

SZAKDOLGOZAT

Papp Tamara

2025

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Gabona és Iparnövényi Technológia Tanszék
Élelmiszermérnöki alapszak

Kávé csersavmentesítése

Belső konzulens: Badakné dr. Kerti Katalin
Egyetemi docens

Belső konzulens tanszéke: Gabona és Ipar növényi Technológia Tanszék

Külső konzulens: dr. Benes Eszter Luca
Egyetemi adjunktus

Külső konzulens tanszéke: Élelmiszerkémia és Analitika tanszék

Készítette: Papp Tamara

Budapest

2025

Tartalomjegyzék

Jelölések, rövidítések jegyzéke	3
1. Bevezetés, célkitűzés	4
2. Szakirodalmi áttekintés.....	5
2.1. Kávé kémiai összetétele	5
2.2. Kávé feldolgozása	6
2.3. Klorogénsavak.....	9
2.4. Csersavak hatása az emberi egészségre	9
2.5. Kávé előgőzölése és kémiai hatásai	10
2.6. Darboven szabadalom és más szabadalmak	11
3. Anyagok és módszertan	14
3.1. Felhasznált anyagok	14
3.2. Előgőzölés autoklávban	14
3.3. Pörkölés.....	15
3.4. Darálás.....	16
3.5. Színmérés	16
3.6. Koffein tartalom	17
3.7. Savasság meghatározása pH mérő készülékkel	18
3.8. Titrálható savtartalom klorogénsavra vonatkoztatva	19
3.9. Kinasav-5-O-kávésav (5-CQA) meghatározása folyadékkromatográfiás módszerrel	19
3.10. Statisztikai elemzések	20
4. Eredmények és értékelésük	21

4.1. CIELAB színtényezők értékelése	21
4.3. pH értelmezése	27
4.4. Titrálható savtartalom klorogénsavakra vonatkoztatva	28
4.5. A kinasav-5-O-kávésav (5-CQA) meghatározása folyadékkromatográfiás módszerrel	30
5. Következtetések és javaslatok	32
6. Összefoglalás	35
7.Köszönetnyilvánítás.....	37
8. Irodalomjegyzék	38
9.Ábrák és táblázatok jegyzéke	42
10.Nyilatkozatok.....	44
11.Konzulensi nyilatkozat	45
12. MI használatáról szóló nyilatkozat.....	46

Jelölések, rövidítések jegyzéke

ANOVA: analysis of variance, varianciaanalízis

3-CQA: 3-caffeoylquinic acid, kinasav-3-O-kávésav; neoklorogénsav

4-CQA: 4-caffeoylquinic acid; kinasav-4-O-kávésav; kriptoklorogénsav

5-CQA: 5-caffeoylquinic acid, kinasav-5-O-kávésav; klorogénsav

HPLC: High Performance Liquid Chromatography, nagy teljesítményű folyadékkromatográfia

UV: ultra-violet, ultraibolya

1. Bevezetés, célkitűzés

Feketén, tejjel, tej nélkül, cukorral, vagy anélkül...Ezekkel a szavakkal indul minden reggel, minden beszélgetés, minden tárgyalás. A kávé az élet minden szegmensében ott van. A történelem során fogyasztási szokásai és fajtái hatalmas transzformációkon mentek keresztül. A kávé felfedezését a 15. század közepére datáljuk Jemenbe. Egy szufi közösség sejkje kezdte fogyasztani ezt az italt, majd ez a szokás áttért más szufi csoportokra is. A 16. század elejére már Egyiptomban és Szíriában is megjelent a kávé. A leghíresebb kávéfogyasztók a törökök lettek. Szulejmán szultán idejében kezdtek 1550 körül kávéházakat nyitni a bortilalom után. Ekkor vált híressé a magyarok körében a „fekete leves” kifejezés (*Rubicon 4: Fodor Pál: A kávé kultúrtörténete- A kávészemek karrierje 1-2, 1993*).

A kávé egy különleges élelmiszerünk, mely a számunkra messzi országokból kerül a csészéinkbe számos technológiai művelet után. Egy teljesen érett piros kávébabból végül egy feketén gőzölgő italt kapunk. A kávé varázslata a pörkölés során történik, amikor az addig rejtett ízek a felszínre törnek. A Maillard reakció olyan vegyületeket biztosít, melyek aromát és illatot adnak az addig zöld egyhangú kávészemeknek. A kávé a központi idegrendszerre hat ki élénkítő hatást kifejtve. Ez csak pillanatnyi hatás, azonban a kávéban található csersavak és klorogénsavak hosszú távon gyomorproblémákat és egyéb egészségügyi panaszokat is okozhatnak. Ezen anyagok eltávolítása megoldást jelenthet a problémák megelőzésére. Ennek egyik legelterjedtebb módja a különböző kávékeverékek előállítása. A két legismertebb kávéfajta, a *Coffea Arabica* és a *Coffea canephora* keverésével a gyártók gyakran törekednek a kiegyensúlyozottabb ízvilág elérésére. Technológiailag kihívást jelent a kávészemek csersavmentesítése, hiszen aromavesztéssel és koffeinesztéssel járhat ez a folyamat. Korábbi próbálkozások alapján a kávészemeket pörkölés előtt előgőzölték, aminek hatására csökkent a csersavtartalom, de más aromaanyagok mennyisége is.

Kutatásom alapjául Darboven szabadalmát vettem, miszerint a kávébabokat magas nyomáson vízgőzzel kezelték. Az eljárást laboratóriumi körülmények között szerettem volna reprodukálni. Munkám célja az volt, hogy ellenőrizzem: laboratóriumi körülmények között az előgőzöléses technológiával valóban csökkenteni lehet-e a csersavak mennyiségét a kávéban. Illetve kíváncsi voltam, hogy a 100%-os Arabica kávé hogyan viselkedik az előgőzöléses technológia hatására, milyen kémiai és fizikai változások mennek végbe a kezelés hatására a kávébabokban.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Kávé kémiai összetétele

Több mint 120 kávécserje fajta található meg Földünkön. Ezek közül három ismertebb típus emelkedik ki, amelyeket a mindennapjainkban is megtalálhatunk. A *Coffea Arabica* a világ kávéfogyasztásának 75%-át, a *Coffea canephora* 25%-át, míg a *Coffea liberica* 1%-át adja. Fő komponensei a koffein, csersavak, tiamin, xantén, gvajakol, citromsav, klorogénsavak és acetaldehid. A zöld kávé 6-7%-át szénhidrátok teszik ki, mint pl. monoszacharidok, fruktóz, szacharóz, glükóz, galaktóz, arabinóz, cellulóz, kinasav, oldhatatlan poliszacharidok. Ezek mellett még 10 szabad aminosavat is tartalmaz, amelyek pörkölés hatására átalakulnak. A kávé mintegy 14%-át klorogénsavak teszik ki, amelyek a pörkölés során hozzájárulnak a jellegzetes íz kialakulásához. A kávé maghúsában főként polimerizált csersavak, azaz tanninok találhatók, amelyek a növény legfontosabb fenolos vegyületei közé tartoznak (Sharma, 2020).

1. ábra: A három legismertebb kávéfajta, forrás: <https://shop.coffice.ua/liberia-the-mysterious-sister-of-Arabica-and-Robusta.html>



A két leggyakrabban fogyasztott kávéfajta között nemcsak aromabeli és kémiai összetételbeli, hanem genetikai különbségek is megfigyelhetők. Az Arabica 44 kromoszómával rendelkezik, míg a Robusta 22-vel. Különböző tanulmányok azt is alátámasztották, hogy egy fajtán belül is vannak különbségek a kémiai összetételben, amely függ a tengerszint feletti magasságtól, a napos órák számától, az éves csapadékmennyiségtől a napi hőmérsékletingadozástól és a talajösszetételtől is (Assa *et al.*, 2021). A magasabban termő kávéknak több időre van szükségük, hogy kifejlődjenek, mint az alacsonyabban termőknek. Vegyi összetételük is függ a tengerszint feletti magasságtól (Gichimu *et al.*, 2014).

Az Arabica kávé őshazája Etiópia. Zöld kávébabjai szénhidrátokat, rostokat, szabad aminosavakat, lipideket és ásványi anyagokat tartalmaznak. Fő komponensei a koffein, klorogénsavak, trigonellin, teobromin. Pörkölés során ezek alakítják ki a tipikus ízt. 0,39-1,77% trigonellint tartalmaz, de ez fajtától és termesztési körülményektől függ. Ha ezen tartomány alá esik a mennyisége, akkor az negatívan befolyásolja a minőséget. Keserű alkaloid prekursor. 6-12% klorogénsavat tartalmaz. Koffeintartalma alacsonyabb a Robustáétól, 0,90-1,3% tartományban mozog (Mengistu, Workie and Mohammed, 2020). A pörkölés során a kávéban található szénhidrátok különböző savakká alakulnak át, miközben egyes aromaalkotó komponensek elillannak. Egy vizsgálat a világos, közepes és sötét pörkölés hatását elemezte a kávébab koffeintartalmára. A világos pörkölés 180 °C-on, körülbelül 6 percig, a közepes pörkölés 180 °C-on 8 percig, míg a sötét pörkölés 180 °C-on 10 percig zajlott. A mérések szerint a világos pörkölésű kávé koffeintartalma 1,13%, a közepesé 1,17%, a sötété pedig 1,08% volt. Bár a sötét pörkölés eredményezte a legalacsonyabb koffeintartalmat, a három pörkölési fok között nem mutatkozott statisztikailag szignifikáns eltérés. (Alamri, Rozan and Bayomy, 2022).

A Robusta az Egyenlítő körüli területeken terem, alacsonyabb tengerszint feletti magasságon, mint az Arabica. Koffein és klorogénsav tartalma magasabb, mint az Arabicáé. A zöld kávébaboknak 7-9,0/100 g a klorogénsav tartalmuk. Fő savkomponensei a koffeokénsavak, dikafeokénsavak és ferulsav-származékok, ritkábban pedig p-kumaroil-kininsavak fordulnak elő benne. A klorogénsavak mintegy 60%-át az 5-CQA teszi ki (Goldemberg *et al.*, 2015).

2.2. Kávé feldolgozása

A feldolgozás országonként és fajtánkként eltérhet egymástól. Miután megtörtént a szüret, a kávészemeket rögtön feldolgozzák. Három közismert eljárás létezik. Ezek a száraz, nedves és félnedves eljárás. A fermentáció fontos eljárás, ekkor távolítják el a nyálkás részt a pulp-tól, amely poliszacharidokban és pektinben gazdag. Ez a reakció a kávé minőségére is pozitív hatással van. Fermentáció során az összetett molekulák, egyszerűbb vegyületekké bomlanak miközben illékony vegyületek keletkeznek. Különböző feldolgozási módszerek és fermentációs eljárások, más-más vegyületeket eredményeznek. Ehhez a sokszínűséghez hozzájárulnak a különböző fermentáló mikroorganizmusok. Ilyenek például a *lactobacillusok*, vagy különböző élesztőgombák (Haile and Kang, 2019). A száraz eljárás során a kávécseseresznyéket a napon hagyják megszáradni 11-12%-os nedvességtartalomig (Sinaga, Bastian and Syarifuddin, 2021). A nedves módszer során mechanikusan eltávolítják a pulp részét. Így kapják a pergamenkávét. A nyálkaréteg eltávolításához pedig úsztatókádakba kerülnek, hogy az lebomoljon a fermentáció során. Ez 6-72 órát vesz igénybe (Da Mota *et al.*, 2020). A nedves eljárás inkább

a Arabica kávéra jellemző az afrikai országokban. Ezzel az eljárással magasabb minőségű kávé állítható elő, azonban feldolgozási folyamata költségesebb, mint a száraz eljárásé. A száraz feldolgozás inkább a Robusta kávékra jellemző, és általában alacsonyabb minőségű, kevésbé aromagazdag kávé eredményez. A félnedves eljárás a száraz és a nedves feldolgozási módszerek kombinációja. A pulp részét eltávolítják különböző berendezések segítségével, míg a fermentáció a napon történik (Haile and Kang, 2019). A kávéban található savak negatív khatással lehetnek az emberi egészségre. Egy tanulmány alapján ezeket a savakat csökkenteni lehet, miközben az ízképző anyagok mennyisége növekszik. A módszer az újrafermentáció, mely során nyálkaanyag analógokat fermentálnak, maracuja pépből és lila édesburgonyából. Ezek édes ízt adnak a kávénak. Gazdagok fruktózból és glükózból, valamint fenolos anyagokban. Újrafermentálás során a koffeinszint szignifikánsan csökkent. A klorogénsav tartalomra khatással lehet a fermentálás is. Az eredmények alapján csökkenti azok mennyiségét a kávészemekben. Míg a koffeintartalom csökken azzal szemben a klorogénsav tartalom nő, de nem szignifikánsan. Ez a különböző mikrobáknak köszönhető fermentáció során (Sinaga, Bastian and Syarifuddin, 2021).

A fermentáció során a kávébabokat borító nyálkaréteget a mikroorganizmusok enzimikus aktivitása bontja le. E folyamat nemcsak a réteg eltávolítását segíti, hanem csökkenti a nemkívánatos penészgombák elszaporodását is. A fermentációban részt vevő mikroorganizmusok főként élesztőgombák (*Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia fermentans*) és tejsavbaktériumok (*Lactobacillus plantarum*, *Leuconostoc mesenteroides*) a nyálkaréteg cukortartalmát különböző szerves savakká és alkoholokká alakítják. A folyamat során többféle sav képződik, mint például citromsav, almasav, borostyánkősav, tejsav és oxálsav, amelyek jelentősen befolyásolják a kávé savasságát és aromáját. Az Arabica kávé nyálkarétege körülbelül 2,5% szárazanyagot, 94% nedvességet, 4% cukrot, 0,7% fehérjét és 1–3% pektint tartalmaz. A pektin és a cukrok fermentációja kulcsszerepet játszik a kávé ízprofiljának és testességének kialakulásában. A megfelelően szabályozott fermentáció tehát nem csupán a nyálkaréteg eltávolítását biztosítja, hanem a kávé végső érzékszervi tulajdonságait is meghatározza. (Janne Carvalho Ferreira *et al.*, 2023). A kávé erjesztése attól függően, hogy aerob, anaerob vagy mikroaerofil körülmények között játszódik le, történhet nyitott tartályokban, zsákokban, hermetikusan zárt tankokban, bioreaktorban vagy természetes anyagok között, pl. banánlevelek közé rétegezve.

A nedves feldolgozás során a fermentáció kontrolláltabb környezetben zajlik, ezért kevesebb kávébab-hiba keletkezik, ezáltal gazdagabb, tisztább íz- és illatvilágot kapunk a száraz

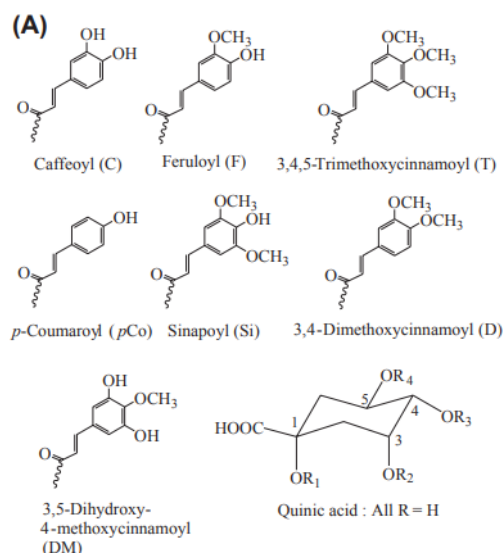
eljáráshoz képest. A fermentáció során a mikroorganizmusok a nyálkarétegben található szénhidrátokat – többek között fruktózt, glükózt, galaktózt és arabinózt – energiaforrásként hasznosítják, így a nedves feldolgozású kávéban kevesebb maradék cukor található, mint a száraz módszerrel feldolgozott kávébabokban. Ennek következtében a folyamat kiegyensúlyozottabb savasságot és összetettebb aromaprofilokat eredményez. A száraz eljárás során szignifikánsan sok glutaminsav és aszparginsav keletkezik. A száraz és nedves eljárás között egyértelmű különbségek vannak jelen a kémiai összetételben, melyet a változatos anyagcsere termékek adnak. Fermentáció során a szabad aminosavak mennyisége is növekszik. A nedves eljárás során virágos, karamellás, gyümölcsös ízkarakterek jelennek meg. Száraz feldolgozás során vajjas, mogyorós kellemetlen íz van inkább jelen (Girma and Sualeh, 2022). A nedves eljárás során, ha csak vizet használnak, az aromavesztéshez vezethet, mivel így a mikrobák által termelt anyagcsere-termékek nem jelennek meg a kávéban.

Miután megtörtént a fermentáció, majd a kávébabok szárítása, a pörkölés következik. Ez három szakaszból áll. Az első a szárító fázis, a második a pörkölés és végül pedig a hűtés következik. Hő hatására a koffein felszabadul a klorogénsavaktól. A kávé rejtett íze felszínre kerül. A nedves eljárással feldolgozott kávéknál különbség jelentkezik a különböző fermentációs folyamatok között. A természetes mikrobák és enzimek által történt fermentáció, majd világos pörkölés eredményezi a legtöbb illékony komponens jelenlétét a kávéban. A babokban több pirozán, furán, keton és különböző savak vannak jelen. Sötétebb pörkölés esetében csak a furán mennyisége nagyobb, míg a többi vegyület jelenléte szinte megegyezik a világos pörköléssel. A csak vízzel történő nyálkaréteg eltávolítása nem eredményez aromadús kávé pörkölés során (Gonzalez-Rios *et al.*, 2007). Egy tanulmány a klorogénsavak mennyiségét vizsgálta különböző feldolgozási módszerek során. Nedves eljárás és sötét pörkölésű kávékban nagyobb mennyiségű klorogénsav volt, mint a száraz eljárással feldolgozott és közepesen pörkölt kávékban (Cwiková *et al.*, 2022). Egy későbbi kutatás azt állította, hogy a fermentációs módszerek nem befolyásolták a klorogénsav-tartalmat szignifikánsan. A pörkölési fokok azonban már befolyásolhatják a mértéküket. Minél magasabb volt a pörkölés hőmérséklete a klorogénsav tartalom úgy csökkent. Ezen kívül a szelektív betakarítás is hatással lehet a klorogénsav tartalomra (Sánchez-Riaño *et al.*, 2024). Ezekkel az eredményekkel szemben áll egy másik kutatás eredménye, mely szerint a nedves eljárás során a klorogénsav tartalom alacsonyabb, mint a száraz eljárásnál (Balyaya, K.J.; Clifford, M.N. 1995).

2.3. Klorogénsavak

A klorogénsavak olyan észterek, amelyek a kininsav szerkezeti analógjai, fahéjsavszármazékokat kávéssavat, ferulasavat és p-kumársavat tartalmaznak. Az észterkötések az ötödik negyedik és harmadik szénatomok között jönnek létre. Általánosságban az 5 CQA-t hívják a klorogénsavnak. A klorogénsavak mennyiségi meghatározása UV detektorral és fordított fázisú HPLC-vel történik (Narita and Inouye, 2015). Olyan antioxidáns vegyületek, amelyeknek antimutagén hatásuk van, csökkentik a vércukorszintet. Antibakteriális hatásuk van a *Legionella pneumonia* és az *Enterobacterek* ellen (Goldemberg *et al.*, 2015).

2. ábra: Klorogénsavak kémiai összetétele a zöld kávéban (Forrás: Narita and Inouye, 2015.)



2.4. Csersavak hatása az emberi egészségre

A csersavak vízoldható polifenolos vegyületek, amelyek keserű ízérzetet kölcsönöznek az élelmiszereknek. Főleg növényi részekben, törzsrészben, levelekben vannak jelen. Antinutritív hatást fejtenek ki, ami azt jelenti, hogy a fehérjékkal komplexet képeznek, így azok nem tudnak hasznosulni az emberi szervezetben. Gátolják az emésztőenzimek hatásmechanizmusát, mint pl. a cellulázt, pektinázt, amilázt és lipázokat. Úgyszintén negatív hatásuk van a vitaminok és ásványi anyagok felszívódására is. Ezek mellett beszámoltak még antimutagén és antimikrobás hatásairól. Pozitív hatásai közé tartozik még a vérnyomáscsökkentés a véralvadás gyorsítása és a vér lipidszintjének csökkentése (Chung *et al.*, 1998).

2.5. Kávé előgőzölése és kémiai hatásai

A kávé előgőzölésével már korábban is foglalkoztak különböző kutatások során. Az egyik ilyen tanulmány megállapította, hogy ha nyomás alatt előgőzölik a zöld kávébabokat, akkor csökkenteni tudják a kávé olyan kellemetlen vegyületeit, mint a hidrokinonin a pirogallol és a katechol. Ezen vegyületek csökkentésével kedvezőbb aromavilágot hoztak létre. Más kutatók arról számoltak be, hogy gőzöléses eljárással a kávébabok klorogénsav tartalmát tudták csökkenteni, de csak meghatározott fajtákat (Baggenstoss *et al.*, 2008). Theurillat és munkatársai arról írnak, hogy a gőzöléses pörkölés hatására, a szabad aminosavakat 50%-al tudta csökkenteni, aminek következtében rövidebb idő alatt is kialakult a kívánt szín. Így kevesebb akrilamid keletkezett és egy selymesebb édesebb, kevésbé keserű ízt lehetett elérni (Theurillat *et al.*, 2006).

Baggenstoss és munkatársai arról számoltak be, hogy a kávé pörkölési tulajdonságai nagyban befolyásolhatóak a babok víztartalmával, így a tanulmányuk célja az volt, hogy vízgőz hozzáadásával, nyomás alatt, megfigyeljék az aroma kialakulását a kezelt kávéknál.

A zöld kávé nedvességtartalma 10,5% volt. A kávébabok megpuhítása 20 napos víz fölötti tárolással történt, majd egy autokláv segítségével 2 bar-on 6 percig kezelték a kávészemeket vízgőzzel. Ezek után a kávé 4 percig volt hűtve. Szárítás után pedig elérte a 9,32%-os nedvességtartalmat, ami már megfelelő volt a pörköléshez. A pörkölés laboratóriumi körülmények között történt. 100 g-ként pörköltek 210 és 660 másodpercen keresztül a világos és sötét pörköléshez (Baggenstoss *et al.*, 2008).

Egy másik kutatás során a Robusta kávékat gőzöltek 3 bar nyomás alatt 30 percig, majd megvizsgálták azok klorogénsav tartalmát. Szignifikáns 5 CQA csökkenés történt, a többi klorogénsav pedig csak kis mennyiségben csökkent. A tanulmány alapján érzékszervi bírálatok után a szakértők szerint a gőzölt kávé minősége jobb volt (Jeszka-Skowron *et al.*, 2016).

A gőzölést leszámítva a csersavak mennyiségét még tannáz enzimmel próbálták csökkenteni. A tannáz, egy glikoproteinészteráz amely a csersavakat galluszsavvá és glükózzá bontja. Elsődlegesen ezeket sörök, gyümölcslevelek tisztítására és keserű ízérzet eltávolítása érdekében alkalmazzák. Egyes *Aspergillus-ok* és *Penicillin*-ek termelik. A kutatás alapanyaga instant kávé volt, és a lóbab levelein kitenyésztett mikrobák által termelt tannáz enzim. Két mintát készítettek. A kontroll mintában inaktiválták az enzimet 90°C-on 5 percig majd lehűtötték. A másik mintát beoltották az enzimmel, majd három órán keresztül hagyták hatni 45°C-on. Később lehűtötték -20°C-ra. A savasságot titrálással határozták meg NaOH mérőoldattal. Az

eredmények alapján az enzim szignifikánsan megváltoztatta a kávé jellemzőit. Enzim bontás után az 511 mg/100 mg-ból 393 mg/100 mg-ot mértek. Katechinből 141,5 mg/100 ml-ből 83,2 mg/100 ml maradt. A koffeintartalomra nem volt befolyása ennek a műveletnek. A tannázzal végzett kísérletet követően a redukáló cukrok, különösen a glükóz mennyisége 15,94%-kal nőtt. A kondenzált csersavak távozásával a galluszsav sárgás fehéres kristályai a felszínre törtek, ezzel kivilágosítva a kávé színét (Mostafa, 2024).

