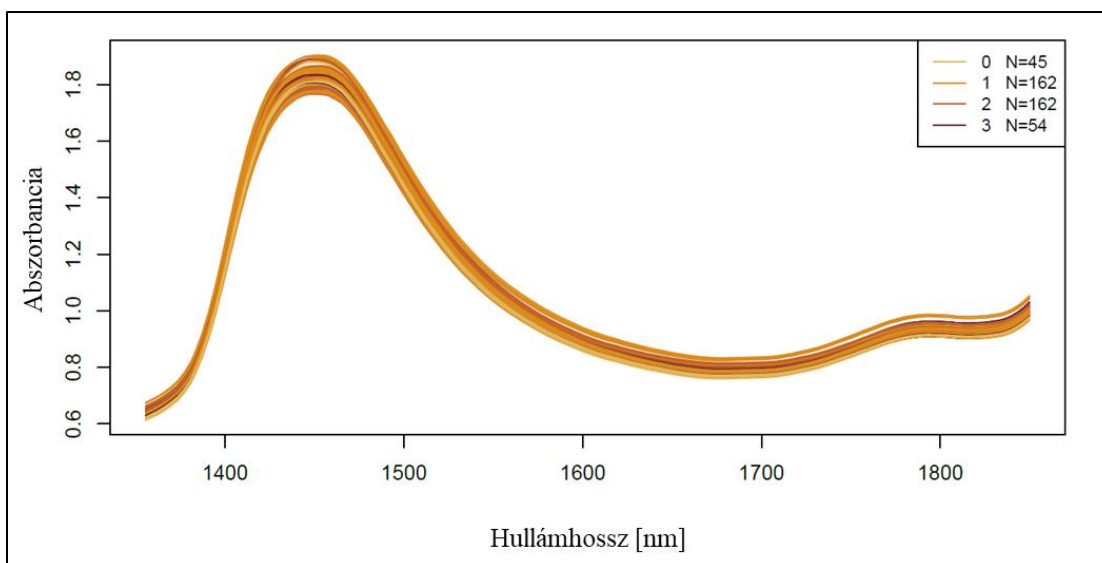
A teljes adatsoron (1350-2150 nm) mért, kombinációs szintenként (szimpla, bináris, ternáris) színezett nyers spektrumokat a 4. ábra mutatja. Megfigyelhető volt, hogy a csak meggylevet tartalmazó minták kivételével egy kombinációs szinten belül a minták nem egy, hanem több, jellemzően 2-3 sávban rendeződnek, szóródnak, amely feltételezhetően a minták kivonattípus szerinti csoportosulása okán fordul elő. Ez a jelenség különösen a szimpla összetételű (1) lékeverékek esetében a leginkább szembeűnő. Az ábra továbbá jól szemlélteti, hogy az 1900 nm feletti tartomány nem alkalmas spektrális elemzésre az általunk alkalmazott összeállításban, mely indokot ad a vizsgált spektrális tartomány adatelemzés előtti szűkítésére.

4. ábra: Az előkezeletlen dúsított gyümölcsle spektrumok a teljes felvett hullámhossz tartományban (1350-2150 nm), kombinációs szintenként színezve (N=423) (saját ábra)



A már szűkített, adatelemzéshez használt spektrumtartományt (1352-1850 nm) az 5. ábra szemlélteti szintén kombinációs szintenként elkülönítve. Ez szemlélteti az adatok jelentős szórását, ami indokoltá teszi a különböző spektrum előkezelések alkalmazását a többváltozós elemzések során.

5. ábra: Az előkezeletlen dúsított gyümölcsle spektrumok az adatelemzéshez vizsgált hullámhossz tartományban (1352-1850 nm), kombinációs szintenként színezve (N=423) (saját ábra)



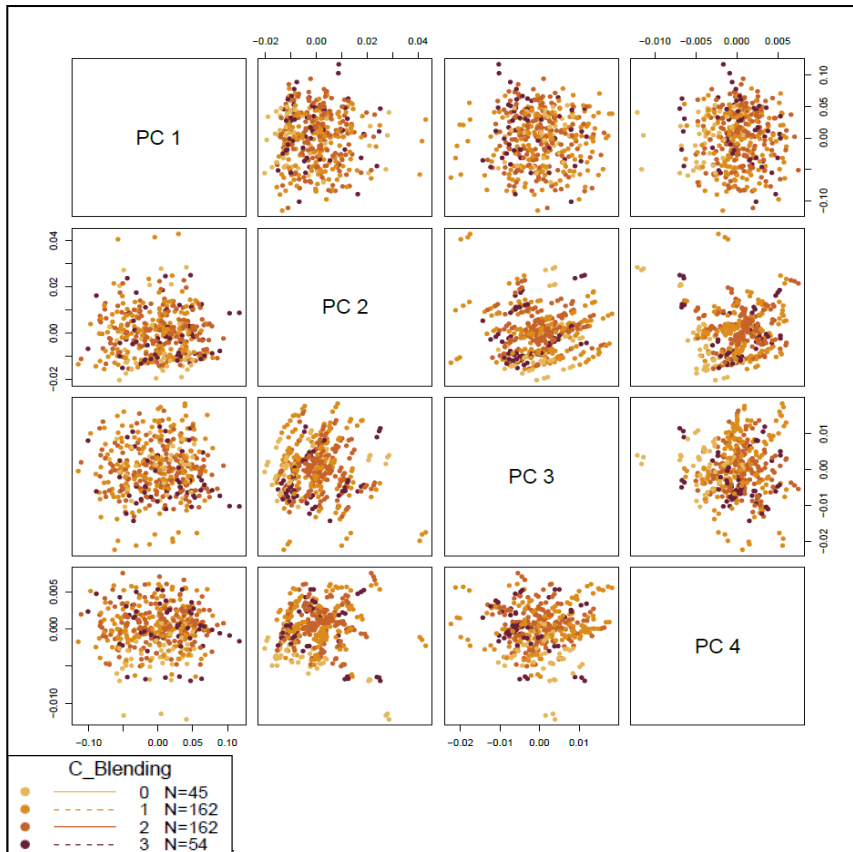
#### 4.2. A főkomponens elemzés (PCA) eredményei

A PCA elvégzése során egyrészt arra kerestük a választ, hogy a különböző dúsítási kombinációs szintek (szimpla, bináris, ternáris) mennyire különíthetőek el a vizsgált meggyelvek esetében. Az eredményeket az első négy főkomponens mentén szemléltetjük. Az eredmények alapján a kombinációs szintek jellemzően átfedésben vannak (6. ábra). Az ábrán lekövethető, hogy a minták az első főkomponens mentén különülnek el a leginkább. Vélhetően a második diszkrimináns változónál az extraktum típusa vagy koncentrációja szerint különülnek el a lékeverékek.

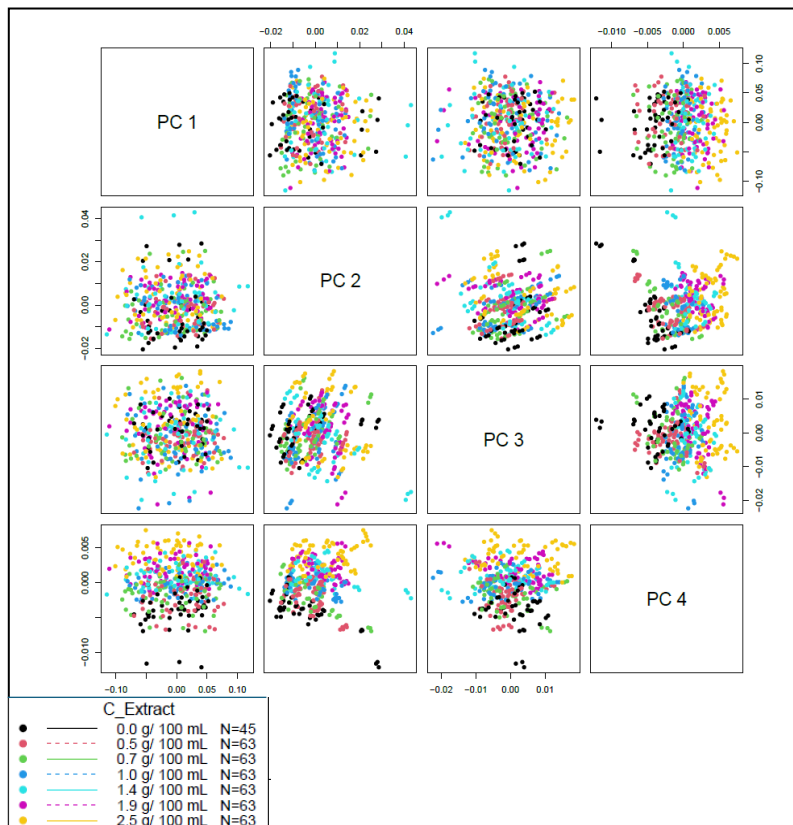
A szeparációs trend alátámasztására az összes kivonat koncentrációra nézve is készítettünk PCA modellezést, mi alapján jó elkülönülést mutat a kivonatkoncentráció növekedése főként a PC 2 mentén, ezzel megerősítve a kombinációs szint esetében tapasztaltakat (7. ábra).

A modellezés során legmeghatározóbb hullámhosszokat a 8. ábra szemlélteti. Szakirodalmi források alapján a jelentősnek tekinthető 1410-1420 nm körüli értékek az OH kötést jelölik, mely leginkább a víztartalomban bekövetkező változásra utal. Az 1430 nm hullámhossz közelítő értékek N-H csoportok jelenlétére utalnak, mely fehérjealkotó komponenseket jelölhetnek. Az 1500 nm körül hullámhossz értékeken jellemzően a CH kötés mutatható ki, mely szénhidrátok jelenlétét jelezheti, csak úgy, mint az 1680 nm körüli értékek (Tsenkova, 2013; Türker-Kaya and Huck, 2017).

