

SZAKDOLGOZAT

Fábián Gábor János

2023.



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi kar

Táplálkozástudományi Tanszék

Kávéfőzési technikák hatása az ital érzékszervi és fiziko-kémiai tulajdonságaira

Témavezető:

Dr. Benes Eszter Luca
Egyetemi Tanársegéd

Témavezető intézete/tanszéke:

Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet,
Élelmiszerkémia és Analitika
Tanszék

Fábián Gábor János

BUDAPEST

2023.

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS.....	5
2.	CÉLKITŰZÉS.....	6
3.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
3.1.	A kávé.....	7
3.1.1.	Termesztés	8
3.1.2.	A kávé aromáját befolyásoló vegyületek.....	9
3.1.3.	A kávé aromáját képző vegyületek alakulását befolyásoló paraméterek	13
3.2.	Kávékészítési technikák	15
4.	ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	21
4.1.	Minták.....	21
4.2.	Mintaelőkészítés.....	21
4.2.1.	Őrlési finomság	21
4.2.2.	Kávékészítési módszerek.....	21
4.3.	Mérési módszerek	24
4.3.1.	pH mérés és titrálható savtartalom meghatározás	24
4.3.2.	Maillard-reakció termékei, barna színek komponensek meghatározása.....	24
4.3.3.	Nedvességtartalom meghatározása	25
4.3.4.	Száranyagtartalom meghatározása.....	25
4.3.5.	Extrakciós hatásfok meghatározása TDS, illetve B ^o -használatával.....	25
4.3.6.	Koffeintartalom meghatározása	26
4.3.7.	Összes polifenol tartalom meghatározása.....	27
4.3.8.	Cukortartalom meghatározása	28
4.3.9.	Klorogénsavtartalom meghatározása	29
4.4.	Érzékszervi bírálat.....	29
4.5.	Eredmények statisztikai kiértékelése.....	31
5.	KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	32
5.1.	Szemes kávék összetétele	32
5.2.	A kávékészítési technika hatása az ital fiziko-kémiai tulajdonságaira.....	33
5.3.	Feltárási elemzés a kávékészítési technika hatásának az ital tulajdonságaira.....	39
5.4.	Érzékszervi bírálat eredményei.....	40
6.	ÖSSZEFOGLALÁS	43

7.	IRODALOMJEGYZÉK	44
8.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	51

SZAKDOLGOZAT

1. BEVEZETÉS

A kávé a világon a legkedveltebb és leggyakrabban fogyasztott italok közé tartozik. Érzékszervi tulajdonságait számottevően meghatározza a kávébab feldolgozása során kialakuló kémiai összetétel. Emellett az ital kémiai összetételét, ezáltal aromáját, a pörkölés mellett nagymértékben befolyásolja az elkészítés módja is.

Mivel a kávéfogyasztás a mindennapok részévé vált, növekszik az érdeklődés az ital érzékszervi tulajdonságait befolyásoló paraméterek vizsgálatára. Fontos a kémiai összetétel feltérképezése, hogy az esetleges egészségre gyakorolt hatásokkal is számolni tudjunk.

Kutatásom során négyféle kávékészítési technika hatását vizsgálom az ital kémiai összetételével és érzékszervi tulajdonságaival összefüggésben.

A kutatás elvégzésével lehetőség nyílik négy kevéssé, vagy egyáltalán nem vizsgált kávékészítési eljárás összehasonlítására, amivel bővíthetnénk a tudományos szakirodalmat, átfogó kémiai és érzékszervi betekintést adva.

2. CÉLKITŰZÉS

A kutatásom célja, hogy eddig még kevésbé, vagy egyáltalán nem vizsgált kávékészítési technikákat összehasonlítsak különböző szempontok alapján. Megfogalmazott részcélok:

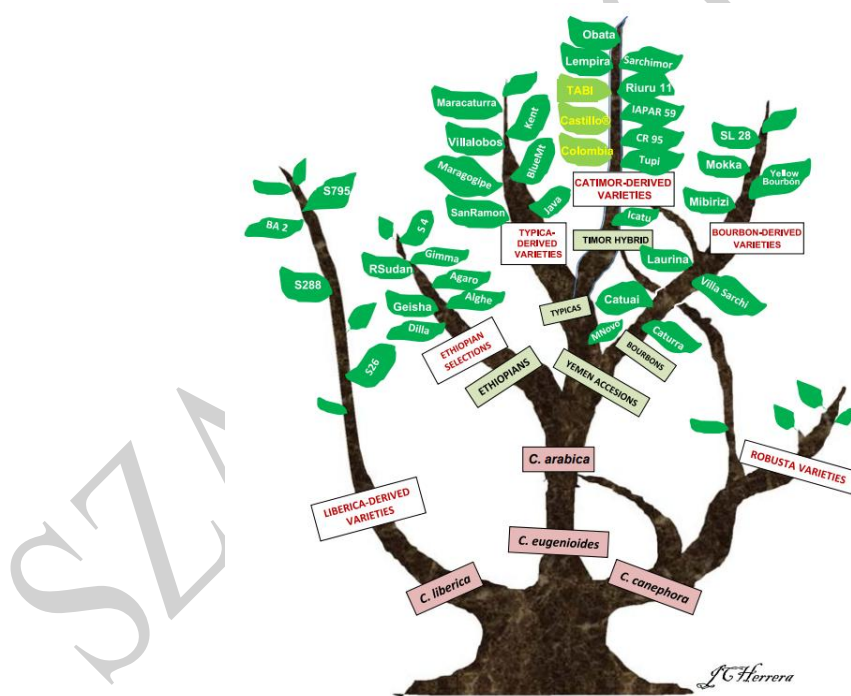
- két eltérő pörkölésű szemeskávét fizikai és kémiai paramétereinek meghatározása;
- a négyféle kávékészítési technika (Chemex, Syphon, Aeropress, French press) hatásának vizsgálata az ital kémiai összetételére (az érzékszervi paraméterekkel összefüggésben);
- érzékszervi minősítés elvégzése semi-trained pannellel, rate-all-that-apply (RATA) módszerrel;
- az analitikai és az érzékszervi profilok összehasonlítása, esetleges összefüggések feltárása egy- és többváltozós matematikai módszerekkel.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A kávé

A kávé az egyik legnépszerűbb és legtöbbet fogyasztott élelmiszer a világon (Je and Giovannucci, 2014). Az International Coffee Organization 2020/21-es felmérésének adatai alapján, a világon az összes kávéfogyasztás erre az évre 10 millió tonna zöldkávé volt. Hasonlóan a 2017-es adatokhoz is (Lee *et al.*, 2019). Több mint 2,25 milliárd csésze kávé fogyasztanak minden nap a világ minden táján és ez a szám folyamatosan növekszik (Ponte, 2002). Magyarország a kávéfogyasztásban világviszonylatban a 2019-es felmérési adatok szerint a 24. helyen állt (Coffee Consumption by Country 2023).

Bár a világon több mint nyolcvan kávéfaj van, a kereskedelmi forgalomba hozott kávéfajok világszerte a *Coffea arabica*, *C. canephora* és a *C. liberica* (Perfecto *et al.*, 1996). A legtöbb kávéfaj Afrikából származik, köztük a legelterjedtebb és legfontosabb a *Coffea arabica* (továbbiakban arabica) és a *C. canephora* (továbbiakban robusta).

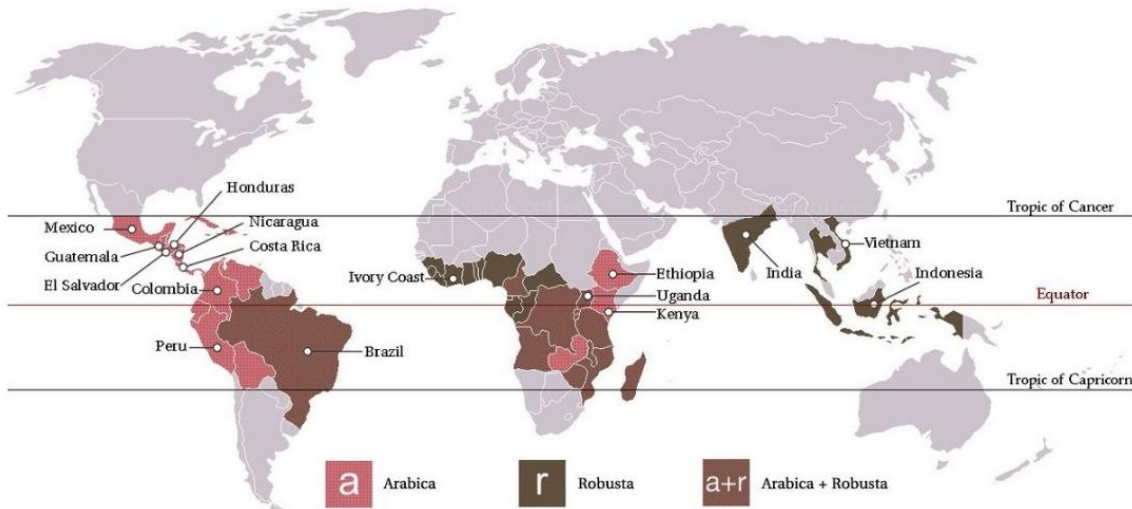


1. ábra: Fa a legelterjedtebb Arabica kávéfajtákról (Folmer, 2017)

Az arabica kávé termesztéséhez ideális magasság jellemzően tengerszint felett 800 és 2000 m között van. A legelterjedtebb fajták a Typica és a Bourbon, valamint a Caturra és Ethiopia, melyek magas terméshozamú standard minőségű kávéfajták. Mindössze néhány fajta került a piacra, mint prémium minőségű kávé, ilyen például a Laurina, Moka vagy a Blue Mountain Jamaicából (Folmer, 2017).

3.1.1. Termesztés

A kávétermesztés és exportálás fő régiói (1.ábra) Afrika (Etiópia, Uganda, Côte d'Ivoire és Tanzánia), Ázsia és Óceánia (Vietnám, Indonézia és India), Közép-Amerika és Mexikó (Honduras, Mexikó, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica), és Dél-Amerika (Brazília, Kolumbia és Peru). Az egyes régiók termelékenységének megoszlása az évek során viszonylag állandó (International Coffee Organization - Trade Statistics Tables, 2021).



2. ábra: Kávétermesztő és exportáló országok (Internet 1.)

A kávé minőségét számos tényező befolyásolja. A kávé faja, fajtája, a földrajzi terület, a termesztési feltételek, az érési szint és a betakarítás módja. Fontos szerepet játszanak a betakarítás utáni kezelések (nedves, száraz feldolgozás), az erjedési körülmények, melyek hatással vannak az elkészült csésze kávéra. Ezen túl kiemelkedő szerepe van a kávé összetételére az éghajlati tényezőknek is, mint a napos órák száma, az ültetvény magassága, az árnyék esése és a levegő hőmérséklete (Vaast *et al.*, 2006). Hasonlóképpen kutatások is kimutatták például szőlőben az alacsonyabb cukortartalmat és a magasabb savasságot, ugyanabban a régióban termesztett szőlőhöz képest alacsonyabb tengerszint feletti magasságon (Di Donfrancesco, Gutierrez Guzman and Chambers, 2019).

Az elmúlt években a kávé termesztése, a piac és a fogyasztók igénye megváltozott, egyre inkább a magas minőség kerül előtérbe a gyengébb minőségű, kommersz jellegű kávék rovására, ezek az úgynevezett Specialty kávék (Sittipod *et al.*, 2019). A Specialty kávék a legmagasabb minőségű kávészemekből készülnek, ezzel felfedve a bennük rejlő ízpotenciált.

Az íz egy alapvető kritérium a kávé minőségének meghatározásában és nagyban befolyásolja közvetlenül, a hibás kávébabszemek jelenléte (Córdoba, Fabian L Moreno, *et al.*, 2021). Ahhoz, hogy a Specialty minősítést egy kávé megkapja, mely 80 pont felett adható, a kávéiparban az amerikai Specialty kávészövetség (*Specialty Coffee Association of America*, SCAA) „cupping” protokollját alkalmazzák az értékeléshez (SCAA, 2016; Sittipod *et al.*, 2019).

3.1.2. A kávé aromáját befolyásoló vegyületek

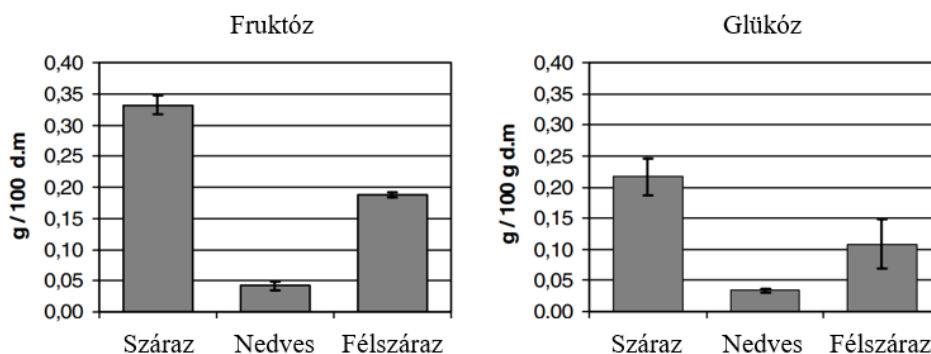
A kávé aromaprofiljának kialakításában számos vegyület játszik szerepet, melyek minőségét és mennyiségét a zöldkávé összetétele és a pörkölés paraméterei egyaránt befolyásolnak. Egyes kutatók arról számoltak be, hogy az elkészített kávéital minősége és a szemeskávé kémiai összetétele között korreláció van, valamint a biokémiai összetétele a kávébabszemnek szignifikánsan befolyásolja a kávé minőségét (Worku *et al.*, 2018; Sualeh, Tolessa and Mohammed, 2020). Ezentúl a zöldkávé kémiai elemzését kiegészítő eszközként használják a kávéminőség ellenőrzésére (Farah *et al.*, 2006).

A zöldkávéban a szénhidrátok, nitrogéntartalmú vegyületek (fehérjék, aminosavak, trigonellin és koffein), zsírok, szerves savak és a víz íz és aromaanyag prekursorok (Food Chemistry, 2009). Ezek az íz és aroma prekursorok a pörkölés során átalakulnak hőreakciókon keresztül (Worku *et al.*, 2018). A szabványosított eljárások szerint a pörkölés 240°C-tól 270°C-ig (6 perctől 3 percig) tart (Murkovic and Derler, 2006), de ez lehet akár 3 és 20 perc között is (Folmer, 2017). Az ipari kávépörkölés ennél magasabb hőmérsékleten történik. Ilyen körülmények között számos reakció megy végbe a kávéban, amelyek nemcsak az aroma és színek kialakításában szerepet játszó komponensek kialakulásához vezet, hanem nemkívánatos anyagokéhoz is, mint például az akrilamid (Zyzak *et al.*, 2003) vagy a szulfotranszferázok szubsztrátjai (pl.: 5-hidroximetil-furfurol), amelyek az anyagcsere során aktiválódnak és rákkeltő hatásúak (Glatt, Schneider and Liu, 2005), emellett azonban a karamellás ízjegyekhez kapcsolhatóak (Sunarharum, Williams and Smyth, 2014).

A kávé aromájának kialakulásában a legjelentősebb a Maillard reakció és a Strecker degradáció, amelyek felelősek számos vegyületcsalád kialakulásáért (pl. furánok, tiolok, pirazinek, pirolok), a pörkölés során alakulnak ki részben a fehérjékből és a szacharózból hidrolízissel való felszabadulásukat követően, aminosavakból és redukáló cukrokból (Lee *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2019).

A kialakulásuk történhet aminosav specifikus és nem aminosav specifikus úton. A nem aminosav specifikus úton az α -dikarbonil a legtöbb aminosavval reagál létrehozva ezzel az α -aminoketont a Strecker degradáción keresztül, ami aromás-heterociklusos vegyületekhez, az oxazol, oxazolin és alkilpirazin kialakuláshoz vezet. A pörkölés előtti magasabb fehérje koncentráció korrelációban van a pörkölés során kialakuló megnövekedett pirazin koncentrációjával, ami a mogyorós, mandulás és édeskés aromákat adja, ahogyan a szacharóz degradációjának növekedése is a pörkölés során (Cardoso *et al.*, 2023). A karamellizáció és a Maillard reakció termékeire közvetetten a barna színek komponensek mérésével tudunk következtetni, ezzel az egyes italokban található mennyiségek egymáshoz viszonyíthatóak. A kávékészítés során alkalmazott nyomás mértéke és a kávé/víz aránya nagyban befolyásolja a kioldott barna színek komponensek mennyiségét (López-Galilea, De Peña and Cid, 2007).

A szénhidrátok mennyiségileg a legnagyobb vegyületcsoport, amely megtalálható a zöld- és pörkölt kávéban, valamint az elkészített kávéitalokban, ezzel nagy hatást is gyakorolva rájuk (Moreira *et al.*, 2012). Az elkészített kávéitalban a legjellemzőbb szénhidrátok a galaktomannánok és az arabinogalaktánok (Moreira *et al.*, 2012). A galaktomannánok lineáris poliszacharidok, mannózból és galaktózból állnak, a vizsgálatok szerint a kávéitalban található mennyiségük összefügg az ital viszkozitásával és crema rétegének stabilitásával az eszpresszó kávéban (Lopes *et al.*, 2021). A zöldkávéban, annak feldolgozási módja (száraz-, nedveshántolás, félszáraz- vagy mosott feldolgozás) hatással van az alacsony molekulatömegű cukrok mennyiségének alakulására, legfőképp a glükóz és fruktóz tartalomra (3. ábra) (Knopp, Bytof and Selmar, 2006). Legnagyobb mennyiségben a zöldkávéban a szacharóz található meg, ezt követi a fruktóz és glükóz, ezen kívül megtalálható még a raffinóz, sztachióz, galaktóz, arabinóz, ramnóz és mannóz is (Knopp, Bytof and Selmar, 2006; Murkovic and Derler, 2006). Pörkölés során mennyiségük a zöldkávéban található mennyiségezh képest (termikus és egyéb reakciók következtében) csökken, azonban így is a legnagyobb vegyületcsoportot képezik (Lee *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2019). A kávéitalokban a jellemző szénhidrátok a szacharóz, glükóz, fruktóz, galaktóz, arabinóz, mannóz és ramnóz (Lopes *et al.*, 2021).

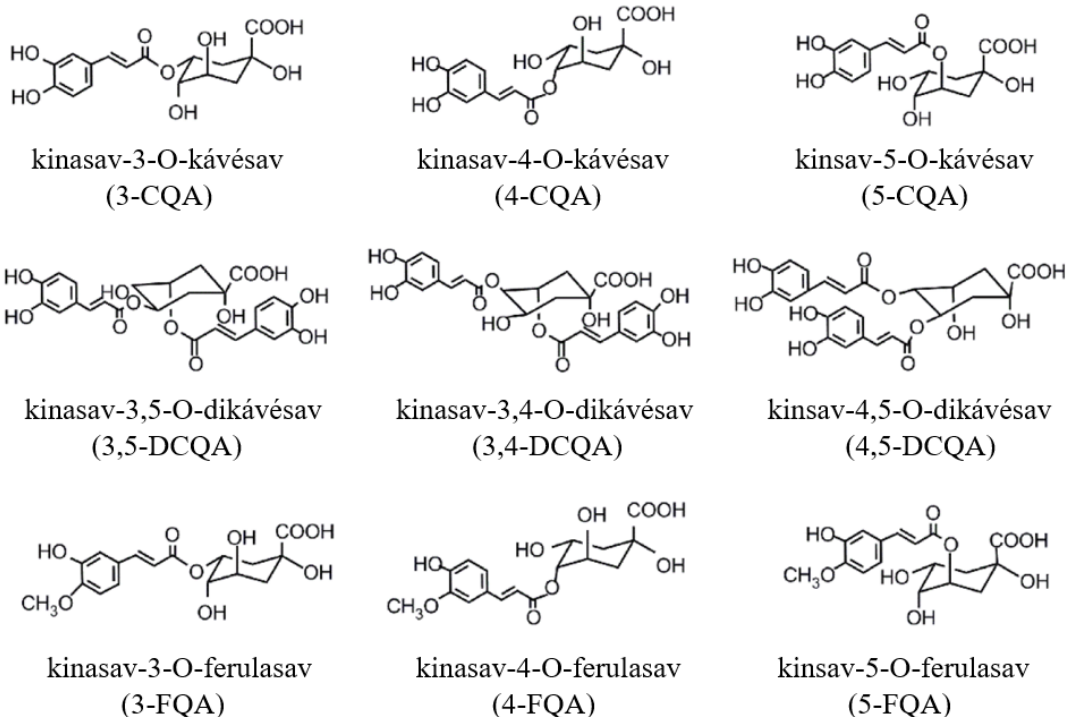


3. ábra: Kis molekulatömegű cukrok koncentrációja eltérő feldolgozással előállított zöld kávékban (Knopp, Bytof and Selmar, 2006).

A szénhidrátok azon belül a redukáló cukrok nagy szerepet játszanak az íz kialakításában a pörkölés során végbemenő termikus reakciókon keresztül, illetve az elkészített kávéitalban található mennyiségük befolyásolja a kávé édes ízét (Pereira *et al.*, 2023).

A kávé legtöbbször a koffeintartalma (1,3,7-trimetilxantin) miatt fogyasztják, amely egy élénkítő hatású, nitrogéntartalmú másodlagos anyagcseretermék. A koffein hozzájárul az elkészített kávé észlelt erejéhez, testességéhez és keserűségéhez (Sunarharum, Williams and Smyth, 2014; Budiastra *et al.*, 2018), utóbbihoz kb. 30%-ban (Gao, Tello and Peterson, 2023). Számos növény gyümölcsében, levelében és magjában is megtalálható pl. kakaóban, kávéban, illetve a teában.

A kávé fanyarságához, keserűségéhez hozzájáruló, valamint az emberi egészségre antioxidáns hatást kifejtő vegyületcsalád a klorogénsavak (Oestreich-Janzen, 2010). A klorogénsav vegyületcsalád (a zöldkávében található meg legnagyobb mennyiségben) vízben jól oldódó, fenolos vegyületeket foglal magában, ezek a transzfahéjsavak, oxifahéjsav-észterek, mint például a ferulasav, kumársav és a kávésav kinasavval alkotott észterei. A kávéban jelentősebb klorogénsavak (4. ábra) a kinasav-5-O-kávésav (5-CQA, klorogénsav), kinasav-4-O-kávésav (4-CQA, kriptoklorogénsav), kinasav-3-O-kávésav (3-CQA, neoklorogénsav), kisebb mennyiségben van jelen a kinasav-3,5-O-dikávésav (3,-DCQA) és a kinasav-4,5-O-dikávésav (4,5-DCQA). Megtalálható ezek mellett még a kinasav ferulasavval alkotott észterei (3-FQA, 4-FQA, 5-FQA) (Liang and Kitts, 2015).



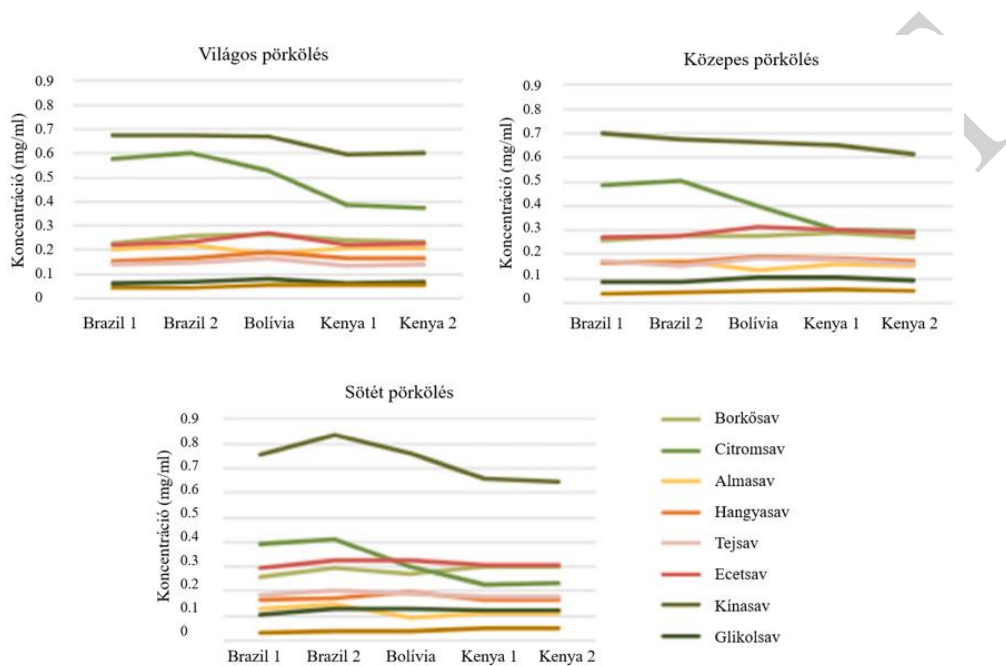
4. ábra: A kávéban jellemzően előforduló klorogénsavak (Internet 2.)

A klorogénsavak mennyisége a zöldkávét pörkölése során csökken, valamint kémiai átalakuláson is keresztül mennek. A kávésav felszabadulásával, valamint laktonok és az ízért, aromáért felelős fenolszármazékok képződése miatt az ital keserű íze nő (Farah *et al.*, 2005). A keserű íz mellett vannak fenolos anyagok, amelyek a füstös ízhez járulnak hozzá, például a 4-etil-2-metoxifenol (Fibrianto, Fakhrudin and Wulandari, 2019).

A klorogénsavakat is magában ölelő vegyületcsalád, a polifenolok is jelentős mennyiségben találhatóak meg a kávéban (köztük nagy mennyiségben van jelen még pl. a hidroxifahéjsavak), melyek hozzájárulnak az antioxidáns kapacitáshoz (Manach *et al.*, 2004). A fenolos vegyületek egy fontos csoport a növényi eredetű másodlagos anyagcsere-termékek közül, antikarcinogén, antimikrobás, daganatellenes, gyulladáscsökkentő és neuroprotektív hatásúak (Castro *et al.*, 2018; Grzesik *et al.*, 2018). Számos polifenol vegyület megtalálható a kávéban köztük a klorogén-, kávé-, transzferula-, és galluszsav, illetve a p-kumársav és p-hidroxibenzoesav, ezentúl megtalálható még a katechin, epikatechin, rutin és a kvercetin is (Kovalcik, Obruca and Marova, 2018).

Az érzékszervi karakterisztikát nagymértékben befolyásolják a különböző, kávéban található savas karakterű vegyületek (5. ábra). A savasság az érzékszervi bírálatok során egy fontos szempont, elsősorban a világos pörkölésű kávéknál. Emellett egyértelműen kimutatható összefüggés van a pörkölési szint és az elkészített kávéital érzékelt savassága között (Rune *et*

al., 2023). A savak (klorogénsavak, szerves savak és szervesetlen savak pl. foszforsav) az ízkialakításon túl fontos szerepet játszanak egyéb ízkialakító komponensek prekuzoraiként is (Chaparro *et al.*, 2018). A zöldkávében legnagyobb mennyiségben megtalálható savak a klorogénsavak, a kinasav, citromsav, foszforsav, ecetsav, borkősav, tejsav és az almasav, mely mennyiségi és minőségi összetételét különböző tényezők befolyásolják, mint pl. a kávé faja, fajtája, földrajzi eredete, termesztési magassága és betakarítás utáni feldolgozási módja, illetve a pörkölési szint (5.ábra) is (Rune *et al.*, 2023).



5. ábra: Mért savkoncentráció a pörkölési szintek függvényében (Rune *et al.*, 2023)

3.1.3. A kávé aromáját képző vegyületek alakulását befolyásoló paraméterek

Számos extrakciós változó van, amely befolyással bír az elkészült csésze kávéra, mint az extrakciós idő, vízösszetétel és hőmérséklet, nyomás, részecskeméret és a felhasznált kávé-víz arány (Cordoba *et al.*, 2020). Az ital minőségére befolyással van még a kávéital készítési módja, a zöldkávé feldolgozása és pörkölése ezzel jelentős hatást gyakorolva az egyes aromák, szín és ízanyagok alakulására.

Az őrlés egy kritikus lépés a kávéital készítése során, melyet a kávégyártás kezdete óta empirikusan optimalizáltak (Andueza, De Peña and Cid, 2003). Ennek az eljárásnak a fő célja a fajlagos extrakciós felület növelése, vagy inkább a víz és a kávé közötti határfelület mértékének növelése, hogy megkönnyítsük az oldható és emulgeálható anyagok bejutását a főzetbe. A kávébab szöveteinek és sejtjeinek felszakadása felgyorsítja a szén-dioxid és az

illékony vegyületek felszabadulását, illetve lehetővé teszi az aromák könnyebb kioldódását is (Andueza, De Peña and Cid, 2003). Az őrlés folyamatát (ezzel az extrakció milyenségét) számos tényező befolyásolja, mint pl. a kávébab nedvességtartalma, a pörkölés hőmérséklete, a kávébab faja és fajtája is. A kiváló minőségű kávéital elkészítéséhez fontos az optimális kombinációja a kávékészítési technikának és az őrlési finomságnak (Andueza, De Peña and Cid, 2003). A kávéital készítés egy kilúgozási folyamat, amely magában foglalja a kávészemcsék nedvesítését, a víz penetrációját a kávészemcsékbe, a vízoldható anyagok kioldódását a penetrált vízbe, az oldott anyagok diffúzióját a részecskefelületre és végül az oldatba kerülést (Wang and Lim, 2023). A túl finom őrlési fokozat csökkentheti az extrakciót, ezzel egy keserű, túl extrahált kávé eredményezve, mivel a szemcsék aggregátumokat képezhetnek és a víz egyenlőtlenül nedvesíti azokat. Másfelől a túl durva őrlési fokozat szintén csökkentheti az extrakciót, mivel az érintkezési felület túl kicsi lenne, ahol a kávévegyületek a vízbe oldódhatnának és emulgeálhatnának, így egy alulextrahált kávé eredményezve (Andueza, De Peña and Cid, 2003). A pörkölt kávé után a második legfontosabb alkotóelem, a kávéital készítése során használt víz, amely fontos szerepet játszik a kávéital minőségében, hiszen az eszpresszó kávé több, mint 90%-át, egyéb kávéitalok kb. 98,5%-át teszi ki (Won Kang, Piao and Youn Ko, 2022). A kávébabban található ízvegyületek aprotikus, töltésmentes molekulák, savak és konjugált sók összessége. A vízben oldott ásványianyag tartalom ezért befolyásolja az oldódást és az extrakciót ezekből a szerves molekulákból. A víz Na^+ , Mg^{2+} és Ca^{2+} szintjének kontrollálása lehetővé teszi a különböző mértékben való kioldódását a komponenseknek a pörkölt és őrölt kávéból, a habképződést (crema réteg) pedig a bikarbonátok mennyisége befolyásolja (Hendon, Colonna-Dashwood and Colonna-Dashwood, 2014; Cordoba *et al.*, 2020).

A kávékészítés folyamatában a hőmérséklet az a hajtóerő, amely a kávéban található vegyületek oldódását teszi lehetővé. Magasabb hőmérsékleten a vízmolekulák kinetikus energiája magasabb (Mestdagh *et al.*, 2014). A molekulák megnövekedett mobilitása és a nagyobb fizikai erők miatt a vegyületek könnyebben kimosódnak a kávé részecskékből, illetve a magasabb hőmérsékleten ezeknek a molekuláknak az oldhatósága is jobb, azonban a magasabb hőmérséklet az illékony aromavegyületek felszabadulását is okozza, amely szintén befolyásolhatja a kávé érzékszervi tulajdonságait (Cordoba *et al.*, 2020).

Az érintkezési idő a víz és az őrölt kávészemek között (extrakciós idő) kulcsfontosságú hatással van a kávéitalba oldódó vegyületekre, ezzel a kávéital ízére és minőségére.

Az extrakciós hatékonyság a kávé mátrixból egy adott idő alatt felszabaduló meghatározott komponens mennyiségét írja le (Cordoba *et al.*, 2020). A cukrok, szerves savak és koffein nagy része az extrakciós idő első másodperceiben oldódik ki, annak végére elérve a >90% -os extrakciós hozamot (Severini *et al.*, 2015).

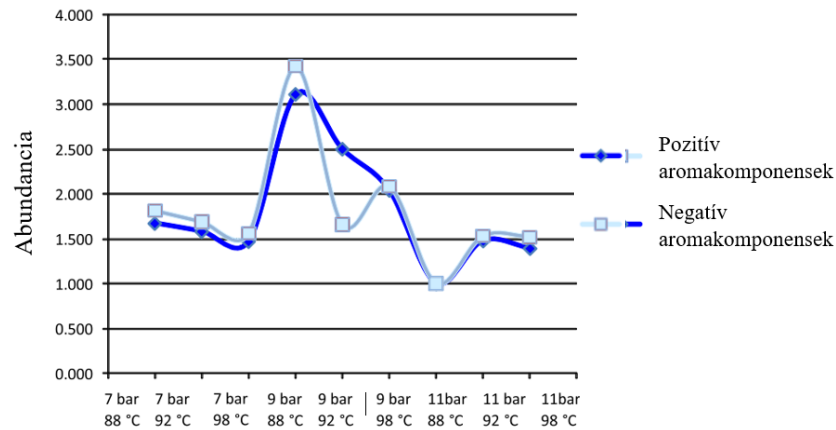
Az összes szilárd anyag a kávéitalokban jelen lévő vegyületek összessége, amely az őrölt szemekből oldódott ki és általános koncentrációjukat a fogyasztók gyakran "erősségnek" tekintik. Az összes oldott szilárd anyag (TDS) az italban oldott anyag tömegének aránya a teljes italtömeghez viszonyítva. Az extrakciós hatásfok (EY) a kioldott vegyületek tömegének és a felhasznált őrölt kávé szemek tömegének az aránya (Cordoba *et al.*, 2020). A TDS-t és az EY-t gyakran százalékos formában adják meg. Az amerikai SCAA „Brewing Control Charts” (Kávékészítési ellenőrzési előírások és adatok) szerint, amelyet a kávéfőzés ízprofiljának kiegyensúlyozására használnak, az Extrakciós hatásfoknak (Extraction yield-EY) 18-22%-nak kell lennie, a szárazanyag tartalomnak (Total dissolved solids-TDS) pedig 0,79-1,38%-nak (Cordoba *et al.*, 2020). A vegyületek kioldódására, ezzel együtt a TDS értékére a nyomás és a kávé-víz arány is befolyással van. Számos tanulmány kimutatta, hogy a túlzott mennyiségű kávé ezzel együtt a kevés víz, nem teszi lehetővé a kávézacc megfelelő tágulását nedvesítés közben, ami túlzottan tömör közeget és egyenlőtlen perkolációt okoz (Illy and Viani, 2005). A folyadékban létrejövő, nyomás hatására keletkező kinetikus energia érdekes hatásokat vált ki, például mikron méretű szilárd részecskéket vagy olajcseppeket old ki az őrölt kávéból az elkészült kávéitalba, ami megváltoztathatja az ital tulajdonságait és javíthatja az érzékszervi karakterisztikáját (Cordoba *et al.*, 2020).

3.2. Kávékészítési technikák

Vannak a társadalomban széles körben elterjedt kávékészítési technikák, melyekkel a hétköznapokban is találkozhatunk, mint például a legtöbbet kutatott espresso technológia.

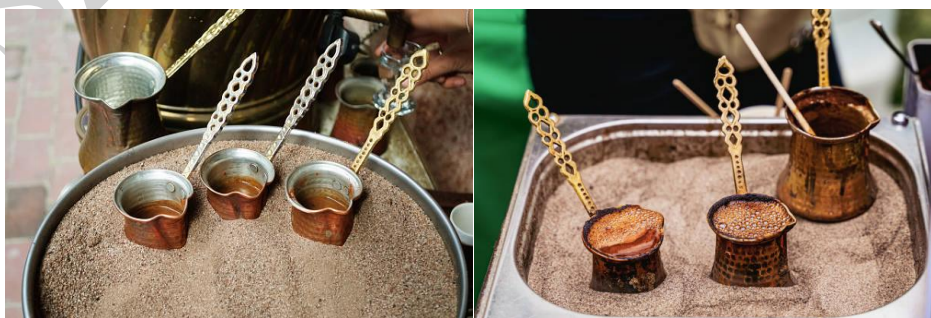
Az amerikai SCAA meghatározása szerint az espresso egy 25-35 ml (20-30 g) mennyiségű ital, amely 7-9 g őrölt kávé felhasználásával 92-95°C-ra felmelegített vízzel, statikus minimum 9 bar nyomással és összesen 20-30 mp átfolyási idővel készül (Cameron *et al.*, 2020). A 9 bar nyomáson készített kávéitalokat magas habkonzisztenciával (crema) és aromaintenzitással írták le, mindemellett kevés negatív aromakomponens megjelenésével. Ahogy a 6. ábra is mutatja a legtöbb pozitív elbírálású és legkevesebb negatív elbírálású aromakomponens is ennek a technikának a paramétereivel (9 bar nyomás és 92°C) jelenik meg az italban (Caprioli *et al.*,

2012). Mindemellett ez a módszer ideális egyes bioaktív vegyületek, például koffein, trigonellin és nikotinsav leghatékonyabb extrakciójához is (Caprioli *et al.*, 2014; Cordoba *et al.*, 2020).



6. ábra: Vízhőmérséklet és nyomás hatása a teljes pozitív és negatív aromakomponensek alakulására GC-MS analízis során arabica kávéból (Caprioli *et al.*, 2012)

Egy másik ismert kávéital a törökkávé (7. ábra). A felhasznált kávé pörkölése 180-250°C között történik, az őrlést alacsony hőfokon kell végezni, hogy az aromák ne sérüljenek, a szemcseméret pedig ennél a technikánál a legkisebb, nem haladhatja meg a 300 µm-t (TSE, 2010). Az extrakciót a víz és a fentebb említett őrlött kávé elegyítése után forralással, a habképződés és a stabilitás kontrolálásával kell végezni. A forralással együtt bekövetkező felhabzással a kávé egy részét közvetlenül a csészébe kell tölteni, majd újból felforralni, ezt a folyamatot háromszor kell megismételni. A forraláshoz a használt hőközvetítő anyag a homok (minden oldalról egyenletesen éri ezáltal a hőt a kávé), mely egy fém fűthető kádban helyezkedik el. A kávéital elkészültét követően a készítés sajátossága, hogy a kávézacc egy része a folyadékkal együtt a csészébe kerül, ez egy fontos jelző is és meghatározás szerint a kávéval együtt kell felszolgálni (Yüksel, Özkara Barut and Bayram, 2020).



7. ábra: Törökkávé (Internet 3.)

Ezen felül még szélesebb körben elterjedt a kapszulás rendszerű (például a Nespresso), illetve az instant (liofilizált) kávé is. Mindkét kávé térhódítása többek között a gyors és kényelmes elkészítésüknek, illetve az egyszerű használatuknak köszönhető.

A különböző kávékészítési módszerekhez szabványos elkészítési és használati leírásokat dolgoztak ki, többek között az amerikai SCAA is. Ezek a módszerek eltérnek a készítés folyamatában, a felhasznált kávé és víz mennyiségében, utóbbi hőmérsékletében, valamint az őrölt kávé szemcseméretében is (Angeloni *et al.*, 2019).

Számos tanulmány összehasonlította ezeket a különböző technikákat és leírta a kávék fizikai-kémiai tulajdonságait és érzékszervi profilját, amelyek a különböző módszerek alkalmazásával készülnek (Andueza *et al.*, 2002, 2003; Gloess *et al.*, 2013; Caporaso *et al.*, 2014; Parenti *et al.*, 2014; Masella *et al.*, 2015). Emellett egy összefoglaló tanulmány (Angeloni *et al.*, 2019) több új kávékészítési technikát is vizsgált, amelyek már jól ismertek voltak a baristák és a fogyasztók körében, azonban kevés tudományos irat foglalkozott velük. Ebben a tudományos cikkben összehasonlításra került nyolc kávékészítési technika. Három eszpresszó technika (klasszikus, specialty espresso és Caffé Firenze), egy hideg extrakciós technika (Cold brew) és négy filteres módszer (V60, Aeropress, French press és Moka) került összehasonlításra, amelyek készítési paraméterei különböznek (Angeloni *et al.*, 2019). Az összehasonlítás fizikai-kémiai paraméterek mentén történtek (klorogénsav-, koffein-, teljes polifenol-, sav- tartalom stb.)

Azonban még mindig vannak kevésbé ismert és kutatott technikák, a French press, a Chemex, az Aeropress és a Siphon, melyeknél sajátos eszközökre és paraméterekre van szükség a kávékészítés során.

French press

A French press (8.ábra) módszer egy áztatásos, merítéses módszer, amely gyors és könnyű kávékészítést tesz lehetővé. Az ital készítése során az italt és a zaccot egy fém szűrő segítségével különítjük el. Maga az eszköz többségében hőálló üvegből készült felül nyitott hengeres test műanyag talppal és fedővel, a fedőn keresztül csatlakozik és rajta keresztül mozgatható a fémrácsos szűrő. Az ital készítése során, az amerikai SCAA meghatározása szerint a teljes extrakciós idő 4 perc, a kávészemcseméret 1 mm és mennyisége 36 gramm, valamint a szükséges víz hőmérséklete 93,5°C és mennyisége 660 g (SCAA, 2016).

A kávé és a víz hosszú érintkezési ideje miatt nagy mennyiségű mikro komponens oldódik a kávéba, mely a kávé testességét és sűrűségét növeli (Pereira *et al.*, 2023).



8. ábra: French press (Internet 4.)

Chemex

A Chemex egy üvegből készült eszköz, melyet egy német kémikus Peter J. Schlumbohm alkotott meg egy laboratóriumi üvegtölcsér és egy Erlenmeyer lombik kombinációjával. Ez a kávékészítés egy csepegtetett stílusú módszer és a gravitáció erejét használja ki. Az őrölt kávé egy szűrőfeltétbe kell helyezni és a víz ráöntését követően, az a gravitáció hatására a kávé keresztül folyik át csepegtve.

Ez a módszer nagyon hasonló a Hario V60 technológiához (Santanatoglia *et al.*, 2023). Korábbi vizsgálatok szerint ennél a módszernél alacsonyabb a koffein kihozatal a Mokka és Espresso technológiához képest magasabb savasság mellett (Angeloni *et al.*, 2019).



9. ábra: Chemex (Internet 5.)

Aeropress

2005-ben Aerobie (Alan Adler) találta fel az Aeropress-t (10.ábra), amely 2 egymásba ágyazódó hengerből álló kávékészítő eszköz. Az egyik henger végén egy a másik hengerbe hermetikusan illeszkedő gumi tömítés található, az eszköz leginkább egy dugattyúhoz hasonlítható mind kinézetben, mind működésben (Angeloni *et al.*, 2019).



10. ábra: Aeropress használata (Internet 6.)

Az Aeropress nagyobb hengerének a végén található egy műanyag rács, erre kell helyezni a papírszűrőt (AeroPress® Micro filter). A szűrőt forró vízzel átkell mosni, majd ráhelyezni egy mérlegre és letárazni.

Ezt követően az őrölt kávéat kell beletölteni a hengerbe és részletekben hozzáadni a vizet az adott receptúra szerint. Átkeverést követően a második hengert a tömítőgyűrűvel az elegy felé kell a másik hengerbe illeszteni, majd meghatározott idő alatt a hengereket kézi erővel kell összenyomni, ezzel elválasztva az italt a zacctól (Santanatoglia *et al.*, 2023). A használt víz hőmérséklete ennél a módszernél a legalacsonyabb, 75-90°C között a legjellemzőbb.

Az Aeropress egy igen ismert és sokat használt kávékészítő eszköz a baristák körében. Minden évben megrendezésre kerül egy világbajnokság (World AeroPress Championship) is (2023-ban ez Melbourne-ben kerül megrendezésre), ahol a résztvevő országok legjobbjai méretik össze tudásukat és sajátos készítési technikájukat egymással a világbajnok címért.

Syphon

A Syphon (vagy sifon) (11. és 12.ábra) egy különleges és művészeti megjelenésű, hagyományosan Japán eredetű kávékészítő eszköz. Áll egy üveg gömblombikból, melybe a kávékészítéshez a vizet kell tölteni, egy üveg feltétből, ide az őrölt kávé kerül és egy állványból, ami a két üveg alkatrészt tartja. A gömblombik alján keresztül történik a melegítés, melynek hatására túlnyomás keletkezik a lombikban. A vízgőz és a forró víz ennek hatására a felső részbe tolul, ahol az őrölt kávéval elegyedik. A Japán hagyományok szerint 2x lehet megkeverni az elegyet, majd egy perc elteltével a hőforrást el kell venni a lombik alól. A hirtelen lehűlés hatására a lombikban a levegő térfogata csökken, ezzel negatív nyomást

(vákuumot) keltve, így a felső részből egy szűrőn keresztül a zacctól elválasztva a kávé visszaszívódik a lombikba (HARIO | COFFEE TASTING LIFE).



11. ábra: Syphon (Hario)

A Syphon kávé készítése során, a kávékészítés majdnem teljes ideje alatt az őrölt kávé kapcsolatban van a vízzel ezért tekinthető egy immerziós (merítéses) módszernek is. Azonban, ha összehasonlítjuk a Syphonnal készített kávé más immerziós módszerekkel készített kávéval, akkor az érzékszervi jellemzők nagyban eltérnek, különösen a textúrát és az állagot tekintve. Ez a főként a készítési folyamat során létrejövő vákuum és a magas hőmérséklet miatt következik be (Keen, 2023).



12. ábra: Syphon módszer (Keen, 2023)

4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

4.1. Minták

A mérések során kétféle specialty minőségű, mosott arabica szemeskávét vizsgáltam melyeket a Pasco Kft-től szereztem be (Nyíregyháza, Magyarország), akik egyben a pörkölést is végezték és a kávékra jellemző ízprofilot állították fel.

Az egyik minta egy sötét pörkölésű etióp kávé az Oromia régióból Nensebo Tulu Golla farmjáról (tengerszint feletti magasság 2000-2300 m). A másik egy világos pörkölésű, typica fajtaváltozat Kolumbiából a Narino régióban található Aleider Ordenez farmjáról származik (tengerszint feletti magasság 1450-1500 m).

4.2. Mintaelőkészítés

A két szemeskávét összesen négyféle kevésbé ismert és elterjedt kávékészítési módszerrel készítettem el, melyek rendre a következők, French press, Aeropress, Chemex és Syphon. Ezekhez a módszerekhez különböző őrlési finomságokat szükséges beállítani az adott készülékre jellemzők szerint. Ezentúl különbség a technikák között a kávé-víz arány, a használt víz hőmérséklete, a főzés alkalmával használt erő (gravitáció, nyomás, vákuum, statikus) is.

4.2.1. Őrlési finomság

Az őrlést IMAT őrlővel (IMAT S.r.l.- Typ: M.C. INOX 08056) végeztem az alábbiak szerint.

1. táblázat: Az őrlési finomság IMAT őrlővel

Módszer	Részecske méret [mm]	IMAT őrlő fokozat
French press	1	6
Chemex	0,7	8
Aeropress	0,5	11
Syphon	0,5	11

4.2.2. Kávékészítési technikák

Kutatásom során négyféle kávékészítési technika hatását vizsgáltam az ital kémiai összetételével, érzékszervi tulajdonságaival összefüggésben.

French press

Az amerikai specialty kávészövetség (*Specialty Coffee Association of America, SCAA*) által kiadott, jó gyakorlat a French pressel való kávékészítéshez kiadott leiratát használtam fel (SCAA, 2016). Ennél a módszernél az extrakció összesített ideje, a kávé és a víz találkozásától számítva 4 perc, a paraméterek a receptúrához 36 g őrölt kávé (1. táblázat) 660 g 93,5°C-os desztillált víz, illetve a kiöntő előmelegítéséhez szükséges 93,5°C-os desztillált víz.

A French press előmelegítését követően az őrölt kávé a kiöntőbe töltöttem, majd időzítő indítása mellett mérlegen, 540 g 93,5°C-os vizet adagoltam egyenletes mozdulatokkal az őrleményre. Lefedést követően 2 percig hagytam extrahálódni, majd az idő letelte után óvatosan megkevertem, ezt követően a fentmaradó 120 g 93,5°C-os vizet adtam hozzá. Két kanál segítségével, az olajos és úszó részecskéket a felszínről eltávolítottam. Az időzítőt figyelve 4 perc leteltekor a fedőt ráhelyezve, a rajta található fém szűrőrács és dugattyú segítségével óvatosan átszűrtem. Végül a kávé egy termoszba töltöttem hőntartásra a további mérésekhez.

Chemex

A Chemexhez az SCAA által kifejlesztett és optimalizált receptúrát, kisebb módosításokkal használtam, melyet James Hoffmann összesítve, egy videóban illusztrált (James Hoffmann, The Chemex, 2020). A receptúra szerint, 60 g őrölt kávéhoz (1.táblázat) 1 liter 94°C-os desztillált víz, a Chemex, valamint egy kerek papírszűrő szükséges.

A Chemexbe a papírszűrőt tölcser formában hajtva beletettem oly módon, hogy a 3 rétegű oldal a kifolyó mélyedése felé nézzen. Forró vízzel a papírt először átmostam, a felesleges vízzel kioldható rost eltávolítása érdekében, mely a kávé papír ízét is okozná, majd az összegyűlt vizet kiöntöttem. A Chemexet egy mérlegre tettem és táraztam, a papír tölcserbe 30 gramm őrölt kávé tettem, majd kétszeres mennyiségű 94°C-os vízzel egy kiöntő segítségével egyenletesen ráöntöttem. A víz öntésével egyidőben stoppert is indítottam és összesen 45 másodpercet hagytam ázni a kávé.

Ez az úgynevezett kinyílás, a kávé ilyenkor megszívja magát és reakcióba lép a forró vízzel, kinyílik és pezsgő buborékok formájában távozik a pörkölés során keletkezett szén-dioxid. Az idő letelte után 300 g-ig kiegészíttem a forró vízzel majd 30 másodpercet vártam, ezután 500 g-ig egészítettem ki és ismét 30 másodpercet vártam. Az idő letelte után megszakítottam az extrakciót a túl extrahálás elkerülése végett. Végül az elkészült kávé egy termoszba töltöttem hőntartásra a további mérésekhez.

Aeropress

Az Aeropress elkészítése során a 2021-ben megrendezett World Aeropress Championship első helyezettjének Tuomas Merikantonak győztes készítési módját használtam fel, kisebb módosításokkal (Tuomas Merikanto, Finland 2021).

A szükséges eszközök egy adag elkészítéséhez, az Aeropress, 18 g megfelelően őrölt kávé (1. táblázat), 200 g 80°C-os víz, valamint papírszűrő és stopper.

A folyamat során az Aeropress-t fordított formában használtam, ebben az állásban a mérlegre helyeztem és letáraztam, ezután 18 g őrölt kávéval tettem bele, majd stopper indításával egyidejűleg 50 g 80°C-os vizet öntöttem hozzá 10 mp alatt. Ezután kevertem rajta háromszor, majd a stoppert figyelve 30 mp-ig kiegészítettem 200 g-ra és ismét háromszor kevertem rajta. Amikor a stopper 1 perchez ért a felesleges levegőt kinyomtam és rátettem az Aeropressre a rácsos kupakot, egy előre átmosott dupla papírszűrővel. Ezt követően hagytam extrahálódni, amíg a stopper 1 perc 40 másodpercet nem mutatott. Amint az idő lejárt megfordítottam és egyenletesen lenyomtam az Aeropress dugattyúját 20 mp alatt, ezzel szét választva a zaccot az italtól. Végül a kávéval egy termoszba töltöttem hűtőre a további mérésekhez.

Syphon

A Syphonnal készült kávéitalhoz 300 g desztillált vízre, 20 g Syphonhoz őrölt kávéra (1.táblázat), egy Bunsen-égőre és magára az üveg Syphonra van szükség.

A vizet a Syphon alsó üveg gömblombik részébe töltöttem, majd felfogtam az állványra. Ezután ráhelyeztem a gömblombik szájára az üveg feltétet a szűrővel, melynek az alja beleér a vízbe. A két üveg alkatrész összeillesztése után a gömblombik alá helyeztem a Bunsen-égőt és meggyújtottam, majd hagytam, hogy a víz felforrjon.

A víz a hőmérséklet emelkedésével elkezd párologni, az így kialakult túlnyomás a felső üvegrész csőrös részén keresztül az üveg feltétbe nyomja a vizet. A víz felforrása után a kávéval ehhez a vízhez adtam, megkevertem és egyidejűleg stoppert is indítottam. 45 mp letelte után ismét átkevertem, majd 1 perc 30 másodpercnél a Bunsen-égőt eloltottam és hagytam, ahogy a hűlés következtében, a nyomáscsökkenéssel a vákuum átszívja a szűrőn keresztül a kávévalt a gömblombikba, ezzel szét választva a zacctól. Végül a kávéval egy termoszba töltöttem hűtőre a további mérésekhez.

4.3. Mérési módszerek

A kétféle eltérő származású szemes kávéból, négyféle kávékészítési módszerrel elkészített italokat különböző analitikai módszerekkel vizsgáltam. A vizsgált paraméterek mind az elkészített italnál és a szemeskávénál rendre a következők voltak: pH, titrálható savtartalom, koffein-, polifenol-, klorogénsav-, illetve cukortartalom. Ezen felül az italoknál megvizsgáltam még a Maillard reakció során keletkező barna színű komponensek erősségét, a szárazanyag tartalmat, a Brix^o-ot, és meghatároztam az extrakciós hatásfokokat.

4.3.1. pH mérés és titrálható savtartalom meghatározás

A kétféle őrölt kávéból főzőpohárba bemeztem három párhuzamos mérésre 5,0 g-ot, majd 50 ml 90°C-os ioncserélt vizet adtam hozzá és három percig mágneses keverőn kevertettem. Az idő letelte után, a mintát redős szűrőn átszűrtem egy 100,0 cm³-es mérőlombikba. A főzőpoharat háromszor kb. 5 ml ioncserélt vízzel átmostam. Ezután a mintákat hagytam kihűlni, majd jelre töltöttem a mérőlombikokat ioncserélt vízzel. Megmértem a kiindulási pH értéket, majd 50,0 ml minta részletet titráltam 0,1 M NaOH mérőoldattal pH=6,5; 6,6 és 8,0-as értékig (Córdoba, Fabian L. Moreno, *et al.*, 2021). A vizsgált kávékészítési módszerekkel készített kávéitalok pH értékét is megmértem, majd három párhuzamos méréssel 50,0 ml mintát titráltam 0,1 M NaOH mérőoldattal pH=6,5; 6,6 és 8,0-as értékig (Gloess *et al.*, 2013). A pH=6,6 nagyjából megfelel a kávéfogyasztáskor a szájban lévő pH-nak, a pH=8,0 érték pedig lefedi a kávéitalban lévő gyengébb szerves savakat is.

Az eredményeket mg klorogénsavban fejeztem ki grammonként (mg CGA/g) a kolumbiai NTC 5247 nemzeti szabvány szerint (ICONTEC, 2004). A pH értékek mérése 23°C-on történt a HANNA Instruments pH209 pH mérővel.

4.3.2. Maillard-reakció termékei, barna színek komponensek meghatározása

A kávéitalokból 5,0 ml mennyiséget egy 50,0 cm³-es mérőlombikba pipettáztam, majd jelre töltöttem ioncserélt vízzel. Az így kapott tízszeres hígítású mintát egy 10 mm széles kvarc küvetába öntöttem (1 cm fényúthossz) és 420 nm-en megmértem az egyes minták abszorbanciáját spektrofotométerrel (Spektrofotometer UV-VIS Agilent CARRY 60).

4.3.3. Nedvességtartalom meghatározása

A nedvességtartalmat a kétféle szemeskávéból három párhuzamos mérésben végeztem el. A mérés alapjául az ISO 6673:2003 szabványt használtam. 5 g őrölt kávémintát szárítószekrényben 105°C-on tömegállandóságig szárítottam (tömegveszteség kevesebb legyen, mint 0,5 mg), ez hozzávetőlegesen 4 óra volt (Bobková *et al.*, 2021). A szárazanyagtartalmat pedig a nedvességtartalomból határoztam meg.

4.3.4. Szárazanyagtartalom meghatározása

Az egyes italminták szárazanyagtartalom (TDS-Total dissolved solids) meghatározását három párhuzamos mérésben végeztem. 10,0 ml mintát egy feljegyzett tömegű petricsészébe pipettáztam, majd lemértem a tömegét és feljegyeztem. Szárítószekrényben 105°C-on tömegállandóságig szárítottam (tömegveszteség kevesebb, mint 0,5 mg), ez nagyjából 4 óra volt (Portela *et al.*, 2022). Ezt követően exszikkátorba helyeztem a mintákat és hagytam, hogy lehűljenek, majd visszamértem a tömegüket.

Az italok szárazanyagtartalmát Brix°-ban is megmértem (HANNA Instruments – Digitális Refraktométer HI96822) (Carla Cintra da Silva *et al.*, 2023). A mérést 24°C-on végeztem.

4.3.5. Extrakciós hatásfok meghatározása TDS, illetve B°-használatával

$$\text{Extrakciós hatásfok}_{\text{SZA}} = \frac{\text{TDS} * W_{\text{ital}}}{W_{\text{őrölt kávé}}} * 100\%$$

ahol, TDS – szárazanyag tartalom (Total Dissolved Solids, szárítószekrényel meghatározva), W_{ital} – kávéital tömege, $W_{\text{őrölt kávé}}$ – őrölt kávé tömege, amely az ital készítéséhez került felhasználásra (Wang and Lim, 2023) (Zhang *et al.*, 2022).

Az extrakciós hatásfokot a szárítószekrényel meghatározott szárazanyagtartalom mellett, a B° értékével is kiszámoltam, a kétféle mérési módszer összehasonlítására.

$$\text{Extrakciós hatásfok}_{\text{B}^\circ} = \frac{\text{B}^\circ * W_{\text{ital}}}{W_{\text{őrölt kávé}}} * 100\%$$

ahol, B° – szárazanyag tartalom (%-os érték századrésze), W_{ital} – kávéital tömege, $W_{\text{őrölt kávé}}$ – őrölt kávé tömege, amely az ital készítéséhez került felhasználásra (Wang and Lim, 2023).

4.3.6. Koffeintartalom meghatározása

A HPLC-UV módszer alkalmazásával a koffeintartalmat kisebb módosításokkal az ISO 20481:2008 szabvány alapján végeztem el. A szemeskávé esetében az őrölt és szitált mintákból $0,2000 \text{ g} \pm 0,001 \text{ g}$ -ot mértem be egy 50 ml-es centrifugacsőbe, majd 1 g magnézium-oxidot és 25 ml ioncserélt vizet adtam hozzá. A minták alapos vortexelését követően 40 percre 80°C -os rázófeltétes vízfürdőbe helyeztem, az idő letelte után szobahőmérsékletűre hűtöttem folyóvíz alatt. Az így kapott extraktumokat kiegészítettem 50 ml végtérfogatra és ülepítést követően 1500 μl -t mikrocentrifuga csőbe pipettáztam. A mintákat szobahőmérsékleten 10 percig 10000 rpm-en centrifugáltam (Hettich Universal 22R, Andreas Hettich GmbH & Co., Tuttlingen, Németország). Ezt követően a felülúszóból 600 μl -t kromatográfias üvegbe (vial) pipettáztam a HPLC-s vizsgálathoz.

A kávéitalok esetében a mintákból kétszeres hígítást készítettem. Az italokból és ultratiszta vízből 750 μl -t mikrocentrifuga csőbe pipettáztam, majd szobahőmérsékleten 10 percig 10000 rpm-en centrifugáltam (Hettich Universal 22R, Andreas Hettich GmbH & Co., Tuttlingen, Németország). Ezt követően a felülúszóból 600 μl -t kromatográfias üvegbe (vial) pipettáztam a HPLC-s vizsgálathoz.

A HPLC-s elválasztás paraméterei a következők voltak:

- készülék és szoftver: Agilent 1200 HPLC UV detektorral, Openlab CDS (Agilent Technologies, Santa Carla, Kalifornia);
- elúció: izokratikus; 24/76 v/v% metanol-víz
- kolonna: C18, Inertsil ODS-2, 5 μm töltetméret; 150x3 mm;
- kolonna termosztát hőmérséklete: 40°C ;
- áramlási sebesség: 0,8 ml/perc;
- detektálási hullámhossz: 272 nm.

A koffeintartalom meghatározására külső kalibrációt használtam. Az öttagú oldatsorozatot (2.táblázat) egy 200 $\mu\text{g}/\text{ml}$ koncentrációjú törzsoldatból készítettem el, koncentrációjuk koffeinre nézve rendre 0; 5; 25; 50; és 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ volt.

2. táblázat: A koffein kalibrációs oldatsorozat összetétele

	Koncentráció [µg/ml]	Koffein törzsoldat [µl]	Ultratiszta víz [µl]
K ₀	0	0	10000
K ₁	5	250	9750
K ₂	25	1250	8750
K ₃	50	2500	7500
K ₄	100	5000	5000

4.3.7. Összes polifenol tartalom meghatározása

Az összes polifenol tartalom meghatározását kisebb módosításokkal az ISO 14502/2005-1 szabvány alapján végeztem el spektrofotométerrel (Spektrofotometer UV-VIS Agilent CARRY 60) galluszsav tartalomra kifejezve (mg GA/g).

A szemeskávé esetében az őrölt és szitált mintákból 0,2000 g ± 0,001 g-ot mértem be egy 15 ml-es centrifugacsőbe, majd az extrakcióhoz (két lépéses) hozzáadtam 5,0 ml 70°C-os 70:30 v/v%-os metanol:víz elegyet. Vortexelést követően 70°C-os vízfürdőbe tettem 10 percre, közben 5 percenként vortexeltem. Az idő leteltét követően folyóvíz alatt lehűtöttem szobahőmérsékletűre és 10 percig 3500 rpm-en centrifugáltam. Ezután a felülúszót leöntöttem egy 10,0 ml mérőlombikba és megismételtem az extrakciót a kávéval, a felülúszót szintén a lombikba töltve, majd kiegészítettem nagytisztaságú ioncserélt vízzel a mérőlombikot 10,0 ml-re. Végül elkészítettem a külső kalibrációs oldatsort (3.táblázat) 1000 µg/ml galluszsav törzsoldatból.

3. táblázat: A galluszsav kalibrációs oldatsorozat összetétele

	Koncentráció [µg/ml]	Galluszsav törzsoldat [µl]	Ultratiszta víz [µl]
K ₁	10	100	9900
K ₂	20	200	9800
K ₃	30	300	9700
K ₄	40	400	9600
K ₅	50	500	9500
K ₆	100	1000	9000
K ₇	200	2000	8000

A szemeskávé extraktumokból és a kávéitalokból százszoros hígítást készítettem ioncserélt vízzel. Ezt követően a kalibrációs oldatokból (K₁-K₇) a hígított szemeskávé extraktumokból és a hígított italokból, illetve kontroll vak mintához desztilláltvízből 1,0 ml-t 15 ml centrifugacsőbe pipettáztam. Hozzáadtam 5,0 ml 10 %-os Folin-reagenst és összeráztam, majd 3-8 perc elteltével 4,0 ml 7,5 %-os Na₂CO₃ oldatot adtam hozzá és 60 percre szobahőmérsékleten hagytam. Ezt követően 765 nm-en az oldatok abszorbanciáját spektrofotométerrel mértem.

4.3.8. Cukortartalom meghatározása

A cukortartalom meghatározása során a kávéitalban és a szemeskávében az arabinóz, fruktóz, glükóz, galaktóz, szacharóz, maltóz és laktóz tartalmat vizsgáltam. A szemeskávé esetében az őrölt és szitált mintákból 1,000 g ± 0,010 g-ot mértem be egy 15 ml-es centrifugacsőbe, majd 10 ml 85°C-os ultratiszta vizet adtam hozzá, vortexeltem és 30 percre ultrahangos vízfürdőbe helyeztem.

A kávéitalok esetében töményítés volt szükséges ezért 10 ml mintát liofilizáltam az egyes italokból, az így kapott liofilizátumból 200 mg-ot 1,0 ml nagy tisztaságú ioncserélt vízben oldottam fel. A szemeskávé extraktumokat és a liofilizátumból visszaoldott italokat szobahőmérsékleten 10 percig 10000 rpm-en centrifugáltam. Ezt követően a felülúszóból 600 µl-t kromatográfiás üvegbe pipettáztam a HPLC-s vizsgálatához.

A HPLC-s elválasztás paraméterei a következők voltak:

- készülék és szoftver: Agilent 1200 HPLC RI detektorral, Cempstation (Agilent Technologies, Santa Carla, Kalifornia);
- elúció: izokratikus; 87/13 v/v% acetonitril-víz
- kolonna: Macherey-Nagel Nucleodur NH₂, 5 µm töltetméret; 100x4,6 mm;
- kolonna termosztát hőmérséklete: 30°C;
- áramlási sebesség: 1,4 ml/perc;

4.3.9. Klorogénsavtartalom meghatározása

A szemeskávé esetében a klorogénsavak extrakciójához az őrölt és szitált mintákból $1,000 \text{ g} \pm 0,010 \text{ g}$ -ot mértem be egy 50 ml-es centrifugacsőbe, majd 40:50 v/v%-os metanol-víz elegyet adtam hozzá, vortexeltem és 30 percre ultrahangos vízfürdőbe helyeztem. Ezután 10 percig 6000 rpm-en centrifugáltam és a felülúszóból kb. 2 ml-t szűrtem, hidrofil PTFE ($0,22 \mu\text{m}$ pórusátmérő) fecskendőszűrővel, majd a szűrletből és a kávéitalokból egy százszoros hígítást készítettem. A mennyiségi meghatározásra öttagú külső kalibrációs oldatsort készítettem 5-CQA, 4-CQA, 3-CQA, 3,5-diCQA, 4,5-diCQA és 3-FQA sztenderdekből.

Shimadzu Nexera X2 szériájú HPLC-vel (Shimadzu, Kiotó, Japán) kapcsolt AB SCIEX 6500+ hármass kvadrupól tömegspektrométerrel (SCIEX, Framingham, MA, USA) határoztam meg a klorogénsavak mennyiségét, illetve annak saját szoftverével az Analyst 1.7-tel.

A HPLC-s elválasztás paraméterei a következők voltak:

- mozgófázis: 0,1 v/v% hangyasavat tartalmazó víz (A) és 0,1 v/v% hangyasavat tartalmazó metanol (B)
- elúció: gradiens, paraméterei: 0-1 perc, 10% B; 1-10 perc, 50% B; 10-13 perc, 100% B; 13-14 perc, 100% B; 14,01-17 perc, 10% B
- kolonna: ACE Excel 3 μm , C18-PFP (100x3 mm); áramlási sebesség: 0,5 ml/perc;

Az eredmények kiértékeléséhez a MultiQuant 3.0.2 (SCIEX, Framingham, MA, USA) szoftvert használtam.

4.4. Érzékszervi bírálat

Az érzékszervi bírálat során a bírálók nyolcféle kávéitalt minősítettek. A teszt típusa semi-trained volt, ugyanis a bírálatot végző személyek kávé-tea-csokoládé szakmérnökök voltak, így rendelkeztek kávébírálati tapasztalattal, azonban nem voltak hivatásos bírálók. A bírálaton 21 fő vett részt. A bírálat során három tulajdonságcsoporthat vizsgáltunk, az italok küllemét, íz- és illatjegyeit. A három csoporton belüli vizsgált paramétereket a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: Vizsgált érzékszervi paraméterek

Küllem	Illat	Íz
Színárnyalat (vöröses-barnás)	Általános illatintenzitás	Általános ízintenzitás
Olajosság	Mézes illat	Mézes íz
Áttetszőség	Édes illat	Édes íz
Színintenzitás (világos-sötét)	Citrusos illat	Citrusos íz
-	Vaníliás illat	Vaníliás íz
-	Bogyósgyümölcs illat	Bogyósgyümölcs íz
-	Fűszeres illat	Fűszeres íz
-	Égett illat	Égett íz
-	Karamell illat	Karamell íz
-	-	Íztartósság

A frissen elkészített kávéitalokat duplafalú pohárban (kisebb hőveszteség a felszolgálás és bírálás alatt) egyenként 0,5 dl mennyiségben egyszerre adtam oda a bírálóknak. A minták közötti ízsemlegesítéshez ivóvizet is adtam.

A bírálást során az innovatív, rate-all-that-apply (RATA) módszert alkalmaztam, amely során a bírálók csak azon terméktulajdonságokat értékelik, amelyeket érzékelnek a termékben (Ares *et al.*, 2014). A bírálási lap részletét az 13. ábra mutatja be.

Kérem, értékelje azokat az érzékszervi tulajdonságokat, amelyeket érzékel a mintában!

	Nem érzékelhető	gyenge	intenzív
Vöröses színárnyalat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Barnás színárnyalat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Olajosság	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Áttetszőség	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Színintenzitás (világos - sötét)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. ábra. Rate-all-that-apply (RATA) bírálási lap részlet (saját ábra)

A bírálatot RedJade® software (Redwood City, CA, USA) célszoftverrel végezték a bírálatok tabletek segítségével. A célszoftver biztosította a véletlen mintakiosztást és a bírálók kérdőívek kezelését, adatgyűjtést.

4.5. Eredmények statisztikai kiértékelése

A mért paraméterek alapján, a két kávé és a négy kávékészítési technika közötti különbségek vizsgálatára Kruskal-Wallis tesztet futtattam le ($p < 0,05$). Az adatok normális eloszlását is teszteltem, amely során a kis mintaszám miatt a Shapiro-Wilk's tesztet vettem figyelembe.

Az eredmények átfogó vizsgálatához főkomponens elemzést (PCA) is futtattam a fiziko-kémiai paraméterek esetében. A PCA előtt a mérési eredményeket autoskáláztam az eltérő mérési tartományok miatt. A kiértékeléshez az IBM SPSS Statistics 23 (*IBM SPSS Statistics 23*, 2021) és a MATLAB szoftvereket használtam. Az érzékszervi adatok az XL-Stat szoftver (ver. 2022.4.1, Addinsoft, Paris) segítségével értékeltem ki, amely tartalmaz egy kifejezetten RATA tesztekhez alkalmazható modult.

5. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1. Szemes kávék összetétele

A szemes kávék kémiai összetételére vonatkozó mérési eredményeket az 5. táblázatban foglaltam össze. A legtöbb vizsgált paraméter esetében számottevő eltérések figyelhetők meg, melyet a Kruskal-Wallis teszt eredménye is alátámaszt ($p < 0,05$).

A koffein, a 3-CQA és a galaktóz kivételével szignifikáns különbség állapítható meg a minták között. Az elért összetétel összefüggésbe hozható a minták pörkölése közötti különbségekkel és a származási hellyel is, ahogy azt korábbi tudományos cikkek is vizsgálták és alátámasztják (Worku *et al.*, 2018; Sualeh, Tolessa and Mohammed, 2020). Fontos megemlíteni, hogy a vizsgált mono-, és diszacharidok közül a mintákban csak a szacharóz és a galaktóz mennyisége volt meghatározható.

5. táblázat: etiópai és kolumbiai szemes kávék mérési eredményei

	etiópai	kolumbiai
szárazanyag [%]	99,88±0,04 ^a	99,49±0,00 ^b
TPC [mg GA/g]	58,88±2,98 ^a	49,36±1,04 ^b
koffein [mg/g]	12,12±0,16 ^a	11,84±0,16 ^a
5-CQA [mg/g]	15,35±0,13 ^a	17,16±0,48 ^b
4-CQA [mg/g]	6,73±0,17 ^a	7,29±0,10 ^b
3-CQA [mg/g]	6,47±0,18 ^a	6,60±0,10 ^a
3,5-diCQA [mg/g]	0,44±0,02 ^a	0,99±0,03 ^b
4,5-diCQA [mg/g]	0,52±0,02 ^a	1,13±0,06 ^b
3-FQA [mg/g]	0,73±0,03 ^a	0,42±0,03 ^b
Szacharóz [mg/g]	0,44±0,20 ^a	2,68±0,50 ^b
Galaktóz [mg/g]	0,70±0,18 ^a	0,50±0,21 ^a
pH	4,81±0,02 ^a	4,73±0,04 ^b
TTA pH=6,5 [mg CGA/g]	18,41±0,50 ^a	20,11±0,35 ^b
TTA pH=6,6 [mg CGA/g]	18,82±0,33 ^a	20,81±0,33 ^b
TTA pH=8 [mg CGA/g]	36,15±0,27 ^a	39,52±0,32 ^b

TDS: összes oldott szárazanyag; TPC: összes polifenol tartalom; TTA: összes titrálható savtartalom;

A kávék szárazanyagtartalmára és koffein tartalmára (1,21-1,18 %) mért értékek egyetértésben vannak korábbi tanulmányok eredményeivel (Budiastra *et al.*, 2018; Bobková *et al.*, 2021). Ezentúl kutatások foglalkoztak az arabica kávék koffeintartalmával is, mely 0,8-1,4 % érték között alakul (*Coffee in Health and Disease Prevention*, 2014). Ezekkel az eredményekkel az általam mért eredmények is összhangban vannak.

A szemeskávében található összes polifenol tartalomra mért értékeket galluszsav egyenértékben kifejezve adtam meg, melyek korábbi kutatásokban mért értékekhez (27,1-44,11 mg GAE/g-ig) hasonlóan alakulnak (Le-Thi *et al.*, 2022). Az etiópai kávé esetén nagyobb értéket állapítottam meg, ami valószínűleg a sötétebb pörköléssel áll összefüggésben, amely során számos vegyület keletkezik. Korábbi kutatások és vizsgálatok szerint a cukortartalomra szignifikáns hatással van a szemeskávé feldolgozási módja (nedves-, száraz-, mosott eljárás). A mosott feldolgozás során a cukortartalom jelentős mértékben vagy teljesen lecsökken a detektálás alsó szintjére (glükóz, fruktóz mennyiségét vizsgálták) (Knopp, Bytof and Selmar, 2006). Ezzel magyarázható a mintákban mért alacsony cukortartalom is, hiszen mindkét fajta mosott feldolgozási móddal készült.

A vizsgált minták pörkölése eltért egymástól az etióp kávé egy sötét pörkölést, a kolumbiai kávé pedig egy világos pörkölést kapott. Megfigyelhető, hogy a klorogénsavak mennyisége a pörkölés hatására csökken, melyet a Kruskal-Wallis teszt eredménye is alátámaszt ($p < 0,05$). A 3-CQA kivételével szignifikánsan kevesebb mennyiség található meg az etiópai kávéban az egyes klorogénsav vegyületekből.

A szemeskávék savassága tekintetében is szignifikáns különbség volt tapasztalható. A pörkölés hatására a szerves savak mennyisége jelentősen csökken, melyet az etióp kávénál tapasztalt értékek is alátámasztanak. Ezáltal nagyobb pH érték volt tapasztalható. A titrálható savtartalomnál pedig kisebb fogyásiértékek, ami kisebb klorogénsavban kifejezett savtartalmat eredményezett.

5.2. A kávékészítési technika hatása az ital fiziko-kémiai tulajdonságaira

A kutatás során vizsgált négy kávékészítési technika hatását az egyes paraméterekre a 6. táblázat foglalja össze. A két kávéra együtt kapott eredmények alapján jól látszik, hogy a különböző eljárásoknak eltérő hatása van a kávéital kémiai összetételére. Megfigyelhető, hogy az összes oldott szárazanyag (TDS) esetén az Aeropressel értem el a legnagyobb értéket. Ez igaz a Brix° értékre is, amelyet szintén a kávé szárazanyagtartalmának gyors meghatározására használnak. Hasonló eredményeket tapasztaltak a TDS eredményeire Portela és munkatársai (2022) az általuk vizsgált kávék esetén is. Az italban található oldott anyag mennyisége valószínűleg összefüggésben van az ital színével, ezáltal a 420 nm-en mért barna színt befolyásoló vegyületek mennyiségével is.

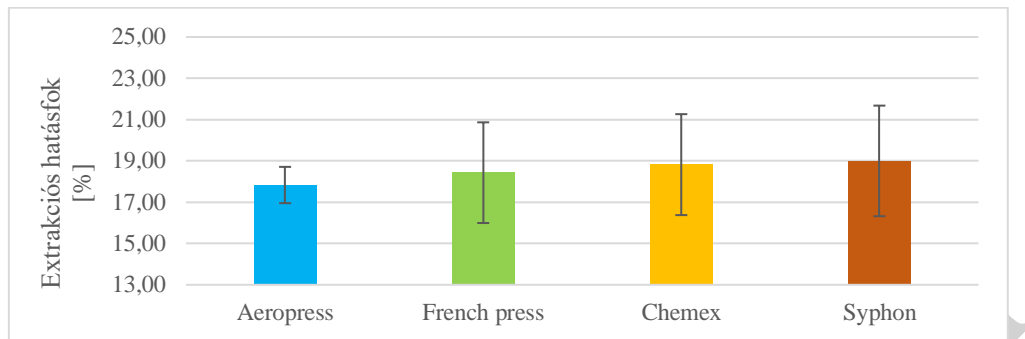
A barna színkomponenseket meghatározva az egyes kávé italokra jellemző értékeket egymáshoz tudjuk viszonyítani. Nagyobb értéket a sötét pörkölésű kávéban, kisebb értéket pedig a világos pörkölésű kávéban mértem hasonlóan korábbi tanulmányokhoz (López-Galilea, De Peña and Cid, 2007). Ezeket a komponenseket alapvetően a Maillard reakció termékeivel hozzák kapcsolatba. Az italban található koffein, 5-, 4-, 3-CQA és a 3-FQA mennyisége is ennél az eljárásnál volt a legnagyobb, melyet a vákuum hatását kihasználó Syphon követ (14-15. ábra). Ugyanez igaz a titrálható savtartalomra kapott eredményeknél is. A legkisebb értékeket pedig jellemzően a Chemex-szel készített kávéitaloknál tapasztaltam. Ez azzal lehet összefüggésben, hogy a kávékészítés során a forró víz és a kávé érintkezési ideje viszonylag rövid, ill. a készítés során csak a gravitációs erő van hatással az extrakcióra. A pH, a 3,5-diCQA, a 4,5-diCQA és a szacharóz tekintetében nem tapasztalható szignifikáns különbség az egyes eljárások között (17-18. ábra), a többi paraméter esetében azonban igen ($p < 0,05$).

6. táblázat: Kávékészítési technikák hatása a kávé vizsgált paramétereinek összetételére

	Aeropress	French press	Chemex	Syphon
TDS [%]	1,86±0,22 ^c	1,37±0,41 ^a	1,33±0,34 ^b	1,39±0,15 ^b
pH	4,99±0,05 ^a	4,95±0,07 ^a	4,99±0,09 ^a	4,96±0,08 ^a
Brix^o	2,32±0,21 ^c	1,65±0,56 ^a	1,53±0,23 ^b	1,78±0,19 ^b
„barna vegyületek”	1,03±0,18 ^b	0,75±0,24 ^a	0,62±0,11 ^a	0,75±0,21 ^{ab}
TPC [mg GA/ml]	3,39±0,29 ^c	2,49±0,75 ^a	2,23±0,25 ^b	2,65±0,26 ^b
koffein [mg/ml]	0,90±0,09 ^c	0,65±0,19 ^a	0,63±0,08 ^b	0,70±0,04 ^b
5-CQA [mg/ml]	1,52±0,21 ^c	1,06±0,40 ^a	1,01±0,18 ^b	1,15±0,11 ^b
4-CQA [mg/ml]	0,78±0,10 ^c	0,52±0,23 ^a	0,51±0,11 ^b	0,60±0,04 ^b
3-CQA [mg/ml]	0,78±0,08 ^c	0,50±0,22 ^a	0,50±0,12 ^b	0,60±0,05 ^b
3,5-diCQA [mg/ml]	0,04±0,02 ^a	0,03±0,01 ^a	0,03±0,01 ^a	0,04±0,02 ^a
4,5-diCQA [mg/ml]	0,04±0,02 ^a	0,03±0,02 ^a	0,03±0,02 ^a	0,04±0,02 ^a
3-FQA [mg/ml]	0,07±0,03 ^b	0,05±0,03 ^a	0,05±0,02 ^b	0,06±0,02 ^b
szacharóz [mg/ml]	0,10±0,07 ^a	0,14±0,12 ^a	0,11±0,10 ^a	0,13±0,11 ^a
galaktóz [mg/ml]	0,02±0,02 ^a	0,01±0,02 ^a	0,02±0,01 ^a	0,09±0,07 ^b
TTA pH=6,5 [mg CGA/ml]	1,43±0,15 ^d	1,05±0,37 ^a	0,96±0,11 ^b	1,08±0,10 ^c
TTA pH=6,6 [mg CGA/ml]	1,28±0,21 ^b	1,07±0,23 ^a	1,01±0,10 ^a	1,07±0,07 ^b
TTA pH=8 [mg CGA/ml]	2,48±0,26 ^d	1,98±0,58 ^a	1,83±0,13 ^b	2,02±0,09 ^c

TDS: összes oldott szárazanyag; TPC: összes polifenol tartalom; TTA: összes titrálható savtartalom;

Minden kávékészítési módszernél meghatároztam az extrakciós hatásfokot is (13. ábra), amely átlagos értéke az Aeropressnél 17,83%, a French pressnél 18,43%, a Chemexnél 18,82% és a Syphonnál 19,00% volt.

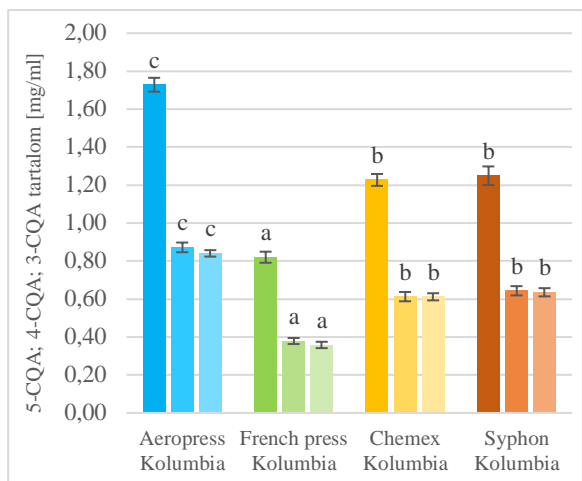
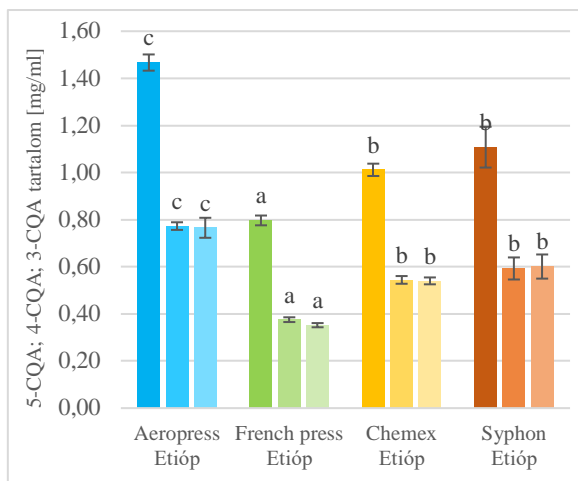


14. ábra: Kávékészítési technika hatása az extrakciós hatásfokra (saját ábra)

Számos paraméter befolyásolja ennek az értékét a két legmeghatározóbb a kávékészítési módszer és a kávé-víz aránya. Az extrakciós hatásfok 18 és 22% között tekinthető a legelfogadhatóbbnak, ebben a tartományban optimális az összetétele, ezáltal az érzékszervi paraméterei az egyes kávéitaloknak. A 16% alatti értékkel rendelkező kávéitalokat alulextrahálnak, míg a 24% feletti kávéitalokat túlextrahálnak tekintik (López-Galilea, De Peña and Cid, 2007). A vizsgált kávéitalokra kapott értékek a legelfogadhatóbb kategóriába esnek a méréseim szerint. Ahogy látható a 14. ábrán is a legnagyobb értéket a Syphonra kaptam, ez magyarázható a hosszú érintkezési idővel a kávé és a víz között, a vákuummal történő szétválasztással, illetve a legmagasabb extrakciós hőmérséklet is ennél a kávékészítési technikánál volt.

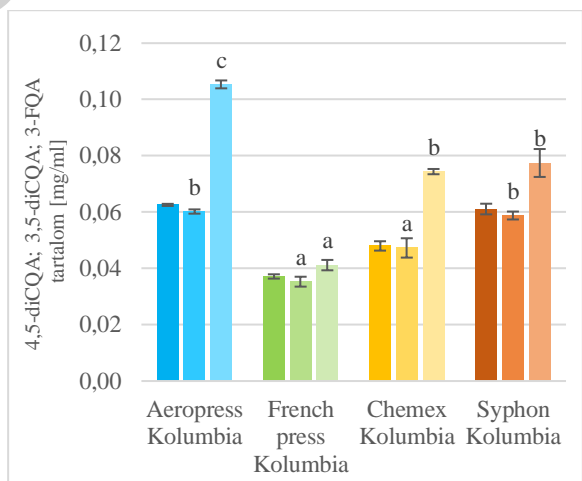
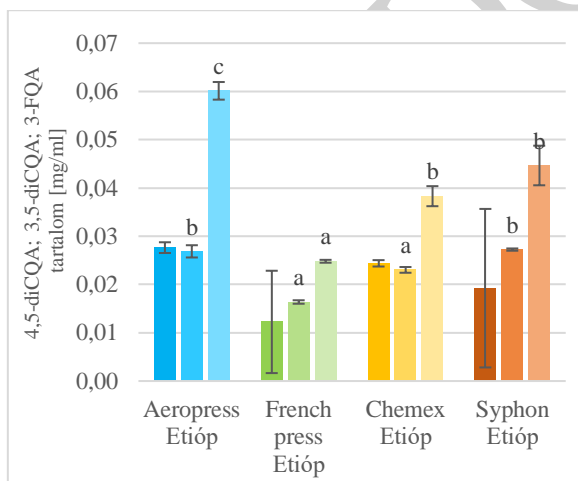
Az egyes komponenseket megvizsgálva láthatjuk, hogy mely paraméterek esetében van szignifikáns különbség az egyes technikák között.

Az egyes klorogénsavak mennyisége befolyásolja az ital savasságát, ezáltal mennyiségüket érdemes vizsgálni a kávéital minősítése során. A 15-16. ábrán látható, hogy a 5-, 4- és 3-CQA klorogénsavak esetében a Chemex és a Syphon technika nem különbözik egymástól szignifikánsan. Ettől a két technikától, illetve az Aeropress és French press egymástól azonban szignifikánsan eltér. A legalacsonyabb értékeket a klorogénsavak esetében a French pressnél tapasztaltam.



15-16. ábra: Kávékészítési technika hatása az 5-,4- és 3-CQA tartalomra az etiópai és kolumbiai kávé esetén (saját ábra)

A 3,5-diCQA esetén a mindkét kávénál a French press és a Chemex eljárásoknál mértem a kisebb koncentrációt, szemben az Aeropress-szel és a Syphon-nal, azonban jelentős eltérések nem voltak tapasztalhatóak. A 4,5-diCQA-ra kapott eredmények az etiópai kávénál nem mutattak szignifikáns különbséget, azonban a kolumbiainál igen. Utóbbinál nagyobb értékeket tapasztaltam, ami a pörkölésből adódó eltérésekkel lehet összefüggésben.

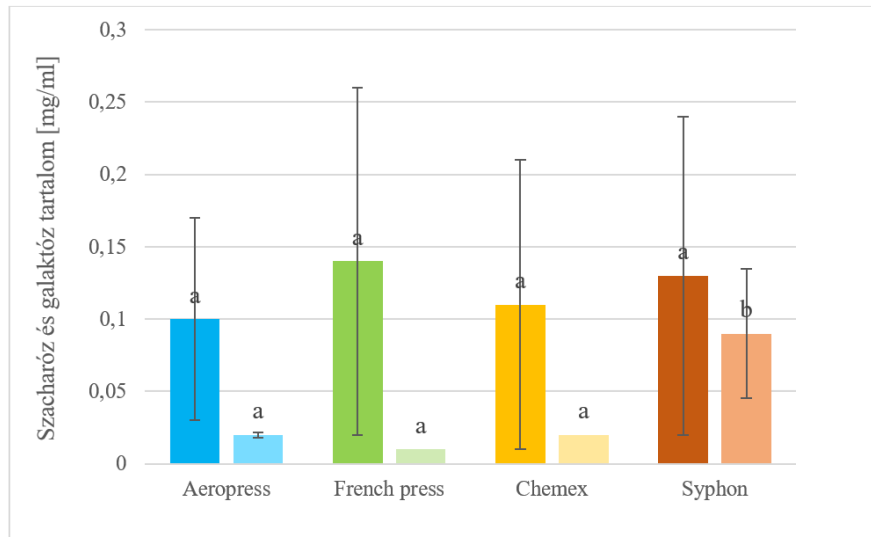


17-18. ábra: Kávékészítési technika hatása az 4,5-,3,5-diCQA és 3-FQA tartalomra az etiópai és kolumbiai kávé esetén (saját ábra)

A 3-FQA extrakciója az Aeropress esetén volt a legeredményesebb, a Chemex és Syphon hasonlóan teljesített, a legkisebb koncentrációt pedig szintén a French pressnél tapasztaltam.

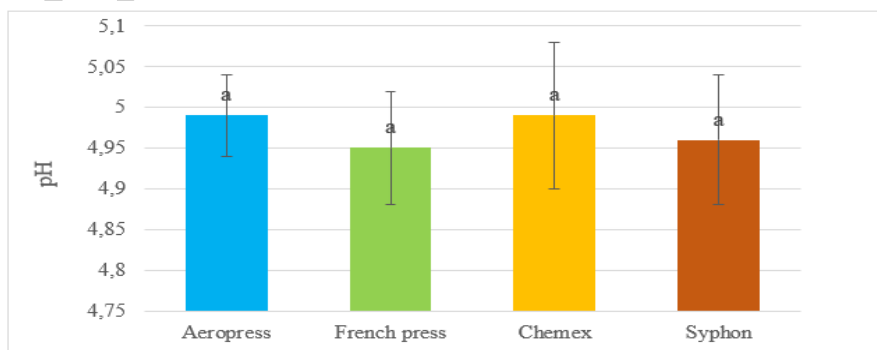
Ez az alacsony érték magyarázható azzal, hogy a French press technikánál az őrölt kávé szemcsemérete a legnagyobb. Ezért a fajlagos felület kisebb, ahol a kávé és a víz érintkezik az extrakció során.

A cukortartalom extrakciójánál a szacharóz esetében nincs szignifikáns különbség a készítési módokban, a galaktóznál pedig a vákuummal működő Syphon emelkedik ki egyedül (19. ábra).

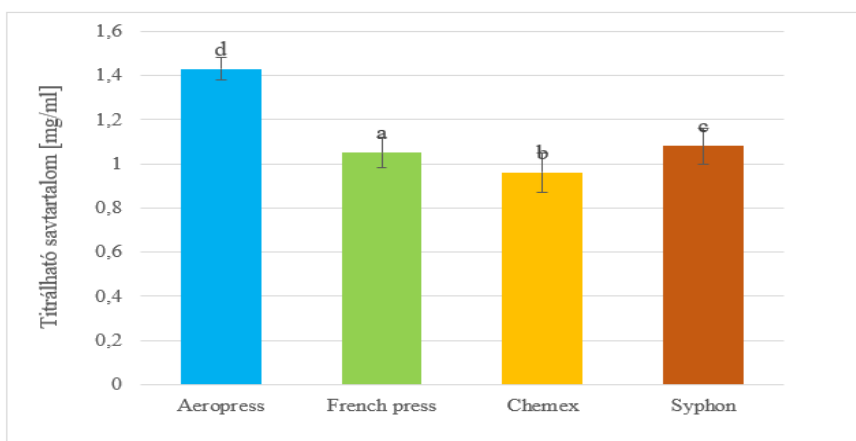


19. ábra: Kávékészítési technika hatása a szacharóz és galaktóz tartalomra (saját ábra)

A pH esetén nem volt szignifikáns különbség az egyes készítési módok között, ahogy az a 20. ábrán is látható. Ezzel szemben a titrálható savtartalomban pH=6,5 értékre titrálva mindegyik kávékészítési technika szignifikánsan eltér egymástól (21. ábra). A legnagyobb értéket az Aeropressnél tapasztaltam, ezután következett a Syphon hasonlóan a klorogénsav tartalomhoz, ami magyarázza a magas titrálható savtartalom értékét.

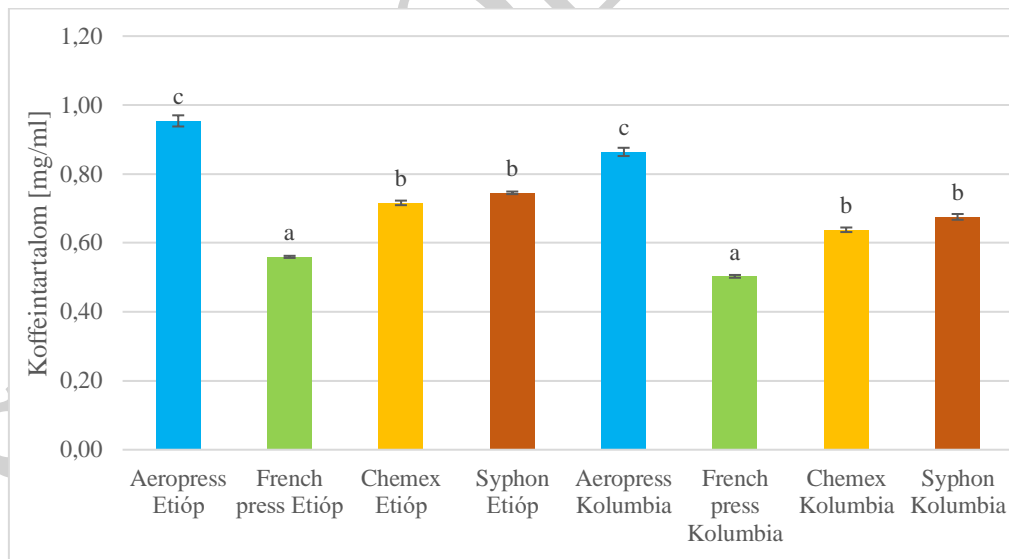


20. ábra: Kávékészítési technika hatása a pH értékre (saját ábra)



21. ábra: Kávékészítési technika hatása a titrálható savtartalom értékére pH=6,5 értékre titrálva (saját ábra)

A korábbiakkal párhuzamban a koffein és az összes polifenol tartalom is az Aeropressel készült kávénál volt a legmagasabb. A Chemex és Syphon technikák között nincs szignifikáns különbség ezekben a paraméterekben. A 22. ábrán láthatjuk, hogy a legalacsonyabb értéket a koffeintartalomra a French pressel készült kávéitalra kaptam.

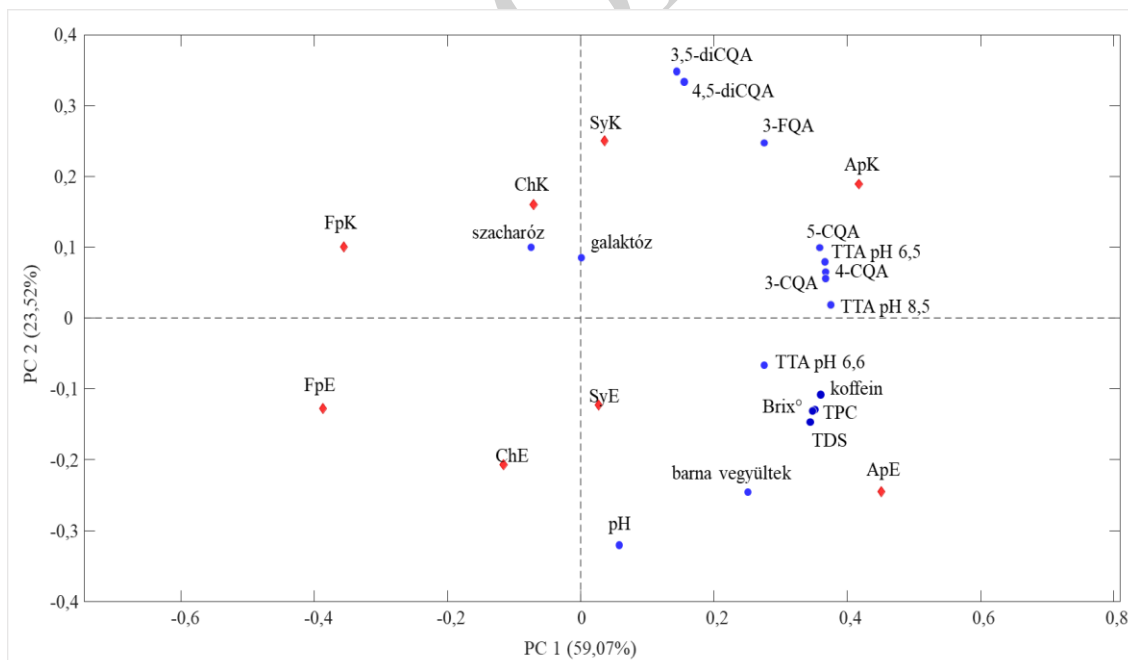


22. ábra: Kávékészítési technika hatása a koffeintartalomra (Saját ábra)

Az összes polifenol tartalom arányaiban a koffeinnel kapott extrakciós mértékekkel egyezik meg. A Chemex és Syphon között itt sem tapasztaltam szignifikáns különbséget.

5.3. Feltáró elemzés a kávékészítési technika hatásának az ital tulajdonságaira

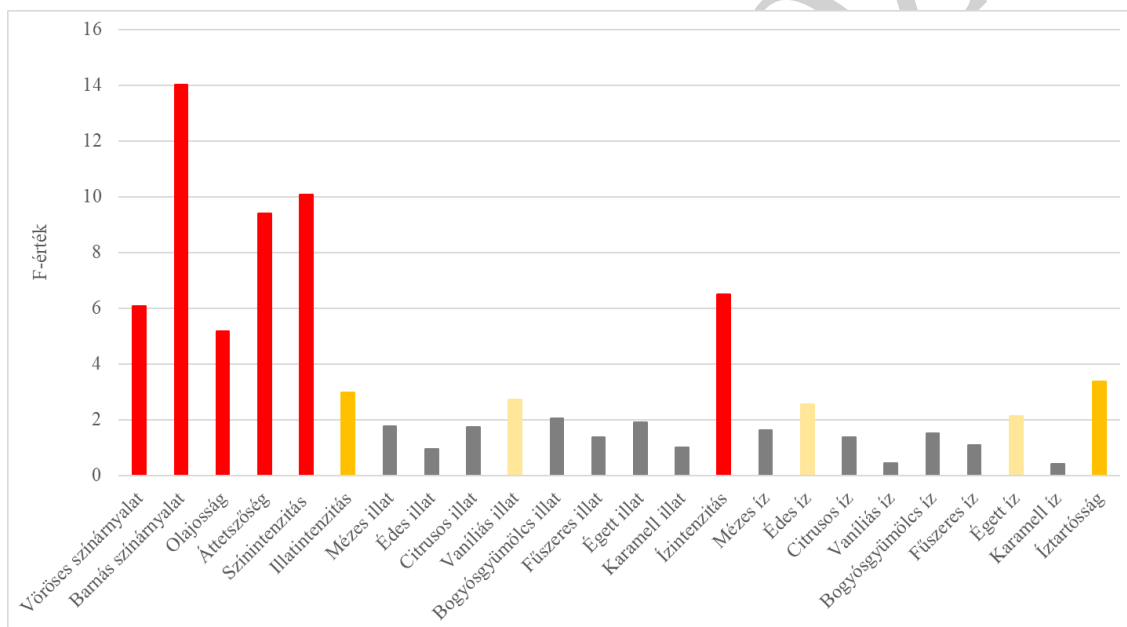
Az egyes kávéitalokra mért eredményeken PCA-t futtattam le az adatok feltáró elemzése érdekében, melynek eredményét (BiPlot) a 23. ábra szemlélteti. Azok a kávék, amelyek közel helyezkednek el egy adott paraméterhez (változóhoz), az a tulajdonság jobban jellemzi. Az adatok varianciáját az első két főkomponens (PC1 és PC2) 82,59%-ban magyarázza. A PC1-nek a hatása az egyes kávékészítési technikák szerint történő elkülönülésben nyilvánul meg. Ezzel szemben a PC2 a két kávé elkülönülését befolyásolja. Mindkét szempont alapján a minták egyértelmű elkülönülése tapasztalható, amely alátámasztható a Kruskal-Wallis teszt eredményeivel is. Az egymástól leginkább különböző eljárások a French press és az Aeropress, míg a Chemex és a Syphon nagyobb hasonlóságokat mutatnak. Megfigyelhető, hogy a savasabb karakterű kolumbiai kávék a PC2 pozitív tartományában helyezkednek el. Ezt nagy mértékben befolyásolják a klorogénsavak és a titrálható savtartalom is. Érdekes lehet, hogy azok a kávék, amelyek kevésbé savasak a pH változóhoz közel helyezkednek el. Ez azzal függ össze, hogy a pH-érték ellentétesen változik a kávé savasságával (kisebb pH savasabb ital). Az etióp kávék pozícióját a nagyobb Brix° érték, az összes polifenol tartalom és a barna színt befolyásoló vegyületek mennyisége jobban befolyásolja. Az ezekre kapott nagyobb értékek azzal állhatnak kapcsolatban, hogy a pörkölés hatására a kávézem porózusabbá válik, ill. sötétebb lesz.



23. ábra: A kávéitalok mérési eredményeire futtatott főkomponens elemzés BiPlot ábrája Ap: Aeropress; Fp: French press; Sy: Syphon; Ch: Chemex; e: etiópai; k: kolumbiai. (Saját ábra)

5.4. Érzékszervi bírálat eredményei

A RATA adatok feldolgozása során varianciaanalízis és főkomponens elemzés futtatására van lehetőség. A varianciaanalízis az egyes érzékszervi tulajdonságok megkülönböztető erejét adják meg (az F-érték nagysága alapján), míg a főkomponens elemzés a minták és terméktulajdonságok egymáshoz viszonyított kapcsolatát (BiPlot) szemlélteti. A termékhatás vizsgálata során (24. ábra) piros színnel ábrázoltam azokat a tulajdonságokat, amelyek $p < 0,001$ értékkel szignifikánsan nagymértékben meghatározóak, narancssárga színnel a $p < 0,01$ értékkel és citromsárga színnel a $p < 0,05$ értékkel kisebb mértékben meghatározó paramétereket. Szürke szín jelöli azokat a paramétereket, amelyekben a bírálók nem tudtak szignifikáns különbséget tenni a kávéitaloknál.

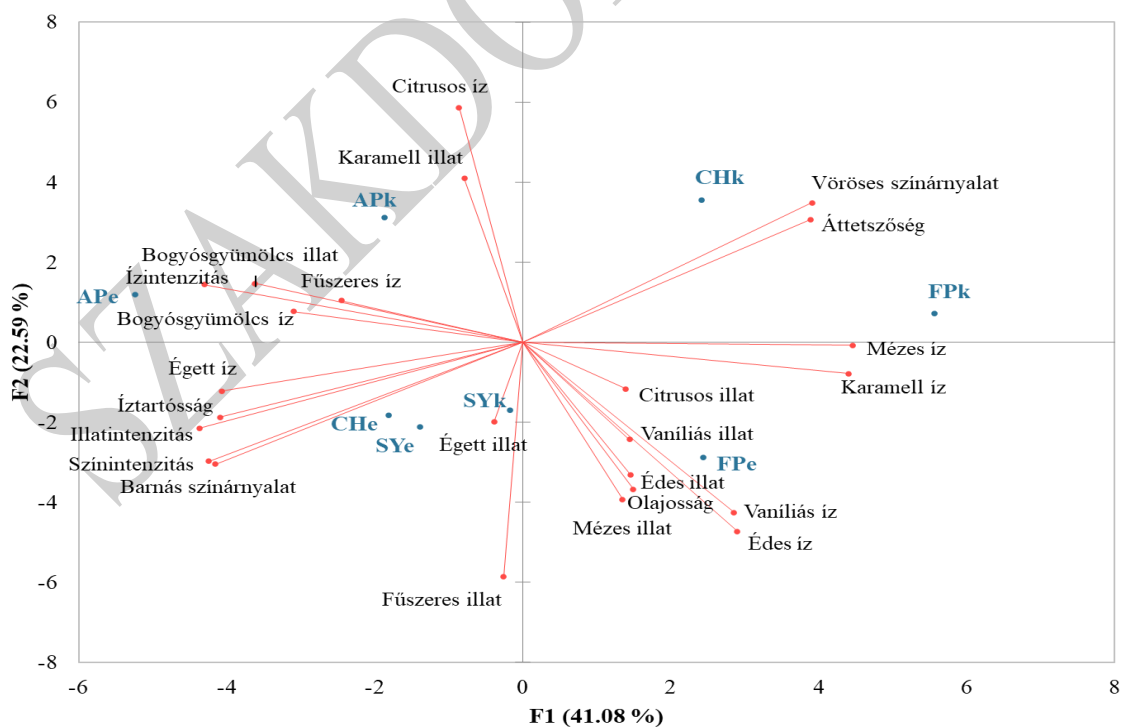


24. ábra: Termékhatás (Saját ábra)

Jól látszik ezen az ábrán az, hogy a legnagyobb különbséget a küllemben tudták a bírálók meghatározni (vöröses-, barnás színárnyalat, olajosság, áttetszőség, színintenzitás) az egyes kávéitalokban. Illetve két paraméternek van jelentős hatása az ízre vonatkozó értékek közül, ez pedig az ízintenzitás, illetve az íztartósság. Ezek a tulajdonságok jellemzően, nagymértékben befolyásolják a kávéitalok élvezeti értékét. Ezen felül a vaníliás illatban, az édes és égett ízben is jelentős különbség van, érdekes azonban, hogy a vaníliás ízjegyben ezzel szemben nem volt szignifikáns különbség.

Az egyes kávéitalok bírálata során kapott eredményeken főkomponens elemzést (PCA) futtattam le az adatok feltáró elemzése érdekében, melynek eredményét (BiPlot) a 25. ábra szemlélteti. Az adatok varianciáját az első két főkomponens (F1 és F2) 63,67%-ban magyarázza. Azok a kávék, amelyek közel helyezkednek el egy adott paraméterhez (változóhoz), jobban jellemezhetők az adott tulajdonsággal. Az érzékszervi bírálat eredményei alapján a két különböző kávéból készített italokat nem lehet egyértelműen elkülöníteni egymástól, ami arra enged következtetni, hogy az ital készítése során alkalmazott eljárás is befolyásolja a végső ízprofilt. Megfigyelhető, hogy az Aeropressel és a French pressel készített italok jobban megkülönböztethetők egymástól, mint a Syphonnal és a Chemex-szel készített italok. Ez alól kivétel a Chemex-szel készített kolumbiai kávé, melyet erős vörös árnyalat jellemez.

Mindkét szempont alapján a minták egyértelmű elkülönülése tapasztalható. Az egymástól leginkább különböző eljárások a French press és az Aeropress, míg a Chemex és a Syphon nagyobb hasonlóságokat mutatnak, akár csak az analitikai vizsgálatoknál mért paramétereiknél. Megfigyelhető, hogy a savasabb karakterű kolumbiai kávék a F2 pozitív tartományában helyezkednek el, ahol a citrusos íz és bogyógyümölcsös karakterek is. Ezt nagy mértékben befolyásolják a klorogénsavak és a titrálható savtartalom is.



25. ábra: A kávéitalok bírálati eredményeire futtatott főkomponens elemzés BiPlot ábrája
 AP: Aeropress; FP: French press; SY: Syphon; CH: Chemex; e: etiópiai; k: kolumbiai. (Saját ábra)

Az analitikai vizsgálatok is alátámasztják ezt az eredményt. A bogyósgyümölcs és citrusos ízjegyekkel jellemzett Aeropressnél mértem a legmagasabb klorogénsav értékeket.

Emellett az összes polifenol és titrálható savtartalom is ennél a készítési módnál érte el a legnagyobb mennyiséget a készítési módok között. Az etióp kávék pozícióját az égett íz, íztartósság, ízintenzitás és színintenzitás, valamint a barnás színárnyalat jelenléte jobban befolyásolja. Az itt kapott értékek összhangban vannak az analitikai eredményekkel is pl. a barna színt befolyásoló komponensek mennyiségével. Ez magyarázható azzal, hogy az etiópai kávé sötét pörkölést kapott, illetve a pörkölés hatására porózusabbak lesznek a kávészemek, így az extrakció során nő a fajlagos felület. Emellett távol helyezkednek el a mézes és karamellás ízeiktől is, ez az analitikai eredményekben is megnyilvánul, itt voltak a legkisebbek a mért szacharóz és galaktóz mennyiségek. A cukrok nagy valószínűséggel a Maillard reakció és Stecker degradáció során átalakultak aromakomponensekké, amelyek az égett és pörkölt ízekeket adták az édes, karamellás és mézes jegyek rovására.

A French pressel és Chemexel készült kolumbiai kávék esetében a vöröses színárnyalat és az áttetszőség a jellemző küllembéli paraméter. Az analitikai mérések alapján is ezeknél a kávéknál volt a legkisebb a barna színek komponensek mennyiségét leíró érték. A karamellás íz és illat, valamint a mézes íz is a kolumbiai kávékhoz áll közel a bírálók válasza alapján. A szacharóz tartalomra is ennél a kávéfajtánál mértem a magasabb értéket, átlagosan ötször akkora értéket, mint az etiópai kávéra. A klorogénsavak és a titrálható savtartalom esetében is itt mértem nagyobb értékeket. Jellemzően az érzékszervi bírálatok során is a kolumbiai kávéitalokat jellemezték a bírálók a citrusos és bogyósgyümölcsös íz, valamint illatjegyekkel.

A legjobban a Chemex, Aeropress és a French press kávéitalok különültek el egymástól az érzékszervi bírálat, illetve ezzel párhuzamosan az analitikai eredmények alapján. A Chemex és a Syphon között a bírálók nem tudtak nagy különbséget tenni, a mért paraméterek alapján a fiziko-kémiai eredmények többségében sem volt mérhető szignifikáns különbség. A Syphon esetében a kolumbiai és etiópai kávék között nem sikerült jelentős különbséget tenni a bírálat során. Ennek oka lehet, hogy itt a legnagyobb az alkalmazott hő az extrakció során, ami az aromakomponensek sérülését eredményezheti. A French press, Aeropress és Chemex esetében egyértelműen különbözik az etiópai és kolumbiai kávékból készült ital. Az analitikai eredményeknél is szignifikáns a különbség ezeknél a készítési módoknál.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kávé világszerte kulturális és gazdasági szempontból is jelentős széles fogyasztói társadalomhoz jut el és a kávéfogyasztás nem csupán az élvezetek területét fedi le, hanem számos aspektusát érinti a társadalomnak. A kávékészítés és fogyasztás jelentőségének vizsgálata lehetővé teszi számunkra a kávékészítési technikák közötti különbségtételt, az extrakciók optimalizálását és az élmény javítását.

A kávékészítés során használt technikák széles skáláját használják világszerte, azonban néhány kevésbé ismert technika kiemelkedik. A hagyományos áztatásos módszerű French press, a kémia ihlette Chemex és Syphon különlegességük és egyedi ízviláguk miatt választottak. Az Aeropress egy másik izgalmas kávékészítési módszer, amely rendkívül sokoldalú. Az egyes technikák különböző hőmérsékleti, vízmennyiségi és időzítési paramétereket igényelnek, amelyek meghatározók lehetnek a végeredmény ízében és aromájában.

A szakdolgozatom fókuszpontjában a kávékészítési technikák hatásának vizsgálata állt, különös hangsúllyal a fiziko-kémiai paraméterek alakulására ezzel korrelációban az érzékszervi paraméterekkel. Az ilyen paraméterek közé tartoznak például a koffein-, klorogénsav-, cukor vegyületek is, érzékszervi szempontokból pedig többek között a mézes és édes vagy pedig a citrusos és savas ízjegyek is. Az egyes technikák különböző módon befolyásolják ezeket a paramétereket, ami hatással van az elkészült ital összetételére és ízére.

Az érzékszervi értékelés során a kávé minőségét az emberi érzékszervek (szaglás és ízlelés) alapján értékeljük. A szakdolgozatomban megvizsgáltam, hogy milyen kapcsolat van a műszeres analitikai mérések során kapott fiziko-kémiai értékek és az érzékszervi bírálat eredményei között. Ezt a kapcsolatot megérteni, fontos lehetőségeket kínál a kávé minőségének javítására és a kávékészítési folyamat optimalizálására.

A szakdolgozatom célja az, hogy hozzájáruljon a kávékészítési technikák és a fiziko-kémiai paraméterek közötti kapcsolat mélyebb megértéséhez, lehetőséget teremtve a kávékészítési folyamat finomítására és a kávéital minőségének növelésére. A kutatás további hozzáadott értéke, hogy segít megérteni, hogyan lehet az érzékszervi bírálat alapján javítani a kávékészítési technikákat, és ezáltal még magasabb minőségű kávékat kínálni a kávéfogyasztóknak.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Andueza, S. *et al.* (2002) 'Influence of water pressure on the final quality of arabica espresso coffee. Application of multivariate analysis', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), pp. 7426–7431. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf0206623>.
- Andueza, S. *et al.* (2003) 'Influence of extraction temperature on the final quality of espresso coffee', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(3), pp. 240–248. Available at: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1304>.
- Andueza, S., De Peña, M.P. and Cid, C. (2003) 'Chemical and Sensorial Characteristics of Espresso Coffee As Affected by Grinding and Torrefacto Roast', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(24), pp. 7034–7039. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf034628f>.
- Angeloni, G. *et al.* (2019) 'What kind of coffee do you drink? An investigation on effects of eight different extraction methods', *Food Research International*, 116, pp. 1327–1335. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.022>.
- Ares, G. *et al.* (2014) 'Evaluation of a rating-based variant of check-all-that-apply questions: Rate-all-that-apply (RATA)', *Food Quality and Preference*, 36, pp. 87–95. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.03.006>.
- Bobková, A. *et al.* (2021) 'Analysis of caffeine and chlorogenic acids content regarding the preparation method of coffee beverage', *International Journal of Food Engineering*, 17(5), pp. 403–410. Available at: <https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0143>.
- Budiastra, I.W. *et al.* (2018) 'Prediction of Caffeine Content in Java Preanger Coffee Beans by NIR Spectroscopy Using PLS and MLR Method', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 147, p. 012004. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/147/1/012004>.
- Cameron, M.I. *et al.* (2020) 'Systematically Improving Espresso: Insights from Mathematical Modeling and Experiment', *Matter*, 2(3), pp. 631–648. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.matt.2019.12.019>.
- Caporaso, N. *et al.* (2014) 'Neapolitan coffee brew chemical analysis in comparison to espresso, moka and American brews', *Food Research International*, 61, pp. 152–160. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.020>.
- Caprioli, G. *et al.* (2012) 'Optimization of espresso machine parameters through the analysis of coffee odorants by HS-SPME–GC/MS', *Food Chemistry*, 135(3), pp. 1127–1133. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.024>.
- Caprioli, G. *et al.* (2014) 'Quantification of caffeine, trigonelline and nicotinic acid in espresso coffee: the influence of espresso machines and coffee cultivars', *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(4), pp. 465–469. Available at: <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.873890>.

- Cardoso, W.S. *et al.* (2023) ‘Maillard reaction precursors and arabica coffee (*Coffea arabica* L.) beverage quality’, *Food and Humanity*, 1, pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.01.002>.
- Carla Cintra da Silva, A. *et al.* (2023) ‘Effect of concentration and temperature on the physical and thermophysical properties of coffee extract’, *Journal of Food Engineering*, 340, p. 111304. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111304>.
- Chaparro, M. *et al.* (2018) ‘Short and long-term effectiveness and safety of vedolizumab in inflammatory bowel disease: results from the ENEIDA registry’, *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 48(8), pp. 839–851. Available at: <https://doi.org/10.1111/apt.14930>.
- Coffee Consumption by Country 2023* (no date). Available at: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/coffee-consumption-by-country> (Accessed: 7 August 2023).
- Coffee in Health and Disease Prevention* (2014). ELSEVIER SCIENCE INC. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?scp=84943240605&partnerID=8YFLo gxK> (Accessed: 23 October 2023).
- Cordoba, N. *et al.* (2020) ‘Coffee extraction: A review of parameters and their influence on the physicochemical characteristics and flavour of coffee brews’, *Trends in Food Science & Technology*, 96, pp. 45–60. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.004>.
- Córdoba, N., Moreno, Fabian L., *et al.* (2021) ‘Chemical and sensory evaluation of cold brew coffees using different roasting profiles and brewing methods’, *Food Research International*, 141, p. 110141. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110141>.
- Córdoba, N., Moreno, Fabian L, *et al.* (2021) ‘Specialty and regular coffee bean quality for cold and hot brewing: Evaluation of sensory profile and physicochemical characteristics’, *LWT*, 145, p. 111363. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111363>.
- Di Donfrancesco, B., Gutierrez Guzman, N. and Chambers, E. (2019) ‘Similarities and differences in sensory properties of high quality Arabica coffee in a small region of Colombia’, *Food Research International*, 116, pp. 645–651. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.090>.
- Downloading IBM SPSS Statistics 23* (2021). Available at: <https://www.ibm.com/support/pages/downloading-ibm-spss-statistics-23> (Accessed: 23 October 2023).
- Farah, A. *et al.* (2005) ‘Effect of Roasting on the Formation of Chlorogenic Acid Lactones in Coffee’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), pp. 1505–1513. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf048701t>.
- Farah, A. *et al.* (2006) ‘Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee’, *Food Chemistry*, 98(2), pp. 373–380. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.032>.

- Fibrianto, K., Fakhrudin, M.H. and Wulandari, E.S. (2019) 'Effect of Mokapot brewing temperature on sensory profiling of Dampit and Tulungagung Ijo coffee', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 230, p. 012037. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/230/1/012037>.
- Folmer, B. (ed.) (2017) *The craft and science of coffee*. Amsterdam ; Boston, MA: Elsevier.
- Food Chemistry* (2009). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>.
- Gao, C., Tello, E. and Peterson, D.G. (2023) 'Identification of compounds that enhance bitterness of coffee brew', *Food Chemistry*, 415, p. 135674. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135674>.
- Glatt, H., Schneider, H. and Liu, Y. (2005) 'V79-hCYP2E1-hSULT1A1, a cell line for the sensitive detection of genotoxic effects induced by carbohydrate pyrolysis products and other food-borne chemicals', *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 580(1–2), pp. 41–52. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2004.11.005>.
- Gloess, A.N. *et al.* (2013) 'Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis', *European Food Research and Technology*, 236(4), pp. 607–627. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00217-013-1917-x>.
- HARIO | COFFEE TASTING LIFE* (no date) *HARIO | COFFEE TASTING LIFE*. Available at: <https://www.hario.com/coffeelife/siphon.html> (Accessed: 22 October 2023).
- Hendon, C.H., Colonna-Dashwood, L. and Colonna-Dashwood, M. (2014) 'The role of dissolved cations in coffee extraction', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(21), pp. 4947–4950. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf501687c>.
- Illy, A. and Viani, R. (2005) *Espresso Coffee: The Science of Quality*. Academic Press.
- International Coffee Organization - Trade Statistics Tables* (2021). Available at: http://www.ico.org/trade_statistics.asp?section=Statistics (Accessed: 8 August 2023).
- Je, Y. and Giovannucci, E. (2014) 'Coffee consumption and total mortality: a meta-analysis of twenty prospective cohort studies', *British Journal of Nutrition*, 111(7), pp. 1162–1173. Available at: <https://doi.org/10.1017/S0007114513003814>.
- Keen, R. (2023) *What is siphon brewing & how does it affect coffee extraction?*, *Perfect Daily Grind*. Available at: <https://perfectdailygrind.com/?p=101429> (Accessed: 22 October 2023).
- Knopp, S., Bytof, G. and Selmar, D. (2006) 'Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans', *European Food Research and Technology*, 223(2), pp. 195–201. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0172-1>.
- Kovalcik, A., Obruca, S. and Marova, I. (2018) 'Valorization of spent coffee grounds: A review', *Food and Bioproducts Processing*, 110, pp. 104–119. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.05.002>.

- Lee, B.H. *et al.* (2019) 'Estimated daily per capita intakes of phenolics and antioxidants from coffee in the Korean diet', *Food Science and Biotechnology*, 28(1), pp. 269–279. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0447-5>.
- Lee, L.W. *et al.* (2015) 'Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship', *Food Chemistry*, 185, pp. 182–191. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>.
- Le-Thi, A.-D. *et al.* (2022) 'Variability of Total Polyphenol Contents in Ground Coffee Products and Their Antioxidant Capacities through Different Reaction Mechanisms', *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12, pp. 4857–4870. Available at: <https://doi.org/10.33263/BRIAC124.48574870>.
- Liang, N. and Kitts, D. (2015) 'Role of Chlorogenic Acids in Controlling Oxidative and Inflammatory Stress Conditions', *Nutrients*, 8(1), p. 16. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu8010016>.
- Lopes, G.R. *et al.* (2021) 'Carbohydrates as targeting compounds to produce infusions resembling espresso coffee brews using quality by design approach', *Food Chemistry*, 344, p. 128613. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128613>.
- López-Galilea, I., De Peña, M.P. and Cid, C. (2007) 'Correlation of Selected Constituents with the Total Antioxidant Capacity of Coffee Beverages: Influence of the Brewing Procedure', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), pp. 6110–6117. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf070779x>.
- Masella, P. *et al.* (2015) 'A new espresso brewing method', *Journal of Food Engineering*, 146, pp. 204–208. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.001>.
- Mestdagh, F. *et al.* (2014) 'The kinetics of coffee aroma extraction', *Food Research International*, 63, pp. 271–274. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.011>.
- Moreira, A.S.P. *et al.* (2012) 'Coffee melanoidins: structures, mechanisms of formation and potential health impacts', *Food & Function*, 3(9), p. 903. Available at: <https://doi.org/10.1039/c2fo30048f>.
- Murkovic, M. and Derler, K. (2006) 'Analysis of amino acids and carbohydrates in green coffee', *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 69(1–2), pp. 25–32. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jbbm.2006.02.001>.
- Oestreich-Janzen, S. (2010) 'Chemistry of Coffee', in *Comprehensive Natural Products II*. Elsevier, pp. 1085–1117. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-008045382-8.00708-5>.
- Parenti, A. *et al.* (2014) 'Comparison of espresso coffee brewing techniques', *Journal of Food Engineering*, 121, pp. 112–117. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.031>.

- Pereira, L.L. *et al.* (2023) 'Impacts of brewing methods on sensory perception and organoleptic compounds of coffee', *Food Chemistry Advances*, 2, p. 100185. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100185>.
- Perfecto, I. *et al.* (1996) 'Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity', *BioScience*, 46(8), pp. 598–608. Available at: <https://doi.org/10.2307/1312989>.
- Ponte, S. (2002) 'The 'Latte Revolution'? Regulation, Markets and Consumption in the Global Coffee Chain', *World Development*, 30(7), pp. 1099–1122. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(02\)00032-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00032-3).
- Portela, C.D.S. *et al.* (2022) 'Effects of brewing conditions and coffee species on the physicochemical characteristics, preference and dynamics of sensory attributes perception in cold brews', *Food Research International*, 151, p. 110860. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110860>.
- Rune, C.J.B. *et al.* (2023) 'Acids in brewed coffees: Chemical composition and sensory threshold', *Current Research in Food Science*, 6, p. 100485. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100485>.
- Santanatoglia, A. *et al.* (2023) 'A comprehensive comparative study among the newly developed Pure Brew method and classical ones for filter coffee production', *LWT*, 175, p. 114471. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114471>.
- SCAA, B.P. (2016) *Protocols & Best Practices*, Specialty Coffee Association. Available at: <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices> (Accessed: 4 May 2023).
- Severini, C. *et al.* (2015) 'Changes in the aromatic profile of espresso coffee as a function of the grinding grade and extraction time: a study by the electronic nose system', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(8), pp. 2321–2327. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf505691u>.
- Sittipod, S. *et al.* (2019) 'Identification of flavor modulating compounds that positively impact coffee quality', *Food Chemistry*, 301, p. 125250. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125250>.
- Sualeh, A., Tolessa, K. and Mohammed, A. (2020) 'Biochemical composition of green and roasted coffee beans and their association with coffee quality from different districts of southwest Ethiopia', *Heliyon*, 6(12), p. e05812. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05812>.
- Sunarharum, W.B., Williams, D.J. and Smyth, H.E. (2014) 'Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective', *Food Research International*, 62, pp. 315–325. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>.
- Vaast, P. *et al.* (2006) 'Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(2), pp. 197–204. Available at: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2338>.
- Wang, X. and Lim, L.-T. (2023) 'Effects of grind size, temperature, and brewing ratio on immersion cold brewed and French press hot brewed coffees', *Applied Food*

Research, 3(2), p. 100334. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100334>.

Won Kang, G., Piao, Z. (Zoey) and Youn Ko, J. (2022) 'Effects of water types and roasting points on consumer liking and emotional responses toward coffee', *Food Quality and Preference*, 101, p. 104631. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104631>.

Worku, M. *et al.* (2018) 'Effect of altitude on biochemical composition and quality of green arabica coffee beans can be affected by shade and postharvest processing method', *Food Research International*, 105, pp. 278–285. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.016>.

World AeroPress Championship (no date) *World AeroPress Championship*. Available at:
<https://worldaeropresschampionship.com/> (Accessed: 22 October 2023).

Yüksel, A.N., Özkara Barut, K.T. and Bayram, M. (2020) 'The effects of roasting, milling, brewing and storage processes on the physicochemical properties of Turkish coffee', *LWT*, 131, p. 109711. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109711>.

Zhang, L. *et al.* (2022) 'Extraction and physicochemical characteristics of high pressure-assisted cold brew coffee', *Future Foods*, 5, p. 100113. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100113>.

Zhang, S.J. *et al.* (2019) 'Following Coffee Production from Cherries to Cup: Microbiological and Metabolomic Analysis of Wet Processing of *Coffea arabica*', *Applied and Environmental Microbiology*. Edited by J. Björkroth, 85(6), pp. e02635-18. Available at: <https://doi.org/10.1128/AEM.02635-18>.

Zyzak, D.V. *et al.* (2003) 'Acrylamide Formation Mechanism in Heated Foods', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), pp. 4782–4787. Available at:
<https://doi.org/10.1021/jf034180i>.

Internetes hivatkozások

Internet 1.: Kávétermesztő és exportáló országok <https://www.kaveverzum.hu/arabica-robusta>

Internet 2.: A kávéban jellemzően előforduló klorogénsavak <https://www.mdpi.com/2072-6643/8/1/16>

Internet 3.: Törökkávé <https://www.istockphoto.com/>

Internet 4.: French press <http://nozamas.com/top-10-latte-heat-press-coffee-presses/>

Internet 5.: Chemex <https://decafe.org/cafetera-chemex/>

Internet 6.: Aeropress <https://www.alvinsofsf.com/products/aeropress>

SZAKDOLGOZAT

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném szívből megköszönni Dr. Benes Eszter Lucának és Habil Dr. Gere Attilának a segítségüket és támogatásukat, valamint belém vetett hitüket a szakdolgozatom elkészítése során. A munkám nem jöhetett volna létre hozzájuk hasonló elkötelezett és segítőkész konzulensek nélkül.

Dr. Benes Eszter Luca, a munkámat kísérő iránymutatása, a konzultációi és a türelme nélkül nem lett volna lehetőségem a dolgozatom elkészítésére. Köszönöm, hogy mindig rendelkezésemre állt, hogy megválaszolta a kérdéseimet, és hogy hitt a képességeimben. Az együtt munkával töltött hosszú hónapok hatalmas elméleti és gyakorlati tapasztalathoz juttattak.

Habil Dr. Gere Attila, köszönetet szeretnék mondani az érzékszervi minősítés lebonyolítása és értékelése során nyújtott szakmai segítségért. Illetve, hogy segített jobban megérteni a témám összetettségét. Az együtt végzett munka nagyszerű tapasztalat volt számomra.

Ezenkívül hálás vagyok minden barátomnak és családtagomnak, akik támogattak és biztattak az egész folyamat során. Köszönet nekik, hogy mindvégig mellettem álltak.

Mindezekon felül köszönöm az intézményünknek és a tanárainknak a lehetőséget, hogy ezt a szakdolgozatom elkészíthettem.

Ez a munka nem csak az enyém, hanem mindazoké, akik hozzájárultak. Köszönet mindannyiuknak.

NYILATKOZAT

szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Fábián Gábor János
A Hallgató Neptun kódja:	GBATYY
A dolgozat címe:	Kávéfőzési technikák hatása az ital érzékszervi és fiziko-kémiai tulajdonságaira
A megjelenés éve:	2023
A konzulens intézetének neve:	MATE, Budai Campus, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat¹ egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. november 03.


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Fábián Gábor János (hallgató Neptun azonosítója: **GBATYY**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / **nem javaslom**².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2023. november 03.

Bénes Fekete János

belső konzulens

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.