

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

Jeszl Brigitta¹, Benes Eszter Luca¹, Fodor Marietta¹

Érkezett: 2018. február – Elfogadva: 2019. január

Kávéminták eredetazonosítása FT-NIR-eljárással

KULCSSZAVAK: kávécsesze, *Coffea arabica*, darált kávé, eredetazonosítás, spektroszkópia, FT-NIR, kemometria, gyors analitika, termőhely, pörkölés mód, szemeskávé-őrlemény, kávéital.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kávécsesze két alapvető változata ismert, az arabika (*Coffea arabica*) és a robuszta (*Coffea canephora*). A termesztési környezetére érzékenyebb arabika íze jobb, ugyanakkor a robuszta koffeintartalma körülbelül másfélszerese az arabikáénak. A robuszta kevésbé érzékeny a termesztésének körülményeire, így olcsóbban állítható elő, ennek ellenére a világ kávétermésének kétharmadát az arabikafajták adják.

A kereskedelemben kapható olcsóbb kávék elsősorban gyenge minőségű robusztából készülnek, minél olcsóbbak, annál gyengébb minőségű kávéból. A darált változatoknál még azt sem tudhatjuk, hogy kávé kivül mi van a keverékben.

Méréseinkhez *Coffea arabica* nyerskávé-alapanyagot használtunk fel. A különböző termőterületről származó, többféle pörkölési móddal előkészített, azonos körülmények között őrölt mintákat Fourier-transzformációs közeli infravörös spektroszkópiai módszerrel (FT-NIR) vizsgáltuk, a spektrális eredményeket kemometriai módszerekkel értékeltük ki.

Eredményeink azt bizonyítják, hogy sikeresen alkalmaztunk egy minta-előkészítést nem igénylő, környezetet vegyszerrel nem terhelő, gyors analitikai módszert, kávéőrlemények pörkölési mód és termőhely szerinti azonosítására.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

KÁVÉTERMESZTÉS, KÁVÉFELDOLGOZÁS

A kávénövény ideális környezeti feltételeit a Ráktérítő és a Baktérítő között elhelyezkedő kávétermő öv határozza meg. A termesztéstechnológiák igazodnak a környezeti feltételekhez: árnyékolásos, félárnyékolásos, illetve árnyékolás nélküli. A kávécsesze talajigénye: zsíros, agyagos, nitrogénben és foszforban gazdag vulkanikus hamuból létrejött talaj. A zöld kávébabból fejlődő csemete 3-4 éves kora után fordul termőre. Az akár 50-60 éves ültetvények fenntartása is trágyázást, talajtakarást, metszést, permetezést igényel.

A kávécsesze fűtőkben virágzik, küllemében és illatában is a jázminra emlékeztet. A virágzás csak néhány napig tart, majd a beporzás után 9-10 hónap múlva sárga és piros szedhető cseresznyékké fejlődnek. Ugyanazon az ágon lehetnek érett, illetve éretlen gyümölcsök, ezért az azonos, megfelelő érettségi állapotú szemek szüretelése kézzel történik. Termőhelytől és fajtától függően egy vagy két

főszüretre, esetleg néhány kisebb szüretre kerülhet sor. A szüret időszaka általában 4-5 hónapig tart [1].

A kávécseszesznye húsát lefejtve megkapjuk a nyers zöldkávébabot. A kávé feldolgozása során termőhelytől és termesztőtől függően megkülönböztethetjük a nedves, a száraz és a félig mosott eljárásokat. A kávészem feldolgozásának végső lépése a malomban végzett száraz őrés, amely során az utolsó külső rétegeket is eltávolítják a babról, ezt követi a hibás szemek válogatása, a csomagolás és a szállítás [2].

A kávéitalra jellemző aromaanyagok a pörkölés során nyerik el végső formájukat. A zöldkávébab ízetlen mag, illata a szalmáé emlékeztet. A pörkölés során aromákban gazdag, pörkölési foktól függően több ezer illékony komponenssel jellemezhető terméké válik. A pörkölési fokot a pörkölt kávé színe alapján állapítják meg. A pörkölési folyamat során a bab színe a hőmérséklet emelésének hatására egyre mélyül. Az **enyhén pörkölt kávé (bécsi)** színe világos barna, a felszínére nem ül ki az olaj, jellegzetes savas íz dominancia határozza meg, a **közepesen pörkölt**

¹ Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Alkalmazott Kémia Tanszék

kávé (francia) sötétebb színű, itt sem jelenik meg olaj a bab felszínén, a savanyú és keserű íz aránya kiegyensúlyozottabb, míg az **erősen pörkölt kávé** (olasz) felszíne olajos, keserű ízdominanciával jellemezhető.

A pörkölés során bekövetkező legfontosabb változások a tömeg- és nedvességcsökkenés, a térfogat-növekedés, a széndioxid képződés, a babot körülvevő pergamenhártya leválása, az illat- és aromaanyagok keletkezése, valamint a színváltozás. A szénhidrátok elégeése során a cukrok lebomlanak, és láncreakcióval, kondenzációval új molekulákká egyesülnek. A cukrok és amino-csoportok között Maillard-reakció megy végbe, ennek köszönhetően alakul ki a barna szín.

A kávébabban csaknem kétezer összetevő van, ezek átalakulásával, illetve lebomlásával alkoholok, aromavegyületek, aldehidek, észterek, ketonok, gyűrűs nitrogén-vegyületek keletkeznek, amelyek hozzájárulnak a jellemző ízvilág kialakulásához. A pörkölés során, magas hőmérsékleten a zsírsavak illóolajokká alakulnak át, amelyek a kávé felszínén láthatók. A nyers kávéban a csersav a koffeinhez kötődik, nagy része a pörkölés közben szabaddá válik, így nő a mennyisége. Emellett csökken a trigonellin és a klorogénsav mennyisége, ezek a vegyületek ugyanis a hő hatására lebomlanak. A kávék fehérjetartalmát a pörkölés nem befolyásolja [2, 3].

NIR-KÖZELI INFRAVÖRÖS SPEKTROSKÓPIA

Az elektromágneses sugárzás 780 – 10⁶ nm tartományát nevezzük infravörös tartománynak, amelyen belül közeli – NIR (800 – 2500 nm), középső – MIR (2500 – 2,5·10⁴ nm) és távoli – FIR (2,5·10⁴ – 10⁶ nm) infravörös tartományt különítenek el. Az élelmiszerminták vizsgálata bonyolult mátrixuk miatt elsősorban a NIR-tartományban valósul meg.

Az infravörös fotonok és a minta között többféle kapcsolat alakulhat ki. Analitikai szempontból a transzmisszió, a diffúzió-reflexió és a kettő ötvözéséből kialakított transzreflexió a legelterjedtebben alkalmazott mérési módszer. Kávéval kapcsolatos kutatások során analitikai előnyei miatt gyakran alkalmazzák a NIR-technikát.

Huck és társai robusta és arabica pörkölt kávé három fő alkaloid vegyületének – koffein, teobromin, teofillin – meghatározására alkalmazta sikeresen a NIR-módszert. A referencia adatokat HPLC-MS

kapcsolt technikával nyerték [4]. Esteban-Díez és társai arabica, robusta kávéfajok valamint keverékek összetételének megkülönböztetésére alkalmazták sikeresen a NIR-technikát [5].

Akávéhamisítás felderítése kiemelt minőségbiztosítási cél az élelmiszeriparban, ugyanis a termőhely és fajta alapján nagy árkülönbségeket lehet elérni. Pizzaro és társai robusta kávék azonosítására, hamisítás vizsgálatára alkalmazták sikeresen a többváltozós regressziós eljárásokkal kombinált NIR-módszert [6].

Különböző adatelőkezelési módszereknek (ortogonális jelkorrekció – OSC, közvetlen ortogonális jelkorrekció DOSC) alávetett NIR-spektrumok részleges legkisebb négyzetek módszere (PLS) regresszióval történő kiértékelése lehetőséget adott pörkölt kávé minta hamu- és lipidtartalmának meghatározására [7].

A kávétermőhelyek elkülönítésére Várvolgyi és munkatársai sikeresen alkalmaztak gázkromatográfiás, elektronikus nyelv és képzett érzékszervi panel kombinálásával többváltozós kemometriai módszereket [8].

Kutatásunk célja a különböző termőterületről származó *Coffea arabica* kávéőrlemények és italok termőhely és pörkölési szint szerinti elkülönítése NIR-technikával.

ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

VIZSGÁLATI MINTÁK

A kutatás során különböző termőterületekről (Brazília, Guatemala, India és Kolumbia) származó arabica (*Coffea arabica*) zöldkávé mintákat használtunk fel. A brazil kávé jellemzője a lágy íz, alacsony savtartalom, míg a Guatemalában termesztett kávé erősen savas, telt, fűszeres ízű. Az Indiában termesztett kávéra jellemző az édes, lágy íz és az alacsony savtartalom. Kolumbia magasan fekvő ültetvényein lágy, telt ízű, alacsony savtartalmú kávé természetek kifejezetten arabica fajtából.

MINTA-ELŐKÉSZÍTÉS - A KÁVÉ PÖRKÖLÉSE

A zöldkávé pörkölése a Gene Café cég (Genecafe, Dél-Korea) által forgalmazott zöldkávébab-pörköltő berendezéssel történt. A különböző pörkölési paramétereket az **1. táblázatban** foglaltuk össze.

1. táblázat. Pörkölési módok jellemző paraméterei
Table 1. Characteristic parameters of roasting methods

Pörkölési mód Roasting method	Hőmérséklet, °C Temperature, °C	Pörkölési idő, perc Roasting time, min
Bécsi pörkölés / Viennese roasting	230	15
Francia pörkölés / French roasting	240	17
Olasz pörkölés / Italian roasting	240	19.5

MÉRÉSI MÓDSZER - FT-NIR

A spektrumokat minden minta esetében a Bruker MPA™ típusú FT-NIR/NIT (Bruker Ettlingen, Németország) készülékel vettük fel. A készülék 12 500 – 4000 cm⁻¹ hullámszám tartományban működik. A spektrumok felvétele a készülék OPUS 7.2. (Bruker, Ettlingen, Németország) saját programjával történt. Minden mintáról három párhuzamos felvétel készült. A szilárd mintákról diffúz-reflexiós mérési móddal, a folyadékmintákról termosztálható átfolyós küvetta (l=1 mm) segítségével vettük fel a spektrumot.

STATISZTIKAI MÓDSZEREK

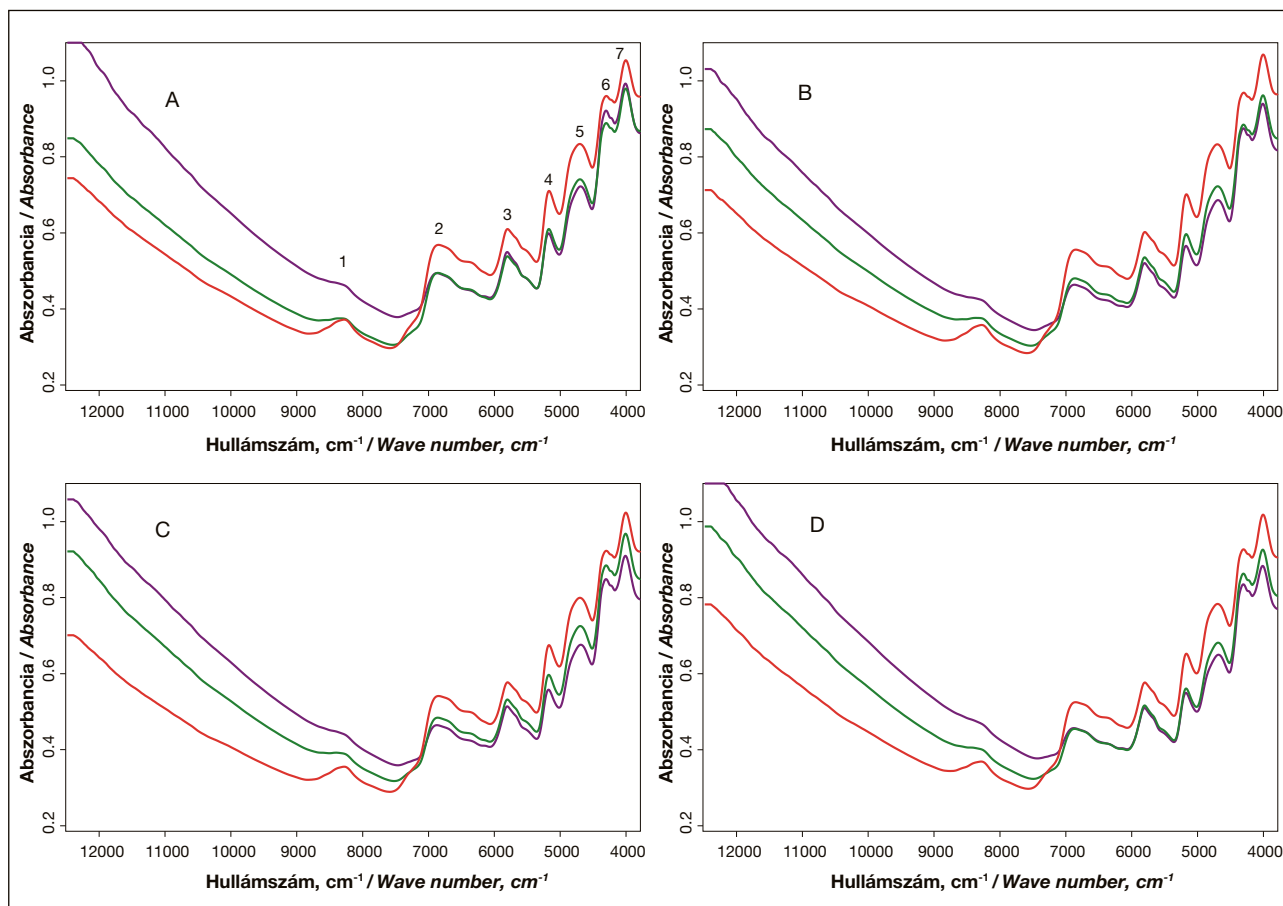
A minták elkülönítéséhez nem felügyelt és felügyelt statisztikai módszereket alkalmaztunk. Nem felügyelt módszer a főkomponens analízis (principal component analysis, PCA), amely segítségével azt vizsgáltuk, hogy 95%-os konfidencia intervallumot figyelembe véve egy mintahalmaznak tekinthetjük-e a mintáinkat. Így a későbbiek során a felügyelt lineáris diszkriminancia-analízis (linear discriminant analysis, LDA) elvégzésekor értelmezett csoportok valóban a sikeres mintázatfelismerés eredményének

köszönhetőek és nem az eltérő mintamátrixnak. Az LDA célja olyan diszkrimináns-függvények létrehozása, amelyek a független változók lineáris kombinációjaként a függő változó kategóriáit a legjobban szétválasztják. Első lépésként a változók csökkentése céljából főkomponens elemzést hajtottunk végre, amely segítségével az eredeti több mint ezer változó számát redukáltuk. Mind a szemes és őrölt, mind a kávéital vizsgálata esetén 20 faktort alakítottunk ki, amelyek segítségével a mintázat-felismerést végrehajtottuk. A PCA- és az LDA-vizsgálatokat Statistica 8.0 (StatSoft, Tulsa, Oklahoma, USA) szoftverrel végeztük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

FT-NIR-SPEKTRUMOK ÉRTÉKELÉSE

A négy termőhelyről származó (Kolumbia, Guatemala, India és Brazília) kávéminták mind a szemes, mind az őrölt és a főzött formájáról felvettük az FT-NIR spektrumokat. A **1. ábrán** mutatjuk be a különböző helyről származó szemeskávé minták pörkölési módtól függő spektrumait.



1. ábra. Különböző termőhelyekről származó, különböző módon pörkölt szemes kávéminták FT-NIR-spektruma (■ bécsi pörkölés, ■ francia pörkölés, ■ olasz pörkölés) (A = Kolumbia, B = Guatemala, C = India, D = Brazília)
 Figure 1 FT-NIR spectra coffee bean samples from different growing areas, roasted using different methods. (■ Viennese roast, ■ French roast, ■ Italian roast) (A = Colombia, B = Guatemala, C = India, D = Brazil)

Az **1. ábrán** számokkal jelöltük a jellegzetes elnyelési csúcsokat, amelyek minőségi kiértékelését a **2. táblázatban** foglaltuk össze. A csúcsok azonosításához irodalmi adatokat használtunk fel [9].

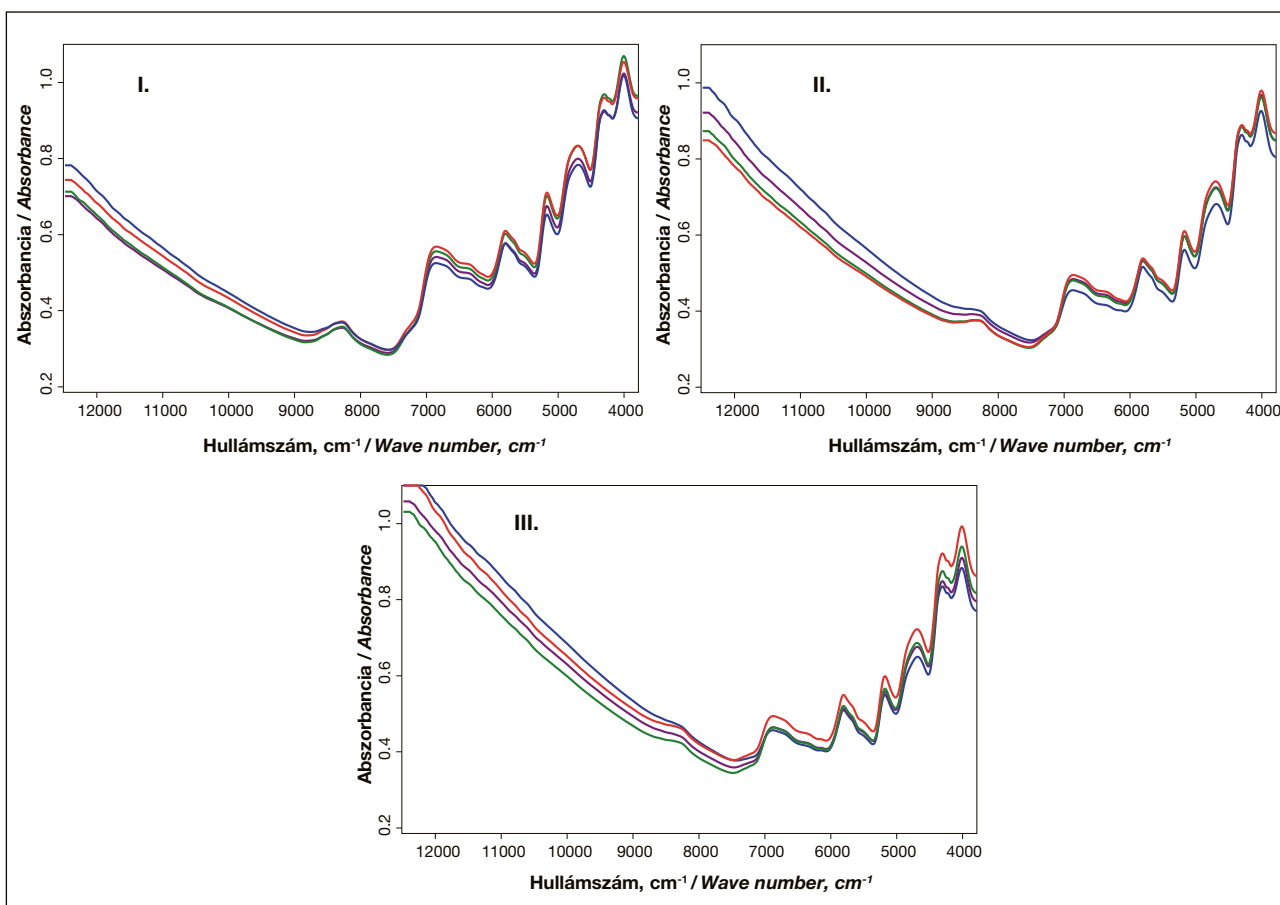
A spektrumokat összevetve látható, hogy jelentős az alapvonal-eltolódás. Ez elsősorban a szemcsék eltérő méretéből adódik, de érdemes megfigyelni, hogy mind a négy mintánál azonos a görbék sorrendje, a legmagasabban az olasz pörkölésű minta spektruma fut. Ez a jelenség már nem csak a szemcsemérettel van összefüggésben, hanem azzal a jelenséggel

is, hogy ennél a pörkölésnél a szemcsék felületén jelentős olajréteg található, emiatt fényszórás lép fel.

A pörkölési módok összehasonlításakor (**2. ábra**) a 8500 - 8200 cm^{-1} valamint a 7200 - 7100 cm^{-1} területek karakterisztikájában látható jelentős eltérés, amelyet az alifás szénhidrogének eltérő jelenlétével tudunk magyarázni. A bécsi pörkölés a legkíméletesebb eljárás, ez károsítja legkevésbé a szerves komponenseket, feltételezésünk szerint ez okozza a karakterisztikus eltérést. A 4700 - 4000 cm^{-1} területen jelentkező csúcsok a minta fehérje-,

2. táblázat. Jellegzetes elnyelési csúcsok azonosítása
Table 2. Identification of characteristic absorption peaks

	Hullámszám, cm^{-1} Wave number, cm^{-1}	Vegyület csoport/család Compound group/family
1	8300-8000	Szénhidrogének / Hydrocarbons
2	6900-6700	Víz, aromás amin, cukrok / Water, aromatic amines, sugars
3	5900-5700	Rost anyagok, ketonok / Fiber substances, ketones
4	5200-5000	Víz / Water
5	4700-4500	Lipidek, keményítő / Lipids, starch
6	4400-4200	Fehérje, olajok, zsírok / Proteins, oils, fats
7	4000	Poliszacharidok / Polysaccharides



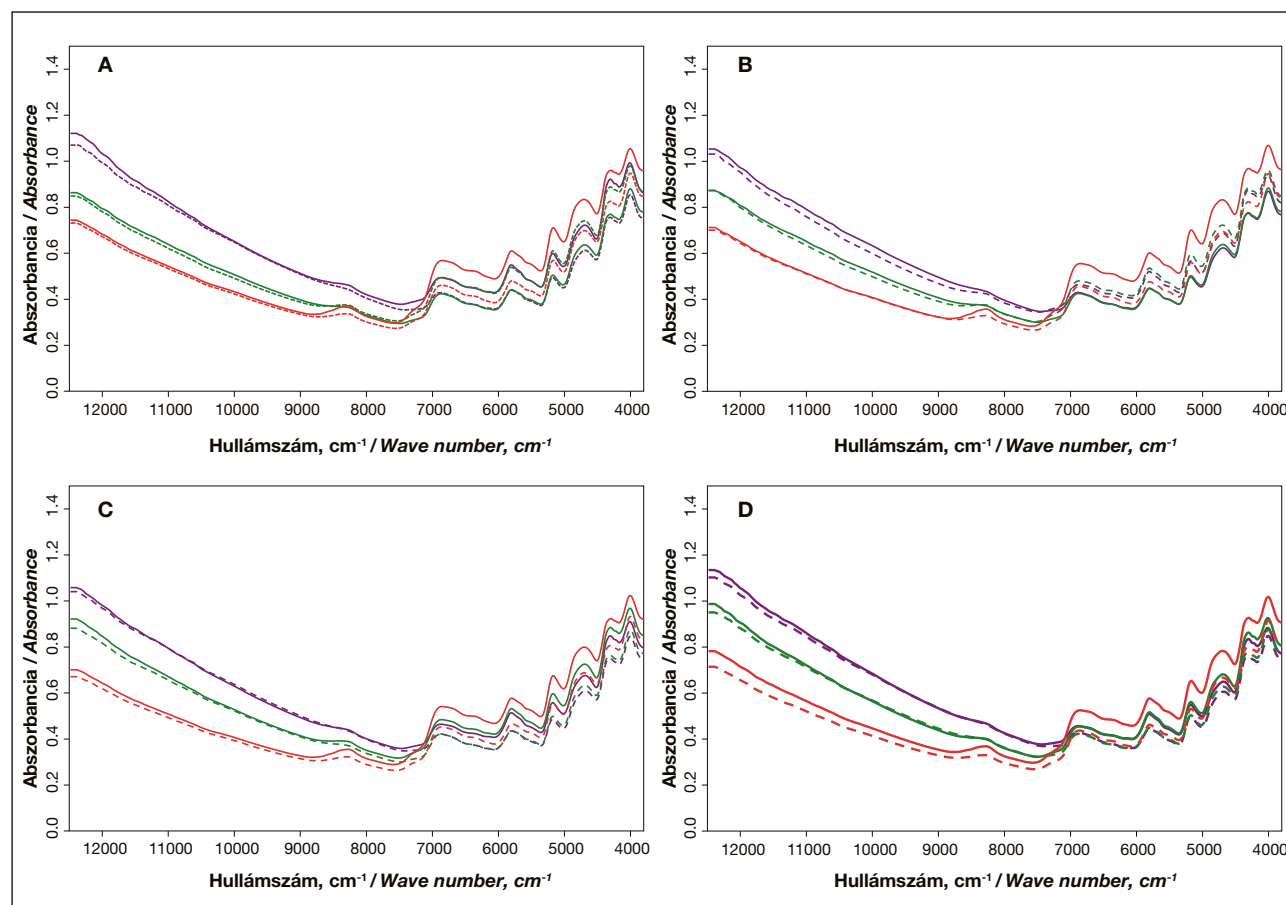
2. ábra. Különböző pörkölési technikával előkészített minták FT-NIR-spektruma.
(■ Kolumbia, ■ Guatemala, ■ India, ■ Brazília) (I = bécsi pörkölés, II = francia pörkölés, III = olasz pörkölés)
Figure 2 FT-NIR spectra of samples prepared using different roasting methods.
(■ Colombia, ■ Guatemala, ■ India, ■ Brazil) (I = Viennese roast, II = French roast, III = Italian roast)

zsír/olaj-, szénhidrát- valamint rost- és cellulóz-tartalmával vannak összefüggésben. Éppen ez a terület az, amelyen jól látható eltérés tapasztalható a pörkölési módok között. A bécsi pörkölésű mintáknál elsősorban magasságbeli eltérés figyelhető meg, ez azonban már nem csak a szemcsemérettel van összefüggésben, hanem a koncentrációval is. Mennyiségi következtetéseket nem tudunk levonni a spektrumképből, de azt megállapíthatjuk, hogy a kolumbiai és guatemalai, illetve az indiai és brazil minták spektruma van együtt, feltételezhetjük ez alapján, hogy ezen mintákat hasonló fehérje- és zsírtartalom jellemzi.

A francia pörkölésű kávék esetében 8300-8100 cm^{-1} hullámszámhoz tartozó csúcs tompul, így arra következtethetünk, hogy az itt jelenlévő alifás

szénhidrogének már kevésbé detektálhatók. Az olasz pörkölés során éri a mintákat a legintenzívebb hőhatás. Hőmérsékletben nincs változás, viszont a pörkölés időtartamában igen. Az alifás szénhidrogének jele itt már szinte beleolvad a spektrumba. Az erőteljesebb pörkölési módok hatására jelentős minőségi és mennyiségi változás következik be a fehérje-, zsír/olaj- és szénhidrát-tartalomban. Ez a jellegzetes elváltozás a spektrumnál is látható 4700-4000 cm^{-1} hullámszám tartományban.

A szemes és őrölt minták FT-NIR spektrumait is összevetettük (**3. ábra**). A spektrumok karakterisztikája a vártnak megfelelően, hasonlóan alakulnak. Jellemzően alacsonyabban fut az őrölt minták spektruma, ami egyértelműen a szemcsemérettel függ össze.

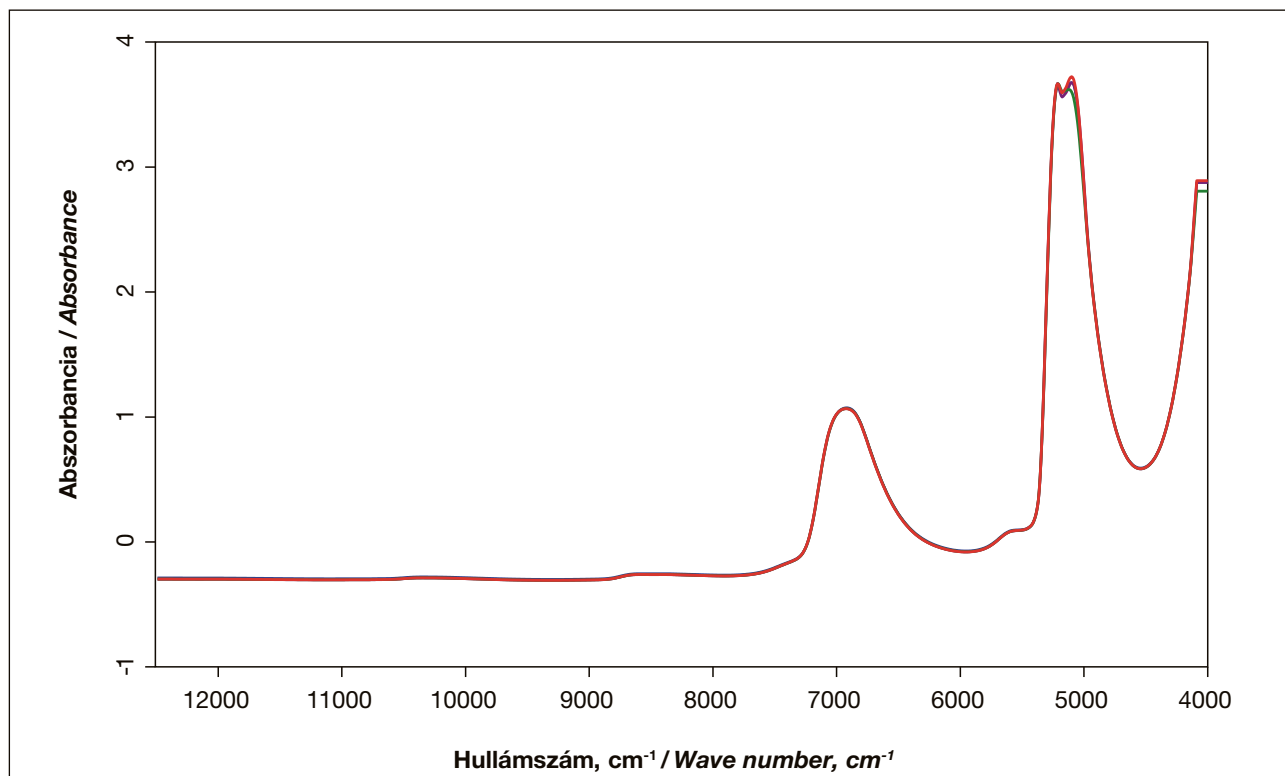


3. ábra. Különböző pörkölésű szemes (–) és őrölt (...) kávéminták FT-NIR-spektruma.
 (■ bécsi pörkölés, ■ francia pörkölés, ■ olasz pörkölés) (A = Kolumbia, B = Guatemala, C = India, D = Brazília)
 Figure 3 FT-NIR spectra of differently roasted coffee bean (–) and ground coffee (...) samples.
 (■ Viennese roast, ■ French roast, ■ Italian roast) (A = Colombia, B = Guatemala, C = India, D = Brazil)

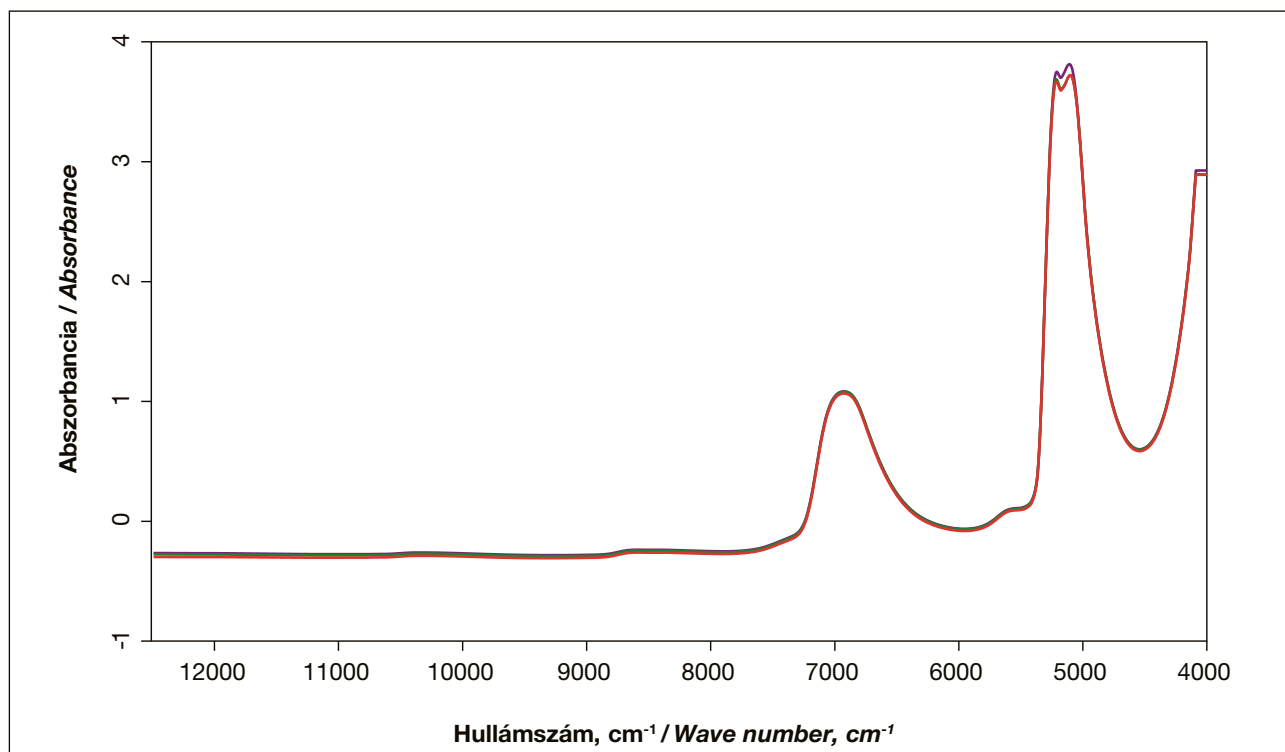
A kávéital FT-NIR-vizsgálata során a különböző eredetű és különböző pörkölésű mintákból azonos technológiai eljárással főzött kávéitalok pörkölési mód és termőhely szerinti ábráján (4. és 5. ábra) a transzmissziós mérési mód jellegzetes spektrumait

láthatjuk egy-egy példán bemutatva.

Ahogy az várható volt, a jellegzetes vízcsúcsok (7000–6800 illetve 5200–5150 cm^{-1}) gyakorlatilag minden egyéb információt letakarnak.



4. ábra. Különböző eredetű bécsi pörkölésű kávéitalok FT-NIR spektrumai
(■ Kolumbia, ■ Guatemala, ■ India, ■ Brazília)
Figure 4 FT-NIR spectra of Viennese roast coffee drinks of different origin.
(■ Colombia, ■ Guatemala, ■ India, ■ Brazil)



5. ábra. Kolumbiai kávéminták különböző pörköléséből származó kávéital FT-NIR-spektrumai.
(■ bécsi pörkölés, ■ francia pörkölés, ■ olasz pörkölés)
Figure 5 FT-NIR spectra of coffee drinks prepared from differently roasted Colombian coffee.
(■ Viennese roast, ■ French roast, ■ Italian roast)

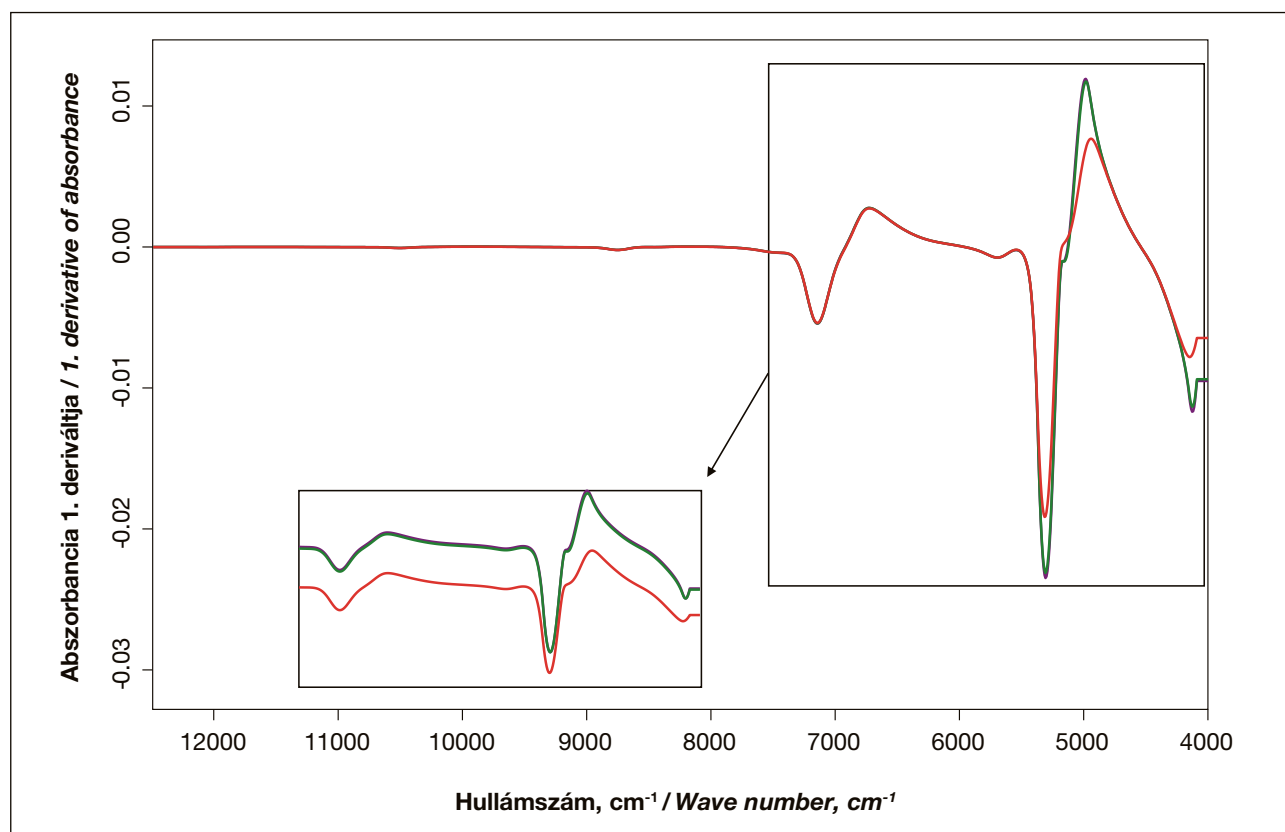
A hagyományos transzmissziós spektrumok alapján sem az azonos pörkölési módú, de eltérő származási helyű, sem az azonos származási helyű, de eltérő pörkölési módú minták spektrumai között nem észlelhető eltérés. A hagyományos spektrumok helyett ilyenkor érdemes azok deriváltját is megvizsgálni. A termőhelyek tekintetében az első derivált ábra sem mutatott eltérést, de a pörkölési módok esetében már látható különbség (6. ábra). Az enyhe mértékű bécsi és az erélyesebb körülményekkel jellemezhető francia és olasz pörkölési mód között

a 4900 - 5190 cm^{-1} területen jelentkező eltérés a vízdoldható poliszacharidokkal, valamint a fehérje- és zsírkomponensekkel van összefüggésben.

FT-NIR-ADATOK STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉSE

Főkomponens elemzés - PCA

A szemes minták főkomponens-elemzése során megállapítottuk, hogy két főkomponens magyarázza a változók variációját (PC1=86,96%, PC2=12,2%).

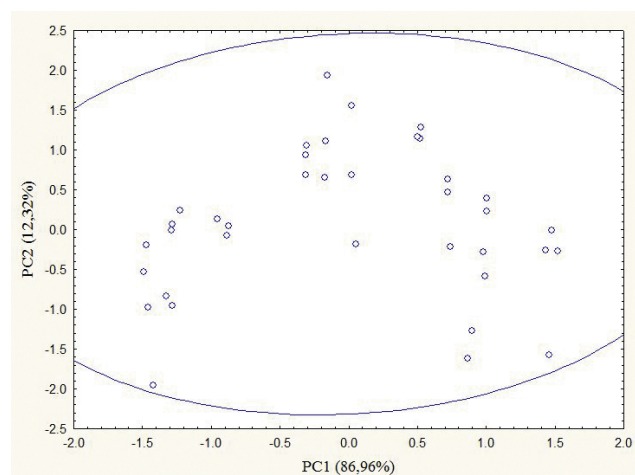


6. ábra. Guatemalai kávé különböző pörköléséből előállított kávéitalok első derivált FT-NIR-spektrumai.

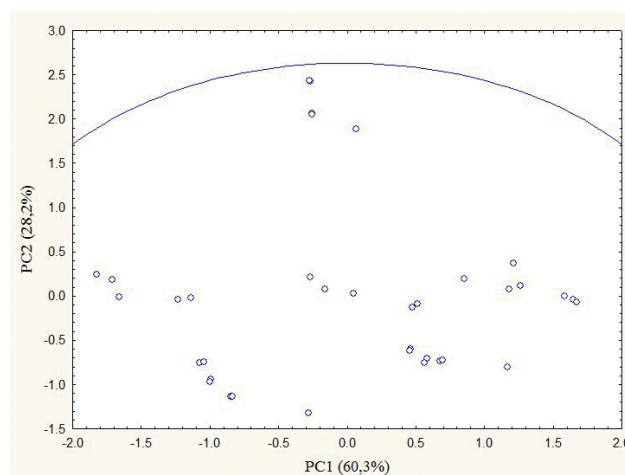
(■ bécsi pörkölés, ■ francia pörkölés, ■ olasz pörkölés)

Figure 6 First derivatives of FT-NIR spectra of coffee drinks prepared from differently roasted Guatemalan coffee.

(■ Viennese roast, ■ French roast, ■ Italian roast)



7. ábra. Szemes minták PCA-eredménye.
Figure 7 PCA result of coffee bean samples.



8. ábra. Őrölt minták PCA-eredménye.
Figure 8 PCA result of ground samples.

Az ellipszis a 95%-os konfidencia-intervallumot jelöli. Minden minta a konfidencia intervallumon belül található, ami azt jelenti, hogy a szemes minták, függetlenül a származási helytől és pörkölési módtól, egy mintamátrixnak tekinthetők (**7. ábra**).

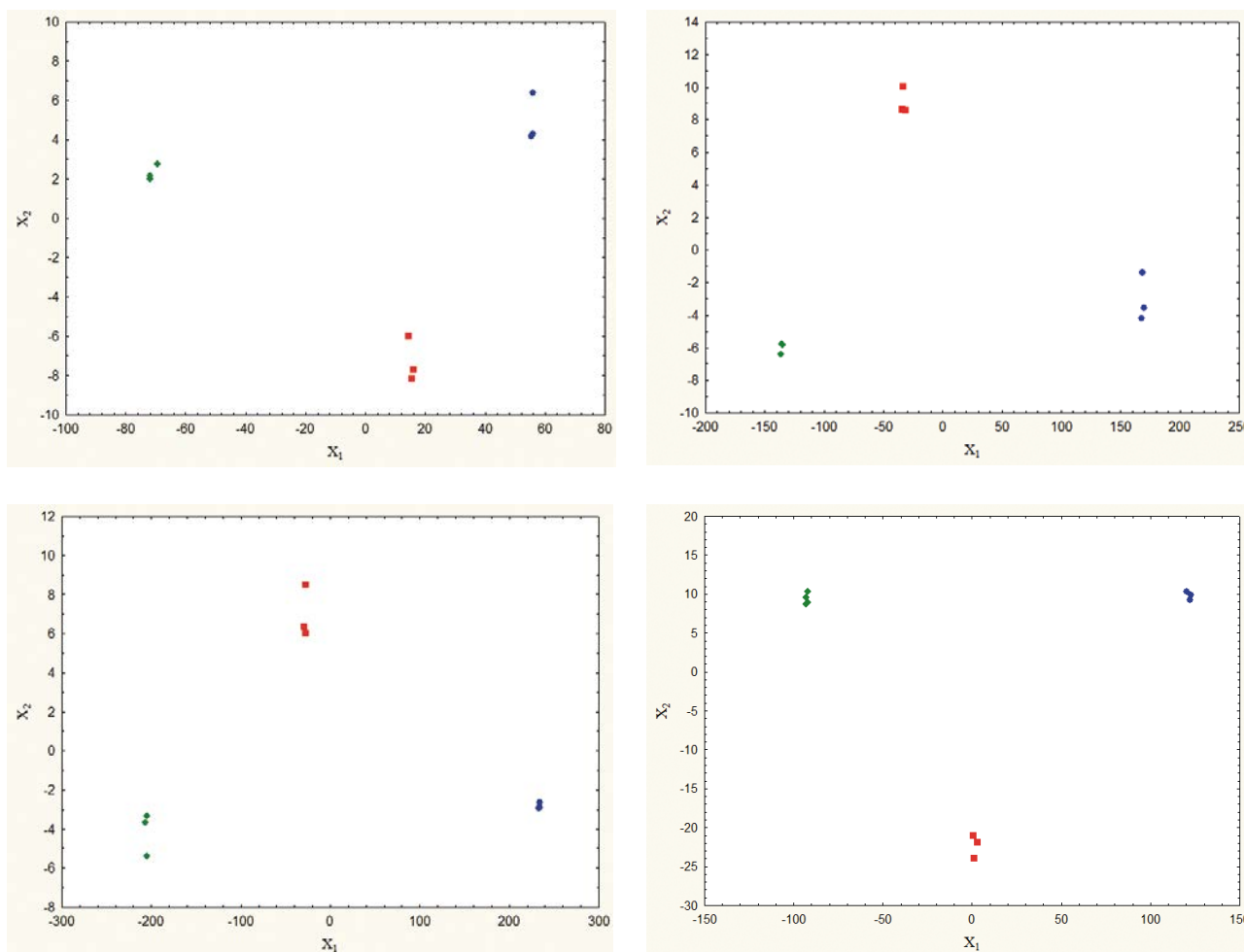
Őrölt minta esetében három főkomponenst határoztunk meg (PC1=60,3%, PC2=28,2%, PC3=6,2%), és ebben az esetben is megállapítható, hogy a 95%-os konfidencia intervallumot jelölő ellipszisen belül található minden minta. Ebben az esetben is igaz, hogy az őrölt minták – függetlenül a származási helytől és a pörkölési módtól – egy mintamátrixnak tekinthetők (**8. ábra**). Az őrölt minták esetében példaként a PC1 – PC2 összefüggést mutatjuk be.

Szemes minták csoportosítása - LDA

A lineáris diszkriminancia-elemzést (LDA) minden származási hely, minden pörkölési módjára vonatkozóan elvégeztük. A **9. ábrán** a szemes kávé elemzésének LDA-összefüggéseit mutatjuk be a különböző pörkölési módok alapján. Megállapíthatjuk, hogy a háromféle pörkölési mód tökéletesen elkülönül

egymástól (a 95%-os konfidencia intervallumot szemléltető ellipszist a jobb áttekinthetőség miatt itt nem ábrázoltuk). Az-LDA vizsgálatok minden esetben ellenőrzést igényelnek, ezt a legegyszerűbben egy véletlenszerű csoportosításon futtatott újbóli osztályozással lehet végrehajtani. Amennyiben a véletlenszerű besorolás összekeveredett pontokat eredményez, akkor kijelenthető, hogy az eredeti csoportosítás nem a véletlennek tudható be. Ezt az ellenőrzést minden esetben elvégeztük, s az eredmény alapján megállapíthatjuk, hogy a mintázat-felismerés szemes minták vizsgálatánál a pörkölési módok vizsgálatában sikeres volt.

Az LDA-vizsgálatot elvégeztük a származási hely szempontjából is. A **10. ábra** eredményei azt mutatják, hogy a kolumbiai és a guatemalai minták 95%-os konfidencia szinten elkülönülnek egymástól, de az indiai és a brazil mintacsoportok átfedést mutatnak. Ebben az esetben is elvégeztük az LDA ellenőrzését az előzőekben bemutatott véletlen besorolással, amely eredményeként megállapítottuk, hogy a származási hely szerinti csoportosítás sikeresnek bizonyult.



9. ábra. Különböző termőterületről származó szemes kávéminták LDA vizsgálata a pörkölési mód szerint. (• bécsi pörkölés, ■ francia pörkölés, ◆ olasz pörkölés) (A = Kolumbia, B = Guatemala, C = India, D = Brazília)
Figure 9 LDA test of coffee bean samples from different growing areas by roasting method.
(• Viennese roast, ■ French roast, ◆ Italian roast) (A = Colombia, B = Guatemala, C = India, D = Brazil)

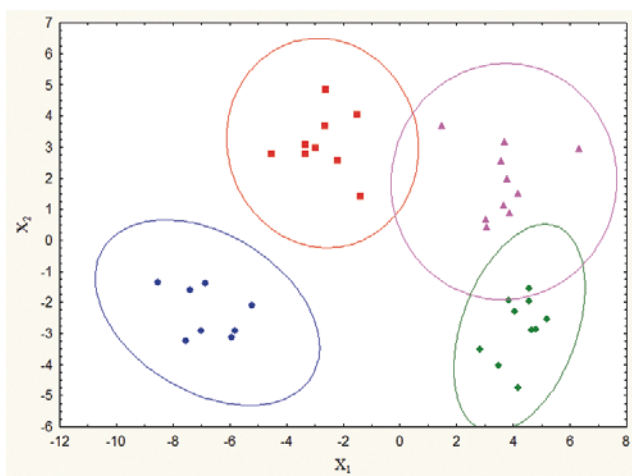
A pörkölési mód szerinti elkülönítéshez további LDA-vizsgálatokat végeztünk szemes mintákon, ezek alapján a minták tökéletesen elkülönültek a pörköltségi szintnek megfelelően (**11. ábra**). Az LDA-ellenőrzése ebben az esetben is alátámasztotta a sikeres mintázat-felismerést.

Őrölt minták csoportosítása - LDA

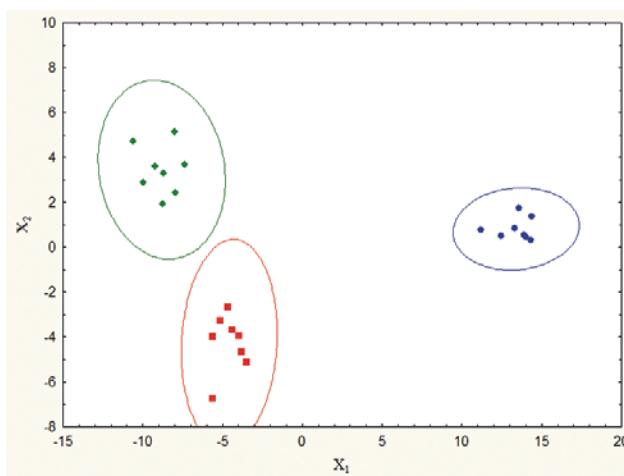
Az őrölt minták esetében is elvégeztük a pörkölési módtól (**12. ábra**) és a származási helytől (**13. ábra**) függő csoportosítást LDA-módszerrel. A pörkölési mód

alapján a szemes mintákhoz hasonlóan minden minta elkülönült, ezzel alátámasztottuk, hogy az FT-NIR-mérést nem befolyásolja a pörkölt kávé szemcsemérete (**12. ábra**). Mivel minden termőhely esetén hasonló eredményt kaptunk, a **12. ábrán** csak a guatemalai őrölt kávé minták eredményeit mutatjuk be.

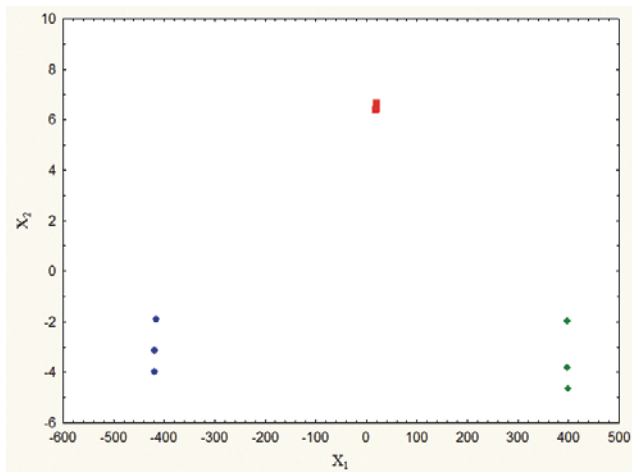
A termőterület szerint végzett LDA-vizsgálat őrölt minták alapján azt mutatta, hogy az egyes termőterületek 95%-os konfidencia-intervallumon teljesen elválaszthatók egymástól, hibás besorolás nincs (**13. ábra**).



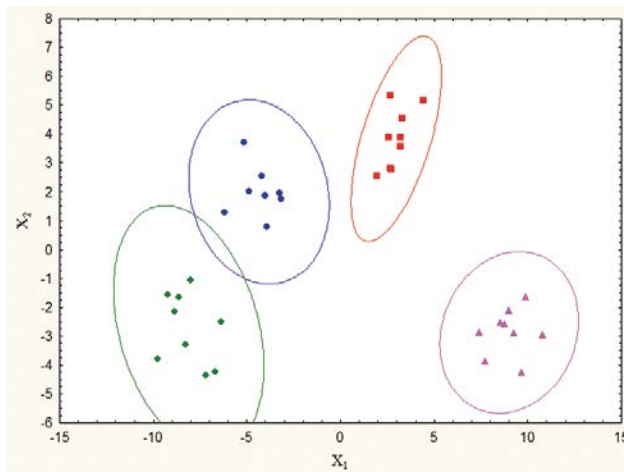
10. ábra. Szemes kávéminták LDA vizsgálata származási hely szerint.
 (• Kolumbia, ■ Guatemala, ▲ Brazília, ◆ India)
 Figure 10 LDA test of coffee bean samples by place of origin.
 (• Colombia, ■ Guatemala, ◆ Brazil, ▲ India)



11. ábra. Szemes kávéminták LDA vizsgálata pörkölési mód szerint.
 (• bécsi pörkölés, ■ francia pörkölés, ◆ olasz pörkölés)
 Figure 11 LDA test of coffee bean samples by roasting method.
 (• Viennese roast, ■ French roast, ◆ Italian roast)



12. ábra. Őrölt guatemalai kávé LDA-eredménye – pörkölési mód szerint.
 (• bécsi pörkölés, ■ francia pörkölés, ◆ olasz pörkölés)
 Figure 12 LDA test of ground Guatemalan coffee by roasting method.
 (• Viennese roast, ■ French roast, ◆ Italian roast)



13. ábra. Őrölt minták LDA vizsgálata származási hely szerint.
 (• Kolumbia, ■ Guatemala, ▲ India, ◆ Brazília)
 Figure 13 LDA test of ground samples by place of origin.
 (• Colombia, ■ Guatemala, ▲ India, ◆ Brazil)

Kávéitalok csoportosítása - LDA

A kávé főzése után az egyes pörkölési módok már nem választhatók szét 95%-os konfidencia szinten. Az LDA alapján (**14. ábra**) azonban az itt is látható, hogy a francia és olasz pörkölés mérési pontjai közelebb helyezkednek el egymáshoz, szinte átfednek. Ellenben a bécsi pörkölés mintái jobban elkülönülnek.

Az egyes termőhelyekről beszerzett kávék főzetének vizsgálati eredményei azt mutatják, hogy az indiai és guatemalai minta konfidencia-ellipszisei teljesen átlapolnak, vagyis ezek a csoportok nem különíthetők el egymástól (**15. ábra**). Ebből arra következtethetünk, hogy a két termőhely között nagy a hasonlóság, amit akár okozhat az azonos összetételű termőföld és hasonló feldolgozási mód is.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az eredményeink alapján megállapítható, hogy az FT-NIR-módszer alkalmas a különböző termőterületről származó *Coffea arabica* szemeskávé-őrlemények és italok termőhely és pörkölési mód szerinti elkülönítésére. A spektrumok alapján illesztett lineáris diszkriminancia-elemzés modellek a pörkölési módokat tökéletesen, a termőhelyet kis hibával különítették el szemes és őrölt minták esetében. A kávéital elemzése során azonban csak a két szélső

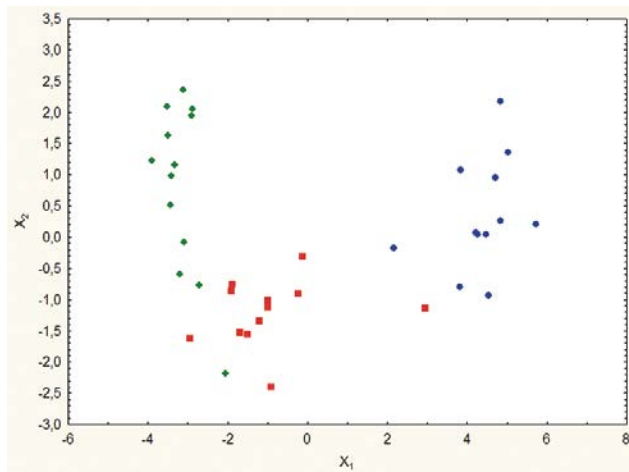
pörkölési szintet tudtuk elkülöníteni, a termőhely szerint futtatott vizsgálat alapján több átfedés is tapasztalható. Feltételezhető, hogy minél inkább feldolgozott az adott termék, annál nehezebben működik a munkánk során alkalmazott technika, amely így további vizsgálatokat igényel. Kávéitalok esetében számolnunk kell azzal, hogy az FT-NIR vízre való érzékenysége jelentősen befolyásolhatja a mérés eredményeit.

A kávéitalok pontos elemzéséhez célszerű nagyműszeres analitikai mérések alkalmazása, pl.: GC-MS [10, 11, 12]. A kávéitalok érzékszervi minősítése további információkkal szolgálhat akár képzett [13, 14], akár fogyasztói érzékszervi bírálatokkal [15, 16], vagy a műszeres és érzékszervi adatok kombinált értékelésével [17].

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

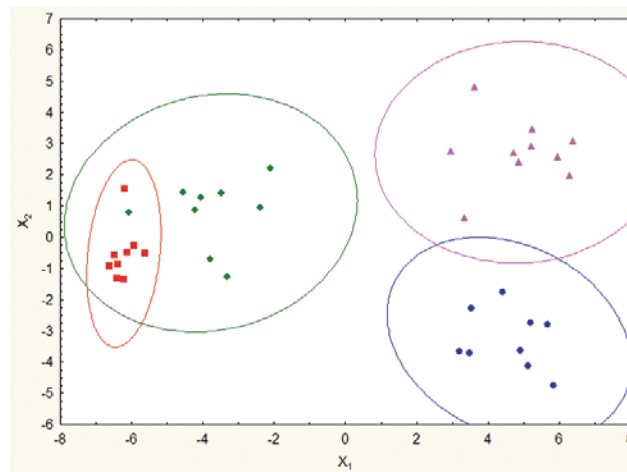
A szerzők köszönetüket fejezik ki a Szent István Egyetem Élelmiszertudományi Doktori Iskola támogatásáért, valamint Szongoth Jánosnak és a Semiramis Kft.-nek a zöldkávéminták biztosításáért és szakmai tanácsaikért.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósult meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005).



14. ábra. Kávéital LDA-vizsgálata pörkölési mód szerint.

(• bécsi pörkölés, ■ francia pörkölés, ◆ olasz pörkölés)
Figure 14 LDA test of coffee drinks by roasting method.
(• Viennese roast, ■ French roast, ◆ Italian roast)



15. ábra. Kávéital LDA-vizsgálata származási hely szerint.

(• Kolumbia, ■ Guatemala, ▲ Brazília, ◆ India)
Figure 15 LDA test of coffee drinks by place of origin.
(• Colombia, ■ Guatemala, ▲ India, ◆ Brazil)