

SZAKDOLGOZAT

Veress Márk Szabaszián

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Csokoládé-, kávé-, teakészítő mester Képzés

Kávé vizsgálati módszerek szakirodalmi feldolgozása

Veress Márk Szabaszián

Budapest

2023

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Szak neve: **Csokoládé-, kávé-, teakészítő mester szakmérnök / szaktanácsadó szakirányú továbbképzési szak**

Szakkolgozat készítés helye: Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék

Hallgató: **Veress Márk Szabaszián**

A szakkolgozat címe: **Kávé vizsgálati módszerek szakirodalmi feldolgozása**

Konzulens: **Dr. Fodor Marietta**

Külső konzulens esetén tanszéki felelős

Beadás dátuma: 2023. május.3.



Dr. Abrankó László
szakkolgozat készítés helyének vezetője



Dr. Fodor Marietta
konzulens

Badakné dr. Kerti Katalin
szakfelelős

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	1
2. A KUTATÁS CÉLJA.....	2
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	3
3.1. A kávé összetétele, hatása az emberi szervezetre.....	3
3.2. Kávé mintavétel és előkészítés.....	3
3.2.1. <i>A mintavétel fontossága és módszerei</i>	3
3.2.2. <i>A kávéminták előkészítése a vizsgálatokhoz</i>	4
3.3. Fizikai tulajdonságok vizsgálati módszerei.....	5
3.3.1. <i>Szín vizsgálata</i>	5
3.3.2. <i>Szemcseméret vizsgálata</i>	6
3.3.3. <i>Nedvességtartalom</i>	7
3.4. Kémiai tulajdonságok vizsgálati módszerei.....	7
3.4.1. <i>Klorogénsavak meghatározása</i>	7
3.4.2. <i>Koffein tartalom meghatározása</i>	8
3.4.3. <i>Polifenol komponensek meghatározása</i>	10
3.4.4. <i>Arabica és robusta kávé megkülönböztetése</i>	10
3.4.5. <i>Hamisítás, eredetazonosítás</i>	11
3.5. Érzékszervi vizsgálati módszerek.....	18
3.5.1. <i>Kóstolás és illatvizsgálat: érzékszervi panel és protokollok</i>	18
3.5.2. <i>Érzékszervi profilozás és minősítés</i>	19
3.6. Kávéfeldolgozás és minőségbiztosítás.....	21
3.6.1. <i>A pörkölés hatása a kávé minőségére és összetételére</i>	21
3.6.2. <i>A kávéiparban alkalmazott minőségbiztosítási módszerek</i>	23
4. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSE.....	26
5. JAVASLATOK.....	28
IRODALMI HIVATKOZÁS.....	29
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	29

1. BEVEZETÉS

A kávé a világ egyik legnépszerűbb itala, amely hatalmas gazdasági hatással bír. A globális kávékereskedelem éves forgalma több milliárd dollárt tesz ki, és több mint 25 millió embernek biztosít megélhetést világszerte (Talbot, 2004). Az elmúlt évtizedekben a kávéfogyasztás világszerte növekedett, és új kávészakértői szubkultúrák alakultak ki, amelyek egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a kávé minőségére és fenntarthatóságára (Ponte, 2002).

Az Arabica és a Robusta kávébabok a két leggyakrabban termesztett fajta, amelyek közül előbbit általában magasabb minőségűnek és ízletesebbnek tartják (ICO, 2021). A kávétermesztés a trópusi országokban koncentrálódik, a legnagyobb kávétermelő országok közé tartozik Brazília, Kolumbia, Vietnám és Indonézia (FAO, 2021). A kávétermelés és -kereskedelem egyes fejlődő országokban a GDP nagy részét teszi ki, ami rámutat a kávé globális gazdasági jelentőségére (Baffes és Lewin, 1999).

Az elmúlt évtizedekben a kávépiac liberalizációjának és a globális kereskedelemnek köszönhetően a kávéárak ára jelentős ingadozáson ment keresztül, ami befolyásolta a termelők jövedelmét és a kávéágazat stabilitását (Daviron és Ponte, 2005). A kávépiac instabilitása miatt a kávétermelők és -kereskedők egyre inkább a minőségi és fenntarthatósági jelzők és tanúsítványok (pl. Fair Trade, Rainforest Alliance, UTZ Certified) felé fordulnak, hogy növeljék a termék értékét és elősegítsék a fenntarthatóbb gyakorlatokat (Valkila, 2009).

Ezért a kávé vizsgálati módszereinek kutatása és fejlesztése kulcsfontosságú a kávé minőségének javítása, a fenntartható termelési gyakorlatok elősegítése és a gazdasági hatások megértése szempontjából.

2. A KUTATÁS CÉLJA

A kutatás célja a kávé vizsgálati módszereinek szakirodalmi áttekintése, annak érdekében, hogy jobban megértsük a kávé minőségét, összetételét és a feldolgozási folyamatokat. A kávéipar számos kihívással szembesül a minőség és a fenntarthatóság terén, így a vizsgálati módszerek kutatása és fejlesztése kulcsfontosságú a kávétermékek értékének növelése és a fenntarthatóbb termelési gyakorlatok elősegítése érdekében (Ponte, 2002).

A kávé minősége számos tényezőtől függ, beleértve a kávébabok eredetét, a termesztési és feldolgozási körülményeket, valamint a pörkölés és készítés módját (Illy és Viani, 2005). A vizsgálati módszerek segítenek azonosítani és megérteni a kávé összetételét, amely befolyásolja az ízét, az aromáját és az emberi szervezetre gyakorolt hatásait (Farah, 2012). Az analitikai módszerek, például a kromatográfia és a spektroszkópia, lehetővé teszik a kávé különböző vegyületeinek (mint például a koffein, a klorogénsavak és az aromaanyagok) mennyiségi és minőségi elemzését (Clarke és Vitzthum, 2001).

A vizsgálati módszerek fejlesztése hozzájárulhat a kávé minőségének javításához és a kávéfeldolgozás optimalizálásához, továbbá elősegítheti a fenntartható termelési gyakorlatokat, például a környezeti hatások csökkentését és a termelők jövedelmének növelését (Giovannucci és Koekoek, 2003). Ezenkívül a vizsgálati módszerek segíthetnek az élelmiszerbiztonság és a minőségbiztosítás területén, például a mikrobiológiai és toxikológiai kockázatok felmérésében (Wintgens, 2004).

A kávé vizsgálatával kapcsolatosan igen széles spektrumú a szakirodalom. Ennek teljes feldolgozására nincs lehetőség, ezért alapvetően a tulajdonságok vizsgálatán keresztül inkább csak szemléltetni szeretném néhány példán keresztül az analitikai eljárásokat.

A mikrobiológiai vizsgálatok nem képezik az analitikai módszerek részét, ezért ezek ismertetésére a dolgozatban nem térek ki.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A kávé összetétele, hatása az emberi szervezetre

A kávé összetétele rendkívül összetett, több ezer vegyületet tartalmaz, amelyek közül néhány az íz, az aroma és az emberi szervezetre gyakorolt hatások szempontjából kulcsfontosságú (Farah, 2012). A kávébabokban található főbb vegyületek közé tartoznak a koffein, a klorogénsavak, a trigliceridek, a szénhidrátok, az aminosavak, a fehérjék, a lipidek, az ásványi anyagok és a vitaminok (Clarke és Macrae, 1987).

A koffein a kávé legismertebb alkaloidja, amely stimuláló hatást gyakorol az emberi központi idegrendszerre, és hozzájárul a kávé élénkítő hatásához (Nehlig, 2018). A klorogénsavak a kávé legjelentősebb antioxidánsai, amelyek számos potenciális egészségügyi előnyt ígérnek, például a szív- és érrendszeri betegségek és a cukorbetegség kockázatának csökkentését (Ludwig et al., 2014).

A kávé összetevőinek hatásai az emberi szervezetre sokszínűek és összetettek. A koffein például stimulálja az idegrendszert, növeli az éberséget és a koncentrációt, és javíthatja a fizikai teljesítményt (Fredholm et al., 1999). Ugyanakkor a túlzott koffeinfogyasztás szorongást, álmatlanságot és szívritmuszavarokat okozhat (Nawrot et al., 2003).

A klorogénsavak és egyéb antioxidánsok számos potenciális egészségügyi előnyt ígérnek. Egyes tanulmányok szerint a kávé antioxidánsai javíthatják az inzulinérzékenységet, csökkenthetik a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát és elősegíthetik a máj egészségét (van Dam és Hu, 2005). Azonban további kutatásokra van szükség a kávé összetevőinek hosszú távú hatásainak pontosabb megértéséhez.

3.2. Kávé mintavétel és előkészítés

3.2.1. A mintavétel fontossága és módszerei

A mintavétel alapvető fontosságú a kávé vizsgálatában, mivel a megfelelő mintavétel és előkészítés lehetővé teszi a kávé összetételének és minőségének pontos és megbízható elemzését. A mintavétel során több tényezőt kell figyelembe venni, mint például a minta típusát, a mintavételi helyet, a mintavételi módszereket és az időzítést (Pérez-Martínez et al., 2008).

A kávé mintáinak előkészítésekor fontos, hogy a minták reprezentatívak legyenek a vizsgálandó egész populációra, és megőrizték a kávé eredeti összetételét és tulajdonságait (Siantar et al., 1999). A kávé mintavételének módszerei között szerepel a véletlenszerű mintavétel, a stratifikált mintavétel és a csoportos mintavétel (Gloess et al., 2013).

A véletlenszerű mintavétel módszere során a mintákat véletlenszerűen választják ki a kávépopulációból, ami csökkenti a mintavételi torzítást és növeli az elemzés pontosságát (Pérez-Martínez et al., 2008). A stratifikált mintavétel során a kávépopulációt különféle csoportokra osztják, például termesztési területek szerint, majd minden csoportból véletlenszerűen választanak mintákat (Gloess et al., 2013). A csoportos mintavétel során a mintákat egy adott csoporton belül választják ki, például egy kávéültetvényen belül (Siantar et al., 1999).

Az időzítés is fontos tényező a kávé mintavételében, mivel a kávé összetétele és minősége változhat az idő elteltével, például a pörkölés és a tárolás során (Caporaso et al., 2018). A mintavétel során javasolt a minták gyors előkészítése és analízise, hogy minimalizálják az összetételbeli változásokat és az esetleges kontaminációt (Pérez-Martínez et al., 2008).

3.2.2. A kávéminták előkészítése a vizsgálatokhoz

A kávéminták megfelelő előkészítése elengedhetetlen a pontos és megbízható eredmények elérése érdekében. A kávéminták előkészítése több lépésből áll, beleértve a minta előkészítést, az előkezelést és a minta extrakciót (Fisk et al., 2014).

A kávéminták előkészítése során figyelembe kell venni a minta típusát (zöld vagy pörkölt kávébab, őrölt kávé vagy főzött kávé) és a vizsgálat célját. A kávémintákat általában megfelelő szemcseméretűre őrlik, hogy biztosítsák a minta homogenitását és a mérések pontosságát (Toledo et al., 2016).

Az előkezelés során a kávémintákból eltávolítják a szennyeződések és a nem kívánt összetevőket, például a zsirokat és a fehérjéket. Az előkezelési módszerek közé tartozik a szűrés, a centrifugálás és a szárítás (Caporaso et al., 2018).

A kávémintákból a különféle összetevőket extrakcióval kivonják, amelyeket azután különböző analitikai módszerekkel, például kromatográfiás eljárással, spektroszkópiai vagy tömegspektrometriás módszerrel elemezhetnek. A minta extrakciós módszerei közé tartozik a szilárd-fázisú extrakció (SPE), a folyékony-fázisú extrakció (LLE) és a szuperkritikus folyadék extrakció (SFE) (Farah, 2012).

Az előkészítési módszerek és a minta extrakció hatékonysága nagyban függ a kávé típusától, az összetevők koncentrációjától és a vizsgálat céljától. A megfelelő előkészítési és extrakciós módszerek kiválasztása elengedhetetlen a kávéminták vizsgálatának megbízhatósága és reprodukálhatósága érdekében (Fisk et al., 2014).

3.3. Fizikai tulajdonságok vizsgálati módszerei

3.3.1. Szín vizsgálata

A kávé fizikai jellemzőinek vizsgálata fontos a termék minőségének és jellemzőinek megértése érdekében

A kávé színének vizsgálatára különböző spektrofotometriai módszerek alkalmazhatók. A szín fontos paraméter a kávé minőségének és pörkölési fokának meghatározásában, mivel a szín változik a pörkölés során.

Avelino et al. (2005) a termesztési körülmények közül a lejtő kitettségének, a tengerszint feletti magasságnak és a hozamnak a kávé minőségére gyakorolt hatását vizsgálták Costa Ricában két különböző termesztési területen. A szerzők spektrofotometriai módszereket alkalmaztak a kávé színének meghatározására. Az eredmények rámutattak, hogy a magasabb területeken termesztett kávé jelentősen világosabb színű volt, mint a legalacsonyabb területeken termesztett kávé. A szerzők a szín mellett több más minőségi paramétert is vizsgáltak, így átfogó képet nyújtottak a kávé minőségéről. Ugyanakkor a tanulmány korlátozott területen végzett vizsgálatokra összpontosított, így az eredmények általánosíthatósága korlátozott. Borém et al. (2013) *Coffea arabica* kávészemek fizikai jellemzőit, mint például a szín, méret, tömeg és nedvességtartalom vizsgálták. A kávé színének meghatározásához a szerzők ebben az esetben is spektrofotometriai módszert alkalmaztak. Az eredmények rámutattak, hogy a kávé színe összefügg a kávébabok méretével, tömegével és nedvességtartalmával. A tanulmány előnye, hogy a szerzők több fizikai paramétert vizsgáltak, és összefüggéseket találtak a különböző jellemzők között. Ugyanakkor a tanulmány csak egyetlen kávéfajtára összpontosított, és nem vizsgálták a pörkölési fok hatását a kávé színére.

Mindkét tanulmány spektrofotometriai módszert alkalmazott a kávé színének meghatározására, és mindkét tanulmány hasznos információkat szolgáltatott a kávé színének vizsgálatához kapcsolódó tényezőkről.

Az Avelino et al. tanulmány előnye, hogy több minőségi paramétert vizsgáltak, átfogóbb képet nyújtva a kávé minőségéről. Ugyanakkor a tanulmány szűk földrajzi területre koncentrált, így az eredmények általánosíthatósága korlátozott lehet. Ezzel szemben, a Borém et al. (2013) több fizikai paramétert vizsgáltak, és összefüggéseket találtak a különböző jellemzők között, de csak egyetlen kávéfajtára összpontosított, és nem vizsgálták a pörkölési fok hatását a kávé színére. Mindkét tanulmány hasznos információkat szolgáltat a kávé színének spektrofotometriai meghatározására, de fontos lenne további kutatásokat végezni a pörkölési fok hatásának vizsgálatára, valamint a különböző kávéfajták közötti összehasonlításra a szín tekintetében.

Bertone et al. (2016) arabica és robusta kávék valamint blendek színmeghatározására dolgozott ki Fourier transzformációs közeli infravörös spektroszkópiai (FT-NIR) eljárást. A mennyiségi meghatározáshoz részleges legkisebb négyzetek elve regressziót (PLSR) alkalmaztak, amely korszerű, roncsolásmentes mérési technika.

Santos et al. (2016) a pörkölés monitorozása céljából vizsgálta a szín változását. A módszerérdekessége, hogy az FT-NIR technikát in-line alkalmazta, így lehetősége volt valós idejű nyomon követésre. A mennyiségi viszonyok megállapítására ebben az esetben is PLSR eljárással dolgoztak.

3.3.2. Szemcseméret vizsgálata

A szemcseméret-vizsgálat szabványos sziták segítségével vagy lézeres diffúziós módszerrel végezhető általában. A szemcseméret fontos tényező a kávé minőségében, főzési időben és az extrakciós hatékonyságban, valamint a feldolgozásának optimalizálása érdekében (Vignoli et al., 2014).

Camporaso et al. (2018) egy gyors és hatékony módszert fejlesztettek ki a zöld kávébab nedvesség- és lipid-tartalmának meghatározására hiperspektrális képalkotással, miközben a szemcseméretet is meghatározták. A szerzők lézeres diffúziós módszert alkalmaztak a szemcseméret meghatározására. Borém et al. (2013) *Coffea arabica* kávé szemcseméretének meghatározásához szintén lézeres diffúziós módszert alkalmaztak.

Érdekes összevetés, hogy a klasszikusnak tekinthető szitás módszer helyett a lézeres diffúziós módszert alkalmazta mindkét kutatócsoport.

Tugnolo et al. (2019) arabica, robusta kávék valamint blendek nedvességtartalom és sűrűség értéke mellett azok szemcseméretének meghatározására NIR technikát alkalmaztak. Az

adatok mennyiségi kiértékelése főkomponens elemzéssel (PCA) és PLSR statisztikai módszerekkel történt.

3.3.3. Nedvességtartalom

A nedvességtartalom rendkívül fontos tulajdonság a kávéminták mikrobiológiai stabilitása valamint a pörkölés során mutatott viselkedése szempontjából. Meghatározása történhet klasszikus szárítószekrényes eljárással vagy korszerű, roncsolásmentes technikával, mint például a közeli infravörös spektroszkópia (Caporaso et al., 2018).

Sivakesava et al. (2002) valamint De Bruyne et al. (2018) NIR módszert dolgoztak ki a minták nedvesség tartalmának meghatározására. Mindkét tanulmány leszögezi, hogy a módszer gyors és hatékony módja a kávé nedvességtartalmának meghatározására. Ez a roncsolásmentes eljárás igen kedvező analitikai módszer, mert a minták nem károsodnak a mérés során.

Alessandrini et al (2008) a nedvességtartalom meghatározása mellett vizsgálta a minták tömegveszteségét, valamint sűrűségét. A mérés ebben az esetben FT-NIR technikával történt, az adatok mennyiségi kiértékelésére hierarchikus klaszterelemzéssel (HCA) és PLSR statisztikai eljárásokat alkalmaztak.

3.4. Kémiai tulajdonságok vizsgálati módszerei

3.4.1. Klorogénsavak meghatározása

A kávé értékes beltartalmi komponensei a klorogénsav néven ismert különböző módosulatok. Elsősorban a kinasav-5-O-kávésav (5-CQA) meghatározására fókuszálnak, de meg kell említeni, hogy emellett a 3-CQA, a 4-CQA, a 3,5-diCQA, a 4,5-diCQA is fontos jelentőséggel bír.

Shan et al. (2015, 2017) két tanulmányt is jegyeznek, amelyben arabica kávé 5-CQA tartalmát vizsgálták nagy teljesítményű folyadékkromatográfiás (HPLC) elválasztást követően UV detektálást alkalmazva. A kapott referencia adatok alapján NIR módszert fejlesztettek PLSR statisztikai kiértékelés segítségével. Újabb vizsgálataik során a kiértékelést PCA és genetikus algoritmus (GA) eljárásokkal egészítették ki.

Koffeinmentesítés folyamatát és klorogénsav tartalomra gyakorolt hatását vizsgálta Farah et.al. (2006). A mennyiségi meghatározás HPLC-UV technikával történt.

Moon et al. (2009) a klorogénsav tartalom mellett a koffein tartalom meghatározását végezte HPLC-DAD (diódasoros detektálás) technikával.

3.4.2. Koffein tartalom meghatározása

Kávé minták koffein tartalmának meghatározására a viszonylag egyszerű és könnyen kivitelezhető UV-Vis spektroszkópiai eljárás is alkalmas (Bhawani et al., 2015). A koffein molekula 274 nm hullámhosszon jellemző csúccsal jelentkezik. Megfelelő extrakciós eljárásokat követően a kávé minták koffein tartalma jól mérhető. A módszer hátránya, hogy hosszadalmas mintaelőkészítést igényel.

Perrone et al. (2008) tanulmányukban egy gyors, egyidejű analitikai módszert mutatnak be a koffein, trigonellin, nikotinsav és szacharóz meghatározására kávéban. A szerzők folyadék kromatográfia–tömegspektrometria (LC-MS) módszerét alkalmazzák a vizsgált vegyületek egyidejű meghatározására, ami lehetővé teszi a kávé minőségének objektív értékelését.

Az LC-MS technika pontos és érzékeny módszer a vizsgált vegyületek analízisére, de a módszer alkalmazása bonyolult lehet és szakértelmet igényel. Emellett az LC-MS berendezések költségesek, ami korlátozhatja a módszer szélesebb körű alkalmazását a kávéiparban.

A tanulmányban bemutatott analitikai módszer kifejezetten a koffein, trigonellin, nikotinsav és szacharóz meghatározására irányul. Bár ezek a vegyületek fontosak a kávé minőségének értékelésében, a kávéban számos más vegyület található, amelyek szintén befolyásolhatják az érzékszervi tulajdonságokat és a minőséget. Ebből a szempontból a módszer korlátozott az összetevők teljes körű vizsgálatára.

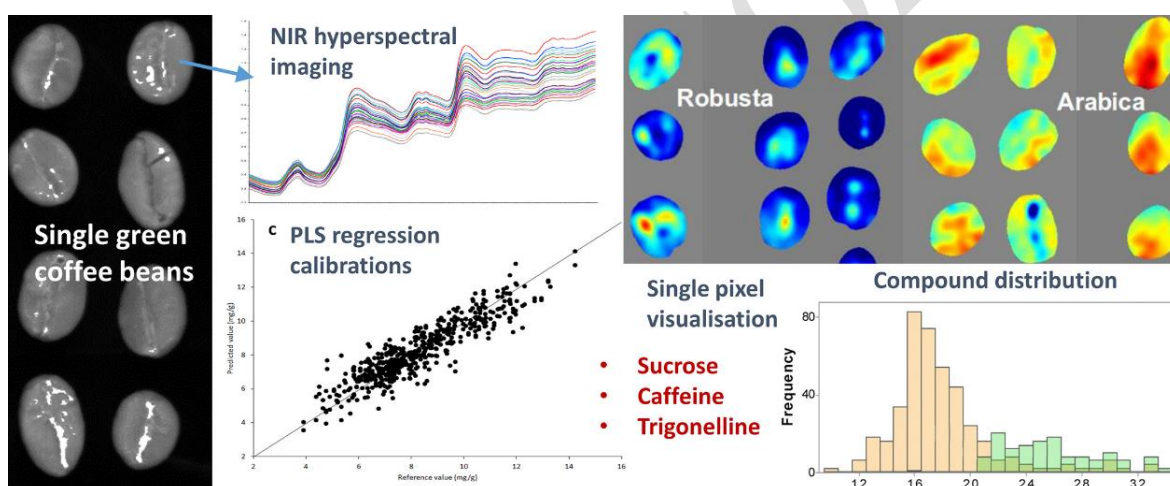
Összefoglalva, Perrone et al. (2008) tanulmánya egy gyors és pontos analitikai módszert mutat be négy fontos vegyület meghatározására a kávéban. Azonban a módszer bonyolultságát, a korlátozott vegyületek vizsgálatát figyelembe kell venni a tanulmány eredményeinek értelmezésekor és a további kutatások tervezésekor. Ennek ellenére az LC-MS módszer értékes eszköz lehet a kávé minőségének objektív értékelésében és a kávéiparban végzett kutatásokban.

Pizarro et al. (2013) fluoreszcencia spektroszkópiát alkalmaztak a pörkölt kávé tárolás során bekövetkező minőség- és koffein tartalom változásának monitorozására. A szerzők átfogó elemzést végeztek a kávé mintákban található komponensek vizsgálatára, és új információkat szolgáltatottak a fluoreszcencia spektroszkópiai módszer alkalmazásáról.

Zhang et al. (2013) őrölt arabica kávé koffein tartalmát vizsgálta korszerű NIR technikával. A referencia adatokat HPLC-UV eljárással állapították meg, majd különböző változó kiválasztási módszereket követően alkalmazták a PLSR kiértékelést.

Caporaso et al. (2018) a NIR spektroszkópiát és a hiperspektrális képalkotást (HSI) alkalmazták a kávébabok roncsolásmentes minőségi értékelésére. A szerzők a NIR és HSI kombinációját használták a kávébabok külső és belső tulajdonságainak vizsgálatára, beleértve a színt, a nedvességet, a kávébabok olajtartalmát, és a kávébabok kémiai összetételét.

A kutatás során különböző feldolgozású kávébabokat vizsgáltak, amelyeket különböző földrajzi területekről szereztek be. A szerzők kimutatták, hogy a NIR spektroszkópia és a HSI alkalmas eszköz a kávébabok minőségének gyors és hatékony értékelésére, valamint a különböző származású és feldolgozású kávébabok közötti különbségek azonosítására (1. ábra).



1. ábra: NIR spektroszkópia és HSI alkalmazása kávék beltartalmi vizsgálatánál

Caporaso et al. (2018) munkája alapján a következőket lehet összefoglalóan megállapítani:

- Bár a NIR spektroszkópia és a HSI előnyöket kínál a hagyományos minőségi értékelési módszerekkel szemben, ezek a technológiák nem állnak minden laboratórium és ipari szereplő számára rendelkezésre. A berendezések költsége, valamint a megfelelő szakértők és képzés hiánya korlátozhatja ezen módszerek szélesebb körű alkalmazását a kávéiparban.
- A tanulmányban használt kávébab-minták különböző földrajzi területekről és eltérő feldolgozási módszerekkel készültek. Azonban a szerzők nem részletezik a minták

összetételét és származását, ami kérdéseket vet fel a minták reprezentativitásával és az eredmények általánosíthatóságával kapcsolatban.

- A tanulmányban a szerzők elsősorban a kávébabok színét, nedvességtartalmát, olajtartalmát és kémiai összetételét vizsgálták. Bár ezek a tulajdonságok fontosak a kávé minőségének értékelése során, a kutatás nem tér ki más érzékszervi jellemzőkre vagy a kávéfogyasztók preferenciáira, amelyek szintén befolyásolhatják a kávé minőségét és a piaci értéket. A további vizsgálatok során érdemes lenne a módszerek alkalmazását kiterjeszteni ezekre a tulajdonságokra is.

Budiastra et al. (2020) kávébabok koffein- és trigonellin-tartalmát határozták meg NIR spektroszkópia segítségével. Az eredmények szerint a módszer hatékonyan és megbízhatóan képes volt a koffein- és trigonellin-tartalom meghatározására. A referencia adatokat HPLC-UV eljárással állapították meg.

3.4.3. Polifenol komponensek meghatározása

Araújo et al. (2021) Folin–Ciocalteu reagens segítségével határozta meg a minták összes polifenol tartalmát (TPC), majd ezeket az adatokat referencia adatként felhasználva PLSR statisztikai eljárás alapján hozott létre NIR modellt kávéminták TPC értékeinek meghatározására.

Catelani et al. (2016) NIR technikán alapuló valós idejű módszer kifejlesztését mutatja be a kávé pörkölése során bekövetkező teljes antioxidáns kapacitás (TAC) és teljes polifenol tartalom (TPC) meghatározására. A roncsolásmentes megfigyelési eljárás során egy diffúz reflexiós szondát irányítottak közvetlenül a pörkölőkamrába, így valós időben tudták a pörkölés folyamatát nyomon követni. A TAC és a TPC becslésére szolgáló kemometriai modellek nagyon jó összefüggéseket eredményeztek.

3.4.4. Arabica és robusta kávé megkülönböztetése

Keidel et al. (2010) Raman spektroszkópiát alkalmaztak a zöld arabica és robusta kávébabok megkülönböztetésére. A módszer az alacsony jódex-érték (DEX) meghatározásán alapul, amely korrelál a kávé koffein- és savtartalmával.

A tanulmány eredményei azt mutatták, hogy a Raman spektroszkópia alkalmas a zöld arabica és robusta kávébabok megkülönböztetésére a DEX értékek alapján. Az előnyei közé tartozik a módszer nagy pontossága, gyorsasága és roncsolásmentessége. A módszer elősegítheti a kávéipar számára a különböző kávéfajták azonosítását és minőségellenőrzését.

Azonban a tanulmány korlátai közé tartozik, hogy csak a zöld kávébabokat vizsgálták, és az eredmények általánosíthatósága más kávéfajtákra vagy feldolgozási szakaszokra vonatkozóan nem egyértelmű. További kutatásokra lenne szükség a módszer további optimalizálása és alkalmazása érdekében.

Összességében, a tanulmány fontos eredményeket nyújt a kávéfajták megkülönböztetése terén a Raman spektroszkópia alkalmazásával, és segítheti a kávéipart a minőségellenőrzés és az azonosítás területén. Azonban további kutatásokra lenne szükség a módszer további optimalizálása és alkalmazása érdekében, valamint más kávéfajták vagy feldolgozási szakaszok vizsgálatára is.

3.4.5. Hamisítás, eredetazonosítás

Zhou et al. (2019) új módszert mutat be a kávé hamisítás és a kávé eredetének meghatározására. A módszer az NIR spektroszkópiára és az autoencoder nevű mesterséges intelligencia algoritmusra épül.

Az NIR spektroszkópia nem-destruktív módszer, amely lehetővé teszi a minták analizését anélkül, hogy azokat meg kellene bontani vagy fel kellene dolgozni. Az autoencoder pedig egy olyan mesterséges neurális hálózat, amely képes tanulni és tömöríteni az adatokat, ezáltal javítva a pontosságot és megbízhatóságot.

A szerzők az NIR spektrumokat és az autoencoder által tömörített adatokat használták fel a kávé eredetének és az adalékok kimutatásának meghatározására. Az eredmények azt mutatták, hogy a módszer hatékonyan és megbízhatóan képes volt az adalékok kimutatására és a kávé eredetének meghatározására.

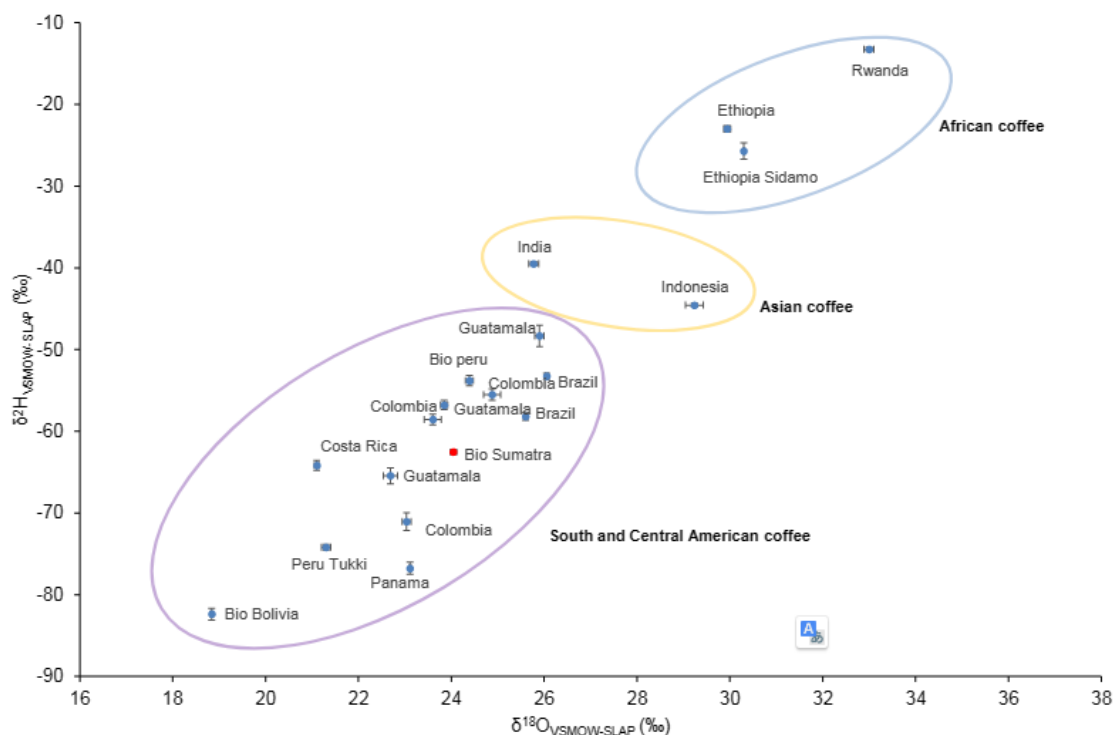
Az előnyei közé tartozik a módszer nagy pontossága és megbízhatósága, valamint a spektroszkópia nem-destruktív jellege, amely lehetővé teszi a minta újbóli felhasználását. A módszer elősegítheti a kávéiparban a minőségellenőrzést és az élelmiszerbiztonságot.

Azonban a tanulmány korlátai közé tartozik, hogy a vizsgálatok csak egy adott kávéfajta és adalékok kombinációira korlátozódtak, és az eredmények általánosíthatósága más

kávéfajtákra vagy adalékokra vonatkozóan nem egyértelmű. További kutatásokra lenne szükség a módszer további optimalizálása és alkalmazása érdekében.

Liu et al. (2014) kávébabok földrajzi besorolását a kémiai és izotópos összetétel alapján határozták meg ICP-MS (induktívcsatolású plazmaemissziós spektroszkópia tömegspektrometriás detektorral) multielem analizálását követően a bór és stroncium izotóp arányát vizsgálták. a. A kávébabok kémiai összetételének jellemzői nem jelentenek regionális különbségeket. A több izotópos nyomjelzőanyag értékelése alapján megállapították, hogy egyetlen megközelítéssel csak korlátozottan lehet teljes megkülönböztetést végezni. A bór ($^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$), az oxigén ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) és a stroncium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) izotópokat használták a kávébabok földrajzi szisztematikusságának tükrözésére, amelyek potenciális nyomjelzőként szolgálnak a származási hely megkülönböztetésére. Az adatok és az analitikai minőség jelentős eltérései ellenére ez a tanulmány azt mutatja, hogy a kávébab földrajzi meghatározása megvalósítható a B és Sr izotóparányok bináris szignatúrájának felhasználásával.

Brodie et al. (2017) kutatásaik során arra jutottak, hogy az oxigén- és hidrogénizotóp-ujjlenyomatok megváltoznak az esőzésekben, ahogy távolodunk a partvonalától beljebb a szárazföld belseje felé valamint a magasság növekedésével, mivel a nehezebb izotópok az első szabadulnak fel először a felhőkből. Ez a hatás nyomon követhető az oxigén- és hidrogénizotópos ujjlenyomatokban a növényekben és (pl. a zöld kávébabok). Például, viszonylag az Afrikából származó zöld kávébabok viszonylag magas $\delta^{18}\text{O}$ és $\delta^2\text{H}$ értékei. valószínűleg az erős párolgás és kondenzáció eredménye. folyamatok következménye (2. ábra).

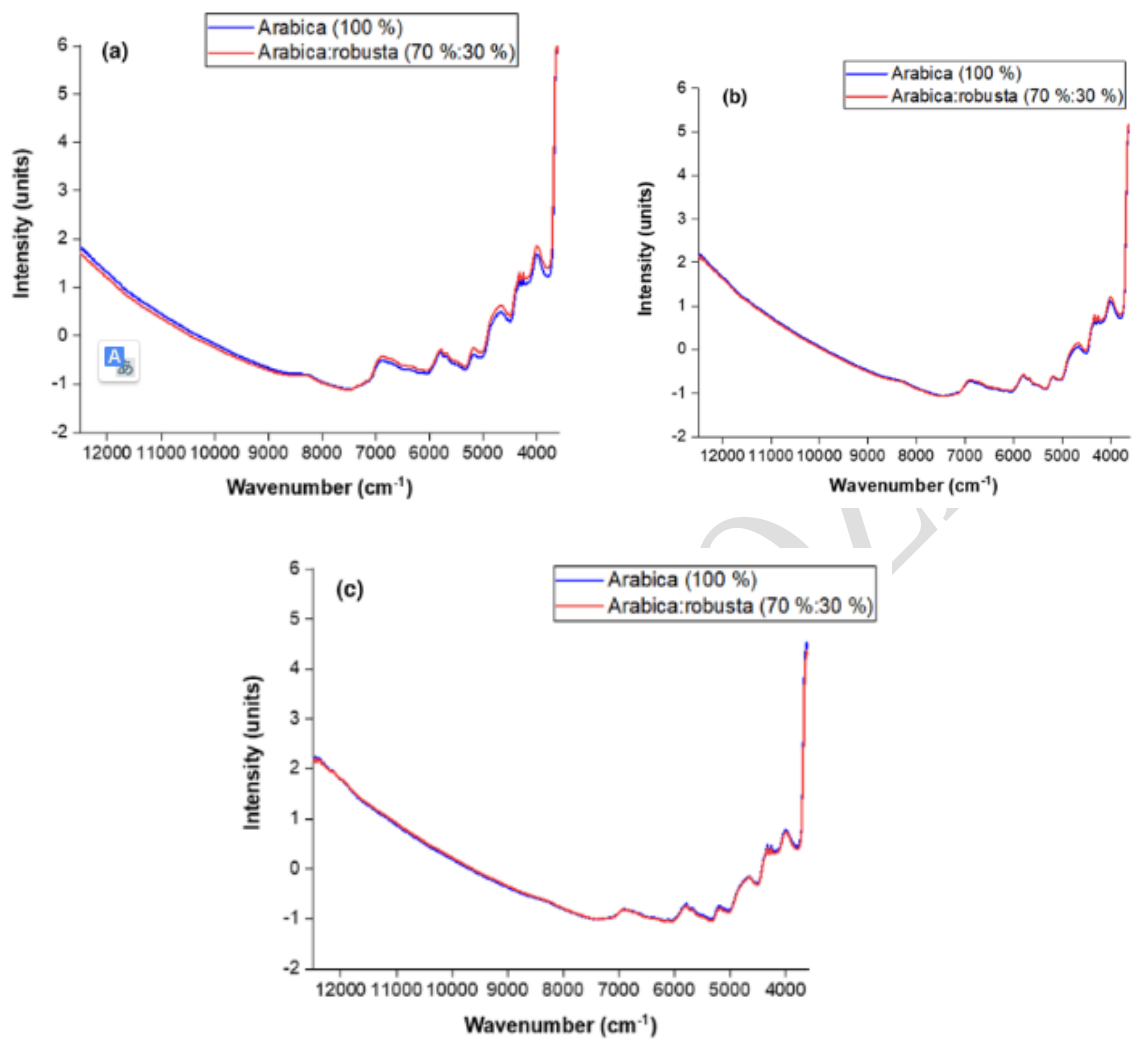


2. ábra: A geográfiai csoportosítás a ^2H és a ^{18}O izotópok mint ujjlenyomatot alapján (Brodie et al. 2017)

Munyendo et al. (2023) egy új módszert ismertet a kávéban lévő hamisított anyagok kimutatására és a kávé földrajzi eredetének meghatározására közeli infravörös spektroszkópia segítségével, kiegészítve egy automatikus kódolóval.

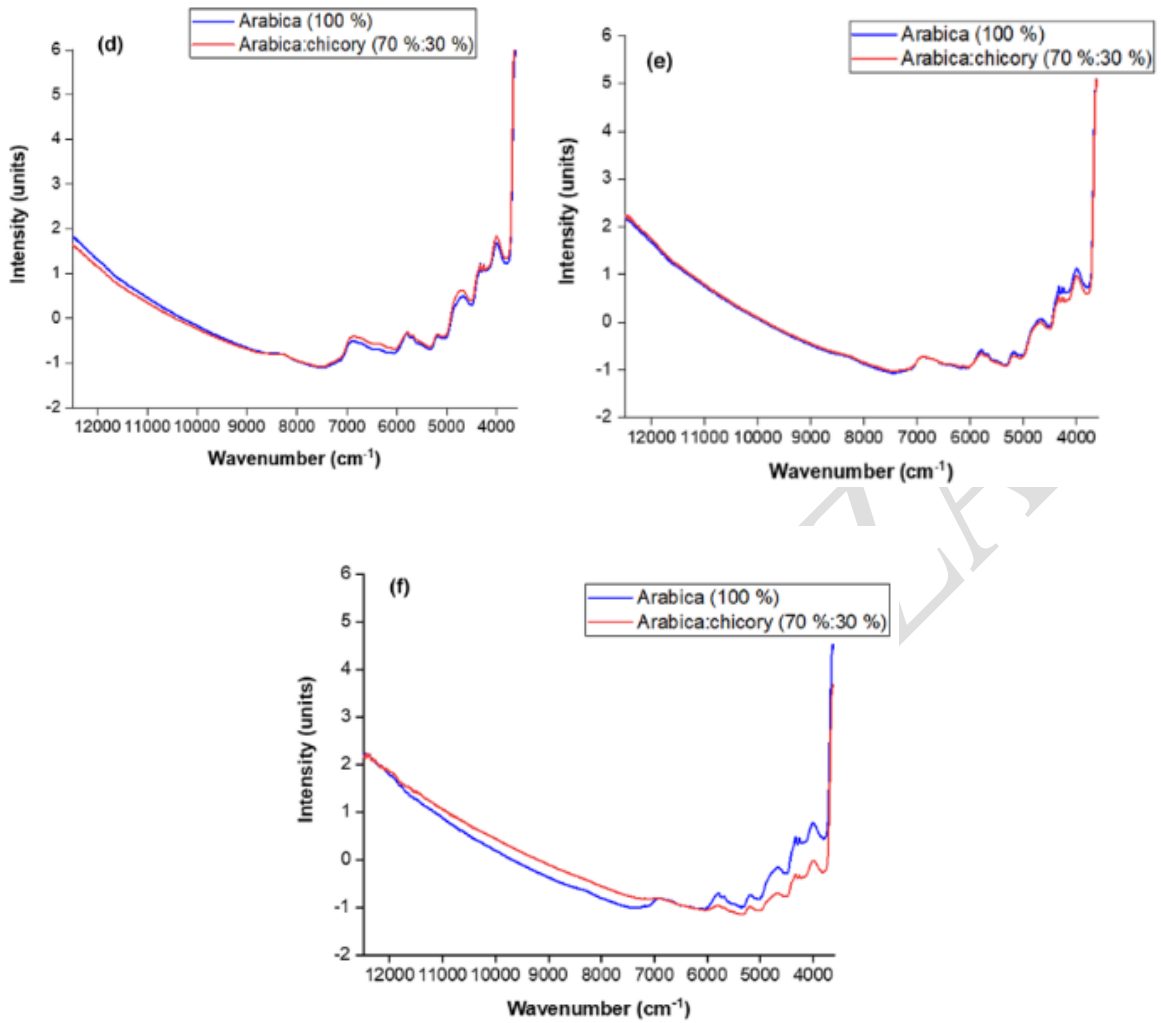
Arra keresték a választ, vajon egy mély automatikus kódoló neurális hálózat képes-e a pörkölt kávéban lévő hamisított anyagok felismerésére és a kávé földrajzi eredetének (pörkölt) meghatározására a NIR spektroszkópia segítségével. Az arabica kávé robusta kávéval vagy cikóriával hamisították 2,5% és 30% közötti hamisítási szintekkel, 2,5%-os lépésekben, világos, közepes és sötét pörkölési szinteken. Az automatikus kódoló minden pörkölési fokozatban kimutatta az összes cikóriával hamisított mintát. A robusztával hamisított minták esetében a 7,5% feletti hamisítási szinteknél a közepes és a sötét pörkölésű mintáknál volt lehetséges a kimutatás. Ezen túlmenően a különböző földrajzi eredetű kávéminták megkülönböztetése is lehetséges volt. A hamisított minták PCA-elemzése a hamisítószer típusa és koncentrációja alapján csoportosítást mutatott. Megállapították, hogy az automatikus kódoló neurális hálózat és a NIR-spektroszkópia együttes alkalmazása megbízható módszer lehet a kávé eredetiségének biztosítására. A tiszta arabica, az

arabica+robusta valamint az arabica + cikória NIR ábrák érdekes információkat tartalmaznak (3. és 4.ábra).



(a., gyengén, b, közepesen, c., sötétén pörkölt)

3. ábra: Tiszta arabica valamint robustával hamisított 70:30% összetételű arabica minták NIR spektruma (Munyendo et al., 2023)

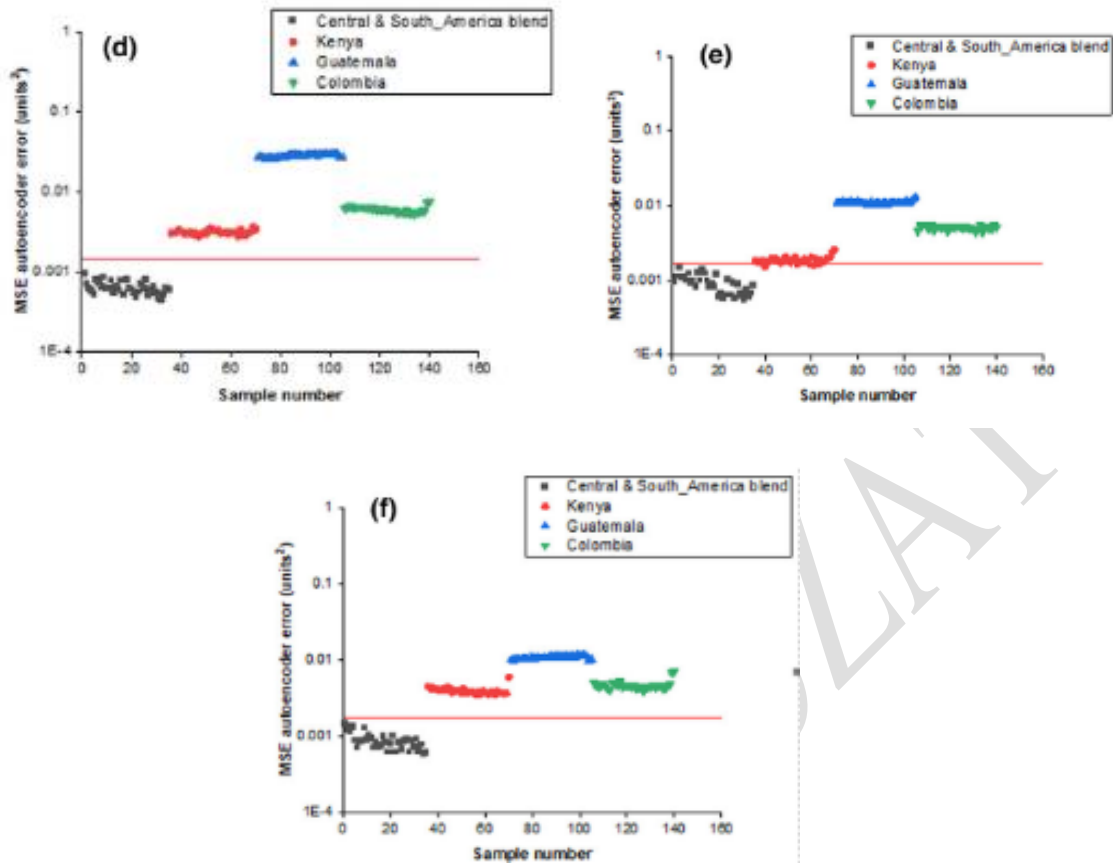


(d., gyengén, e, közepesen, f., sötéten pörkölt)

4. ábra: Tiszta arabica valamint cikóriával hamisított 70:30% összetételű arabica minták NIR spektruma (Munyendo et al., 2023)

Már a nyers spektrumokon is látható eltérés az tiszta arabica és a hamisított minták között. Ez az eltérés a pörkölési fokozatokkal is összefüggésben van.

Érdekes mintázat figyelhető meg a földrajzi eredetet vizsgálva (5. ábra).



(d., gyengén, e, közepesen, f., sötéten pörkölt)

5. ábra: Tiszta arabica minták NIR spektrumainak földrajzi mintázata különböző pörkölési szinteknél (Munyendo et al., 2023)

Az eredmények azt mutatják, hogy a módszer hatékonyan képes azonosítani a kávéban található hamisító anyagokat és meghatározni a kávé földrajzi eredetét. A kutatók remélik, hogy ez a technika hozzájárulhat a kávé minőségének ellenőrzéséhez és a hamisítások felderítéséhez.

Meg kell állapítanunk, hogy a tanulmány eredményeinek általánosíthatósága nagymértékben függ a vizsgált kávéminták számától és sokféleségétől. A kutatás reprezentatívabb lehetne, ha több különböző földrajzi eredetű és eltérő összetételű kávémintát vizsgálnának. Bár a tanulmány bemutatja az új módszer hatékonyságát, hasznos lenne összehasonlítani más, jelenleg alkalmazott módszerekkel. Ezzel megbizonyosodhatnánk arról, hogy a módszer valóban előrelépést jelent a kávéhamisítások észlelésében és a földrajzi eredet meghatározásában.

A tanulmány laboratóriumi körülmények között végzett vizsgálatokra összpontosít. Ahhoz, hogy a módszer alkalmazhatóságáról teljes képet kapjunk, fontos lenne a valós körülmények közötti tesztelés és az ipari alkalmazásokra való adaptáció vizsgálata.

Az új módszer alkalmazásának költséghatékonyságát és a kávéiparban történő bevezetésének előnyeit-hátrányait részletesebben kellene elemezni. Fontos, hogy a módszer ne csak hatékony, hanem gazdaságilag is megvalósítható legyen.

Ezek az észrevételek általános kritikai megközelítést képviselnek, és nem szándékoznak kétségbe vonni a tanulmány eredményeit. Mindenesetre, a fent említett szempontok figyelembevételével további kutatásokra és fejlesztésekre lehet szükség a módszer teljes potenciáljának kiaknázásához.

Az eredetazonosítás szempontjából Brodie et al. (2017) és Munyendo et al.(2023) izotópos illetve NIR eljárását összevetve a következők állapítható meg.

- A NIR és automata kódoló módszer a kávéminták kémiai összetételét vizsgálja, míg az izotópos vizsgálatok a mintákban lévő stabil izotópok arányát mérik.
- A NIR és autoencoder módszer előnye, hogy nemcsak a kávé földrajzi eredetének meghatározására használható, hanem a kávéban lévő hamisító anyagok észlelésére is alkalmas. Az izotópos vizsgálatok ebben a tekintetben korlátozottabbak.
- A NIR és autoencoder módszer betanításon alapuló, nem abszolút módszer, amely egy viszonylag új technológia, míg az izotópos vizsgálatok régóta használatosak az élelmiszeriparban.
- Az izotópos vizsgálatok gyakran drágábbak és időigényesebbek, mint a spektroszkópos módszerek. A NIR és autoencoder módszer alkalmazása gyorsabb és potenciálisan költséghatékonyabb lehet, ami előnyös lehet a kávéipar számára.
- A NIR és autoencoder módszer előnye, hogy nagy mennyiségű adatot képes feldolgozni és osztályozni, ami gyors és pontos eredményeket eredményezhet. Az izotópos vizsgálatok ebben a tekintetben kevésbé hatékonyak lehetnek.

Összefoglalva, a NIR és autoencoder módszer előnyei közé tartozik a hamisító anyagok észlelésének képessége, a gyorsaság, a potenciálisan alacsonyabb költség és a nagy mennyiségű adat feldolgozásának képessége. Az izotópos vizsgálatok régóta használatosak a kávé földrajzi eredetének meghatározására, de nem annyira hatékonyak a hamisító anyagok észlelésében, és gyakran drágábbak és időigényesebbek. Mindazonáltal, a

különböző módszerek kiegészíthetik egymást, és a legmegfelelőbb módszer kiválasztása attól függ, hogy milyen célokra alkalmazzák.

3.5. Érzékszervi vizsgálati módszerek

3.5.1. Kóstolás és illatvizsgálat: érzékszervi panel és protokollok

Seninde és Chambers (2020) készített összefoglaló tanulmányt kávék íz komponenseiről, érzékszervi vizsgálatáról. A kávé összetett ízvilágát jól szemlélteti a kéziratban bemutatott ábra (6. ábra).



6. ábra: A kávé ízvilága (Seninde és Chambers,2020)

Gyakran alkalmazott analitikai eljárás az érzékszervi komponensekkel kapcsolatosan az elektronikus orr vagy nyelv. Alessio et al. (2016) szerzők szerint az elektronikus érzékelők hatékonyan mérhetik a kávé illat- és ízprofilját, és lehetővé teszik a kávéfajták és az eredet meghatározását. Azonban a módszer korlátai közé tartozik, hogy a kávéízprofil összetett, és az elektronikus érzékelők nem képesek a kávéíz teljes profiljának meghatározására.

Mindkét cikk hangsúlyozza az érzékszervi elemzés és az elektronikus érzékelők alkalmazásának előnyeit és korlátait a kávéminőség értékelésében. Az érzékszervi elemzés lehetővé teszi a kávéízprofil teljes skálájának meghatározását, de a protokollok és a panel tagjainak kiválasztása kulcsfontosságú a megbízható eredmények eléréséhez. Az elektronikus érzékelők hatékonyan megkülönböztetik a kávéfajtákat és az eredetet, de korlátozottak az ízprofil részletes felmérésében. Az optimális megoldás valószínűleg az, ha mindkét módszert alkalmazzák a kávéízprofil meghatározására, hogy a lehető legjobb eredményeket ériék el a kávéminőség értékelése során.

3.5.2. Érzékszervi profilozás és minősítés

Avelino et al. (2005) összehasonlították a különböző kávénemzetiségek és fajták érzékszervi profilját, amelyet kávészakértők közreműködése és az érzékszervi elemzés révén készítettek. A szerzők 29 kávénemzetiséget és fajtát vizsgáltak, amelyeket hagyományosan nagyra értékelnek a piacon. A szakértők által adott pontszámok és a szenzoros elemzés alapján meghatározták a legfontosabb érzékszervi jellemzőket, mint például a savasság, test, keserűség, aroma, íz és utóíz.

Az érzékszervi analízis során használt módszer az úgynevezett QDA (Quantitative Descriptive Analysis) volt, amely egy számszerű leíró módszer. Ezt a módszert gyakran alkalmazzák élelmiszeripari termékek érzékszervi tulajdonságainak vizsgálatában. A QDA során a tesztelők előre meghatározott érzékszervi jellemzőket értékelnek egy skálán.

Az eredmények alapján a szerzők megállapították, hogy a szakértők által adott pontszámok és az érzékszervi elemzés közötti összefüggés általában közepes vagy alacsony volt. A közepes összefüggés a savasság, test és keserűség, míg az alacsonyabb összefüggés az aroma, íz és utóíz jellemzőknél volt megfigyelhető. Ez azt jelzi, hogy a kávészakértők értékelése nem mindig egyezik meg az érzékszervi analízis eredményeivel.

A tanulmány alapján a következőket lehet megállapítani:

- A tanulmányban 29 kávénemzetiséget és fajtát vizsgáltak, amelyeket hagyományosan nagyra értékelnek a piacon. Bár a vizsgált kávék jelentős számú típust képviselnek, az összes lehetséges kávéfajta és -nemzetiség nem szerepel a mintában. Ez korlátozza a kutatás kiterjedését a kávéfajtákra és a nemzetiségekre, és potenciálisan befolyásolja az eredmények általánosíthatóságát más kávékra.

- A szakértők által adott pontszámok szubjektívek és befolyásolhatják a kávé érzékszervi profiljának összehasonlítását az objektív érzékszervi elemzéssel. A szakértők személyes preferenciái, tapasztalatai és képzése eltérhet, ami hatással lehet a vizsgálat eredményeire. A szerzők nem részletezik, hogy a szakértők hányan voltak, és milyen képzési vagy tapasztalati háttérük volt, ami további kérdéseket vet fel a kutatás megbízhatóságát illetően.
- Bár a QDA módszer széles körben használt és elfogadott az élelmiszeriparban, a módszer saját korlátokkal rendelkezik. A QDA során a tesztelők előre meghatározott érzékszervi jellemzőket értékelnek, ami korlátozhatja az új, feltáratlan érzékszervi tulajdonságok azonosításának lehetőségét. Ezenkívül a QDA-n alapuló érzékszervi elemzés is szubjektív lehet, mivel a tesztelők személyes preferenciái és érzékenysége befolyásolhatja az értékeléseket.
- A szerzők megállapították, hogy a szakértők által adott pontszámok és az érzékszervi elemzés közötti összefüggés általában közepes vagy alacsony volt. Azonban a kutatás nem tér ki arra, hogy ezek az összefüggések milyen mértékben befolyásolják a kávé érzékszervi profiljának összehasonlítását. Egy alacsony összefüggés nem feltétlenül jelenti azt, hogy a szakértők értékelése teljes mértékben eltér az érzékszervi elemzéstől, vagy hogy a két módszer nem képes azonos jellemzőket azonosítani.

Összefoglalva, Avelino et al. (2005) tanulmánya értékes információkat nyújt a különböző kávénemzetiségek és fajták érzékszervi profiljának összehasonlításáról. Azonban a vizsgálat korlátai, mint például a korlátozott mintavétel, a szakértők szubjektivitása, a QDA módszer korlátai és az összefüggések értelmezése, érdemes figyelembe venni a tanulmány eredményeinek értelmezésekor és további kutatások tervezésekor.

3.6. Kávéfeldolgozás és minőségbiztosítás

3.6.1. A pörkölés hatása a kávé minőségére és összetételére

Számos tanulmány vizsgálta a pörkölés hatását a kávé minőségére és összetételére.

Ezek a tanulmányok különböző paramétereket vizsgálnak, mint például a kávé összetétele, az antioxidáns aktivitás, a bioaktív vegyületek, az íz és aroma stb. Az eredmények összessége azt mutatja, hogy a pörkölés hőmérséklete és időtartama hatással van a kávé minőségére és összetételére, befolyásolja a kávé antioxidáns aktivitását, az íz- és aromakomponenseket, valamint a bioaktív vegyületeket.

A tanulmányok különböző témákat vizsgálnak a kávé minőségével és összetételével kapcsolatban, azonban mindegyik tanulmány fontos információkat nyújt a kávé minőségének és összetételének javításához és jobb megértéséhez.

Kim et al. (2018), azonosította a kávépörkölés során bekövetkező változásokat a kávé minőségében és összetételében, többek között az antioxidáns aktivitásban, a polifenolokban és a koffeinben. A szerzők megállapították, hogy a kávé pörkölési foka és a kávé eredete szerepet játszik a polifenol- és koffeintartalom változásában, valamint az antioxidáns aktivitás változásában. Az eredmények azt mutatják, hogy a pörkölési fok szerepet játszik a kávé minőségének javításában és a bioaktív vegyületek mennyiségének növelésében.

Farah et al. (2012) a kávé pörkölése során keletkező klorogénsav-laktonok képződésére összpontosított. A kutatók azt találták, hogy a klorogénsav-laktonok mennyisége függ a pörkölési foktól, és hogy a magasabb pörkölési fokokhoz nagyobb mennyiségű klorogénsav-lakton képződik. Az eredmények azt mutatják, hogy a pörkölési fok befolyásolja a kávé ízét és aromáját, és hogy a klorogénsav-laktonok szerepet játszanak ebben a folyamatban.

Bobkova et al. (2020) az összes polifenol tartalmat és az antioxidáns aktivitást vizsgálta UV-VIS spektrometriával a zöld, világos, közepes és sötét pörkölésű őrölt kávémintákban. A vizes kávékivonatok a legmagasabb polifenolszintet a zöld és a világos pörkölésű kávékban mutatták, az összes polifenol tartalom (TPC) a pörkölési hőmérséklettel és időtartammal csökkent. A teljes antioxidáns kapacitás (TAC) a világos pörkölésű kávékban érte el a legmagasabb értékeket. A sötét pörkölésű kávéknál volt a legalacsonyabb a polifenolok tartalma és a teljes antioxidáns kapacitás is. A TPC esetében statisztikailag szignifikáns különbségek ($P < 0,001$) mutatkoztak a zöld kávé és a többi pörkölt fokozat között. A sötét kávé szintén statisztikailag észrevehető különbségeket ($P < 0,001$) mutatott a TPC

tekintetében a többi pörkölési fokozathoz képest. Statisztikailag jelentős különbséget ($P < 0,001$) fedeztek fel a sötét pörkölt kávé és más pörkölési fokozatok teljes antioxidáns kapacitása között. Az eredmények azt mutatták, hogy a pörkölési folyamat hatással van mind az oxidatív aktivitásra, mind a polifenol-tartalomra.

Bekedem et al. (2008) a pörkölési fok hatását vizsgálták a kávéfőzet melanoidin tulajdonságaira és a képződési mechanizmusokra. A molekulatömegben különböző kávéfőzet frakciókat izoláltak zöld, világos, közepes és sötét pörkölésű kávébabból. Az izolált frakciókat melanoidin-, nitrogén-, fehérje-, fenolcsoport-, klorogénsav-, kininsav-, kávésav- és cukortartalom szempontjából jellemezték. Megállapítottuk, hogy a melanoidin szint minden frakcióban korrelált mind a nitrogén-, mind a fehérjetartalommal. A melanoidin szint korrelált a fenolcsoportok szintjével és az észterhez kötött kininsav szintjével is. Arra a következtetésre jutottak, hogy a melanoidin képződésben elsősorban a fehérjéknek és a klorogénsavaknak kell részt venniük. A kezdeti pörkölés, a zöldtől a világosra pörkölt babokig, elsősorban a közepes molekulatömegű melanoidinok képződéséhez vezetett. Feltételezik, hogy a melanoidin képződés elsősorban a Maillard-reakcióknak és a klorogénsav beépülési reakcióknak köszönhető. Megállapították, hogy az elhúzódó pörkölés túlnyomórészt nagy molekulatömegű melanoidinok kialakulásához vezetett. Az eredmények fontosak lehetnek az egészségmegőrzés szempontjából, és rámutatnak arra, hogy a pörkölési fok szerepet játszik a kávé daganat ellenes hatásának javításában.

Bicho et al. (2006) kutatásai a kávé minőségének és ízének vizsgálatára összpontosított. A kutatók azt találták, hogy a pörkölési fok és az idő hatással van a kávé minőségére, és hogy a magasabb pörkölési fokokhoz erőteljesebb és keserűbb íz társul. Az eredmények fontosak lehetnek a kávéipar számára, és rámutatnak arra, hogy a pörkölési fok és az idő szerepet játszik a kávé minőségének és ízének javításában.

A felsorolt tanulmányok mindegyike azt mutatja, hogy a pörkölési fok és az idő hatással van a kávé minőségére és összetételére, többek között a polifenolok, koffein, klorogénsav-laktonok, melanoidinok, antioxidáns aktivitás, íz és aroma területén. Az eredmények segíthetnek a kávéiparnak és a fogyasztóknak a kávé minőségének javításában és a kávé ízének és aromájának finomhangolásában. Azonban a tanulmányok egy része csak korlátozott mintaméretekkkel dolgozott, és csak bizonyos szempontokat vizsgáltak, ezért további kutatásokra van szükség a témában.

3.6.2. A kávéiparban alkalmazott minőségbiztosítási módszerek

Az Európai Unióban és Magyarországon is szigorú minőségellenőrzési rendszerek vannak hatályban a kávéiparban. A minőség ellenőrzése és biztosítása érdekében számos módszer és rendszer alkalmazható, amelyek lehetővé teszik a kávé minőségének megőrzését és javítását.

Az EU-ban az élelmiszerbiztonsági szabványok és előírások szigorú betartására törekednek, amelyeket a Nemzetközi Élelmiszerbiztonsági Tanács ajánlásai alapján határoznak meg. Az élelmiszeripari vállalatoknak számos minőségellenőrzési rendszert kell betartaniuk, beleértve az ISO 22000 és az FSSC 22000 szabványokat is.

Magyarországon az élelmiszeripari szabványokat a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) határozza meg. Az élelmiszeripari vállalatoknak meg kell felelniük az élelmiszerbiztonsági előírásoknak, amelyek magukban foglalják a minőségellenőrzési rendszereket is. Az élelmiszerbiztonság megőrzésére a HACCP (Veszélyelemzés és Kritikus Ellenőrzési Pontok) rendszert alkalmazzák.

A kávéiparban a minőségellenőrzés és a minőségbiztosítás egyéb módszerei is alkalmazhatók, mint például a szelektív szüret, a megfelelő feldolgozás, a pörkölési folyamat ellenőrzése, az íz és aroma értékelése, valamint a csomagolás és szállítás megfelelő kezelése. A kávé minőségének javítása és megőrzése érdekében az érzékszervi panel vizsgálatok, a laboratóriumi vizsgálatok, mint például a mikrobiológiai és toxikológiai vizsgálatok, a polifenol és koffein mérési módszerek is alkalmazhatók.

Az európai uniós és magyarországi kávéiparban alkalmazott minőségbiztosítási módszerek szigorúak és hatékonyak a kávé minőségének megőrzésében és javításában. Az élelmiszerbiztonsági szabványok betartása, valamint a minőségellenőrzési rendszerek és módszerek széles körű alkalmazása segít a fogyasztók igényeinek kielégítésében és a kávé minőségének biztosításában. Az európai uniós és magyarországi szabványok és előírások nagy hangsúlyt fektetnek az élelmiszerbiztonságra és a minőségellenőrzésre, amelyek nélkülözhetetlenek a kávéiparban is.

Az érzékszervi panel vizsgálatok, azaz a kóstolási és illatvizsgálatok a kávé minőségének értékelésében szintén fontos szerepet játszanak. A kávé minőségének megőrzése és javítása érdekében az érzékszervi panel vizsgálatokat széles körben alkalmazzák a kávétermelő és -feldolgozó vállalatokban, valamint a kávéfőzőket és -szolgáltatókat is kiszolgálják.

Ugyanakkor az érzékszervi panel vizsgálatoknak is vannak korlátai, amelyek miatt a laboratóriumi vizsgálatokkal és más analitikai módszerekkel egészítik ki őket. Az analitikai módszerekkel, például a kromatográfiával, spektroszkópiával és mikrobiológiai vizsgálatokkal, pontosabb eredményeket lehet elérni a kávé összetételének és minőségének megállapításában.

Az európai uniós és magyarországi kávéiparban alkalmazott minőségbiztosítási módszerek és rendszerek hatékonyságát folyamatosan értékelni kell, és az újabb technológiák és módszerek alkalmazását is figyelemmel kell kísérni. A minőségbiztosítási folyamatok fejlesztése és a minőségellenőrzési rendszerek folyamatos fejlesztése további javulást eredményezhet a kávé minőségében és a fogyasztói elégedettségben.

Az európai uniós és magyarországi szabványok és előírások szerint a kávéiparban alkalmazott minőségbiztosítási rendszereknek magas színvonalúnak kell lenniük, és az összes kávétermelő és -feldolgozó vállalatnak be kell tartania őket. Az uniós szabályozás szerint az élelmiszerbiztonság mindenkor elsődleges fontosságú, és a kávétermékeknek meg kell felelniük az előírt élelmiszerbiztonsági követelményeknek, beleértve a mikrobiológiai szennyezők és a szennyező anyagok szintjének szigorú korlátozását is.

Az európai uniós és magyarországi kávéiparban alkalmazott minőségbiztosítási módszerek és rendszerek hatékonyságának növelése érdekében az iparág számos szervezete dolgozik a minőségellenőrzési folyamatok továbbfejlesztésén. Az új technológiák és módszerek bevezetése a minőségellenőrzési rendszerekbe segíthet a minőség további javításában és az élelmiszerbiztonsági előírásoknak való megfelelésben.

Összességében elmondható, hogy a kávéiparban alkalmazott minőségbiztosítási módszerek és rendszerek kulcsfontosságúak a kávé minőségének biztosításában és a fogyasztói elégedettség elérésében. Az érzékszervi panel vizsgálatok, a laboratóriumi vizsgálatok és az analitikai módszerek kombinálása a legjobb eredményeket adja, és az európai uniós és magyarországi szabványok és előírások betartása biztosítja az élelmiszerbiztonságot és a minőségellenőrzést a kávéiparban.

Az érzékszervi panel vizsgálatok fontos szerepet játszanak a kávé minőségének meghatározásában és javításában. Ezek az értékelések azonban szubjektívek lehetnek, és az eredmények függhetnek a vizsgálatot végző személyek tapasztalatától és előzetes élményeitől. Ennek következtében számos kutatás készült az érzékszervi panel vizsgálatok objektivizálására, valamint az összetevők és karakterisztikák pontosabb meghatározására.

Az érzékszervi panel vizsgálatok mellett a laboratóriumi vizsgálatok, például a mikrobiológiai vizsgálatok és a kémiai elemzések is fontosak a kávé minőségének ellenőrzésében. Az analitikai módszerek közé tartozik az UV-Vis spektroszkópia, a folyadék- és gáz-kromatográfia (HPLC és GC) elválasztási technika különböző detektorokkal összekötve, a tömegspektrometria (MS), valamint ezen eljárások kapcsolatából kialakított kapcsolt analitikai rendszerek, amelyek segítségével az összetevők és karakterisztikák pontosabb meghatározása lehetséges.

Az utóbbi években azonban új technológiák és módszerek jelentek meg a kávé minőségének és eredetének meghatározására, például a közeli infravörös spektroszkópia, az elektronikus érzékelők és a gépi tanulási algoritmusok. Az ilyen technológiák lehetővé teszik a kávé minőségének gyors, hatékony és roncsolásmentes ellenőrzését, a szubjektív értékelések minimalizálását.

4. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Az átfogó vizsgálatok és a szakirodalom elemzése alapján megállapítható, hogy a kávé minőségének és összetételének meghatározására számos különböző analitikai módszer és érzékszervi panel vizsgálat áll rendelkezésre. Az érzékszervi panel vizsgálatok mellett a laboratóriumi vizsgálatok, például a mikrobiológiai és toxikológiai vizsgálatok is kulcsfontosságúak a kávé minőségének és biztonságának biztosítása szempontjából.

Az analitikai módszerek közül kiemelkedő szerepet játszanak a kromatográfias és spektroszkópiai módszerek, amelyek lehetővé teszik az összetevők és karakterisztikák pontosabb meghatározását. Az utóbbi években azonban az elektronikus érzékelők és a gépi tanulási algoritmusok használata is növekszik a kávé minőségének és eredetének meghatározására.

Az eredmények azt mutatják, hogy az érzékszervi panel vizsgálatok továbbra is fontosak a kávé minőségének meghatározásában. Azonban a laboratóriumi vizsgálatok és az analitikai módszerek, valamint az új technológiák és módszerek alkalmazása egyre fontosabbá válik az objektivitás és a szubjektív értékelések minimalizálása érdekében.

Összességében a kávé minőségének és összetételének vizsgálata és ellenőrzése számos kihívást és lehetőséget rejt magában, és további kutatásokra és fejlesztésekre van szükség a teljes folyamat optimalizálása érdekében.

A felhasznált források és az összefoglaló elemzése alapján a következő következtetéseket lehet levonni:

- A kávé minőségének biztosítása érdekében számos laboratóriumi vizsgálati módszer és analitikai eszköz áll rendelkezésre. Ezek közül a leggyakrabban alkalmazottak a spektroszkópia, a kromatográfia és a mikrobiológiai vizsgálatok.
- Az érzékszervi panel vizsgálatok is elengedhetetlenek a kávé minőségének biztosításában, és az Európai Unió és Magyarország szintjén is szabványokat és protokollokat határoznak meg az érzékszervi panel vizsgálatok elvégzésére.
- Az Európai Unióban és Magyarországon számos minőségbiztosítási rendszer és szabvány létezik a kávé minőségének biztosítása érdekében. Az Európai Unióban a Geográfiai Árujelzők és Eredetmegjelölések Rendszere (GI) keretében több kávéfajta is védett megjelölést kapott.

- Az optimális minőségbiztosítási rendszer kialakítása és alkalmazása érdekében további kutatásokra és fejlesztésekre van szükség.
- A mikrobiológiai és toxikológiai vizsgálatok is fontosak a kávé minőségének biztosításában, és az EU-ban és Magyarországon is szigorú szabályozások léteznek a kávé szennyezőanyag-tartalmának megfelelő szinten tartása érdekében.

Összességében elmondható, hogy a kávéiparban számos minőségbiztosítási módszer és eszköz áll rendelkezésre a kávé minőségének javítása és biztosítása érdekében. Az Európai Unió és Magyarország szintjén szigorú szabályozások és szabványok léteznek a kávé minőségének biztosítása érdekében, azonban további kutatások és fejlesztések szükségesek a minőségbiztosítási rendszerek optimalizálása érdekében.

SZAKDOLGOZAT

5. JAVASLATOK

A jelenlegi kutatások alapján javasolható további kutatásokat folytatni, amelyek célja a kávé minőségének javítása lehet. Az ilyen kutatásokban érdemes kiemelt figyelmet fordítani a koffein- és klorogénsav-tartalomra, a pörkölési folyamat optimalizálására, valamint a tárolási körülmények javítására. Az új technológiák és analitikai módszerek alkalmazása is fontos a kutatásokban, amelyek lehetővé teszik az objektív és megbízható méréseket a kávé minőségének javítása érdekében.

- További kutatásokat kell végezni a kávé összetételének és minőségének jobb megértése érdekében. A spektroszkópia és a kromatográfia további fejlesztése és alkalmazása lehetővé teszi a kávé összetevőinek pontosabb és hatékonyabb vizsgálatát.
- A kávé pörkölése az egyik legfontosabb tényező a kávé minőségének javításában. További kutatásokat kell végezni a különböző pörkölési módszerek hatásának jobb megértése érdekében, valamint a pörkölési folyamat finomhangolásához és optimalizálásához.
- Az érzékszervi panel vizsgálatok fejlesztése és pontosítása lehetővé teszi a kávé minőségének pontosabb és objektívebb értékelését. További kutatásokra van szükség az érzékszervi panel vizsgálatok elvégzésének hatékonyságának és megbízhatóságának javítása érdekében.
- Az Európai Unió és Magyarország szintjén számos szabvány és rendszer létezik a kávé minőségének biztosítása érdekében, azonban ezeknek az alkalmazása és betartása további figyelmet igényel. További kutatásokra és fejlesztésekre van szükség az optimális minőségbiztosítási rendszerek kialakítása érdekében.
- A mikrobiológiai és toxikológiai vizsgálatok további fejlesztése és alkalmazása szükséges a kávé szennyezőanyag-tartalmának ellenőrzéséhez és a kávé minőségének biztosításához. Az újabb és hatékonyabb analitikai eszközök és módszerek alkalmazása lehetővé teszi a szennyezőanyagok pontosabb és hatékonyabb kimutatását.

IRODALMI HIVATKOZÁS

1. Araújo C.S, Macedo L.L., Vimercati W.C., Saraiva S.H. (2021) Spectroscopy Technique Applied to Estimate Sensory Parameters and Quantification of Total Phenolic Compounds in Coffee. *Food Analytical Methods* 14, 1943–1952. <https://doi.org/10.1007/s12161-021-02025-0>
2. Beuchat, L. R., and D. A. Golden. "Patogenic microorganisms associated with coffee beans." *Journal of Food Protection* 44.12 (1981): 908-912.
3. Bicho, N. C., et al. (2006) The sensory evaluation of coffee. *Journal of Food Quality* 29.4 317-330.
4. Bobková A., Hudáček M., Jakabová S., Belej L., Capcarová M., Čurlej J., Bobko M., Árvay J., Jakab I., Čapla J., Demianová A. (2020) The effect of roasting on the total polyphenols and antioxidant activity of coffee. *J Environ Sci Health B* . 2020;55(5):495-500. <http://doi.org/10.1080/03601234.2020.1724660>
5. Brodie C., Weigt M., Kracht O. (2017) EA-IRMS: Tracing the geographical origin of green coffee beans using isotope fingerprint. *ThermoFischer Scientific* 1-4
6. Caporaso, N., Whitworth, M. B., Grebby S., Fisk, I. D. (2018). Non-destructive analysis of sucrose, caffeine and trigonelline on single green coffee beans by hyperspectral imaging. *Food Research International*, 106, 193-203. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.031>
7. Catelani T.A., Páscoa R. N. M. J., Santos J.R., Pezza L., Pezza H.R., Lima J. L. F. C. & Lopes J.A. (2017) A Non-invasive Real-Time Methodology for the Quantification of Antioxidant Properties in Coffee During the Roasting Process Based on Near-Infrared Spectroscopy. *Food and Bioprocess Technology* volume 10, 630–638
8. Farah, A. (2012). Coffee Constituents. *Coffee*, 21–58. In: *Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention*. (ed) Yi-Fang Chu. John Wiley & Sons, Inc. Published Blackwell Publishing Ltd, <http://dx.doi.org/10.1002/9781119949893.ch2>.
9. Farber, C., Kurouski, D. (2018). Discrimination of Green Arabica and Robusta Coffee Beans by Raman Spectroscopy. *Food Chemistry*, 248, 104-109.
10. Górecki, Adrian, and Waldemar Uchman. "Comparison of selected methods for determination of caffeine in coffee." *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria* 9.3 (2010): 285-292.

11. Jin, Wei, et al. "Comparison of seven methods for extraction of green coffee bean antioxidants." *Food Chemistry* 118.3 (2010): 876-880.
12. Kim S-Y, Ko J-A, Kang B-S, Park H-J (2018) Prediction of key aroma development in coffees roasted to different degrees by colorimetric sensor array. *Food Chemistry* 240(1) 808-816. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.139>
13. Leandro, L. F., et al. "Microbiological diversity of coffee beans markets in the metropolitan region of Belo Horizonte, Brazil." *Brazilian Journal of Microbiology* 44.2 (2013): 351-356.
14. Santos C. M., Rodionova O. Y., Pomerantsev A. L., & Lendl B. (2019). Discrimination of Green Arabica and Robusta Coffee Beans by Raman Spectroscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 411(25), 6595-6603
15. Santos J.R., Lopo M., Rangel A.O.S.S., Lopes J.A. (2016) Exploiting near infrared spectroscopy as an analytical tool for on/line monitoring of acidity during coffee roasting. *Food Control* 60. 408-415. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.08.007>
16. Seninde D.R. and Chambers IV E. (2020) Coffee Flavor: A Review. *Beverages*, 6(44); pp.225 [doi:10.3390/beverages6030044](https://doi.org/10.3390/beverages6030044).
17. Shan J., Wang X., Han S., Kondo N. (2017) Application of curve fitting and wavelength selection methods for determination of chlorogenic acid concentration in coffee aqueous solution by Vis/NIR spectroscopy. *Food Analytical Methods* 10(4) 999-1006. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-016-0650-z>
18. Zhang X., Li W., Yin B., Chen W., Kelly D.P., Wang X., Zheng K., Du Y. (2013) Improvement of near infrared spectroscopic (NIR) analysis of caffeine in roasted Arabica coffee by variable selection method of stability competitive adaptive reweighted sampling (SCARS). *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 114. 350-356. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2013.05.053>
19. Luz, Luciana de Oliveira, et al. "Vibrational spectroscopy for coffee authentication: A review." *Food Research International* 62 (2014): 415-424.
20. Vignoli, J. A., Bassoli, D. G., & Benassi, M. T. (2014). Understanding the factors that affect the quality of coffee beverages. *Journal of Food Research*, 3(4), 37-45 <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n4p37>
21. Alessandrini L., Romani S., Pinnavaia G., Rosa M.D. (2008) Near infrared spectroscopy> An analytical tool to predict coffee roasting degree. *Analytica Chimica Acta* 625(1) 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.07.013>

22. Alpdogan G., K. Karabina, S. Sungur (2002) Turkish Journal of Chemistry 26 (2), 295-302
23. Alves, Rafael Souza, et al. "Effect of different roasting degrees on the sensory and physicochemical attributes of coffee brews." Food Research International 109 (2018): 232-240.
24. Avelino, J., Barboza, B., Araya, J. C., Fonseca, C., Davrieux, F., Guyot, B., & Cilas, C. (2005). Sensory profile of different coffee species and varieties: a comparison between cuppers and sensory analysis. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(11), 1869-1876.
25. Baffes, J., & Lewin, B. (1999). Reassessing the role of coffee in the world economy: The global coffee crisis, its economic and social consequences, and the possibilities for coffee-producing countries. Global Development Studies, 1(3-4), 1-30.
26. Baggenstoss, J., et al. "Coffee freshness: aroma perception as a function of grinding and storage conditions." Journal of Agricultural and Food Chemistry 56.18 (2008): 8577-8583.
27. Bekedam E.K., Loots M.J., Schols H.A., Van Boekel M. A J S, Smit G. (2008) Roasting effects on formation mechanisms of coffee brew melanoidins. J Agric Food Chem 56(16):7138-7145. <https://doi.org/10.1021/jf800999a>
28. Bertone E., Venturello A., Girauda A., Pellegrino G., Geobaldo F *2016(Simultaneous determination by NIR spectroscopy of the roasting degree and Arabica/Robusta ratio in roasted and ground coffee. Food Control. 59. 683-689. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.06.055>
29. Bhawani S.A., Sim Siong Fong S.S., and Ibrahim M.N.M (2015) International Journal of Analytical Chemistry Volume 2015, Article ID 170239, 1-7 <https://doi.org/10.1155/2015/170239>
30. Boren F.M., Ribeiro F.C., Figueiredo L.P. Giomo G.S., Fortunato V.A., Isquierdo E.P. (2013) Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. Journal of Stored Products Research 52. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.08.004>
31. Budiastira I.W., Sutrisno M., Widoyotomo S., Ayu P.C. Determination of trigonelline and chlorogenic acid (CGA) concentration in intact coffee beans by NIR spectroscopy. AgricEngInt: CIGR Journal 22(1) 162-168
32. Cheong, K. L., et al. "Determination of heavy metals in coffee beans by inductively coupled plasma mass spectrometry." Food Chemistry 140.1-2 (2013): 324-328.

33. Clarke, R. J., & Macrae, R. (Eds.). (1987). *Coffee: Chemistry, Volume 1*. Elsevier Applied Science.
34. Clarke, R. J., & Vitzthum, O. G. (Eds.). (2001). *Coffee: Recent developments*. Blackwell Science.
35. Daviron, B., & Ponte, S. (2005). *The coffee paradox: Global markets, commodity trade and the elusive promise of development*. Zed Books.
36. De Bruyne, L. M., Sterckx, F. J., & Claes, J. (2018). Non-destructive assessment of coffee bean moisture content using near-infrared spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 238, 129-135
37. Farah A, Monteiro M, Donangelo CM, Lafay S (2006) Chlorogenic acids from green coffee extract are highly bioavailable in humans. *J Nutr* 136(10): 2309-2315 <http://doi.org/10.3945/jn.108.095554>
38. Farah, A. (Ed.). (2012). *Coffee: Emerging health effects and disease prevention*. Wiley-Blackwell.
39. Fisk, I. D., Kettle, A., Hofmeister, S., Virdie, A., & Kenny, J. (2014). Elevation of roasted coffee particle charges and implications for electrostatic beneficiation of coffee beans. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 167-171. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.09.007>
40. Fredholm, B. B., Bättig, K., Holmén, J., Nehlig, A., & Zvartau, E. E. (1999). Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacological Reviews*, 51(1), 83-133. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10049999/>
41. FSSC 22000 FOOD SAFETY SYSTEMS CERTIFICATION
42. Giovannucci, D., & Koekoek, F. J. (2003). The case for looking beyond the cup: How better measurement of coffee quality can create incentives for sustainable practices. International Institute for Sustainable Development.
43. Gloess, A. N., Schönbächler, B., Klopprogge, B., D`Ambrosio, L., Chatelain, K., Bongartz, A., ... & Yeretjian, C. (2013). Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis. *European Food Research and Technology*, 236(4), 607-627. <https://doi.org/10.1007/s00217-013-1917-x>
44. Illy, A., & Viani, R. (Eds.). (2005). *Espresso coffee: The science of quality* (2nd ed.). Elsevier Academic Press.

45. ISO 22000:2018 is a standard published by the International Organization for Standardization (ISO) that specifies requirements for a food safety management system.
46. Keidel A. von Stetten D., Rodrigues C., Máguas C., Hildebrandt P. (2010) Discrimination of green arabica and Robusta coffee beans by Raman spectroscopy. *J Agric Food Chem.* 58(21) 11187-11192. <https://doi.org/10.1021/jf101999c>.
47. Lantzsch, H. J., et al. "Determination of pesticide residues in coffee by capillary gas chromatography and mass spectrometry." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38.1 (1990): 103107.
48. LeónCarmona, Jesus Ramon, et al. "Coffea arabica L. green coffee quality classification by computer vision system based on color parameters and backpropagation neural network." *Journal of Food Engineering* 109.3 (2012): 610618.
49. Lima, I. P., Avelino, R., & Oliveira, M. A. (2016). Determining the sensory attributes of speciality coffee using an electronic tongue. *LWT Food Science and Technology*, 72, 6168.
50. Liu HouChun, You ChenFeng, Chen ChiouYun, Liu YuChing, Chung MingTsong (2014) Geographic determination of coffee beans using multielement analysis and isotope ratios of boron and strontium. *Food Chemistry* 142(1) 439445
51. Ludwig, I. A., Clifford, M. N., Lean, M. E. J., Ashihara, H., & Crozier, A. (2014). Coffee: Biochemistry and potential impact on health. *Food & Function*, 5(8), 1695-1717. <https://doi.org/10.1039/c4fo00042k>
52. Moon, J.-K., Yoo, H.-S., & Shibamoto, T. (2009). Role of roasting conditions in the profile of volatile flavor chemicals formed from coffee beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(12), 5823-5831 <https://doi.org/10.1021/jf900012b>
53. Munyendo L, Njoroge D., Zhang Y., Hitzmann B. (2023) Novel method for the detection of adulterants in coffee and the determination of a coffee's geographical origin using nearinfrared spectroscopy complemented by an autoencoder. *International Journal of Food Science and Technology* 115 doi:10.1111/ijfs.16283
54. Nawrot, P., Jordan, S., Eastwood, J., Rotstein, J., Hugenholtz, A., & Feeley, M. (2003). Effects of caffeine on human health. *Food Additives & Contaminants*, 20(1), 1-30. <https://doi.org/10.1080/0265203021000007840>

55. Nehlig, A. (2018). Interindividual differences in caffeine metabolism and factors driving caffeine consumption. *Pharmacological Reviews*, 70(2), 384-411. <https://doi.org/10.1124/pr.117.014407>
56. Pérez-Martínez, M., Caemmerer, B., De Peña, M. P., Cid, C., & Kroh, L. W. (2008). Influence of brewing method and acidity regulators on the antioxidant capacity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(7), 2405-2413. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20141144/>
57. Perrone, D., Donangelo, C. M., & Farah, A. (2008). Fast simultaneous analysis of caffeine, trigonelline, nicotinic acid and sucrose in coffee by liquid chromatography–mass spectrometry. *Food Chemistry*, 110(4), 1030-1035 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.012>
58. Pizarro, C., Esteban-Díez, I., González-Sáiz, J. M., & Sanz, M. L. (2013). Fluorescence spectroscopy as a tool for caffeine determination in coffee samples. *Food Chemistry*, 136(1), 298-303. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.07.026
59. Ponte, S. (2002). The ‘Latte Revolution’? Regulation, markets and consumption in the global coffee chain. *World Development*, 30(7), 1099-1122. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(02\)00032-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00032-3)
60. Sanders T.A.B. (2016) *Functional Dietary Lipids: Food Formulation, Consumer Issues and Innovation for Health*. Woodhead Publishing
61. Shan J., Suzuki T., Ogawa Y., Kondo N (2015) Coffee roasting degrees prediction in terms of weight loss with selected wavebands based on near/infrared spectroscopy. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*. 8(4) 195-199. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2015.10.003>
62. Siantar, D. P., Schwartz, S. J., Byrdwell, W. C., & Stanley, D. W. (1999). Sampling strategies for the analysis of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(8), 3431-3439. <https://doi.org/10.1021/jf981359t>
63. Sivakesava, S., Irudayaraj, J., & Ali, S. Z. (2002). Coffee bean sorting and inspection using near-infrared spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(26), 7634-7641
64. Talbot, J. M. (2004). *Grounds for agreement: The political economy of the coffee commodity chain*. Rowman & Littlefield.
65. Toledo, P. R. A. B., Pezza, H. R., Pezza, L., & Toci, A. T. (2016). Simple and fast method for the simultaneous determination of monosaccharides and oligosaccharides in coffee samples by UPLC-ELSD. *Food Chemistry*, 211, 726-733.

66. Tugnolo A., Beghi R., Giovenzana V., Guidetti R. (2019) Characterization of green, roasted beans, and ground coffee using near infrared spectroscopy: A comparison of two devices. *J. of Near Infrared Spectroscopy* 27(1) 93-104. <https://doi.org/10.1177/0967033519825665>
67. Valkila, J. (2009). Fair Trade organic coffee production in Nicaragua - Sustainable development or a poverty trap? *Ecological Economics*, 68(12), 3018-3025. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.07.002>
68. van Dam, R. M., & Hu, F. B. (2005). Coffee consumption and risk of type 2 diabetes: A systematic review. *JAMA*, 294(1), 97-104. <https://doi.org/10.1001/jama.294.1.97>
69. Wang J., Guo Q., Li, Y., Zhang, L., & Liu, F. (2019). Comparison of NIR and Raman spectra combined with chemometrics for the classification and quantification of mung beans (*Vigna radiata* L.) of different origins. *Food Chemistry*, 283, 3340.
70. Wierzejska, Regina, and Aleksandra Sentkowska. "The application of electronic nose and electronic tongue in coffee analysis: A review." *Journal of Food Composition and Analysis* 79 (2019): 103114.
71. Wintgens, J. N. (Ed.). (2004). *Coffee: Growing, processing, sustainable production: A guidebook for growers, processors, traders, and researchers*. Wiley-VCH.
72. Zhu, Q., Xiong, Z., Zhang, R., Huang, M., & Zhou, X. (2019). Discrimination of Green Arabica and Robusta Coffee Beans by Raman Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(12), 3413-3419.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálás köszönettel tartozom témavezetőmnek Dr Fodor Mariettának, a szakmai segítségért, ami nélkül ez a szakdolgozat nem jöhetett volna létre.

Köszönettel tartozom a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi Kar dolgozóinak, és a Csokoládé-, kávé-, teakészítő mester Képzés külső, meghívott előadóinak.

Külön köszönöm, és megtiszteltetés volt a sok tudományos kutatást végző személy munkáit tanulmányozni, és ennyi mindent tanulni tőlük, a tudtuk nélkül. Igazi eredmény, és a halhatatlanság záloga a munkájuk.

Szeretném megköszönni a Családom összes tagjának, hogy kiálltak mellettem és támogattak, bátorítottak.

Végül köszönet illeti a munkáltatómat a Chem-System Kft vezetését, amiért biztosították az anyagi és egyéb szükségleteket, hogy idáig eljuthassak.

SZAKDOLGOZAT

Szerzői nyilatkozat

Alulírott VERESS MÁRK SZEBASZTIAN

Csokoládé-, kávé-, teakészítő mester szakmérnök / szaktanácsadó szakirányú továbbképzési szak

kijelentem, hogy a **Kávé vizsgálati módszerek szakirodalmi feldolgozása** című

szakdolgozat a saját munkám eredménye. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

Budapest, 2023.05.02.



Veress Márk Szabaszián