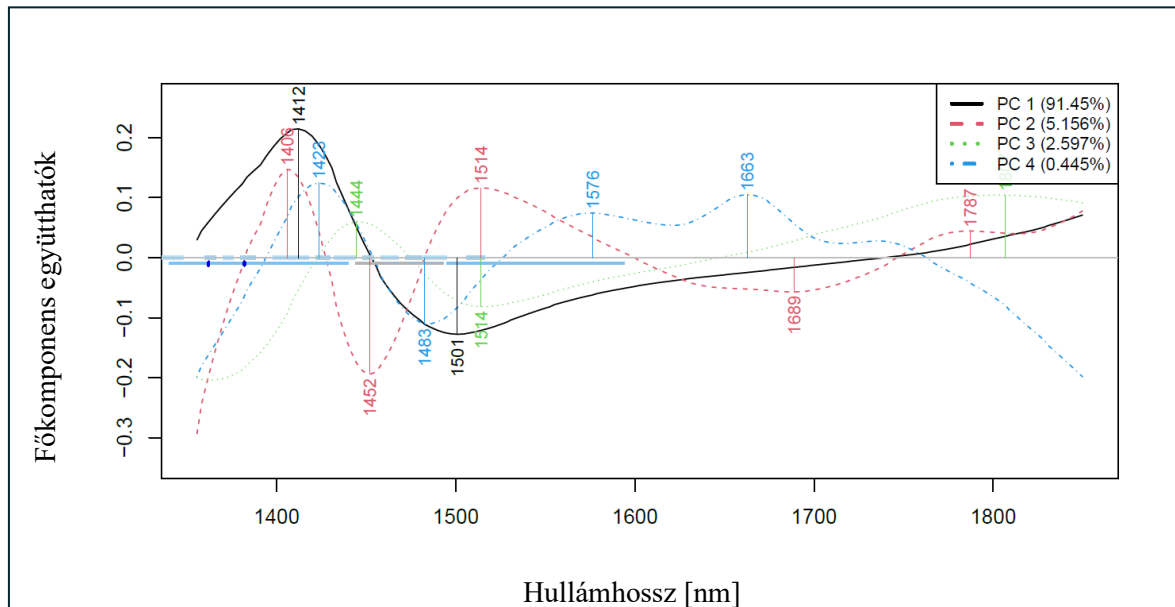
6. ábra: PCA score plot a kézi NIR spektrométerrel rögzített adatokon, kombinációs szintenként színezve (sgol-2-21-0, msc) (N=423) (saját ábra)



7. ábra: PCA score plot a kézi NIR spektrométerrel rögzített adatokon, összes kivonatkoncentráció szint szerint színezve (sgol-2-21-0, msc) (N=423) (saját ábra)



8. ábra: A PCA során legmeghatározóbb hullámhossz értékek



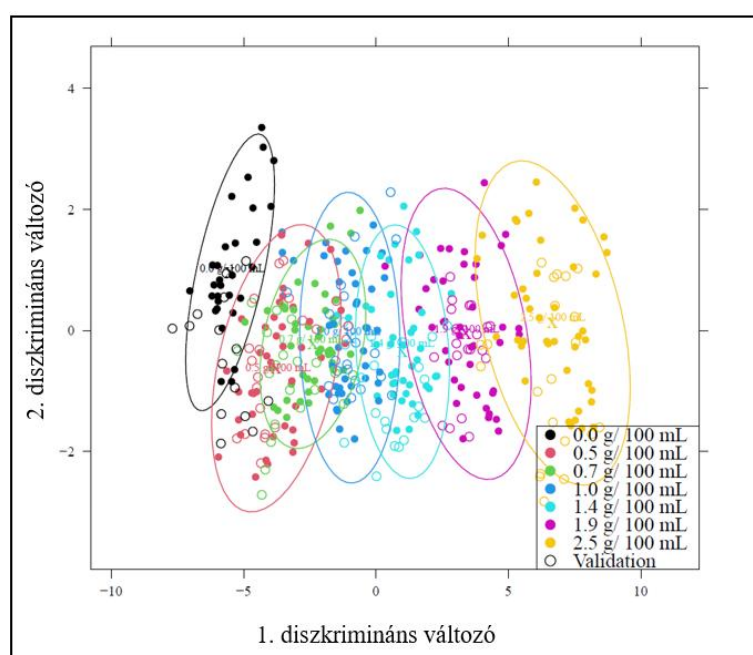
### 4.3. A PCA alapú lineáris diszkriminancia elemzés (LDA) eredményei

A PCA-LDA elemzést a meggylevelekhez adagolt kivonat fajtájától és a kombinációs szintjétől függetlenül történő, koncentrációs szint szerinti elkülöníthetőség vizsgálatára alkalmaztuk. Továbbá megvizsgáltuk koncentrációs szinttől függetlenül az extraktum típusok elkülöníthetőségének hatékonyságát is.

A koncentrációs szint elkülönítés eredményeit vizuálisan a 9. ábra mutatja be. Ezen jól látható, hogy az átfedések túlnyomó része a szomszédos koncentrációs szinteken jellemző. Az ábra alapján a tisztább elkülönülés inkább a magasabb koncentrációk (1,9 és 2,5 g/100 mL) esetében volt. Jól lekövethető, hogy a koncentrációs szintek összetételétől kvázi függetlenül az első diszkrimináns változó mentén különülnek el. Ezeket támasztják alá az 1. táblázatban foglaltak, miszerint félreosztályozás jellemzően a szomszédos kisebb és nagyobb koncentrációs szinteken történt. A modellezés során a kalibrációs és validációs pontosság 78,75% és 69,89% volt.

A kivonattípus elkülöníthetőség eredményeit a 10. ábra szemlélteti. Ezen látható, hogy a csak egyféle extraktumot tartalmazó minták különállóbban helyezkednek el, a kétféle tartalmazók nagyobb átfedésben, a mindhárom kivonatot tartalmazó minták pedig szinte teljes átfedésben vannak. A kalibrációs pontosság 71,5%, a validációs pontosság pedig 50,97% volt (1. táblázat).

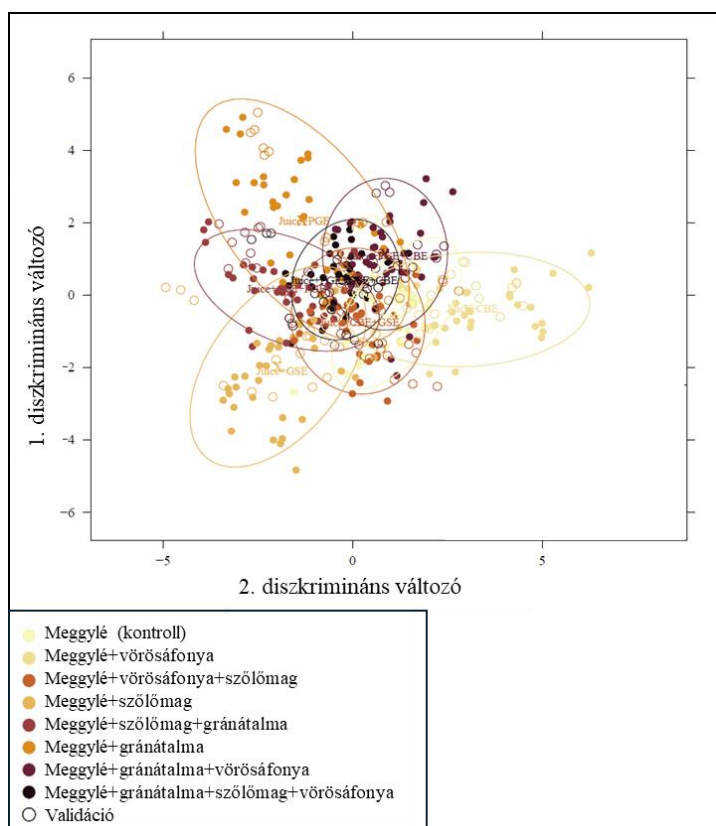
9. ábra: A minták koncentráció alapján történő elkülönülése a teljes adatsoron, összes kivonat tartalomra vonatkoztatva  $N=423$ ;  $NrPC=11$ ;  $sgol@2-17-0\_sgol@2-21-2$  előkezeléssel (saját ábra)



1. táblázat: A teljes adatsoron végzett, koncentrációs szintek szerinti PCA-LDA elemzés során a legjobb validációs és kalibrációs modell pontossága a koncentrációk elkülönítésére (N=423; NrPC=11; *sgol@2-17-0\_sgol@2-21-2* előkezeléssel) (saját táblázat)

Koncentráció (g/100 mL)	0,0	0,5	0,7	0,9	1,4	1,9	2,5		
Kalibrációs eredmények (%)	87,78	6,35	0,79	1,59	0	0	0	Kalibráció pontossága: 78,75%	
	8,89	70,63	27,78	1,59	0	0	0		
	3,33	15,08	53,97	9,52	0,79	0	0		
	0	7,94	17,46	79,37	11,19	1,59	0		
0	0	0	7,94	76,98	3,97	0			
0	0	0	0	10,32	92,06	90,48			
0	0	0	0	0	2,38	90,48			
Validációs eredmények (%)	73,33	11,11	7,94	0	0	0	0		Validáció pontossága: 69,89%
	22,22	66,67	34,92	0	0	0	0		
	4,44	9,52	30,16	14,29	3,17	0	0		
	0	12,7	26,98	73,02	14,29	1,59	0		
	0	0	0	12,7	69,84	3,17	0		
	0	0	0	0	12,7	90,48	14,29		
	0	0	0	0	0	4,76	85,71		
	0	0	0	0	0	0	0		

10. ábra: A minták extraktum típus alapján történő elkülönülése a teljes adatsoron, NrPC=11; *sgol@2-17-0\_sgol@2-13-2* előkezeléssel (N=423) (saját ábra)



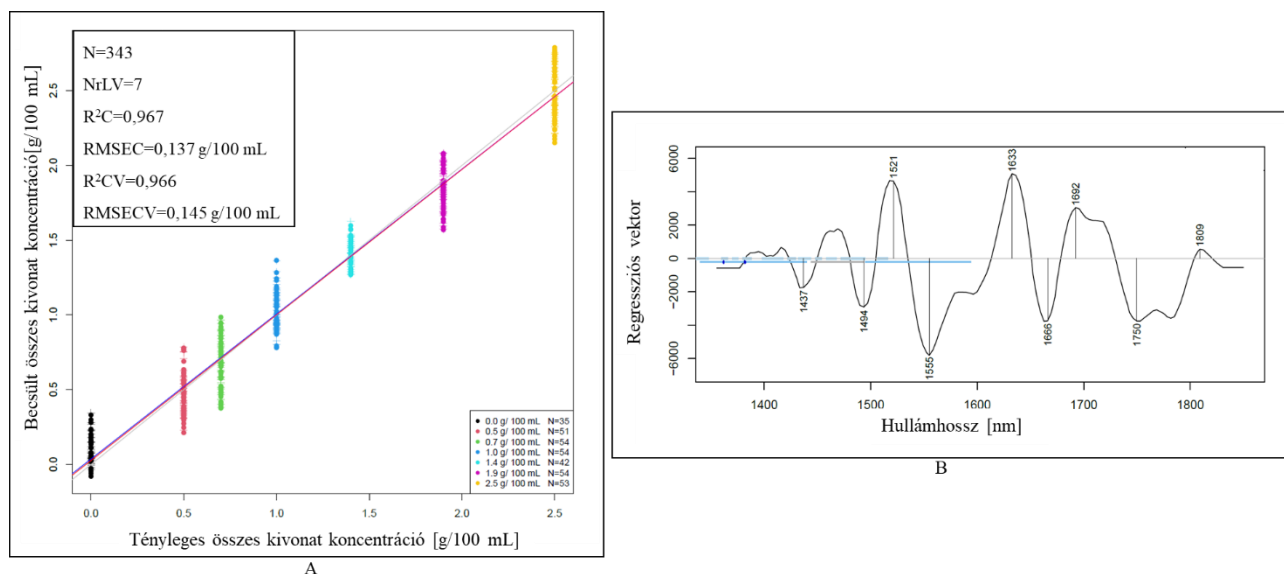


#### 4.4. A részleges legkisebb négyzetek regresszió (PLSR) eredményei

A meggylevelek hozzáadott kivonattartalmának becülhetőségi vizsgálata során a legjobb illeszkedést eredményező modelleket, illetve azok kalibrációs és validációs eredményeit a 3. táblázat tartalmazza. Ezeket megfigyelve az összes kivonat tartalom esetében mind a három szinten 0,96 feletti determinációs együttható értéket sikerült elérni a validáció során. A vörösáfonya kivonat esetében ez az érték mindhárom kombinációs szintet nézve 0,885 és 0,981, a szőlőmag kivonat esetében 0,922 és 0,981, a gránátalma kivonatnál 0,915 és 0,981 közötti értékeket vett fel. Az RMSEcv értékek a vörösáfonya kivonatnál 0,043-0,193 g/100 mL, a szőlőmag kivonatnál 0,043-0,096 g/100 mL, valamint a gránátalma kivonat esetében 0,043-0,162 g/100 mL között alakultak.

A teljes adatsoron végzett PLSR elemzés során az összes kivonat tartalom alapján történő elkülönítés során igen nagy pontossággal különültek el a koncentrációs szintek (lsd. 12. ábra). Azonban az egyes kivonatokra vonatkozó modellezési eredményeket a 3. melléklet 4. melléklet és 5. mellékletek tartalmazzák.

12. ábra: PLSR elemzés eredménye a teljes adatsoron, összes extrakt tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-17-0\_sgol@2-13-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)



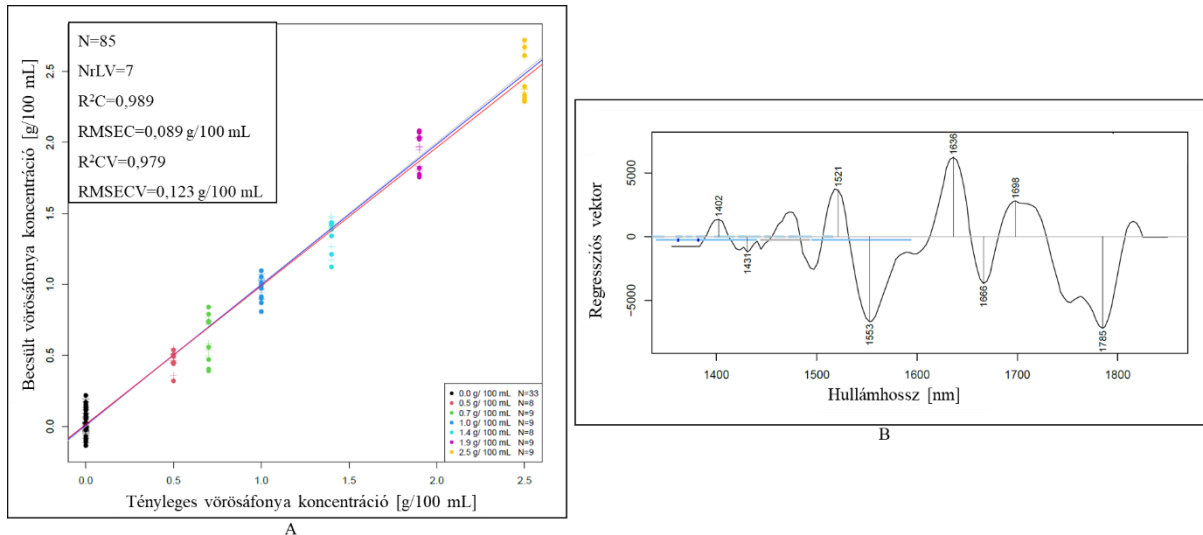
3. táblázat: A PLSR elemzés során kapott legjobb előkezelési módszerek modellépítési eredményei

Vizsgált adattartomány	Használt kivonat	Előkezelés típusa	NrObs	NrLV	R <sup>2</sup> C	RMSEC [g/100 mL]	R <sup>2</sup> CV	RMSECV [g/100 mL]
Teljes adatsor	Összes extrakt tartalom	sgol@2-17-0_ sgol@2-13-2	343	7	0,967	0,137	0,966	0,145
	Vörösáfonya	sgol@2-13-0_ sgol@2-17-2	333	10	0,907	0,174	0,885	0,193
	Szőlőmag	sgol@2-13-0_ sgol@2-13-2	333	17	0,945	0,134	0,922	0,159
	Gránátalma	sgol@2-13-0_ sgol@2-13-2	341	17	0,937	0,140	0,915	0,162
Szimpla lékeverékek	Vörösáfonya	sgol@2-13-0_ sgol@2-17-2	85	7	0,989	0,089	0,979	0,123
	Szőlőmag	sgol@2-13-0_ sgol@2-13-2	85	7	0,991	0,083	0,981	0,118
	Gránátalma	sgol@2-13-0_ sgol@2-13-2	83	7	0,990	0,084	0,976	0,127
Bináris lékeverékek	Összes extrakt tartalom	sgol@2-21-0_ sgol@2-17-2	86	7	0,987	0,098	0,960	0,174
	Vörösáfonya - szőlőmag	sgol@2-13-0_ sgol@2-13-2	89	6	0,978	0,063	0,950	0,096
	Összes extrakt tartalom	sgol@2-13-0_ sgol@2-13-2	89	6	0,978	0,125	0,949	0,192
	Szőlőmag - gránátalma	sgol@2-21-0_ sgol@2-17-2	86	7	0,987	0,049	0,960	0,087
	Összes extrakt tartalom	sgol@2-13-0_ sgol@2-17-2	83	7	0,993	0,071	0,981	0,119
	Vörösáfonya - gránátalma	sgol@2-13-0_ sgol@2-17-2	83	7	0,993	0,036	0,981	0,060
Ternáris lékeverék	Összes extrakt tartalom	sgol@2-17-0_ sgol@2-17-2	83	7	0,989	0,088	0,974	0,134
	Vörösáfonya - szőlőmag - gránátalma	sgol@2-21-0_ sgol@2-13-2	83	7	0,989	0,030	0,976	0,043
	Szőlőmag - vörösáfonya - gránátalma	sgol@2-21-0_ sgol@2-13-2	83	7	0,989	0,030	0,976	0,043
	Gránátalma vörösáfonya - szőlőmag -	sgol@2-21-0_ sgol@2-13-2	83	7	0,989	0,030	0,976	0,043

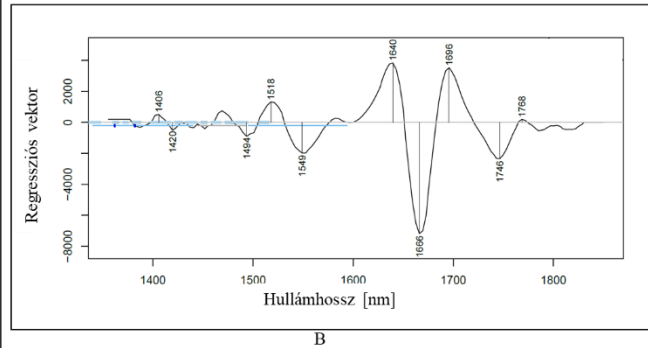
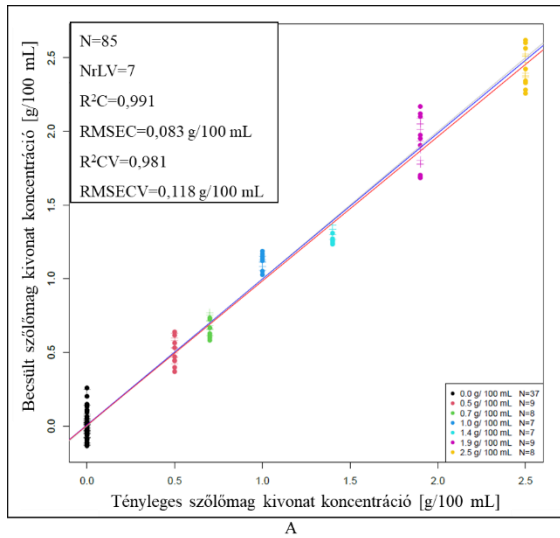
Szakirodalmi kutatás alapján a teljes adatsoron végzett elemzések során jelentősnek talált 1410-1420 nm-es sáv jellemzően alifás szénhidrogének jelenlétére utal, a gyümölcsöket tekintve ez a fajta vegyületcsoport főként az illatanyagok esetében fordul elő. A szintén fontosnak tekinthető 1430 nm körüli értékek fehérjealkotó komponensekre, illetve az 1500 nm körüli értékek és 1650-1700 nm tartomány pedig szénhidráttartalomra utalhatnak, melyek így magyarázatot adnak az érzékelt kiugró értékekre, a gyümölcsök összetételi arányának ismeretében (Tsenkova, 2013; Türker-Kaya and Huck, 2017; Ciurczak et al., 2021).

A szimpla lékeverékek vizsgálata során mind a három kivonatra külön-külön alkotott modellezés esetében tisztán elkülönültek a koncentrációs szintek (13. ábra 14. ábra és 15. ábra). A jelentős hullámhosszokat tekintve a teljes adatsoron végzett adatelemzéshez képest még a vörösáfonya esetében kiemelkedő regressziós vektorral rendelkező 1785 nm a cellulóz molekula jelenlétét mutatja, emellett a szintén fontosnak bizonyuló 1350 nm-hez közelítő hullámhossz értékek fehérjecsoporthoz kötődő vízmolekulára utalnak (Ciurczak et al., 2021).

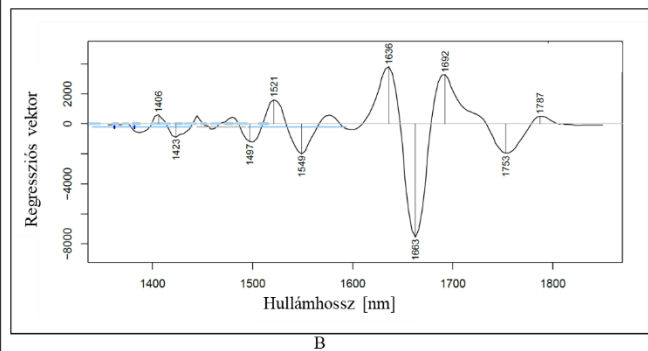
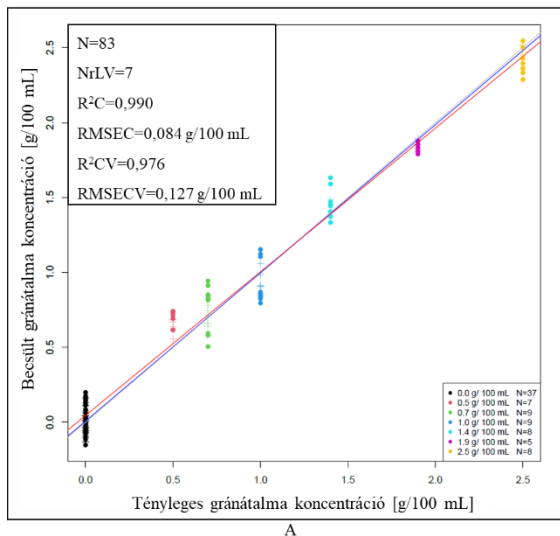
13. ábra: PLSR elemzés eredménye a szimpla lékeverékeken, vörösáfonya kivonat tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-13-0\_sgol@2-17-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)