2.6. Darboven szabadalom és más szabadalmak

1995-ben J.J. Darboven egy német üzletember szabadalmat bocsátott ki a kávé kellemetlenné tévő vegyületek csökkentésére. Mára a terméke kereskedelmi forgalomban is kapható. Ez az IDEE Kaffee (3. ábra). Szabadalmában összefoglalja, hogy a pirokatechin, hidrokinonin és pirogallol adják a legnagyobb mértékű keserőséget. A katechinek úgymond pszeudo csersavak. Főleg klorogénsavakat vontak ki a módszerükkel. Az elv hasonló volt, mint ahogyan azt más cikkekben is fellelhettem. A 2. táblázatban található paraméterek alapján, nyomás alatti gőzöléssel távolította el ezen vegyületeket a zöld kávéból. Az eredmények azonban eltérnek mivel a J.J.Darboven kávékeverékre adta ki szabadalmát, míg másik későbbi kutatások, vagy csak Arabica, vagy csak Robusta kávéval foglalkoztak. A találmány alapján (1.táblázat) a brezkatechin 60%-al, a pirogallol 41%-al, míg a hidrokinon 37%-al csökkent a kiindulási mennyiséghez képest (Albert Darboven, 1995).

1. táblázat: Csersavak mennyisége hagyományos eljárás és a szabadalom alapján (Forrás: Európai szabadalom Darboven Albert, 1995.)

Vizsgálat típusa (mg/kg)	Brenzkatechin	Hidrokinon	Pirogallol
Feldolgozatlan	246	27	87
Hagyományos eljárás	143	19	59
Szabadalom alapján	58	12	35
Százalékban kifejezett csökkenés	60	37	41

2. táblázat: Darboven szabadalma által előírt paraméterek a kávé kezelésére

Műveletek	Nedvességtartalom	Nyomás	Idő	Hőmérséklet
Kávébabok víztartalmának növelése	22-28%-ra	1,3-1,5 bar-on	10-30 perc	<95°C-os tartományban
Nedvességtartalom elpárologtatása			5-20 perc	130-150°C
Autokláv		0,5-0,1 barral csökkentik a nyomást 0,8-1,4 barra	130-180 perc	
Nyomáscsökkentés vákuumszivattyúval		0,3 bar kiengedésével	30-120 perc	
Szárítás	10-12%-ra			

Egy 1988-as magyar szabadalom különböző amerikai szabadalmakat vett alapul kávé előkezelése érdekében. Mindegyik eljárás telített vízgőzt használt nyomás alatti gőzöléshez. A hőmérséklet tartományok 170°C-tól 300°C-ig voltak meghatározva előmelegítéssel vagy anélkül. Legtöbb gőzölés két lépcsőből épült fel. A kezelés időtartama néhány másodperctől 15 percig tartott. Ezen kezelések Robusta kávéra voltak modellezve. A szabadalom szerint ezen kezelések hátránya az volt, hogy pH-t nem csökkentő idegen bomlásanyagok képződtek, melyek befolyásolták a kávé jellegzetes ízét.

A többi szabadalommal szemben felismerték, hogy ha savas gőzölést alkalmaznak, akkor az ital ízösszetétele javulni fog. Savassága és íze hasonlíthat az Arabica kávééra. Gőzölés során nem alkalmaztak olyan magas nyomást, mint az amerikai és német szabadalmak. 0,1-0,6 MPa-on 1-15 percig tartott a kezelés. 0,1-0,6 tömegszázalék szerves savat használtak fel. A találmány feltünteti, hogy az így kezelt kávékat bármely pörkölőben meg tudják pörkölni és kávékeverékekben is korlátlanul fel tudják használni őket. Szerves savként az ecetsavat alkalmazták. Ezzel szemben a német szabadalom inkább a cersavakra fókuszált és szintén alacsonyabb nyomáson gőzölte elő a kávébabokat. Hőmérséklet tartománya is alacsonyabb volt, mint az amerikai találmány szerint (Varsányi Sándorné, 1990.)

3. ábra: IDEE kaffee, forrás: <https://ecoffee.hu/IDEE-KAFFEE-Classic-csersavszegegy-orolt-kave-500?srltid=AfmBOoqX44KGfHSqDIiySN92W9GG6G6mHgVxEtKWnoeIT4CwlcYwTb->

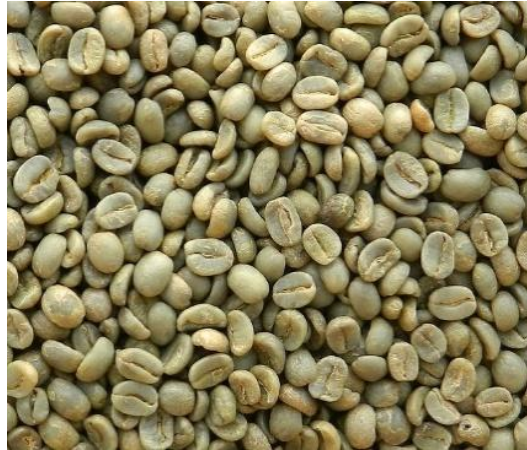


3. Anyagok és módszertan

3.1. Felhasznált anyagok

Méréseimhez Brazíliából származó zöld szemes, Arabica kávéét használtam.

4. ábra 100% Brazil Santos Arabica zöld szemes kávé, forrás: https://baltcoffee.com/product/fancy-brazil-santos-green-coffee/?srsltid=AfmBOooBqPM1c8JwPfbQMdtoq5wlXbvdISua-VhfRlu5TAUGeD_kEtJM



A zöldkávét két részre osztottam, melyből 1,5 kg-ot előgőzöltem és pörköltem, 1,5 kg-ot pedig csak pörköltem. Az utóbbiak voltak a kontroll minták.

3.2. Előgőzölés autoklávban

A német szabadalomban (Albert Darboven, 1995) leírt eljárást alapul véve kezeltem a kávébabokat laboratóriumi körülmények között. A gőzölést asztali autoklávban végeztem el (PST-133 Asztali Autokláv, Budapest, Magyarország) (5. ábra). Első lépésként főzőpohárba helyeztem 1,5 kg kávébabot majd 1 bar-ig emeltem a nyomást 95-100°C-on, hogy a kávébabok nedvessége növekedjen. Ezek után a második fázisban a 95°C helyett 110°C -on tartottam a babokat, ez volt a hőmérséklet beállítási szakasz, majd a melegítés szakasz következett 1,5 bar-on 120°C -on. Ez 30 percet vett igénybe. Majd a végső fázisban a nyomáscsökkentésnél 2 órán keresztül 1 bar-on és 118°C -on voltak kezelve a babok. Miután befejeződött a gőzölés, az autoklávból kiengedtem a klorogénsavakat tartalmazó gőzt és a babok eltávolíthatóak voltak az autoklávból. Az előgőzölés végére a kávébabok nedvességtartalma 10,24% volt.

5. ábra: PST/133 Asztali Autokláv, forrás: <https://kapacitiv.hu/termek/pst-133-asztali-autoklav/>



3.3. Pörkölés

Mind a zöld kávé, mind az előgőzölt zöld kávé esetében három pörkölési szintet állítottam be, amelyhez a Coffee bean Roaster Innovative off-axis rotation CBR-101 (Genecafe, Gyeonggi-do, Dél-Korea) pörkölőgépet használtam (6. ábra). A pörkölés hőmérséklete mind a három szinten 220°C volt. A világos pörkölés esetében 5 perc, a közepes pörkölésnél 8 perc, a sötét pörkölésnél pedig 16 perc után állítottam le a folyamatot. Minden mintából 200 g-ot pörköltem meg.

6. ábra: Pörkölőgép (Coffee bean Roaster Innovative off-axis rotation CBR-101, Genecafe, Gyeonggi-do, Dél-Korea), forrás: <https://www.amazon.co.uk/Coffee-Roaster-Genecafe-CBR-Black/dp/B01A5OJKPQ>



3.4. Darálás

Az előgőzölt pörkölt kávébabokat egy elektromos daráló (Breville KC34346 BCG820BSSXL The Smart Pro Coffee Bean Grinder, Brushed Stainless Steel, Sydney, Ausztrália) (7. ábra) segítségével daráltam le. A szemcseméret espresso kávéhoz alkalmazott, 6-os szemcseméretre volt állítva. A zöldkávét keménysége miatt kézi aprítóval őröltem le (Bosch, MMR08A1, München, Németország), majd 250 µm lyukméretű Retsch analitikai szitával szitáltam át.

7. ábra: Daráló gép (Breville KC34346 BCG820BSSXL The Smart Pro Coffee Bean Grinder, Brushed Stainless Steel, 18/8, Breville, Sydney, Ausztrália), forrás: <https://www.breville.com/en-ca/product/bcg820>



3.5. Színmérés

A Minolta CR-300 Chroma Meter (Minolta Chroma Meter CR-300, Baltimore, MD, USA), (8. ábra) készüléssel hat párhuzamos mérést végeztem el az egész kávészemeken, mind a két csoportból minden mintán. A színt leíró paramétereket a CIE $L^*a^*b^*$ színtérben rögzítettem (Internationale Beleuchtungskommission, 2004).

$$L^*=116\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}}-16,$$

$$a^*=500\left(\left(\frac{X}{X_n}\right)^{\frac{1}{3}}-\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}}\right),$$

$$b^*=200\left(\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}}-\left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{\frac{1}{3}}\right).$$

A színkülönbség mértékét a következő módon számítottam ki:

$\Delta E = (L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2$, ahol az L_1 , a_1 , b_1 a nem gőzölt minták értékei voltak, a L_2 , a_2 , b_2 pedig a gőzölt minták értékei voltak.

Az érzékelt színkülönbségek nagysága:

- 0,0 ~ 0,5 nem vehető észre
- 0,5 ~ 1,5 alig vehető észre
- 1,5 ~ 3,0 észrevehető
- 3,0 ~ 6,0 jól látható
- 6,0 ~ 12,0 nagy

8. ábra: Minolta CR-300 Chroma Meter (Minolta Chroma Meter CR-300, Baltimore, MD, USA), forrás: <https://www.machinio.com/listings/53265402-minolta-cr-300-chroma-meter-with-dp-301-data-processor-in-baltimore-md>



3.6. Koffein tartalom

A koffein tartalmat az ISO 20481:2008 szabvány alapján, módosításokkal végeztem el folyadékkromatográfias módszer alkalmazásával. Analitikai mérlegen 0,2000 g mintát mértem be a ledarált kávékból 50 ml-es centrifugacsövekbe, amihez 1 g magnézium-oxidot adtam. 25 ml ioncserélt vizet adtam hozzá és 40 percre 80°C-os vízfürdőbe helyeztem a mintákat. Az idő letelte után szobahőmérsékletre hűtöttem őket vissza. Kiegészítettem az extraktumokat 50 ml-re majd a felúszóból 1400 µl-t mikrocentrifugacsőbe pipettáztam. 10 percig 13000 rpm-en centrifugáltam (Hettich Universal 22R, Andreas Hettich GmbH & Co., Tuttlingen, Németország), majd a felúszóból 500 µl-t kromatográfias üvegbe pipettáztam.

Az elválasztás paraméterei:

Készülék és szoftver: Agilent 1200 HPLC UV detektor, Openlab CDS (Agilent Technologies, Santa Carla, Kalifornia) (9. ábra)

Elúció: izokratikus, 24/76 V/V% metanol-víz

Kolonna: C₁₈, Inertsil ODS-2,5 µm töltetméret; 150x3 mm

Hőmérséklet: 40 °C

Áramlási sebesség: 0,8 ml/min

Detektálási hullámhossz: 272 nm

9. ábra: Agilent 1200 HPLC UV detektor, Santa Carla, Kalifornia, forrás:
<https://www.geminibv.com/labware/agilent-1200-series-hplc/>



3.7. Savasság meghatározása pH mérő készülékkel

A méréshez 5 g-ot mértem ki tárapontossággal a kávémintákból főzőpohárba. 50 ml 95 °C-os ioncseréltvizet adtam hozzá, majd 1 percig állni hagytam a mintákat. Mágneses keverőt (Radelkis Type OP-951, Radelkis, Budapest, Magyarország) használva 3 percig kevertettem a mintákat. Az extraktumokat redős szűrőpapíron szűrtem le Erlenmeyer lombikba. A minták pH értékét a Microprocessor pH Meter HANNA PH 212 (Hanna Instruments, Rhode Island, USA) (9. ábra) típusú mérőműszerrel határoztam meg (Brollo et al., 2009).

10. ábra: Microprocessor pH Meter HANNA PH 212 (Hanna Instruments, Rhode Island, USA), forrás: <https://www.insolvtrade.com/listings/3795486-used-microprocessor-ph-meter-hanna-ph-212>



3.8. Titrálható savtartalom klorogénsavra vonatkoztatva

A mérést (Córdoba *et al.*, 2021) módszere alapján végeztem el. 5 g kávé mértem be tárapontossággal főzőpohárba. 50 ml 90°C-os ioncserélt vizet adtam hozzá. 3 percig keverttem mágneses keverőn (Radelkis Type OP-951, Radelkis, Budapest, Magyarország). Redős szűrőpapíron átszűrtem, majd a 100 ml-es mérőlombikot jelre töltöttem. 50 ml-et kipipettáztam, végül 0,1 M-os nátrium-hidroxid mérőoldattal titráltam 6,5-ös pH értékig. Az eredményeket mg klorogénsav/g értékben fejeztem ki, a kolumbiai NTC 5247 nemzeti szabvány szerint. A számításhoz a klorogénsavak molekulatömegével ($M_{CGA} = 354,31 \text{ g/mol}$) számoltam és következő képletet használtam:

$$m_{CGA} = \frac{(\text{mérőoldat fogyása [ml]} \cdot \text{mérőoldat faktora} \cdot \text{hígítási faktor} \cdot M_{CGA} [\frac{\text{g}}{\text{mol}}])}{\text{kávé bemért tömege [g]}}$$

A számításokhoz a kiindulási pH értéket is feljegyeztem.

3.9. Kinasav-5-O-kávésav (5-CQA) meghatározása folyadékkromatográfias módszerrel

Analitikai mérleggel 1 g őrölt kávé mértem ki 50 ml-es centrifugacsövekbe, melyekhez 10 ml 50%-os metanol-víz elegyet adtam. A mintákat 30 percre 40°C-os vízfürdőbe helyeztem. Ezek után 6000 rpm-en 10 percig centrifugáltam a mintákat 4°C-on. A felülúszóból 2 ml-t 0,22 µm pórusátmérőjű PTFE fecskendőszűrővel mikro-centrifugacsövekbe szűrtem le, majd ioncserélt vízzel a százszorosára hígítottam (Benes, 2023.).

Az elválasztás paramétereit:

Készülék és szoftver: Waters HPLC PDA detektor, Empower Software (Waters Corporation, Milford, Massachusetts, Egyesült Államok) (11. ábra)

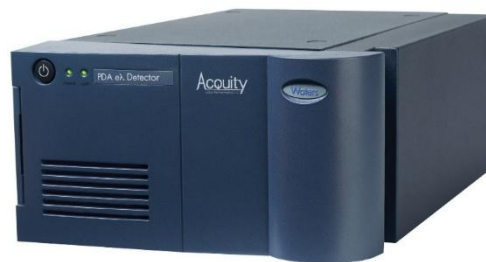
Elúció: izokratikus, 1% hangyasavat tartalmazó ioncserélt víz, 1% hangyasavat tartalmazó acetonitril

Kolonna: C₁₈ MN Nucleodur Sphinx RP, 3 µm, töltetméret 150/4,6 mm

Detektálási hullámhossz: 326 nm

11. ábra: Waters HPLC PDA detektor, (Waters Corporation, Milford, Massachusetts, Egyesült Államok),

forrás: <https://www.waters.com/nextgen/us/en/products/chromatography/chromatography-detectors.html?srltid=AfmBOooyaOTKXwQwyDrN2ZCgYZtniZKrPcIg03zvVw4waNQLoKwNNUZo>



3.10. Statisztikai elemzések

Az adatokat Microsoft Excelben készítettem elő, majd a kiértékelését IBM SPSS Statistics 29.0 szoftverrel végeztem. Az eredményeket ANOVA varianciaanalízissel, és független mintás t-próbákkal elemeztem. Fő szempontom a gőzölés hatásának vizsgálata volt a kávé színére, savasságára, koffeintartalmára és klorogénsav tartalmára. Ezek mellett a pörkölési szintek közti hatást is vizsgáltam. Valamint a két hatás interakciójára is kitértem elemzéseimben.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. CIELAB színtényezők értékelése

Négy értéket vizsgáltam, a gőzölés hatásának szempontjából. A világossági tényezőt, a vöröszöld tényezőt, sárga-kék tényezőt és a színkülönbség mértékét. Páros t-próbát alkalmaztam a gőzölt és nem gőzölt minták páronkénti összehasonlításához, valamint egyutas ANOVA-t a csoportok közti különbségek értékeléséhez.

A páros t-próba eredményei alapján a gőzölésnek szignifikáns ($p < 0,001$) hatása volt a nyers kávébabokra. A nem gőzölt minták átlagos világossági tényezője ($L=41,17$) nagyobb volt, mint a gőzölt minták esetében ($L=29,62$). Ez azt mutatta, hogy a minta színe a gőzölés után sötétebb lett. A változás szemmel látható volt, amit a ΔE érték is alátámasztott ($\Delta E=13,85$) (12 ábra).

12. ábra: Nem gőzölt nyers kávé (bal), forrás: https://baltcoffee.com/product/fancy-brazil-santos-green-coffee/?srsltid=AfmBOooBqPM1c8JwPfbqMdtoq5wlXbvdLSua-VhfRlu5TAUGcD_kEtJM, gőzölt nyers kávé (jobb), forrás: saját fotó



A világos pörkölésű mintáknál (13. ábra) is hasonló tendencia mutatkozott. A páros t-próba alapján a gőzölésnek szignifikáns hatása volt a gőzölt mintákra ($p < 0,001$). A ΔE alapján is egyértelmű volt a változás ($\Delta E= 8,64$).

13. ábra: Nem gőzölt világos pörkölés (bal), gőzölt világos pörkölés (jobb), forrás: saját fotó



A közepes pörkölésnél (14. ábra) a gőzölt és nem gőzölt minták színe között nem volt szignifikáns eltérés ($p = 0,985$). A színelkülönbség mértéke is kisebb volt, mint öt, ami azt jelenti, hogy nem volt szemmel látható különbség ($\Delta E=1,55$).

14. ábra: Nem gőzölt közepes pörkölés (bal), gőzölt közepes pörkölés (jobb), forrás: saját fotó



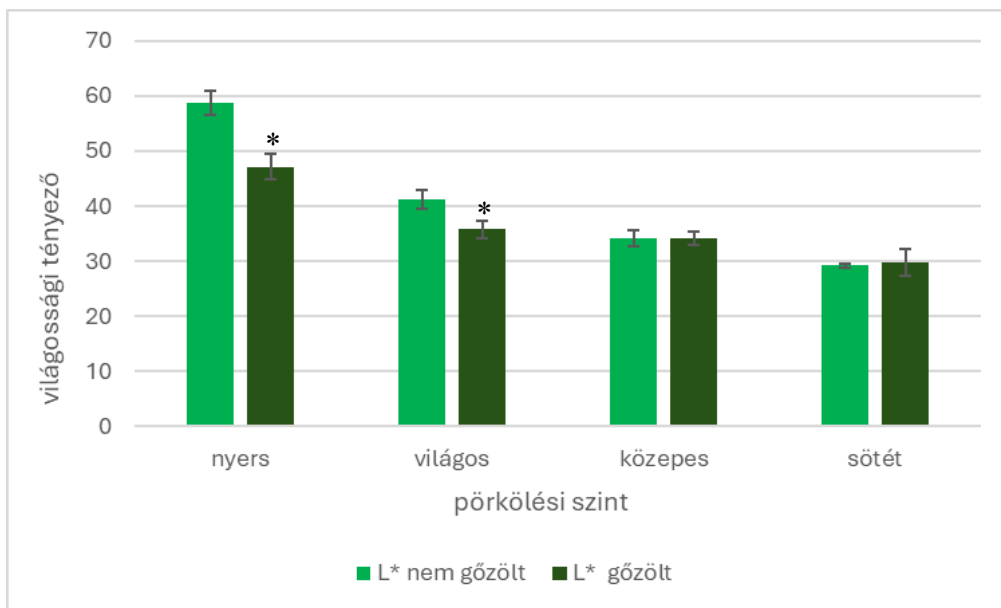
A sötét pörkölés (15. ábra) világossági tényezőjére se volt szignifikáns hatással a pörkölés ($p = 0,572$). Ezt a színelkülönbség mértéke is alátámasztotta ($\Delta E=3,04$).

15. ábra: Nem gőzölt sötét pörkölés (bal), gőzölt sötét pörkölés (jobb), forrás: saját fotó



A kiértékelt eredmények alapján kijelenthető, hogy a gőzölés hatására a minták világossági tényezője kisebb lett. A pörkölés hatására ugyanez a tendencia mutatkozott (16. ábra).

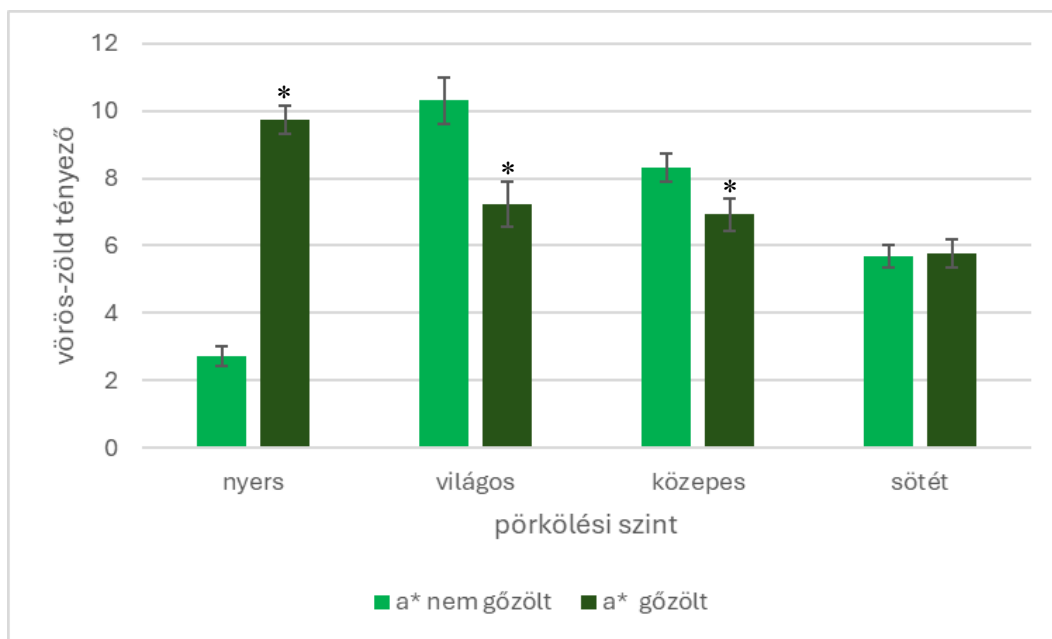
16. ábra: Gőzölés hatása a minták világossági tényezőjére pörkölési szintenként



A Tukey post-hoc teszt homogenitás eredményei alapján a sötét pörkölésű minták egy csoportba tartoztak, valamint a közepes pörkölésű minták és a világos pörkölésű gőzölt minták értékei voltak hasonlóak.

Az a* vörös-zöld tényezőre egyutas ANOVA-t és páros t-próbát futtattam le.

17. ábra: Gőzölés hatása a vörös tényezőre pörkölési szintenként



A kontroll minták esetében a pörkölés hatására a vörös színezet először növekedés mutatott, majd a pörkölés előrehaladtával csökkenés volt tapasztalható. A gőzölt kávémintáknál is hasonló tendenciát figyeltem meg (17. ábra). A gőzölés növelte a vörös pigmentek jelenlétét a nyers kávébabokban.

A világos pörkölésnél a gőzölt és nem gőzölt minták között szignifikáns különbség jelentkezett ($p < 0,001$).

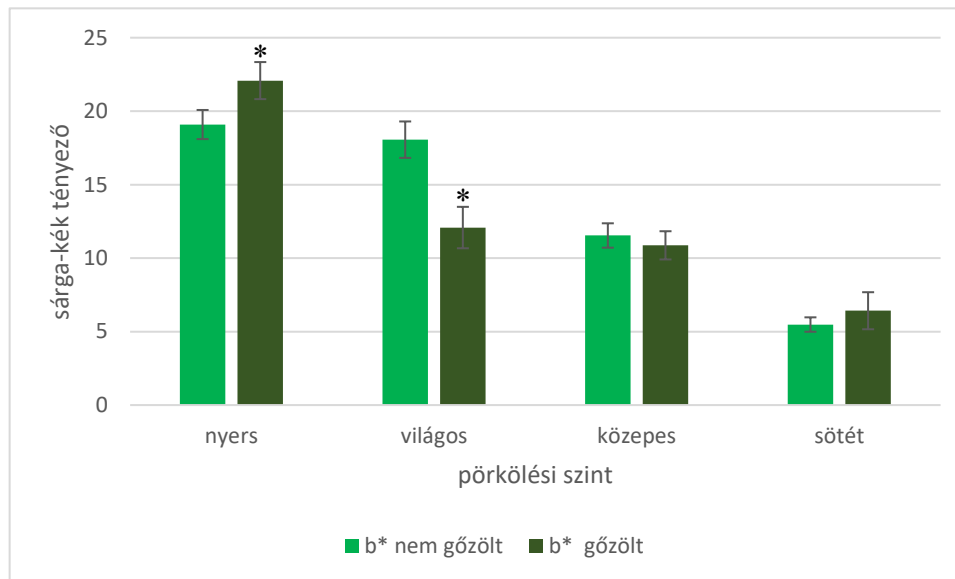
A közepes pörkölésnél statisztikailag a gőzölés szignifikánsan hatott a vörös pigmentek mennyiségére, azonban a gőzölt mintákban, már kevesebb vörös színezet volt, mint a nem gőzölt mintákban ($p = 0,009$).

A sötét pörkölésnél viszont már az eltérés nagyon kicsi, így az nem szignifikáns a t-próba alapján ($p = 0,617$; $p < 0,001$).

A hőkezelés hatására a gőzölt mintáknál már az előkezelés szakaszában elindult a Maillard-reakció, mely során a redukáló cukrokból és aminosavakból melanoidinek keletkeznek. Az eredményekből jól látszik, hogy a gőzölt nyers kávéra mért vörös színezet mértéke közelít a világos pörkölésű kontroll mintára kapott értékhez. Minél magasabb volt a pörkölési szint a kávémintáknál, annál nagyobb volt a fekete színezet, ami elnyomta a vörös színezetet.

A b * tényezőre szintén páros t-próbát végeztem és egyutas ANOVA-t a gőzölés hatására a pörkölési szinteken. A nyers kávék és a világos pörkölésű minták esetében szignifikáns különbség volt tapasztalható a mintákra mért sárga színezet értékében, a kontroll és a gőzölt minták között. A közepes pörkölésnél nem szignifikánsan hatott a gőzölés a minták sárga szintényezőjére ($p = 0,329$). A sötét pörkölésnél is ugyanez figyelhető meg, a gőzölt minta sárgásabb volt, mint a nem gőzölt ($p = 0,126$) (18. ábra).

18. ábra: Gőzölés hatása a sárga-kék tényezőre pörkölési szintenként



A pörkölési szinteket vizsgálva, az eredmények alapján a gőzölt nyers kávéknál mértem a legnagyobb értéket, míg a sötét pörkölésűnél a legkisebbet. Az egyutas varianciaanalízis alapján, a közepes pörkölésű gőzölt és nem gőzölt minták, valamint gőzölt világos pörkölésű minták hasonló értékekkel rendelkeznek. Ezek alapján a gőzölésnek hasonló hatása lehetett a sárga tényezőre, mint a közepes pörkölésnek. Pörkölési szintenként a nyers és világos pörkölésű minta között nem volt szignifikáns eltérés ($p=0,736$). A többi pörkölési szint között szignifikáns eltérés volt ($p<0,001$). A pörkölési szintnek tehát szignifikáns hatása volt a sárga szintényezőre. Ugyanez megfigyelhető a gőzölt mintáknál is.

A gőzölés hatása inkább a nyers és világos pörkölésű kávékon volt látható, míg a közepes és sötét pörkölésű kávék színe hasonló volt nem gőzölt párjaikhoz. A pörkölési szint növelésével a világossági tényező értékei jelentősen csökkentek. Azonban a gőzölés önmagában nem hatott olyan nagy mértékben a kávébabok világosságára, mint a pörkölés. A vörös pigmentek a gőzölés hatására szignifikáns különbséget mutattak a nyers kávéknál, míg a pörkölési szint

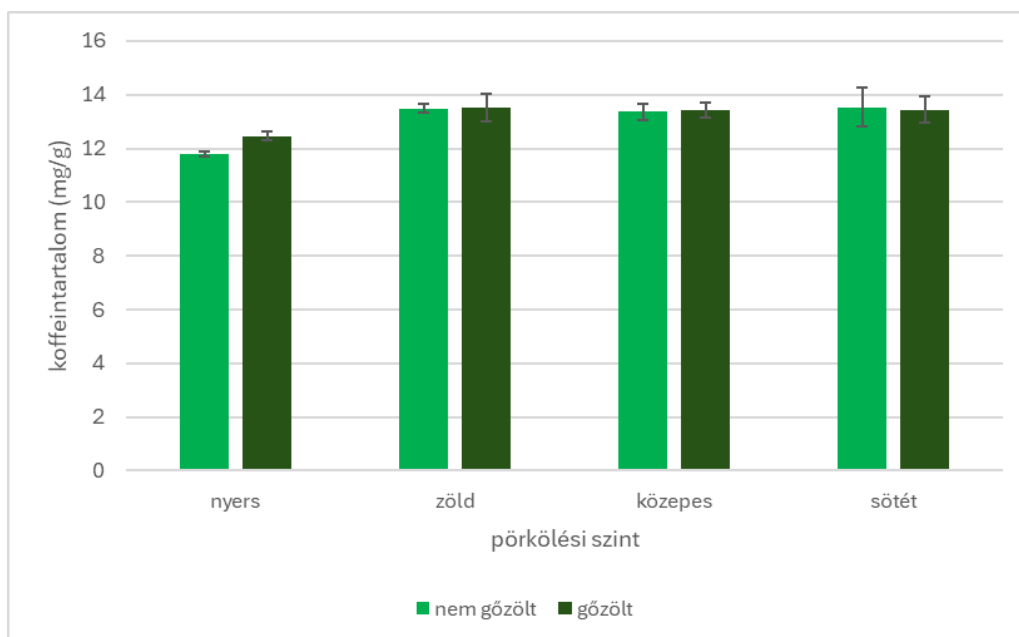
előrehaladtával csökkent a két csoport közti különbség. A sárga pigment is hasonlóan viselkedett, mint a vörös. A nyers gőzölt kávé szignifikánsan sárgább volt, mint a nem gőzölt kávé. A pörkölés során végbemenő Maillard-reakció és karamelizáció elősegíti a barna pigmentek képződését. A Maillard-reakció során az aminosavak és redukáló cukrok reakciója közben melanoidinek keletkeznek, melyek sötétítik a kávé színét. Pörkölés hatására a klorogénsavak bomlási folyamaton mennek keresztül, melyek oxidálódnak, majd kávésavvá és kininsavvá alakulnak át, tovább sötétítve a kávébabok színét. Ennek köszönhetően a gőzölt mintákban már az előkezelés során elindultak ezek a folyamatok.

Az áttekintett szakirodalmak alapján eredményeim megegyeztek más kutatások eredményeivel, miszerint a gőzölésnek jelentős hatása van a kávé színkialakítására. Baggenstoss és munkatársai (2008.) szintén arról számoltak be, hogy a gőzzel való előkezelés segítette a kávé sötét színének hamarabbi kialakulását. A gőzölt sötét pörkölésű mintájuknak volt a legalacsonyabb világossági tényezője. Az általam mért adatok ($L^*=29,75$) közel megegyeznek a szakirodalomban lévőkkel ($L^*=20,74$).

4.2 Gőzölés hatásának vizsgálata a koffeintartalomra

Az eredményeim alapján a gőzölt és a kontroll minták között a koffeintartalomban nem volt szignifikáns különbsége ($p = 0,319$) (19. ábra).

19. ábra: Gőzölés hatása a koffeintartalomra pörkölési szintenként



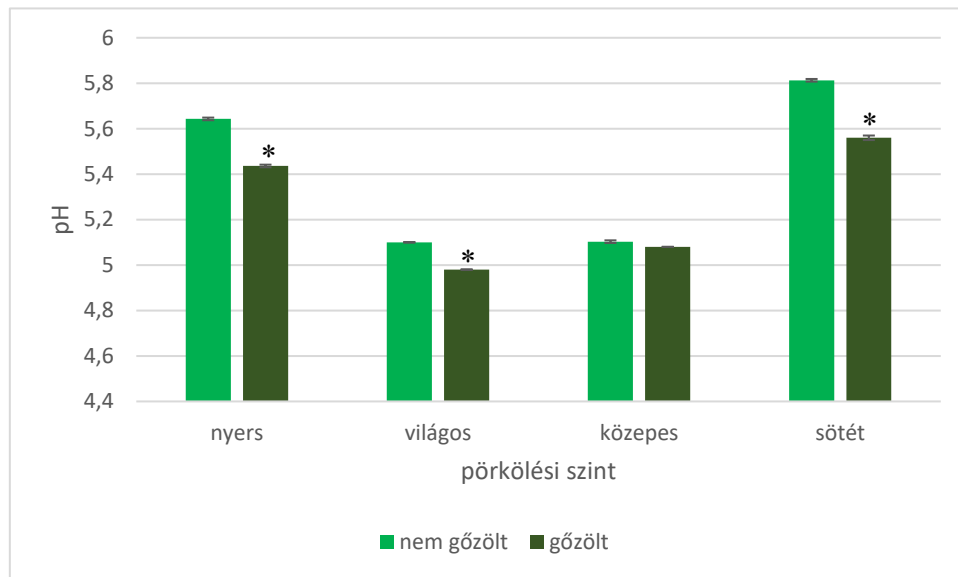
Az interakciót megvizsgálva a pörkölés és gőzölés között szintén nem volt szignifikáns hatás ($p = 0,396$). A Tukey post-hoc teszt alapján, a nyers és pörkölt kávék koffeintartalma között szignifikáns eltérés van ($p < 0,001$). Mivel a koffein egy hőstabil vegyület és 230 °C felett bomlik, így a pörkölésnek nincs nagy kihatása a kávé koffeintartalmára. Ezt alátámasztja az ANOVA homogenitás tesztje is, melyben a pörkölt mintákat egy kategóriába sorolja.

Méréseim eredménye megegyezett a szakirodalomban található eredményekkel, miszerint a gőzölésnek nincs hatása a kávé koffeintartalmára (Jeszka-Skowron *et al.*, 2016).

4.3. pH értelmezése

A gőzölés hatására a mért pH-értékek minden esetben kisebbek voltak, mint a kontroll mintákra mért értékek. Ez azt jelenti, hogy a kávé a gőzölés hatására savasabb karakterű lett (20. ábra). A pörkölés is szintén szignifikánsan csökkentette a pH-t. Az interakciót vizsgálva pedig a gőzölés hatását jelentősen befolyásolta a pörkölési szint. A páros összehasonlítás során a gőzölt kávé pH-ja $0,151$ egységgel alacsonyabb, mint a nem gőzölt kávéé. A páronkénti összehasonlítás során, megállapítható, hogy minden pörkölési szinten a gőzölés szignifikánsan csökkentette a pH-t ($p < 0,001$). A pörkölési szintek között is megvizsgáltam a különbséget. Az ugyanolyan hőmérsékleten végzett kezelésnél a pörkölési idő szignifikánsan befolyásolta a minták pH értékét ($p < 0,001$). A pörkölési idővel a savasság is párhuzamosan nőtt. Páronkénti összehasonlítás során, minden pörkölési szint szignifikánsan különbözött egymástól ($p < 0,001$). A minták pH-ja a sötét pörkölés esetében nagyobb volt, mint a másik két pörkölési szintnél. Ez abból eredhet, hogy a kávéban található szerves savak (pl. hangyasav, ecetsav) mennyisége a pörkölés előrehaladtával csökken (Folmer, B., 2017).

20. ábra: Gőzölés hatás a gőzölt és nem gőzölt minták pH értékére pörkölési szintenként

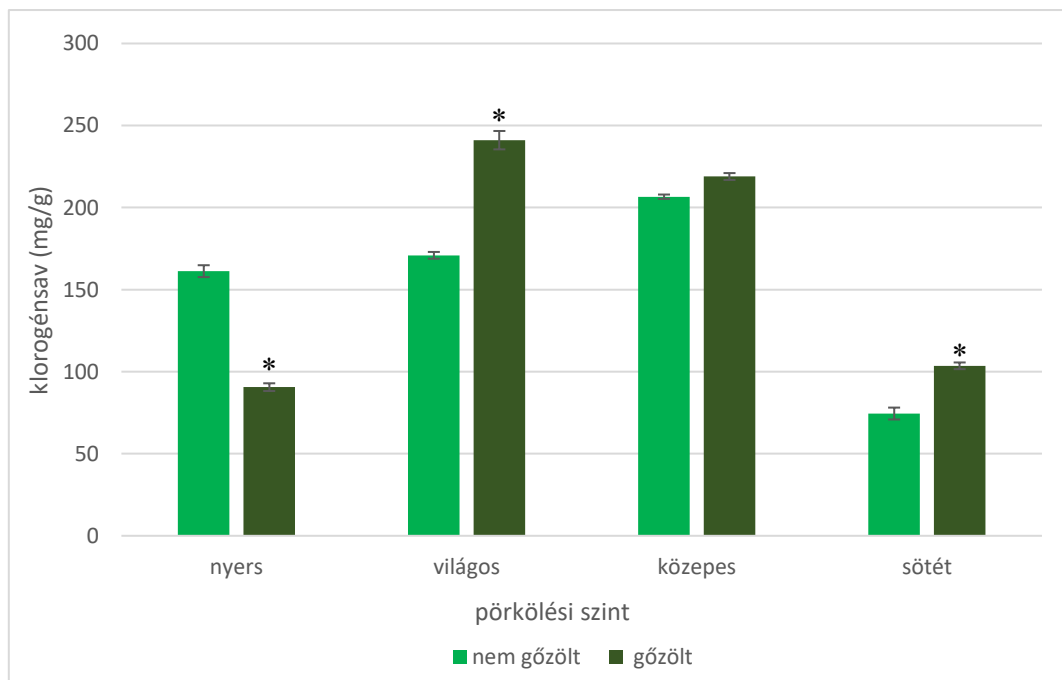


A kapott eredményeim összhangban voltak a szakirodalomban található adatokkal, Farah, A. (2019) és Folmer (2017) kutatása alapján.

4.4. Titrálható savtartalom klorogénsavakra vonatkoztatva

A gőzölésnek szignifikáns hatása volt a minták savtartalmára (21. ábra). A legnagyobb értéket a gőzölt világos pörkölésű mintáknál mértem.

21. ábra: Gőzölés hatása a titrálható savtartalomra klorogénsavakra vonatkoztatva pörkölési szintenként



A nyers kávénál a gőzölt mintáknak szignifikánsan alacsonyabb volt a klorogénsav tartalmuk, mint a nem gőzölt mintáké ($p < 0,001$). A világos pörkölésű kávénál a gőzölés szignifikánsan növelte a gőzölt mintákban a klorogénsav tartalmat ($p < 0,001$). A közepes pörkölésű mintákban a gőzölés nem hatott szignifikánsan a klorogénsav tartalomra ($p = 0,336$). A két csoport közti különbség 12 mg/g volt, ami kisebb a világos pörkölésű mintákétól (70 mg/g). A sötét pörkölésű mintáknál a gőzölt minták klorogénsav tartalma szignifikánsan magasabb volt, mint a nem gőzölt mintáké ($p < 0,001$). A két csoport közti különbség 29 mg/g volt.

A pörkölési szintnek szintén szignifikáns hatása volt a klorogénsav tartalomra. A nyers és pörkölt minták között szignifikáns különbség volt, a nyers és világos pörkölésű mintákat leszámítva ($p < 0,001$). A gőzölt mintáknál ugyanezt a tendenciát figyeltem meg.

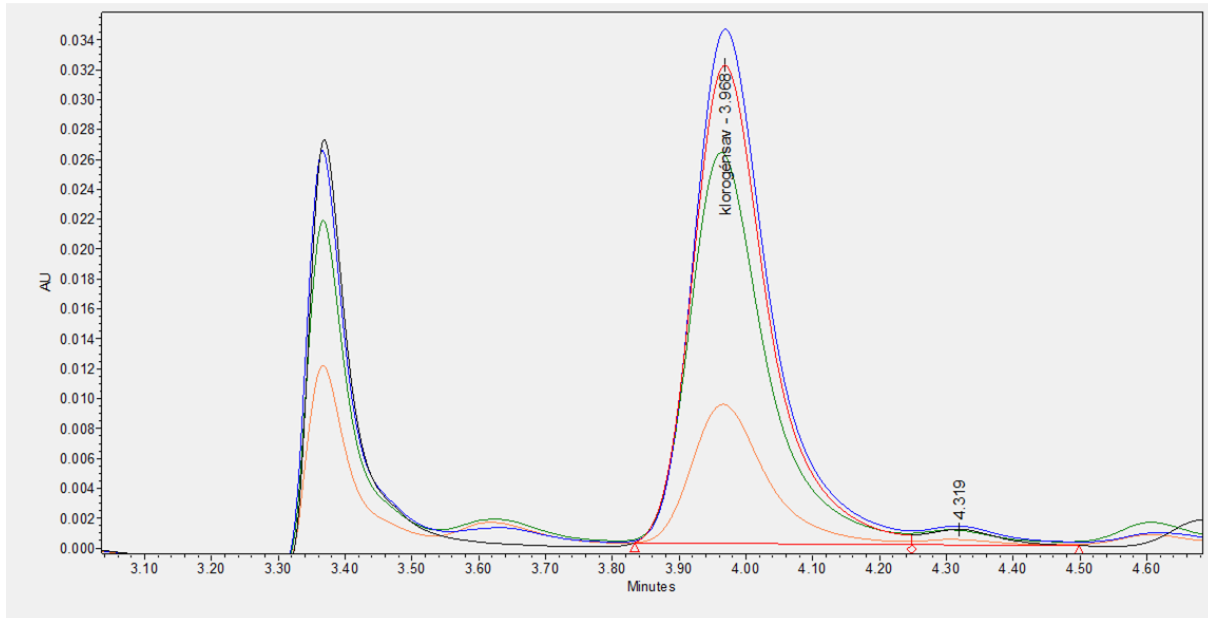
Érdeemes a mért értékeket a minták pH-jára kapott eredményekkel együtt is megvizsgálni. A minták klorogénsavra vonatkoztatott titrálható savtartalma a világos és közepes pörkölésű mintáknál volt a legnagyobb, míg a sötét pörkölésű minták pH-ja emelkedett. Ez azzal magyarázható, hogy a hő hatására a szerves savak a sötét pörkölési szinten elbomlottak. A klorogénsavra vonatkoztatott titrálható savtartalom a kontroll nyers kávé esetében nagyobb volt, mint a gőzölt nyers kávé esetében. Ez az eredmény ellentétben van az ugyanezeknél a mintáknál mért pH értékekkel. Ez azért lehetséges, mert míg a titrálható savtartalomnál csak egy vegyülettípusra vonatkoztattam az eredményeket, addig a pH egy összefoglaló képet ad a minták savasságáról.

Gőzölés hatására a minták savtartalma megnövekedett, ami feltételezhetően azért történt, mert a vízgőz felnyitotta a zárt sejteket, így az oldószer könnyebben hozzáférhetett a mérendő vegyületekhez. Az oldódásra kihatással lehetett még a ledarált minták szemcsemérete is. A nyers nem gőzölt minta szemcsemérete nagyobb volt, mint a pörkölt mintáké. A felület nagysága pedig kihatással lehetett a diffúzióra.

Eredményeim megegyeznek a szakirodalomban talált adatokkal. Awwad és munkatársai szintén arról számoltak be, hogy a világos és közepes pörkölési szinten szintén nagyobb savtartalmat mértek, mint a sötét pörkölési szinten (Awwad *et al.*, 2021).

4.5. A kinasav-5-O-kávésav (5-CQA) meghatározása folyadékkromatográfiás módszerrel

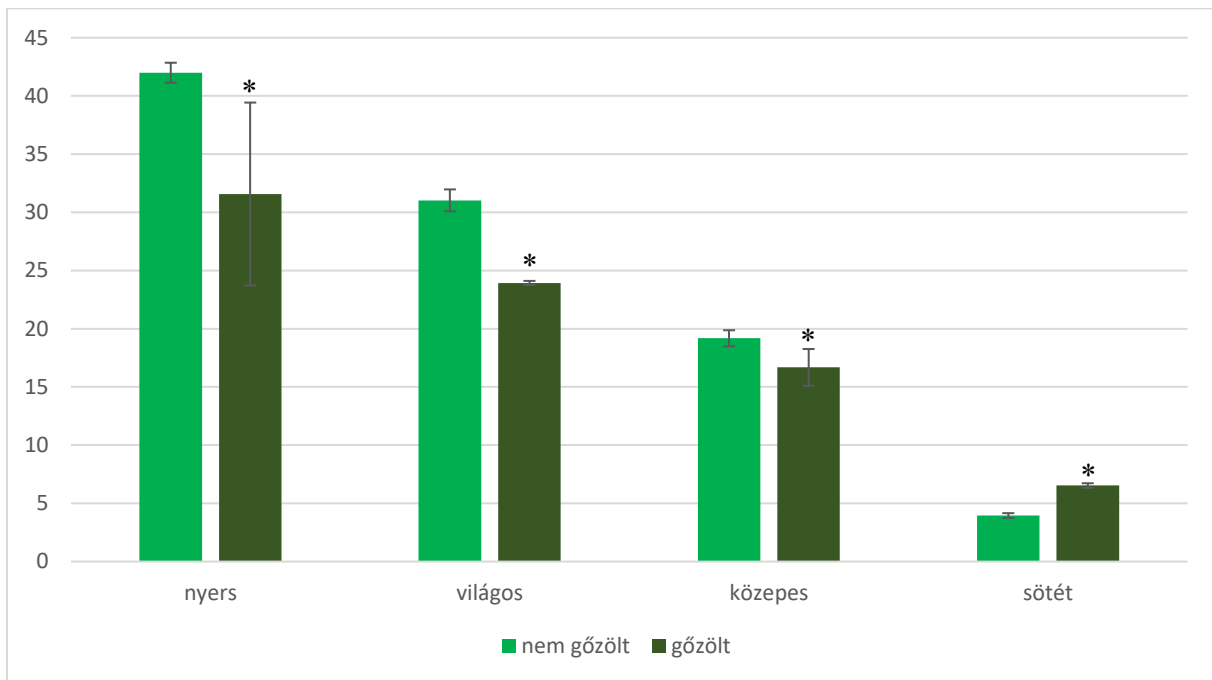
22. ábra: Gőzölt minták 5-CQA tartalmának kromatogramja



Jelmagyarázat: piros- gőzölt nyers kávé, kék- világos pörkölésű gőzölt kávé, zöld- közepes pörkölésű gőzölt kávé, narancssárga- sötét pörkölésű gőzölt kávé.

Az egyutas varianciaanalízis alapján a gőzölés ($p=0,005$) és a pörkölés ($p<0,001$) szignifikánsan befolyásolta a minták 5-CQA tartalmát. Emellett a két tényező között szignifikáns interakció is megfigyelhető, ami azt jelenti, hogy a gőzölés hatása az 5-CQA mennyiségére a pörkölési szinttől is függ (23. ábra). A gőzölésnek nagyobb hatása volt a nyers és világos pörkölésű minták 5-CQA tartalmára, mint a közepes és sötét pörkölésű mintáknál. Az átlagkülönbség a gőzölt és nem gőzölt minták között 3,83 mg/g volt. A nem gőzölt mintáknál a nyers kávéban volt a legtöbb 5-CQA, míg a sötét pörkölésben a legkevesebb. Az 5-CQA tartalom fokozatosan csökken a pörkölési idő növelésével, ami azért lehet, mert az 5-CQA egy hőérzékeny vegyület. A különbség a nyers és világos minták között volt a legnagyobb a két csoport között, míg a sötét pörkölésnél volt a legkisebb. Ez is az interakció hatását bizonyítja. A gőzölés mindegyik pörkölési szinten csökkentette az 5-CQA tartalmat, kivéve a sötét pörkölési szinten.

23. grafikon: Gőzölés hatása az 5-CQA-ra pörkölési szintenként



A klorogénsav tartalom és 5-CQA tartalom között fordított arány van a vizsgált mintáknál. Ez azért lehetséges, mert a titrálás során az összes klorogénsavat tudtam meghatározni, míg a folyadékkromatográfias módszerrel csak egy konkrét vegyületet vizsgáltam. A várakozásaimnak megfelelően a gőzölés minden esetben csökkentette az 5-CQA tartalmat, kivéve a gőzölt sötét pörkölésű mintában. Mivel a kávéban található klorogénsavak egymás szerkezeti izomerjei, melyek hő hatására egymásba alakulnak, így a gőzölt sötét pörkölésnél feltételezhetően több 5-CQA keletkezett, mint a kontroll mintánál.

Szakirodalmi áttekintésem során a világos és közepes pörkölésre hasonló eredményeket találtam, miszerint a gőzölés csökkentette az 5-CQA tartalmát a kávéban. M. Jeszka-Skowron és munkatársai (2016.) arról számoltak be, hogy a gőzölés a mintáikban 51%-kal csökkentette a 5-CQA, de mellette 43% és 63%-ban növelte a 4-CQA és 3-CQA mennyiségét (Jeszka-Skowron, Stanisiz and De Peña, 2016).

5. Következtetések és javaslatok

Munkám során Arabica kávé előgőzölésével olyan kávé volt céltól előállítani, melynek alacsonyabb lesz a savtartalma így növelve az ital fogyasztási élvezetét. Az alapfelvetés szerint a vízgőz hatására a kávébabban lévő klorogénsavak, melyek pszeudo-csersavak, kioldódnak, majd pörkölés során elillanok. Az elvégzett mérések és a kiértékelt eredmények alapján a klorogénsavat a gőzöléssel a sötét pörkölésű kávéból sikerült legjobban eltávolítani. Méréseim által kapott eredmények kiindulásként tekinthetőek egy mélyebbre ható kutatáshoz.

A gőzölés hatása a várakozásoknak megfelelően segítette a korábbi színkialakulást és jelentős különbséget okozott a vizsgált minták és kontroll csoport között. A pörkölési idő növelésével párhuzamosan a világossági tényező értéke csökkent. A különbség a sötét pörkölésnél már eltűnt, tehát a magasabb pörkölési szinteken a pörkölésnek nagyobb hatása volt a színkialakításra, mint a gőzölésnek. Gőzöléssel a nyers kávénak már olyan színe volt, mint a nem gőzölt világos pörkölésű kontroll mintáknak. Ez valószínű a Maillard reakciótól függ, mely a pörkölés kezdeti szakaszában indul el. Így minél hosszabb a pörkölés annál több melanoidin alakult át. A vörös tényezőre szintén pozitív hatással volt a gőzölés. A sárga tényezőre való hatást a nyers és világos pörkölésnél figyeltem meg. A magasabb pörkölési szinteken a kontroll minták és gőzölt minták között már nem volt szemmel látható különbség. A gőzölés folyamán a minták egyenletes gőzölése nem volt lehetséges az autokláv kialakítása miatt. A kávébabok tömörsége egyenletlen kezelést eredményezett. Négy főzőpohárban voltak elhelyezve. A főzőpoharak tetején lévő minták sötétebbek lettek, mint a főzőpoharak belsejében lévő kávébabok. Ez a különbség eredményezte a szemmel látható egyenletlenséget is a pörkölésnél. Egyes minták már a világos pörkölési szinten sötétebbek voltak, mint a sötét pörkölési szinten.

Az egyenletes gőzölés érdekében javasolt lenne a minták folyamatos mozgatása, vagy kisebb mennyiség gőzölése. Ezen kívül a szabadalom által leírt pont, miszerint a felszabadult klorogénsavas gőzt folyamatosan el kellett volna vezetni, laboratóriumi körülmények között nem tudtam megvalósítani. Ez által fennállhat az a jelenség, hogy az autokláv légterében lévő klorogénsavak egy része visszaoldódott a kávébabokba. Pontosabb színmérés eléréséhez a ledarált minták színmérését javaslom, vagy a gőzölés ismétlését, amennyiben megoldható a kávébabok mozgatása, az egyenletes gőzölési szint eléréséhez.

A koffeintartalom folyadékkromatográfiás mérése során megfigyelhető volt, hogy a nyers minták koffeintartalma alacsonyabb volt, mint a pörkölt mintáké. A kapott eredmény megfelelt várakozásaimnak, mivel a pörkölés során a klorogénsavakhoz kötött koffein felszabadul. A

másik tényező, amely befolyásolja a koffeintartalmat az a szemcseméret és szemcsefelület. A nem gőzölt nyers kávé keménysége miatt csak kézi aprítóval tudtam porítani, így annak a szemcsemérete nagyobb volt, mint a pörkölt kávéké, mind a két csoportban. A gőzölt kávé esetében pedig egy elő hőkezelés történt, ami porózusabbá tette a kávészemcse felületet, így ismét befolyásolva a diffúziós felületet. A nyers gőzölt és nem gőzölt kávék között szignifikáns változás volt, mivel mint már említettem a gőzölés maga egy hőhatás volt, ami koffeint szabadított fel. A gőzölésnek nem volt hatása a kávé koffeintartalmára. Amennyiben további kémiai mérésekre kerülne sor, javasolnám, a kávébabok azonos szemcseméretre való ledarálását, a valósabb összehasonlítás érdekében.

A gőzölt minták pH értékei kisebbek voltak, mint a kontroll mintáké. A pörkölés hatására először egy csökkenő tendenciát mutattak az eredmények, majd a sötét pörkölésű minta pH-ja nagyobb volt, mint a másik két pörkölésű mintánál. Ebből arra következtethetünk, hogy a pörkölés gőzölés hatására a kávébabból a vízgőz segítségével jobban kioldódtak a benne lévő savak, viszont a pörkölési szint emelésével a szerves savak elbomlottak, így azon minták pH-ja nagyobb volt. Tehát a pörkölésnek nagyobb hatása volt a pH-ra mint a gőzölésnek. A várakozásaimmal ellentétesen, a gőzölt minták pH-ja kisebb volt, tehát a gőzölés hatására a kávé savasabb lett. További mérések során a különböző módszerrel elkészített kávéitalok pH-ját lenne érdemes vizsgálni, így képet kapnánk a gőzölés hatásáról a fogyasztásra kész italnál.

Az összklorogénsav tartalmat titrálással határoztam meg, majd klorogénsavra vonatkoztattam. Az így kapott klorogénsav tartalom nem volt összhangban a kapott pH eredményekkel. A pH mérés során az összes savtartalmat mértem, míg a titrálás során, csak a klorogénsavakra vonatkoztattam, ebből adódhat a nagy eltérés. A gőzölés hatására a minták klorogénsav tartalma nagyobb volt, mint a kontroll mintáké. Ez valószínű a vízgőz hatására történt, ami felnyitotta a kávé sejteit, így több sav oldódott ki, mint a kontroll mintáknál, ahol csak pörkölés volt. Megállapítható, hogy a pörkölésnek itt is nagyobb hatása volt a kávé klorogénsav tartalmára, mint a gőzölésnek, mivel a sötét pörkölésű mintákba volt a legkisebb a klorogénsav tartalom. Klorogénsav tartalom szempontjából a sötét pörkölésű kávé tartalmazza a legkisebb mennyiséget. Nem szükséges a gőzölés annak csökkentésére.

A folyadékkromatográfiás módszerrel az 5-CQA vegyület mennyiségét vizsgáltam a gőzölt és kontroll mintákban. Gőzölés hatására az 5-CQA mennyisége csökkent a kezelt mintákban. Ezen eredmények várakozásaimnak megfeleltek. A titrálható savtartalomhoz képest az 5-CQA tartalom csökkent a gőzölés hatására. Ez valószínű azért lehetséges mivel az 5-CQA hő hatására másik klorogénsavakba alakult át. Ezt a jelenséget a szakirodalom is alátámasztja. A sötét

pörkölésben gőzölés hatására az 5-CQA tartalom mégis magasabb volt, ami nem felelt meg várakozásaimnak. Itt valószínűleg több 5-CQA maradt és a nem alakult át másik klorogénsavvá. További mérések során érdemes lenne más klorogénsavakat is megvizsgálni, hogy azokra hogyan hat a gőzölés.

A jövőbeli vizsgálatok során érdemes a gőzölt kávé érzékszervi tulajdonságait részletesen elemezni, 5-10 képzett bírálóval. A bírálathoz Specialty Coffee Association által kidolgozott cupping módszert javaslom, mivel ez nemzetközileg elfogadott és könnyen reprodukálható. A bírálat során érdemes a virágos, diós, karamellás, füstös jegyeket vizsgálni, illetve a kávé savas ízkarakterét.

A további kutatások során javaslom a gőzölt sötét pörkölésű kávé, pörkölési idejének a növelését, további klorogénsav csökkentés érdekében, valamint a 3-CQA és 4-CQA klorogénsavak mennyiségi meghatározását.

6. Összefoglalás

Dolgozatom célja a kávé csersavmentesítésének és a gőzölés technológiai hatásainak vizsgálata volt, különös tekintettel a kávé kémiai összetételére, színváltozásaira, savasságára, valamint a koffein- és klorogénsav-tartalom alakulására. Szakirodalmi kutatásom során úgy találtam, hogy a kávé klorogénsav-tartalmának csökkentésével nem oly sok kutatás foglalkozott. A mindennapok egyik legkedveltebb élelmiszere a kávé, melynek stimuláló hatása van az idegrendszerre. Ezek mellett nagyon sokan élvezeti értéke miatt fogyasztják. Globalizált kultúránkban egyre inkább elterjedt a különböző édesítőszerekkel fogyasztott kávé, vagy éppen kávépótlók fogyasztása. Sokan a kávé keserűségére, vagy éppen gyomorbántalmakra panaszkodnak fogyasztása után. A kávépiacot megvizsgálva egy német feldolgozó üzem igazgatója egy szabadalmat bocsátott ki, mely a kávéban található csersavak, klorogénsavak csökkentésére való technológiát dolgozott ki. Ezek a kávék nagyüzemi körülmények között ipari autoklávokban vannak kezelve. A technológia fő szempontjai, hogy magas nyomáson és hőmérsékleten vízgőzzel kezelik a kávébabokat. Az így készült kávék kereskedelmi forgalomban is kaphatóak. Arabica és Robusta kávék keverékéből állítják össze hármas pörkölési szinten az ötös skálából.

Munkám során 100% Arabica zöld kávéval dolgoztam fel. Darboven szabadalmát vettem alapul, és laboratóriumi körülmények között kísértem meg a kávébabok előgőzölését. A művelethez egy asztali autoklávot használtam. A kezelés három szakaszból állt, nyomás növelő szakasz, melegítő szakasz és nyomáscsökkentő szakasz. A gőzölt mintákat három pörkölési szinten vizsgáltam. Minden pörkölési szint ugyanazon a hőmérsékleten játszódtott le, csak a pörkölési időt növeltem. A kezelt minták mellett kontroll mintákat is készítettem, melyek csak pörkölve voltak.

A kémiai mérések során a fő szempontom a gőzölés hatása volt a kávémintákra a különböző pörkölési szinteken.

A minták színkialakulását a CIELAB színtérben vizsgáltam. Négy tényezőt vettem figyelembe, a világossági tényezőt, vörösségi tényezőt, sárga színtényezőt és a színkülönbség mértékét. A gőzölésnek egyértelmű hatása volt a nyers és világos pörkölésű mintáknál, míg a közepes és sötét pörkölésű mintáknál már nem volt számottevő különbség. A gőzölt minták világossági tényezője nagyobb volt, vagyis a gőzölés hatására a minták sötétebbek lettek. A vörösségi tényezőre ellentétes hatása volt a gőzölésnek, mint a világossági tényezőre. A sárga

szintényezőnél nem voltak számottevő különbségek, csak a nyers és világos pörkölési szinteken. A kávé koffeintartalmának változására is kitért a kutatásom. A gőzölés hatására nem volt szignifikáns változás a minták koffeintartalmában. A pörkölési szintek emelésével úgyszintén nem értem el szignifikáns különbséget a minták koffeintartalmában.

Munkám fő területe a kávé savasságának elemzése volt. A kapott pH eredmények alapján a gőzölés szignifikánsan növelte a minták savasságát. A pörkölés hatására azonban a savasság csökkent. A nem gőzölt sötét pörkölésű minták voltak a legkevésbé savasak.

A gőzölés hatása a klorogénsavak mennyiségi meghatározása során derült ki. Titrálható savtartalmat mértem, amit klorogénsavakra vonatkoztattam. Így az összklorogénsav mennyiséget határoztam meg. Várakozásaimmal ellentétesen, a gőzölt mintákban nagyobb mértékben voltak klorogénsavak, mint a kontroll mintákban. Az eredmények a pH mérés során kapott értékekkel ellentétesek voltak. A gőzölés hatására tehát a minták klorogénsav tartalma növekedett.

Folyadékkromatográfiás módszerrel megvizsgáltam a kávéban legnagyobb mértékben előforduló klorogénsavat, az 5-CQA-t. Gőzölés hatására ezen vegyület mennyisége csökkent. A sötét pörkölésnél a gőzölt minták 5-CQA tartalma magasabb volt, mint a többi pörkölési szinten lévő pároknál.

A kiértékelt eredmények alapján a pörkölésnek és gőzölésnek együttes hatása van a kávé klorogénsav és savtartalmára. Feltételezhető, hogy a magasabb hő hatására a savak könnyebben bomlanak el, illetve a vízgőz oldószerként viselkedik az előkezelés során. Legkevésbé savas karakterű minta a nem gőzölt sötét pörkölésű mintám lett, míg a gőzöléssel a legjobb eredményeket a sötét pörkölésnél értem el.

7.Köszönetnyilvánítás

Szeretném kifejezni őszinte köszönetemet mindazoknak, akik támogattak és segítettek abban, hogy ez a szakdolgozat megszülessen.

Első sorban szeretném megköszönni két konzulensemnek Badakné dr. Kerti Katalinnak és dr. Benes Eszter Lucának, akik szakmai tudásukkal és tapasztalatukkal egyengették az utamat. Köszönetet szeretnék mondani az Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék munkatársainak, hogy munkájukkal segítették a méréseimet, valamint szeretnék köszönetet mondani az Élelmiszer-mikrobiológia, -higiéncia és -biztonság Tanszéknek, hogy közreműködtek a szakdolgozatom elkészüléséhez.

Végül szeretném megköszönni a szüleimnek, akik támogattak és bátorítottak, akik nélkül ez az időszak sokkal nehezebb lett volna.

8. Irodalomjegyzék

Alamri, E., Rozan, M. and Bayomy, H. (2022) “A study of chemical Composition, Antioxidants, and volatile compounds in roasted Arabic coffee,” *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), pp. 3133–3139. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.03.025>.

Assa, A. *et al.* (2021) “Chemical compounds and sensory characteristics of Arabica coffee (*Coffea Arabica*) as a novel specialty coffee from Sinjai Regency, Indonesia,” *Food Research*, 5(S2), pp. 107–112. Available at: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(S2\).001](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(S2).001).

Awwad, S. *et al.* (2021) “Quantification of Caffeine and Chlorogenic Acid in Green and Roasted Coffee Samples Using HPLC-DAD and Evaluation of the Effect of Degree of Roasting on Their Levels,” *Molecules*, 26(24), p. 7502. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules26247502>.

Chung, K.-T. *et al.* (1998) “Tannins and Human Health: A Review,” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(6), pp. 421–464. Available at: <https://doi.org/10.1080/10408699891274273>.

Córdoba, N. *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>.

Cwiková, O. *et al.* (2022) “Effects of Different Processing Methods of Coffee Arabica on Colour, Acrylamide, Caffeine, Chlorogenic Acid, and Polyphenol Content,” *Foods*, 11(20), p. 3295. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods11203295>.

Da Mota, M.C.B. *et al.* (2020) “Influence of fermentation conditions on the sensorial quality of coffee inoculated with yeast,” *Food Research International*, 136, p. 109482. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109482>.

Darboven, A. Process for Improving the Quality of Green Coffee by Treatment with Steam and Water. Patent EP0109295, June 16, 1995.

Gichimu, B.M. *et al.* (2014) “Biochemical Composition Within *Coffea Arabica* cv. Ruiru 11 and Its Relationship With Cup Quality,” *Journal of Food Research*, 3(3), p. 31. Available at: <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n3p31>.

Girma, B. and Sualeh, A. (2022) “A Review of Coffee Processing Methods and Their Influence on Aroma,” *International Journal of Food Engineering and Technology*, 6(1), p. 7. Available at: <https://doi.org/10.11648/j.ijfet.20220601.12>.

Goldemberg, D.C. *et al.* (2015) “*Coffea canephora*,” in *Coffee in Health and Disease Prevention*. Elsevier, pp. 615–625. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00069-3>.

Gonzalez-Rios, O. *et al.* (2007) “Impact of ‘ecological’ post-harvest processing on coffee aroma: II. Roasted coffee,” *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3–4), pp. 297–307. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.12.004>.

Haile, M. and Kang, W.H. (2019) “The Role of Microbes in Coffee Fermentation and Their Impact on Coffee Quality,” *Journal of Food Quality*, 2019, pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1155/2019/4836709>.

Internationale Beleuchtungskommission (ed.) (2004) *Colorimetry*. 3rd ed. Wien: Comm. Internat. de l’éclairage (Publication / CIE, 15).

Janne Carvalho Ferreira, L. *et al.* (2023) “Coffee fermentation process: A review,” *Food Research International*, 169, p. 112793. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112793>.

Jeszka-Skowron, M. *et al.* (2016) “Chlorogenic acids, caffeine content and antioxidant properties of green coffee extracts: influence of green coffee bean preparation,” *European Food Research and Technology*, 242(8), pp. 1403–1409. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2643-y>.

Jeszka-Skowron, M., Stanisz, E. and De Peña, M.P. (2016) “Relationship between antioxidant capacity, chlorogenic acids and elemental composition of green coffee,” *LWT*, 73, pp. 243–250. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.018>.

Luca B.E. (2023) “Egyes snackek, illetve zöld- és pörkölt kávé roncsolásmentes analitikai, valamint érzékszervi vizsgálata”, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem. Available at: https://uni-mate.hu/documents/20123/8053649/Benes_Eszter_Luca-ertekezes.pdf/b3707f41-f0af-db29-bf00-17e775462093?t=1686573478741

Mengistu, M.W., Workie, M.A. and Mohammed, A.S. (2020) “Biochemical compounds of Arabica coffee (*Coffea Arabica* L.) varieties grown in northwestern highlands of Ethiopia,” *Cogent Food & Agriculture*. Edited by F. Yildiz, 6(1), p. 1741319. Available at: <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1741319>.

Mostafa, H.S. (2024) “Valorization of faba bean peels for fungal tannase production and its application in coffee tannin removal,” *Food Chemistry: X*, 23, p. 101678. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101678>.

Narita, Y. and Inouye, K. (2015) “Chlorogenic Acids from Coffee,” in *Coffee in Health and Disease Prevention*. Elsevier, pp. 189–199. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00021-8>.

Sánchez-Riaño, A.M. *et al.* (2024) “Effects of cherries Sanitization methods and fermentation times on quality parameters of coffee beans,” *Heliyon*, 10(13), p. e33508. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33508>.

Sharma, H. (2020) “A Detail Chemistry of Coffee and Its Analysis,” in D. Toledo Castanheira (ed.) *Coffee - Production and Research*. IntechOpen. Available at: <https://doi.org/10.5772/intechopen.91725>.

Sinaga, H.L.R., Bastian, F. and Syarifuddin, A. (2021) “Effect of decaffeination and re-fermentation on level of caffeine, chlorogenic acid and total acid in green bean Robusta coffee,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(2), p. 022069. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022069>.

Balyaya, K.J.; Clifford, M.N. Individual chlorogenic acids and caffeine contents in commercial grades of wet and dry processed Indian green Robusta coffee. *J. Food Sci. Technol. -Mysore* 1995, 32, 104–108.

ISO 20481:2008; Coffee and coffee products — Determination of the caffeine content using high performance liquid chromatography (HPLC) — Reference method, (2008)

Farah, A. (2019): *Coffee: Production, Quality and Chemistry*. Royal Society of Chemistry.

Rubicon 4: Fodor Pál: A kávé kultúrtörténete- A kávészemek karrierje 1-2, 1993, Available at: <https://rubicon.hu/hu/cikkek/a-kaveszemek-karrierje> Letöltés ideje: 2025.11.02.

ICONTEC. (2004). Green coffee. Sensory quality analysis. Test method (NTC 5247).
ICONTEC Available at: <https://tienda.icontec.org/gp-cafe-verde-examen-olfativo-y-visual-y-determinacion-de-materia-extrana-y-defectos-ntc2324-2021.html>, letöltés dátuma: 2025.11.03.

Folmer, B. (2017): The craft and science of coffee. Academic Press.

Brollo, G., Cappucci, R., and Navarini, L. (2009): Acidity in coffee: bridging the gap between chemistry and psychophysics. *22nd International Conference on Coffee Science, ASIC 2008, Campinas, SP, Brazil, 14-19 September 2008*. pp. 270–280.

Varsányi Sándorné (1988), Eljárás Robusta kávéfélések aromájának javítására Patent 199255B

9.Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra: A három legismertebb kávéfajta.....	5
2. ábra: Klorogénsavak kémiai összetétele a zöld kávéban.....	9
3. ábra: IDEE kaffee.....	13
4. ábra 100% Brazil Santos Arabica zöld szemes kávé.....	14
5. ábra: PST/133 Asztali Autokláv.....	15
6. ábra: Pörkölőgép (Coffee bean Roaster Innovative off-axis rotation CBR-101, Genecafe, Gyeonggi-do, Dél-Korea)	15
7. ábra: Darálógép (Breville KC34346 BCG820BSSXL The Smart Pro Coffee Bean Grinder, Brushed Stainless Steel, 18/8, Breville, Sydney, Ausztrália)	16
8. ábra: Minolta CR-300 Chroma Meter (Minolta Chroma Meter CR-300, Baltimore, MD, USA).....	17
9. ábra: Agilent 1200 HPLC UV detektor, Santa Carla, Kalifornia.....	18
10. ábra: Microprocessor Ph Meter HANNA PH 212 (Hanna Instruments, Rhode Island, USA).....	19
11. ábra: Waters HPLC PDA detektor, (Waters Corporation, Milford, Massachusetts, Egyesült Államok).....	20
12. ábra: Nem gőzölt nyers kávé (bal), gőzölt nyers kávé (jobb).....	21
13. ábra: Nem gőzölt világos pörkölés (bal), gőzölt világos pörkölés (jobb).....	22
14. ábra: Nem gőzölt közepes pörkölés (bal), gőzölt közepes pörkölés (jobb).....	22
15. ábra: Nem gőzölt sötét pörkölés (bal), gőzölt sötét pörkölés (jobb).....	23
16. ábra: Gőzölés hatása a minták világossági tényezőjére pörkölési szintenként.....	23
17. ábra: Gőzölés hatása a vörös tényezőre pörkölési szintenként.....	24
18. ábra: Gőzölés hatása a sárga-kék tényezőre pörkölési szintenként.....	25
19. ábra: Gőzölés hatása a koffeintartalomra pörkölési szintenként.....	26

20. ábra: Gőzölés hatás a gőzölt és nem gőzölt minták pH értékére pörkölési szintenként.....	28
21. ábra: Gőzölés hatása a titrálható savatartalomra klorogénsavakra vonatkoztatva pörkölési szintenként.....	28
22. ábra: Gőzölt minták 5-CQA tartalmának kromatogramja.....	30
23. ábra: Gőzölés hatása az 5-CQA-ra pörkölési szintenként.....	31
1. táblázat: Csersavak mennyisége hagyományos eljárás és a szabadalom alapján.....	11
2. táblázat: Darboven szabadalma által előírt paraméterek a kávé kezelésére.....	12

10.Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a szakdolgozat¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Papp Tamara
A Hallgató Neptun kódja: IFNHZU
A dolgozat címe: Kávé csersavmentesítése
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Gabona és Iparnövényi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat, 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 mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. 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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: Budapest év 2025 hó október nap 30.



Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

12. MI használatáról szóló nyilatkozat

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Papp Tamara
Neptun-kódja:	IFNHZU
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: TDK
Tantárgy neve/kódja*:	BSc/BA szakdolgozat
A munka címe:	Kávé csersavmentesítése

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Fordítás	Chat GPT-5 modell	Szakirodalmi szövegek fordítása, könnyebb értelmezés céljából
Tudományos stílusú megfogalmazási tippek	Chat GPT-5 modell	

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka **mellékletében való csatolása szükséges.**)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve, Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

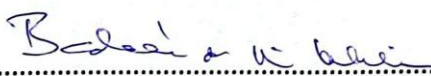
4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest 2025. október 30.



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása