



Élelmiszertudományi Kar

Fizika-Automatka Tanszék

KESERŰ ÍZ ELEMZÉSE ELEKTRONIKUS NYELVVEL KÁVÉKON ÉS MODELL OLDATOKON

TDK Dolgozat

KOZITS SZABINA

Élelmiszermérnök Msc II. évfolyam

Témavezető(k): Kovács Zoltán egy. tanársegéd,

dr. Fekete András egy. tanár



TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0023

Budapest

2012

Tartalomjegyzék

Fizika-Automatka Tanszék	1
Bevezetés.....	3
1 Irodalmi áttekintés.....	4
1.1 Kávé.....	4
1.2 Elektronikus nyelv.....	7
2 Célkitűzés	12
3 Anyag és Módszer	13
3.1 Felhasznált anyagok	13
3.1.1 Kávékeverék minták.....	13
3.1.2 Kinin minták.....	14
3.2 Módszer	15
3.2.1 Érzékszervi bírálat.....	15
3.2.2 Elektronikus nyelv.....	16
3.2.3 Felhasznált statisztikai módszerek és programok	18
4 Eredmények és Értékelés	25
4.1 Érzékszervi bírálat	25
4.2 Elektronikus nyelv.....	31
4.2.1 Kávé	31
4.2.2 Kinin.....	42
5 Összefoglalás.....	46
6 Következtetések	48
Irodalomjegyzék.....	49

Bevezetés

Az élelmiszer-minősítő vizsgálatok során nagy hangsúlyt kapnak az érzékszervi vizsgálatok, hiszen az íz-jellemzők nagymértékben befolyásolják az egyes termék piaci sikerét, fogyasztói kedveltségét. Az érzékszervi elemzés azonban szubjektív, nagyban befolyásolják külső körülmények, mint az egyén fizikai állapota és hangulata. (Lawless, 1995)

Az elektronikus nyelvvel képesek lehetünk külső tényező által befolyásolt érzékszervi bírálatok objektív íz-vizsgálati módszerrel történő kiváltására. Ez a műszer az emberi ízlelési folyamat algoritmusát követve képes megállapítani különböző folyékony minták íz jellemzőit. Az elektronikus nyelvet már több ízben sikeresen alkalmazták különböző élelmiszerek vizsgálatára (Escuder-Gilabert, 2010). A műszer felhasználható mennyiségi meghatározásokra, minta eredet vizsgálatokra, továbbá íz-hibák, hamisítások, tárolás során bekövetkező változások kimutatására, valamint termékfejlesztés segítésére. Az elektronikus nyelv fejlesztését elsősorban technológiai jellegű problémák megoldásának igénye és a kereskedelmi verseny indukálta. Ilyen például a hamisítások kiszűrése, konkurens termék analízise, új termékek piacon lévőkkel való összehasonlítása. Azonban legnagyobb szerepet az élelmiszeriparon belül ott kaphat, ahol az emberek bevonása a bírálatba nem megoldható. Ilyen lehet a romlási folyamatok detektálása, gyártásközi ellenőrzések, vagy esetleg egy kevésbé kedvelt íz bírálata.

A globális íz érzet egyes kutatók szerint 5 különböző alapíz kombinációjából tevődik össze. Ezek között szerepel a keserűség is melynek érzetét a többek között alkaloidok, iridoidok, diterpének, triterpének okozzák. Ezért érezzük az ezen vegyületeket tartalmazó élelmiszereket keserűnek.

Vizsgálataink kivitelezéséhez a koffeintartalma miatt jellemzően keserű ízű italt, a kávé választottuk. Két legelterjedtebb fajtája a *Coffea robusta* és a *Coffea arabica*. Az előbbi egy íz jellegében keserűbb, de olcsóbb, míg az utóbbi egy aromásabb, de drágább alapanyag. Kereskedelmi forgalomban viszont nem tisztán, hanem leginkább ezek keverékével találkozhatunk, hiszen a fogyasztók kellemesebb íze miatt az arabicát részesítik előnyben, viszont ennek beszerzési ára többszöröse a robustáénak. A gyártók törekednek a kedvezőbb előállítási költségek miatt arra, hogy minél nagyobb legyen az előállított kávékeverék robusta tartalma. Ennek viszont gátat szab a fogyasztói elfogadottság, hiszen az aromásabb arabica arányának csökkentése nem mehet a minőség rovására.

1 Irodalmi áttekintés

1.1 Kávé

A kávé az egyik legismertebb növény, a belőle készült ital pedig világszerte a legnépszerűbb élvezeti cikk. A kávé az örökzöld kávécserje termésének, a kávébabnak a feldolgozott magja. Az ebből készített kesernyés ízű, élénkítő hatású italt kávénak nevezzük. A kávé fő hatóanyaga a koffein néven ismert alkaloid. Ma Brazília a világ legnagyobb kávétermelője, amelyet a sorban Vietnam, Kolumbia és Indonézia követ.

Bár a *Coffea* nemzetség nagy létszámú, többnyire csak két jelentős tagjának terméséből készítene kávé: *Coffea arabica* és a *Coffea robusta*ból.



1. ábra *Coffea arabica* és *Coffea robusta* (www.coffeeresearch.org)

A két faj környezeti igényei erősen eltérőek. A *Coffea arabica* adja a jobb kávé alapanyagot, alacsonyabb koffeintartalom és magasabb savtartalom jellemző rá, de kényesebb a robustánál. Termesztése több körülményt és gondosságot igényel. Ültetvényeik 900 méter feletti magasságban, meredek trópusi hegyoldalakon, főként vulkáni eredetű talajon találhatók. Az arabica adja a kereskedelemben kapható kávé 75%-át. A **robusta** igénytelenebb, ellenállóbb fajta. A hőséget és a magas páratartalmat egyaránt jól tűri. Főként 900 méter alatti, trópusi síkságokon elterjedt. Magasabb koffeintartalom és gyengébb minőség jellemzi. A kávébabszemek alakja is eltérő. Az arabica kávé babja nyújtott, ovális formájú, hullámos bevágással. Ezzel szemben a robustaé kerek formájú, egyenes bevágással. (1.ábra) A két

kávétípus közül a gazdagabb ízvilágú arabica ára akár többszöröse is lehet a robustáénak. (www.coffeeresearch.org)

A kávészemek szüretelését kézzel végzik, mert csak a piros, érett magokat lehet leszedni. Ezután a termőhelytől függően, száraz vagy nedves eljárással azonnal tisztítják és érlelik a szemeket, mert a kávébogyó nem tárolható. A száraz feldolgozásnál négy hétig, napon szétterítve szárítják a kávébogyókat, majd a termésburkot egy speciális hántológéppel távolítják el. A nedves feldolgozásnál a babszemet és a húst gépi úton elválasztják, majd speciális mosási és áztatási eljárást alkalmaznak. A szárítás csak ezután kezdődik, amely 10-14 napig tart. Általánosan elmondható, hogy azt a feldolgozási módot alkalmazzák melyhez az adott területen a megfelelő feltételek rendelkezésre állnak, és a szükséges felszereltség könnyebben előteremthető. A száraz eljárás kevésbé költséges.

Ez a pörkölés követi, mely során alakulnak ki a jellemző aromakomponensek. A végbemenő kémiai változások során az összetett szénhidrátok egyszerű cukrokká bomlanak, majd ezek karamellizálódnak. Ennek eredménye a kávé barnás színe. A fehérjék bomlásával íz és illatanyagok alakulnak ki. A pörkölésnek köszönhető az is, hogy a koffein felszabadul, ugyanis a nyers kávéban a koffein a csersavhoz van kötve. Több különböző fokozatú pörkölési szintet különböztetünk meg annak megfelelően, hogy milyen erős és mennyi ideig tartó hőhatásnak tettük ki a kávé, és ezzel milyen színárnyalatú kávé nyertünk.

Az utolsó műveleti lépés az őrlés. A kávék őrlhetősége nagyban függ az alkalmazott pörköléstől is, így a sötétebbre pörkölt szemek kevésbé egyenletesen őrlhetők.

A Magyar Élelmiszerkönyv meghatározása alapján „egyfajta nyerskávéból vagy többfajta nyerskávé keverékéből pörköléssel kávéital készítése és ezáltal emberi fogyasztásra alkalmassá tett termék. A kávé kívül más hozzáadott anyagot nem tartalmaz. Koffeintartalma több mint 0,8%. A pörkölt kávészemek kívül-belül egyenletesen barna színűek. Szemes vagy őrölt kávéként kerülnek forgalomba.” (MÉ, 2-86 számú irányelv)

A kereskedelemben kapható kávék nagy része kávékeverék, melynek meghatározása a Magyar Élelmiszerkönyvben az alábbi: „egy- vagy többfajta nyerskávéból és egy vagy több különböző fajtájú szénhidrát-tartalmú növény részeiből (pótkávéból) különböző arányban végzett keveréssel, pörköléssel és esetleg adalék- vagy segédanyagok hozzáadásával készített, a

kávéitalra emlékeztető ital főzésére alkalmas termék. Őrölt formában kerül forgalomba.” (MÉ, 2-86/2/1)

A kávé érzékszervi tulajdonságait 6 döntő faktor befolyásolja. Ezek a növény fajtája, a termőterület, termesztési körülmények, feldolgozási módszerek, a pörkölés szintje, az őrlési fok és a kávéital elkészítési módja. (Illy, Viani 2005)

Az élelmiszerek minőségének elbírálásában az érzékszervi tulajdonságoknak döntő szerepe van. Érzékszervi vizsgálatok segítik a vásárlói preferencia felderítését, a termék íz-profil meghatározását. Ezeket a vizsgálatokat emberi érzékszervvel végezzük, amit nagyban befolyásolnak a külső környezeti tényezők, illetve szubjektív véleményünk, a már kialakult preferenciánk.

Több kutatás is foglalkozik a kávék érzékszervi vizsgálatával, köztük a kávé aroma eltéréseivel a különböző termesztési területeken, valamint íz változásaival a feldolgozás során.

Bertrand és társainak (2012) vizsgálatai nyomán elmondható, hogy az átlag hőmérséklet a termés fejlődése során nagy hatással van az érzékszervi tulajdonságokra. A hűvösebb termesztési hőmérséklet pozitív hatással volt a kávé íz-jellemzőire. Jobb ízminőség, gyümölcsösség és savasabb jelleg mutatkozott meg, mint a magasabb hőmérsékleten termőknél.

Az aromajellemzőket az előkészítés folyamata és a pörkölés mértéke jobban befolyásolja, mint maga a kávé származási helye, derült ki Bhumiratana és munkatársainak (2011) munkája nyomán. A vizsgálathoz El Salvadorból, Hawaiiból és Etiópiából származó arabica kávékat használtak fel. A bírálatot 6 képzett személy végezte, mely során 0-tól 15-ig terjedő skálán pontozták az egyes aromák intenzitását. Az alacsonyabb szinten pörkölt kávé ízérzete édesebb és kakaós jellegű, míg az erősen pörköltre a fanyar, hamus, savanyú, szúrós aroma jellemző.

A kávé érzékszervi tulajdonságait elsősorban a benne található vegyületek határozzák meg. Így vizsgálatok folytak arra vonatkozóan is, hogy spektrofotometriás módszerrel mért kémiai összetevők mennyisége, milyen összefüggésben állnak a kialakult ízérzettel. A vizsgált arabica kávéban a koffein és a klorokénsav mutatott összefüggéseket a keserű íz jelenlétével. (Ribeiro et al., 2011)

Azonban a keserű íz nem vezethető vissza csupán egy komponens jelenlétére és annak mennyiségére. A koffein mentes kávé ízét is keserűnek érezzük, annak ellenére, hogy éppen az ebből hiányzó kémiai komponenst tekintjük a kávé keserű ízének fő hordozójának. Ez azt jelenti,

hogy az íz érzet, számos komponens kombinációjaként alakul ki. Erre irányuló vizsgálatoknál nagy segítségünkre lehet az úgynevezett elektronikus nyelv, mely szenzorai képesek a globális ízérzet detektálására. (Toko, 2000)

1.2 Elektronikus nyelv

Az 1980-as évek közepén kezdtek először alkalmazni ionszelektív érzékelőket és érzékelő sorokat, melyeknek működési mechanizmusa az elektrokémián alapszik.

Az első elektronikus nyelv megjelenése 1995-re tehető. A műszernek több változata is elterjedt, mely a különböző mérési eljárásokra vezethető vissza. Ilyenek a potenciometrikus a voltametriai, impedimetriás és optikai módszerek, szenzorok. Az elektronikus nyelv képes a folyadékokban oldott szerves és szervetlen kémiai komponensek mérésére. Különböző típusai közül legalkalmasabbnak a potenciometrikus és voltametriai mérési módszeren alapuló eljárások bizonyultak. Az elsőként említett hátránya a mérés hőmérséklet függése és a mintaoldat abszorpciója a szenzoron, azonban ezek a negatív tényezők minimalizálhatók a hőmérséklet ellenőrzésével és az elektródok mosásával.

Alkalmazási lehetősége széleskörű. Ezek között szerepelnek környezetvédelmi feladatok, (pl.vízszennyezés vizsgálata) valamint gyógyszeripari projektek és élelmiszer-biztonsági vizsgálatok.

2000-ben az Alpha – M.O.S. cég forgalomba hozta az α – Astree elektronikus nyelvet, amelynek működési elve feszültségmérésen alapszik. Képes a folyadékokban oldott szerves és szervetlen kémiai komponensek mérésére, tehát a különböző ízanyagok érzékelésére is.

Működése nem specifikus szenzorokból álló szenzorsorok alkalmazásán alapszik, melyek mintafelismerő algoritmusokkal vannak egybekötve, így sikerrel alkalmazható különféle italok minőségi elemzésére. A szenzorsor 7 db szilícium tranzisztor alapú szerves membránburkolattal ellátott szenzorból áll, melyek mikrochipet tartalmaznak. A szenzorok közös jellemzője a keresztérzékenység és a részleges szelektivitás, amely a különböző szerves membrán bevonatoknak köszönhető. Tehát az egyes szenzorok a bevonat fajtája alapján minden oldott szerves és szervetlen kémiai komponensre érzékennyé válnak, de eltérő érzékenységi szinten. A mai elektronikus nyelvek szenzorsoraival mért eredmények többváltozós statisztikai módszerekkel elemezve gyors, objektív és rugalmas mérést tesznek lehetővé, amely megkönnyíti a folyékony anyagok minőségjellemzőinek nyomon követését. A szenzorok elnevezései rendre

ZZ, BA, BB, CA, GA, HA és JB illetve SRS, GPS, STS, SPS, UMS, SWS, és BRS a gyártó szerint. A vizsgálat során a szenzorsor és a referencia elektród egyszerre merülnek a mérendő folyadékba, potenciálkülönbségüket a számítógép regisztrálja, így a mért adatok statisztikai programokkal kiértékelhetővé válnak.

Az elektronikus nyelv alkalmazási lehetőségei széles körben kutatják. Az élelmiszeriparban már több alkalommal folytak vizsgálatok sör, ásványvíz, bor, kávé, tej és különböző üdítőitalok terén. Ilyen alkalmazási vizsgálatok között szerepel például íz hibák, íz fedés, eredet vizsgálat, összefüggések érzékszervi jellemzőkkel és azok intenzitásával, tárolási hatásvizsgálatok.

Escuder-Gilabert L. és Peris M. (2010) a következő csoportosítás szerint összegezte az élelmiszeripar területén elektronikus nyelvvel összefüggésben lévő eddigi kutatásokat:

- *Feldolgozás fázisközi ellenőrzések*

Pl.: Fermentáció nyomon követése light sajtokban; borok érlelési folyamatainak nyomon követése; hordóban érlelt borok íz változása.

- *Frissességi és eltarthatósági vizsgálatok*

Pl.: Barack romlási folyamatainak előrejelzése, különböző tárolási idők megkülönböztetése.

- *Eredet vizsgálatok*

Pl.: Mézek vizsgálata domináns pollentípus alapján; kecsketej tehéntejjel történő hamisításának kimutatása; vörösborok kémiai jellemzőivel való összefüggéseinek vizsgálata; borok megkülönböztetése tájegység és szőlőfajta szerint; olíva olajok megkülönböztetése illetve származási hely szerinti csoportosítása.

- *Élelmiszer felismerés*

Pl.: Különböző italok márka szerinti elkülönítése, narancslevek koncentráció szerinti csoportosítása.

- *Mennyiségi vizsgálatok*

Pl.: Olíva olajok megkülönböztetése keserűségi indexszel való összevetése alapján, érzékszervi panel által hozott bírálatokkal történő összevetések.

- *Egyéb minőség ellenőrzéssel kapcsolatos vizsgálatok*

Legin és társai (1997) már régóta foglalkoznak a műszer gyakorlati alkalmazásaival. Az ő nevükhöz fűződik számtalan kutatás a témában, többek között különböző italok minőségi vizsgálata, mint tea, kávé, sör. Ennek során az azonos italok eltérő mintáit megbízható módon tudták elkülöníteni egymástól. Sikeresen nyomon követték gyümölcslevek minőségi változását a tárolás során is.

Potenciometriás elektronikus nyelvet alkalmaztak alkoholmentes italok kvalitatív és kvantitatív elemzéséhez. 16 kereskedelmi forgalomban kapható gyümölcslevet vizsgáltak 5 különböző gyártó termékeit. A minták között volt narancs-, mangó-, ananász- és baracklé is. Az italokat koncentrációjuk alapján négy csoportba osztották (>30%, 14-30%, 6-10%, <4%). Négy membrán által adott jelre épített modell sikeresen osztályozta a mintákat a megfelelő kategóriába. (93%-os keresztvalidáció) Majd PLS modell segítségével becsülték az üdítőitalok fruktóz- és glükóztartalmat. ($R^2 > 0,96$, $R^2 > 0,84$) (Dias et al., 2010)

Kávéval foglalkozó és annak ízére vonatkozó kutatások is nagy számban folytak már. Sikeresek voltak olyan íz szenzorokkal végzett mérések a kávé keserű illetve savanyú ízének vizsgálatakor, mely során a műszerrel mért elektromos potenciál erős korrelációt mutatott az érzékszervi panel bírálataival. (Fukunaga et al., 1995)

Kutatómunka folyt instant kávék összehasonlítására, valamint kávétartalmuk mennyiségi becslésére is. (Kovács, 2007)

Magas koffein tartalmú élelmiszerek előállításánál - mint például az egyes energiasitalok - a gyártóknak szintén problémát okoz a termék kellemetlen keserű íze. Így kutatások folynak a keserű íz elnyomása, elfedése terén is. Azonban egyes aromaanyagok, mint a csokoládé vagy a kávé aroma inkább fokozzák ezt a keserű ízt (Keast, 2008).

Az olíva olaj is rendelkezik keserű íz komponensekkel. Ennek elemzésére szintén kísérletet tettek elektronikus orr és elektronikus nyelv alkalmazásával. A kísérletben 25 extra szűz olíva olajat vizsgáltak meg. PLS regressziós modell alkalmazásával erős korrelációt találtak ($R^2 > 0,9$) az elektronikus nyelvvel mért adatok és az érzékszervi bírálók által adott keserűségi index között. Valamint szoros volt a korrelációs koefficiens a HPLC-vel mért polifenol tartalommal is. (Apetrei et al., 2010)

Az elmúlt években gyorsan növekedet az alkalmazása a gyógyszerészeti kutatásokban is, hiszen bizonyos gyógyszerhatóanyagok kellemetlen ízt hordoznak, megnehezítve ezzel annak alkalmazását gyerekeknél. Sokszor a betegek nehezen nyelik le a túl keserű szirupokat, így nő az igény a kevésbé keserű készítmények iránt. (Woertz et al., 2010)

Legtöbb esetben a gyógyszer érzékszervi bírálata nem ajánlott. Általában önkéntesek végzik, de alkalmazhatóságuk korlátozott, főleg a gyártás korai szakaszában. Így íz vizsgálatuk műszeres módszerrel biztonságosabb és könnyebben megoldható lenne. (Legin et al., 2004)

Gyógyszerek minősítésekor a kinint keserű íz szabványaként használják egy kidolgozott módszer szerint, így állapítva meg a gyógyszer keserűségét. A száj keserű íz-érzékenységet kininium-klorid (1:10000) vizes oldatának különböző hígításával (1:100000, 1:125000, 1:150000, 1:175000, 1:200000) állapítják meg. A kinin normál keserűértéke (150000) és az észlelt hígítás hányadosa a vizsgálatot végző személy keserű íz faktora. Ezt a faktort használják fel a drogok keserűérték meghatározásához. (Magyar Gyógyszerkönyv, 2003)

Miyanaga és munkatársai a keserű íz érzettel és elnyomásának szenzorokkal való nyomon követésével több kísérleti munka során is foglalkoztak.

11 kereskedelmi gyógyszer keserűségét vizsgálták íz szenzorokkal és 15 önkéntesből álló bírálati panellal. A negatív töltéssel rendelkező szenzorok válaszjele szoros összefüggésben volt a bírálatokkal az amino csoportot tartalmazó vegyületeknél. A kinin bizonyult a legintenzívebben keserűnek a vizsgált anyagok közül. Ennek elnyomására használt édesítők közül az aszpartám bizonyult leghatásosabbnak. (Uchida et al., 2000)

Egy másik kísérlet során céljuk volt egy gyors, mennyiség-meghatározási módszer kifejlesztése keserű íz vizsgálatához. A vizsgálatokat 5 különböző aminosavval végezték eltérő koncentrációkban. A szenzoros mérések mellett érzékszervi bírálatot is folytattak, ahol kinin oldatokat használtak a keserű íz viszonyítási alapjaként. (Miyanaga et al., 2002)

A drogok keserű ízének elnyomására nagyobb hígítási aránnyal, valamint 5 ízesítés (ananász, alma, tejeskávész, zöldtea, banán) hozzáadásával próbálkoztak. Az érzékszervi bírálaton 9 önkéntes vett részt. Ők egy előre elkészített kinin „skála” segítségével osztályozták a drogok keserűségét 0 és 4 között. A szabványosított kinin oldatok szolgáltak mérvadónak az értékelésnél (0,01, 0,03, 0,10, 0,30, 1,00 mM). Kísérletükben kimutatható volt a keserű íz csökkenése,

valamint a szenzorsor első csatornájának jele erős korrelációt mutatott az érzékszervi bírálatok eredményével. (Miyanaga et al., 2003)

Egy másik tanulmányban szintén keserű íz elfedésével próbálkoztak elektronikus nyelv alkalmazása mellett. Ebben az esetben kinin-hidroklorid és L-triptofán keserű ízérzetének elnyomását foszfolipidekkel végezték. Ez csökkentette a keserőséget, míg az egyéb ízekre (mint a sós érzetet kiváltó $MgCl_2$) nem volt hatással. Valamint az elektronikus nyelv és az érzékszervi bírálatok eredményei alapján egy általuk kidolgozott úgynevezett τ skála segítségével számszerűsítették az íz-intenzitás csökkenését. Ez akár egy automatizálható módszert is adhat a keserű íz intenzitás méréseknél. (Takagi et al., 2001)

Legin és társai (2004) is foglalkoztak hasonló témával. Ők potenciometrikus működési elvű elektronikus nyelvvel végezték kísérleteiket. Próbát tettek keserű, édes és sós anyagok elkülönítésére. Vizsgálták a keserűség intenzitását, majd annak elnyomásával kísérleteztek különböző módszerekkel. A műszer kalibrálását követően sikeresen elkülönítette a eltérő ízt hordozó anyagokat, valamint a különböző anyagokat melyek ugyanazon íz-jellemzőket hordozták. A keserűség intenzitásának detektálására is alkalmasnak bizonyult, amikor a kinin oldathoz adott édesítők hatására megváltozott a minta „látszólagos kinintartalma”.

A keserű íz tanulmányozásának eddigi kutatási eredményeiből jól látható, hogy a kinin, mint a keserű íz viszonyítási alapjaként szolgáló vegyület, több folyékony élelmiszerben is előfordul. Így jó összehasonlítási alapnak tartjuk az elektronikus nyelvvel történő kísérletekhez is.

2 Célkitűzés

Munkánk alapvető célja volt különböző kávékeverékek domináns érzékszervi tulajdonságainak és elektronikus nyelvvel mérhető íz jellemzőinek meghatározása és összehasonlítása.

Célunk volt továbbá az elektronikus nyelv alkalmazása különböző ismeretlen arabica és robusta tartalmú kávékeverékek koncentrációjának becslésére.

Feladatunk volt javaslat keserőségi skála kidolgozására kinin oldatok segítségével, amely összehasonlítási alapként szolgálhat kávékeverések keserűségének vizsgálatához.

3 Anyag és Módszer

3.1 Felhasznált anyagok

Munkánk során kávékeverékeket és a keserű íz modellezéséhez különböző koncentrációjú kinin-szulfát oldatokat használtunk fel.

3.1.1 Kávékeverék minták

A kávéminták elkészítéséhez a gyártótól beszerzett tiszta, keveretlen kávé blendet használtunk. A mérések során az ismert összetételű kávékeverékeket magunk készítettük el 100%-os arabica és 100%-os robusta kávék felhasználásával. Az így alkalmazott keverékek összetételét a különböző mérések során a **1. táblázat** tartalmazza.

1. táblázat Ismert összetételű kávék keverési aránya és jelölése

Arabica-Robusta	
arány	jelölés
100-0 %	100A
75-25 %	75A
55-45 %	55A
45-55%	45A
25-75%	25A
0-100%	0A

Egyes méréseknél, kereskedelmi forgalomban kapható, ismeretlen összetételű mintákkal is dolgoztunk. Az összesen 4 kereskedelmi kávémintát három különböző kategóriába soroltuk a csomagolásukon található információ alapján. E szerint kategorizáltunk egy prémiumkategóriás, azaz a gyártó szerint főzőmegében arabicát tartalmazó kávé. Két espresso típusút, mely a két kávéfajtás keverékét jelenti, valamint egy főzőmegében robustát tartalmazót különítettünk el. Ezen minták jelölését **2. táblázat** tartalmazza.

2. táblázat Kereskedelembe kerülő kávék kategóriája és jelölése

Típus	jelölés
Prémium	PJ
Espresso	EJ
Espresso	ET
Robusta	RW

Az érzékszervi bírálatokhoz a minta előkészítése során 12 g kávé mértünk ki minden egyes felhasznált kávéból, majd 200 ml forrásban lévő vizet adtunk hozzájuk. A mintákat 10 percig állni hagytuk, majd szűrés után a bírálathoz használt poharakba öntöttük.

Az elektronikus nyelvvel végzett mérések mintáinak készítésekor 6 g kávé mértünk ki, majd 100 ml forrásban lévő desztillált vizet adtunk hozzájuk. A szűrés előtti várakozási idő ebben az esetben is 10 perc volt. Itt azonban a mintákat a 10-szeresükre hígítottuk úgy, hogy a szűrt mintákból 10 ml-t automata pipetta segítségével egy üres 100 ml-es mérőlombikba adagoltunk, majd desztillált vízzel hígítottuk.

3.1.2 Kinin minták

A kinin minták elkészítéséhez kinin-szulfátot használtunk. Az oldatok elkészítése során figyelembe vettük az emberi nyelv keserű ízre vonatkoztatott ízküszöb értékét, melyet a szakirodalom 8 μM -ban határoz meg (Keast, Roper 2007). Ezt választottuk legkisebb koncentrációnak. A következő minták logaritmikus skálán követték egymást, hiszen az emberi ízérzékeléshez hasonlóan, a potenciometriás elven működő műszerekkel nyerhető jel is logaritmikus kapcsolatban áll a komponensek koncentrációjával. Kinin oldatokkal két alkalommal végeztünk méréseket. Az itt alkalmazott koncentrációkat a **3. táblázat** tartalmazza.

3. táblázat Kinin – szulfát oldatok koncentrációja az egyes méréseknél

1. mérés, μM	2. mérés, μM
-	1,0
-	2,0
-	4,1
8,3	8,3
16,6	16,6
33,2	33,2
66,4	-
132,8	-

Az oldatok elkészítésének első lépéseként törzsoldatot készítettünk. Ezt az oldatot 0,4308 g kinin-szulfát bemérésével, majd annak 1000 ml desztillált vízzel való feloldásával nyertük. A kapott oldat koncentrációja így 1328 μM volt. A méréshez felhasznált legtöményebb oldatot ennek tízszeres hígításával nyertük. Ekkor 200 ml-es mérő lombikba 20 ml törzsoldatot pipettáztunk, majd desztillált vízzel hígítottuk. A további hígítási sor tagjainak elkészítésekor

mindig az eggyel töményebb oldatból dolgoztunk. A mintából kivett 100 ml-t tovább hígítottuk 200 ml-es mérőlombikban való jelre töltéssel.

3.2 Módszer

3.2.1 Érzékszervi bírálat

Az érzékszervi bírálat nagyrészt képzetlen bírálókkal történt. Ennek során a bírálók 6 számukra ismeretlen, véletlenszerűen választott számkóddal ellátott kávémintát kaptak. Ezeket a megadott szempontok alapján egy általunk megadott referenciához kellett hasonlítaniuk. A vizsgált tulajdonságok a globális illat, savanyú íz, keserű íz, édes íz, kávé aroma-intenzitás és kedveltség voltak. Arra voltunk kíváncsiak, a fogyasztók éreznek-e különbséget a minták között a megadott jellemzőkben.

Ezeket egy 14 cm hosszúságú struktúrálatlan skálán kellett egymással összehasonlítani. Ennek egyik vége felé a tulajdonság kevésbé intenzív érzete, míg másik végén az adott tulajdonság intenzív jelenléte volt. A skálát az adatértékeléshez egy 0-tól 100-ig terjedő pontrendszerre alakítottuk át a könnyebb feldolgozhatóság érdekében. A referencia elhelyezkedése a skálán előre meghatározott volt egy előzetes kísérlet alapján. Ennek értékeit a

4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat A bírált jellemzők és a referencia minta előre meghatározott intenzitás értékei

Érzékszervi tulajdonság	Skála minimum	Skála maximum	Referencia értéke, %
Globális illat	kevésbé intenzív	intenzív kávé illat	39,29
Savanyú íz	kevésbé intenzív	intenzív savanyú íz	37,14
Keserű íz	kevésbé intenzív	intenzív keserű íz	58,57
Édes íz	kevésbé intenzív	intenzív édes íz	35,71
Kávé aroma	kevésbé intenzív	intenzív kávé aroma	57,86
Preferencia / Kedveltség	kevésbé kedvelt	kedvelt	-

A kedveltségre viszont nem adtunk meg előzetes értéket, hiszen ez teljesen szubjektív, ezt a bírálókra bíztuk. A vizsgálat során a 45% arabica és 55% robusta keveréke (**45A**) képezte a referenciát, a többi bírálatban résztvevő kávé minták pedig a következők voltak: **0A, 100A, RW**,

ET, EJ, PJ. A bírálók elé a minták randomizált számkóddal kerültek, valamint a tálcán való mintaelhelyezés is véletlen volt.

Érzékszervi bírálat két alkalommal történt.

Az elsőt egy 12 fős bíráló panel végezte. Ők a mintákat csak egyszer bírálták, ismétlés nélkül. A második bírálatot már egy nagyobb létszámú, 20 fős bíráló csoporttal végeztük. Ekkor a bírálóknak a minták értékelése mellett egy rövid kérdőívet is ki kellett tölteniük, melyben rákérdeztünk nemükre, korukra, kávéfogyasztási szokásukra (kávéfogyasztó-e, vagy sem) és arra, hogy rendelkeznek-e érzékszervi minősítői oklevéllel. Tehát részt vettek-e korábban bármilyen tanfolyamon érzékszervi bírálatra vonatkozóan. Ekkor a bírálat 2 egymást követő napon megismétlődött. Ez azt jelentette, hogy a második napon minden bíráló újra bírálta ugyanazokat a mintákat. Persze ügyeltünk arra, hogy az egyes bírálók más mintaszámozással ellátott kávékat, és más tálcaelrendezéssel rendelkező bírálati minta elrendezést kapjanak. Természetesen a bírálók nem tudtak róla, hogy a második napon is ugyanazokat a kávékat kóstolják. Ezzel a módszerrel biztosítottuk, hogy olyan bírálók értékelésével dolgozzunk, akik megbízhatóan, a körülményektől függetlenül is ugyanúgy bírálják az adott kávékat.

3.2.2 Elektronikus nyelv

Elektronikus nyelvvel történő méréseinket az Alpha Astree elektronikus nyelvvel végeztük (Alpha MOS). Ez a műszer képes a folyadékokban oldott szerves és szervetlen kémiai komponensek mérésére. Legfontosabb részei: mérőfej, automatikus mintavevő, elektronikus egység, valamint statisztikai értékelő egység. A vizsgálat során a szenzorsor és a referencia elektród egyszerre merülnek a mérendő folyadékba, potenciálkülönbségüket a számítógép regisztrálja, így a mért adatok statisztikai programokkal kiértékelhetővé válnak. Az automatikus mintavevő az előre beállított paraméterek alapján automatikusan elvégzi a mérést. Az elektronikus egység pedig az automatikus mintavevő vezérlését végzi, és folyamatosan rögzíti a potenciálkülönbségből adódó jeleket.

A mérések megkezdése előtt a szenzorok tisztításához és nedvesítéséhez start kondicionálásra volt szükség. A közel 5 órás folyamat során az elektronikus nyelv 0,01 N HCl oldattal végzi a többszörösen ismétlődő méréseket addig, míg a szenzorjel be nem áll egy állandó értékre. A kondicionálást a műszer kalibrálása követte. Ez egy általunk készített, a későbbi méréseknél használt

kávék azonos arányú keverékével történt (**5. táblázat**), hogy a szenzorok hozzászokjanak a mérendő mintákhoz.

5. táblázat A kalibráláshoz használt kávékeverék összetétele az első mérésnél

Kávé típus	menyiség, ml
100A	15
75A	15
45A	15
25A	15
0A	15

6. táblázat A kalibráláshoz használt kávékeverék összetétele a második mérésnél

Kávé típus	menyiség, ml
100A	10
75A	10
55A	10
45A	10
25A	10
0A	10
RW	10
ET	10
EJ	10
PJ	10

A mérés szobahőmérsékleten zajlott, véletlenszerű szekvenciával, 1 másodpercenként történő mintavétellel, a minták homogenitásának biztosításához 6-os keverőelem fordulatszámmal. A szenzorok tisztítása és a szenzorjelek egyensúlyi helyzetből való kimozdítása céljából minden minta mérése után egy tisztító fázis következett, a szenzorok desztillált vízbe merültek. Egy-egy minta mérési ideje 150 s, míg a tisztítási idő 15 s volt. A mérések kilencszeres ismétlésben zajlottak. A beállítások után a műszer automatikusan elvégezte a méréseket, az adatokat számítógép rögzítette.

Mérés kivitelezése itt is két alkalommal történt. A két méréshez 2 eltérő szenzorsort használtunk. Az első és a második mérés alkalmával is vizsgáltunk kávé és kinin mintákat is. A mérések során a minták elrendezését a **7. táblázat** tartalmazza.

7. táblázat Az elektronikus nyelvvel történő mérések során alkalmazott mintaelrendezések

ZZ, BA, BB, CA, GA, HA, JB szenzorok		SRS, GPS, STS, UMS, SPS, SWS, BRS szenzorok	
Kávé 1.	Kinin 1.	Kávé 2.	Kinin 2.
100A	8,3	0A	33,2
75A	16,6	RW	16,6
45A	33,2	25A	8,3
25A	66,4	45A	4,2
0A	132,8	ET	2,0
		EJ	1,0
		55A	
		75A	
		PJ	
		100A	

3.2.3 Felhasznált statisztikai módszerek és programok

A bírálati és mérési eredmények kiértékelésére a Microsoft Excel mellett Statistica és az elektronikus nyelvhez tartozó szoftvert, az AlphaSoft-ot használtuk.

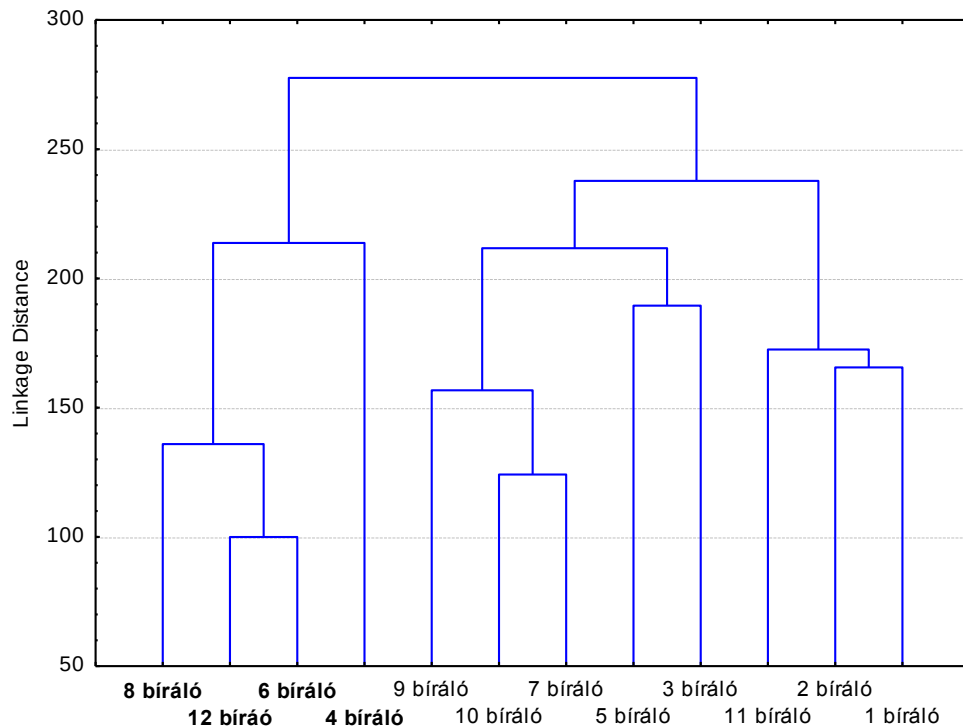
3.2.3.1 Érzékszervi bírálat statisztikai értékelése

A bírálatok értékelésekor első lépésben vonalzóval lemértük a bírálók által a skálán elhelyezett jelölések távolságát a skála kezdő pontjától. Majd ezt a könnyebb feldolgozhatóság érdekében százalékos értékre számoltuk át.

A munkát a bírálók kiválasztásával folytattuk. Első lépésében az adatok megjelenítéséhez minden vizsgált tulajdonságra külön boxplot ábrát készítettünk az összes bírálóval. A boxplot ábra a leíró statisztika öt legfontosabb értékén alapszik, úgy mint minimum, maximum, alsó kvartilis, felső kvartilis és medián. Minden tulajdonság esetén visszakerestük, hogy melyik bírálónak voltak kiugró értékei. Azon bírálók eredményeit, akik nem voltak konszenzusban a csoport többi tagjával a további feldolgozás során nem vettük figyelembe.

A bírálók kiválasztáshoz klaszteranalízist is alkalmaztunk, mely módszer a tetszőleges objektumok különböző csoportokba sorolását teszi lehetővé. Célja, hogy a vizsgált halmazt több szempont szerint részhalmazokra bontsa. A halmazok kialakítása során két alapvető szempont érvényesül. Egyrészt minél nagyobb legyen az egyes csoportokon belüli objektumok hasonlósága, ugyanakkor a lehető legnagyobb legyen az egyes csoportok elkülönülése (Ward's

Method Euclidean distance). Így próbáltuk kiválasztani azon bírálók csoportját, akik hasonló bírálatot adtak az egyes jellemzőkre és elhagytuk azon bírálókat, akik nem voltak összhangban a csoport többi tagjával. Így az íz jellemzőkre adott értékelés alapján az eredmények csoportosítását a **2. ábra** szemlélteti.



2. ábra A bíráló kiválasztás klaszteranalízissel végzett eredménye (első bírálat)

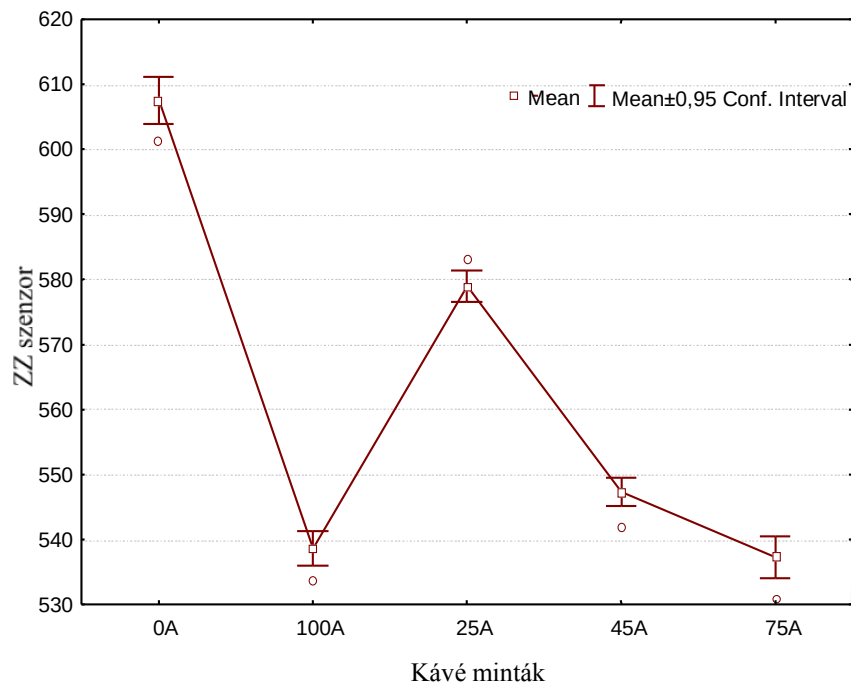
Az itt kapott eredmények összhangban voltak a boxplot elemzésnél kapott eredményekkel, így a 4-es, 6-os, 8-as és 12-es számmal jelölt bírálók adatait szelektáltuk ki az adathalmazunkból.

A kiválasztott bírálók adatait egytényezős varianciaelemzéssel (ANOVA – Analysis of Variance) értékeltük ki. A módszer segítségével szolgál annak megállapításában, hogy a bírálók mely tulajdonságok alapján találtak szignifikáns különbséget, a vizsgált minták között. Azt, hogy van-e legalább két olyan csoport, amelyek különböznek egymástól a p-érték alapján dönthetjük el. Ha a p-érték 0,05-nél kisebb, akkor van legalább két olyan csoport, amelyek között az adott tulajdonságban szignifikáns a különbség 5 %-os első fajú hiba mellett. Annak megállapítására, hogy az adott tulajdonság alapján mely minták között volt szignifikáns különbség a Post hoc

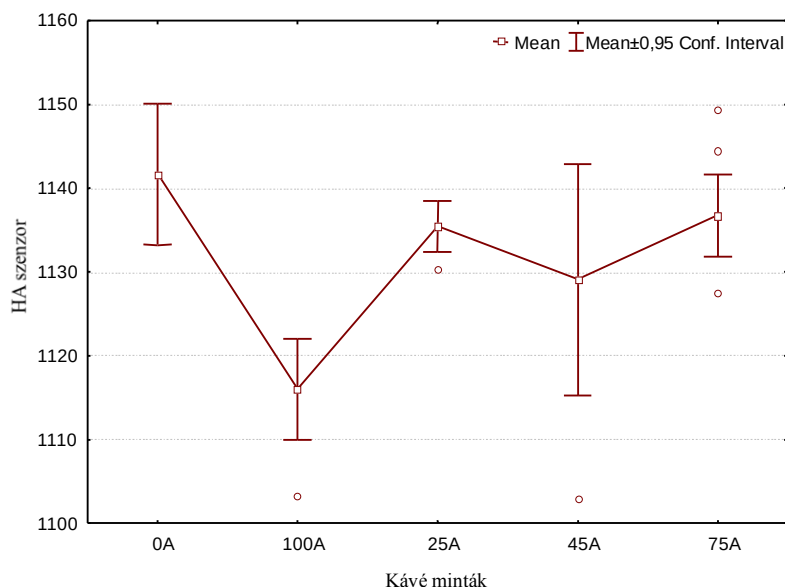
tesztek közül a Tukey-próbát alkalmaztuk. Kéttényezős varianciaanalízis segítségével állapítottuk meg azt, hogy a második bírálat során a két nap bírálata között nem volt szignifikáns különbség.

3.2.3.2 Elektronikus nyelv eredményeinek kiértékelése

Az elektronikus nyelv mérési eredményeinek kiértékelését kiugró érték elemzéssel és szenzorkiválasztással kezdtük. Az előbbinél error bar-ok alapján dolgoztunk (3. ábra és 4. ábra), az utóbbinál főkomponens analízist végeztünk.



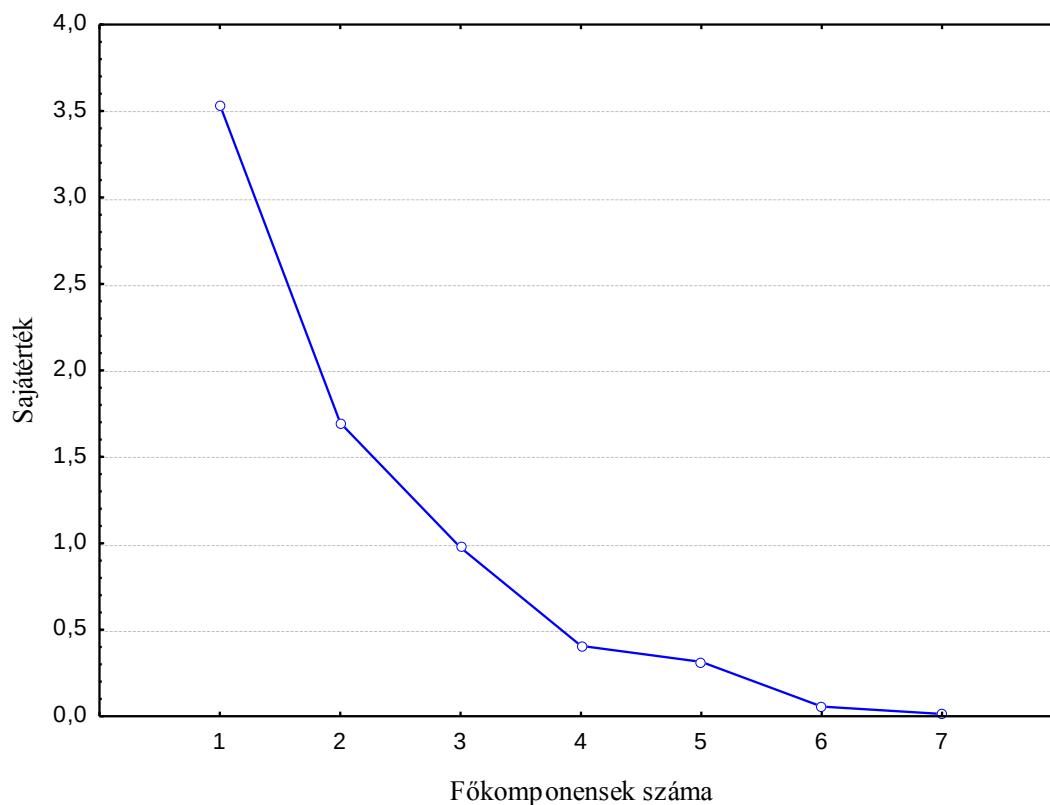
3. ábra A ZZ szenzor error bar-ja különböző kávéminták esetén



4. ábra A HA szenzor error bar-ja különböző kávéminták esetén

A mérések kilencszeres ismételtsben zajlottak. Általában az első, második és harmadik ismételések kiugró értéknek számítottak, ekkor a mérési pontok a 95 %-os konfidencia intervallumon kívül estek. Az első mérési ismételések alkalmával a szenzorjelek még bizonytalanok voltak, így ezen adatokat az értékelésnél elhagytuk. A legérzékenyebbnek a ZZ és HA szenzorok bizonyultak, mivel középértékük jelentősen eltért a különböző csoportok esetén, s egyes esetekben szűk 95 %-os konfidencia intervallummal rendelkeztek.

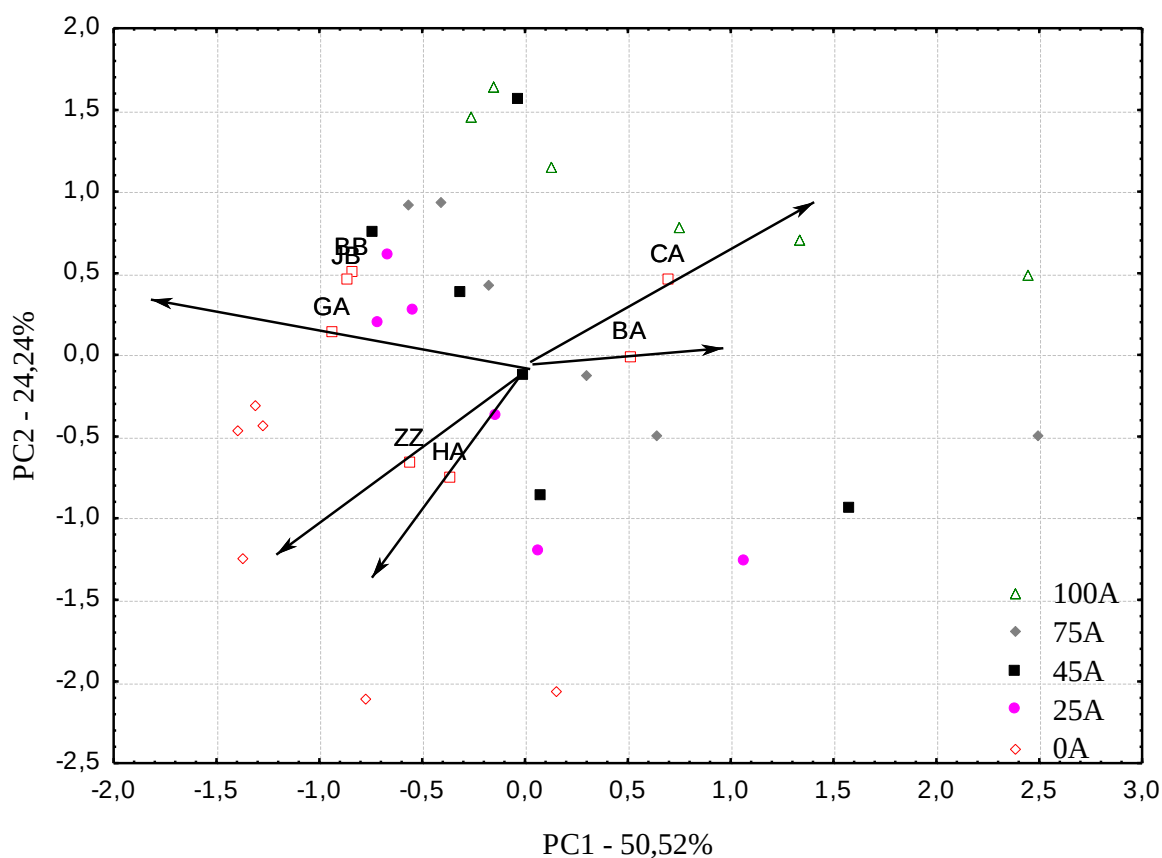
A *főkomponens analízis* (PCA – Principal Components Analysis) olyan többváltozós statisztikai módszer melyhez a megfigyelési változók közötti kapcsolat feltárása érdekében minél nagyobb számú megfigyelést kell végeznünk. Nem felügyelt módszer az adatok kvalitatív elemzéséhez. Nem felügyelt, mivel nem szükséges tudni, hogy melyik ismételés melyik csoportba tartozik. Jelen esetben a 7 szenzor miatt 7 dimenziós térben keresi meg azt az irányt, amely szerint a legnagyobb az adatok szóródása, ez lesz az első főkomponens. A második főkomponens az adatok maradék varianciájának legnagyobb részét tartalmazza és merőleges az első főkomponens tengelyére. (Richards et al. 2002) Annak eldöntésére, hogy hány főkomponenst használjunk a hegyomlás diagramot alkalmazzuk, amit az **5. ábra** szemléltet. Megfigyelhetjük, hogy az első két főkomponens elég nagy értéket képviselnek, sajátértékeik 2 feletti. Általában azokat a komponenseket vesszük figyelembe, melyek értéke 1 feletti, de a gyakorlatban az 1-es értékhez nagyon közeli komponenseket még felhasználjuk az elemzés során.



5. ábra Hegyomlásdiagram példa

A módszer hátránya, hogy nehéz feltárni a főkomponensek fizikai, kémiai, gazdasági jelentését, tartalmát.

A szenzorkiválasztás egy általános példán keresztül szemléltetjük. **(6. ábra)** Jól látható, hogy az egyes csoportok közti elkülönülés az első főkomponens mentén a legnagyobb. A legnagyobb szóródásért a ZZ, HA, GA, CA, BA szenzorok felelősek. A BB és JB szenzoroknak a csoportok szétválasztásában szinte nincs is szerepük, így ennél az elemzésnél ezek azok melyeket elhagytunk a további értékelés során.



6. ábra Példa ismert koncentrációjú minták főkomponens analízisére

A megmaradó adatok kiértékelésére legtöbb esetben a *diszkriminancia analízist* (DA – Discriminant Analysis) használtuk, mely szintén az adatok kvalitatív elemzéséhez járul hozzá. Viszont felügyelt módszer lévén előre definiált csoportokra van szüksége a modell felépítéséhez. A modellalkotás során úgy diszkriminál a csoportok között, hogy a csoportokon belül csökkenti a szórást. Az első diszkrimináns változó mentén diszkriminálhatóak legjobban a csoportok.

A diszkriminancia analízis modelljének ellenőrzésére szolgál a *keresztvalidáció*, melynek során egy előzetesen felállított modell predikciós pontosságát értékeljük egy tesztmintára vonatkozóan. A modellépítés egy tanuló minta segítségével történik, amely a mi esetünkben az egész adathalmaz két-harmad részét tartalmazza, majd a tesztmintával, a maradék adatokkal validáljuk a modellt. Háromszoros keresztvalidáció történik, hogy minden adat szerepeljen legalább egyszer tanuló és teszt mintaként.

Mennyiségi becsléseket pedig PLS (Partial Least Squares) regressziós modell segítségével végeztünk. A *parciális legkisebb négyzetek módszerével* becsültük meg a kereskedelmi forgalomban kapható kávéminták arabica (robusta) tartalmát, valamint az érzékszervi tulajdonságokat az elektronikus nyelv mérési eredményeivel. A módszer lényege, hogy a nyelv szenzorai által alkotott 7 dimenziós térben megkeresi azt az irányt, amely mentén az adott tulajdonság a legjobban becsülhető. A PLS egyidejűleg modellezi a tényleges és a becsült adatokat. Ez a lineáris regressziós módszer a komponenseket (faktorok, látens változók) új független változókként (prediktorok) jeleníti meg a regressziós modellben. Minden lépésben kivonja az adathalmazból a tényleges és becsült adatok egy részét, maradékot képezve. A modell a látens változók számának növelésével egyre pontosabban írja le a becsült és tényleges adatok közötti összefüggést. Ezekre a változókra a PLS részleges kalibrációkat alkalmaz, hogy modellezni tudja a variancia összegét. Ezeket a művelet végén egy átfogó kalibrációs egyenletbe gyűjti (Helland, 1990).

Az optimális faktorszámot keresztvalidálással határozhatjuk meg. Túl kevés változó esetén a kalibráció kevés információt hordoz és nagy a predikciós hibája, túl sok változó alkalmazásakor a modell túlilleszti a kalibrációs adatokat, elveszítve ezzel a robosztusságát, stabilitását (Dalmadi et al., 2007). A PLS esetében, a diszkriminancia analízisnél már ismertetett háromszoros keresztvalidációt alkalmaztuk.

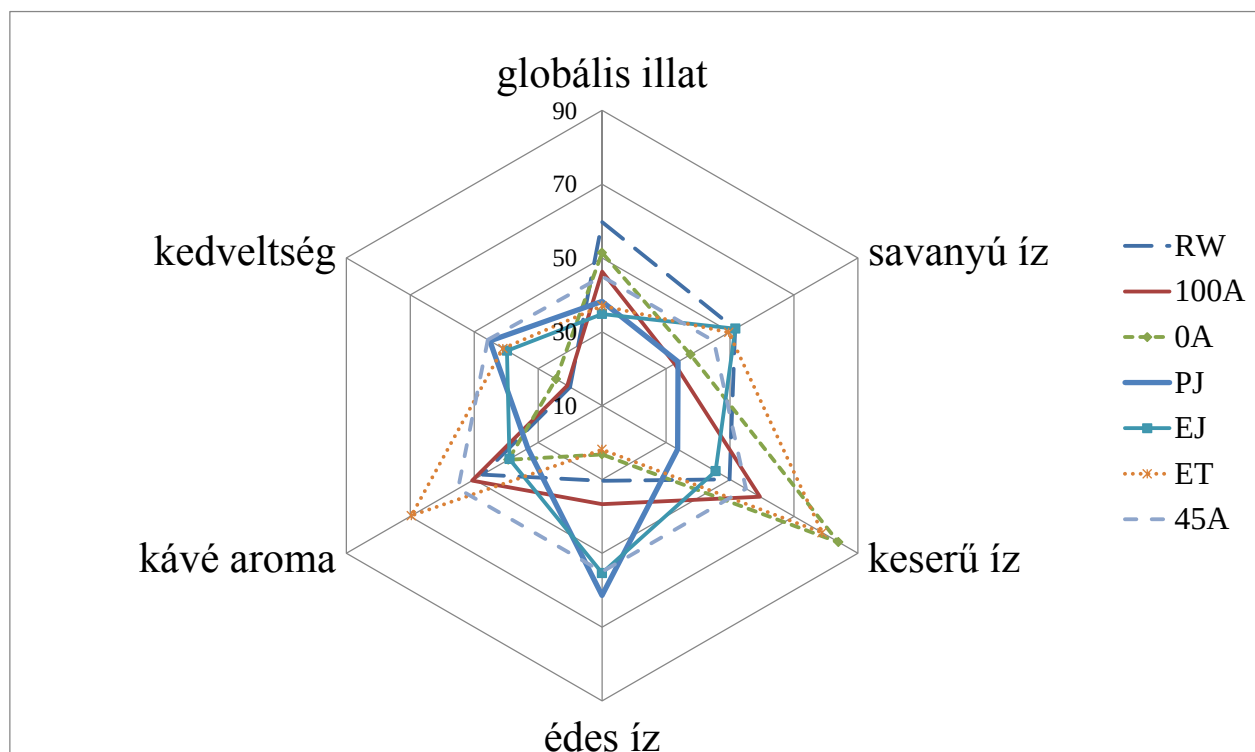
Az R^2 determinációs együttható értéke mutatja meg, hogy milyen szoros a kapcsolat a mért és a becsült adatok között. Az 1-hez közeli R^2 érték igen szoros kapcsolatra utal. A különböző regressziós modellek minőségét az RMSE értékkel jellemezhetjük, az RMSEC/RMSEP a kalibrációs, illetve a validációs modell közepes négyzetes hiba négyzetgyökét jelenti. Előnye, hogy a kívánt mértékegységben kapjuk meg a hibát.

4 Eredmények és Értékelés

4.1 Érzékszervi bírálat

Az adatok értékelésénél a bírálók kiválasztása után az első vizsgálatnál a 12 bírálatból 8 értékelésével dolgoztunk.

Az egyes jellemzőkre adott átlag értékeket pókháló diagramon ábrázoltuk (7. ábra) minden vizsgált kávé esetén. Kedveltség szempontjából megállapítottuk, hogy inkább a kevert összetételű, úgynevezett espresso jellegű kávékat preferálták a bírálók. Ez arra utalhat, hogy a fogyasztók hozzászoktak a kevert típusú kávék piaci túlsúlyához, így a már az általuk megszokott keveréket részesítik előnyben. Erre enged következtetni a kávé aromásságára adott értékelés is, melyben egy espresso kávékat ítélték kávé aroma szempontjából legintenzívebbnek.



7. ábra Az egyes jellemzőkre adott átlag értékek 8 bíráló adataival

Az ANOVA eredményei szerint szignifikáns különbség volt tapasztalható a minták között a *keserű íz* ($p=0,001$) és az *édes íz* ($p=0,002$) tekintetében. A többi érzékszervi jellemzőben szignifikáns különbség nem volt kimutatható (**8. táblázat**).

8. táblázat Az érzékszervi jellemzők p-értékei az egytényezős ANOVA teszt értékei alapján (első bírálat)

jellemző	p érték
globális illat	0,663
savanyú íz	0,495
keserű íz	0,002
édes íz	0,001
kávé aroma	0,108
kedveltség	0,312

Amely tulajdonságok esetén az egytényezős ANOVA teszt eredménye szignifikáns különbséget mutatott a minták között ($p < 0,05$), tovább folytattuk a vizsgálatot. A Tukey-tesztel végzett részletes elemzés kimutatta, hogy a legjobban a csak Robusta-t tartalmazó (**0A**) mintát tudták keserűség alapján a többitől elkülöníteni a bírálók. (**9. táblázat**)

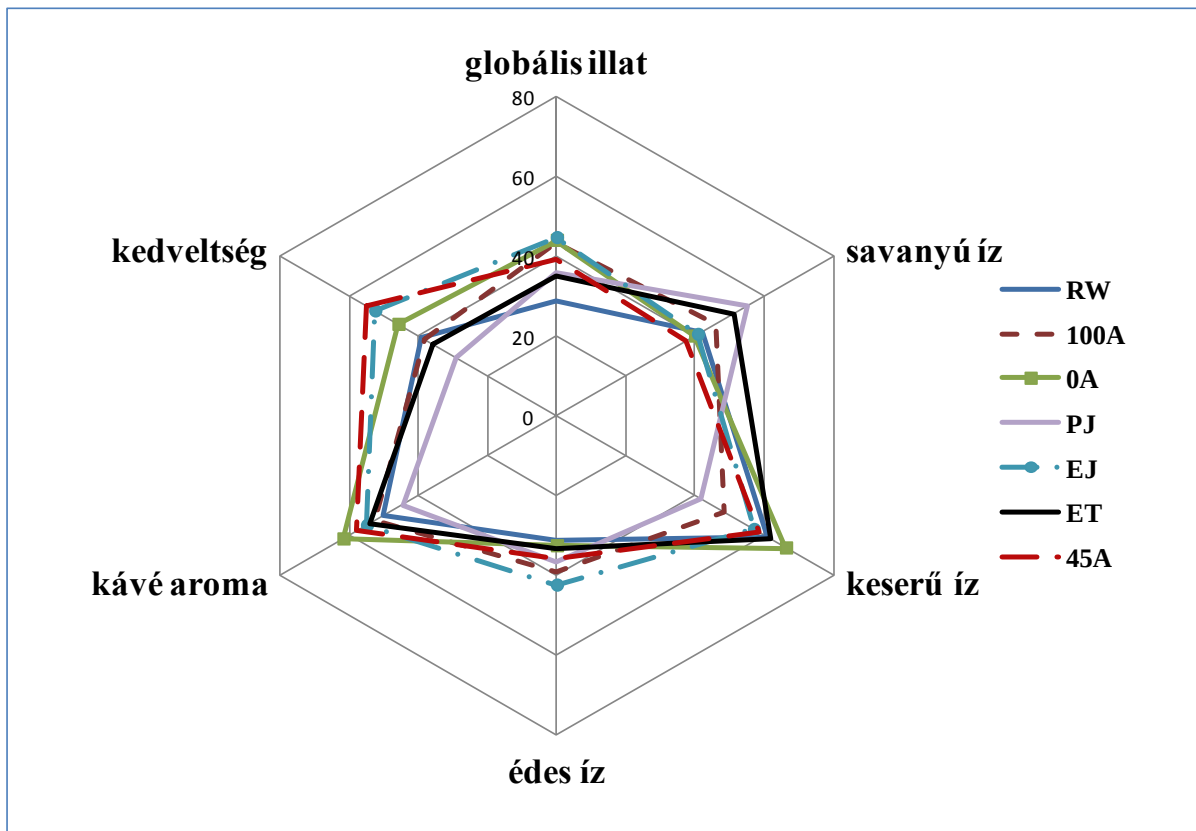
9. táblázat A kávéminták *keserű íz* intenzitás értékeinek páros összehasonlítása Tukey-tesztel

Kávéminták	RW	100A	0A	PJ	EJ	ET	45A
RW	-	-	-	-	-	-	-
100A	0,98	-	-	-	-	-	-
0A	0,08	0,38	-	-	-	-	-
PJ	0,81	0,32	0,00	-	-	-	-
EJ	1,00	0,90	0,03	0,95	-	-	-
ET	0,20	0,65	1,00	0,01	0,09	-	-
45A	1,00	1,00	0,20	0,55	0,98	0,41	-

A második bírálatnál a bíráló kiválasztást követően az összesen 20 bíráló adataiból 15 bíráló adataival dolgoztunk tovább. Az értékelés során kiderült, hogy az egyes bírálók első és második napon adott értékelésük között nem volt szignifikáns eltérés ($p=0,398$). Így elmondható, hogy az értékelést nem befolyásolta, hogy melyik napon történt a bírálat. Az eredmények reprodukálhatóak voltak, így az adatelemzés mindkét nap figyelembevételével, azaz a két nap eredményeinek összevonásával történt. A bírálathoz csatol kérdőívben feltüntetett kérdésekre adott válaszok alapján elemzéseket végeztünk. Ennek segítségével megállapítottuk, hogy a kávék

bírálatát nem befolyásolta az adott bíráló neme, kora illetve az, hogy a kapott kávéminták milyen elrendezésben voltak a bíráló előtt a bírálat során. Az értékelés előtt szelektált bírálók pedig saját állításuk szerint nem fogyasztanak rendszeresen kávé és érzékszervi minősítői oklevéllel sem rendelkeztek.

A bírálatok átlag értékeit itt is diagram segítségével tettük szemléletesebbé.



8. ábra Az egyes jellemzőkre adott átlag értékek 15 bíráló adataival

Savasságban és keserűségben 2 csoportra történő eloszlás figyelhető meg. Az egyik csoport savasabb, de kevésbé keserű. Ide sorolható a 100% Arabica (**100A**) és a prémium kategóriás minta (**PJ**). A másik egy kevésbé savas, de keserűbb csoport, ahova a robusta és espresso jellegű kávék sorolhatók. Ezen eredmények az arabica savasabb és a robusta keserűbb íz jellegét igazolják. Édesség szempontjából minimális volt az eltérés a bírálatok között, mely tulajdonság nem is mondható dominánsnak ezen italoknál.

Az első bírálathoz hasonlóan a bírálók a kevert, úgynevezett espresso jellegű kávékat részesítették előnyben a tisztán csak Arabica-t vagy Robusta-t tartalmazóval szemben. A preferencia, gyenge korrelációt mutatott a kávé aromásságának megítélésével ($R^2=0,745$).

Az elvégzett egytényezős ANOVA teszt segítségével összesen 4 jellemzőnél tudtuk igazolni, hogy a bírálók éreztek eltérést a különböző minták között. Ilyen volt a *globális illat*, *savanyú íz*, *keserű íz* és *preferencia*. (10. táblázat)

10. táblázat Az érzékszervi jellemzők p -értékei az egytényezős ANOVA teszt értékei alapján (második bírálat)

jellemző	p érték
globális illat	0,012
savanyú íz	0,004
keserű íz	0,001
édes íz	0,177
kávé aroma	0,145
kedveltség	0,001

Tukey tesztet is végeztünk azoknál a jellemzőknél, melyeknél szignifikáns eltérés volt tapasztalható. A Tukey táblázatban található értékek annak a valószínűségét mutatják, hogy az adott minták átlag értékei megegyeznek.

Globális *illat* szempontjából a kereskedelmi forgalomból beszerzett Robusta kategóriába sorolt kávé (**RW**) tudták elkülöníteni a 100% Arabica (**100A**) a 100% Robusta (**100R**) és az egyik espresso kategóriás (**EJ**) kávétól. (11. táblázat)

11. táblázat A kávéminták *illat* intenzitás értékeinek páros összehasonlítása Tukey-teszttel

Kávéminták	RW	100A	0A	PJ	EJ	ET	45A
RW		-	-	-	-	-	-
100A	0,05		-	-	-	-	-
0A	0,03	1,00		-	-	-	-
PJ	0,78	0,73	0,65		-	-	-
EJ	0,02	1,00	1,00	0,56		-	-
ET	0,87	0,62	0,53	1,00	0,44		-
45A	0,34	0,98	0,96	0,99	0,93	0,98	

Savanyú íz szempontjából a Prémium kategóriás kávé (PJ) tudták egyértelműen elkülöníteni a referenciaként használt 45%-ban Arabica-t tartalmazótól (45A) valamint a 100%-os Robusta-tól (0A). (12. táblázat)

12. táblázat A kávéminták *savanyú íz* intenzitás értékeinek páros összehasonlítása Tukey-tesztel

Kávéminták	RW	100A	0A	PJ	EJ	ET	45A
RW		-	-	-	-	-	-
100A	0,99		-	-	-	-	-
0A	1,00	0,89		-	-	-	-
PJ	0,14	0,55	0,04		-	-	-
EJ	1,00	0,95	1,00	0,07		-	-
ET	0,55	0,95	0,28	0,99	0,37		-
45A	0,96	0,58	1,00	0,01	0,99	0,08	

Édes íz tekintetében a bírálók nem találtak nagy eltéréseket a minták között. A 100%-os Robusta-t (0A) és a Prémium kategóriába sorolt mintát (PJ) kávé *aroma* szempontjából is elkülönítették egymástól (13. táblázat).

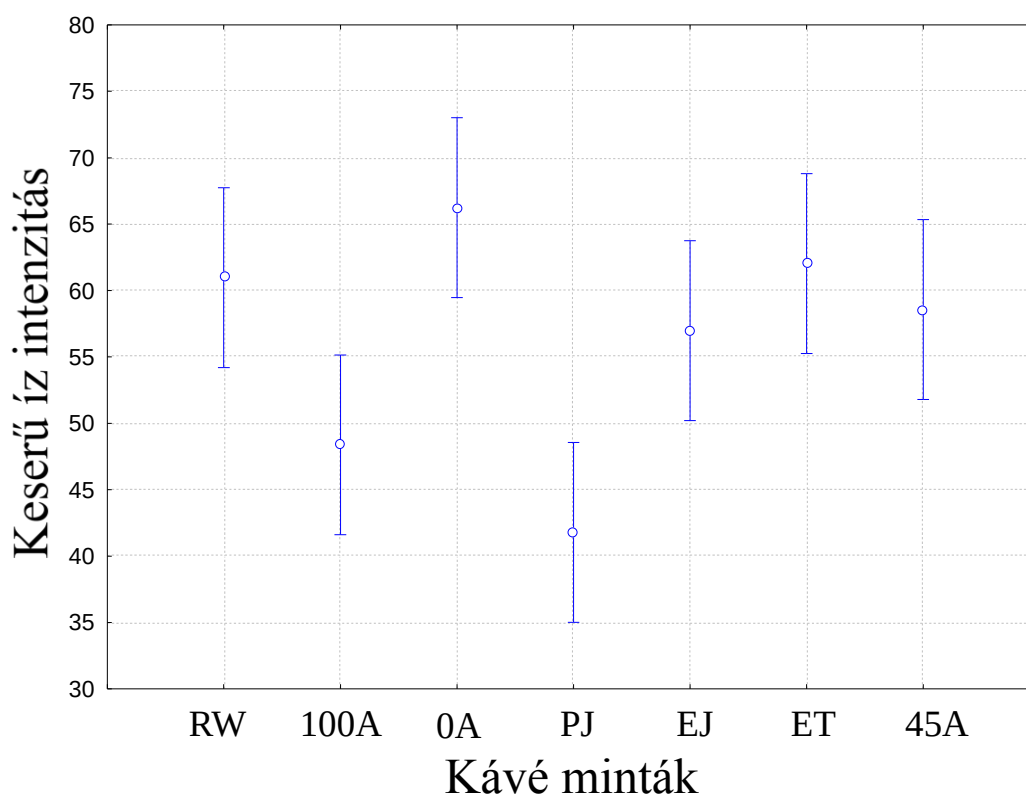
13. táblázat A kávéminták *kávé aroma* intenzitás értékeinek páros összehasonlítása Tukey-tesztel

Kávéminták	RW	100A	0A	PJ	EJ	ET	45A
RW		-	-	-	-	-	-
100A	1,00		-	-	-	-	-
0A	0,18	0,42		-	-	-	-
PJ	0,89	0,64	0,00		-	-	-
EJ	0,95	1,00	0,77	0,30		-	-
ET	0,99	1,00	0,65	0,42	1,00		-
45A	0,66	0,91	0,98	0,07	1,00	0,98	

Legnagyobb eltéréseket azonban keserű íz alapján találtak a bírálók (9. ábra). Itt a Prémium kávé szinte minden mintától elkülönítették, csak a 100%-os Arabica-tól (100A) nem. Az utóbb említett kávé (100A) viszont egyértelműen elkülönítették a 100%-os Robusta-tól (0A) (14. táblázat).

14. táblázat A kávéminták *keserű íz* intenzitás értékeinek páros összehasonlítása Tukey-teszttel

Kávéminták	RW	100A	0A	PJ	EJ	ET	45A
RW		-	-	-	-	-	-
100A	0,13		-	-	-	-	-
0A	0,93	0,00		-	-	-	-
PJ	0,00	0,82	0,00		-	-	-
EJ	0,98	0,57	0,48	0,03		-	-
ET	1,00	0,07	0,98	0,00	0,94		-
45A	1,00	0,35	0,70	0,01	1,00	0,99	



9. ábra A bírálók által vizsgált kávéminták keserű ízre adott bírálatának átlag értékei

Kedveltség szempontjából szignifikáns eltérés volt az egyik espresso (**EJ**) és a prémium kategóriás között (**PJ**). Továbbá a referencia minta (**45A**) jól elkülönült a másik espresso-tól (**ET**) és a prémiumtól (**PJ**) (15. táblázat).

15. táblázat A kávéminták *kedveltség* értékeinek páros összehasonlítása Tukey-tesztel

Kávéminták	RW	100A	0A	PJ	EJ	ET	45A
RW		-	-	-	-	-	-
100A	1,00		-	-	-	-	-
0A	0,94	0,87		-	-	-	-
PJ	0,64	0,76	0,09		-	-	-
EJ	0,32	0,22	0,93	0,00		-	-
ET	1,00	1,00	0,64	0,94	0,09		-
45A	0,14	0,09	0,76	0,00	1,00	0,03	

4.2 Elektronikus nyelv

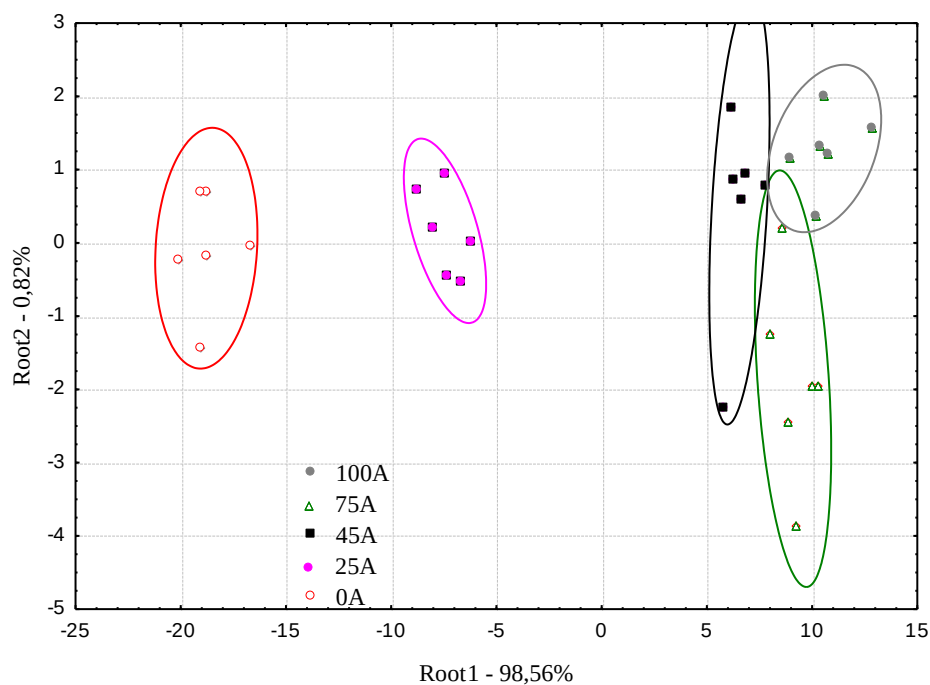
4.2.1 Kávé

A kávé minták elektronikus nyelvvel történő vizsgálatára és annak értékelésére is két alkalommal került sor.

Az első mérési eredményeken elvégzett előzetes statisztikai értékelés alapján a 9-szeres méréssorozat első három mérésénél a nagy szórás miatt kiugró értékeknek bizonyultak, ezért a további elemzésnél elhagytuk ezeket. A főkomponens analízis elvégzése után már csak az általunk hasznosnak vélt 5 szenzor (GA, ZZ, HA, CA, BA) eredményeivel dolgoztunk tovább. **(Error! Reference source not found.)**

A következő lépésben diszkriminancia analízis végeztünk. Az elemzés alapján a 0%-os és a 25% arabica tartalmú kávék (**0A, 25A**) teljesen elkülönültek, viszont a 45%, 75% és 100% arabica tartalmú minták (**45A, 75A, 100A**) átfedést mutattak. A diszkriminancia analízis modell validálásához háromszoros keresztvalidációt alkalmaztunk, amelynek eredményét a **16. táblázat** tartalmazza. Összességében a modell 90%-ban volt képes a helyes besorolásra, mert a **45A** mintát 33%-ban a **100A** kávéhoz sorolta, valamint a **75A** 17%-os átfedésben volt a **100A** mintával. Egyértelműen elkülöníteni csak a **0A** és **25A** mintákat tudta a modell.

Mivel az első méréskor használt szenzorsor (ZZ, BA, BB, CA, GA, HA, JB) eredményei még a szenzorkiválasztás után sem bizonyultak teljesen megbízhatónak, ezért a következő méréssorozatot már egy másik szenzorsorral végeztük (SRS, GPS, STS, UMS, SPS, SWS, BRS).



10. ábra Ismert összetételű kávéminták megkülönböztetése diszkriminancia analízissel (első mérés)

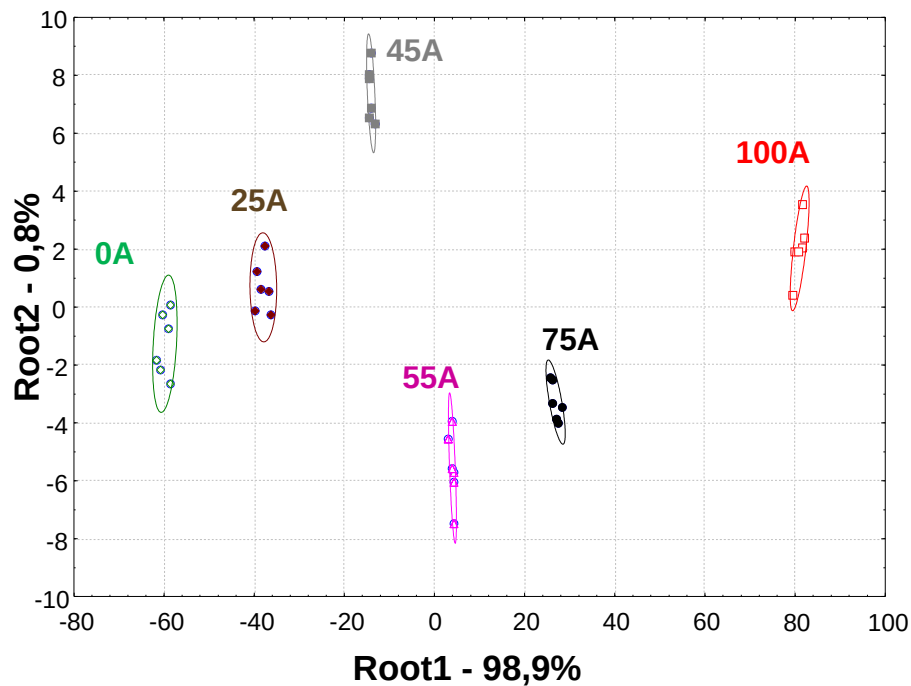
16. táblázat A diszkriminancia elemzés tévesztési mátrixai a modell építés és a háromszoros keresztvalidáció során az ismert összetételű kávéminták esetén (első mérés)

Osztályok	Osztályozás, %	Besorolt osztályok %				
		0A	25A	45A	75A	100A
0A	100	100	0	0	0	0
25A	100	0	100	0	0	0
45A	100	0	0	100	0	0
75A	100	0	0	0	100	0
100A	100	0	0	0	0	100
Összesen	100	100	100	100	100	100

Osztályok	Osztályozás, %	Becsült osztályok (kereszt-validáció), %				
		0A	25A	45A	75A	100A
0A	100	100	0	0	0	0
25A	100	0	100	0	0	0
45A	67	0	0	67	0	33
75A	83	0	0	0	83	17
100A	100	0	0	0	0	100
Összesen	90	100	100	67	83	150

A második műszeres mérést egy másik szenzorsorral végeztük, azonban az eredmények elemzése itt is azonos módon történt. A vizsgált minták viszont bővültek egy ismert összetételű és 4 kereskedelmi forgalomból származó mintával. A méréssorozat első 3 ismétlését a második alkalommal is elhagytuk, azonban szenzor szelekcióra itt nem volt szükség, az eredmények az összes szenzorjel felhasználásával is jól feldolgozhatónak bizonyultak.

A driszkriminancia elemzés ábráján jól látható, hogy az ismert összetételű kávék egyértelműen elkülönültek az első változó mentén, mely a modellépítéshez szükséges információ 98,9%-át tartalmazza (**11. ábra**). A vizsgált minták a növekvő arabica tartalomnak megfelelő sorrendben helyeződtek el egymás után.



11. ábra Ismert összetételű kávéminták megkülönböztetése diszkriminancia analízissel (második mérés)

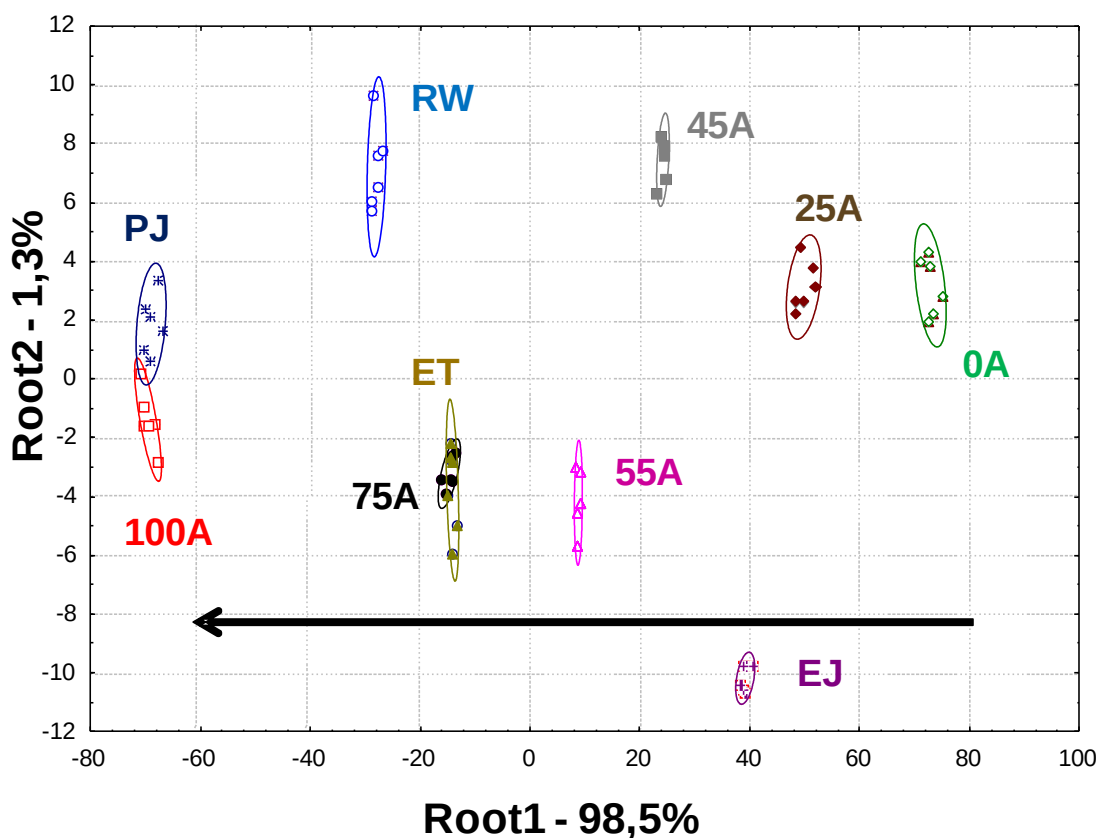
A diszkriminancia analízis modell validálásához háromszoros keresztvalidációt alkalmaztunk, amelynek eredményét a **17. táblázat** tartalmazza. A felállított modell 100%-ban volt képes a minták helyes besorolására.

17. táblázat A diszkriminancia elemzés tévesztési mátrixai a modell építés és a háromszoros keresztvalidáció során az ismert összetételű kávéminták esetén (második mérés)

Osztályok	Osztályozás, %	Besorolt osztályok %					
		0A	25A	45A	55A	75A	100A
0A	100	100	0	0	0	0	0
25A	100	0	100	0	0	0	0
45A	100	0	0	100	0	0	0
55A	100	0	0	0	100	0	0
75A	100	0	0	0	0	100	0
100A	100	0	0	0	0	0	100
Összesen	100	100	100	100	100	100	100

Osztályok	Osztályozás, %	Becsült osztályok (kereszt-validáció), %					
		0A	25A	45A	55A	75A	100A
0A	100	100	0	0	0	0	0
25A	100	0	100	0	0	0	0
45A	100	0	0	100	0	0	0
55A	100	0	0	0	100	0	0
75A	100	0	0	0	0	100	0
100A	100	0	0	0	0	0	100
Összesen	100	100	100	100	100	100	100

Ezután került sor az ismeretlen összetételű minták összehasonlítására az ismert összetételűekkel. A minták összevetésére itt is a diszkriminancia analízist alkalmaztuk (**12. ábra**). Ebben az esetben is az első diszkrimináns változó mentén legnagyobb az adatok szóródása, mely kiadja az ismert koncentrációk növekvő sorrendjét. Jól látható, hogy a prémium kategóriás termék átfed a 100%-ban Arabica-t tartalmazó csoporttal (**100A**), mely a csomagoláson feltüntetett információt igazolja Arabica tartalom szempontjából. A két espressó kategóriába sorolt kávé (**ET, EJ**) a keverékek között helyezkedik el. Meglepő módon a robusta jellegű kávénak kategorizált minta (**RW**) jobban közelít a 100%-os Arabica csoporthoz (**100A**).



12. ábra Ismert és ismeretlen összetételű kávéminták elkülönítése diszkriminancia analízissel (második mérés)

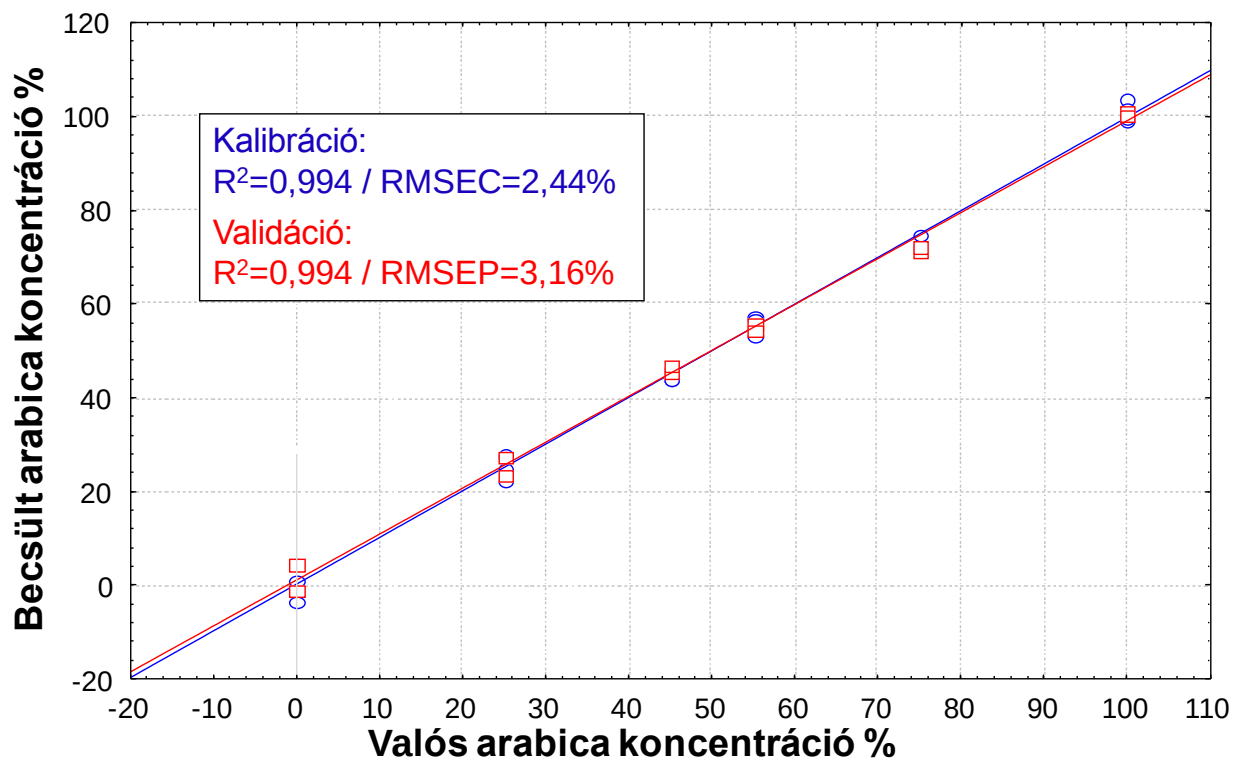
A modell validálása itt is háromszoros keresztvalidációval történt. (**18. táblázat**) Ebben az esetben már a felállított modell sem volt képes 100%-ban különbséget tenni a csoportok között. Az **ET** minták 17%-át az 55%-ban Arabicát (**55A**) tartalmazó mintákhoz sorolta, mely az espresso kevert jellegét igazolta. A keresztvalidáció során a modell összességében 97%-ban volt képes a helyes besorolásra, azonban már a modellépítésnél is nehezebben megkülönböztetett mintákat összekeverte. Az **ET** kávék 17%-át ismét az **55A** csoportba sorolta, valamint az **55A** minták 17%-át az **ET** csoportba. A többi mintát egyértelműen el tudta különíteni a modell

18. táblázat A diszkriminancia elemzés tévesztési mátrixai a modell építés és a háromszoros keresztvalidáció során az ismert és ismeretlen összetételű kávéminták esetén (második mérés)

Osztályok	Osztályozás, %	Besorolt osztályok %									
		0A	25A	45A	55A	EJ	75A	ET	RW	PJ	100A
0A	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25A	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
45A	100	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
55A	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
EJ	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
75A	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
ET	83	0	0	0	17	0	0	83	0	0	0
RW	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
PJ	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
100A	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Összesen	98	100	100	100	117	100	100	83	100	100	100

Osztályok	Osztályozás, %	Becsült osztályok (kereszt-validáció), %									
		0A	25A	45A	55A	EJ	75A	ET	RW	PJ	100A
0A	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25A	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
45A	100	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
55A	83	0	0	0	83	0	0	17	0	0	0
EJ	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
75A	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
ET	83	0	0	0	17	0	0	83	0	0	0
RW	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
PJ	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
100A	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Összesen	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Megkíséreltük a kereskedelmi forgalomból beszerzett minták Arabica tartalmának becslését. Ennek megvalósításához első lépésben ismert koncentrációjú kávék segítségével PLS regressziós modellt építettünk. A háromszoros keresztvalidáció miatt három modell épült, melyek közül egy átlagos R^2 és RMSEC értékekkel rendelkező modell képe látható a **13. ábra**. Az ábra tartalmazza a kalibrációs és validációs modellt is.



13. ábra Az ismert összetételű kávé minták PLS ábrája

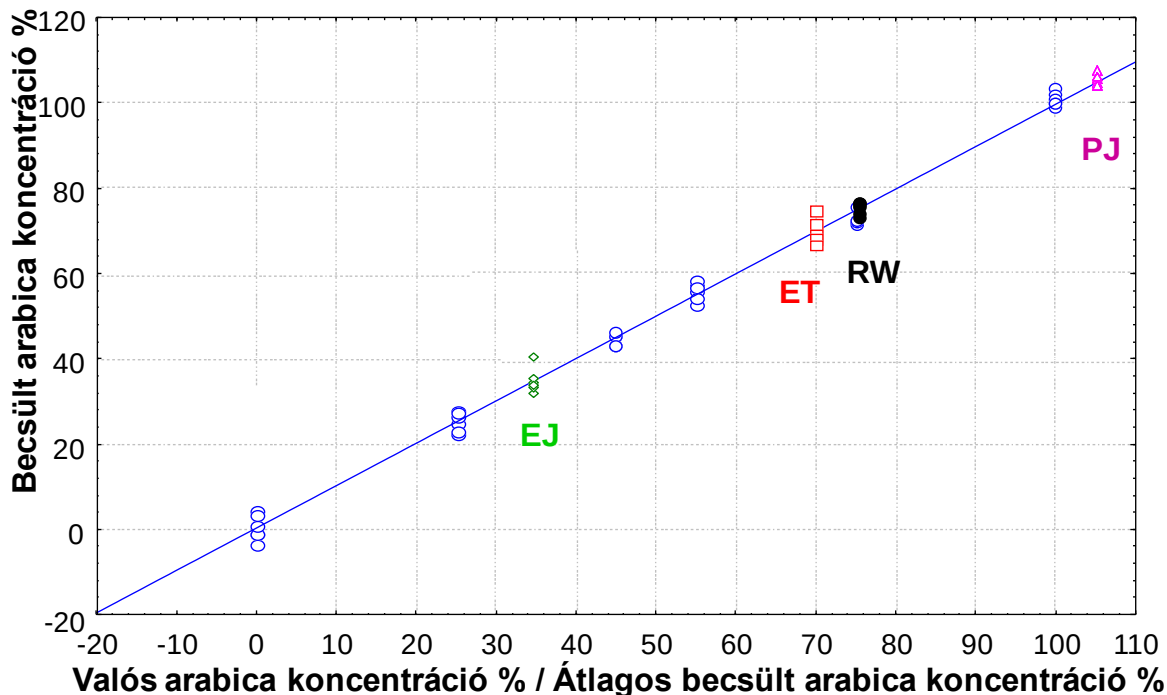
Ahogy a táblázat is mutatja (**19. táblázat**), szoros korrelációt sikerült felépíteni a regressziós modellel, hiszen nagy korrelációval és viszonylag kis hibával becsülte az ismert összetételű kávék arabica tartalmát. A legkisebb R^2 értéket a CV3 esetén tapasztaltuk, mely 0,9808 volt. A modell ekkor 4 látens változóra épült.

19. táblázat Az arabica tartalom becslésre kapott háromszoros keresztvalidáció R^2 és hiba értékei (RMSEC és RMSEP koncentráció mértékegységben)

	Látens változók	Kalibráció		Validáció	
		R^2	RMSEC	R^2	RMSEP
CV1	7	0,9955	2,1652	1,0000	2,2172
CV2	6	0,9970	1,7753	0,9981	3,5269
CV3	4	0,9890	3,3917	0,9808	3,7502
átlag	-	0,9939	2,4441	0,9930	3,1647

Mivel az elektronikus nyelv mérései alapján a legkisebb négyzetek módszerével felépített modellel jól becsülhető volt az arabica (robusta) koncentráció, próbát tettünk a kereskedelmi forgalomban kapható, ismeretlen összetételű minták esetében is a becslésre.

Az ábrázolás során a kereskedelmi mintáknál a valós arabica koncentráció ismeretének hiánya miatt az átlagos becsült koncentrációkat tüntettük fel a PLS ábra x tengelyén. (14. ábra)



14. ábra Az ismeretlen arabica koncentrációjú minták PLS ábrája

A prémium kategóriába sorolt kávé (**PJ**) a vártak megfelelően a 100% arabicát (**100A**) tartalmazó csoporthoz közelinek becsülte a modell 105%-os arabica tartalommal. A két espressó kategóriás közül az **EJ** mintát 34,75%-os az **ET** mintát pedig 69,8%-os arabica tartalomra becsülte a modell. A vártakkal ellentétben a robusta csoportba sorolt kávé arabica tartalma ismét közelebb volt a **100A** mintáéhoz, mint a **0A**-hoz. A RW kávé 75,33%-os arabica tartalommal rendelkezett a becsülés alapján (14. ábra).

A továbbiakban azt vizsgáltuk, az érzékszervi tulajdonságok is becsülhetők-e hasonló módszerrel. A jellemzők közül azokat becsültük PLS segítségével, amelyek esetében az érzékszervi vizsgálat során a bírálók szignifikáns különbséget éreztek a minták között. Ehhez csak a második szenzorsorral kapott eredményeket használtuk fel. A becsülés *illat intenzitás*, *savanyú íz*, *késérő íz*, *kávé aroma* valamint *kedveltség* tekintetében történt.

Az első panel által végzett bírálat eredményei itt is kevésbé adtak értékelhető eredményt. A késérő íz becsülésére felállított modell kalibrációjánál és validációjánál is kis korrelációs

együtthatókat kaptunk (**20. táblázat**). Jól látható, hogy a valódi és a becsült értékek is nagy szórással rendelkeztek ebben az esetben.

20. táblázat A kávék *keserű íz* intenzitásának becslésére kapott háromszoros keresztvalidáció R^2 és hiba értékei (első bírálat)

	Látens változók	Kalibráció		Validáció	
		R^2	RMSEC	R^2	RMSEP
CV1	7	0,4700	12,0909	1,0000	9,9681
CV2	1	0,3531	13,3572	0,5551	13,7931
CV3	5	0,5078	11,6515	0,9917	11,5486
átlag	-	0,4436	12,3666	0,8489	11,7700

A második érzékszervi bírálat eredményeit felhasználva jobb eredményeket kaptunk. Már a kávé illat intenzitás determinációs együtthatói és hiba értékei is jobbnak bizonyultak az első bírálathoz viszonyítva (**21. táblázat**). Itt a legkisebb R^2 érték 0,6686 volt melyet 4 látens változóra épített kalibrációs modellnél értük el.

21. táblázat A kávé *illat intenzitás* intenzitásának becslésére kapott háromszoros keresztvalidáció R^2 és hiba értékei (második bírálat)

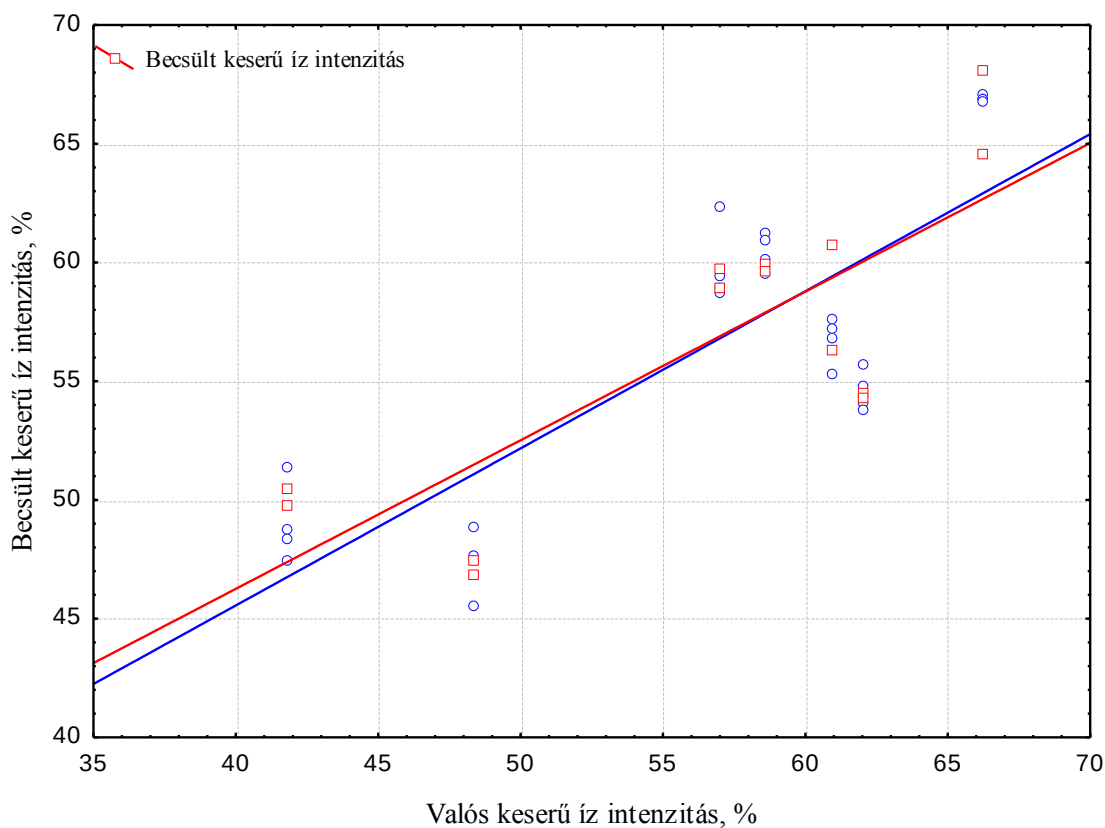
	Látens változók	Kalibráció		Validáció	
		R^2	RMSEC	R^2	RMSEP
CV1	7	0,6798	3,0391	1,0000	3,7260
CV2	2	0,6862	4,0139	0,7589	2,8193
CV3	4	0,6686	3,0921	0,9850	4,0857
átlag	-	0,6782	3,3817	0,9146	3,5437

Hasonló eredményeket kaptunk a savanyú íz becslésének vizsgálatakor (**22. táblázat**). Itt a legkisebb determinációs együttható a 3 látens változóra épített kalibrációs modellnél 0,6304.

22. táblázat A kávék *savanyú íz* intenzitásának becslésére kapott háromszoros keresztvalidáció R^2 és hiba értékei (második bírálat)

	Látens változók	Kalibráció		Validáció	
		R^2	RMSEC	R^2	RMSEP
CV1	7	0,6444	3,5932	1,0000	3,8120
CV2	4	0,6228	3,9279	0,9918	3,9067
CV3	3	0,6304	3,6632	0,8759	4,1324
átlag	-	0,6325	3,7281	0,9559	3,9503

A kávé egyik legkarakteresebb tulajdonságánál, a keserű íz intenzitásánál sem voltak rosszabbak az eredmények az előzőekhez viszonyítva (**23. táblázat**).



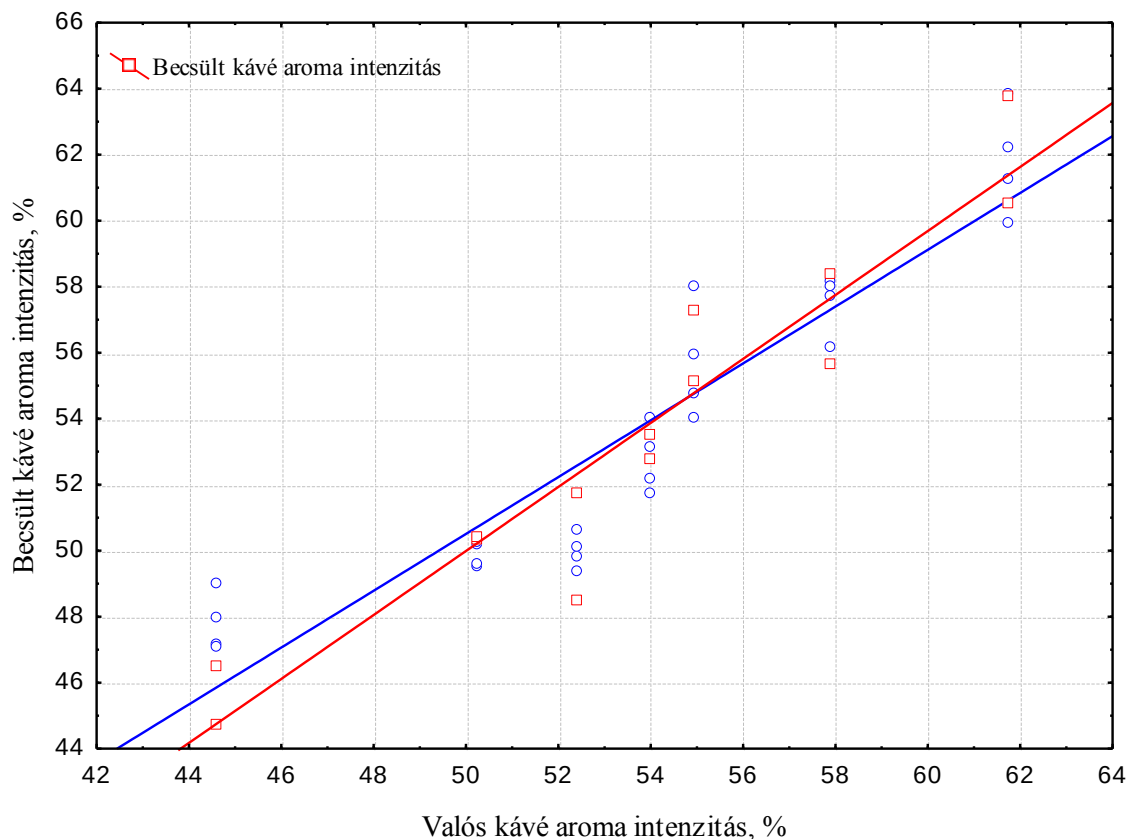
15. ábra Kávé *keserű* íz intenzitásának becslése PLS regresszióval (CV1, második bíráló)

23. táblázat A kávék *keserű* íz intenzitásának becslésére kapott háromszoros keresztvalidáció R^2 és hiba értékei (második bíráló)

	Látens változók	Kalibráció		Validáció	
		R2	RMSEC	R2	RMSEP
CV1	7	0,6617	4,5710	1,0000	5,1302
CV2	1	0,6187	5,2512	0,5873	5,0712
CV3	4	0,6573	4,6002	0,9859	5,3756
átlag	-	0,6459	4,8075	0,8577	5,1923

Legerősebb korreláció az elektronikus nyelv és a bírálati adatok között a kávé aroma intenzitásának megítélésénél mutatkozott, mely nagyon jó eredmény, hiszen az aromás jelleg a

kávé domináns tulajdonsága. Itt mind a kalibrációs, mind pedig a validációs modellek legkisebb R^2 értéke is 0,810 fölött volt (**24. táblázat**).



16. ábra Kávé aroma intenzitásának becslése PLS regresszióval (CV1, második bíráló)

24. táblázat A kávé *aroma* intenzitásának becslésére kapott háromszoros keresztvalidáció R^2 és hiba értékei (második bíráló)

	Látens változók	Kalibráció		Validáció	
		R^2	RMSEC	R^2	RMSEP
CV1	6	0,8612	1,8908	0,9977	1,6423
CV2	2	0,8167	1,9911	0,8197	2,1876
CV3	3	0,8595	1,9018	0,9407	1,8806
átlag	-	0,8458	1,9279	0,9194	1,9035

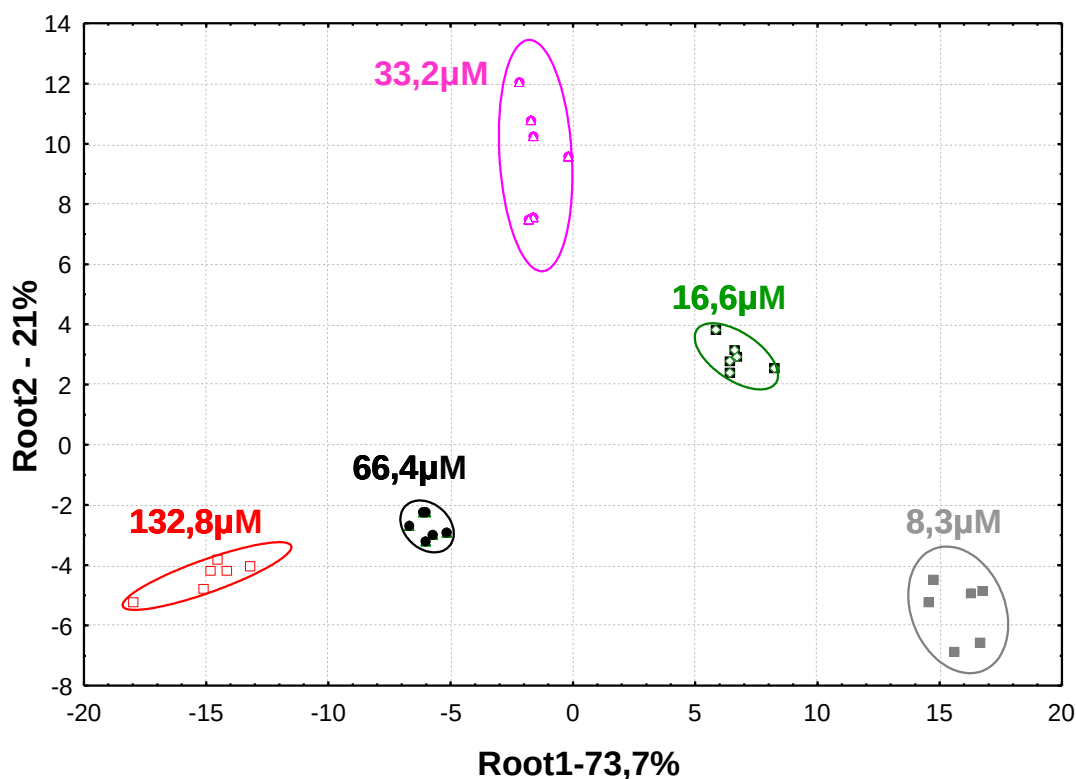
Végül a bíralt kávék kedveltségének becslésére is próbát tettünk, mely akár alkalmazható is lenne a termékek piaci sikerének előre jelzésére (**25. táblázat**).

25. táblázat A kávé *kedveltség* becslésére kapott háromszoros keresztvalidáció R^2 és hiba értékei (második bíráló)

	Látens változók	Kalibráció		Validáció	
		R^2	RMSEC	R^2	RMSEP
CV1	7	0,7396	4,4320	1,0000	4,4446
CV2	5	0,7027	4,7979	0,9981	4,9851
CV3	5	0,7551	4,2981	0,9912	4,5343
átlag	-	0,7325	4,5093	0,9964	4,6546

4.2.2 Kinin

Az elektronikus nyelv kininnel végzett méréseinél is elhanyagoltuk a nagy szórást mutató első három ismétlést a 9-szer ismételt mérésből. Az adatokon elvégzett diszkriminancia elemzés után a különböző koncentrációk jól elkülönültek, elhelyeződésük a koncentrációknak megfelelő trendet követett az első diszkrimináns változó mentén (**17. ábra**).



17. ábra Ismert koncentrációjú kinin oldatok megkülönböztetése diszkriminancia analízissel (első mérés)

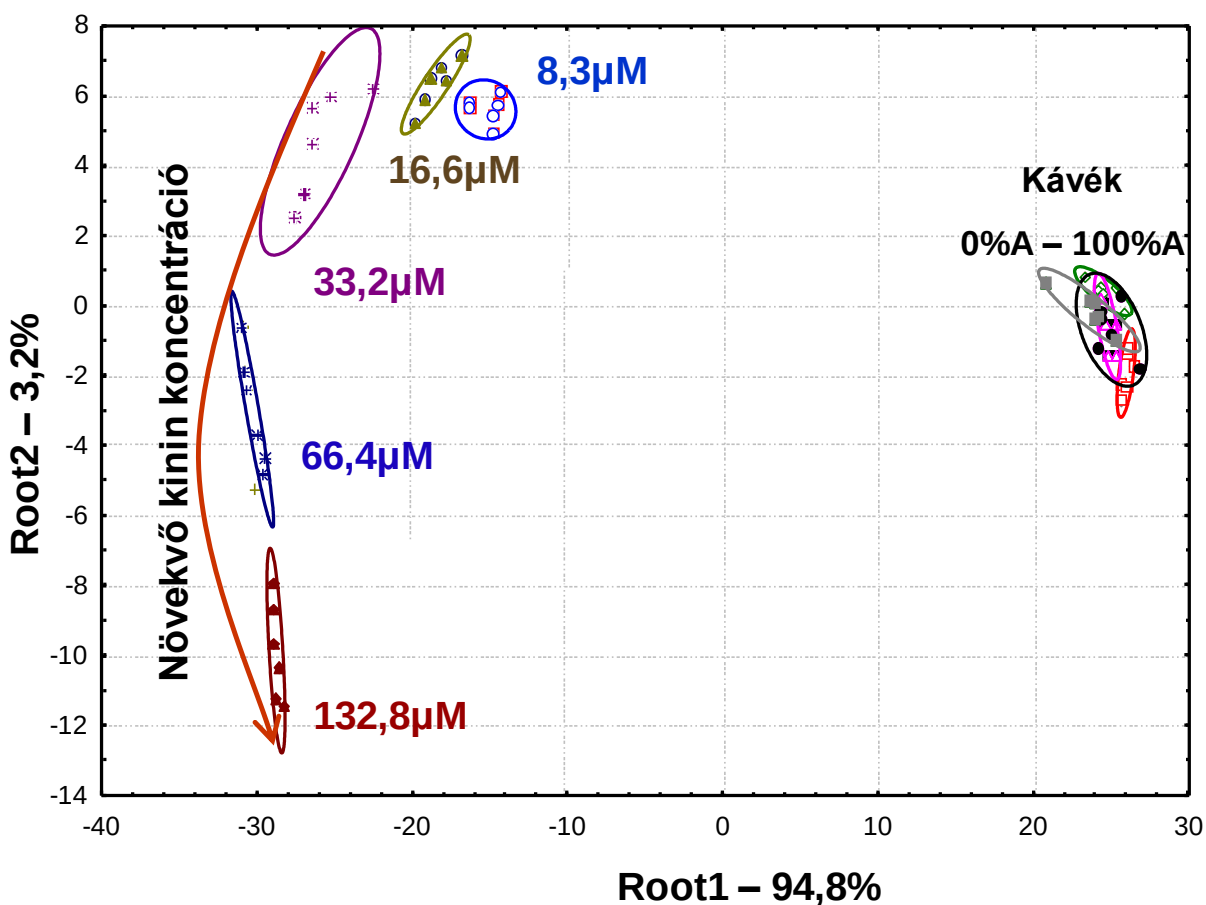
A keresztvalidációnál sikerült olyan modelleket felállítani, amelynél minden mérési pont a saját csoportjába került, félrecsoportosítás nem történt (**26. táblázat**).

26. táblázat A háromszoros keresztvalidáció eredménye kinin oldatok esetén (első mérés)

Osztályok	Osztályozás, %	Besorolt osztályok %				
		8 μ M	16 μ M	33 μ M	66 μ M	132 μ M
8 μ M	100	100	0	0	0	0
16 μ M	100	0	100	0	0	0
33 μ M	100	0	0	100	0	0
66 μ M	100	0	0	0	100	0
132 μ M	100	0	0	0	0	100
Összesen	100	100	100	100	100	100

Osztályok	Osztályozás, %	Becsült osztályok (kereszt-validáció), %				
		8 μ M	16 μ M	33 μ M	66 μ M	132 μ M
8 μ M	100	100	0	0	0	0
16 μ M	100	0	100	0	0	0
33 μ M	100	0	0	100	0	0
66 μ M	100	0	0	0	100	0
132 μ M	100	0	0	0	0	100
Összesen	100	100	100	100	100	100

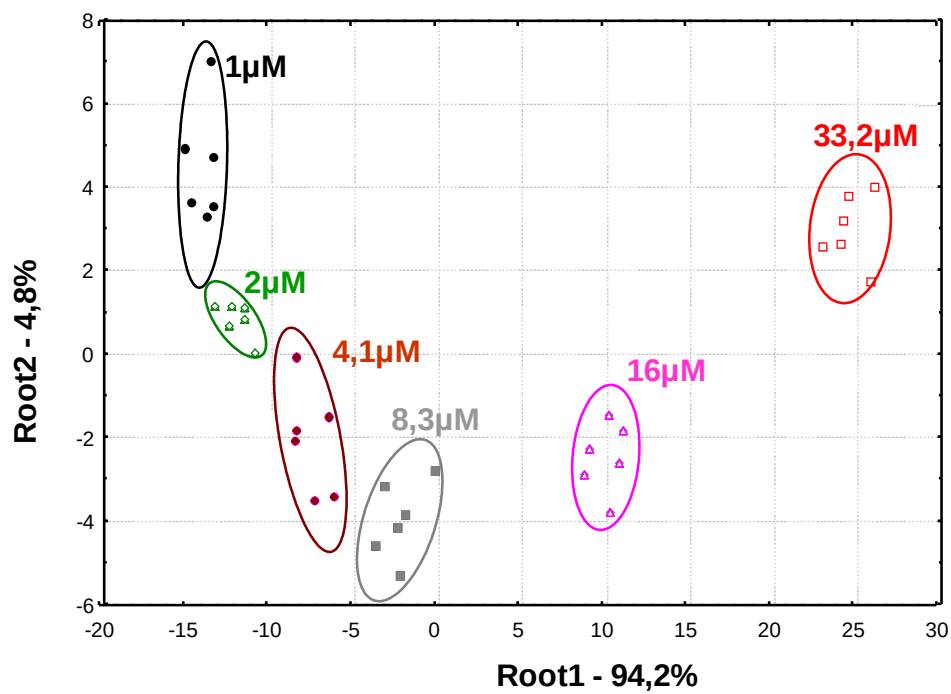
A kinin oldatok mérési eredményeinek összevetése a kávékéval ismét diszkriminancia analízissel történ. Ekkor a legnagyobb elkülönülést az első változó mentén a kávé és a kinin minták között tapasztaltuk, ahol a felépített modell információtartalmának 94,8%-a található (**18. ábra**). A második változó mentén a kinin oldatok a koncentrációknak megfelelő sorrendben helyezkedtek el. Azonban a kinin koncentrációk túl nagyoknak bizonyultak a kávéhoz képest, így azok eredményei a kininekhez viszonyítva nem különültek el, átfedést mutattak.



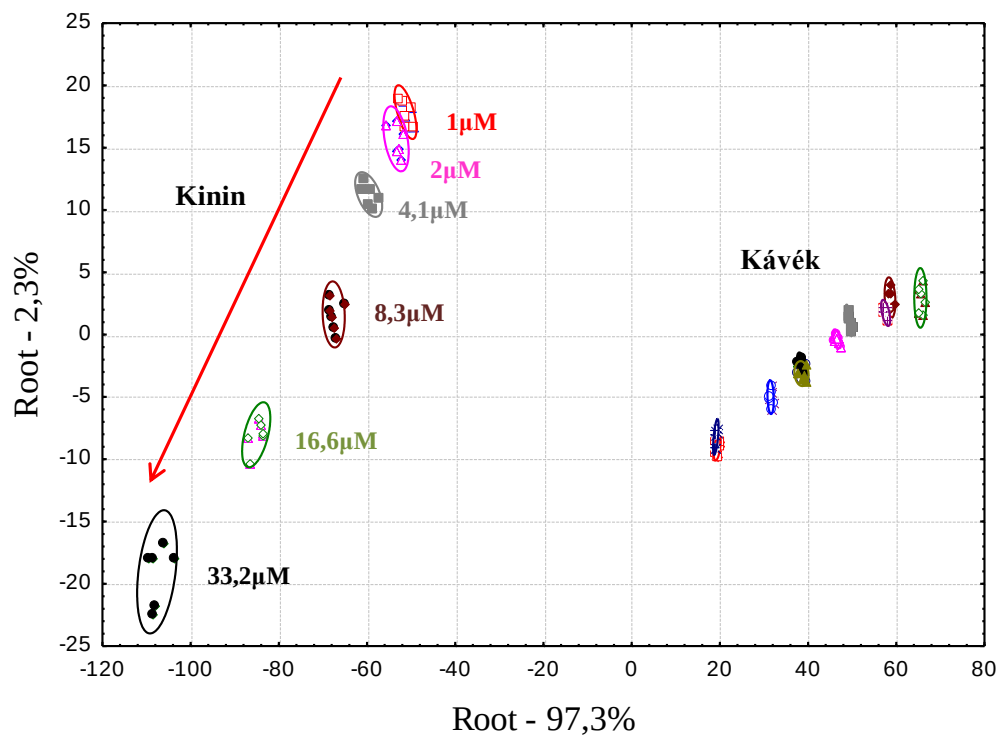
18. ábra Kávék és kinin oldatok elkülönítése diszkriminancia elemzéssel (első mérés)

A következő mérés során már kisebb kinin koncentrációkkal dolgoztunk, volt olyan oldat, melynek koncentrációja már az ember keserű ízre vonatkoztatott íz-küszöb értéke alatt volt. Azonban az elektronikus nyelv mérési eredményein végzett diszkriminancia analízissel ezek a mennyiségek is elkülönültek egymástól (**19. ábra**), a csoportok között nem volt átfedés. Az oldatok a koncentrációknak megfelelő sorrendben helyeződtek el az első változó mentén, ahol a modellépítéshez használt információ 94,2% található.

A kávékkal való összevetéskor az első méréshez hasonlóan, a legnagyobb elkülönülés a kinin és a kávé minták között volt az első változó mentén. Azonban a kávé minták jobb elkülönülése mutatkozott. (**20. ábra**)



19. ábra Ismert koncentrációjú kinin oldatok megkülönböztetése diszkriminancia analízissel (második mérés)



20. ábra Kávék és kinin oldatok elkülönítése diszkriminancia elemzéssel (második mérés)

5 Összefoglalás

Érzékszervi bírálatnál mindkét esetben keserű íz intenzitás alapján szignifikánsan igazolható módon el tudták különíteni egymástól a mintákat a bírálók. Azonban a második teszt bírálati eredményei megbízhatóbbnak és értékelhetőbbnek bizonyultak. Itt több bírálóval dolgoztunk, valamint több háttér információval rendelkezünk az egyes bírálókról. A bírálatot azonos bírálópanellel meg is tudtuk ismételni. Így nyertünk információt arról, hogy a tesztet végzők megbízhatóan és reprodukálható módon, mindkét napon hasonló bírálatot adtak. A bírálók kiválasztásánál elsősorban a csoporttal való összhang szolgált alapul, tehát az, hogy mennyire ítélték meg azonosan az egyes íz-jellemzőket.

A keserű íz intenzívebben volt érezhető a robustát nagyobb arányban tartalmazó kávéknál, míg a savanyú íz az arabicás csoportnál volt intenzívebben érzékelhető. Ez az eredmény összhangban van a már korábbi kutatások eredményeivel, mely a magasabb termőterületeken található, ezáltal hűvösebb hőmérsékleten termesztett arabica savasabb jellegét igazolják. (Bertrand et al., 2012)

A kedveltségre vonatkozóan mindkét esetben azonos eredményt kaptunk, mely szerint a bírálók a kevert típusú, úgynevezett espresso jellegű kávékat részesítik előnyben a tiszta, keveretlen blendekkel szemben. A kávé aroma, mint karakteres tulajdonság is inkább az espressó jellegű kávékkal hozható összefüggésbe.

Az elektronikus nyelvvel történő mérések esetében a mérési eredmények statisztikai feldolgozása azt mutatta, hogy az elektronikus nyelv képes volt az arabica koncentrációknak megfelelően elkülöníteni az egyes ismert koncentrációjú kávékat.

A kereskedelmi forgalomból beszerezett kávékat az elektronikus nyelv szintén jól elkülönítette, s az esetek nagy részében az elemzés során az elvárt minőségi csoportoknak megfelelő besorolást végzett.

További elemzések során PLS regresszió segítségével becslést végeztünk a kávék arabica tartalmára vonatkozóan. Ekkor az elektronikus nyelv képes volt viszonylag nagy korrelációval és kis hibával becsülni az ismert koncentrációjú minták arabica tartalmát. Az így kapott modellt használtuk fel a kereskedelmi forgalomból beszerezett minták arabica tartalmának becslésére is.

Azonban itt a becslés helyességének ellenőrzése nem volt kivitelezhető, hiszen a minták összetétele számunkra ismeretlen volt.

Az érzékszervi tulajdonságok becslése során megállapítottunk, hogy a vizsgált érzékszervi jellemzők közül a kávé aroma intenzitása becsülhető a legjobban az elektronikus nyelvvel. A kávé másik domináns tulajdonsága a keserű íz intenzitás is jobb eredményeket adott a többi tulajdonsághoz képest.

A kávékhoz hasonlóan a különböző koncentrációjú kinin oldatok elkülönítése is sikeres volt. Azonban az elsőként alkalmazott koncentrációk túl nagynak bizonyultak a kávé mintákhoz viszonyítva, így ezen módosítani kellett a második mérésnél.

6 Következtetések

A kísérletek és mérések során szerzett tapasztalatok és mért adatok alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le.

A bírálók több érzékszervi tulajdonság alapján statisztikailag is igazolható módon különbséget tudtak tenni a vizsgált kávéminták között. Ilyen tulajdonságok voltak az illat intenzitás, savanyú íz, keserű íz, kávé aroma intenzitás.

Kininnel végzett további mérések kivitelezésével képesek lehetünk keserűségi skála kidolgozására, mely alapként szolgálhat további keserű ízű termékek vizsgálatához.

Továbbiakban érdemesnek látjuk az eredmények összevetését kémiai vizsgálatok eredményeivel.

Irodalomjegyzék

1. Anand, V., Kataria, M., Kukkar, V., et al. (2007): The latest trends in the taste assessment of pharmaceuticals. *Drug Discovery Today*, Vol. 12, No. 5/6
2. Apetrei, C., Apetrei, I.M., Villanueva, S., et al. (2010): Combination of an e-nose, an e-tongue and an e-eye for the characterisation of olive oils with different degree of bitterness. *Analytica Chimica Acta* 663, 91-97
3. Bertrand, B., Boulanger, R. (2012): Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. *Food Chemistry* 135, 2575-2583
4. Bhumiratana, N., Adhikari, K., Chambers IV, E., (2011): Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT – Food Science and Technology* 44, 2185-2192
5. Dalmadi, I., Seregély, Zs., Kaffka, K., Farkas, J. (2007): Néhány többváltozós kemometriai módszer alkalmazása műszeres analitikai vizsgálatok értékelésére. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 4, 222.
6. Dias, L.G., Peres, A.M., Barcelos, T.P., et al. (2010): Semi-quantitative and quantitative analysis of soft drinks using an electronic tongue. *Sensors and Actuators B* 154, 111-118
7. Escuder-Gilabert, L., Peris, M. (2010): Review: Highlights in recent applications of electronic tongues in food analysis. *Analytica Chimica Acta* 665, 15-25
8. Fukunaga, T., Toko, K., Mori, S., et al. (1995): Quantification of Taste of Coffee Using Sensors with Global Selectivity. *Sensors and Materials*, Vol. 8, No. 1, 047-056
9. Ghasemi-Varnamkhashi, M., Mohtasebi, S.S., et al. (2010): Biomimetic-based odor and taste sensing systems to food quality and safety characterization: An overview on basic principles and recent achievements. *Journal of Food Engineering* 100, 377-387
10. Helland, I.S. (1990): PLS regression and statistical models. *Scandinavian Journal of Statistics*, 17, 97-114.
11. Illy, A., Viani, R. (2005): *Espresso Coffee – The Science of Quality*. Elsevier Academic Press, 2nd edition, California.
12. Keast, R et. al. (2007) A Complex Relationship among Chemical Concentration, Detection Threshold, and Suprathreshold Intensity of Bitter Compounds, *Chem. Senses* 32, 245–253
13. Keast, R.S.J. (2008): Modification of the bitterness of caffeine. *Food Quality and Preference* 19, 465-472
14. Kovács, Z. (2007): Elektronikus nyelv alkalmazása instant italok vizsgálatára. Diplomadolgozat. BCE, Fizika Automatika Tanszék.
15. szerk. Kőszeginé Szalai H. et al. (2003) *Magyar Gyógyszerkönyv VIII. kiadás*. Medicina Könyvkiadó, Budapest

16. Lawless, H. (1995). Dimensions of sensory quality: A critique. *Food Quality and Preference*, 6(3), 191-199.
17. Legin, A., Rudnitskaya, A., Vlasov, Y., et al. (1997): Tasting of beverages using an electronic tongue. *Sensors and Actuators B* 44, 291-296
18. Legin, A., Rudnitskaya, A., Clapham, D., et al. (2004): Electronic tongue for pharmaceutical analytics: quantification of tastes and masking effects. *Anal Bioanal Chem* 380, 36-45
19. Magyar Élelmiszerkönyv 2002a. 2-86 számú irányelv: Kávé, kávékeverék, pótkávé és egyéb kávékészítmények. 2-86/1/1: Kávé.
20. Miyanaga, Y., Tanigake, A., Nakamura, T., et al. (2002): Prediction of the bitterness of single, binary- and multiple- component amino acid solutions using a taste sensor. *International Journal of Pharmaceutics* 248, 207-218
21. Miyanaga, Y., Inoue, N., Ohnishi, A., et al. (2003): Quantitative Prediction of the Bitterness Suppression of Elemental Diets by Various Flavors Using a Taste Sensor. *Pharmaceutical Research*, Vol. 20, No. 12.
22. Ribeiro, J.S., Ferreira, M.M.C., Salva, T.J.G. (2011): Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy. *Talanta* 83, 1352-1358
23. Richards, E., Bessant, C., Saini, S. (2002): Multivariate data analysis in electroanalytical chemistry. *Electroanalysis*, 14 (22), 1533-1542.
24. Takagi, S., Toko, K., et al. (2001): Qualification of Suppression of Bitterness Using an Electronic Tongue. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 90, no. 12
25. Toko, K. (2000): *Biomimetic Sensor Technology*, Cambridge University Press
26. Uchida, T., Miyanaga, Y., Tanaka, H., et al. (2000): Quantitative Evaluation of the Bitterness of Commercial Medicines Using a Taste Sensor. *Chem. Pharm. Bull.* 48(11) 1843-1845
27. Uchida, T., Miyanaga, Y., Mayumi, N., et al. (2001): A New Method for Evaluating the Bitterness of Medicines by Semi-continuous Measurement of Adsorption Using a Taste Sensor. *Chem. Pharm. Bull.* 49(10) 1336-1339
28. Woertz, K., Tissen, C., Kleinebudde, P., et al. (2010): Taste sensing systems (electronic tongues) for pharmaceutical applications. *International Journal of Pharmaceutics* 417, 256-271