14. ábra: PLSR elemzés eredménye a szimpla lékeverékeken, szőlőmag kivonat tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-13-0\_sgol@2-13-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)



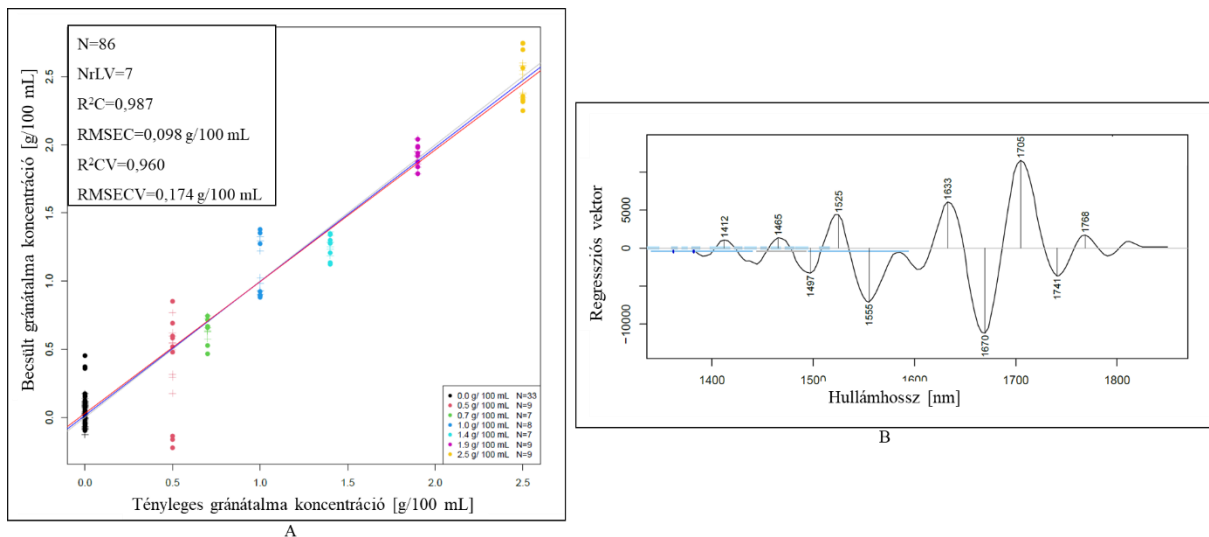
15. ábra: PLSR elemzés eredménye a szimpla lékeverékeken, gránátalma kivonat tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-13-0\_sgol@2-13-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)



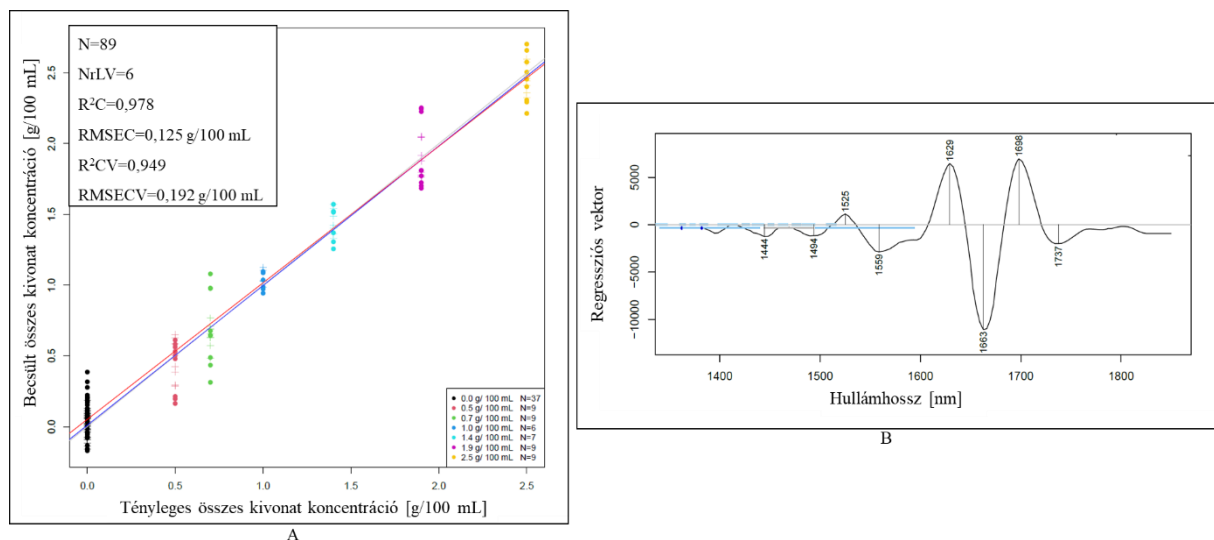
A bináris lékeverékek PLSR modellezése során megfelelően lettek becsülve az eltérő koncentrációs szintek a szőlőmag-gránátalma kivonatokkal dúsított lékeverékek kivételével (16. ábra) (7. melléklet és 8. melléklet). Abban az esetben a becsült értékek sokkal szélesebb koncentráció tartományban helyezkedtek el, főként az alacsonyabb koncentrációs szinteken. A jelentős hullámhosszok közel azonosak voltak a szimpla-, illetve teljes adatsor szignifikáns

hullámhossz-értékeihez. A bináris lékeverékeknél valamivel hangsúlyosabbnak voltak mondhatók az 1490 nm körüli értékek, melyek jellemzően fehérjealkotó komponenseket jeleznek (Tsenkova, 2013; Türker-Kaya and Huck, 2017; Ciurczak et al., 2021).

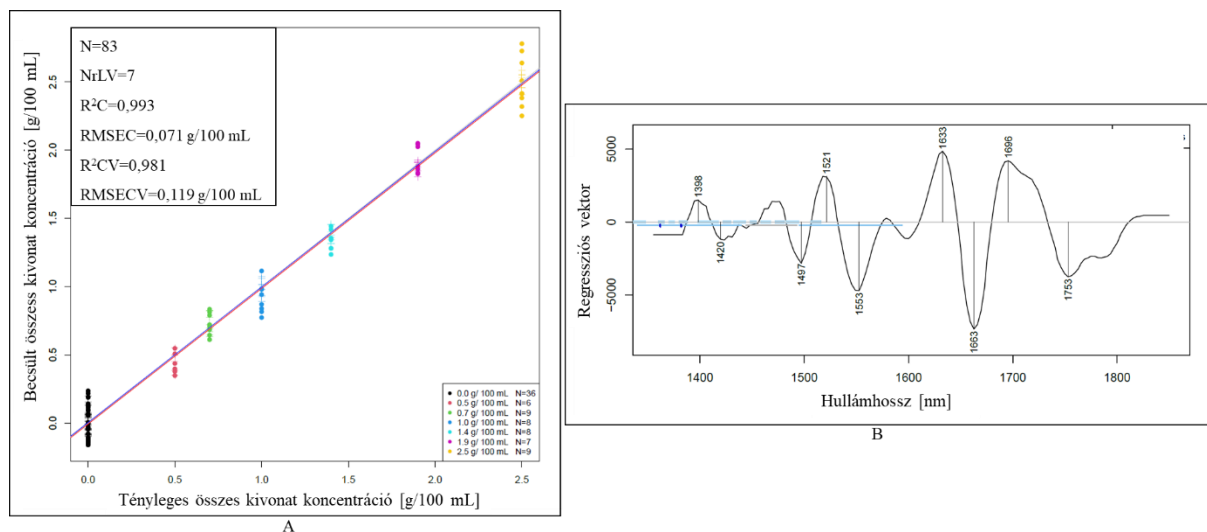
16. ábra: PLSR elemzés eredménye a bináris vörösfőnya-szőlőmag kivonattal dúsított lékeverékeken, összes kivonat tartalomra vonatkoztatva,  $sgol@2-21-0\_sgol@2-17-2$  előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)



17. ábra: PLSR elemzés eredménye a bináris szőlőmag-gránátalma kivonattal dúsított lékeverékeken, összes extrakt tartalomra vonatkoztatva,  $sgol@2-21-0\_sgol@2-17-2$  előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)

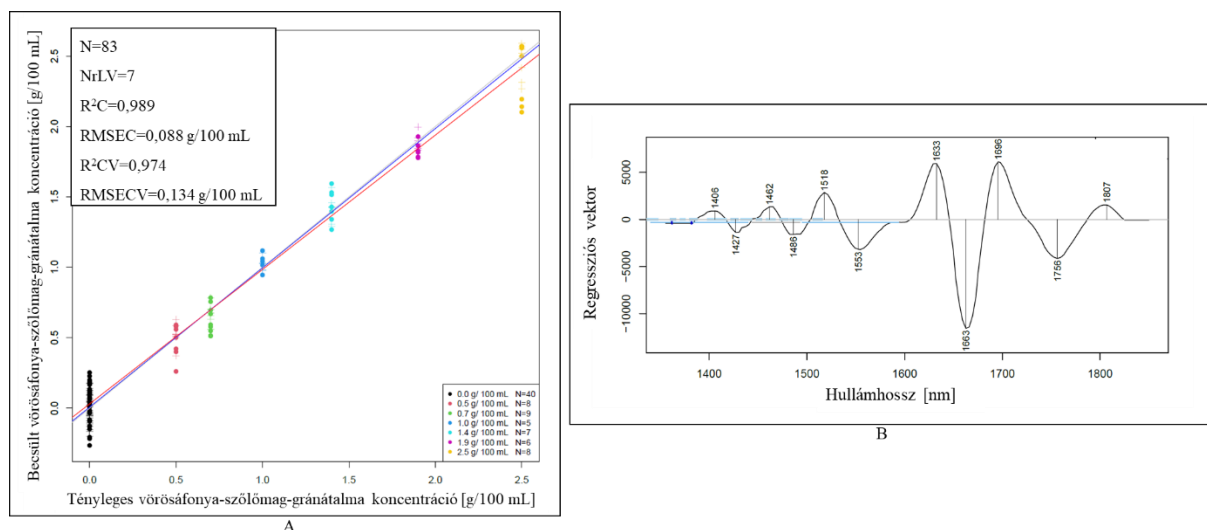


18. ábra: PLSR elemzés eredménye a bináris vörösfonya-gránátalma kivonattal dúsított lékeverékeken, összes extrakt tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-13-0\_sgol@2-17-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)



A ternáris lékeverékeknél a minták koncentrációbecslése a különböző koncentrációs szinteknek megfelelő lett, azonban az alacsonyabb koncentrációs szinteken a becült érték jellemzően kevésbé volt pontos a magasabb koncentrációkhoz képest. A jelentős hullámhosszokra a korábbi elemzésekhez azonos eredményeket kaptunk (19. ábra) (9. melléklet).

19. ábra: PLSR elemzés eredménye a ternáris vörösfonya-szőlőmag-gránátalma kivonat tartalmú lékeveréken, összes kivonat tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-17-0\_sgol@2-17-2* előkezeléssel (A) és a hozzá PLS regressziós vektorok hullámhosszok (B) (saját ábra)



## 5. Következtetések és javaslatok

Dolgozatomban különböző növényi kivonatokkal dúsított meggylé közeli infravörös spektroszkópiás módszerrel történő kimutathatóság meghatározására került sor. Célunk olyan modellek építése volt, a melyekkel megfelelő pontossággal lehetséges az eltérő kivonattípusok mennyiségi és minőségi elkülönítése, illetve a koncentrációs szintek becslése.

Az adatok értékelése során kapott eredmények a várakozásoknak megfelelőnek alakultak. A vizsgálatok alapján a közeli infravörös spektroszkópia eredményesen alkalmazható a dúsított gyümölcslevelek analízisére, mivel lehetővé teszi mind a kivonattípusok kvalitatív elkülönítését, mind a koncentrációs szintek kvantitatív becslését, ezáltal komplex, megbízható információt szolgáltatva a termék összetételéről.

A kitűzött célokat tekintve a következő következtetéseket vonhatjuk le:

- A dúsítás koncentrációs szintenkénti elkülöníthetőségének vizsgálata során jó validációs eredményeket sikerült elérni, a félreosztályozás kis mértékben volt jelen, jellemzően az alacsonyabb koncentrációs szinteken.
- Az extraktum típusok elkülönítésekor az azonos extraktumot tartalmazó minták esetében tapasztaltunk átfedést.
- A kivonatkoncentrációk becslhetőségét tekintve is jó eredményeket kaptunk, a PLSR alkalmazásával a modellezés közel minden esetben 0,9 feletti determinációs együtthatót adott.

A vizsgálatok előkészítése és elvégzése folyamán merültek fel kihívások. Például a mintaelőkészítés során problémát okozott néhány esetben az egyes kivonatok, különösen a szőlőmag kivonat oldhatósága, mely esetleges mérési pontatlanságot okozhat.

A jövőbeni kutatások szempontjából még számos olyan tényező is azonosítható, amelyek feltételezhetően befolyásolhatják a vizsgálati eredményeket. Ezek részletes elemzése hozzájárulhat a módszer továbbfejlesztéséhez, a modellek pontosságának növeléséhez, valamint a NIR spektroszkópia alkalmazhatóságának szélesebb körű értékeléséhez. A későbbiekben ezért célszerű lenne ezen befolyásoló paramétereket célzottan megvizsgálni:

- A mért adatok külső mintákkal való összehasonlítása, ezzel tovább tesztelve az épített modellek robusztusságát.
- Más növényi kivonatok és gyümölcslevelek alkalmazása.

- A gyümölcsle mellett más gyümölcsstermékek (pl. pürék) dúsításának kimutathatósági eredményeinek vizsgálata.
- A kézi műszerrel mért adatok összevetése asztali NIR műszerrel rögzített eredményekkel.

## 6. Összefoglalás

Az egészséges életmód fenntartása érdekében elengedhetetlen a megfelelő mennyiségű és minőségű tápanyagok bevitele. Napjainkra egyre inkább nagyobb népszerűségnek örvend az egészséges élelmiszerek fogyasztása, mely a különböző, értékes komponenseket (pl. vitaminok, ásványi anyagok, antioxidánsok) tartalmazó élelmiszerek, mint például a gyümölcsök, illetve különböző dúsított élelmiszerek egyre növekvő keresletét is eredményezi. A gyümölcsstermékek közül kiemelendők a gyümölcslevek, hiszen magas tápanyagtartalmuk mellett sokszínű ízvilág jellemzi őket. Így nagyszerű alapként szolgálhatnak a dúsított élelmiszerek termékfejlesztése során. Egy termék dúsítása során jellemzően egy-egy komponens hozzáadására kerül sor, azonban érdemes például növényi kivonatok alkalmazása, melyek több hasznos tápanyag egyidejű hozzáadását teszi lehetővé.

Az egyre növekvő termékszáma megfelelő minőségének és biztonságának garantálása érdekében elengedhetetlen ezen termékek vizsgálata. A termékek komplex vizsgálatához számos paraméter (pl. savtartalom, vízoldható cukortartalom stb.) vizsgálata szükséges, továbbá az egészségre káros vegyszerek használatát igénylik és igen költségesek lehetnek. A dúsított termékek vizsgálata során érdemes lehet újszerű technológiák, mint a közeli infravörös technológia alkalmazása. E módszer jellemzője, hogy gyors, nem igényli a minta roncsolását, illetve nem szükséges vegyszer használata. Kiemelt előnye, hogy nem csupán egy-egy paraméter vizsgálatára van lehetőség, hanem egy komplex, ujjlenyomat-szerű profilt kaphatunk a termék összetételéről.

A kutatómunka célja NIR spektroszkópiás módszer alkalmazhatóságának feltérképezése volt növényi kivonatokkal dúsított gyümölcslevek esetén. A kutatás során meggylé három féle por alapú növényi extraktummal (vörösáfonya, szőlőmag kivonat, gránátalma) történő dúsítására került sor. A kivonatok hat féle koncentrációban (0-2.5 g/100 mL), háromféle kombinációban (szimpla, bináris, ternáris) lettek adagolva a sűrítmenyből készített meggyléhez. A mérés kézi transzreflexiós spektrométerrel történt a 1350-2150 nm hullámhossz tartományban. Az adatok értékelésénél 1350-1850 nm-es tartományra. A többváltozós modellezések során 21 féle adatelőkészítési módszert alkalmaztunk. Az előzetes mintázat feltérképezéshez PCA, a koncentrációk elkülönülésének vizsgálatához PCA alapú LDA, a koncentráció becsléshez pedig PLSR elemzést alkalmaztunk. Minden esetben validációs módszerként „egy mintapárhuzamos kihagyásos” keresztvalidáció alkalmazására került sor.

A PCA esetében a kivonat típusok, de főként hozzáadott kivonat koncentráció szerinti elkülönülés volt megfigyelhető. A koncentrációs szint szerinti PCA-LDA osztályozás során a legjobb modellezés esetében a kalibrációs pontosság 78,75%, a validációs pontosság 69,89% volt. Ugyanezen elemzés extraktum típusra való elvégzése során 71,5% kalibrációs és 50,97% validációs osztályozási pontosságot kaptunk. A kivonatkoncentráció becslésére alkalmazott PLSR-elemzés során a legjobb modellek 0,88–0,99 közötti  $R^2_{cv}$  és 0,043–0,162 g/100 mL közötti RMSE<sub>cv</sub> értékeket adtak, ami jó modell illeszkedést jelez.

Az eredmények alapján a NIR spektroszkópia sikeresen alkalmazható gyümölcsle növényi kivonatokkal történő dúsításának vizsgálatára mind a koncentráció, mind pedig a kivonattípusok elkülönülése szempontjából.

A dolgozatban alkalmazott módszertan mind gazdasági, mind pedig fenntarthatósági szempontokat figyelembe véve ígéretesnek bizonyult és eredményes bizonyulhat ipari környezetben is, mivel a különböző receptúrák összetételéről objektív kép felállítását teszi lehetővé a gyártás, és a termékfejlesztés során egyaránt. Emellett a minőségellenőrzési folyamatokat is hatékonyan támogathatja. Mindezeket túl modellfejlesztési eredményeink hatékonyan hozzájárulhatnak az adat alapú döntéshozatal támogatásában. Az ilyen, kevés mintamennyiséget igénylő, káros anyagoktól mentesebb, illetve rövid idő alatt elvégezhető módszertanok alkalmazási területeinek tesztelése mindenképp érdemesnek bizonyul. A további pontosságnövelés és a széleskörűbb alkalmazhatóság elérése céljából további vizsgálatok elvégzését indokoltnak találtuk.

## 7. Irodalomjegyzék

- 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelet a Magyar Élelmiszerkönyv kötelező előírásairól - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (2009). Available at: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0900152.FVM> (Accessed: 14 May 2025).
- Adams, S. (2007) 'VITAMIN A: Functions and Deficiency', in, pp. 86–97.
- Agelet, L.E. and Hurburgh Jr., C.R. (2010) 'A Tutorial on Near Infrared Spectroscopy and Its Calibration', *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 40(4), pp. 246–260. Available at: <https://doi.org/10.1080/10408347.2010.515468>.
- Barbara H. Stuart (2004) *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. 1st ed. John Wiley & Sons, Ltd.
- Barta, J. (2007) *A gyümölcsfeldolgozás technológiái*. Edited by B. József. Budapest: Mezőgazda K. Available at: <https://opac3.entzferenc.uni-mate.hu/hu/record/-/record/ENTZ236886>.
- Blando, F. and Oomah, B.D. (2019) 'Sweet and sour cherries: Origin, distribution, nutritional composition and health benefits', *Trends in Food Science & Technology*, 86, pp. 517–529. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.052>.
- Booth, S.L., Johns, T. and Kuhnlein, H. V (1992) 'Natural food sources of vitamin A and provitamin A ', *Food and Nutrition Bulletin*, 14(1).
- Boyle, F. *et al.* (2024) 'Determination of the Protein and Amino Acid Content of Fruit, Vegetables and Starchy Roots for Use in Inherited Metabolic Disorders', *Nutrients*, 16, p. 2812. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu16172812>.
- Bujdosó, A. (2021) *A testmozgás és egészséges táplálkozás jótékony hatásai cukorbetegségben*.
- Ciurczak, E.W. *et al.* (2021) *Handbook of Near-Infrared Analysis*. 4th ed, *Handbook of Near-Infrared Analysis*. 4th ed. CRC Press. Available at: <https://doi.org/10.1201/B22513/HANDBOOK-NEAR-INFRARED-ANALYSIS-EMIL-CIURCZAK-BENO>.
- Deák, K., Szigedi, T. and Pék, Z. (2015) 'Az ipari paradicsom minőségének meghatározása közeli infravörös spektroszkópiával', *Kertgazdaság*, 47, pp. 5–9.

- Dr. Stummer, I., Isépy, A. and Ecsediné Wanek Zsuzsanna (2024) 'Zöldség, gyümölcs és bor', *Agrárpiaci Jelentések*, 28(13), pp. 6–7. Available at: [http://repo.aki.gov.hu/4276/1/Zoldseg\\_gyumolcs\\_bor\\_2024\\_13.pdf](http://repo.aki.gov.hu/4276/1/Zoldseg_gyumolcs_bor_2024_13.pdf) (Accessed: 29 April 2025).
- Ekşi, A., Burcu, E. and Kirtiş, U. (2016) 'DETERMINATION OF THE MINERAL PROFILE AND PREDICTION OF THE FRUIT CONTENT IN SOUR CHERRY JUICE', *European Journal of Food Science and Technology*, 4(1), pp. 52–60. Available at: [www.eajournals.org](http://www.eajournals.org) (Accessed: 2 October 2025).
- Escárate, P. *et al.* (2022) 'Estimation of Soluble Solids for Stone Fruit Varieties Based on Near-Infrared Spectra Using Machine Learning Techniques', *Sensors*, 22, p. 6081. Available at: <https://doi.org/10.3390/s22166081>.
- FAO - processed by Our World in Data (2024) *Yearly per capita supply of fruit, 2000 to 2022*. Available at: [https://ourworldindata.org/explorers/global-food?tab=line&time=2000..latest&country=OWID\\_WRL~HUN~OWID\\_EU27&Food=Fruit&Metric=Food+available+for+consumption&Per+capita=true&Unit=Kilograms+per+year](https://ourworldindata.org/explorers/global-food?tab=line&time=2000..latest&country=OWID_WRL~HUN~OWID_EU27&Food=Fruit&Metric=Food+available+for+consumption&Per+capita=true&Unit=Kilograms+per+year) (Accessed: 30 September 2025).
- Furulyás, D. *et al.* (2024) 'Enrichment of apple juice with antioxidant-rich elderberry (Sambucus nigra L) pomace extract', *Acta Alimentaria*, 53(2), pp. 327–335. Available at: <https://doi.org/10.1556/066.2024.00087>.
- Furulyas, D. *et al.* (2024) 'Utilization of sea buckthorn (Hippophaë rhamnoides L.) pomace as functional ingredient in apple juice', *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 20(1), pp. 129–138. Available at: <https://doi.org/10.1556/446.2024.00119>.
- García-Sánchez, F. *et al.* (2017) 'Using Near-Infrared Spectroscopy in Agricultural Systems', in *Developments in Near-Infrared Spectroscopy*. InTech. Available at: <https://doi.org/10.5772/67236>.
- Gil, K.A. *et al.* (2023) 'Effect of Apple Juice Enrichment with Selected Plant Materials: Focus on Bioactive Compounds and Antioxidant Activity', *Foods*, 12(1). Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12010105>.
- Gyümölcsitalok és üdítőitalok jelölési útmutatója* (2007). Available at: <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/c/6a/c1000/Gy%C3%BCm%C3%B6lcsitalok%20%C3%A9s%20%C3%BCd%C3%ADt%C5%91italok.pdf>.

- Han, B. *et al.* (2020) ‘The effect of sour cherry consumption on blood pressure, IL-6, CRP, and TNF- $\alpha$  levels: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials sour cherry consumption and blood pressure’, *Journal of King Saud University - Science*, 32(2), pp. 1687–1693. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.01.002>.
- Haruna Gado, Y. *et al.* (2021) ‘Közeli-infravörös spektroszkópia: gyors és hatékony eszköz a fruktóztartalom mérésére’, *Élelmiszervizsgálati közlemények*, 67(1), pp. 3249–3258. Available at: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2021/1-1-HUN>.
- Heber, D. (2011) ‘Pomegranate Ellagitannins’, in I. Benzie and S. Wachtel-Galor (eds.) *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects: Second Edition*. CRC Press/Taylor & Francis, pp. 201–209. Available at: <https://doi.org/10.1201/b10787-11>.
- Hegedüs, I. *et al.* (2022) ‘The Utilization of Physiologically Active Molecular Components of Grape Seeds and Grape Marc’, *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms231911165>.
- http1: InnoSpectra Corporation-Near-Infrared Spectrometer accurate and reliable - leading the industry, near-infrared spectrometer, spectrometer accessory ,diffuse reflectance,optic fiber ,transmittance* (no date). Available at: [https://www.innospectra.com/product\\_1\\_detail\\_b01#anchor\\_pt1\\_b01](https://www.innospectra.com/product_1_detail_b01#anchor_pt1_b01) (Accessed: 28 October 2025).
- Hussain, S. *et al.* (2021) ‘Cherries (*Prunus Cerasus*)—Morphology, Taxonomy, Composition and Health Benefits’, in *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas, Nutritional and Health Benefits*, pp. 63–75. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7_5).
- Kandyliari, A. *et al.* (2023) ‘Development of Dairy Products Fortified with Plant Extracts: Antioxidant and Phenolic Content Characterization’, *Antioxidants*, 12(2). Available at: <https://doi.org/10.3390/antiox12020500>.
- Kasza, G. (2022) *Élelmiszerjog*. MATE.
- Kovacs, Z. and B. Pollner (2016) “‘Aquaphotomics-Software R-Package “aquap2” - Proceedings of the Understanding Water in Biology 2nd International Symposium’. Kobe, Japan.

- KSH (2023) 19.1.1.25. *A fontosabb gyümölcsfélék termesztése és felhasználása*. Available at: [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0025.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0025.html) (Accessed: 29 April 2025).
- KSH (2024) 19.1.1.17. *Fontosabb gyümölcsfélék és a szőlő termésmennyisége, KSH*. Available at: [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0017.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0017.html) (Accessed: 8 January 2025).
- Kurz, C. *et al.* (2010) ‘Evaluation of fruit authenticity and determination of the fruit content of fruit products using FT-NIR spectroscopy of cell wall components’, *Food Chemistry*, 119(2), pp. 806–812. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.028>.
- Magyar Ásványvíz, G. és Ü.S. (2024) *Üdítőital és gyümölcsle fogyasztási adatok*. Available at: <https://uditoitalok.hu/mit-kell-tudni-az-uditoitalokrol/fogyasztasi-adatok/> (Accessed: 5 January 2025).
- Magyar Élelmiszerkönyv II. kötetének 2-601 számú irányelve a gyümölcslevek és hasonló termékek előállításának és forgalmazásának élelmiszerkönyvi előírásairól* (2009). Available at: <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/2/92/30000/Magyar%20Élelmiszerkönyv%20II.%20kötet%202-601.pdf>.
- Maqbool, M.A. *et al.* (2017) ‘Biological importance of vitamins for human health: A review’, *Journal of Agriculture and Basic Science*, 2(3), pp. 50–58.
- McCance and Widdowson’s (2014) ‘Fruit’, in *The Composition of Foods*. The Royal Society of Chemistry, pp. 350–369. Available at: <https://doi.org/10.1039/9781849737562-00350>.
- Mrowicka, M. *et al.* (2023) ‘The importance of thiamine (vitamin B1) in humans’, *Bioscience Reports*, 43(10). Available at: <https://doi.org/10.1042/BSR20230374>.
- Nemzer, B. V. *et al.* (2022) ‘Cranberry: Chemical Composition, Antioxidant Activity and Impact on Human Health: Overview’, *Molecules*, 27(5), p. 1503. Available at: <https://doi.org/10.3390/MOLECULES27051503>.
- NNGYK (2024) *Dúsított élelmiszerek*. Available at: [https://ogyei.gov.hu/dusitott\\_elelmiszerek](https://ogyei.gov.hu/dusitott_elelmiszerek) (Accessed: 12 January 2025).

- Nowak, D. and Jakubczyk, E. (2020) ‘The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials’, *Foods*, 9(10), p. 1488. Available at: <https://doi.org/10.3390/FOODS9101488>.
- Olson, R. *et al.* (2021) ‘Food Fortification: The Advantages, Disadvantages and Lessons from Sight and Life Programs’, *Nutrients*, 13(4), p. 1118. Available at: <https://doi.org/10.3390/NU13041118>.
- Osborne, B. (2006) ‘Near-Infrared Spectroscopy in Food Analysis’, in *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. Available at: <https://doi.org/10.1002/9780470027318.a1018>.
- Pálócziné Furulyás, D. (2024) *Homoktövis és fekete bodza törköly hasznosításának vizsgálata gyümölcsle mintákban*. Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem. Available at: <https://doi.org/10.54598/004800>.
- Pasquini, C. (2003) ‘Near Infrared Spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications’, *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 14, pp. 198–219. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0103-50532003000200006>.
- P.Muthukumar, R, K. and Kumaravel, S. (2020) *A Comprehensive guide to-Quality Analysis of Fruit Juices and Soft Drink-Analytical Procedures*. Available at: <https://doi.org/10.22573/spg.020.BK/S/001>.
- Regatieri, L. *et al.* (2025) ‘Data-Driven Monitoring of Probiotic Fermentation in Fruit Juices Using Near-Infrared Spectroscopy and Aquaphotomics: An Innovative Approach to Food Valorization’, *Foods*, 14, p. 1274. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods14071274>.
- Rodler, I. (2006) *Új tápanyagtáblázat*. Edited by I. Rodler. Budapest: Medicina. Available at: <https://opac3.entzferenc.uni-mate.hu/hu/record/-/record/ENTZ226369> (Accessed: 7 January 2025).
- Samreen (2025) ‘Processing of fruit juices: Techniques, challenges, and advances Samreen’, *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 9(1), pp. 186–187. Available at: <https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i1c.3437>.
- Statista (2024) *Juice and nectar consumption per capita in the European Union (EU) 2010-2023 (in liters per capita)*.

- Szabó, G. *et al.* (2023) ‘Application of Near Infrared Spectroscopy to Monitor the Quality Change of Sour Cherry Stored under Modified Atmosphere Conditions’, *Sensors*, 23, p. 479. Available at: <https://doi.org/10.3390/s23010479>.
- Takácsné Dr. Hájos Mária (2021) *Zöldségek és gyümölcsök szerepe a táplálkozásban* TAKÁCSNÉ DR. HÁJOS MÁRIA egyetemi docens, tanszékvezető. Debreceni Egyetemi Kiadó. Available at: [www.dupress.unideb.hu](http://www.dupress.unideb.hu) (Accessed: 30 September 2025).
- Törrönen, R. *et al.* (2012) ‘Fortification of blackcurrant juice with crowberry: Impact on polyphenol composition, urinary phenolic metabolites, and postprandial glycemic response in healthy subjects’, *Journal of Functional Foods*, 4(4), pp. 746–756. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JFF.2012.05.001>.
- Tsenkova, R. (2013) ‘Visible -Near Infrared perturbation spectroscopy: Water in action seen as a source of information’, *Proceedings of the NIRS Conference in 2005 New Zealand* [Preprint].
- Türker-Kaya, S. and Huck, C.W. (2017) ‘A Review of Mid-Infrared and Near-Infrared Imaging: Principles, Concepts and Applications in Plant Tissue Analysis’, *Molecules*, 22(1). Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules22010168>.
- U.S. Food and Drug Administration (FDA) (2008) *Fruits Nutrition Facts Raw, Edible Weight Portion*. Available at: <https://www.fda.gov/media/77424/download?attachment> (Accessed: 24 October 2025).
- Vicente, A.R. *et al.* (2022) ‘Compositional determinants of fruit and vegetable quality and nutritional value’, in *Postharvest Handling: A Systems Approach*. Academic Press, pp. 565–619. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822845-6.00019-1>.
- Wazzan, H. (2024) ‘Fortification of Dairy Products using Plant-derived Bioactive Compounds’, *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 12(2), pp. 561–571. Available at: <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.12.2.6>.

## 8. Ábrák és táblázatok jegyzéke

### 8.1. Ábrajegyzék

1. ábra: A reflexiós elrendezésű spektrométer vázlatos felépítése (Pasquini, 2003).....	10
2. ábra: Szimpla összetételű gyümölcsle keverékek (saját fénykép) .....	12
3. ábra: A mérések során használt kézi NIR műszer (http1) .. <b>Hiba! A könyvjelző nem létezik.</b>	
4. ábra: Az előkezeletlen dúsított gyümölcsle spektrumok a teljes felvett hullámhossz tartományban (1350-2150 nm), kombinációs szintenként színezve (N=423) (saját ábra). <b>Hiba! A könyvjelző nem létezik.</b>	
5. ábra: Az előkezeletlen dúsított gyümölcsle spektrumok az adatelemzéshez vizsgált hullámhossz tartományban (1352-1850 nm), kombinációs szintenként színezve (N=423) (saját ábra).....	<b>Hiba! A könyvjelző nem létezik.</b>
7. ábra: PCA score plot a kézi NIR spektrométerrel rögzített adatokon, kombinációs szintenként színezve (sgol-2-21-0, msc) (N=423) (saját ábra).....	<b>Hiba! A könyvjelző nem létezik.</b>
7. ábra: PCA score plot a kézi NIR spektrométerrel rögzített adatokon, összes kivonatkoncentráció szint szerint színezve (sgol-2-21-0, msc) (N=423) (saját ábra).....	19
8. ábra: A PCA során legmeghatározóbb hullámhossz értékek .....	19
9. ábra: A minták koncentráció alapján történő elkülönülése a teljes adatsoron, összes kivonat tartalomra vonatkoztatva N=423; NrPC=11; sgol@2-17-0_sgol@2-21-2 előkezeléssel (saját ábra).....	20
10. ábra: A minták extraktum típus alapján történő elkülönülése a teljes adatsoron, NrPC=11; sgol@2-17-0_sgol@2-13-2 előkezeléssel (N=423) (saját ábra) .....	21
11. ábra: A PCA-LDA elemzés során jelentősnek minősülő hullámhosszok a koncentrációs szint szerinti (A) és az extraktum típusa szerinti (B) elemzések során .....	22
12. ábra: PLSR elemzés eredménye a teljes adatsoron, összes extrakt tartalomra vonatkoztatva, sgol@2-17-0_sgol@2-13-2 előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra).....	23

13. ábra: PLSR elemzés eredménye a szimpla lékeverékeken, vörösáfonya kivonat tartalomra vonatkoztatva, s <sub>gol@2-13-0</sub> _s <sub>gol@2-17-2</sub> előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra) .....	25
14. ábra: PLSR elemzés eredménye a szimpla lékeverékeken, szőlőmag kivonat tartalomra vonatkoztatva, s <sub>gol@2-13-0</sub> _s <sub>gol@2-13-2</sub> előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra) .....	26
15. ábra: PLSR elemzés eredménye a szimpla lékeverékeken, gránátalma kivonat tartalomra vonatkoztatva, s <sub>gol@2-13-0</sub> _s <sub>gol@2-13-2</sub> előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra) .....	26
16. ábra: PLSR elemzés eredménye a bináris vörösáfonya-szőlőmag kivonattal dúsított lékeverékeken, összes kivonat tartalomra vonatkoztatva, s <sub>gol@2-21-0</sub> _s <sub>gol@2-17-2</sub> előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra).....	27
17. ábra: PLSR elemzés eredménye a bináris szőlőmag-gránátalma kivonattal dúsított lékeverékeken, összes extrakt tartalomra vonatkoztatva, s <sub>gol@2-21-0</sub> _s <sub>gol@2-17-2</sub> előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra).....	27
18. ábra: PLSR elemzés eredménye a bináris vörösáfonya-gránátalma kivonattal dúsított lékeverékeken, összes extrakt tartalomra vonatkoztatva, s <sub>gol@2-13-0</sub> _s <sub>gol@2-17-2</sub> előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra).....	28
19. ábra: PLSR elemzés eredménye a ternáris vörösáfonya-szőlőmag-gránátalma kivonat tartalmú lékeveréken, összes kivonat tartalomra vonatkoztatva, s <sub>gol@2-17-0</sub> _s <sub>gol@2-17-2</sub> előkezeléssel (A) és a hozzá PLS regressziós vektorok hullámhosszok (B) (saját ábra).....	28

## 8.2. Táblázatjegyzék

1. táblázat: A teljes adatsoron végzett, koncentrációs szintek szerinti PCA-LDA elemzés során a legjobb validációs és kalibrációs modell pontossága a koncentrációk elkülönítésére (N=423; NrPC=11; s <sub>gol@2-17-0</sub> _s <sub>gol@2-21-2</sub> előkezeléssel) (saját táblázat).....	21
2. táblázat: A teljes adatsoron végzett, extraktum típus szerinti PCA-LDA elemzés során a legjobb validációs és kalibrációs modell pontossága a koncentrációk elkülönítésére (N=423; NrPC=11; s <sub>gol@2-17-0</sub> _s <sub>gol@2-21-2</sub> előkezeléssel) (saját táblázat).....	22

3. táblázat: A PLSR elemzés során kapott legjobb előkezelési módszerek modellépítési eredményei .....	24
---	----

## Mellékletek

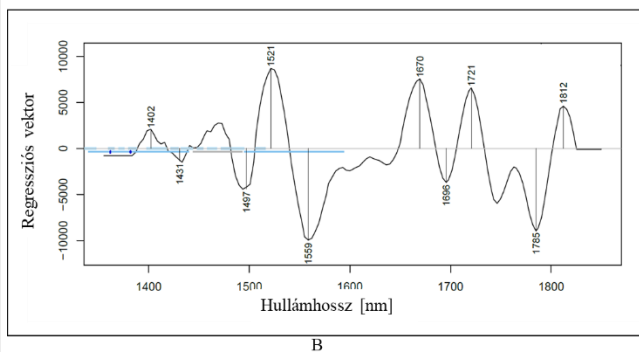
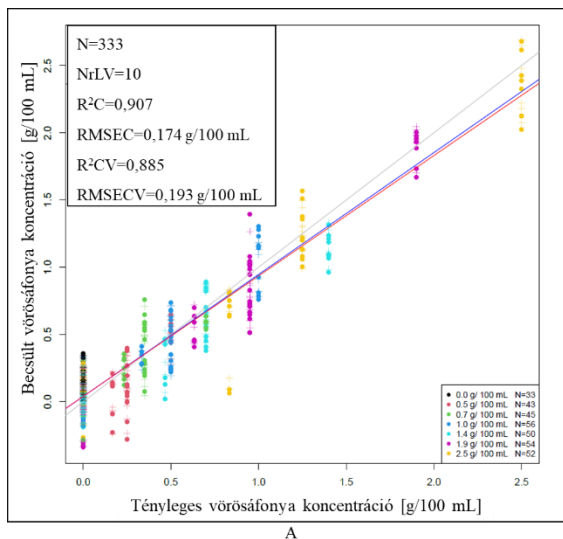
1. melléklet: Az elkészített meggyleves mintasorozat összetétele

Kombinációs szint	Mintaszám	Vörösfőnya kivonat tartalom (g/100 mL)	Szőlőmag kivonat tartalom (g/100 mL)	Gránátalma kivonat tartalom (g/100 mL)
Kontroll	1	0	0	0
Szimpla	2	0,500	0	0
	3	0,700	0	0
	4	1,000	0	0
	5	1,400	0	0
	6	1,900	0	0
	7	2,500	0	0
	8	0	0,500	0
	9	0	0,700	0
	10	0	1,000	0
	11	0	1,400	0
	12	0	1,900	0
	13	0	2,500	0
	14	0	0,000	0,500
	15	0	0,000	0,700
	16	0	0,000	1,000
	17	0	0,000	1,400
	18	0	0,000	1,900
	19	0	0,000	2,500
	Bináris	20	0,500	0,500
21		0,700	0,700	0
22		1,000	1,000	0
23		1,400	1,400	0
24		1,900	1,900	0
25		2,500	2,500	0
26		0	0,500	0,500
27		0	0,700	0,700
28		0	1,000	1,000
29		0	1,400	1,400
30		0	1,900	1,900
31		0	2,500	2,500
32		0,500	0	0,500
33		0,700	0	0,700
34		1,000	0	1,000
35		1,400	0	1,400
36		1,900	0	1,900
37		2,500	0	2,500
Ternáris	38	0,500	0,500	0,500
	39	0,700	0,700	0,700
	40	1,000	1,000	1,000
	41	1,400	1,400	1,400
	42	1,900	1,900	1,900
	43	2,500	2,500	2,500

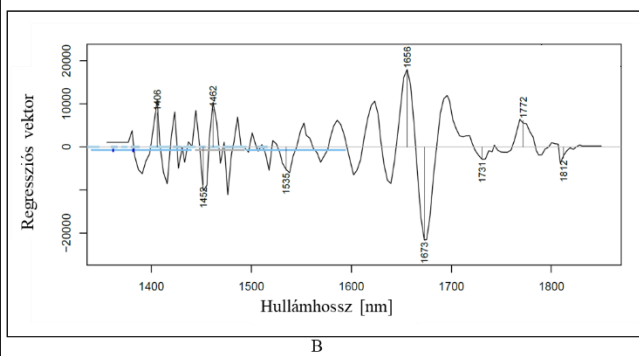
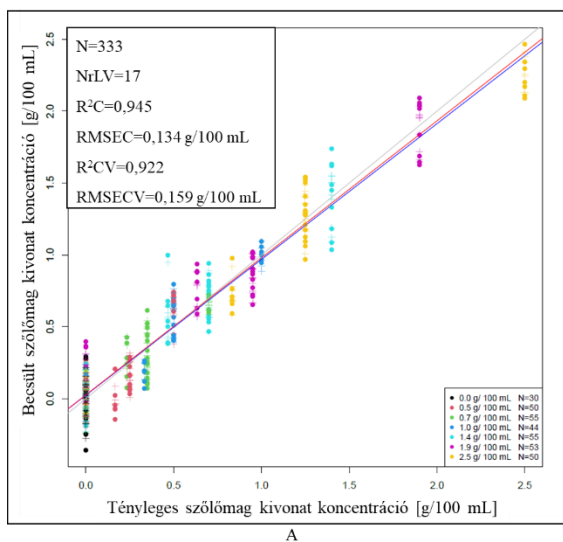
2. melléklet: Az elemzéseket megelőzően alkalmazott adatelőkezelési módszer-kombinációk

1. adatelőkezelési módszer típusa	Polinom rendűsége	Illesztett pontok száma	Derivált fokszáma	2. adatelőkezelési módszer típusa	Polinom rendűsége	Illesztett pontok száma	Derivált fokszáma
sgol	2	13	0	SGOL	2	13	1
sgol	2	13	0	SGOL	2	13	2
sgol	2	13	0	SGOL	2	17	1
sgol	2	13	0	SGOL	2	17	2
sgol	2	13	0	SGOL	2	21	1
sgol	2	13	0	SGOL	2	21	2
sgol	2	17	0	SGOL	2	13	1
sgol	2	17	0	SGOL	2	13	2
sgol	2	17	0	SGOL	2	17	1
sgol	2	17	0	SGOL	2	17	2
sgol	2	17	0	SGOL	2	21	1
sgol	2	17	0	SGOL	2	21	2
sgol	2	21	0	-	-	-	-
sgol	2	21	0	deTr	-	-	-
sgol	2	21	0	MSC	-	-	-
sgol	2	21	0	SGOL	2	13	1
sgol	2	21	0	SGOL	2	13	2
sgol	2	21	0	SGOL	2	17	1
sgol	2	21	0	SGOL	2	17	2
sgol	2	21	0	SGOL	2	21	1
sgol	2	21	0	SGOL	2	21	2

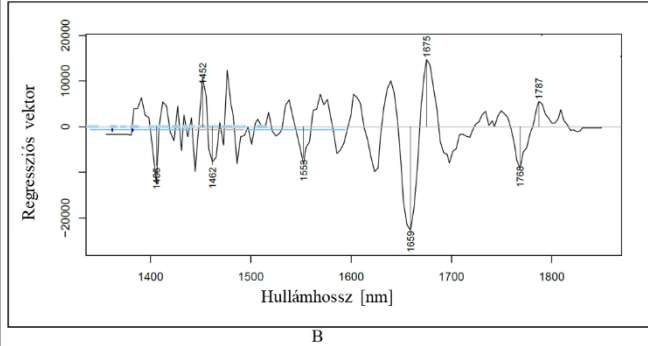
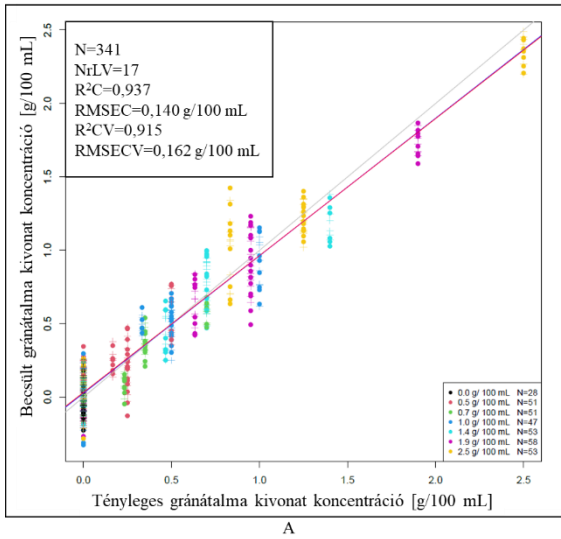
3. melléklet: PLSR elemzés eredménye a teljes adatsoron, vörösfőnya kivonat tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-13-0\_sgol@2-17-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)



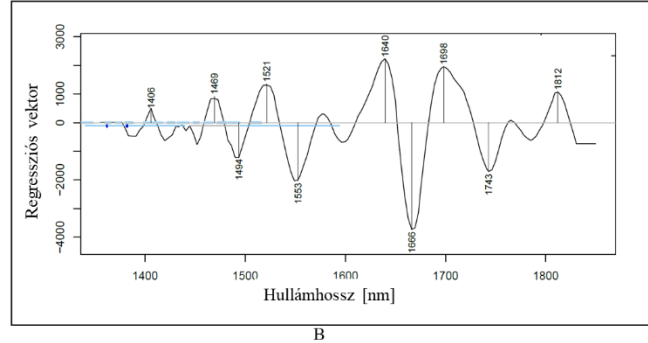
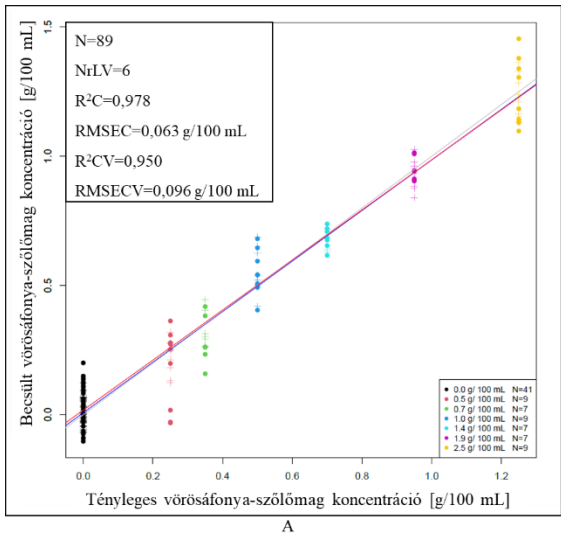
4. melléklet: PLSR elemzés eredménye a teljes adatsoron, szőlőmag kivonat tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-13-0\_sgol@2-13-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)



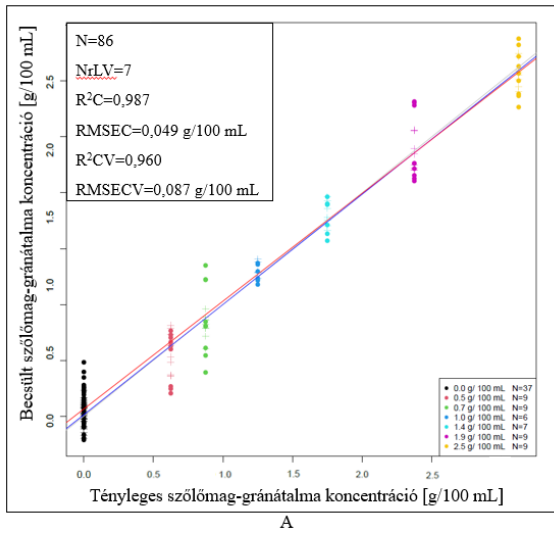
5. melléklet: PLSR elemzés eredménye a teljes adatsoron, gránátalma kivonat tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-13-0\_sgol@2-13-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)



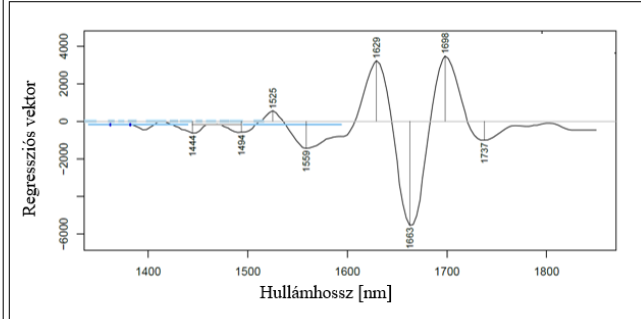
6. melléklet: PLSR elemzés eredménye a bináris lékeverékeken, vörösfőnya-szőlőmag tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-21-0\_sgol@2-17-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)



7. melléklet: PLSR elemzés eredménye a bináris lékeverékeken, szőlőmag-gránátalma kivonat tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-21-0\_sgol@2-17-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)

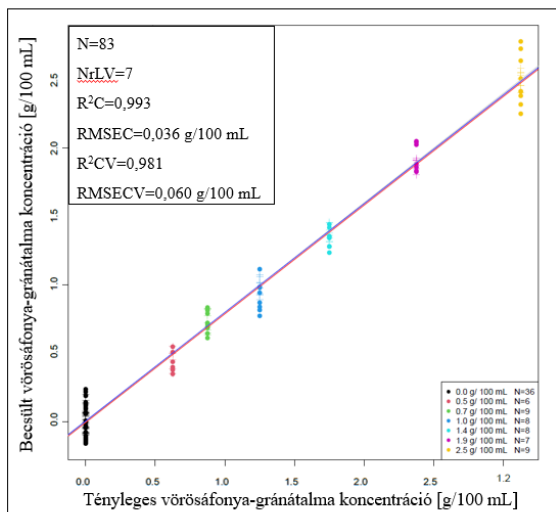


A

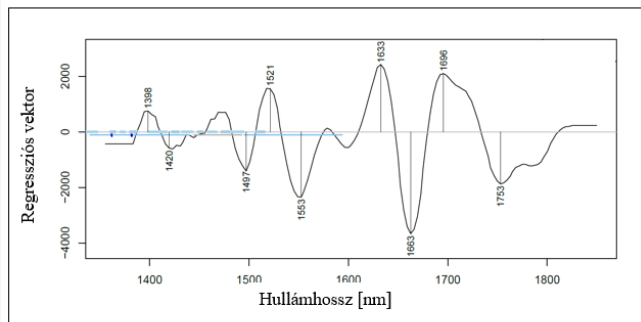


B

8. melléklet: PLSR elemzés eredménye a bináris lékeverékeken, vörösfonya-gránátalma kivonat tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-13-0\_sgol@2-17-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)

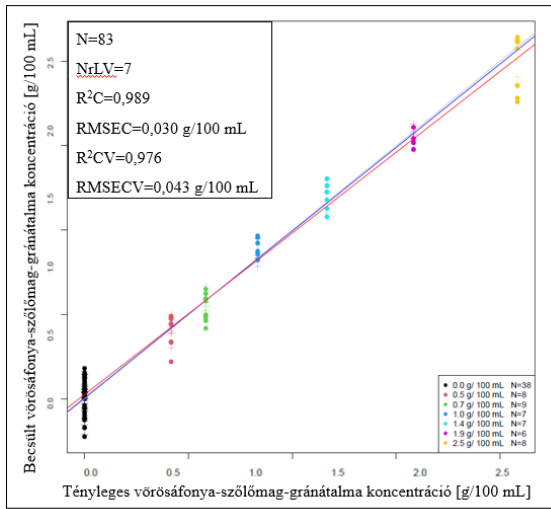


A

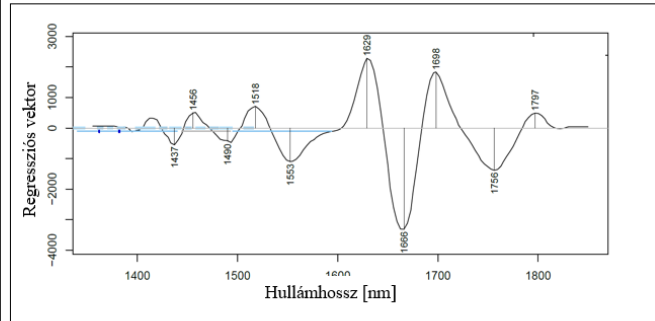


B

9. melléklet: PLSR elemzés eredménye a ternáris lékeveréken, vörösfőnya-szőlőmag-gránátalma kivonat tartalomra vonatkoztatva, *sgol@2-21-0\_sgol@2-13-2* előkezeléssel (A) és a hozzá tartozó PLS regressziós vektorok (B) (saját ábra)



A



B

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Szurovecz Gabriella  
A Hallgató Neptun kódja: M9VJPW  
A dolgozat címe: Megglé dúsítás kimutathatóságának vizsgálata kézi közeli infravörös spektroszkópiával  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2025 év október hó 31. nap



Hallgató aláírása

# Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

## 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Szurovecz Gabriella
Neptun-kódja:	M9VJPW
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	Kézi közeli infravörös spektroszkópia alkalmazása a meggylé dúsítás kimutatásában

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

## 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

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

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

## 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

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

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

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Szinonimák keresése, idegennyelvű kifejezések hivatalos magyar megfelelőinek keresése szakirodalom feldolgozás során	ChatGPT	

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

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

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

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

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

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


Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....  
.....  
.....  
.....


**4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:**

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

Kelt: Budapest, 2025. október 24.

  
.....  
Hallgató aláírása

  
.....  
Témavezető aláírása

  
.....  
Témavezető aláírása

## NYILATKOZAT

Szurovecz Gabriella (hallgató Neptun azonosítója: M9VJPW) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

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

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

Kelt: 2025. október. 31.

Kovács Zoltán

belső konzulens

Vitális Flóra

belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.