

SZAKDOLGOZAT

Osztrider Áron

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Élelmiszermérnöki alapképzési szak

**Pálinka fahordós érlelésének modellezése különböző formájú
faszegmensekkel**

Belső konzulens:	Dr. Kun Szilárd Egyetemi docens
Belső konzulens tanszéke:	Biomérnöki és erjedésipari technológiai tanszék
Készítette:	Osztrider Áron

Budapest
2025

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	3
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	4
2.1.	Keleti stílusú agyagedényes érlelés	4
2.2.	Fahordós érlelés.....	6
2.3.	Borok fahordós érlelése.....	7
2.4.	Hordógyártás melléktermékeinek felhasználása	8
2.5.	Cider érlelése tölgyfa chipsel	10
2.5.1.	Chips pörköltisége	10
2.5.2.	Adagolás	11
2.5.3.	Érlelési idő jelentősége	11
2.6.	Borpárlatok alternatív érlelési technológiája	11
2.7.	Fő vegyület csoportok	12
2.7.1.	Alkoholok	12
2.7.2.	Fenolok	13
2.7.3.	Aldehidek	14
2.7.4.	Észterek	15
3.	ALKALMAZOTT MÓDSZEREK.....	16
3.1.	Anyag és módszer	16
3.1.1.	Felhasznált anyagok.....	16
3.1.2.	Érlelés menete	16
3.2.	Vizsgálatok	17
3.2.1.	Színintenzitás meghatározás	17
3.2.2.	Észtertartalom meghatározása	18
3.2.3.	Összes fenolos komponens meghatározása	19
3.2.4.	Szárazanyag-tartalom meghatározás	20
3.2.5.	Gázkromatográfiás mérés	21
3.2.6.	Érzékszervi minősítés.....	21
4.	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	22
4.1.	Színintenzitás	22
4.2.	Fenoltartalom vizsgálat kiértékelése	24
4.3.	Szárazanyag-tartalom meghatározás	29
4.4.	Észtertartalom meghatározás	30

4.5.	Gázkromatográfiás vizsgálat.....	32
4.6.	Érzékszervi bírálat és fogyasztói preferenciák	35
5.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	41
6.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	42
7.	IRODALOMJEGYZÉK.....	44
8.	ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	46
9.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	48
10.	MELLÉKLETEK.....	49
11.	NYILATKOZATOK	51

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A pálinka a magyar kultúra és gasztronómia egyik legmeghatározóbb itala. A fogyasztói igények és a technológiai fejlődés azonban napjainkban új irányokat nyitottak meg a párlatkészítésben. Egyre nagyobb figyelmet kapnak azok az eljárások, amelyekkel rövidebb idő alatt, de magas minőségben lehet elérni az érlelt italokra jellemző aromavilágot és ízprofilot.

A hagyományos fahordós érlelés évszázadok óta bevált módszer a bor- és párlatkészítésben, azonban hátrányai közé tartozik a hosszú időigény, a magas költség és a nehezen kontrollálható folyamat. Ezzel szemben a fachipses érlelés gyorsabb, gazdaságosabb és pontosabban beállítható megoldást kínál. A módszer lényege, hogy a fa kis darabokra aprítva kerül közvetlenül érintkezésbe a párlattal, így a fa és az ital közötti anyagcsere intenzívebbé válik. Ez elősegíti a polifenolok, ligninek, tanninok és aromás vegyületek kioldódását, amelyek az ital színét, illatát és ízét alakítják.

Az utóbbi években számos kutatás és kísérlet vizsgálta a különböző fafajták, pörkölési fokok és adagolási arányok hatását az ital minőségére. A fa előkészítése, pörkölési szintje és mérete mind befolyásolja az érlelés végeredményét, így a technológiai paraméterek pontos beállítása kulcsfontosságú.

A dolgozat célja a pálinka fachipsszel történő érlelésének vizsgálata, valamint annak bemutatása, hogy ez az érlelési módszer hogyan befolyásolja a termék érzékszervi és kémiai tulajdonságait. A kutatás során arra törekszem, hogy összehasonlítható képet kapjak a különböző formájú és eltérő pörkölési fokozatú fachips minták hatásáról az érlelési folyamatban.

Elemzem, hogy a különböző érlelési körülmények hogyan változtatják meg a pálinka színét, illatát és ízprofilját, valamint vizsgálom, milyen kémiai összefüggések mutathatók ki az aromakomponensek (észterek és polifenolok) koncentrációja és az érzékszervi jellemzők között.

Céлом továbbá az optimális fachips-adagolás és érlelési időtartam meghatározása, amely a legkedvezőbb eredményt biztosítja minőség és fogyasztói igények szempontjából. A kapott eredmények alapján olyan gyakorlati következtetéseket vonok le, amelyek hozzájárulnak a pálinkaérlelés technológiai fejlesztéséhez.

A dolgozat végső célja, hogy tudományos alapokon igazoljam a fachipses érlelés létjogosultságát, és bemutassam, hogy megfelelő paraméterek mellett ez a módszer valós alternatívát kínál a hagyományos fahordós érleléssel szemben, miközben egy olcsóbb, gyorsabb és jobban kontrollálható érlelési alternatívát biztosít.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az érlelés a párlatok és borok egyik legfontosabb minőségformáló technológiai lépése, amely során a termék fizikai, kémiai és érzékszervi tulajdonságai fokozatosan átalakulnak. Az érlelés során oxidációs, észteresedési, polimerizációs és adszorpciós folyamatok zajlanak, amelyek hatására a nyers, éles ízek lekerekednek, új aromakomponensek keletkeznek, és a termék harmonikusabbá válik (Canas et al., 2017). A fa és az ital közötti kölcsönhatások különösen meghatározóak, mivel a ligninből, hemicellulózsból és tanninokból származó vegyületek oldódása révén komplex íz- és színanyagok épülnek be a párlatba (Mosedale és Puech, 1998). Ezen folyamatok eredményeként az érlelés nemcsak az ital kémiai stabilitását, hanem a fogyasztói élményt is nagymértékben javítja.

2.1. Keleti stílusú agyagedényes érlelés

A nyugati desztillált italoktól eltérően, amelyeket fa alapú tárolókban tartanak, a keleti országok desztillált italait általában ásványi anyagokból készült cserépedényekben tárolják. A kerámia az ókori Kínából származik. A kínai Henan tartományban található Jiahu falujában végzett régészeti feltárások alapján a cserépedényeket már Kr. e. 7. században is használtak erjesztett italok (például rizsből, mézből és gyümölcsökből készült italok) tárolására (Liu et al., 2019; McGovern et al., 2004).

A cserépedényeket széles körben alkalmazzák desztillált italok tárolására, mivel tartósak, valamint ellenállnak a savak és lúgok korróziós hatásának. Ezeket az edényeket úgy készítik, hogy az agyagot kb. 750°C-on kiégetik. A hőkezelés hatására távozó gőz, apró pórusokat hoz létre. Az így létrejött porózus szerkezet biztosít lehetőséget a mikrooxidációs folyamatoknak, és az ebből következő kémiai és fizikai változásoknak (Yang et al., 2001).

A fahordóval ellentétben a cserép nem ad hozzá semmilyen ízt a desztillált italhoz, ezért a cserépedényben érlelődő alkoholos italban bekövetkező változások elsősorban a desztillátum komponensei közötti reakcióknak és a cserép katalitikus hatásának tulajdoníthatók.

Az azonban elmondható, hogy mind a fahordó, mind a cserépedény anyagának sajátosságai hozzájárulnak a desztillált ital éréséhez és ízgazdagságához, amit számos tanulmány is igazolt.

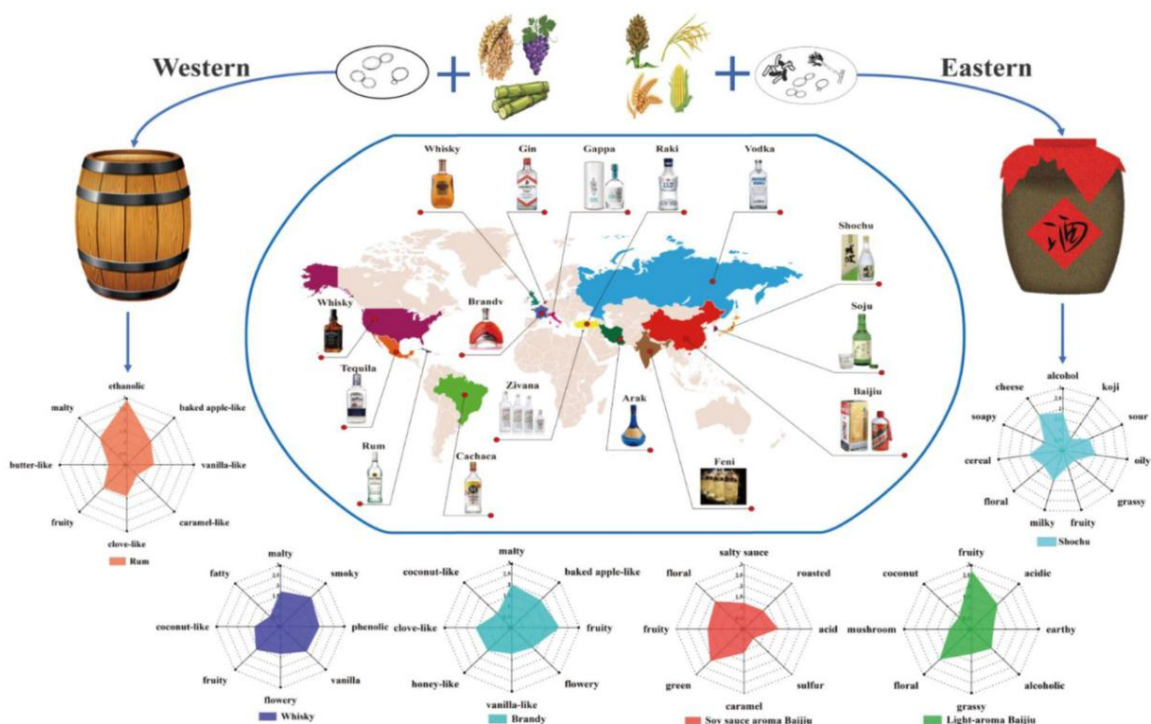
A desztillált italok érlelése nagyrészt oxidációs reakcióktól függ. A lassú oxidáció számos változást idéz elő; azonban ennek mechanizmusa rendkívül összetett. A levegőben lévő oxigén a tárolóedény falán keresztül oldódik be a desztillált italba, ami az ital összetevőinek eltérő sebességű oxidációját eredményezi. Az oxidációt befolyásolják az edény falának pórusai, az italban oldott oxigén, a peroxidok és a nehézfémek.

A desztillált ital érési folyamata során bekövetkező oxidációs reakció, szabad gyökök által közvetített folyamatnak tekinthető. Ezek a szabad gyökök jelentős katalitikus aktivitással rendelkeznek, és számos reakcióban aktívan részt vesznek. Ezért a desztillált ital érlelése során lezajló szerves anyagok oxidációs mechanizmusának megértése a szabad gyökök szerepének és oxidációs folyamatban való részvételének feltárásán alapul.

Korábbi tanulmányok kimutatták, hogy a szabad gyökök koncentrációja összefügg a desztillált italban oldott átmeneti fémionokkal, különösen a vasionokkal és rézionokkal. A molekuláris oxigén elektronokat vesz fel a vas- és rézionoktól, amelyek katalizátorként működnek, és szuperoxid-iont (O_2^-) generálnak. A hidrogén-peroxid szintén hozzájárul az oxidációhoz a Fenton-reakció révén, amely során a vas- és rézionok a hidrogén-peroxiddal reakcióba lépve hidroxilgyököt ($HO\bullet$) hoznak létre. Ez egy erős oxidáló ágens, amely számos szerves molekulával kölcsönhatásba lép a desztillált italban.

A desztillált ital magas etanoltartalma acetaldehid képződéséhez vezet, amely az oxidáció egyik legjelentősebb végterméke (Carrascon et al., 2018). Az elektron paramágneses rezonancia (EPR) hatékony módszer a szabad gyökök koncentrációjának meghatározására egy oldatban. A frissen desztillált italokban a szabad gyökök koncentrációja elhanyagolható; azonban a tárolási idővel arányosan növekszik. A fent említett folyamat magyarázatot ad különböző vegyületek, például alkoholok, ketonok, aldehidek és savak képződési mechanizmusára.

1. ábra: Világ különböző részeiről származó italok íz térképei (Wang et al., 2023)



2.2. Fahordós érlelés

A nyugati szeszes italokat jellemzően tölgyfahordóban érlelik az aroma és az íz javítása, illetve kialakítása érdekében. Ez a lépés elengedhetetlen a kiváló minőségű alkoholos italok, például a whisky, a brandy és a rum előállításában (Conner et al., 1992). Az érlelendő italtól függően a hordók lehetnek újak vagy más italok érleléséből visszamaradtak.

A skót whiskyt hagyományosan spanyol tölgyfahordóban érlelik, amelyet korábban sherry érlelésére használtak. Ezzel szemben a bourbon érlelése új tölgyfahordókban történik.

A fa egy összetett természetes anyag, amely főként ligninből, cellulózból és hemicellulózból áll. Mivel a fa közvetlen érintkezésbe kerül a desztillált itallal, az érlelés során számos fizikai és kémiai kölcsönhatás megy végbe a fa és az ital között. Ezek a kölcsönhatások az alábbi kategóriákba sorolhatók: a fa komponenseinek közvetlen kioldódása, a fa biopolimereinek (cellulóz, lignin, hemicellulózok) lebomlása, melyet a származtatott vegyületek desztillátumba való megjelenése követ, valamint a fa kivonható vegyületei és a desztillátum közötti kémiai reakciók (Caldeira et al., 2016; Mosedale és Puech, 1998).

A fa típusa és a hőkezelési eljárások kulcsfontosságú tényezők, ezek határozzák meg a desztillált italok kémiai összetételét és érzékszervi tulajdonságait. A különböző fafajok tekintetében végzett kutatások jelentős különbségeket mutattak, a különböző fahordókban érlelt párlatok összetételében (Caldeira et al., 2006). Eddig 340 illékony vegyületet azonosítottak az ital- és borkészítéshez kiválasztott tölgyfa fajokban (Courregelongue et al., 2022). Ezek különböző kémiai csoportokba sorolhatók, ilyenek a fenolok (19%), terpenoidok (10%), aldehidek (9%), karbonsavak (9%), benzolszármazékok (8%), észterek (7%), furánok (7%), ketonok (6%), pirazinok (6%), alkoholok (5%), C13-nor-izoprenoidok (4%), laktonok (3%), valamint egyéb vegyületek (3%), például kinolinok, pirének (3%) és pirolok (1%).

A hordók pörkölési szintje szintén jelentősen befolyásolja az érlelt italok aromajellegét. Az erősen pörkölt hordókban érlelt italok esetében a fa, vanília, karamell, füstös, fűszeres és égett jegyek intenzitása a legmagasabb. Ez főként a magas furfurool, koniferil-aldehyd és vanillinsav-tartalomnak tulajdonítható (Caldeira et al., 2002). A hordó pörkölési folyamata jelentősen növeli ezeknek a vegyületeknek a koncentrációját a fa polimereinek hóbontása révén, majd az így keletkezett kivonható vegyületek a párlatba oldódnak (Canas et al., 2013).

A fa kivonható vegyületeinek, például az alacsony molekulatömegű fenolos vegyületeknek és a tanninoknak a felszabadulása kulcsszerepet játszik a desztillált italok kémiai összetételében, érzékszervi tulajdonságaiban és általános minőségében (Canas et al., 2017). Emellett a lignin lebomlása során keletkező aromás aldehidek és savak szorosan összefüggnek

az érlelt desztillált italok érett aromáinak kialakulásával (Cernisev et al., 2017; Wisniewska et al., 2015).

Mindezek hozzájárulnak a desztillált italok érlelési folyamatához azáltal, hogy összetettebbé, ízletesebbé és tartósabbá teszik az italt. Így a tároló hordók aktív szerepet játszanak a desztillált ital érlelésében, mivel kémiai vegyületeket juttatnak az italba, amelyek alapvetően meghatározzák annak fizikai, kémiai és érzékszervi tulajdonságait (Garde-Cerdan és Ancin-Azpilicueta, 2006).

2.3. Borok fahordós érlelése

A bor érlelése során számos reakció zajlik, amelyek kémiai összetételbeli és érzékszervi változásokat eredményeznek. Ezek a változások befolyásolják a végső minőséget, hozzájárulva a fa által biztosított összetett aromákhoz, a stabilitás növeléséhez és a tisztuláshoz. A lejátszódó reakciók jól tükrözik az érlelési folyamatok bonyolultságát, amelyek elméleti alapjairól már részletes tudásunk van, így jó alapot adhat az érlelés ismereteinek megértéséhez.

Két alapvető tényező határozza meg az érlelési folyamatot: az érlelési idő és a hordófa minősége (Martínez-Gil et al., 2018). A vörösborkok érlelése például két szakaszra bontható: a fa érlelési szakaszra, amit oxidatív érlelésnek hívunk és a palackos érlelésre, ami a reduktív érlelési fázis. A fehérborokat is lehet érlelni, bár sokáig úgy vélték, hogy ez nem megfelelő, mivel a fa elnyomhatja a fehérbor komponenseit, és elősegítheti az oxidációs folyamatokat. Azonban a modern borpiacon egyre népszerűbb a fehérborok fahordós érlelése, különösen a testesebb borok esetében (Ortega-Heras et al., 2007). A fa érlelési szakaszban a hordófa típusa különösen fontos, mivel a bor oxidáción megy keresztül. A hordó minimális mennyiségű oxigént enged át, amely lehetővé teszi az oxigenizációt. Az oxigenizáció kifejezés az oxigén felszabadulására és annak borral való érintkezésére utal, amelyet a borászatban a bor tulajdonságainak (szín, aroma, textúra) javítására alkalmaznak. Ezzel párhuzamosan különböző kémiai reakciók mennek végbe, például fenolos vegyületek kerülnek a borba a fából (Wang et al., 2023).

A legfontosabb reakciók közé tartozik az antocianinok és tanninok kondenzációja, az oxidáció, valamint a fenolos és aromás vegyületek felszabadulása. Ezek a borban már jelen lévő aromás terpenoidokkal és polifenolokkal együtt komplex ízvilágot és aromát alakítanak ki. Ezek a reakciók segítik a bor tisztulását, módosítják a fanyarságát, és hozzájárulnak a harmadlagos aroma kialakulásához. Az érlelés során azonban kihívások is adódhatnak, például a megfelelő érlelési idő meghatározása, nem kívánt mikroorganizmusok elszaporodása vagy

túlzott oxidáció, amely fokozott illósvartartalomhoz és túlzott fanyarsághoz vezethet (Black et al., 2015). A mikrobák elszaporodása okozta romlás és a túlzott oxidáció megakadályozásának leggyakoribb módja a kén-dioxid (SO₂) hozzáadása.



2.4. Hordógyártás melléktermékeinek felhasználása

A hordós érlelés egy drága folyamat. Költségeit a hordógyártás melléktermékeinek felhasználásával csökkenthetjük. A hordókhoz használt faanyagból leeső darabokból, különböző méretű és formájú fakészítmények készülhetnek.

A Trust Hungary Zrt. az alábbi termékeket gyártja és forgalmazza, ebben a kategóriában:

A betétdongák hosszú, tölgyfából készült elemek, amelyeket a bor érlelésére használnak. Elérhetők francia, magyar és amerikai tölgyből, mindegyik legalább 30 hónapig szabad levegőn érlelt. Pörkölési fokozatok: pörköletlen, medium, medium plus. Használatuk során 3–6 hónapos kontaktidő ajánlott, és 1–2 évig használhatók. Elérhető kiszerezés: 2 m²-es egységekben, adagolás: 9 m² 1000 literenként

3. ábra: Betét dongák (Forrás: <https://www.trusthungary.hu/hu>)



Az Eco-Impact dongák speciális hullámos kialakítással rendelkeznek, amely nagyobb felületi érintkezést biztosít a borral, így hatékonyabb extrakciót eredményez. Szintén francia,

magyar és amerikai tölgyből készülnek, 3 évig érleltek. Pörkölési fokozatok: pörköletlen, medium, medium plus. Kontaktidő: 3–6 hónap, hasznos élettartam: 1–2 év. Elérhető kiszerelés: 2 m²-es egységekben, adagolás: 7 m² 1000 literenként.

4. ábra: Eco-impact dongák (Forrás: <https://www.trusthungary.hu/hu>)



A hordó betétdongák rövidebb, 66 cm hosszú tölgyfadarabok, amelyeket semleges hordók frissítésére használnak. Francia, magyar és amerikai tölgyből készülnek, 3 évig érleltek. Pörkölési fokozatok: pörköletlen, medium, medium plus. Kontaktidő: 3–6 hónap, hasznos élettartam: 1–2 év. Elérhető kiszerelés: 14 donga per szett, adagolás: 1 szett 75%-os hordó felújítást biztosít

5. ábra: Hordó betétdongák (Forrás: <https://www.trusthungary.hu/hu>)



A keksz kis méretű, tölgyfából készült érlelőelem, amely többféle pörkölési szinten (pl. medium, medium plus) is elérhető. Gyors extrakcióra tervezték, jellemző kontaktideje 2–4 hónap. Aromaintenzitása jól szabályozható, és egyszer használatos formában alkalmazzák.

6. ábra: Keksz (Forrás: <https://www.trusthungary.hu/hu>)



A tipli egy hosszabb kontaktidőt igénylő érlelőanyag, amely komplex, finom aromák kialakítását teszi lehetővé. Többféle pörkölési szintben is kapható, így jól illeszthető különböző borstílusokhoz. Használata 1 évig tartós, a kontaktidő általában 1–3 hónap.

7. ábra: Tipli (Forrás: <https://www.trusthungary.hu/hu>)



A chips gyors hatású alternatív érlelési eszköz, amely 1–4 hetes kontaktidő mellett is intenzív aromakioldást biztosít. Széles pörkölési skálán elérhető (pörköletlen, light, medium, medium plus, heavy), ami lehetővé teszi a precíz ízprofil kialakítását. Egyszer használatos, és gyakran használják fermentáció közben vagy az érlelés korai szakaszában.

8. ábra: Chips (Forrás: *Chipsszel érlelt minták észtertartalma* (Forrás: www.trusthungary.hu/hu)



A hot-dog elnevezésű forma 45 db kis pörkölt tölgyfa szegmensből áll, hálóbá fűzve, amit egyszerű adagolni és kezelni. Többféle pörkölési szinten kapható, így jól testre szabható a kívánt boraromához. Egy szett jellemzően 225 liter borhoz elegendő, a kontaktidő 2–4 hónap.

2.5. Cider érlelése tölgyfa chipsel

2.5.1. Chips pörköltisége

Az égetés minősége jelentősen meghatározza az italban megjelenő érzékszervi tulajdonságokat. Az enyhe pörkölésű, (light) tölgyfa chips intenzív ízt és aromát ad a cidernek, különböző illékony vegyületek felszabadulásával. A közepes pörkölési szintű (medium) forgácsok növelik leginkább a savtartalmat, és ezek eredményezik a legtöbb 5-metilfurfurált, guajakolt, izoeugenolt és tölgy laktont. Ezzel szemben az erősen pörkölt (heavy) fa, nagyobb mennyiségű vanillint, furfurált és eugenolt kölcsönöz az italnak. Korábbi kutatások szerint a közepesen pörkölt tölgyforgácsok tartalmazzák a legtöbb tölgyből származó illékony aromás vegyületet, bár egyes tanulmányok szerint a nyers tölgyforgács több tölgy laktont juttat az italba, mint a pörkölt változatok.

2.5.2. Adagolás

A tölgyforgács adagolása befolyásolja a cider ízét és aromáját az illékony vegyületeken keresztül. Egy kísérletben az amerikai tölgy közepes pörkölésű forgácsának (2 g/L, 4 g/L és 8 g/L) különböző mennyiségeivel érlelt ciderekben vizsgálták a furfurál, 5-metilfurfurál, guajakol, 4-metilguajakol, cisz és transz tölgy laktonok, eugenol, izoeugenol és vanillin kioldódási arányát. Az eredmények azt mutatták, hogy a legtöbb, tölgyből származó illékony aroma vegyület mennyisége az adagolás növekedésével, együtt emelkedett.

A ciderhez ajánlott tölgyfahordós-mennyiség 4 g/L, mivel ez az adagolás biztosítja a megfelelő egyensúlyt, elkerülve a túlzott vagy túl enyhe ízhatást.

2.5.3. Érlelési idő jelentősége

A tölgyforgácsokkal való érlelési idő hatását vizsgálták a cider, tölgyből származó illékony aroma vegyületeire.

Megállapították, hogy az cisz és transz tölgylaktonok mennyisége az érlelési idő előrehaladtával nőtt mind az amerikai, mind a francia tölgy esetében. A fenolos alkoholok (pl. izoeugenol, eugenol, guajakol) mennyisége az érlelés során változott: az izoeugenol mennyisége nőtt, míg az eugenolé csökkent, míg a guajakol és 4-metilguajakol koncentrációja 6 nap után stabilizálódott. A furfurál és 5-metilfurfurál gyorsan kioldódott, de a francia tölgy esetében a furfurál szintje 6 nap után, míg az 5-metilfurfurálé 12 nap után csökkent.

A tölgy pörkölése során keletkező vegyületek transz és cisz tölgylaktonok, izoeugenol, 4-metilguajakol, furfurál, 5-metilfurfurál és vanillin az érlelés elején gyorsan kioldódtak, kivéve a guajakolt. A vanillin, amely a lignin lebomlásából származik, kezdetben nagyobb mennyiségben volt jelen az amerikai tölgyforgácsokkal érlelt ciderben, de hosszabb távon a francia tölgyből származó mennyiség meghaladta az amerikai tölgyét.

2.6. Borpárlatok alternatív érlelési technológiája

A hagyományos tölgyfahordós érlelés hosszú ideje alapvető technológia a borpárlatok minőségének fejlesztésében, azonban magas költsége és logisztikai nehézségei miatt az utóbbi években egyre nagyobb figyelem irányul az alternatív módszerekre, például faaprítékok (chipsek, kekszkek) alkalmazására. Ezek a módszerek célja az érlelési folyamat felgyorsítása és költséghatékonyabbá tétele anélkül, hogy jelentősen rontanák a végtermék érzékszervi vagy kémiai minőségét.

Egy 2010-ben végzett összehasonlító vizsgálatban három érlelési rendszert értékelték: hagyományos fahordókat, valamint gesztenye- és tölgyfából készült fa kekszek alkalmazását. A kutatás során egyértelműen kimutatták, hogy a fa botanikai eredete (*Quercus robur*, azaz tölgy és *Castanea sativa*, azaz gesztenye) nagyobb hatással volt a borpárlatok érzékszervi jellemzőire, mint maga az érlelési rendszer. A gesztenyefával érlelt párlatok mélyebb színnel, lágyabb ízvilággal, valamint intenzívebb vaníliás és pörkölt aromákkal rendelkeztek, míg a tölgyvel érlelt markánsabb alkoholos és keserűbb karaktereket mutattak.

Kémiai szempontból az érlelési mód volt a fő megkülönböztető tényező. A fahordókban érlelt mintákban magasabb koncentrációban fordultak elő gyümölcsös észterek (pl. etil-butirát, izoamil-acetát), savak (pl. ecetsav, vajsav), valamint furános aldehidek (pl. furfural, HMF), amelyek a hordós érlelés során bekövetkező oxidációs és extrakciós folyamatok eredményeként keletkeznek. Ezzel szemben a faaprítékokkal (különösen tablettákkal) érlelt brandyokban magasabb koncentrációban jelentek meg fenolos vegyületek (pl. sziringol, eugenol, guajakol), melyek füstös és pörkölt ízjegyeket biztosítanak. Ez a különbség valószínűsíthetően a különböző hőkezelési módokra és a faanyag felület-térfogat arányára vezethető vissza.

Összességében a szerzők megállapították, hogy a faaprítékos érlelés technológiailag életképes alternatívát jelenthet a hagyományos hordós érleléssel szemben, különösen, ha a cél az érlelési idő lerövidítése és a gyártási költségek csökkentése (Caldeira et al., 2010). Azonban a kémiai összetételben mutatkozó eltérések és az eltérő érzékszervi profilok miatt a végtermék karaktere nem teljesen azonos, így az alkalmazási környezetet és piaci célokat is figyelembe kell venni az optimális érlelési módszer kiválasztásakor.

2.7. Fő vegyület csoportok

2.7.1. Alkoholok

Az kozmaalkoholok a párlatok egyik fő összetevői közé tartozik, és általában az erjesztés során keletkeznek, Ehrlich-útvonalon, az aminosavak dezaminálásával, anaerob körülmények között és/vagy a cukrok dekarboxilezésével, aerob körülmények között. Az aminosavakban gazdag nyersanyagok ideálisak párlatok előállításához, mivel ezek az aminosavak az élesztő fermentációja során kozmaalkohollá alakulnak. A párlatban nagy mennyiségben előforduló magasabb rendű alkoholok: a propanol, a 2-metil-propanol és a 2- és 3-metil-butanolok. A friss párlat magasabb rendű alkoholtartalma nagymértékben függ az alkalmazott lepárlási módszertől: a whisky és a brandy több kozmaolajat tartalmaz, mint a baijiu.

Egy tanulmány szerint az új whisky 1-pentanol tartalma az első három hónapban gyorsan emelkedik, majd később már csak mérsékelten növekszik, 96 hónapos tárolás alatt 1110 mg/L-ről 1380 mg/L-re nő (Liebmann és Scherl, 1949).

A víz és az etanol párolgása a whiskyben visszamaradó kozmaolaj koncentrációjának növekedését eredményezi, bár annak teljes mennyisége változatlan marad.

A különféle magasabb rendű alkoholok koncentrációja jelentősen csökken a baijiu érlelése során. A propanol mennyisége az első év után 77%-kal csökkent, és ezt követően három éven keresztül állandó maradt (Xu, Yu et al., 2017).

Egy rövid távú nyomon követési elemzés során (Zhu et al. 2020) megállapította, hogy a propanol, a 2-metil-propanol és a 3-metil-butanol mennyisége az első 210 napban 0,8%–15%-kal nőtt, majd az érlelési időszak végére 7%–10%-kal csökkent.

A baijiu alkoholjainak, savainak és észtereknek fő átalakulási egyensúlyi mechanizmusa alapján feltételezzük, hogy az alkohol tartalmának instabil növekedését a korai szakaszban az észterek hidrolízise okozza, míg az alkohol tartalmának csökkenése a későbbi szakaszban az oxidációs reakciók folyamatos lejátszódásának köszönhető.

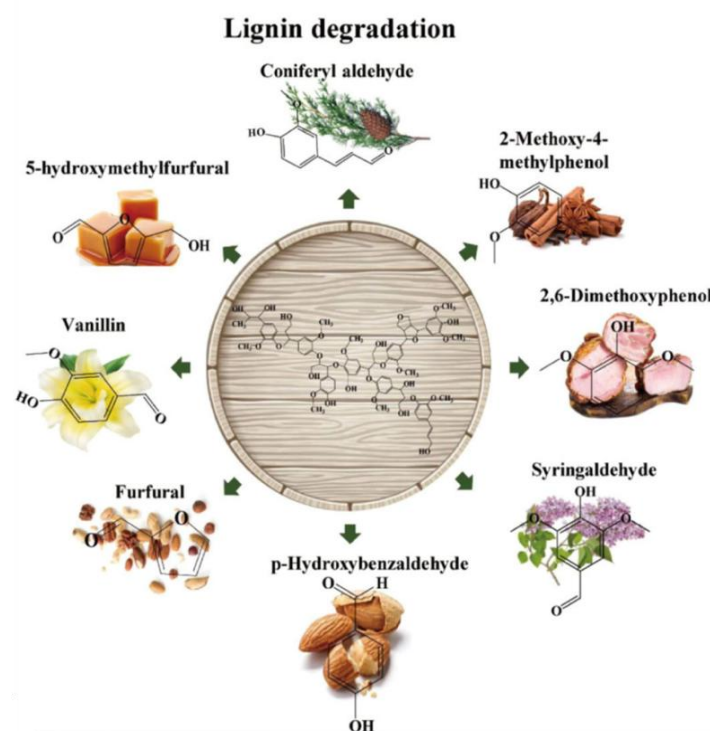
A különböző alkoholok savakká történő átalakulása az egyik fő hajtóerő, amely elősegíti az észtervegyületek képződését a párlatok érlelése során, gazdagítva a párlatok ízvilágát.

2.7.2. Fenolok

Mint minden olyan alkoholos ital esetében, amelyet új vagy majdnem új tölgyfahordókban érlelnek, a fenolok, például a guajakol, a 4-metil-guajakol, a 4-etil-guajakol és a 4-etil-fenol, a fa ligninjének hidrolízise vagy pirolízise során keletkeznek, és kioldódnak az alkoholos italba. Az érlelés előrehaladtával a lignin hidrolizálódik, és fenolos vegyületek képződnek, amelyek oxidálódva aldehideket, savakat és aromás anyagokat, például sziringaldehidet és vanillint hoznak létre (De Aquino et al., 2006).

A fenolos aldehidvegyületek mennyiségének növekedése a fahordóban érlelt desztillált italok jellemzője. A vanillin kiemelkedően fontos illatanyag az érlelt desztillátumokban, különösen a brandyben, a whiskyben és a rumokban, mivel vaníliás illatot ad az italnak, amelynek koncentrációja és illatintenzitása az idő múlásával növekszik (Canas et al., 2019). Ezért a vanillint és a sziringaldehidet gyakran használják az érlelt desztillátumok markereként (De Aquino et al., 2006).

9. ábra: Ligninből származó vegyületek (Wang et al., 2023)



2.7.3. Aldehidek

A legtöbb aldehidet friss, gyümölcsös és édes illat jellemzi. A különböző desztillált italok aldehid koncentrációja az érlelési folyamat során jelentősen megnő. A 0, 3 és 6 évig érlelt whisky minták progresszív növekedést mutattak az acetaldehid és az 1,1-dietoxi-etán szintjében.

A 0, 3 és 6 évig érlelt minták acetaldehid- és 1,1-dietoxi-etán-koncentrációja rendre 36, 55 és 99 mg/L, illetve 61, 101 és 158 mg/L volt. Amikor az érlelés kezdetén kis mennyiségű radioaktív etanolt adtak a whiskyhez, azt találták, hogy a radioaktivitás 56 hónap érlelés után beépült az acetaldehidbe és az ecetsavba. Ezt az etanol oxidációjának tulajdonították, amely acetaldehiden keresztül ecetsavat termel, míg a felesleges etanol és acetaldehid dietil-acetált képez.

Baijiu vizsgálata esetében is enyhén növekvő acetaldehid-koncentrációs trendet figyeltek meg egy 24 hónapos tárolási időszak során. Az aldehideket friss és csípős illatúnak írják le, míg az acetálok kellemes, gyümölcsös jegyekkel rendelkeznek, amelyek hozzájárulnak az érlelési aromához (Wang et al., 2023).

2.7.4. Észterek

Az észterek alkotják a desztillált italok legnagyobb részét. Az észteresedés és a hidrolízis közötti dinamikus egyensúly különböző jellemzőket kölcsönöz a különböző típusú desztillátumoknak az érlelés minden szakaszában.

Számos etil-észter, köztük az etil-acetát, az etil-butanoát és az etil-propionát, növekedést mutatott egy hosszú távú (0–6 éves) whisky érlelési vizsgálata során. Az etil-acetát a legnagyobb mennyiségben előforduló észter a whiskyben, koncentrációja lineárisan nőtt 167 mg/L-ről 682 mg/L-re egy 96 hónapos tárolási időszak alatt és az idő előrehaladtával lassú változási tendenciát mutatott (Liebmann et al., 1949).

Ez valószínűleg azért van, mert az etanol nagyobb mennyiségben van jelen, mint más alkoholok, így elősegíti az etil-észter képződését, vagy kiszoríthatja a magasabb rendű alkoholokat azok acetát-észtereiből, hogy etil-acetátot hozzon létre (Wang et al., 2023).

Kimutatták, hogy a baijiu magasabb észtertartalommal rendelkezik, mint a whisky és a brandy, és az olyan észterek, mint az etil-acetát, etil-propionát, etil-pentanoát, etil-hexanoát és etil-heptanoát, tárolás közben csökkenő tendenciát mutatnak. Általában az összes észter koncentrációja fokozatosan csökken, míg a teljes savtartalom növekszik a baijiu érlelési idejének előrehaladtával. A sűrűségfüggvény-elmélet szerint az észterek alkil-oxigén protonálása alacsonyabb aktiválási energiát igényel, mint a savak hidroxil-oxigén protonálása, ezért a baijiu érlelése során az észterek hidrolízise könnyebben megy végbe, mint az észteresedés (Huang et al., 2022).

Friss kutatások kimutatták, hogy az etil-acetát, az etil-hexanoát és a 3-metilbutil-hexanoát magas koncentrációja kulcsszerepet játszik a baijiu csípős jellegének kialakításában. A hosszú távú tárolás csökkentheti ezen vegyületek koncentrációját, ezáltal javítva az ital lágyágát és szájérzetét. Ezért a baijiu tárolása során bekövetkező észtertartalom-változás kulcsfontosságú az ital végső aromájának kiegyensúlyozásában (He et al., 2022)

3. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

3.1. Anyag és módszer

A minták előkészítését és mérését a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Biomérnök és Erjedéssipari Technológia Tanszékén végeztem.

3.1.1. Felhasznált anyagok

A mérések alapjául alma párlatot választottam, amely egységes alapot biztosított az érlelési vizsgálatokhoz. Az alma párlatot azért választottam, mert viszonylag semleges ízű és illatú párlat, gyakran érlelik az alma pálinkákat, ezáltal alkalmas az érlelési folyamat során bekövetkező kémiai és érzékszervi változások objektív összehasonlítására. A párlatot 65 V/V%-ra állítottam be a kísérlethez.

Az érleléshez alkalmazott faanyagokat a Trust Hungary Kft. kínálatából származtak. A felhasznált faanyagok magyar tölgyből készültek, amelyeket párlatok és borok érlelésére ajánlanak. A kísérlet során három különböző formájú tölgyfát alkalmaztam: fa chips, fa keksz és fa tipli.

10. ábra: Fa chips (bal oldal), fa keksz (közép) és fa tipli (jobb oldal) (Forrás: <https://www.trusthungary.hu/hu>)



A faanyagok mindegyik típusát kétféle pörkölési fokozatban használtam: nyers (pörkölés nélküli) és medium (közepesen pörkölt) kivitelben. A pörkölés mértéke meghatározó szerepet játszik az aromaanyagok (pl. vanillin, laktonok, fenolos vegyületek) kialakulásában, így lehetőséget ad az érlelés során bekövetkező íz- és illatváltozások részletes vizsgálatára.

3.1.2. Érlelés menete

Az alábbi táblázatban összefoglalom, a gyártó által ajánlott adagolási mennyiségeket és az általunk alkalmazott mennyiségeket, 400 ml mintára átszámítva, mivel ekkora mintákat érleltünk.

1. táblázat: Gyártó által ajánlott és alkalmazott adagolási mennyiségek, 400ml mintára átszámolva.

	Gyártói ajánlás	Alkalmazott	Alkalmazott 2
Chips	0,4g-2g	1,8g	3,6g
Tipli	1,8g	1,8g	3,6g
Keksz	4,2g	4,2g	8,4g

Ahogy a táblázatból is látható, két adagolási mennyiséget vizsgáltunk, egy gyártó által ajánlott és egy kétszeres mennyiségűt. Így összesen 12 mintát készítettünk, mivel mind a chipsből, kekszből és tipliből rendelkezésre állt nyers és medium pörköltégi szintű faanyag.

A chipsből az ajánlott tartomány felső szegmensét alkalmaztuk, mivel így azonos mennyiségeket használhattunk a tipli ajánlott adagolásával és a későbbiekben pontosabban össze tudjuk majd hasonlítani a két anyagot.

Az érlelést 2025.08.26.-án indítottuk és 2025.10.03.-án ért véget. Az első napokban a mintavételezés gyakrabban, majd az idő előrehaladtával egyre ritkábban történt.

3.2. Vizsgálatok

3.2.1. Színintenzitás meghatározás

A méréseket a HACH LANGE UV-VIS DR6000 spektrofotométerrel végeztem. A mintákat küvettába töltöttem, az első küvettába desztillált víz került, amelyre a műszert nulláztam. Ezt követően a mintákat a küvettatartóba helyeztem, majd minden mintán mérést végeztem 420 nm és 520 nm hullámhosszon.

Színintenzitás: a 420 nm és 520 nm hullámhosszú abszorbanciák összege

11. ábra: HACH LANGE UV-VIS DR6000 spektrofotométer (Forrás: saját fotó)



3.2.2. Észtertartalom meghatározása

A szeszes italok észtertartalma a nátrium-hidroxiddal elszappanosítható anyagok etil-acetátban kifejezett mennyiségét jelenti, abszolút alkoholra vonatkoztatva. Az észterek a párlatok egyik legfontosabb aromaalkotó vegyületcsoportját képezik, amelyek jelentős szerepet játszanak az ital illat- és ízprofiljának kialakulásában.

A vizsgálat elvi alapja

A vizsgálat alapja, hogy a mintában lévő észterek lúgos közegben, nátrium-hidroxiddal történő hidrolízis során savakra és alkoholokra bomlanak. A reakcióhoz felhasznált nátrium-hidroxid mennyiségéből a visszamaradt lúg sósavval történő visszatitrálása után meghatározható az észtertartalom.

Szükséges eszközök és anyagok

Eszközök:

Lepárlókészülék visszacsapó hűtővel, mérőlombikok (250 és 1000 cm³), pipetták, büretta, főzőedény, hőmérő, vízfürdő, mérőhenger.

Anyagok:

0,1 n nátrium-hidroxid-oldat, 0,1 n sósavoldat, 1%-os alkoholos fenolftalein indikátor

A meghatározás menete

Először előkészítő lepárlást végzünk a vizsgálandó szeszes italból (pálinkából). Egy 250 cm³-es mérőlombikot a minta néhány cm³-ével háromszor átöblítünk, majd a pontosan 15 °C hőmérsékletű mintával jelig töltjük. A mérőlombik tartalmát ezután egy 1000 cm³-es lepárlólombikba öntjük, és háromszor 40–50 cm³ desztillált vízzel átmoszuk, az öblítővizet is a lepárlólombikba öntve. Ezután néhány üvegdarabot adunk hozzá a forrás elősegítésére, majd a visszacsapó hűtőt csatlakoztatjuk, és megkezdjük a lepárlást.

A lepárlás során kb. 240–250 cm³ párlatot gyűjtünk össze. A kapott desztillátumból pontosan 50 cm³-t mérünk egy mérőlombikba, majd 3–5 csepp fenolftalein indikátort adunk hozzá. A mintát 0,1 n nátrium-hidroxiddal semlegesítjük, majd további 25 cm³ 0,1 n nátrium-hidroxid-oldatot adagolunk hozzá. A lombikot vízfürdőben, visszacsapó hűtő alatt egy órán keresztül forraljuk.

A forralás után a lombikot vízfürdő alatt lehűtjük, majd a nátrium-hidroxid felesleget 0,1 n sósavoldattal titráljuk vissza, egészen a fenolftalein színének eltűnéséig.

Az eredmény számítása

A vizsgált minta észtertartalmát etil-acetátban kifejezve (mg/100 cm³ abszolút alkohol) az alábbi képlettel határozzuk meg:

$$e = \frac{(25f_1 - S \cdot f_2) \cdot 8,8 \cdot 2 \cdot 100}{C}$$

ahol:

- e – az észtertartalom mg/100 cm³ abszolút alkoholban,
- f_1 – 0,1n NaOH faktora
- f_2 – 0,1n HCl faktora
- S – HCl fogyása a visszatitráláshoz (cm³)
- C – a vizsgált minta alkoholtartalma térfogatszázalékban.

A kapott értékek alapján az észtertartalom jellemzi a párlat aromakomponenseinek mennyiségét, és alkalmas a különböző érlelési eljárások hatásának összehasonlítására.

3.2.3. Összes fenolos komponens meghatározása

A vizsgálat elvi alapja

Az összes fenolos komponens mennyiségének meghatározása a Folin–Ciocalteu-reagens segítségével történik, amely a fenolos vegyületek oxidációján és a reagens redukcióján alapul. Az eljárás során lúgos közegben kék színű komplex keletkezik, amelynek intenzitása arányos a minta fenolos komponenseinek koncentrációjával.

A keletkezett színt spektrofotométerrel mérjük $\lambda = 765$ nm hullámhosszon. A módszert Singleton és Rossi (1965) dolgozta ki, és széles körben alkalmazzák élelmiszeripari, borászati és párlatelemzési vizsgálatokhoz.

Vegyszer-előkészítés

- Folin–Ciocalteu-oldat: Folin–Ciocalteu-reagens és desztillált víz 1:9 arányú keveréke.
- Metil-alkohol: metanol és desztillált víz 4:1 arányú keveréke a hígításhoz
- Nátrium-karbonát-oldat (0,7 M): 74,193 g Na₂CO 1000 cm³ desztillált vízben oldva.

Kalibráció

A kalibrációs oldatsor galluszsavval (Sigma, cat. no.: G7384-250G) készül 0–260 mg/100 cm³ tartományban.

A kalibrációs pontokat 100 cm³-re feltöltve készítjük el, majd a kapott abszorbanciaértékekből kalibrációs egyenest állítunk fel (abszorbancia = f(galluszsav-koncentráció)).

A mérés menete

1. Minták előkészítése: A Folin–Ciocalteu-oldatból 1250 µl-t automata pipettával adagolunk tiszta kémcsőbe.

2. Oldószer hozzáadása: 240 μl metil-alkoholt adunk a kémcsőhöz.
3. Minta adagolása: A hígított extraktumból 10 μl -t mérünk a kémcsőbe. (Vakminta esetén a kivonásra használt oldószerből mérünk 10 μl -t.)
4. Nátrium-karbonát hozzáadása: Egy perc elteltével 1000 μl 0,7 M Na_2CO_3 -oldatot adunk a kémcsőhöz.
5. Reakció: A mintákat összerázzuk, majd 50 °C-os vízfürdőben 5 percig tartjuk, ezalatt a reakció lezajlik és a kék szín kialakul.
6. Mérés: Lehűtés után spektrofotométerrel $\lambda = 765$ nm hullámhosszon mérjük az abszorbanciát a minták és a kalibrációs oldatok esetében.

Az eredmények kifejezése

A mért abszorbanciaértékeket a galluszsav-kalibrációs egyenes alapján számítjuk át, az eredményeket mg galluszsav ekvivalens (GAE) / 100 ml minta formájában fejezzük ki.

3.2.4. Szárazanyag-tartalom meghatározás

A vízdoldható szárazanyag-tartalmat ATAGO-PAL-1 típusú (12. ábra) digitális refraktométer segítségével határoztam meg. A mérés megkezdése előtt a műszert desztillált vízzel kalibráltam, majd egyesével mértem a mintákat. A berendezés működési elve, hogy a különböző oldatok határfelületén a fénysugarak belépnek a közegbe és a határfelületen megtörnek. A fénysugarak beesési szöge és a törési szög szinuszának hányadosa jellemző egy adott anyagra. Így ezt a tulajdonságot oldatok koncentrációjának meghatározására vagy oldott anyagok azonosítására lehet használni.

12. ábra: ATAGO-PAL-1 digitális refraktométer (Forrás: saját fotó)



3.2.5. Gázkromatográfiás mérés

A párlatok illókomponenseinek mennyiségét gázkromatográfiás vizsgálattal határoztam meg. Ez egy olyan elválasztási módszer, amelynél a vizsgálandó minta alkotóinak elválasztása egy helyhez kötött álló fázis és az ezzel érintkező mozgó gáz fázis közötti anyagátmeneten alapul. A méréseimhez a Perichrom 2100 típusú, split/splitless injektorral és FID detektorral ellátott gázkromatográfiás berendezést alkalmaztam. A párlatban lévő komponensek elválasztására CP-WAX-57 CP (50 m x 0,32 mm ID x 0,2 m) kapilláris oszlopot (Varian) használtam. Az injektor hőmérséklete 220°C, a detektor hőmérséklet 240°C volt. A mérés során a következő hőmérséklet programot használtam: 40°C 3 percig; utána 6°C/perc sebességgel 75°C-ra, majd 9°C 6perc sebességgel 210°C-ra. Az egyes komponensek beazonosítására különböző külső standardokat alkalmaztam.

3.2.6. Érzékszervi minősítés

Az elkészült mintákat egy 7 fős vegyes életkorú és nemű csapat bírálta, az 1-es számú mellékletben található bírálati lap alapján.

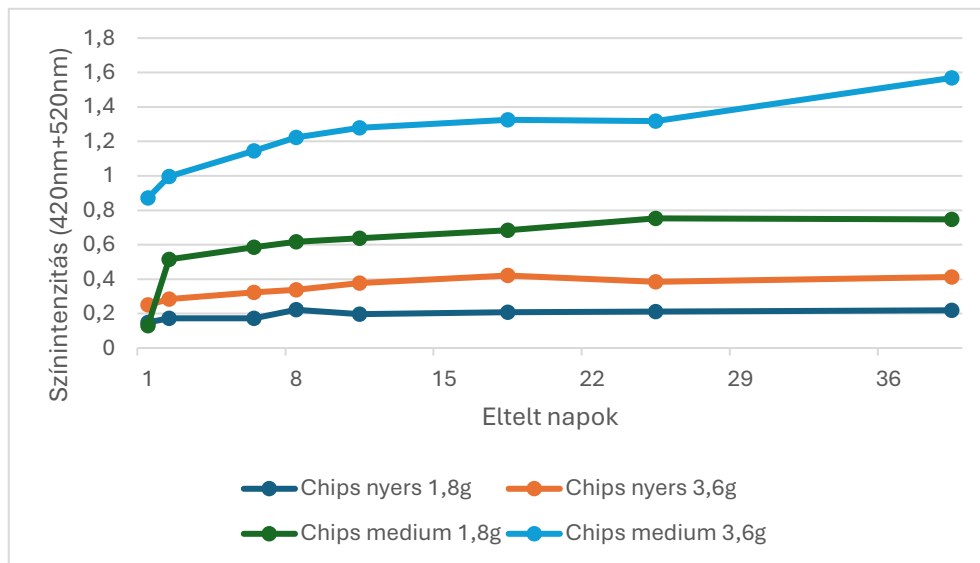
Minden mintát el kellett helyezni egy 100-as skálán, illatintenzitás, ízintenzitás, megjelenés és harmónia szerint. A skálák után meg kellett nevezni a 3 kedvenc mintát, majd a következő oldalakon, 2-2 vagy 3-3 minta közül kellett eldönteniük, hogy melyik tetszett nekik jobban.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

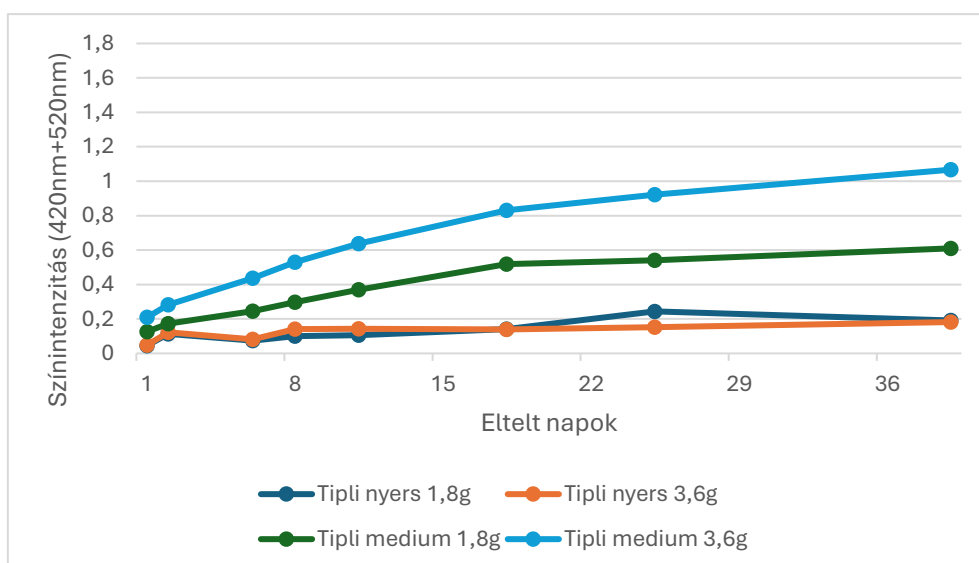
4.1. Színintenzitás

A színintenzitás kifejezi a faszegmensből kioldódó színanyagoknak azon összességét, amelyeket 420 nm-en és 520 nm-en spektrofotométer segítségével tudunk mérni. A 13., 14. és 15. ábrán egyértelműen látszik, hogy mind a chips-, keksz- és tipliminták esetében a színintenzitás folyamatosan nő az érlelés idejének előrehaladtával, de a növekedés mértéke és üteme a fajtája pörköltiségi foka és adagolása szerint eltér.

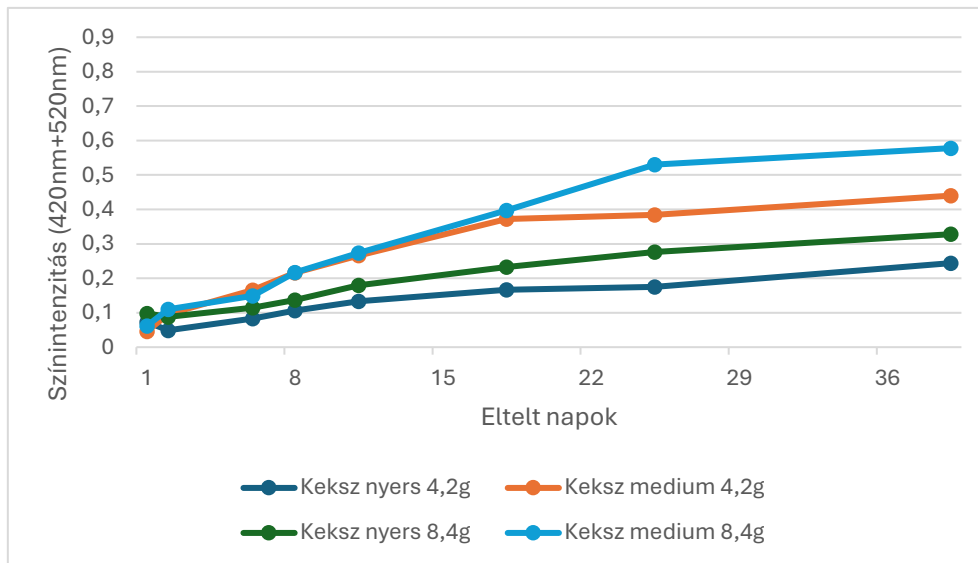
14. ábra: Chips minta színváltozása (Forrás: saját mérés)



13. ábra: Tipli minta színváltozása (Forrás: saját mérés)



15. ábra: Keksz minta színváltozása (Forrás: saját mérés)



A megállapításaimat a különböző típusú faszegmensek szerint fogom megtenni a következőkben.

Chips minták (13. ábra) értékelése:

A *medium pörkölésű chips 3,6 g-os adagja* adta a legnagyobb színintenzitást az érlelés teljes ideje alatt. A szimpla adagoláshoz képest majdnem minden időpontban közel kétszeres színértéket mértem, tehát jelentős különbség adódott a dupla és szimpla adagolás között. Ez a meredek emelkedés az érlelési idő alatt laposodott ugyan, de nem ért el telítettséget a vizsgálat végére. A *nyers chips* esetében a változás mérsékelt, a nagyobb adag (3,6 g) sem eredményezett jelentős növekedést, tehát a pörkölés határozottan fokozza a kioldódó színek komponenseket. Ebben az esetben minták már a 18. napon elérték a maximális színintenzitást az adagolástól függetlenül.

Tipli minták (14. ábra) értékelése:

A *medium pörkölésű 3,6 g-os tipli* adta a legmagasabb színintenzitást, a görbe pedig folyamatosan emelkedik, ami a fokozatos, de hatékony színyanyag kioldódást mutatja. A nyers tipliknél a változás kismértékű, az értékek alacsonyak maradtak, viszont folyamatosan növekvő tendenciát mutatnak. Itt is megfigyelhető, hogy a pörkölttség nagyobb hatással van, mint az adagolás.

Keksz minták (15. ábra) értékelése:

Szintén a *medium pörkölésű 8,4 g-os keksz* minta színintenzitása növekedett leginkább. A nyers kekszeknél a színváltozás sokkal lassabb és kevésbé kifejezett, még a nagyobb adag esetében is. Itt is látszik, hogy a pörkölttség szintje döntő szerepet játszik a színváltozásban, de a folyamat

egyenletesebb, mint a chipsnél, tehát a keksz lassabban, de egyenletesebben adja át a színanyagokat a faanyag belső szegmenséből is

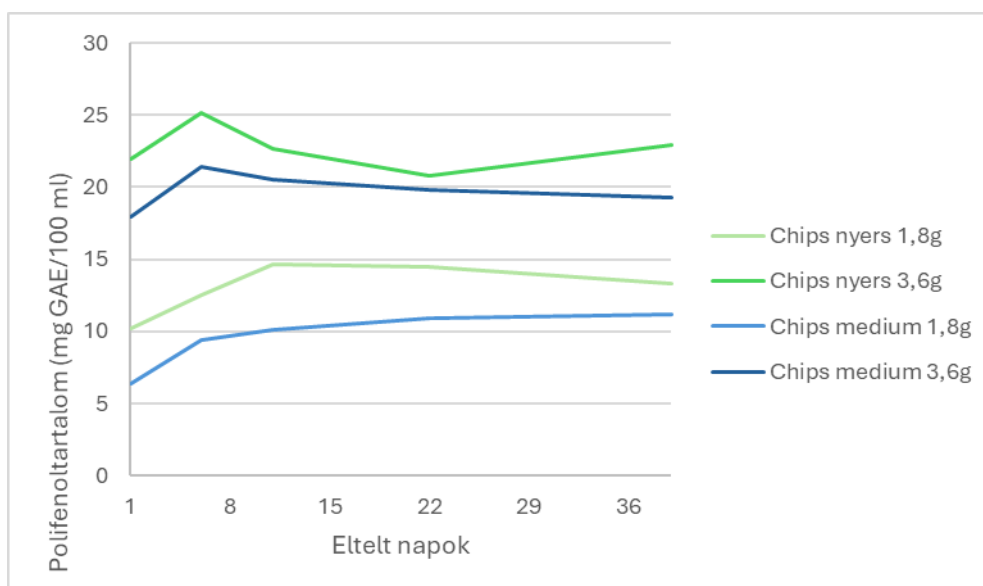
Összegzés:

Mindhárom fafajta esetében a *medium pörkölésű minták* mutatták a legnagyobb színintenzitás-növekedést, függetlenül az adagolástól. A *chips* reagált a leggyorsabban, míg a *keksz és tipli* esetében a színváltozás egyenletesebb, de kisebb mértékű volt ugyan, de az almapárlat nem érte el a színtelítettséget a vizsgált időszak alatt. A színintenzitás a fafajta fajlagos felületének a növekedésével együtt emelkedett, legnagyobb mértékben a chipsnél, majd a tiplinél és végül a keksznél.

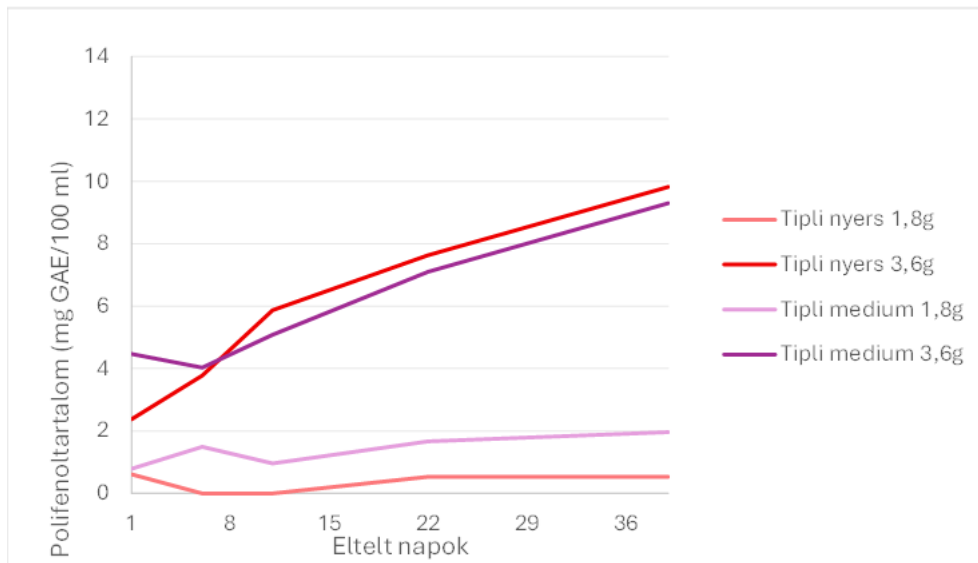
4.2. Fenoltartalom vizsgálat kiértékelése

A vizsgálatok során a különböző faformák (chips, tipli és keksz) hatását elemeztem az alma párlat összes polifenol tartalmának alakulására, az érlelési idő függvényében. A három anyag típus esetében, jól elkülöníthető kioldódási dinamikát és fenolos komponens-tartalom változást tapasztaltam

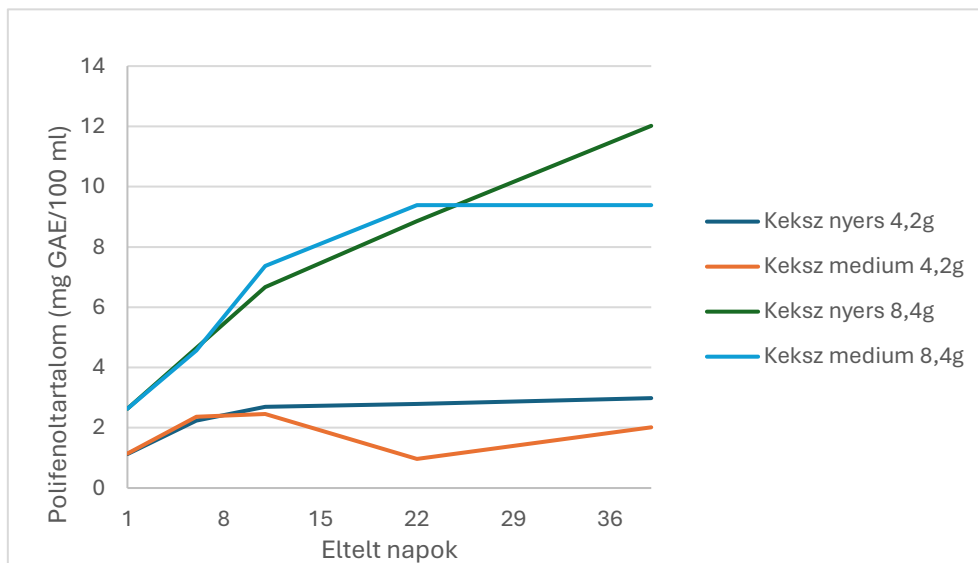
16. ábra: Chipsszel érlelt minták, összes fenol tartalmának változása az idő függvényében (Forrás: saját mérés)



17. ábra: Tiplivel érlelt minták, összes fenol tartalmának változása az idő függvényében
(Forrás: saját mérés)



18. ábra: Keksszel érlelt minták, összes polifenol tartalmának változása az idő függvényében
(Forrás: saját mérés)



Az eredmények értékelését a faszegmensek szerint mutatom be.

Chips-szel érlelt minták

A chips formában alkalmazott tölgyfák esetében a fenolos anyagok gyors és intenzív kioldódása figyelhető meg. A vizsgálati időszak elején, különösen az 1. és a 6. nap között, a fenoltartalom jelentősen megemelkedett, majd ezt követően kisebb mértékű csökkenés és stabilizálódás volt tapasztalható. (16. ábra)

A magasabb adagolás (3,6 g) minden esetben magasabb polifenoltartalmat eredményezett, mint az alacsonyabb (1,8 g) adag. A nyers chips esetében a kioldódás intenzívebb volt, míg a közepesen pörkölt (medium) változatnál valamivel enyhébb.

A fenolos komponensek mennyiségének enyhe csökkenését, feltételezhetően valamilyen mérési hiba eredményezte. Összességében a chips típus alkalmazása biztosította a legnagyobb fenolos vegyület szintet, az összes vizsgált anyag közül.

Tiplivel érlelt minták

A tiplikkel érlelt minták esetében a fenolos komponensek koncentrációja lényegesen alacsonyabb szinten mozgott, ugyanakkor a növekedés üteme egyenletesebb volt, az egész érlelési időszak alatt. A nagyobb adagolású mintáknál, (3,6g) folyamatos, lineáris emelkedés volt megfigyelhető, míg az alacsonyabb adagolás esetében, (1,8g) a fenolos anyagok koncentrációja gyakorlatilag változatlan maradt. (17. ábra)

Ez a jelenség arra utal, hogy a tiplik esetében, a kisebb fajlagos felület miatt a kioldódás sokkal lassabban megy végbe. A tipli forma tehát inkább hosszabb idejű, lassabb érleléshez lehet alkalmas, ahol fokozatos íz- és aromaátadás a cél.

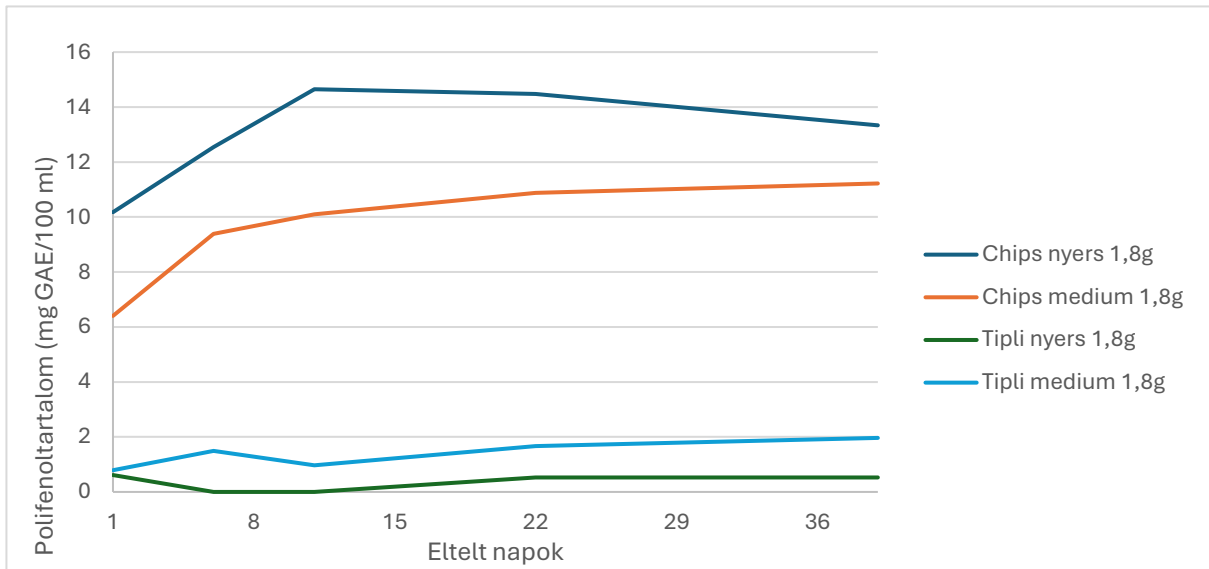
Keksszel érlelt minták

A kekszekkel végzett érlelés során, hasonló tendencia volt megfigyelhető, mint a tiplivel végzett érlelés során, azzal a különbséggel, hogy minden minta esetében, valamivel magasabb polifenoltartalom volt észlelhető. (18. ábra)

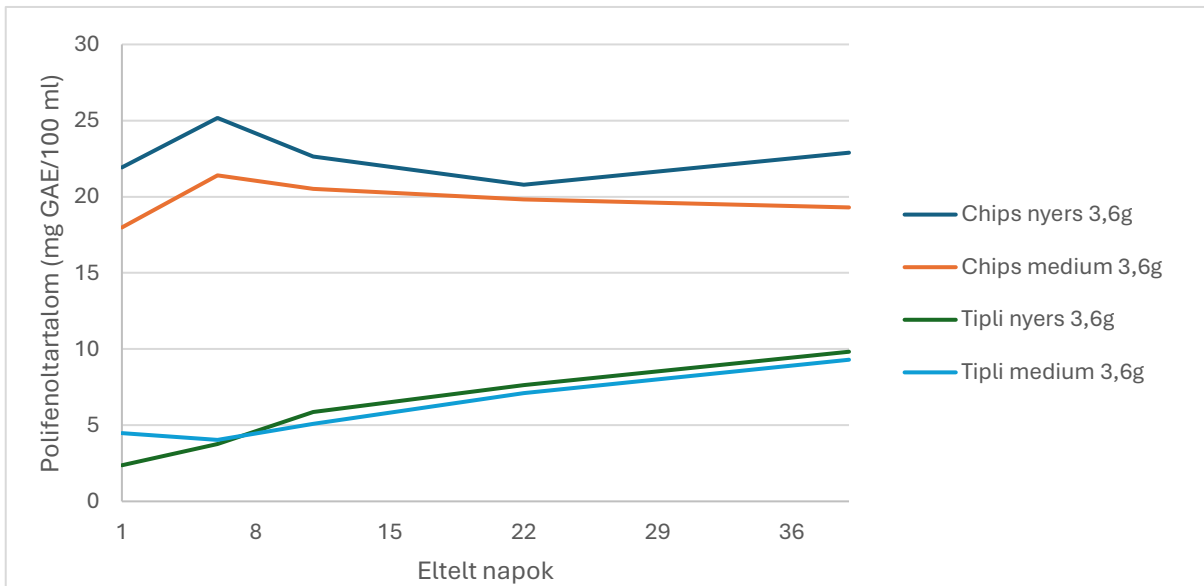
A nyers kekszek esetében a fenolos komponensek kioldódása mérsékelt ütemben zajlott, mint a chipsnél, ugyanakkor gyorsabban, mint a tipliknél. Ez arra enged következtetni, hogy hiába kisebb a fajlagos felületarány mint a tiplinél, a magasabb adagolási mennyiség magasabb polifenoltartalmat eredményezett.

A chipssel és tiplivel érlelt minták összehasonlítása azonos adagolás mellett

19. ábra: Chipssel és tiplivel érlelt minták összes fenoltartalmának alakulása az idő függvényében, azonos adagolás mellett. (Forrás: saját mérés)



20. ábra: Chipssel és tiplivel érlelt minták összes fenoltartalmának alakulása az idő függvényében, azonos adagolás mellett. (Forrás: saját mérés)



Az ábrák a chips- és tiplivel érlelt alma párlatok összes fenoltartalmának időbeli változását mutatják 1,8 g, illetve 3,6 g adagolás esetén. A cél a két különböző faforma hatékonyságának és kioldódási dinamikájának összevetése volt.

1,8 g adagolás értékelése

Az 19. ábra alapján alapján egyértelmű különbség figyelhető meg a chips és a tipli formák között. A chips-szel érlelt minták esetében a polifenoltartalom már az érlelés első napjaiban

jelentősen megnövekedett. A nyers chips az 1. és a 11. nap között körülbelül 10 GAE/100ml-ről 14 GAE/100ml fölé emelkedett, majd ezt követően stabilizálódás volt megfigyelhető.

A medium (pörkölt) chips szintén gyors növekedést mutatott, de a fenoltartalom végig alacsonyabb szinten maradt, mint a nyers változatnál.

Ezzel szemben a tiplivel érlelt minták esetében a fenolos komponensek koncentrációja lényegesen alacsonyabb maradt. Mind a nyers, mind a medium tipli minták esetében csak minimális, lassú, de egyenletes emelkedés volt tapasztalható az egész érlelési idő alatt.

Ez a különbség jól mutatja, hogy a tipli forma kisebb fajlagos felülete miatt a fenolos anyagok kioldódása korlátozott, a folyamat inkább hosszán elnyúló, míg a chips esetében gyors és intenzív kioldódás figyelhető meg, szinte az első hét elteltével kialakult a végleges mennyiség.

3,6 g adagolás értékelése

A 20. ábrán a nagyobb adagolás mellett mért polifenoltartalom alakulása látható. A chips nyers és medium minták ebben az esetben is magas értékeket mutattak, a kioldódás gyorsan lezajlott az érlelés első hetében. A nyers chips fenoltartalma az 1. naptól 8. napig 25 GAE/100ml értéket ért el, majd stagnálni kezdett.

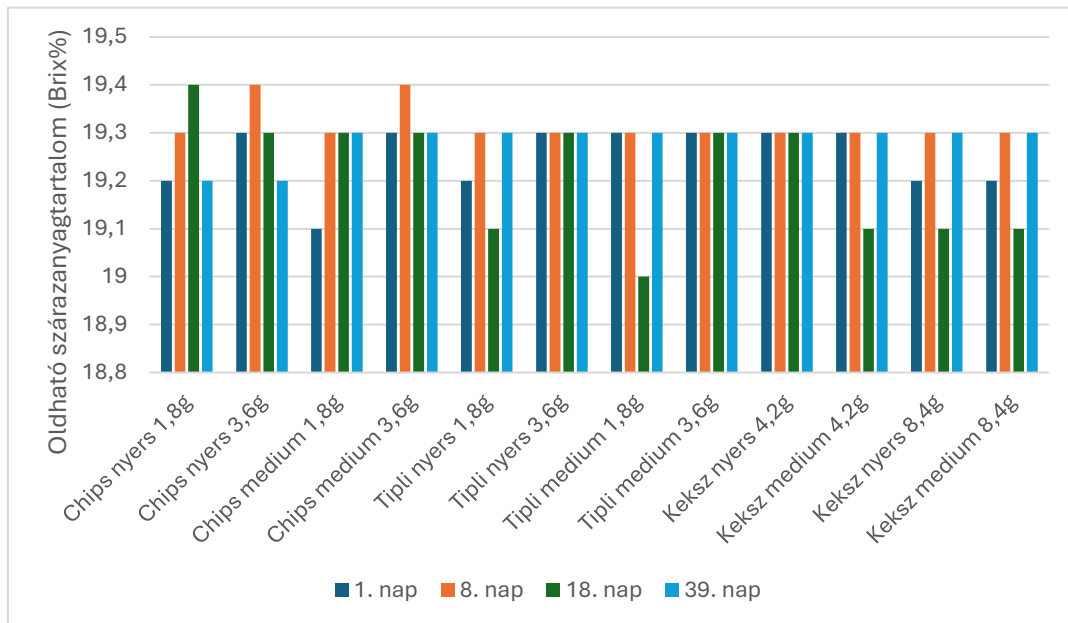
A medium chips hasonló lefutást mutatott, de alacsonyabb maximumértékkel.

A tiplivel érlelt minták esetében a fenoltartalom ismét jóval alacsonyabb szinten maradt, azonban a növekedés egyenletes és folyamatos volt az érlelési idő alatt. A 3,6 g adagolású tiplik esetében a fenoltartalom a kezdeti nagyjából 3 GAE/100ml értékről a vizsgálat végére megközelítette a 9–10 GAE/100ml-t, ami jelentős, és fokozatos növekedést jelez.

Összefoglalva tehát azonos adagolás mellett a chips nagyságrendekkel nagyobb polifenoltartalom növekedést mutatott a tiplinél, és egy hét elteltével elérte a végső maximum értéket. A tipli fokozatos növekedést mutatott, de végig alacsonyabb szinten maradt. Lehetséges, hogy ha tovább folytattuk volna az érlelést, akkor a tiplivel is megközelíthettük volna a chipsszel kapott értékeket, mivel az érlelési idő lejártával is növekvő tendenciát mutat.

4.3. Szárazanyagtartalom meghatározás

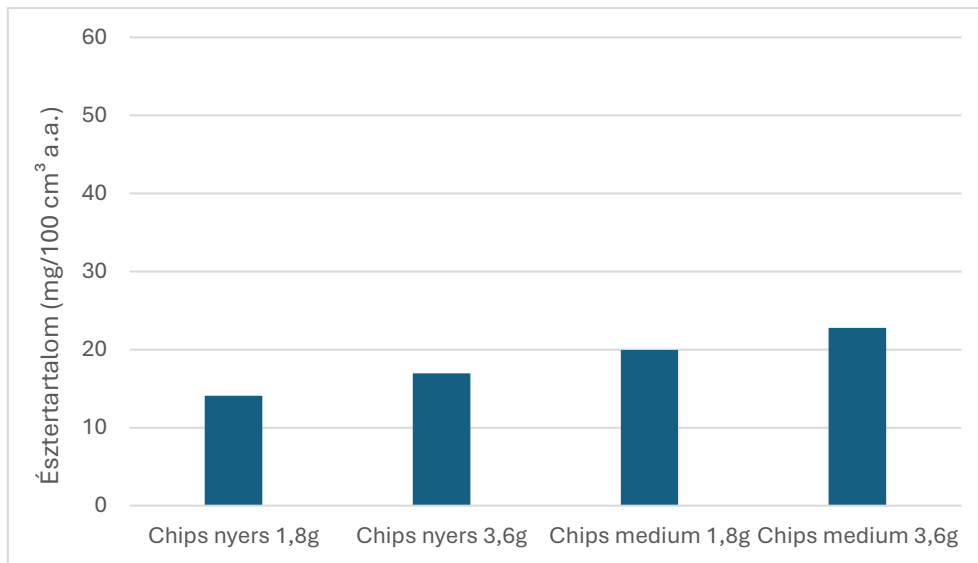
21. ábra: Minták oldható szárazanyagtartalom változása az idő függvényében (Forrás: saját mérés)



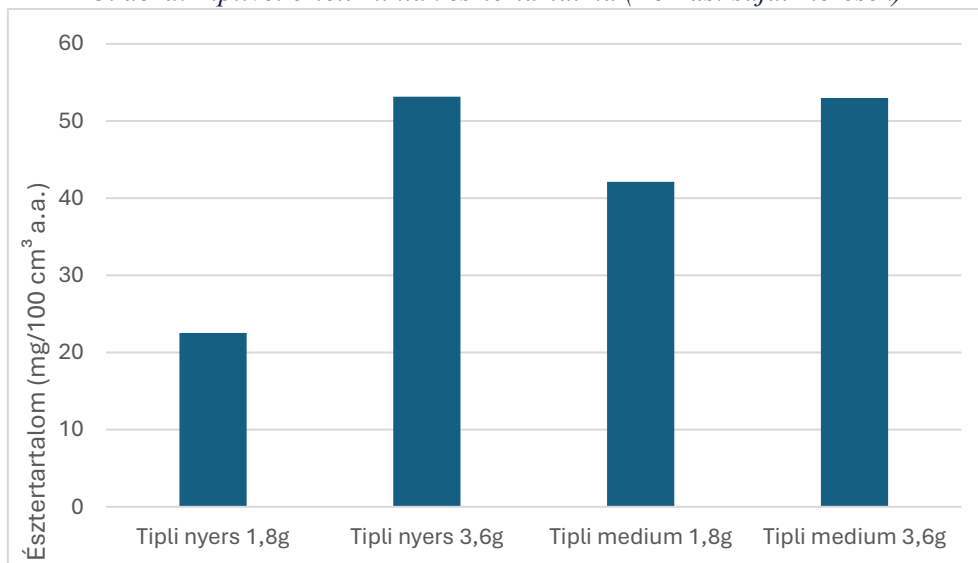
A 21. ábra alapján megállapíthatjuk, hogy az érlelés során számottevően nem változik az oldható szárazanyagtartalom. A diagrammon látható értékek kilengései olyan minimálisak és rendszertelenek, hogy vélhetően mintavételezési vagy mérési hiba eredményei.

4.4. Észtertartalom meghatározás

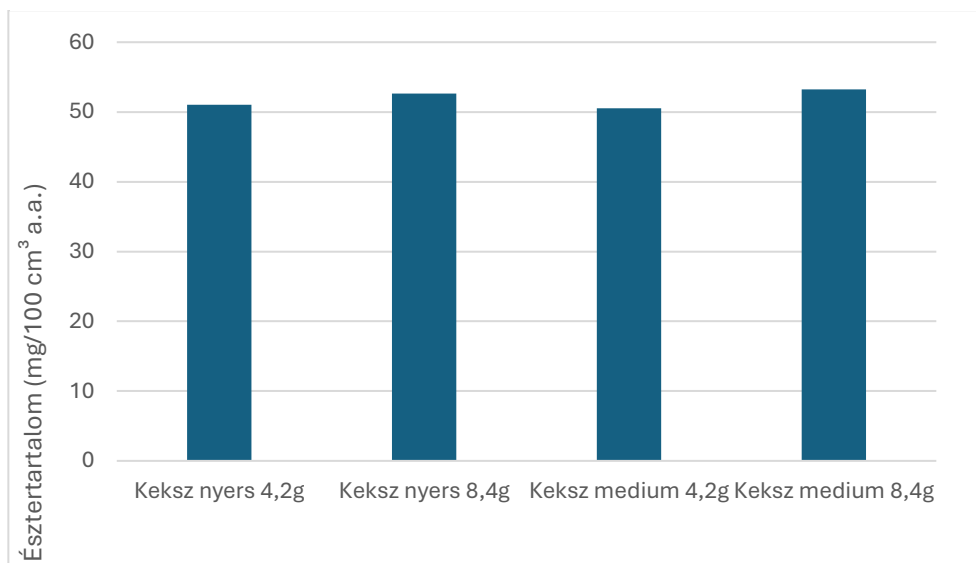
22. ábra: Chipsszel érlelt minták észtertartalma (Forrás: saját mérések)



23. ábra: Tiplivel érlelt minták észtertartalma (Forrás: saját mérések)



24. ábra: Keksszel érlelt minták észtertartalma (Forrás: saját mérések)



Chipses érlelés

A 22. ábra alapján a nyers chips esetében az észtertartalom az adagolás növelésével enyhén emelkedett. A medium minták szintén mind a két adagolás mellett magasabb értéket mutattak a nyers mintákhoz képest.

Tiplis érlelés

A tiplikkel végzett érlelés során az észtertartalom minden esetben magasabb értéket mutatott, mint a chipses mintákban. A tiplik esetében is a megnövelt adagolás, magasabb észtertartalmat is eredményezett. A medium tipli esetében az 1,8g-os adagolás mellett is magasabb mennyiségű észter volt mérhető, mint a nyers esetében. (23. ábra)

Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a nyers tipli nagyobb adagolásnál erőteljes észterképződést idézett elő, míg a medium pörkölésű tipli esetében az adagolás növelése már nem hozott akkora emelkedést.

Kekszes érlelés

A keksz formájú faanyag esetében az észtertartalom minden esetben magas volt, az értékek kis mértékben, de egyértelmű tendenciát mutattak. (24. ábra)

Mindkét pörköléségi szintnél megfigyelhető, hogy a nagyobb adagolás növelte az észtertartalmat, ugyanakkor a különbségek viszonylag kismértékűek. Ez arra utal, hogy a keksz szerkezete és pörkölsége mellett az adagolás hatása mérsékeltebb, a faanyag vegyületeinek kioldódása kiegyensúlyozottabb.

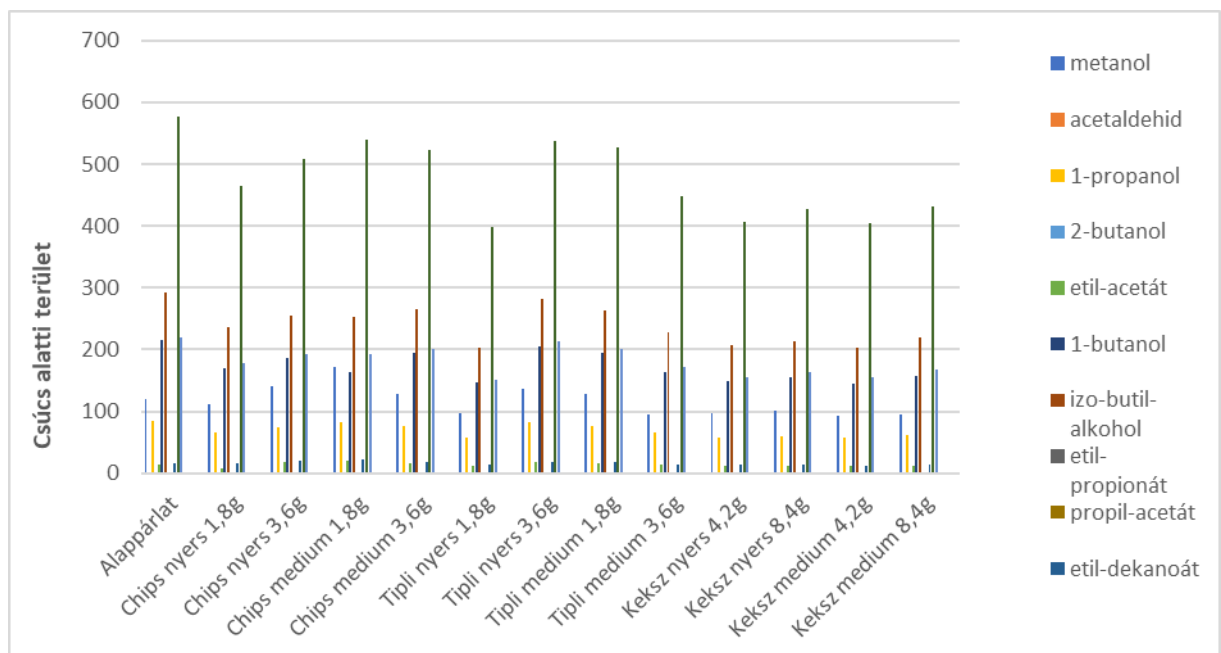
Összegzés

A nagyobb adagolással magasabb észtertartalmat érhetünk el. A medium pörkölés szintén nagyobb észtertartalmat eredményez. A legnagyobb értékeket a keksznél értük el. A kekszet a tipli követte és a legalacsonyabb értékek a chipsnél voltak.

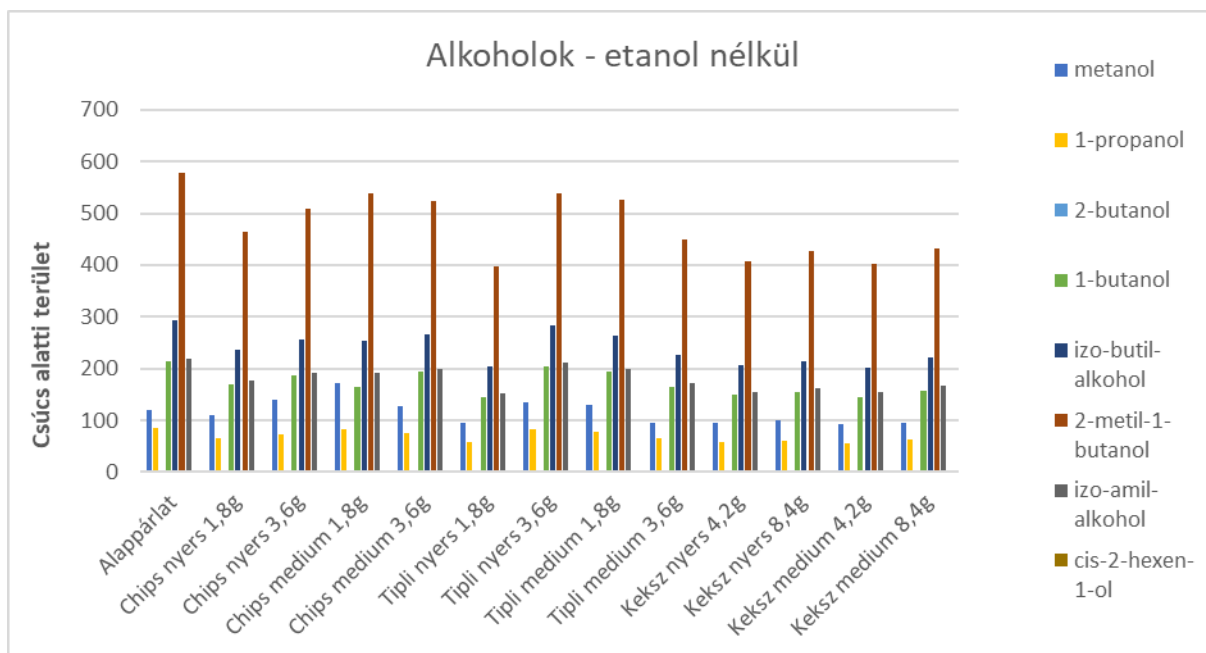
4.5. Gázkromatográfiás vizsgálat

A gázkromatográfiás vizsgálattal az érlelt mintákban lévő illékony aromaanyagok mennyiségét kívántam feltérképezni. A 25. ábra tartalmazza azokat a vegyületeket (összesen 11 az etanol nélkül), amelyeket sikerült az egyes beállításoknál azonosítani. Ha kiszámoljuk, mennyi vegyületet detektáltunk összesen az egyes mintáknál, akkor értelemszerűen nagyobb számot kapunk. A detektált vegyületek száma 15 és 30 között változott. A legtöbb detektált vegyület az alappárlatban és a tipli medium 1,8 g adagolású mintában, míg a legkevesebb a keksz medium 4,2 g mintában volt. Közel 30 detektált vegyület volt a chips nyers 1,8 g és a chips medium 1,8g mintákban. Ez már összecseng az érzékszervi bírálat során kapott visszajelzésekkel, ahol az utóbb említett mintákat kiemelték a bírálók. Ha a 25. ábrát megtekintjük, akkor megállapítható az, hogy a keksz faszegmenssel készült mintákban arányaiban kisebb csúcs alatti területtel rendelkező komponensek vannak és nem olyan mértékű a vegyületek diverzitása.

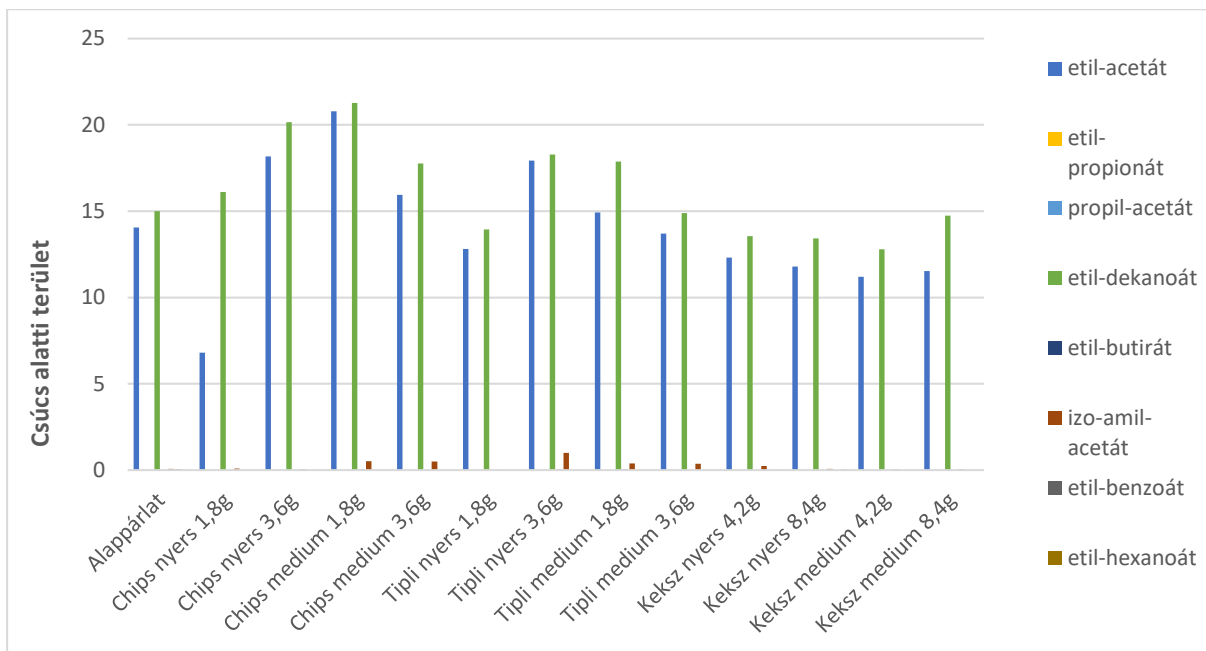
25. ábra: Összes gázkromatográfjal detektált vegyület, etanol nélkül (Forrás: saját mérés)



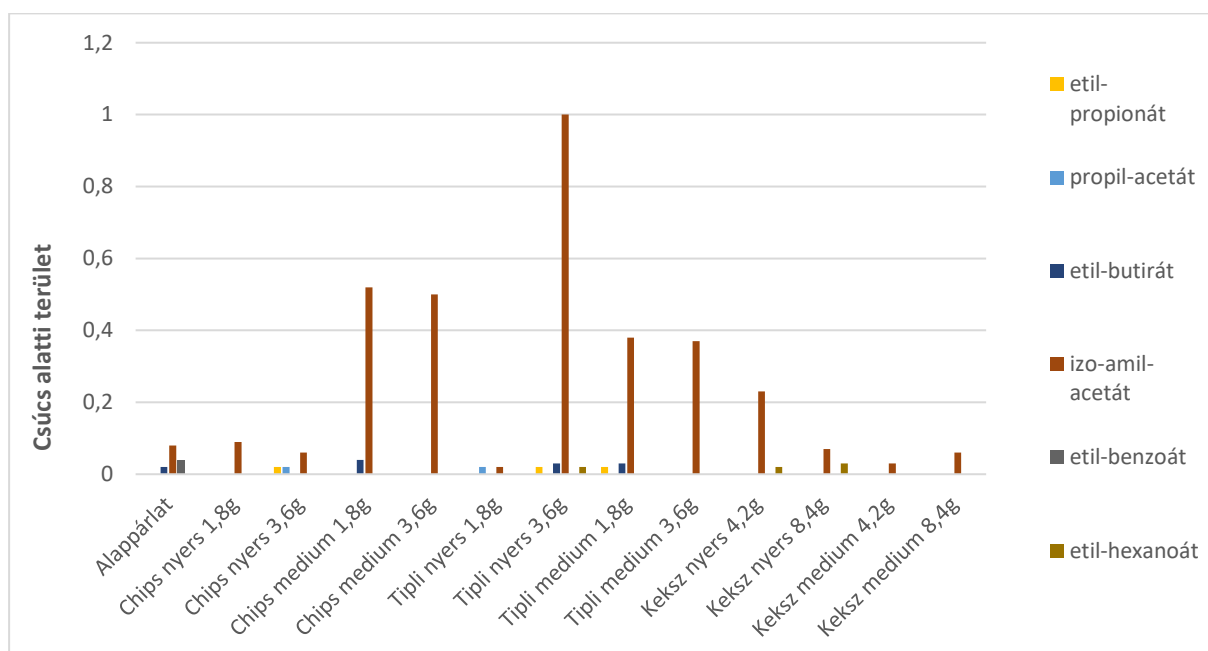
26. ábra: Összes gázkromatográffal detektált alkohol, etanol nélkül (Forrás: saját mérés)



27. ábra: Összes gázkromatográffal detektált észter (Forrás: saját mérés)



28. ábra: Összes gázkromatográffal detektált észter, etil-acetát és etil-dekanoát nélkül (Forrás: saját mérés)



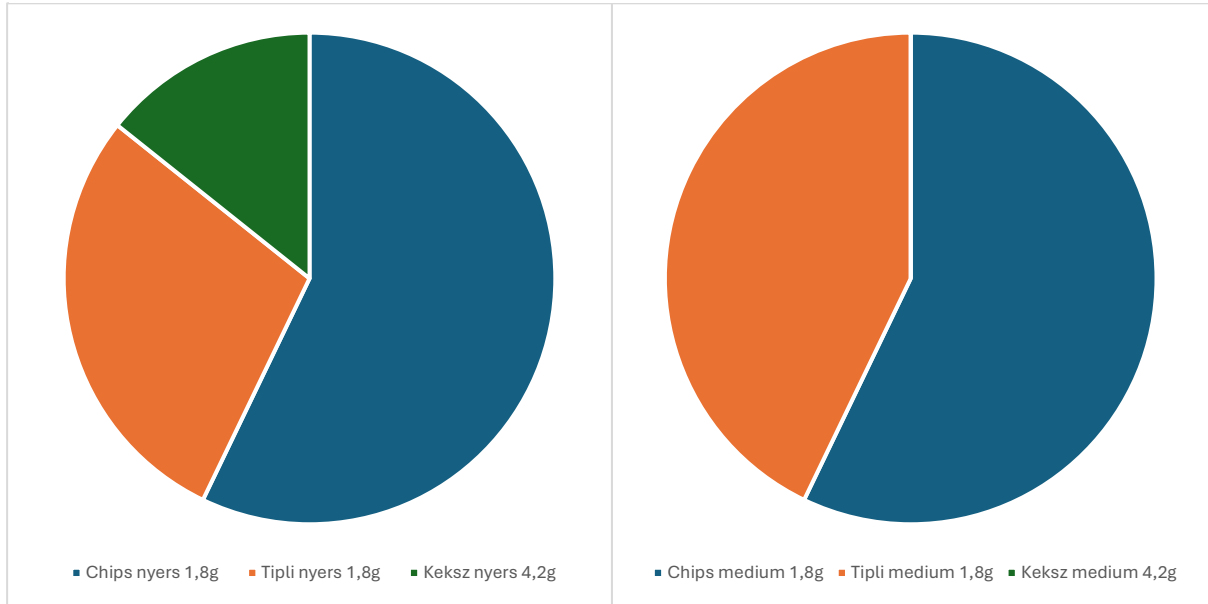
Az alkohol típusú vegyületek esetében nem láthatók egyértelmű különbségek az egyes minták között (26. ábra). Ezzel szemben az észterek esetén az etil-acetát és etil-dekanoát vegyületek területi adataira tekintve megfigyelhetők tendenciák. A chips faszegmensek esetében nagyobb mennyiségben vannak jelen, míg a keksz esetében a legkisebb mennyiségben. Továbbá általában a dupla adagolás nagyobb értéket mutat ezen vegyületek tekintetében. A 28. ábra alapján pedig elmondható, hogy az izo-amil-acetát vegyület, amely banános, zöld almás karaktereket hordoz, a chips és tipli mediumban, valamint a tipli nyersben található meg nagyobb arányban.

A gázkromatográfias eredmények alapján levonható az a következtetés, hogy a különböző faanyagok és pörköltési szintek eltérő mértékben befolyásolták a párlatok illékony összetevőit.

4.6. Érzékszervi bírálat és fogyasztói preferenciák

Fogyasztói preferenciák, különböző faformákkal érlelt minták esetében

29. ábra: Fogyasztók preferenciája faformák szerint, nyers (bal oldal) illetve medium pörkölésű (jobb oldal) fával.

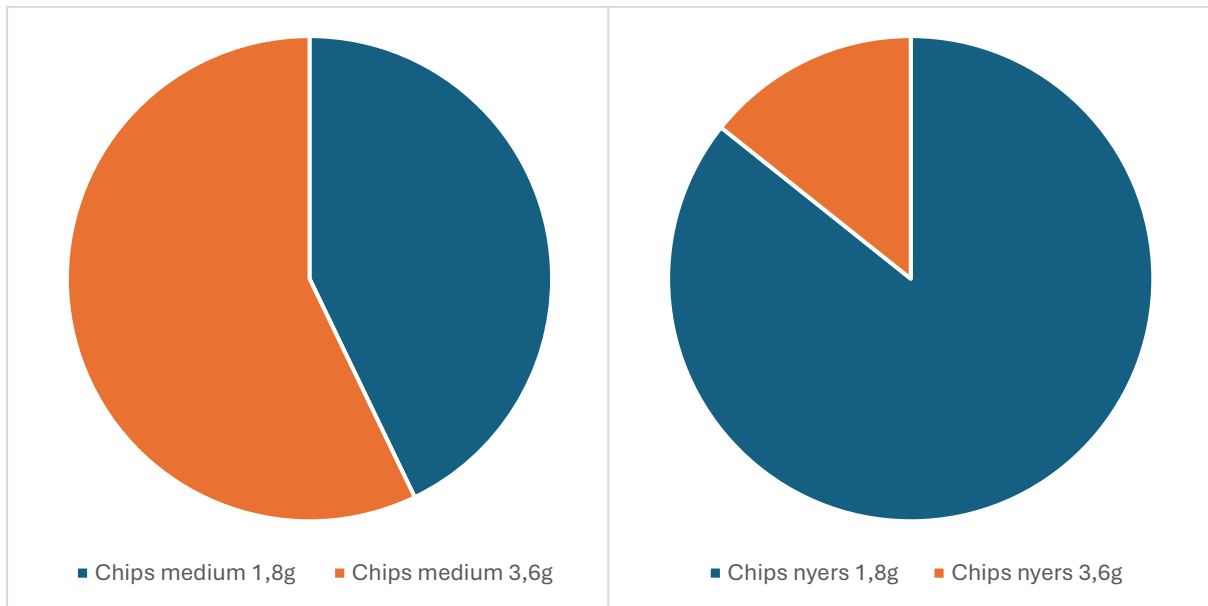


A medium pörkölésű minták esetében a chips formával érlelt párlat bizonyult a legkedveltebbnek, a válaszadók több mint fele ezt a mintát választotta. A tipli szintén kedvező megítélésben részesült, de némileg elmaradt a chips mögött. A keksz formával érlelt minta kevésbé volt népszerű, ezt senki nem választotta, a medium minták közül. (29. ábra)

A nyers faformákkal érlelt minták esetében szintén a chips forma bizonyult a legkedveltebbnek, és megint csak a tipli követte. Itt már a keksz is kapott szavazatokat, de még mindig a legkisebb arányban volt jelen a preferencia skálán. (29. ábra)

Fogyasztói preferenciák adagolás szerint, chipssel érlelt minták esetében

30. ábra: Fogyasztók preferenciája chips nyers (jobb oldal) és chips medium (bal oldal) mintákkal, adagolás szerint.



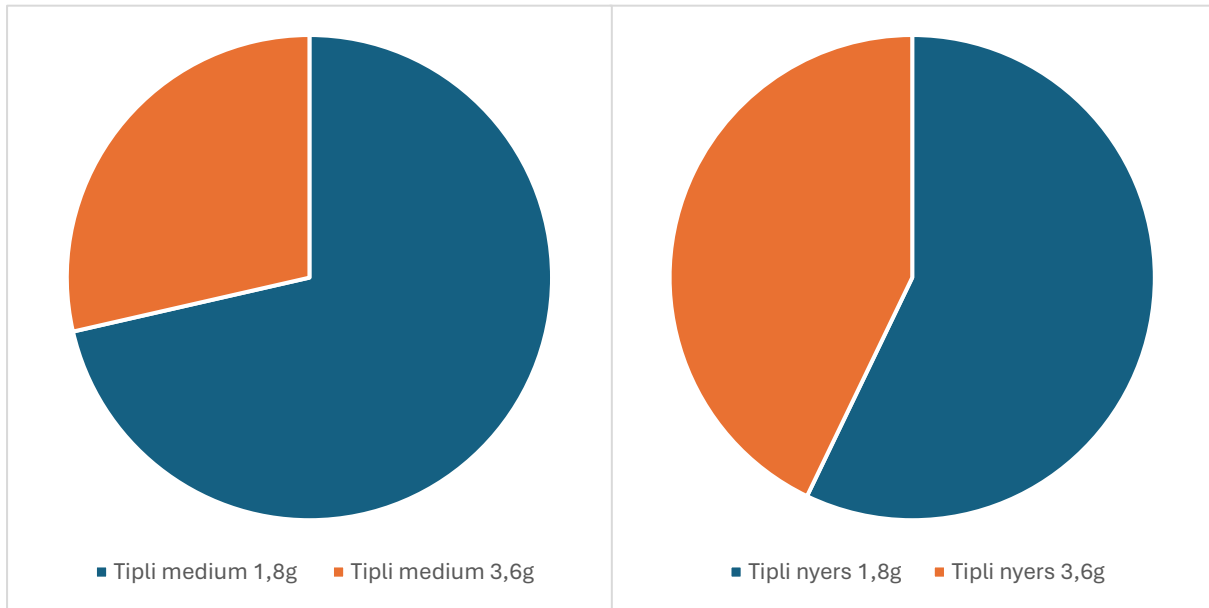
A medium pörkölésű chips esetében a fogyasztói vélemények megoszlottak, azonban enyhe többségben voltak azok, akik a 3,6 g adagolású mintát részesítették előnyben (30. ábra). Ez arra utal, hogy a magasabb adagolás kedvezőbb érzékszervi hatást eredményezett, feltehetően intenzívebb fa jelleg, teltebb ízvilág és összetettebb aromaprofil miatt.

A nyers chips esetében a válaszok jóval egyértelműbbnek bizonyultak. A résztvevők túlnyomó többsége, az 1,8 g adagolású mintát választotta. A magasabb, 3,6 g adagolású változat jóval kevésbé volt kedvelt. (30. ábra)

Ez arra enged következtetni, hogy a nyers fa chips intenzívebb, nyersebb aromákat ad át a párlatnak, amelyek nagyobb mennyiségben túlzott fás vagy kesernyés jegyeket eredményezhetnek. A kisebb adagolás ezzel szemben kiegyensúlyozottabb ízvilágot biztosított, amit a fogyasztók harmonikusabbnak ítélték.

Fogyasztói preferenciák adagolás szerint, tiplivel érlelt minták esetében

31. ábra: Fogyasztók preferenciája tipli nyers (jobb oldal) és tipli medium (bal oldal) mintákkal, adagolás szerint.



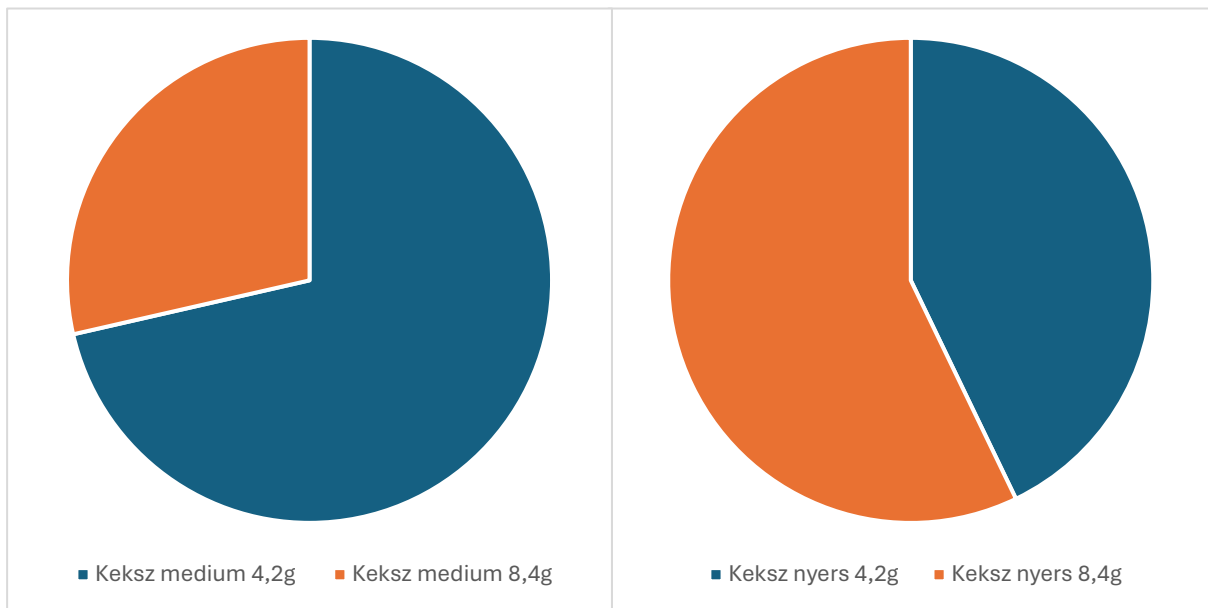
A nyers tipli esetében a válaszadók többsége a 1,8 g adagolású mintát preferálta. (31. ábra)

A medium pörkölésű tipli esetében még szignifikánsabban a medium pörkölést részesítették előnyben a kóstolók (31. ábra)

Itt egyértelműen kijelenthető, hogy kellemesebb érzékszervi tulajdonsággal bír a medium pörkölésű tiplivel készült minta, mint a nyers. Vélhetően jobban hasonlít a normál hordós érlelési formához, amit a fogyasztók már megszokhattak, az érlelt italoknál.

Fogyasztói preferenciák adagolás szerint, keksszel érlelt minták esetében

32. ábra: Fogyasztók preferenciája keksz nyers (jobb oldal) és keksz medium (bal oldal) mintákkal, adagolás szerint.

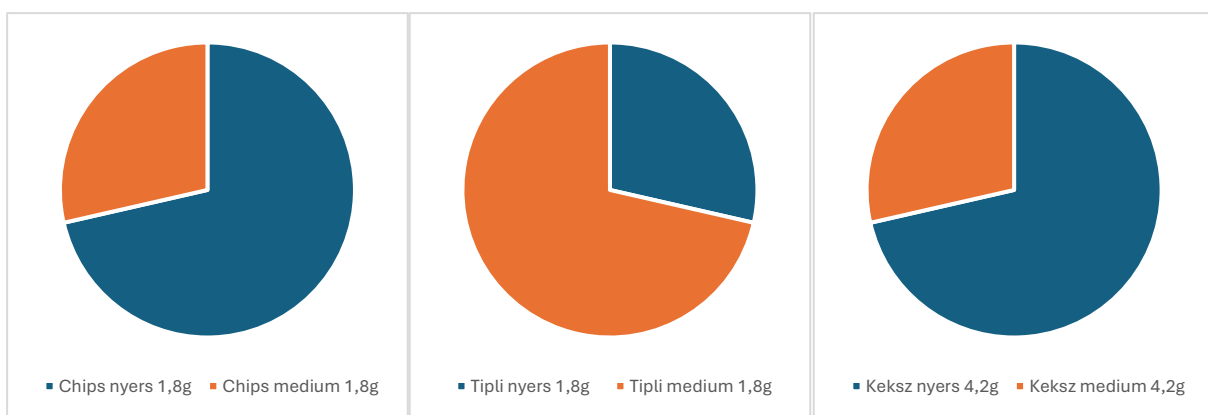


A nyers keksz esetében a magasabb adagolás kapta a válaszadók többségének szavazatát, de a diagram egészen kiegyensúlyozott, nem sokkal maradt el a 4,2g adagolású minta sem. (32. ábra)

A medium pörkölésű keksz esetében a fogyasztói vélemények jóval egyértelműbbek voltak: a résztvevők jelentős része a 4,2 g adagolású mintát választotta. (32. ábra)

Fogyasztói preferenciák a fa pörköltisége szerint

33. ábra: Fogyasztói preferenciák, a fa pörköltisége szerint, chips (bal oldal), tipli (közép) és keksz (jobb oldal) esetében.

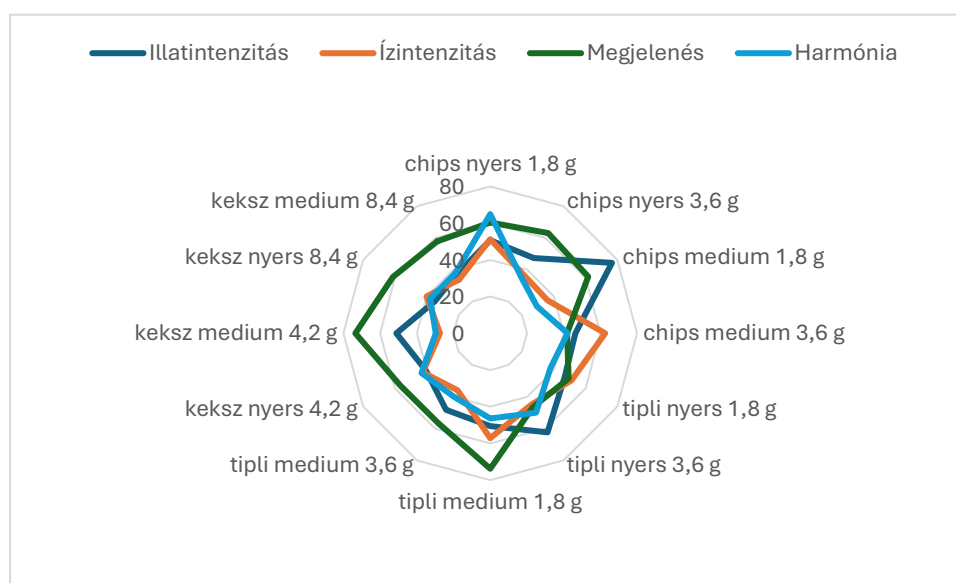


Az, hogy a fogyasztók a nyers vagy a medium pörköltiségű fával érlelt mintát részesítették előnyben, különbözött az eltérő formák esetében. Míg a tiplivel érlelt párlatnál a medium volt a kedveltebb, addig a keksznél és a chipsnél a nyers ízlett jobban a legtöbb kóstolónak. (33. ábra)

Íz, illat, megjelenés és harmónia a visszajelzések alapján

A 34. ábra azt mutatja, hogy az egyes érlelési módok hogyan befolyásolták a párlatok illat- és ízintenzitását, megjelenését és harmóniáját. Az eredmények azoknak az embereknek az értékeléseiből származnak, akik megkóstolták a mintákat, és 1-től 100-ig terjedő skálán pontozták azokat különböző érzékszervi szempontok alapján (illat, íz, megjelenés, harmónia). A diagramon az egyes szempontokra adott pontszámok átlaga látható.

34. ábra: Íz, illat, megjelenés és harmónia, az érzékszervi bírálat átlagolt adatai alapján



Az adatok alapján a nyers chipses minták általában magasabb illatintenzitást és harmóniát mutattak, különösen az 1,8 g-os adagolásnál, ami arra utal, hogy ez a kombináció kiegyensúlyozottabb érzékszervi élményt adott. A medium chips változatoknál az ízintenzitás erőteljesebb volt, viszont a harmónia kissé visszaesett, ami arra utal, hogy a pörkölés hatása némileg elnyomhatta a többi jegyet.

A kekszes minták közül a medium 8,4 g-os változat kiemelkedett megjelenés szempontjából, viszont a harmónia itt sem volt a legjobb. A nyers keksz kisebb adagja (4,2 g) kevésbé intenzív, de harmonikusabb eredményt adott.

A tiplis minták közül a nyers 3,6 g-os változat mutatott kiegyensúlyozott érzékszervi profilt: közepes illat- és ízintenzitás mellett kedvező megjelenés és jó harmónia jellemezte. A medium tipli eredményei ezzel szemben gyengébbek voltak, főleg alacsonyabb adagolásnál.

Összességében elmondható, hogy az érlelés módja, a fa típusa és az adagolás mértéke mind jelentősen befolyásolják a párlat érzékszervi tulajdonságait. A nyers, kisebb adagolású minták

jellemzően harmonikusabb, kiegyensúlyozottabb italokat eredményeztek, míg a medium pörkölésű anyagok inkább az ízintenzitást erősítették, de néha a harmónia rovására.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A kísérletek alapján a jövőbeni fejlesztések során célszerű lenne a különböző faformák kombinált alkalmazását is megvizsgálni, például chips és tipli együttes használatával, amely lehetőséget adhat a gyors aromaátadás és a hosszabb távú érlelési hatások kiegyensúlyozására. Emellett érdemes lenne további vizsgálatokat végezni a pörkölési fok, az érlelési hőmérséklet és idő hatásának részletes feltérképezésére, mivel ezek a paraméterek döntően befolyásolják a faanyagból kioldódó komponensek összetételét és a párlat végső minőségét.

További vizsgálatok irányulhatnak a különböző fafajok (pl. amerikai tölgy, gesztenye, akác) hatásának összehasonlítására is, mivel a fa kémiai összetétele jelentősen eltérhet, és így eltérő módon befolyásolhatja az aroma és színekpző folyamatokat.

A laboratóriumi körülmények között elvégzett vizsgálatok után ajánlott félüzemi vagy üzemi méretű kísérleteket végezni, hogy a kapott eredmények ipari körülmények között is megerősíthetők legyenek. A kísérletek kiterjesztése valós termelési környezetben segíthet meghatározni a legköltséghatékonyabb és technológiailag stabil érlelési módszert.

Érdemes lenne továbbá az érlelés során bekövetkező oxidációs folyamatokat is nyomon követni, mivel ezek szorosan összefüggnek az aromaanyagok átalakulásával és a szín stabilitásával. A jövőbeni kutatások során érdemes lenne meghatározni az optimális oxigén-beáramlási szintet és az ehhez kapcsolódó érlelési paramétereket, hogy az oxidáció előnyös hatásai érvényesüljenek, ugyanakkor elkerülhető legyen az aromaanyagok és színanyagok túlzott degradációja. Ezzel az érlelési folyamat még pontosabban irányíthatóvá válna, és a párlatok minősége hosszú távon is kiegyensúlyozott maradhatna.

Ezenkívül a fogyasztói preferenciák részletesebb vizsgálata is fontos, ezt meg lehetne valósítani nagyobb számú kóstoló csapattal, és akár képzett kóstolók bevonásával.

Végül, a fenntarthatósági szempontokat is érdemes figyelembe venni. A kísérleteimben alkalmazott termékek alkalmazása a hordós érleléssel szemben lényegesen kisebb faanyag felhasználást igényel, ami környezetvédelmi és gazdasági szempontból egyaránt előnyös.

A jövőben a cél egy olyan optimalizált érlelési technológia kidolgozása lehet, amely ötvözi a hagyományos érlelés előnyeit a modern, gyorsított eljárások hatékonyságával, miközben megőrzi a párlat természetes és egyedi karakterét.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatásom célja az volt, hogy feltárja a különböző formájú és pörkölési fokú faérelő anyagok chips, keksz és tipli hatását az alma párlat fizikai, kémiai és érzékszervi tulajdonságaira. A vizsgálatok során egyértelműen kiderült, hogy a faforma, a pörköltségi fok és az adagolás együttesen meghatározzák az érlelés dinamikáját, a szín- és aromaanyagok kioldódását, valamint a végtermék karakterét. A különbségek nemcsak a mért komponensek mennyiségében, hanem a fogyasztói érzékelésben is megmutatkoztak, ami igazolja, hogy a faanyag típusa kulcsfontosságú tényező a párlat végső minőségének alakulásában.

A színintenzitás-mérések alapján a fa chips formája biztosította a legnagyobb mértékű színváltozást, ami a legnagyobb fajlagos felület következtében gyors és hatékony polifenol- és színanyag-kioldódással magyarázható. A pörkölés fokozta a színintenzitást, különösen a medium pörkölésű minták esetében. A keksz és tipli formájú faanyag esetében a színnövekedés fokozatosabb és kiegyenlítettebb volt, ami a kisebb fajlagos felület és a lassabb kioldódás következménye.

Az észtertartalom-vizsgálatok során kimutatható volt, hogy az adagolás növelésével az észterek mennyisége emelkedett, különösen a medium pörkölésű mintáknál. Ez arra utal, hogy a pörkölés során keletkező aromás vegyületek például a vanillin, hozzájárulnak az észterképződéshez, gazdagítva az ital illat és ízprofilját. A tiplik esetében a kioldódás lassabb volt, de az érlelés végére stabil, kiegyensúlyozott aromaképet eredményezett. A kekszes minták észtertartalma szintén magasnak bizonyult, ami a nagyobb adagolási aránynak és a vastagabb faanyagnak tudható be.

A fenolos komponensek mennyisége szoros összefüggést mutatott a faformával és a pörköltséggel. A chipses minták esetében gyors, intenzív növekedés volt tapasztalható, amely rövid idő alatt elérte a maximumát, majd stabilizálódott. A tipli minták fokozatos, lineáris növekedést mutattak, míg a keksz a két típus között helyezkedett el, egyenletes, de mérsékelt növekedéssel. Ez a tendencia alátámasztja, hogy a faanyag szerkezete és a párlattal való érintkezési felület döntően befolyásolja a polifenolos vegyületek kioldódását.

Az érzékszervi bírálatok során a fogyasztók kedvence a nyers chipsszel érlelt, 1,8g adagolású minta lett. A kekszzel érlelt minták nem arattak nagy sikert, a tiplivel érlelt minták pedig a középmezőnyben mozogtak.

Összességében a vizsgálatok bizonyították, hogy az alternatív faérelési technológiák különösen a fachips alkalmazása képesek a hagyományos fahordós érlelés hatásainak részbeni modellezésére, rövidebb idő alatt és gazdaságosabb módon. A faforma, a pörkölési fok és az

adagolás megfelelő kombinációjával a párlat tulajdonságai célzottan alakíthatók, így a technológia hatékony és modern megoldást jelenthet a párlatok minőségének javítására.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Black, C. A., M. Parker, T. E. Siebert, D. L. Capone, és I. L. Francis. „Terpenoids and Their Role in Wine Flavour: Recent Advances: Terpenoids: Role in Wine Flavour.” *Australian Journal of Grape and Wine Research* 21 (2015. december): 582–600. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12186>.
- Caldeira, I., O. Anjos, V. Portal, A. P. Belchior, és S. Canas. „Sensory and Chemical Modifications of Wine-Brandy Aged with Chestnut and Oak Wood Fragments in Comparison to Wooden Barrels.” *Analytica Chimica Acta* 660, sz. 1–2 (2010): 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.10.059>.
- Caldeira, I., A. P. Belchior, M. C. Climaco, és R. B. de Sousa. „Aroma Profile of Portuguese Brandies Aged in Chestnut and Oak Woods.” *Analytica Chimica Acta* 458, sz. 1 (2002): 55–62. [https://doi.org/10.1016/s0003-2670\(01\)01522-7](https://doi.org/10.1016/s0003-2670(01)01522-7)
- Caldeira, I., A. M. Mateus, és A. P. Belchior. „Flavour and Odour Profile Modifications during the First Five Years of Lourinha Brandy Maturation on Different Wooden Barrels.” *Analytica Chimica Acta* 563, sz. 1–2 (2006): 264–73. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.12.008>.
- Caldeira, I., R. Santos, J. M. Ricardo-da-Silva, O. Anjos, H. Mira, A. Pedro Belchior, és S. Canas. „Kinetics of Odorant Compounds in Wine Brandies Aged in Different Systems.” *Food Chemistry* 211 (2016): 937–46. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.129>.
- Canas, S. „Phenolic Composition and Related Properties of Aged Wine Spirits: Influence of Barrel Characteristics. A Review.” *Beverages* 3, sz. 4 (2017): 55–76. <https://doi.org/10.3390/beverages3040055>.
- Canas, S., I. Caldeira, és A. Pedro Belchior. „Extraction/Oxidation Kinetics of Low Molecular Weight Compounds in Wine Brandy Resulting from Different Ageing Technologies.” *Food Chemistry* 138, sz. 4 (2013): 2460–67. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.018>.
- Canas, Sara, Ilda Caldeira, Ofélia Anjos, és A. Pedro Belchior. „Phenolic Profile and Colour Acquired by the Wine Spirit in the Beginning of Ageing: Alternative Technology Using Micro-Oxygenation vs Traditional Technology.” *LWT* 111 (2019. augusztus): 260–69. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.018>.
- Carpene, Maria, Antia G. Pereira, Miguel A. Prieto, és Jesus Simal-Gandara. „Wine Aging Technology: Fundamental Role of Wood Barrels.” *Foods* 9, sz. 9 (2020. augusztus 23.): 1160. <https://doi.org/10.3390/foods9091160>.
- Carrascon, V., A. Vallverdu-Queralt, E. Meudec, N. Sommerer, P. Fernandez-Zurbano, és V. Ferreira. „The Kinetics of Oxygen and SO₂ Consumption by Red Wines: What Do They Tell about Oxidation Mechanisms and about Changes in Wine Composition?” *Food Chemistry* 241 (2018): 206–14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.090>.
- Cernisev, S. „Analysis of Lignin-Derived Phenolic Compounds and Their Transformations in Aged Wine Distillates.” *Food Control* 73 (2017): 281–90. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.08.015>.
- Conner, J. M., A. Paterson, és J. R. Piggott. „Analysis of Lignin from Oak Casks Used for the Maturation of Scotch Whiskey.” *Journal of the Science of Food and Agriculture* 60, sz. 3 (1992): 349–53. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740600312>.
- Courregelongue, M., S. Shinkaruk, A. Prida, P. Darriet, és A. Pons. „Identification and Distribution of New Impact Aldehydes in Toasted Oak Wood (*Quercus petraea*).” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 70, sz. 37 (2022): 11667–77. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c01828>.
- De Aquino, Francisco Wendel Batista, Sueli Rodrigues, Ronaldo Ferreira Do Nascimento, és Antônio Renato Soares Casimiro. „Simultaneous Determination of Aging Markers in Sugar Cane Spirits.” *Food Chemistry* 98, sz. 3 (2006. január): 569–74. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.034>.

Garde-Cerdan, T., és C. Ancin-Azpilicueta. „Review of Quality Factors on Wine Ageing in Oak Barrels.” *Trends in Food Science & Technology* 17, sz. 8 (2006): 438–47. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.01.008>.

He, Yingxia, Ke Tang, Xiaowei Yu, Shuang Chen, és Yan Xu. „Identification of Compounds Contributing to Trigeminal Pungency of Baijiu by Sensory Evaluation, Quantitative Measurements, Correlation Analysis, and Sensory Verification Testing.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 70, sz. 2 (2022. január 19.): 598–606. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c06875>.

Huang, Zhangjun, Yunhang Zeng, Qingyong Sun, Wenhua Zhang, Songtao Wang, Caihong Shen, és Bi Shi. „Insights into the Mechanism of Flavor Compound Changes in Strong Flavor Baijiu during Storage by Using the Density Functional Theory and Molecular Dynamics Simulation.” *Food Chemistry* 373 (2022. március 30.): 131522. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131522>.

<https://www.trusthungary.hu/hu>

Liebmann, A. J., és B. Scherl. „Changes in Whisky While Maturing.” *Industrial and Engineering Chemistry* 41 (1949): 534–43.

Liu, L., J. Wang, M. J. Levin, N. Sinnott-Armstrong, H. Zhao, Y. Zhao, J. Shao, N. Di, és T. Zhang. „The Origins of Specialized Pottery and Diverse Alcohol Fermentation Techniques in Early Neolithic China.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 116, sz. 26 (2019): 12767–74. <https://doi.org/10.1073/pnas.1902668116>.

Martínez-Gil, Ana, Maria Del Alamo-Sanza, Rosario Sánchez-Gómez, és Ignacio Nevares. „Different Woods in Cooperage for Oenology: A Review.” *Beverages* 4, sz. 4 (2018. november 23.): 94. <https://doi.org/10.3390/beverages4040094>.

McGovern, P. E., J. H. Zhang, J. G. Tang, Z. Q. Zhang, G. R. Hall, R. A. Moreau, A. Nuñez, E. D. Butrym, M. P. Richards, C. S. Wang, G. Cheng, Z. Zhao, és C. S. Wang. „Fermented Beverages of Pre- and Proto-Historic China.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101, sz. 51 (2004): 17593–98. <https://doi.org/10.1073/pnas.0407921102>.

Mosedale, J. R., és J. L. Puech. „Wood Maturation of Distilled Beverages.” *Trends in Food Science & Technology* 9, sz. 3 (1998): 95–101. [https://doi.org/10.1016/s0924-2244\(98\)00024-7](https://doi.org/10.1016/s0924-2244(98)00024-7).

Ortega-Heras, Miriam, M. Luisa González-Sanjosé, és Carlos González-Huerta. „Consideration of the Influence of Aging Process, Type of Wine and Oenological Classic Parameters on the Levels of Wood Volatile Compounds Present in Red Wines.” *Food Chemistry* 103, sz. 4 (2007. január): 1434–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.060>.

Wang, Lulu, Shuang Chen, és Yan Xu. „Distilled Beverage Aging: A Review on Aroma Characteristics, Maturation Mechanisms, and Artificial Aging Techniques.” *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 22, sz. 1 (2023): 502–34. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13080>.

Wisniewska, P., T. Dymerski, W. Wardencki, és J. Namiesnik. „Chemical Composition Analysis and Authentication of Whisky.” *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95, sz. 11 (2015): 2159–66. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6960>.

Xu, M. L., Y. Yu, H. S. Ramaswamy, és S. M. Zhu. „Characterization of Chinese Liquor Aroma Components during Aging Process and Liquor Age Discrimination Using Gas Chromatography Combined with Multivariable Statistics.” *Scientific Reports* 7 (2017): 39671. <https://doi.org/10.1038/srep39671>.

Yang, X. B., Y. S. Zhao, és Y. G. Liu. „Analysis of Mechanism of Liquor Storage in Ceramic Pots.” *Liquor-Making Science & Technology* 3 (2001): 39–40. <https://doi.org/10.13746/j.njkj.2001.03.018>.

Zhu, L., X. Wang, X. Song, F. Zheng, H. Li, F. Chen, Y. Zhang, és F. Zhang. „Evolution of the Key Odorants and Aroma Profiles in Traditional Laowuzeng Baijiu during Its One-Year Ageing.” *Food Chemistry* 310 (2020): 125898. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125898>.

8. ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. ábra: Világ különböző részeiről származó italok íz térképei (Wang et al., 2023)	5
2. ábra: Hordókészítés lépései (Carpena et al., 2020)	8
3. ábra: Betét dongák (Forrás: https://www.trusthungary.hu/hu)	8
4. ábra: Eco-impact dongák (Forrás: https://www.trusthungary.hu/hu).....	9
5. ábra: Hordó betétdongák (Forrás: https://www.trusthungary.hu/hu)	9
6. ábra: Keksz (Forrás: https://www.trusthungary.hu/hu)	9
7. ábra: Tipli (Forrás: https://www.trusthungary.hu/hu)	10
8. ábra: Chips (Forrás: Chipssel érlelt minták észtertartalma (Forrás: www.trusthungary.hu/hu)	10
9. ábra: Ligninből származó vegyületek (Wang et al., 2023)	14
10. ábra: Fa chips (bal oldal), fa keksz (közép) és fa tipli (jobb oldal) (Forrás: https://www.trusthungary.hu/hu)	16
11. ábra: HACH LANGE UV-VIS DR6000 spektrofotométer (Forrás: saját fotó)	17
12. ábra: ATAGO-PAL-1 digitális refraktométer (Forrás: saját fotó).....	20
14. ábra: Tipli minta színváltozása (Forrás: saját mérés).....	22
13. ábra: Chips minta színváltozása (Forrás: saját mérés)	22
15. ábra: Keksz minta színváltozása (Forrás: saját mérés)	23
16. ábra: Chipssel érlelt minták, összes fenol tartalmának változása az idő függvényében (Forrás: saját mérés).....	24
17. ábra: Tiplivel érlelt minták, összes fenol tartalmának változása az idő függvényében (Forrás: saját mérés).....	25
18. ábra: Keksszel érlelt minták, összes polifenol tartalmának változása az idő függvényében (Forrás: saját mérés).....	25
19. ábra: Chipssel és tiplivel érlelt minták összes fenoltartalmának alakulása az idő függvényében, azonos adagolás mellett. (Forrás: saját mérés).....	27
20. ábra: Chipssel és tiplivel érlelt minták összes fenoltartalmának alakulása az idő függvényében, azonos adagolás mellett. (Forrás: saját mérés)	27
21. ábra: Minták oldható szárazanyagtartalom változása az idő függvényében (Forrás: saját mérés).....	29
22. ábra: Chipssel érlelt minták észtertartalma (Forrás: saját mérések)	30
23. ábra: Tiplivel érlelt minták észtertartalma (Forrás: saját mérések)	30
24. ábra: Keksszel érlelt minták észtertartalma (Forrás: saját mérések).....	31
25. ábra: Összes gázkromatográffal detektált vegyület, etanol nélkül (Forrás: saját mérés) ..	32
26. ábra: Összes gázkromatográffal detektált alkohol, etanol nélkül (Forrás: saját mérés)....	33
27. ábra: Összes gázkromatográffal detektált észter (Forrás: saját mérés).....	33
28. ábra: Összes gázkromatográffal detektált észter, etil-acetát és etil-dekanoát nélkül (Forrás: saját mérés).....	34
29. ábra: Fogyasztók preferenciája faformák szerint, nyers (bal oldal) illetve medium pörkölésű (jobb oldal) fával.	35

30. ábra: Fogyasztók preferenciája chips nyers (jobb oldal) és chips medium (bal oldal) mintákkal, adagolás szerint.....	36
31. ábra: Fogyasztók preferenciája tipli nyers (jobb oldal) és tipli medium (bal oldal) mintákkal, adagolás szerint.....	37
32. ábra: Fogyasztók preferenciája keksz nyers (jobb oldal) és keksz medium (bal oldal) mintákkal, adagolás szerint.....	38
33. ábra: Fogyasztói preferenciák, a fa pörköltisége szerint, chips (bal oldal), tipli (közép) és keksz (jobb oldal) esetében.....	38
34. ábra: Íz, illat, megjelenés és harmónia, az érzékszervi bírálat átlagolt adatai alapján	39
 1. táblázat: Gyártó által ajánlott és alkalmazott adagolási mennyiségek, 400ml mintára átszámolva.....	17

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek Dr. Kun Szilárdnak a fáradhatatlan segítségéért, bizalmáért, azért, hogy olyan témával foglalkozhattam, ami érdekelt. Hálával tartozom a Biomérnöki és erjedéssipari technológiai tanszék valamennyi munkatársának, akik hozzájárultak ahhoz, hogy a szakdolgozatom elkészülhessen.

Végül, de nem utolsó sorban köszönet illeti a családomat, barátnőmet és barátaimat, akik támogattak és bíztattak egyetemi tanulmányaim során.

10. MELLÉKLETEK

1. számú melléklet: Érzékszervi vizsgálat bírálati lapja

Jelölje meg X-szel, hogy melyik a kettő közül a jobb.

Faszegmensek	Pörkölési típusok	
	Nyers	Medium
Chips – 1 és 3		
Tipli – 5 és 7		
Keksz – 9 és 10		

Jelölje meg X-szel, hogy melyik a kettő közül a jobb.

Faszegmensek és pörkölés	Mennyiségek	
	Szimpla	Dupla
Chips nyers – 1 és 2		
Chips medium – 3 és 4		
Tipli nyers – 5 és 6		
Tipli medium – 7 és 8		
Keksz nyers – 9 és 11		
Keksz medium – 10 és 12		

Összehasonlító vizsgálatok:

Faszegmensek fajtája	Jelölje meg X-szel melyik teszlik jobban.
Chips nyers - 1	
Tipli nyers - 5	
Keksz nyers - 9	

Faszegmensek fajtája	Jelölje meg X-szel melyik teszlik jobban.
Chips medium - 3	
Tipli medium - 7	
Keksz medium - 10	

Érlelt párlatok

A vizsgált mintákat helyezze el az adott skálán a tulajdonságok kifejeződésének mértéke alapján.

Illatintenzitás



Ízintenzitás



Megjelenés



Harmónia



Kérem, nevezze meg az első három legjobbat:

11. NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Osztrider Áron
A Hallgató Neptun kódja:	ZRAHF1
A dolgozat címe:	Pálinka fahordós érlelésének modellezése különböző formájú faszegmensekkel
A megjelenés éve:	2025.
A konzulens intézetének neve:	Élelmiszertudományi- és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Biomérnök és Erjedéssipari Technológia Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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

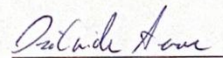
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési 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: Budapest, 2025. november 07.


Hallgató aláírása

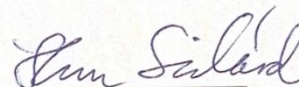
NYILATKOZAT

Osztrider Áron (hallgató Neptun azonosítója: ZRAHF1) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Budapest, 2025. november 07.



Dr. Kun Szilárd
belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Osztrider Áron
Neptun-kódja:	ZRAHF1
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:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	Pálinka fahordós érlelésének modellezése különböző formájú faszegmensekkel

* 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, nyelvi korrektúra.	ChatGPT 5.0	Elsősorban a szakirodalmi áttekintés.

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:

.....

.....

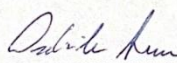
.....

.....

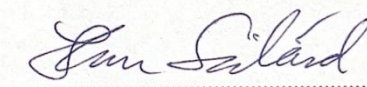
4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

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. november 07.



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása