



*A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock*

Kárpáti Zsóka¹, Benes Eszter Luca², Fodor Marietta³

Érkezett: 2017. október – Elfogadva: 2018. június

A kávézacc beltartalmi jellemzőinek vizsgálata klasszikus mérési, ICP-OES és FT-NIR technika alkalmazásával

Kulcsszavak: kávézacc, kávéfogyasztás, beltartalmi vizsgálatok, ICP-OES, FT-NIR, főkomponens elemzés (PCA), lineáris diszkriminancia analízis (LDA)

1. Összefoglalás

A kávézacc a kávéitalkészítése után jelentős mennyiségben visszamaradó melléktermék. Hasznosítási lehetőségeivel számos kutatás foglalkozott és bizonyította adott esetben pozitív hatását. Tanulmányunkban a kávézacc talajjavító anyagként történő felhasználhatóságához valamint a zacc alapján történő eredetazonosításhoz végeztünk méréseket. Meghatároztuk a presszó eljárással készült kávéitalok melléktermékeként keletkező zacc pH-értékét, szárazanyag- és vízben oldódó összes sótartalmát. ICP-OES technika alkalmazásával mértük a minták ásványi anyag tartalmát. Felvettük a minták FT-NIR spektrumát és a spektrumadatok kemometriai kiértékelésével mintázatfelismerést végeztünk termőhely és elkészítési eljárás (French Press és Espresso) szerint.

2. Irodalmi áttekintés

A kávé egyre fontosabb élvezeti cikk, az International Coffee Organization éves statisztikái alapján évek óta átlagosan 9 000 tonna körüli zöldkávét termesztenek világszerte. Az elfogyasztott kávé mennyiség folyamatos növekedésének megfelelően egyre nagyobb mértékben keletkezik a kávékészítés mellékterméke, a lefőzött kávéőrlemény (zacc). A KSH (Központi Statisztikai Hivatal) adatai szerint Magyarországon az egy főre jutó kávéfogyasztás éves szinten átlagosan 2,2 kg, a keletkező zacc tömege, ennél nagyobb mennyiségű, a szemcsék által megkötött víz miatt. A zaccot általában kommunális hulladékként kezelik. A nagy mennyiségben keletkezett kávézacc felhasználásával kapcsolatosan számos lehetőség felmerült, kihasználva fizikai-kémiai jellemzőit (kis szemcseméret, nagy fajlagos felület, beltartalmi jellemzők stb.) lefolyótisztítás, súrolás, szagtalanítás vagy talajjavítás során.

A kávé növény termése a kávécseseresznye, amelynek gyümölcsbőrét különböző feldolgozási lépések során eltávolítják és szárítás után zöld babkávét formájában csomagolják, szállítják. A zöld babkávét sejtfala cellulózból, hemicellulózból, változó mennyiségű lig-

nint tartalmazó pektinekből, csersavakból, gumiból, fehérjékből, ásványokból, pigmentekből, zsírokból, viaszokból és olajokból, valamint illékony komponensekből tevődik össze. A pörkölés során számos fizikai és kémiai folyamat játszódik le. Fizikai változások a térfogat-növekedés, a tömegcsökkenés, a vízvesztés és a színváltozás. A zöldkávét és a pörköltkávét fontosabb kémiai összetevőit az **1. táblázatban** foglaltuk össze.

A pörkölt, majd őrölt kávéból a forróvízes extrakció hatására kioldódnak az értékes hatóanyagok és aromák. A folyamat mellékterméke a zacc. A zacc barna színű, kis szemcseméretű, porózus, jellegzetes illatú anyag. Beltartalmi összetevőit vizsgálva megállapítható, hogy a legnagyobb arányban hemicellulóz jellemzi. Kisebb mennyiségben pektin, lignin, koffein, tannin, zsírsavak, ásványi anyagok, fehérjék és poliszacharidok találhatóak benne. A kávézacc beltartalmi paramétereit természetesen befolyásolja a faj, a termőterület, a talaj és a klíma egyaránt [3]. A különböző termőhelyekről származó kávéitalok jól elkülöníthetők érzékszervi, elektronikus nyelv és GC-MS módszerekkel egyaránt [4]. Ennek megfelelően jogosan feltételezhetjük, hogy ezek az eltérések a visszamaradó kávézacc esetében is kimutathatók.

¹ Élelmiszerbiztonsági és -minőségi mérnök MSc hallgató, Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar

² PhD hallgató, Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Alkalmazott Kémia Tanszék

³ Egyetemi docens, Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Alkalmazott Kémia Tanszék

A kávézacc felhasználásával kapcsolatban számos nemzetközi publikáció született. A zaccból történő biodízel előállításának lehetőségeit mutatták be egy 2001-ben publikált tanulmányban. Helyi kávézaccból gyűjtötték be az alapanyagot, majd konyhai sütőben szárították ki. A kávézacc olajban gazdag, ezért ezt Soxhlet extrakcióval vonták ki, majd rotációs bepárlóval választották el az olajat az oldószertől [5]. Az így nyert olaj átészterezésével állították elő a biodízelt. Méréseik alapján a biodízel megfelelt a releváns európai szabványnak [6].

Egy friss kutatás során élelmiszer-adalékként, pékárukban hasznosították. Eredményeikkel alátámasztották, hogy a kávézacc hőkezelésnek, emésztési folyamatoknak ellenálló természetes antioxidáns, esszenciális aminosav és alacsony glikémiás indexű szénhidrátforrás [7].

Mezőgazdasági felhasználásra irányuló kutatásokban talajjavítási céllal a zaccot más egyéb természetes anyagokkal keverik el és így hasznosítják tovább. Egy korábbi kutatás során kávézaccból bioolajat állítottak elő, majd a folyamat után megmaradt mellékterméket zsírtalanították, és a visszamaradó anyagból lassú pirolízissel bioszenet állítottak elő. Az így kapott bioszenet műtrágyával keverték és potenciális talajjavítóként alkalmazták [8].

Cruz és munkatársai talajként alkalmazott biomasszához kevertek különböző arányban zaccot, s vizsgálták, hogy a zacc mennyisége mennyiben befolyásolja a keverék biomasszában természetesen előforduló karotin és klorofill koncentrációját. A kísérlet eredményeként azt tapasztalták, hogy a zacc arányának növelésével a mintákban mind a karotin, mind a klorofill koncentrációja nőtt. Ez ugyan pozitív hatásként is értelmezhető lenne, de számolni kell azzal, hogy a zacc mennyiségének növelésével a talajba kerülő koffein mennyisége is nő és ezzel a növényt jelentős stresszhatás érheti, (20 V/V %-os keverék már toxikusnak mondható) [9].

3. A kutatás célja

Kutatásunk célja kávézacc talajjavító anyagként történő felhasználhatóságának, valamint termőhely szerinti eredetazonosításának vizsgálata.

Fő hipotéziseink az alábbiak voltak:

Összefüggés áll fenn:

- a főzési módszerek (French Press és Espresso) és a zacc vizsgált beltartalmi értékei között;
- a termőterületek és a zacc vizsgált beltartalmi értékei között;

1. táblázat: Kémiai összetétel pörkölés előtt és után irodalmi adatok alapján [1], [2].
Table 1: Chemical composition before and after roasting, based on literature data [1], [2].

Nem illékony komponensek Non-volatile components	Zöld kávé Green coffee	Pörköltkávé Roasted coffee
Szénhidrátok Carbohydrates	szacharóz, redukáló cukrok, mannóz, hexafoszfát, polialkoholok, mannit, glikozidok, poliszacharidok (arabino-galaktán, mannán, cellulóz) <i>sucrose, reducing sugars, mannose, hexaphosphate, polyalcohols, mannitol, glycosides, polysaccharides (arabino-galactan, mannan, cellulose)</i>	szacharóz (0,24-0,33%), glükóz, fruktóz, mannit, penta-, tetra- és tri-foszfátok, eritrit, poliszacharidok* <i>sucrose (0.24-0.33%), glucose, fructose, mannitol, penta-, tetra- and triphosphates, erythritol, polysaccharides*</i>
Savak Acids	citromsav, almasav, oxálsav, borkósav, piroszőlősav, ecetsavat, kininsav, klorogénsav, foszforsav <i>citric acid, malic acid, oxalic acid, tartaric acid, pyruvic acid, acetic acid, quinic acid, chlorogenic acid, phosphoric acid</i>	citromsav (itakonsav, citrakonsav, mezakonsav), ecetsav, tejsav, almasav, maleinsav, fumársav** <i>citric acid (itaconic acid, citraconic acid, mesaconic acid), acetic acid, lactic acid, malic acid, maleic acid, fumaric acid**</i>
Antioxidáns hatás Antioxidants	fenolos vegyületek <i>phenolic compounds</i>	peroxidok a lipid frakcióban <i>peroxides in the lipid fraction</i>
Illékony komponensek Volatile components		szénhidrogének, alkoholok, aldehidek, ketonok, észterek, piridinek, karbonsavak, pirazin, pirrol, furánok, kénvegyületek, fenolok <i>hydrocarbons, alcohols, aldehydes, ketones, esters, pyridines, carboxylic acids, pyrazine, pyrrole, furans, sulfur compounds, phenols</i>
Koffein Caffeine	0.58-1.7 % (<i>Coffea arabica</i>) 1.16-3.27% (<i>Coffea canephora</i>)	1% (<i>Coffea arabica</i>) 2% (<i>Coffea canephora</i>)

* Pörkölési fokkonként változó

**Erősen függ a pörkölési hőmérséklettől

* *Varies according to the degree of roasting*

***Strongly depends on the roasting temperature*

Vizsgálataink során külön kitértünk a következő kérdésekre:

- Megfigyelhető-e valamilyen eltérés a vizsgált beltartalmi paraméterek kioldódása szempontjából a két eljárás között?
- Espresso főzési mód után visszamaradó zacc pH-értékének meghatározása – okozhatja-e a talaj elsavasodását a zacc talajjavító- vagy talajkondicionáló szerként való alkalmazása?
- Espresso főzési mód után visszamaradó zacc sótartalmának meghatározása – okozhat-e szikesedést a zacc talajjavító- vagy talajkondicionáló szerként való alkalmazása?
- Ásványi anyag tartalomban van-e különbség a különböző termőhelyekről származó kávék között?
- A finomra őrölt kávé és a kétféle forrázatú kávézacc FT-NIR spektrumai között milyen minőségi összefüggések figyelhetők meg?

A talajjavító anyagként történő felhasználhatóság szempontjából beltartalmi paraméterként a zacc pH-értékét, szárazanyag- és vízben oldódó összes sótartalmát, valamint a minták ásványi anyag tartalmát határoztuk meg.

Az eredetazonosításhoz a szilárd mintákról felvett diffúz-reflexiós FT-NIR spektrumok kemometriai kiértékelését alkalmaztuk.

4. Anyag és módszerek

4.1 Felhasznált anyagok és mintaelőkészítés

A vizsgálat során *Coffea arabica* kávékat használtunk fel öt különböző termőterületről: Brazília, Panama, Etiópia, Új-Guinea és Costa Rica. Bécsi és francia pörkölési eljárást alkalmaztunk, az elkészítési módok közül a French Press és Espresso elkészítési változatot választottuk.

A pörkölt kávébabokat az FT-NIR vizsgálatokhoz Imat Inox LUX (Nemox International S.R.L, Olaszország) kávédarálóval a French Press eljáráshoz durva, darabos szemcseméretre őröltük, az Espresso elkészítési módnál pedig finomabb, búzadara szerű őrleményre volt szükségünk.

A pörkölt kávébabot, a főzeteket és a zaccot a SemiramiS Kft. biztosította. A főzetek a következő receptúrák szerint készültek:

- **French Press** kávéfőzés során a pörkölt babot durvára őrlik (1200 - 1250 μm) a nagy szemcseméret elérése céljából. A kávéfőző egy üveg edény, amelybe egy szűrővel rendelkező le-fel mozgatható fémszerkezet merül. A receptúra szerint 30 g durva őrlésű kávéhoz 500 ml, 90-

95°C-os víz szükséges. Az elegyet elkeverjük, 4 percig állni hagyjuk úgy, hogy ráhelyezzük a pohár szájára a szűrővel ellátott tetős nyomószerkezetet. Miután letelt a 4 perc határozott mozdulattal lenyomjuk.

- **Espresso** kávéfőzés során finomra őrölt (400 - 450 μm) őrleményt kell alkalmazni. A főzéshez szükséges víz hőmérséklete 90-95°C, az extrakció 1-1,5 bar nyomással történik. A finomra őrölt kávé mennyisége 16-20 g. A forró víz 25-30 másodpercen keresztül halad át a tömörített őrleményen. Az Espresso típusú főzésnél 50 ml kávéitalt készítünk [10].

4.2. Mérési módszerek

4.2.1. Klasszikus mérési eljárások

A beltartalmi értékek (pH, szárazanyag-tartalom, vízben oldódó összes sótartalom) meghatározását a 6/2006. (V. 18.) FVM rendeletnek (a termésmenővelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról szóló előírás) megfelelően végeztük klasszikus analitikai módszereket alkalmazva [11].

4.2.2. Fourier-transzformációs közeli infravörös (FT-NIR) módszer

Az FT-NIR méréseket Bruker MPA FT-NIR (Bruker, Ettlingen, Németország) típusú műszerrel végeztük. Mind az őrölt mintákról (főzés előtt), mind a kétféle főzési mód után visszamaradó zacc mintákról felvettük a spektrumokat. Ez utóbbi esetben – tekintve, hogy a minta nedvességtartalma kedvezőtlenül befolyásolja a spektrumképet - a spektrumfelvétel előtt 105 \pm 2°C hőmérsékleten 3 órán keresztül tömegállandóságig szárítottuk a mintákat.

A spektrumokat diffúz-reflexiós mérési eljárással 85 mm átmérőjű, forgatható kvarc mintatartót alkalmazva 12 500 – 4000 cm^{-1} hullámszám tartományban rögzítettük. A spektrumok felvételéhez a készülék OPUS 7.2 (Bruker, Ettlingen, Németország) saját programját használtuk.

4.2.3. Statisztikai kiértékelési módszerek

A spektrális adatok kemometriai kiértékelését főkomponens elemzéssel (PCA) és lineáris diszkriminancia elemzéssel (LDA) végeztük. A statisztikai elemzéseket Statistica 12.0 (StatSoft, Tulsa, Oklahoma, USA) szoftverrel végeztük.

A PCA egy sajátérték számításon alapuló, többváltozós adatelemző eljárás. Eredetileg meglévő adatainkat korreláció alapján összevonjuk, így kevesebb számú új, egymással korrelálatlan főkomponenst képzünk. A módszer előnye, hogy a változók számának csökkentésével ki tudjuk szűrni a kívánatosnál kevesebb információkat szolgáltató változókat [12].

Az LDA elemzést előzetes főkomponens analízis után célszerű végezni. A módszer lehetőséget ad arra, hogy felülvizsgáljuk az általunk már előzetesen létrehozott csoportokat és azok elkülönülését. Ennek érdekében olyan diszkriminációs függvényeket kerestünk, amelyekre a csoportokat vetítve a legjobb elválasztást kapjuk. Azt, hogy a diszkriminációs térben mely irányok válnak koordinátatengellyé, a diszkrimináló hatás határozza meg [13].

4.2.4. Induktív csatolású plazma emissziós optikai spektroszkópiai (ICP-OES) módszer

A zaccból kioldódó ásványi komponensek meghatározását ICP-OES módszerrel végeztük. A kivonat készítés során MSZ 21470-50:2006 szabvány szerint jártunk el, extraháló szernek Lakanen-Erviö oldatot alkalmaztunk [14]. A minta kioldható elemösszetételét ICP-OES (PerkinElmer Optima 8000, Waltham, Massachusetts, USA) optikai emissziós spektrométerrel határoztuk meg. Vizsgált komponensekhez tartozó hullámhosszakat a **2. táblázatban** foglaltuk össze.

A technika széles lineáris tartományának köszönhetően kétpontos kalibrációt alkalmaztunk. Az első pont a vak oldat volt, a másik pont multielemes standard. Kétféle multielemes standard kalibráló oldatot alkalmaztunk, minden esetben három párhuzamos mérést végeztünk. Az első oldat tartalmazta az alkáli- és alkáli földfémeket (Na, K, Mg, Ca), míg a második

oldat az összes többi mérendő elemet (Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, P, Zn). A kalibráló oldatok és a minta oldatok savtartalma egyaránt 0,2 mol/L salétromsav volt.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Beltartalmi értékek eredményei - pH, szárazanyag-tartalom, vízben oldódó összes sótartalom

Az öt különböző termőhelyről származó kávémintából Espresso eljárással lefőzött kávéital melléktermékeként visszamaradó kávézacc mintákon végzett pH-, szárazanyag-tartalom-, vízben oldódó összes sótartalom-mérések eredményeit a **3. táblázat** tartalmazza.

A három párhuzamos mérés eredményeként kapott pH-értékekből (10%-os vizes szuszpenzióban) megállapítható, hogy az Etiópiából, Costa Ricából származó minták főzés utáni mellékterméke erőteljesebb savas jelleget mutat. A kísérleti eredmények ismeretében e két utóbbi esetben, mezőgazdasági felhasználás során figyelemmel kell lenni a savasabb tulajdonságra.

A minták szárazanyag-tartalma között elég jelentős eltérést tapasztaltunk. A két szélső értékkel rendelkező minta (Panama, Costa Rica) közötti különbség a termőhelyek földrajzi és éghajlati adottságaival magyarázható. A legnagyobb szárazanyag-tartalmú

2. táblázat: ICP-OES mérésnél alkalmazott hullámhosszak
Table 2: Wavelengths used for ICP-OES measurements

Elem Element	Hullámhossz, nm Wavelength, nm	Elem Element	Hullámhossz, nm Wavelength, nm	Elem Element	Hullámhossz, nm Wavelength, nm
Al	396.153	K	766.490	Na	589.592
Ca	315.887	Mg	279.077	P	214.914
Cr	267.716	Mn	257.610	Pb	220.353
Cu	324.752	Mo	202.03	Zn	213.857
Fe	259.939				

3. táblázat: A kávézacc minták pH, szárazanyag-tartalom, vízben oldott összes sótartalom mérések eredményei
Table 3: pH, dry matter content and water-soluble total salt content measurement results of coffee dreg samples

Termőhely Growing area	pH	Szárazanyag-tartalom (%) Dry matter content (%)	Vízben oldott összes sótartalom (m/m%) Water-soluble total salt content (m/m%)
Panama Panama	5.2±0.12	50.74±0.25	0.03±0.001
Brazília Brazil	5.2±0.22	48.02±0.36	0.03±0.002
Új-Guinea New Guinea	5.3±0.15	41.95±0.17	0.04±0.006
Etiópia Ethiopia	5.0±0.18	41.00±0.61	0.03±0.001
Costa Rica Costa Rica	5.0±0.23	36.10±0.80	0.03±0.003

panamai kávé jellemzően alacsonyabb tengerszint feletti magasságban (átlagosan 200 m) terem, viszonylag erősen csapadékos (3500 mm/év) körülmények között. Így kötöttebb szerkezettel jellemezhető. Ezzel szemben a legkisebb szárazanyag-tartalommal bíró Costa ricai kávé 1500 m tengerszint feletti magasságon, kevésbé csapadékos (1500-3000 mm/év) körülmények között termesztik.

A vízben oldott összes sótartalom tekintetében nem tapasztaltunk eltérést a minták között. Jellemzően igen kis koncentrációt mértünk, így a talajjavítás céljára történő felhasználás esetén a sótartalommal összefüggő szikesedéstől nem kell tartanunk.

5.2. FT-NIR spektrumok vizsgálati eredményei

Az öt termőhelyről származó kávé őrölt és különböző főzési eljárásból származó kávézacc mintáiról felvett FT-NIR spektrumokat az **1. ábra** mutatja be. Az ábrán számokkal jelöltük a jellegzetes csúcsokat, amelyek minőségi kiértékelését a **4. táblázatban** foglaltuk össze. A csúcsok azonosításához irodalmi adatokat használtunk fel [15].

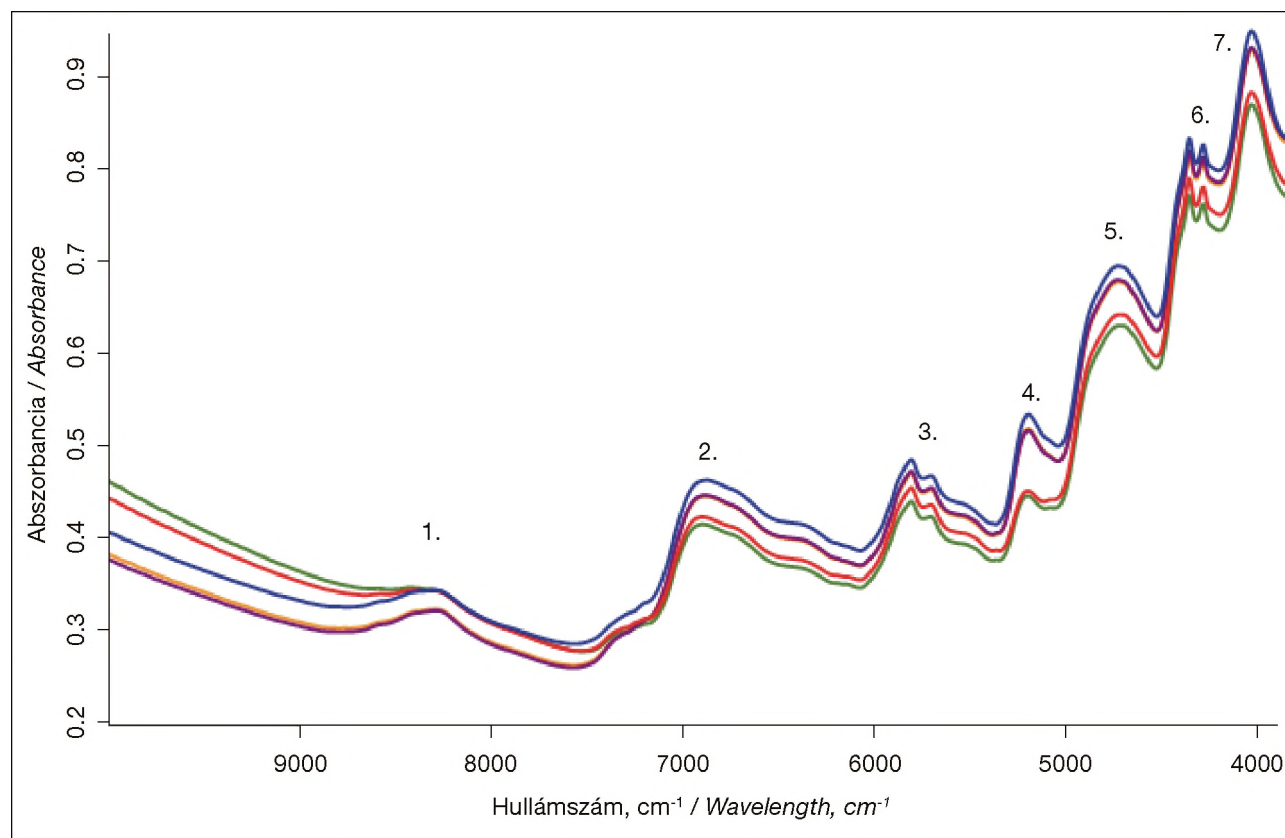
Jól megfigyelhető a spektrumok magasságbeli eltolódása, amely az eltérő szemcsemérettel magyarázható. A különböző termőterületekről származó őrölt minták spektrumképei között karakterisztikus eltérés nem látható.

Összevetettük az azonos főzési eljárással elkészített, de különböző termőterületekről származó kávézacc mintákat (**2., 3. ábra**). A French Press eljárás alkalmazását követően visszamaradó zacc minták esetében (**2. ábra**) minimális alapvonal eltolódás figyelhető meg. A spektrumképpen a fehérjék ($5000\text{--}4800\text{ cm}^{-1}$) valamint a lipidek ($4600\text{--}4300\text{ cm}^{-1}$) jellemző rezgési területén látható jelentős eltérés.

Ennek magyarázata a különböző szerves komponensek oldhatóságában keresendő. A French Press egy igen kíméletes elkészítési technikának tekinthető, így a visszamaradó zaccminták spektrumaiban mutatkozó karakterisztikus eltérés arra enged következtetni, hogy a különböző termőterületekről származó minták eltérő mértékben tartalmaznak könnyen oldódó komponenseket.

Espresso főzési technikát alkalmazva a visszamaradó zaccminták spektrumaik között (**3. ábra**) nem tapasztalható olyan jelentős karakterisztikus eltérés, mint a French Press főzési mód esetében.

Az Espresso eljárás erőteljesebb elkészítési technika a French Press eljáráshoz képest. Így a különböző oldhatóságú komponensek közötti finom eltérés az intenzívebb extrakciós körülmények miatt nem észlelhető.



1. ábra: FT-NIR felvétel az öt különböző termőterületről származó őrölt kávékról
 (■ Costa Rica, ■ Brazília, ■ Etiópia, ■ Panama, ■ Új Guinea)
 Figure 1: FT-NIR spectra of ground coffees from five different growing areas
 (■ Costa Rica, ■ Brazília, ■ Etiópia, ■ Panama, ■ New Guinea)

A továbbiakban összevetettük az azonos termőterületről származó, de eltérő módon elkészített kávéitalok zaccmintáit is. Példaként a Brazíliából származó minták spektrumát mutatjuk be. Összehasonlítottuk az eredeti őrlt minta és a kávézaccok spektrumait (4. *ábra*) és a spektrumok első deriváltját. A legszembetűnőbb eltérés a kávézaccok és az őrlt kávé spektrumai között a víz elnyelési területén látható (5200-5100 cm^{-1}), amely várható volt, hiszen a pörkölt minta nedvességtartalma biztosan kisebb, mint a szárított zaccmintáké. Különbség figyelhető meg 7100-7000 cm^{-1} területen, ahol elsősorban az alifás szénhidrogének, zsírok/olajok elnyelési tartománya található. A spektrumkép alapján mennyiségi következtetéseket nem lehet levonni, csak az eltérés tényét lehet megállapítani.

5.3. FT-NIR adatok kemometriai kiértékelése

A kemometriai kiértékelés első lépéseként főkomponens elemzést (PCA) végeztünk. Ennek célja a spektrális kiesők meghatározása. Spektrális kiesőnek mutatható egy minta hibás spektrumfelvétel miatt, vagy azért mert valóban nem illik a mintahalmazba.

A PCA során meghatározzuk, hogy hány főkomponens szükséges az adatkészlet leírásához (5. *ábra*), és ezek milyen arányban magyarázzák az adatkészlet varianciáját. Megállapítható, hogy az első három főkomponens 99,8%-ban magyarázza a tulajdonságok varianciáját (PC1=92,4 %, PC2=6,2%, PC3=1,2%).

Ennek megfelelően három főkomponens összefüggésében vizsgáltuk a PCA eredményeit. A legnagyobb mértékben az első és második főkomponens magyarázza az adatkészletet. Szemléltetésként ezek összefüggését mutatjuk be a 6. *ábrán*. Az ellipszis a 95%-os konfidencia intervallumot szemlélteti.

A PCA eredményeként megállapítható, hogy 95%-os konfidencia intervallumot figyelembe véve, minden minta egy halmazba sorolható, így a vizsgált spektrumok a későbbiek során egy mátrixnak tekinthetők. Hibás vagy spektrális kiesőnek minősített spektrumot nem azonosítottunk.

A kávézacc minták termőterület szerinti mintázat felismerésére lineáris diszkriminancia analízist (LDA) alkalmaztunk (7. *ábra*). A kávézacc minták termőterület szerinti csoportosítása sikeresen megtörtént. Az öt termőhely közül az új-guineai terület az egyedüli, amely átfedést mutat más területekkel (Etiópia és Brazília). Az eredményeink alapján igazoltuk, hogy a módszer termőhely szerinti eredet azonosításra alkalmazható. Az LDA modell eredményeit random csoportosítási besorolással validáltuk. Amennyiben az eredeti csoportosítás nem a véletlenel magyarázható, akkor a random típusú ellenőrzés során egy összekeveredő mintaképet ad. Mivel a random csoport besorolás összekeveredett mintázatot mutat, kijelenthető, hogy az eredeti LDA modell megfelelő.

A főzési módszerek szerint vizsgált kávézacc minták LDA eredményét a 8. *ábrán* ismertetjük. Az ábrán különböző főzési módokból visszamaradó zaccminták és az őrlt kávé szempontjából készített csoportosítás figyelhető meg. A három csoport tökéletesen elkülönül egymástól. Ebben az esetben is elvégeztük az ellenőrzést randomizálással, amely alátámasztotta az eredeti csoportosítás sikerességét.

5.4 ICP-OES eredmények

Munkánk során 13 elem mennyiségi meghatározását végeztük el, amelynek eredményeit a 5. *táblázatban* foglaltuk össze. Néhány elem vizsgálati eredménye között jelentős különbség figyelhető meg, ami arra enged következtetni, hogy a különböző termőterületek talajaiból az egyes elemek eltérő mértékben szívódnak fel a növényekbe. A felhasználásra vonatkozó határértékek ismeretében az ICP-OES eredményeket ismerve nem mindegyik kávéfajta zacc javasolható talajjavításra. Ahhoz, hogy a végső döntést meghozhassuk, a 36/2006 FMV rendelet értelmében (toxikus elemek: As, Cd, Co, Hg, Ni, Se, összes PAH-, benzpirén-, ásványiolaj-tartalom, biológiai vizsgálatok stb.) további vizsgálatokra van szükség.

4. táblázat: Az FT-NIR abszorpciós csúcsaihoz tartozó vegyületcsoportok
Table 4 Compound groups corresponding to the FT-NIR absorption peaks

Szám No.	Hullámszám, cm^{-1} Wavenumber, cm^{-1}	Vegyület csoport/család Compound group/family
1.	8300-8000	szénhidrogének / hydrocarbons
2.	6900-6700	víz, keményítő cukor, cellulóz / water, starch, sugar, cellulose
3.	5900-5600	rost anyagok / fiber substances
4.	5200-5100	víz / water
5.	4800-4650	keményítő, cukor / starch, sugar
6.	4400-4150	poliszacharidok, lipidek, olajok, zsírok, fehérjék polysaccharides, lipids, oils, fats, proteins
7.	4100-4000	cellulóz / cellulose

6. Következtetések

Kutatásaink során megállapítottuk, hogy különböző termőhelyről származó kávézacc minták vizsgált visszamaradó beltartalma és a főzési módszerek között összefüggés tapasztalható. A két főzési módot összevetve, a gőznyomással készült kivonatban (Espresso) több növény-élettanilag értékes komponens (pl. foszfor) maradt, mint a légköri nyomáson készült French Press módszer esetében.

Az etiópai és a Costa ricai zaccminták savasabb kémhatást mutattak a többihez képest. Ezt rendkívül fontos figyelembe venni a mezőgazdasági felhasználás során, hiszen nagyobb mennyiségben alkalmazva a talaj savanyosodása következhet be, ilyenkor célzerű lúgosító adalékkal elkeverni.

Vízben oldható sótartalomra vonatkozóan érdemes megjegyezni, hogy a mért koncentrációk igen kis értékek voltak, így a szikesedés előidézésében szerepe valószínűleg nem számottevő.

Az FT-NIR vizsgálati eredmények arra engednek következtetni, hogy a termelőtől beszerzett vagy ennek hiányában megfelelő eredetigazolással rendelkező és megfelelő elemszámú minta alapján felépíthető egy olyan adatbázis, amelynek adatelemzése alapján nagy valószínűséggel meghatározható egy kereskedelmi minta földrajzi terület szerinti származása, eredetazonosítása. További lehetőséget jelenthetnek a gyors GC-MS mérések alkalmazásai is [16], [17].

Az ICP-OES vizsgálatokkal kapott eredményeink alapján jelentős az eltérés a különböző termőterületű minták között. Ez nagy valószínűséggel befolyásolja a forrázatból maradt kávézacc újrahasznosítási lehetőségeit. A fentiekből következően a kávézaccot további talaj mikrobiológiai vizsgálatok alanyává kell tenni, hogy újrahasznosítása megalapozottabb és hatékonyabb legyen.

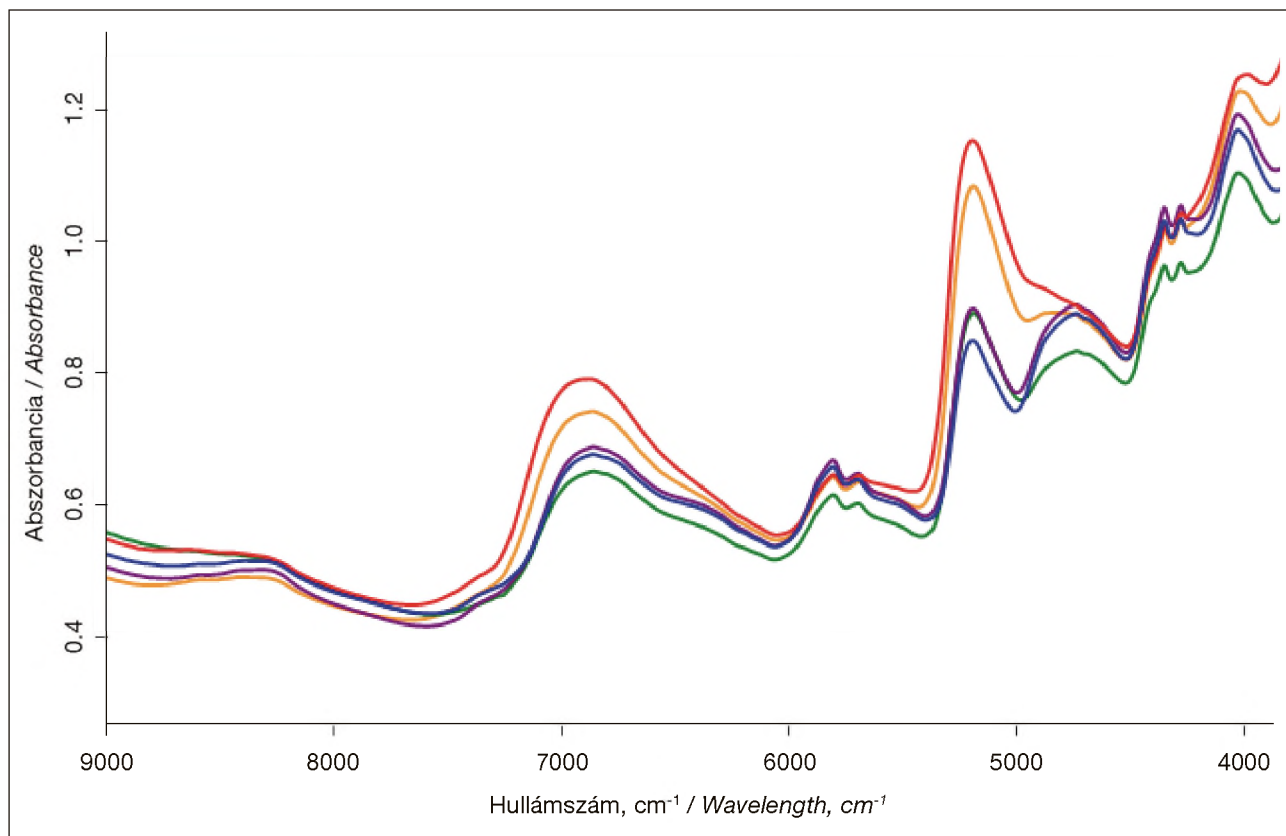
A számos, különböző vizsgálat eredményeinek értékelése azonban összetett kemometriai módszer, úgynevezett multikritériumos összehasonlítás alkalmazását igényli. A rangszám különbségek összege (sum of ranking differences, SRD) módszer megfelelő alternatívát jelenthet arra, hogy a 6/2006. (V. 18.) FVM rendelet alapján elvégzendő pH-, szárazanyag-tartalom-, vízben oldódó összes sótartalom-mérések mellett a multieleemes ICP-OES eredményeket és az FT-NIR eredményeket együttesen lehessen értékelni és ezek ismeretében javaslatot tenni az újrahasznosítás lehetőségeire. A módszert sikeresen alkalmazták már friss fogyasztású koktélpáradicsomfajták [18], bazsalikomok [19] illetve érzékszervi vizsgálatok [20] és szemkamerás mérések [21] során is.

7. Köszönetnyilvánítás

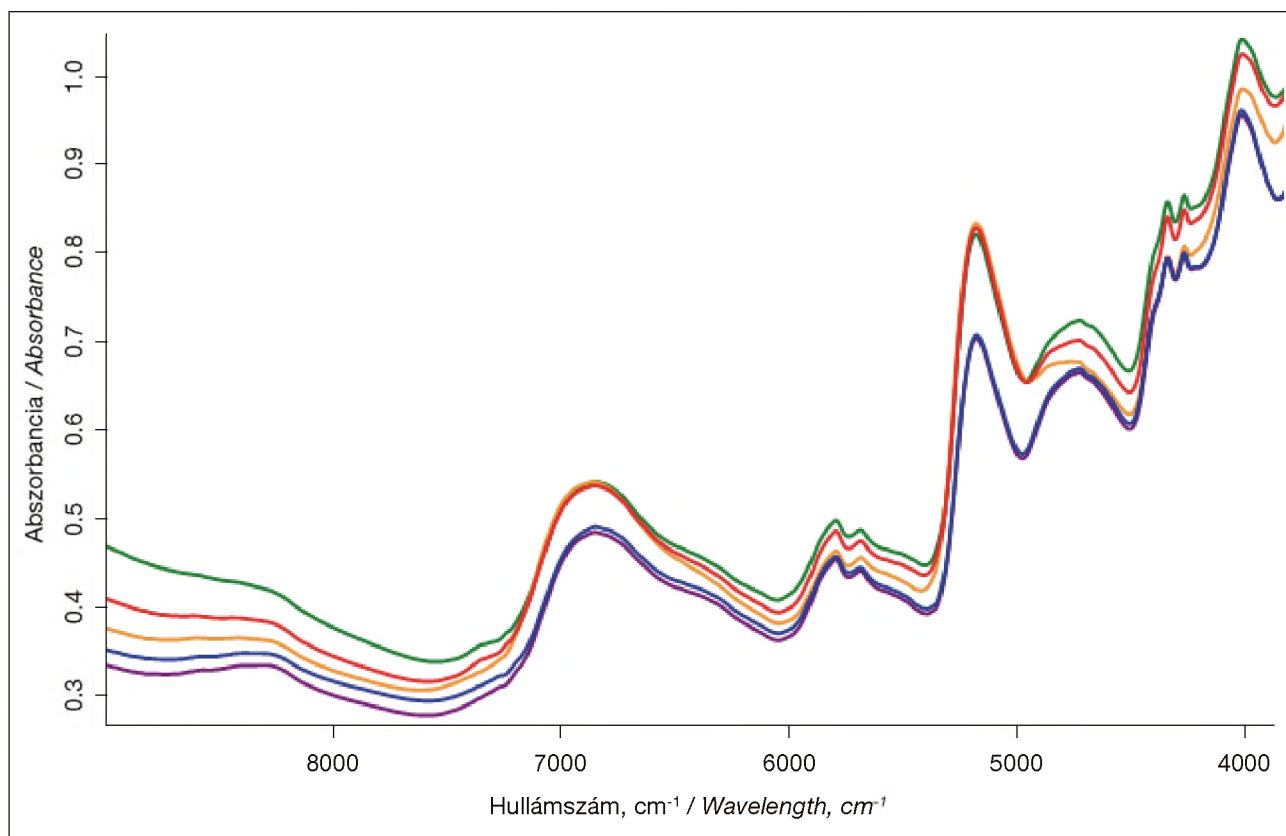
A szerzők köszönetüket fejezik ki az Emberi Erőforrás Fejlesztési Operatív Program (EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005) valamint a Szent István Egyetem Élelmiszertudományi Doktori Iskola támogatásáért.

5. táblázat: ICP-OES eredmények
Table 5: ICP-OES results

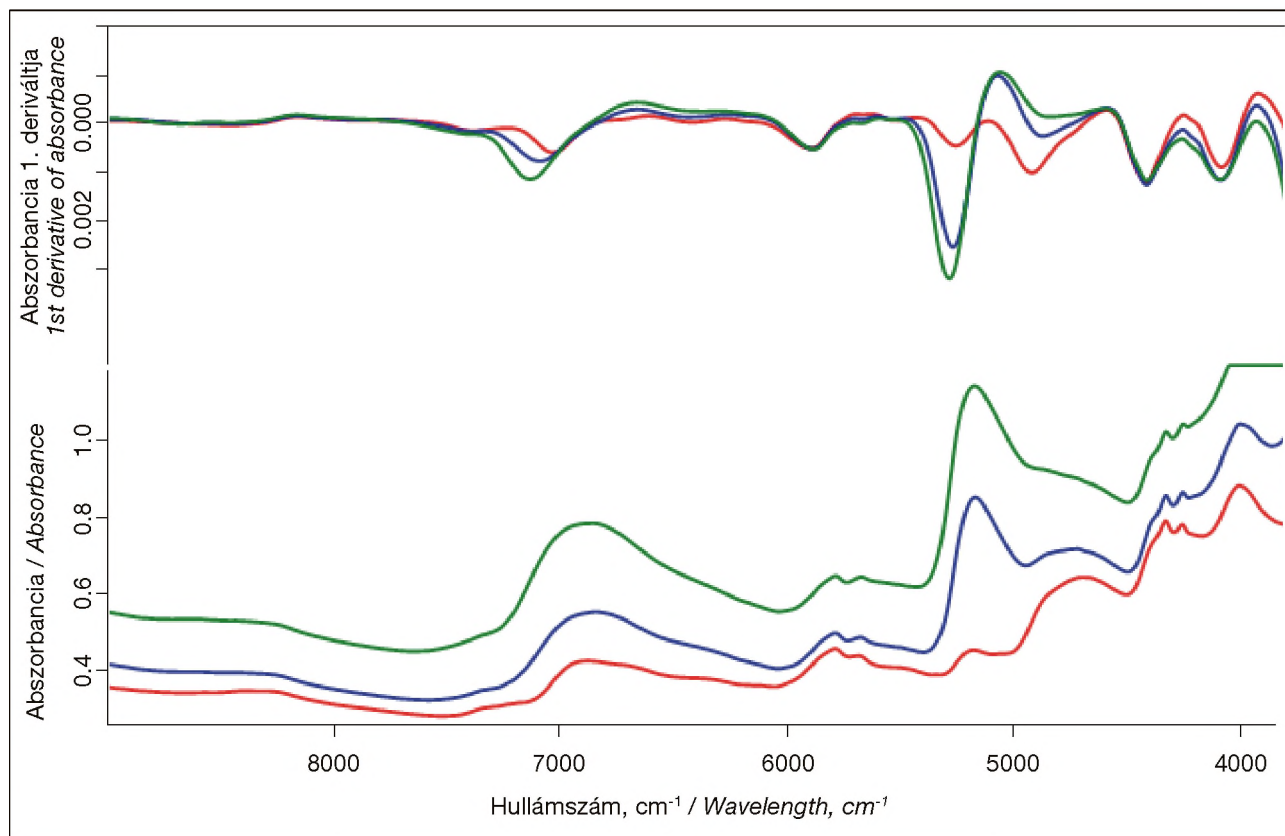
	Brazília Brazil	Etiópia Ethiopia	Panama Panama	Új-Guinea New Guinea	Costa Rica Costa Rica
	mg/kg				
Al	4.2	14.6	4.0	9.5	5.5
Cr	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cu	131	141	102	148	188
Fe	123	176	55	162	197
Mn	292	219	217	334	443
Mo	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
P	8538	14146	6700	12634	12742
Pb	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Zn	137	102	51	176	147
Ca	9371	15122	8080	13826	13573
K	77051	112195	59125	69130	110803
Mg	13328	19756	9854	18594	21053
Na	4165	6097	2759	7151	6371



2. ábra: French Press főzési eljárás melléktermékeként keletkező zacsminták FT-NIR spektruma
 (■ Costa Rica, ■ Brazília, ■ Etiópia, ■ Panama, ■ Új Guinea)
 Figure 2 FT-NIR spectra of coffee dreg samples produced as byproducts of the French Press brewing procedure
 (■ Costa Rica, ■ Brazil, ■ Ethiopia, ■ Panama, ■ New Guinea)



3. ábra: Espresso főzési eljárás melléktermékeként keletkező zacsminták FT-NIR felvétele
 (■ Costa Rica, ■ Brazília, ■ Etiópia, ■ Panama, ■ Új Guinea)
 Figure 3: FT-NIR spectra of coffee dreg samples produced as byproducts of the Espresso brewing procedure
 (■ Costa Rica, ■ Brazil, ■ Ethiopia, ■ Panama, ■ New Guinea)

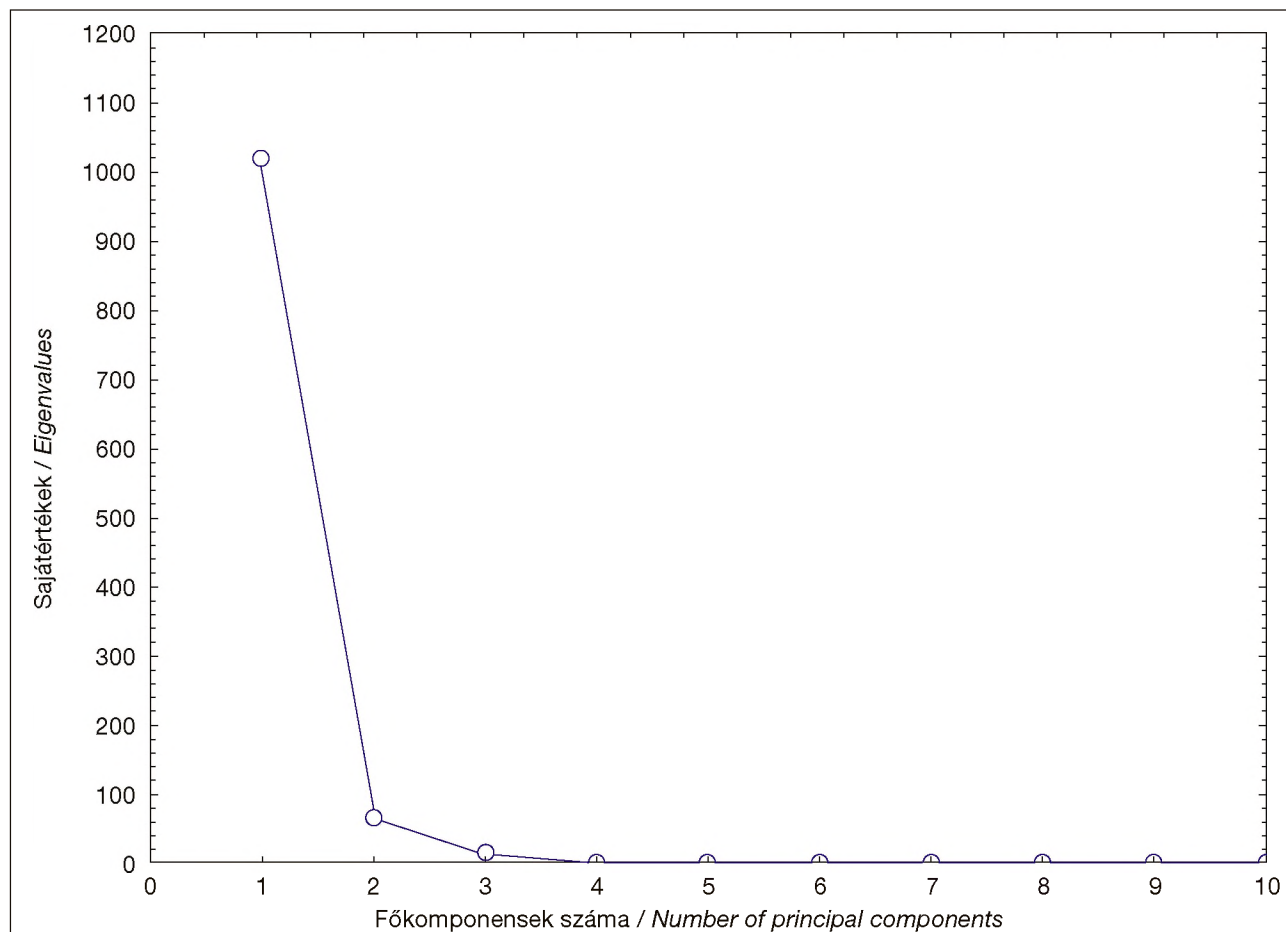


4. ábra: Brazília termőterületéről származó őrölt kávé és kétféle zaccának FT-NIR spektruma és első deriváltja
 (■ French Press zacc, ■ Espresso zacc, ■ Őrölt kávé)

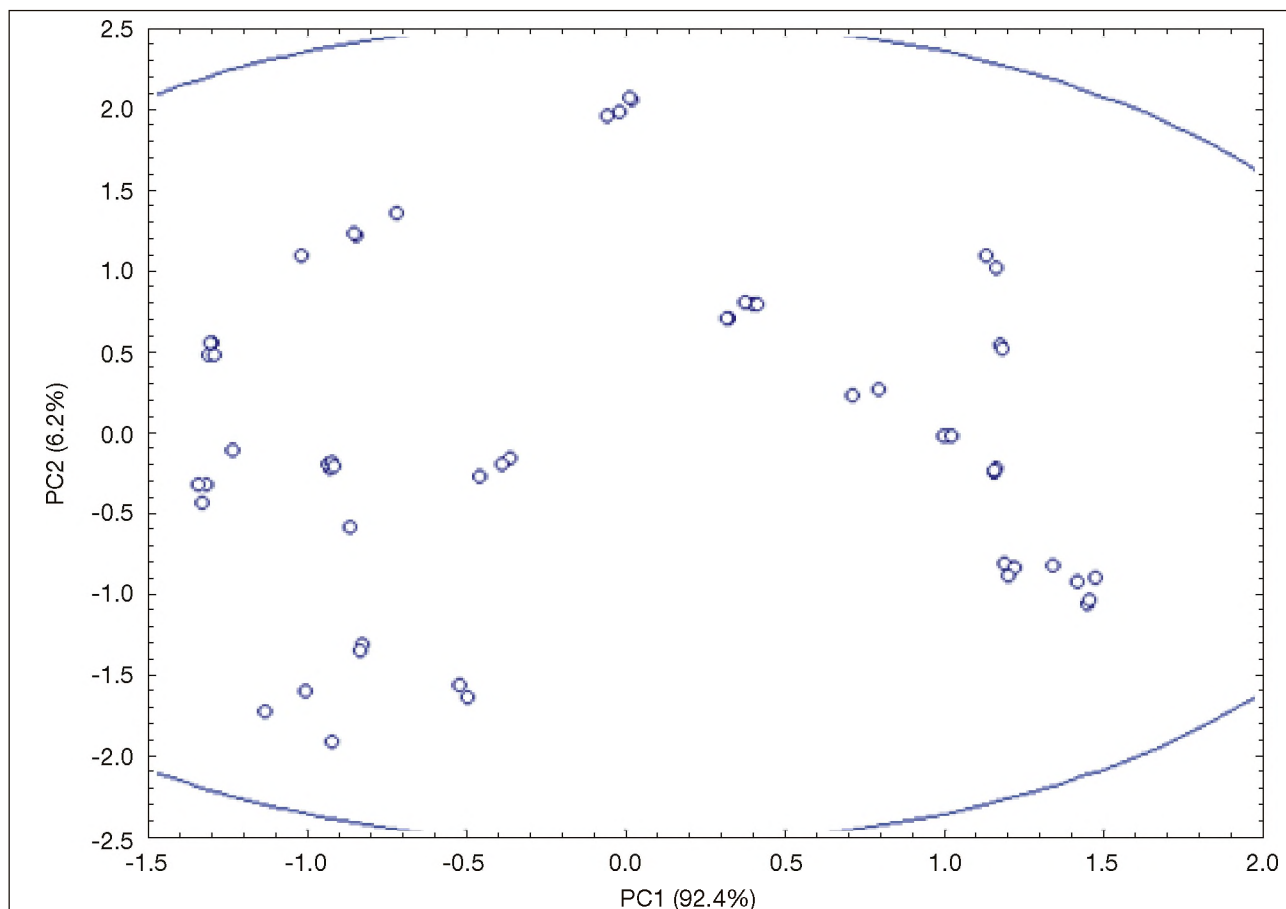
Figure 4: FT-NIR spectra and their first derivatives of ground coffee from a Brazilian growing area and its two dreg samples
 (■ French Press coffee dregs, ■ Espresso coffee dregs, ■ Ground coffee)



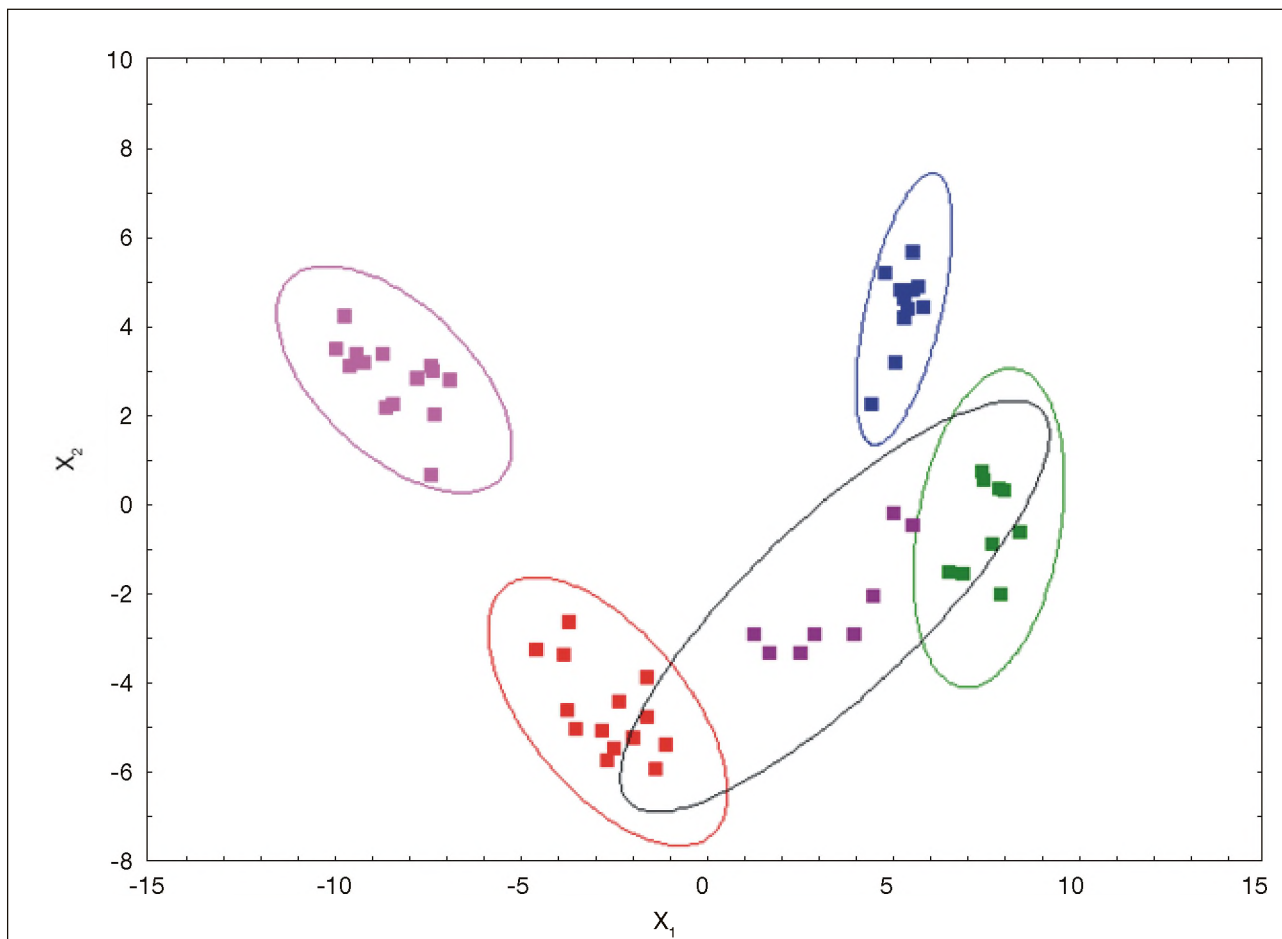
A kép illusztráció / Picture is for illustration only
 Fotó/Photo: Tolokán Adrienn



5. ábra: Hegyomlás ábra (PC1 = 92,4%, PC2= 6,2%, PC3= 1,2%)
Figure 5: Landslide figure (PC1 = 92.4%, PC2= 6.2%, PC3= 1.2%)



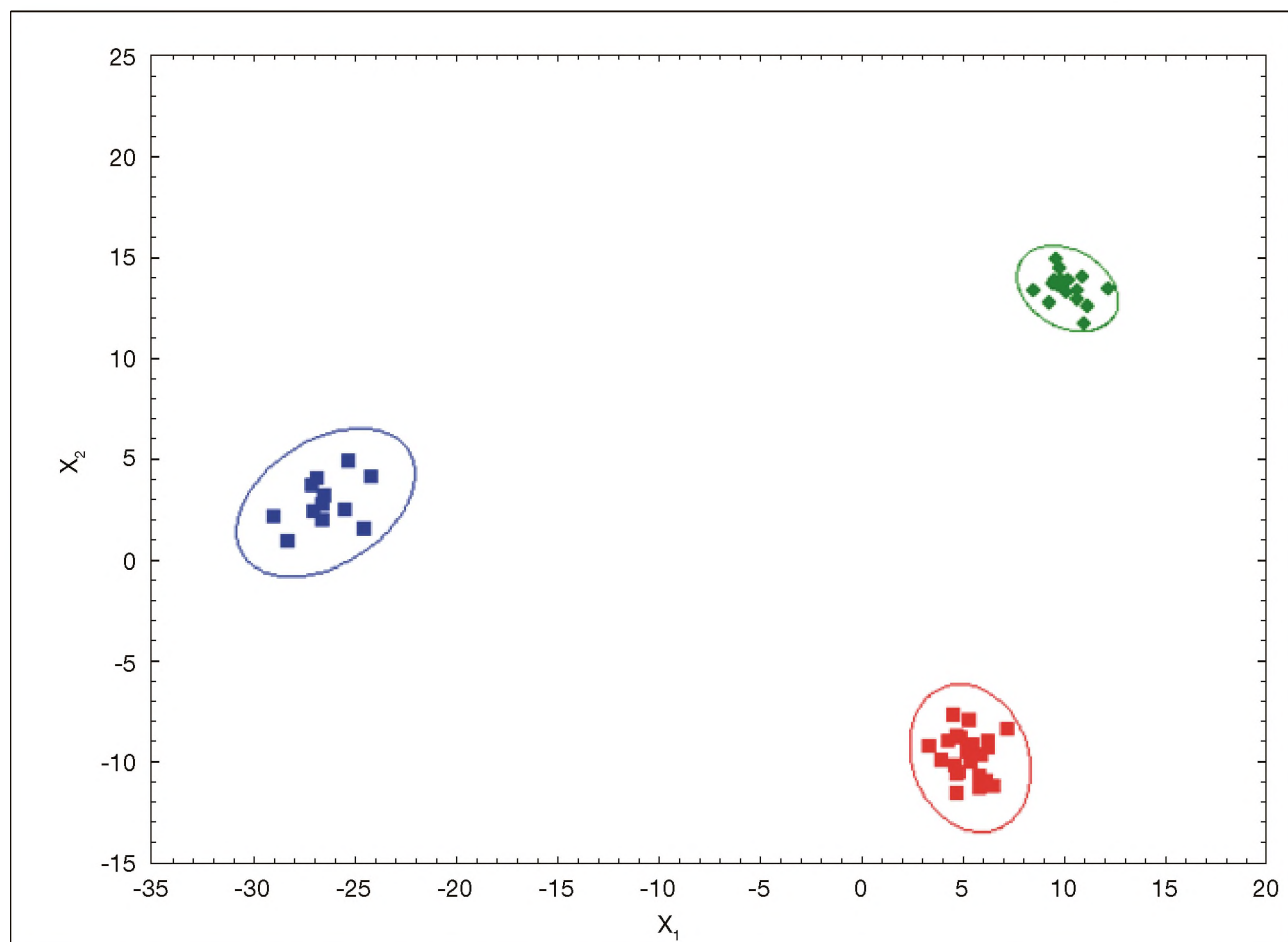
6. ábra: A PCA elemzés eredménye
Figure 6: Results of the PCA analysis



7. ábra: Termőhely terület szerinti LDA vizsgálat eredménye
 (■ Costa Rica, ■ Brazília, ■ Etiópia, ■ Panama, ■ Új Guinea)
 Figure 7: Results of the LDA analysis according to growing area
 (■ Costa Rica, ■ Brazil, ■ Ethiopia, ■ Panama, ■ New Guinea)



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
 Fotó/Photo: Shutterstock



8. ábra: Főzési módszerek szerinti LDA vizsgálat eredménye
(■ őrlött kávé, ■ French Press eljárás, ■ Espresso eljárás
Figure 8: Result of the LDA analysis according to brewing methods
(■ ground coffee, ■ French Press procedure, ■ Espresso procedure)



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay