

SZAKDOLGOZAT

Mincsics Attila

2023.



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Élelmiszermérnök alapképzési szak

**EGYSZERESEN ÉS TÖBBSZÖRÖSEN HIDEGKOMLÓZOTT SÖRÖK
ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE**

Belső konzulens: Dr. Kun-Farkas Gabriella
egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet
Biomérnök és Erjedésipari
Technológia Tanszék

Készítette: Mincsics Attila

Budapest

2023.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés és célkitűzés	3
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1. Hidegkomlózott sörök típusainak bemutatása	5
2.1.1. Lager.....	6
2.1.2. Hoplager	6
2.1.3. India Pale Ale (IPA).....	7
2.1.4. New England IPA (NEIPA)	8
2.1.5. American Pale Ale (APA)	8
2.2. Sörgyártásban használt élesztők	9
2.2.1. Alsó- és felsőerjesztésű sörélesztők összehasonlítása.....	9
2.2.2. Kveik élesztő jellemzése	11
2.3. Hidegkomlózás	12
2.3.1. Hidegkomlózási technológiák	14
2.3.2. A sörmintáknál használt komlófajták bemutatása	17
3. Anyagok és módszerek.....	20
3.1. Sörminták bemutatása.....	20
3.2. Alkalmazott módszerek	21
3.2.1. Alkohol- és extrakttartalom meghatározása	21
3.2.2. Színmérés	22
3.2.3. pH mérés	23
3.2.4. Keserűérték meghatározása	23
3.2.5. Összes polifenol tartalom meghatározása	24
3.2.6. Illóanyagok és aromakomponensek meghatározása gázkromatográffal	24
4. Eredmények és értékelésük	26
4.1. Alkoholtartalom jellemzése	26

4.2.	Extrakt tartalom jellemzése	27
4.3.	Szín	28
4.4.	pH	29
4.5.	Keserűérték	30
4.6.	Összes polifenol tartalom	31
4.7.	Illóanyagok és aromakomponensek.....	33
5.	Következtetés.....	35
6.	Összefoglalás.....	37
	Irodalomjegyzék.....	38
	Táblázatok és ábrák jegyzéke	43

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A sörkészítés már évszázadok óta képezi szerves részét a társadalmunknak és kultúránknak. A Központi Statisztikai Hivatal (KSH, 2021) adatai szerint a sör az egyik legnépszerűbb alkoholos ital Magyarországon.

Az évek alatt sokat fejlődött a sörfőzés és a számos különféle készítési eljárás és alapanyagok által új sörstílusok jelentek meg. Az egyik ilyen újítás a hidegkomlózás. Az eljárás során, ahogy a neve is mutatja a komló (főleg aroma komló) a hideg sörlébe (sörbe) kerül. Ennek köszönhetően a komlóban található komponensek meg tudnak maradni a termékben. Tehát ez a módszer egy hideg extrakciós eljárás. (Gomes et al., 2021)

A hidegkomlózás nagyon népszerűvé vált a kis-és nagy üzemek körében is. Egyre több sörstílusnál próbálják ki és alkalmazzák. Célja, hogy kiegészítse és gazdagítsa az adott sörstílus íz-és aromaprofilját. Ezt úgy teszi, hogy közben megtartja az alap sörstílus jellegzetességeit. Fontos, hogy a hidegkomlózásnak harmonizálnia kell az eredeti sörstílussal és ne változtassa meg teljes mértékben.

A szakdolgozatban hét különböző Magyarországon gyártott hidegkomlózott sört vizsgáltam meg. A minták között található egyszeresen és többszörösen hidegkomlózott Lager, India Pale Ale (IPA), American Pale Ale (APA), New England IPA (NEIPA) és egy kveik élesztővel készült New England IPA (NEIPA) is.

A kveik a *Saccharomyces* élesztők olyan típusa, amely nagyban különbözik a többi törzstől. (Habschied et al., 2022)

A vizsgálataim során a következő paramétereket mértem meg: eredeti-extrakt- és alkohol tartalom, szín, pH, keserű érték, összes polifenol tartalom. Gázkromatográfiás vizsgálattal néhány élesztő által termelt aroma komponenst határoztam meg.

Láthatjuk, hogy a hidegkomlózást számos sörstílusnál alkalmazzák, ezért fontosnak tartottam megismerkedni és a szakirodalomban feldolgozni az általam vizsgált sör típusokat. Mivel a vizsgált sörök elkészítéséhez különböző sörélesztőket használtak, ezért megismerkedtem az Ale, Lager és Kveik sörélesztők jellegzetességeivel. A szakirodalmi áttekintés utolsó fejezetében a hidegkomlózási technológiákkal ismerkedtem meg, valamint ismertettem a hidegkomlózáshoz használt kedvelt komlófajtákat.

Céлом volt összehasonlítani és átfogó képet kapni a Magyarországon gyártott különböző hidegkomlózott sörökről. Kíváncsi voltam, hogy a vizsgált hidegkomlózott sörök megfelelnek-

e az eredeti sörstílusnak. Megvizsgáltam, hogy a sörminták megfelelnek-e a hatósági szabályozásnak és az élelmiszerkönyvi előírásnak. Végül összehasonlítottam az aromavizsgálat eredményeit egymással és az irodalomban található eredményekkel. Érdekelt, hogy van-e eltérés a kveik élesztővel készült sörnél. Megvizsgáltam, hogy vannak-e kiugró értékek, amelyek ízhibát okozhatnak a sörben.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Hidegkomlózott sörök típusainak bemutatása

Ma már szinte minden sörstílusnál kipróbálták a hidegkomlózást. Annak függvényében, hogy hányszor adnak komlót a sörhöz a nevük is mutatja. A Dry hopped (DH) egyszeresen hidegkomlózott sör. A Double Dry Hopped (DDH) – duplán hideg komlózott sör. A Triple Dry Hopped (TDH) – triplán hidegkomlózott sör. Létezik négyszeresen hidegkomlózott sör a Quadruple Dry Hopped (QDH), de ez ritka. (Hauser et al., 2019) (www.drinkcaskfresh.co.uk/brewers-log/cask-beer-glossary)

A Beer Judge Certification Program (BJCP) szerint a hidegkomlózott sör azt jelenti, hogy a komlót a forralás után adják a sörhöz. Ennek hatására friss és élénk komlóaroma képződik. Ezáltal anélkül érhetünk el komlós ízvilágot, hogy jelentősen növelnénk a keserűségét. A hidegkomlózott söröknél viszont ízhibának számít a túlzott növényi, füves aroma, oxidált jelleg. (Beer Judge Certification Program www.bjcp.org)

A hidegkomlózást számos sör típusnál alkalmazhatják, ebben a fejezetben viszont, csak azokat a sör típusokat kívánom bemutatni, amelyek vizsgálati minták között voltak.

Az 1. táblázatban látható a vizsgált sörstílusok alap paramétereinek a jellemző értékei.

1. táblázat: A vizsgált sör típusok jellemző paraméterei

(Forrás: BJCP Style Guidelines (2021) és BA Beer style Guidelines (2023) nyomán)

	International Lager	Hoplager/India Pale Lager (IPL)	India Pale Ale (IPA)	New England Ipa (NEIPA)	Amerivan Pale Ale (APA)
Alkohol tartalom (%V/V)	4,6-6	5,6-7,0	5,5-7,5	6-9	4,5-6,2
Szín (EBC)	3,9-11,6	6-10	11,6-27,6	5,9-13,8	9,9-19,7
Keserű (IBU)	18-25	30-70	40-70	25-60	30-50
Eredeti extrakt (%m/m)	10,0-12,5	12,4-15,9	13,8-17,1	14,5-20,5	11,2-14,7

2.1.1. Lager

A lager egy alsóerjesztésű sör. 2. táblázatban látható, hogy különböző lager sör kategóriák léteznek. Az általam vizsgált lager a Beer Judge Certification Program (BJCP) szerint a nemzetközi világos lager-ek (International Lager) közé tartozik. Általános jellemzője a kiegyensúlyozottság, az erőteljes ízek hiánya. Általában erősen szénsavas. Színe sárga vagy aranyszínű. Habja fehér és tiszta, de nem minden esetben tartós. Ízére jellemző az alacsony vagy közepes gabonás malátás íz, amely mellett a komló íze és keserősége összhangban van vele. Egyes lagereknél az enyhe kukoricás-édeskés íz a Dimetil-szulfid (DMS), megléte nem jelent ízhibát. Leginkább árpamalátát használnak a sör elkészítéséhez. Pótanyagot is használhatnak, mint pl. a rizs, kukorica, malátázatlan gabonák. (BJCP Style Guidelines, 2021 www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines)

2. táblázat: Különböző lager sörök BJCP által meghatározott kategóriái
(Forrás: saját szerkesztés (BJCP Style Guidelines, 2021) nyomán)

Standard Amerikai Sör (Standard American Beer)	<u>Nemzetközi Lager (International Lager)</u>	Cseh Lager (Czech Lager)	Európai Világos Malátás Lager (Pale Malt European Lager)	Európai Világos Keserű Lagersörök (Pale Bitter European Beer)	Félbarna Malátás Európai Lager (Amber malt European Lager)	Félbarna Keserű Európai Lager (Amber Bitter European Beer)	Sötét Európai sör (Dark European Beer)
--	---	--------------------------	--	---	--	--	--

2.1.2. Hoplager

A hoplager kifejezés nem található meg nemzetközi szinten. Magyarországon a Fóti Kézműves Sörfőzdében gyártott Keserű Méz nevű sört nevezték így. Jellemzője, hogy egy alsóerjesztésű sör, amiben dominál a malátás ale szerű édesség és a határozott komlósság is. A termék hatására más gyártók is elkezdtek hasonló karakterű söröket gyártani. Hoplager-nek olyan söröket neveznek, amelyek alsóerjesztéssel készülnek és hidegkomlózáson esnek át. Leginkább amerikai és ausztrál aroma komlókat használnak erre a célra, amelyek a citrusos irányt követik. (Hoplager, a Komlós Keserű Közép-Európai — Élesztőház). A hoplager sör típus megjelenik a Borsodi Sörgyár portfóliójában „Hoppy” márkaneven (Hoppy, 2023 <https://borsodi.hu/a-mi-sorunk/hoppy>), valamint a Heineken Hungária Sörgyárak Óvatos Duhaj családjában.

(Termékeink - HEINEKEN Hungaria Zrt., 2023 www.heinekenhungaria.hu/markak/termekeink)

Ha a nemzetközi szinten nézzük akkor nagyon hasonlít az India Pale Lager (IPL) típusra, amely egyszerűbb India Pale Ale (IPA) féle lager-t jelent. Brewers Association (BA) szerint a sör színe a világos sárgától az arany színig terjed. Ízére jellemző az alacsony vagy közepes gabonás, malátáz íz. A komló íze és keserősége közepes-magas intenzitású. Az erjedésből adódó gyümölcsös érzetek mennyisége alacsony. Dimetil-szulfid (DMS), acetaldehid és diacetil nem érezhető ki a sörből. A sör készülhet pótanyagokkal is mint a nemzetközi lager esetében.

(Brewers Association 2023 Beer Style Guidelines, 2023.

[https://cdn.brewersassociation.org/wp-](https://cdn.brewersassociation.org/wp-content/uploads/2023/07/10124402/2023_BA_Beer_Style_Guidelines-updated.pdf)

[content/uploads/2023/07/10124402/2023_BA_Beer_Style_Guidelines-updated.pdf\)](https://cdn.brewersassociation.org/wp-content/uploads/2023/07/10124402/2023_BA_Beer_Style_Guidelines-updated.pdf)

2.1.3. India Pale Ale (IPA)

Az India Pale Ale, röviden csak IPA története egészen a 18. század végére nyúlik vissza. A brit sörfőzők kísérleteztek azzal, hogy hogyan tudnák megőrizni a sör minőségét a hosszú úton amíg el nem jut az indai gyarmatokra. A hagyományos angol sörök hamar vesztek a minőségükből a nagy távolság és az indiai klíma miatt. Egy londoni sörfőző George Hodgson volt az, aki elkészítette az első IPA-t. A fennálló problémát magasabb alkohol- és komló tartalommal orvosolta. Az új típusú sör hamar elterjedt és népszerűvé vált az indiai piacon. Később visszakerült Angliában és a különféle receptúrák által az egész Brit Birodalomban elterjedt. Az 1970-es években az amerikai kézműves sörfőzők újra felfedezték ezt a stílust. Mára rengeteg változata ismeretes és a világon az egyik legnépszerűbb sörstílusává vált. (Pryor, 2013)

Az általam vizsgált IPA söröket a Beer Judge Certification Program (BJCP) az amerikai IPA kategóriába sorolja, ami egy felsőerjesztésű sör. Határozott komlósság és keserőség jellemzi. Mérsékelt erős sör. A színe a közepes aranytól a világos vöröses-sárgáig terjed. Lehet szűrt és szűretlen formában is. Közepes méretű tartós habbal rendelkezik. A komló íze a sörben a közepestől a nagyon erősig terjedhet. Leginkább az amerikai és az újvilági komlók dominálnak. A következő komló karakter jellemzi: citrusos, gyümölcsös, fenyős, gyantás, fűszeres, trópusi gyümölcsös, bogyós stb. A keserőség is a közepestől a nagyon erősig terjed. A maláta íze alacsony vagy közepes intenzitású. A tiszta maláta íze mellett megjelenhet az enyhe karamelles, pirított jelleg is. Az élesztőből származó gyümölcsös aromák is megjelenhetnek. Az erősebb söröknél még az alkoholos íz is érezhető. (BJCP Style Guidelines, 2021 www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines)

2.1.4. New England IPA (NEIPA)

A New England IPA (NEIPA) John Kimmich által készült el 2003-ban az Egyesült Államok Vermont államában. A terméket Heady Topper néven hozta forgalomba. A sörstípus eredeti neve is az államra utal: Vermont India Pale Ale. Hamar népszerűvé vált ezt a sörstílus és elterjedt más kézműves főzdéknél is. Jellegzetessége a nagy mennyiségű komló használata, amely által intenzív aromával rendelkezik mellőzve a keserűséget. Ezt főleg hidegkomlózás által tudják elérni. Az alapanyagokon túl használnak zabot és búzát a magas fehérjetartalmuk miatt, ami hozzájárul a sör ködösségéhez, selymességéhez. (Maye & Smith, 2018)

A New England IPA a Beer Judge Certification Program (BJCP) szerint a speciális amerikai ipa közé tartozik. Íze és illata erősen gyümölcsös jelleget mutat. Selymes szájérzetet ad. Szűretlen, gyakran opálos és zavarossággal rendelkezik. A fent bemutatott hagyományos IPA-val szemben kevésbé jellemző a keserűség, de a komlósság ugyanúgy erőteljes. Különösen az újvilági komlókkal történő hidegkomlózás okozza a gyümölcsös jelleget. A sör leggyakoribb illatjegyei a kajsziarack, trópusi gyümölcsök és a citrusfélék. Kevésbé jellemző rá a fűszeresség. Nem jellemző erre a sörstípusra a karamell, pirított jelleg és az alkohol erőssége sem, mint a klasszikus IPA-nál. Az erjedési gyümölcsös karakter támogatja a komló gyümölcsösségét.

A vizsgált minták között egy úgynevezett Session New England IPA is található. A session azt jelenti, hogy egy gyengébb sörrel van szó. Az IPA söröket három kategóriába sorolják az erősségük szerint:

1. Session – Alkohol %V/V: 3,0-5,0
2. Standard - Alkohol %V/V: 5,0-7,5
3. Double - Alkohol %V/V: 7,5-10,0

A session sörnek utánoznia kell azt a sörstílust amire épül. Alacsonyabb extrakt- és alkoholtartalommal rendelkeznek, mint az eredeti sörök. Általában ezeknek a söröknek az alkoholtartalma 4 %V/V. Ezzel arányosan kell csökkenteni a maláta és a komló illatát és aromáját, hogy megmaradjon a sörre jellemző egyensúly. (*BJCP Style Guidelines, 2021* www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines)

2.1.5. American Pale Ale (APA)

Az American Pale Ale (APA) az angol Pale Ale sörök mintájára készült el, amelyek megfeleltek az amerikai ízlésnek. Egyedi karaktere és ízprofilja van, ami leginkább az amerikai komlóknak köszönhető. Az American Pale Ale (APA) egy világos, frissítően komlós felsőerjesztésű sör. Színe a világos aranytól a világos borostyánig terjedhet. Habja tartós, fehér vagy világossárga.

A hidegkomlózott fajták opálosak lehetnek. Illatára és ízére a közepes és erős komló aroma a jellemző. Az újvilági komlók citrusos, virágos, fenyős, gyantás, fűszeres, trópusi gyümölcsös jelleget adnak a sörnek. A hidegkomlózás felerősíti a fűszeres jegyeket, figyelni kell viszont, hogy nem lehet nagyon erős. Alacsony vagy közepes malátás jelleggel rendelkeznek. Speciális malátás jelleget is hordozhat, de nem nyomhatja el a komló aromáját. Könnyű és közepes testesség jellemzi. (BJCP Style Guidelines, 2021 www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines)

2.2. Sörgyártásban használt élesztők

Az élesztő az egyik fő összetevője a sörnek. A sörélesztő különféle típusai eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek. Az élesztők sokféle melléktermékei más és más aromákkal látják el a készterméket.

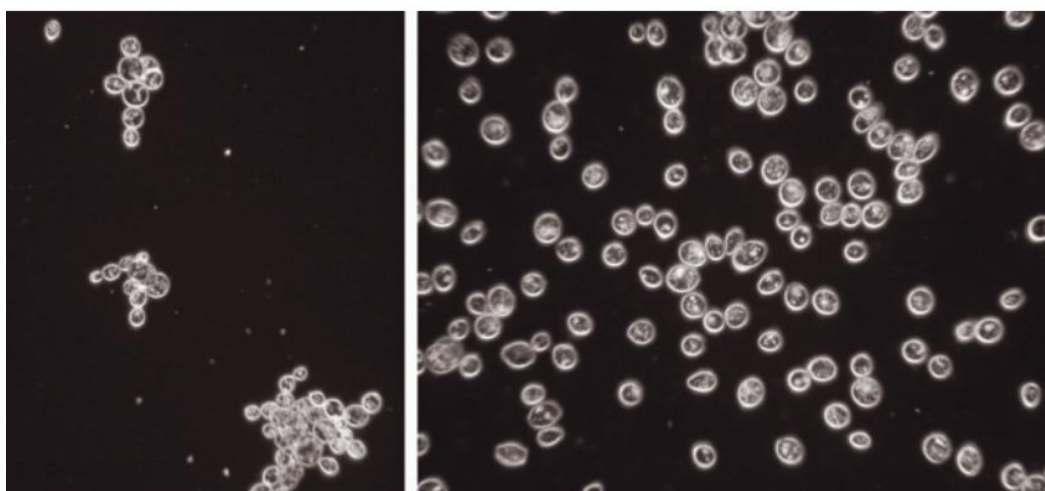
A sörgyártásban használt élesztők a *Saccharomycetae* élesztőgombafélék családjába tartozik. Ezek egysejtű sarjadzó élesztők. A családba sok nemzetség található. Az általunk vizsgált *Saccharomyces* nemzetséget három csoportra osztották:

1. *Saccharomyces sensu stricto*
2. *Saccharomyces sensu lato*
3. *Saccharomyces kluyveri*

Az élelmiszeriparban sok *Saccharomyces sensu stricto* nemzetségbe tartozó fajt használnak: *S. cerevisiae*, *S. bayanus*, *S. pastorianus*. A *S. cerevisiae* faj felel a felsőerjesztésű és búza sörök készítéséért. Ezen kívül bor és kenyér gyártásnál is használatos. Az alsó erjesztésű söröket viszont az *S. pastorianus* (*S. carlsbergensis*) segítségével készítik el. A vizsgálatok úgy tartják, hogy a *S. pastorianus* egy hibridizációs folyamatként jöhetett létre, amelyben egy *S. cerevisiae* és egy *S. eubayanus* vett részt. (Lodolo et al., 2008)

2.2.1. Alsó- és felsőerjesztésű sörélesztők összehasonlítása

A sörélesztőket két nagy csoportba osztják, az alapján, hogy az erjedés végén az erjesztőtartály alján vagy a folyadék felszínén gyűlnek össze az élesztősejtek. Alsóerjesztésű másnéven lager és felsőerjesztésű másnéven ale élesztők. Ahogy említésre került a hibrid *S. pastorianus* fajhoz tartoznak az alsóerjesztésű élesztők és az *S. cerevisiae* fajhoz pedig a felsőerjesztésű élesztők. Az 1. ábrán látható a lager és a felsőerjesztésű élesztők mikroszkópos képe. A 3. táblázatban az Ale és Lager törzsek kerültek összehasonlításra



1. ábra: Alsóerjesztésű-(balra) és felsőerjesztésű élesztő (jobbra) mikroszkópos felvétele (640x nagyítás)

(Forrás: Eßlinger, 2009)

3. táblázat: Ale és lager törzsek összehasonlítása

(Forrás: saját szerkesztés Petruzzi et al., (2015) és Stewart, (2017) nyomán)

	Lager törzsek	Ale törzsek
Fajok	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Ale típus)	<i>Saccharomyces carlsbergensis</i>
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (ale és szeszélesztő)	<i>Saccharomyces uvarum</i> (<i>carlsbergensis</i>)
		<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (lager típus)
		<i>Saccharomyces pastorianus</i> (jelenlegi taxonómiai elnevezés)
Fermentáció módja	Alsó	Felső
Flokkuláció	Jó	Hiányzik vagy rossz
Fermentáció hőmérséklete	4-15 °C	20-25 °C
Maximum növekedési hőmérséklet	34 °C	37 °C vagy magasabb
Maltotrióz hasznosítása	Teljes	Kevésbé hatékony
Melibióz hasznosítása	Igen	Nem
Illékony kénvegyületek	Jelentős	Kisebb mértékben
Fruktóz transzport	Aktív proton szimport	Facilitált diffúzió
Sporuláció	Gyenge	Jó
Életképesség csökkenése szárítás során	Jelentős	Elhanyagolható
Kén-dioxid termelés	Magas	Alacsony
α-acetolaktát termelés	Magas	Alacsony

A lager élesztőkre jellemző, hogy egy letisztult ízvilágú sört hoznak létre. Alacsony hőmérsékleten történik az erjesztés (8-14 °C). A fermentáció végén történik az élesztősejtek flokkulációja, amely a tartály alján gyűlik össze, innen is kapta a nevét. Genetikailag elég nagy stabilitást mutat.

A felsőerjesztésű sörök viszont genetikailag igen változatosak. Sokkal több aromát hoznak létre, amelyből gyümölcsös ízeket is érezhetünk. Az erjesztés magasabb hőmérsékleten zajlik (18-24 °C). A felsőerjesztésű élesztők ahogy a neve is mutatja a sörlé felszínére kerülnek a laza szerkezetüknek köszönhetően, amelyet a keletkező széndioxid a felszínre hozza.

A lager törzsek elérő kén anyagcserével rendelkeznek, így több kén-dioxidot termelnek. Másik fontos különbség, hogy a lager törzseket magasabb α -acetolaktát termelés jellemzi. A keletkezett vegyület által több diacetil keletkezik az erjesztés alatt.

(Boulton & Quain, 2001; Smart, 2003; Stewart, 2017)

Az élesztők által termelt néhány aromakomponens jellemző adatai a 4. táblázatban látható.

4. táblázat: Az élesztő által termelt néhány aroma és illó komponensek
(Forrás: Saját szerkesztés Barnes, (2013.) nyomán)

	Koncentrációja a sörben	Érzékelési küszöb	Íz jellemzése
Acetaldehid (mg/l)	2-15	5-20	Zöldalmás, festékes
DMS (µg/l)	10-150	25-50	Csemegekukorica,
Etil-acetát (mg/l)	5-30	25-30	Gyümölcsös, oldószeres
Etil hexanoát (mg/l)	0,07-0,5	0,15-0,25	Ánizsos, almás
Etil-oktanoát (mg/l)	n.a	0,01-1,5	Virágos, gyümölcsös
I-amilacetát (mg/l)	0,8-6,6	0,6-4,0	Banán
Vicinális diketonok (VDK) (µg/l)	1-50 (+100)	20-40	Vajas, vajkaramellás

2.2.2. Kveik élesztő jellemzése

A kveik az egyik norvég dialektus szerint élesztőt jelent. Lényegében kveik-nek neveznek minden olyan élesztőt, amit a hagyományos skandináv sörfőzésben használnak. (*Kveik Yeast - Colorado Brewers Guild*, 2021)

A kveik a *Saccharomyces* élesztők olyan típusa, amely nagyban különbözik a többi törzstől. Genetikailag eltér a „házasított” *Saccharomyces cerevisiae* élesztőtől. Norvégiában használják évszázadok óta Farmhouse stílusú sörökhöz. Az élesztőt a norvég családok generációról

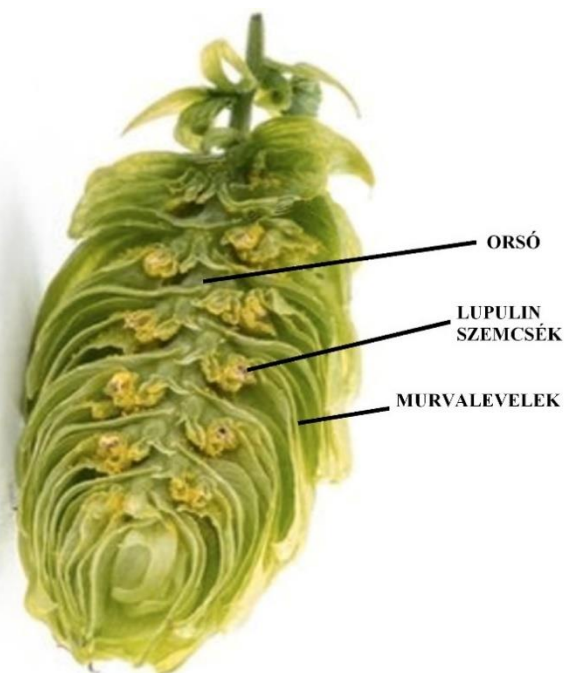
generációra adták át. Az utóbbi időben a kézműves sörfőzdek felfigyeltek erre a különleges élesztőre. Különlegessége abban rejlik, hogy magas hőmérsékleten képes erjedni, akár 40 °C-on. Másik tulajdonsága, hogy egyedi ízprofillal rendelkezik. Összetett ízeket, aromákat hoz létre a sörben. Gyümölcsös, fűszeres íz jellemzi mivel sokféle alkoholt és észtert hoz létre. A kveik élesztőnek nagyfokú pelyhesedési és magas erjedési képessége van. Az erjedési idő is rövid. Magas a hőmérséklet ellenállása és alkoholtoleranciája. Szárított formában hosszú ideig eltartható. Jól hasznosítja a maltózt és maltotriózt. Nem termel fenolos komponenseket.

Az irodalmi adatok alapján a kveik élesztővel készült sör nagyon hasonlít a *S. pastorianus*-al készült lager sörhöz. Viszont a lager élesztő érzékeny a hőmérsékletre, szükséges a diacetil pihentetés, fermentáció hosszabb idejű és hosszabb utóerjesztés is szükséges. Ezzel szemben a kveik élesztő fermentációs és érlelési ideje sokkal rövidebb, valamint diacetil pihentetésre sincs szükség. (Habschied et al., 2022; Kawa-Rygielska et al., 2021; Preiss et al., 2018)

A kveik élesztő nagy mennyiségben termel etil-kaproát (ananászos, trópusi aroma), etil-kaprilát (almás aroma) és etil-dekanoát (almás aroma) aroma vegyületeket. (Kveik Yeast - Colorado Brewers Guild, 2021)

2.3. Hidegkomlózás

A komló az egyik fő összetevője a sörnek a víz, maláta és élesztő mellett. A komló (*Humulus Lupulus*), meg nem termékenyített nőivarú virágzatát használják fel. Másnéven toboznak hívják, mivel nagyon hasonlít rá. Ahogy a 2. ábrán is látszik maga a „toboz” murvalevelekből áll, amely a fellelél egyik típusa. Az orsóból erednek a fellevelek. A murvalevek belső oldalán található a lupulin szemcsék, amelyek nagy mennyiségű komlóolajat és gyantákat tartalmaznak. A murvalevek is tartalmaznak gyantákat és komlóolajokat de a lupulinszemcsék a fő forrásai. A murvalevek még tannint és polifenolokat is tartalmaznak. (Stewart et al., 2017)



2. ábra: Komló (*Humulus Lupulus*) felépítése
(*Forrás:* Young et al., 2023)

A 21. században növekedett a komlós sörök népszerűsége a fogyasztók körében. Ebben nagy szerepe volt a kraft sörfőzdeknek.

Jelenleg több száz komlófajtát ismerünk. Mindegyik komlófajta egyedi arányokban tartalmaz komlóolajokat, cseranyagokat és keserűanyagot. A komló beltartalmi értékei alapján megkülönböztetünk keserű-, aroma- és kevert típusú komlókat. A keserű komlónál nagy az α -sav tartalma (7-18%), az aromakomlónál alacsony az α -sav tartalom (3-5%) de sok komlóolajat tartalmaz. Egyre nagyobb mennyiségben termesztene és használnak fel aromakomló fajtákat. Az illóolajok illékonyasága miatt, hogy növelni tudják a sör aromáját a komlóforralás végén vagy az örvénykádban adják hozzá a komlót. Ezt a folyamatot késői komlózásnak nevezik. Másik módszer a hidegkomlózás, amikor a fermentációnál, az érési folyamatnál vagy az elkészült sörhöz adják hozzá a komlót.

A hidegkomlózás egy hideg extrakciót jelent. Az illó és a nem illékony anyagok is oldódnak az alkoholban. Ezt a technikát arra alkalmazzák a sörfőzők, hogy növeljék az aromát és a sör ízét. Legtöbbször pellett formában adják a sörhöz. Tobozokat is használhatnak erre a célra, de nem túl hatékony, mivel kicsi az érintkezési felülete. A hidegkomlózásnál többféle tényezőt kell figyelembe venni. Számít a komló mennyisége, és a komlózás gyakorisága, ami lehet egyszeres és többszörös. Fontos figyelembe venni a behatási időt, a hőmérsékletet és hogy statikus vagy dinamikus módszert használunk. A komlófajta karaktere is nagy hatással van a késztermékre.

A klasszikus hidegkomlózás egyik problémája, hogy nem túl hatékony módszer, mivel a komló szárazanyagtartalmának közel kétharmada megy kárba. Ezért fontos az új módszerek és technológiák ismerete, illetve használata. (Gomes et al., 2021)

2.3.1. Hidegkomlózási technológiák

A hidegkomlózás jelenleg népszerű és elterjedt módszer, mivel így nagyobb mennyiségű aromás vegyülettel tudjuk ellátni a sört. Két fő módszere van: a klasszikus statikus és a modernebb dinamikus módszer, ami az 5. táblázatban látható. A komló adagolása különböző technológiai fázisokban történhet: főerjedés, utóerjedés és a kész sör.

5. táblázat: Hidegkomlózási módszerek összehasonlítása
(Forrás: Jelínek et al., 2018)

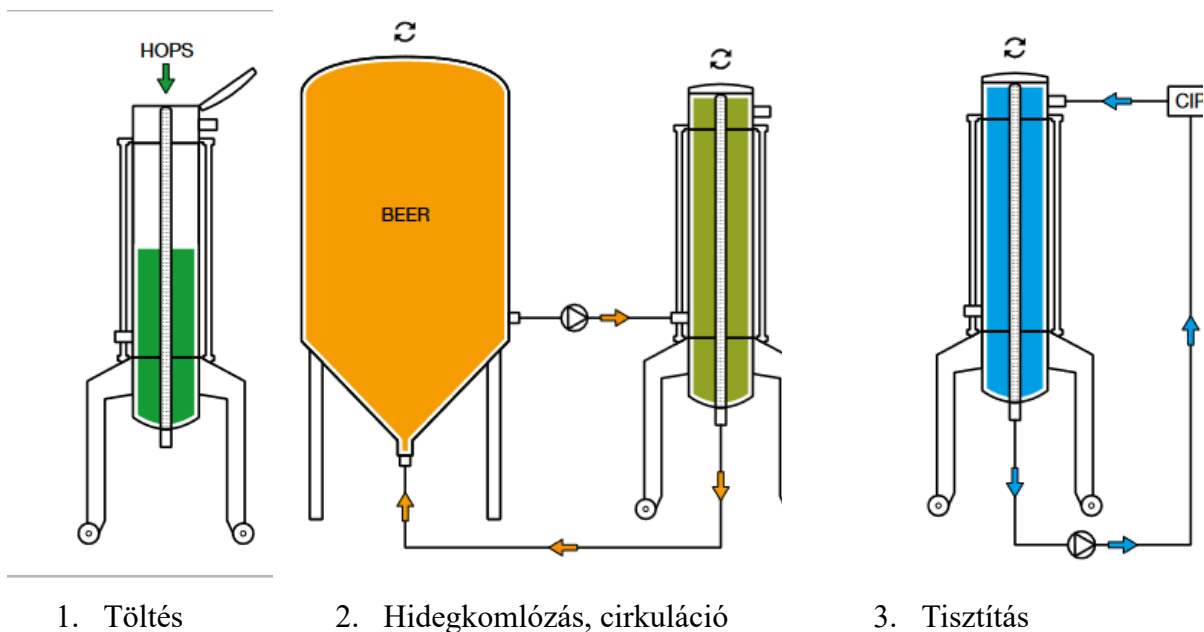
	Statikus módszer	Dinamikus módszer
Az illóolajok bejutása a sörbe	Macerálás	Dinamikus extrakció
Alkalmazása a technológiai fázisban	Erjesztés, utóerjesztés, a kész sör	Utóerjesztés, a kész sör
Behatási idő a komlóval	Napoktól hónapokig	Percektől órákig
Technológiai nehézség	Egyszerű	Bonyolult
Beszerzési költség	Alacsony	Magas
Eszközök/berendezések	Komlózsák	Komló extraktor

A statikus módszer lényege, hogy komlót közvetlenül adagolnak az erjesztőtartályba. Ezt a módszert ritkán használják kész sör esetében. A komlóadagolásnál figyelmet kell arra fordítani, hogy ne kerüljön oxigén a rendszerbe, mivel az illóolajok oxidációjához vezethet és más problémát is okozhat az erjedés során. A komlót gyakran zsákba vagy hálóban helyezik el. Szabadon a komlót már csak ritkán adják az erjedő sörhöz, mivel a leülepedett komló részecskék műszaki problémát okozhat. Emellett az élesztőhöz tapadva nehezítik annak regenerálását. A statikus módszernél nagyon nehéz szabályozni az aromakomponensek kioldódását. Az erjesztési fázisban történő hidegkomlózás előnye, hogy ilyenkor minimális az oxigénkoncentráció a tartályban. Az illóolajok beoldódása viszont nem hatékony. Ennek oka a nagy élesztőmennyiség és annak intenzív anyagcseréje. A keletkező szén-dioxid magával ragadja az aromakomponenseket és távozik a sörből. Az élesztő felületére is kötődhetnek ezek a komponensek, amelyek később nem lesznek jelen a sörben. Ennek elkerülése érdekében az utóerjedési fázist kezdték el használni. Ebben a fázisban alacsonyabb az élesztő mennyisége így az anyagcsere folyamatok is lassulnak. A keletkezett alkohol is jó hatással van az illóolajok oldódására.

A dinamikus hidegkomlózásnál keverést és keringtetést is használnak. Az áramlás elősegíti az extrakciót, jobb hatásfokkal történik az illóolajok kivonása a komlóból. A mozgás hatására szétesik a komló, ami által növekszik az érintkezési felület. A statikus módszerrel szemben sokkal kevesebb komló és idő szükséges az aromaanyagok kivonásához. A kioldásra hatással van az áramlási sebesség, az időtartam, a hőmérséklet, valamint a komló és a sör egyedi tulajdonságai. Legegyszerűbb módszer amikor egy tartályba helyezik el az adott mennyiségű komlót, majd kiszorítják a benne található levegőt. Ezután töltik meg a tartályt sörrel és bizonyos ideig kevertetik. Ezt a módszert fejlesztették tovább és jelenleg több cég is készít hidegkomló kioldó berendezéseket kis-és nagyüzem számára egyaránt. A berendezések közös jellemzője, hogy rozsdamentes acélból készült, kúpos nyomástartó tartályból áll. Szűrővel is rendelkezik, amely megszüri a kezelt sört a komlómaradványoktól. A berendezésben turbulens áramlás jön létre, amely jó hatással van az aromaanyagok kioldására. (Jelínek et al., 2018)

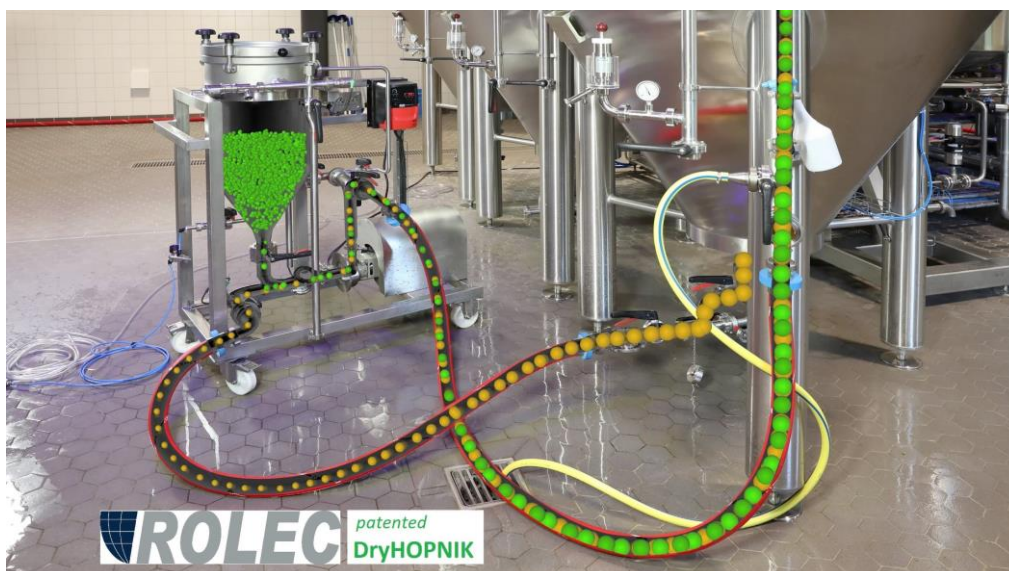
A technológia fejlődésével új módszereket és berendezéseket alakítottak ki. Sikeresen csökkenteni a hidegkomlózás során felvett oxigént, nem kerülnek oldhatatlan részecskék a sörbe, gazdaságosabb komló kihasználást biztosít.

Az 3. ábrán látható egy hideg komló kioldó rendszer a Hopgun működése. Első lépésben feltöltik a tartályt komlóval, oxigén mentesítik, nyomás alá helyezik és bevezetik a sört. Elkezdik cirkuláltatni a sört amíg el nem éri a kívánt aroma intenzitást. A berendezés közepén egy rozsdamentes acél gyertya található, amely szűrőként működik és a tartályban tartja a komlót. A tartályban turbulens áramlás jön létre. Utolsó lépésben a rendszer tisztítása következik, amely történhet manuálisan vagy külső CIP rendszer segítségével. A technológia számos előnnyel rendelkezik. Növeli a komlóaromát, ízstabilitást a sörben. Csökken az érintkezési idő a hatékony kivonásnak köszönhetően. Könnyen szabályozható rendszer. Nincs CO₂ veszteség a folyamat során. Keverő nélküli technológia így nincs hőmérséklet növekedés. (BrauKon HopGun | The Effective Cold Hopping Process, 2023.)



3. ábra: BrauKon Hopgun működése
(Forrás: Podeszwa & Harasym, 2016)

A 4. ábrán láthatjuk a Dryhopnik elnevezésű berendezést, ami egy külső komlóadagolóként és örlő rendszerként működik. Ezzel a berendezéssel nagyobb extrakciót lehet elérni, mivel ahogy kisebb darabokra esik szét a komló, úgy növekszik a kivonatolási felület. A cirkuláció nyomás alatt működik. Az örlőkamra keverőként is funkcionál. A berendezés által elkerülhető a klasszikus hidegkomlózás tipikus hibái, mint az oxigénnel való érintkezés és a felhabzás is. (Www.Rolec-Gmbh.Com, 2023.)

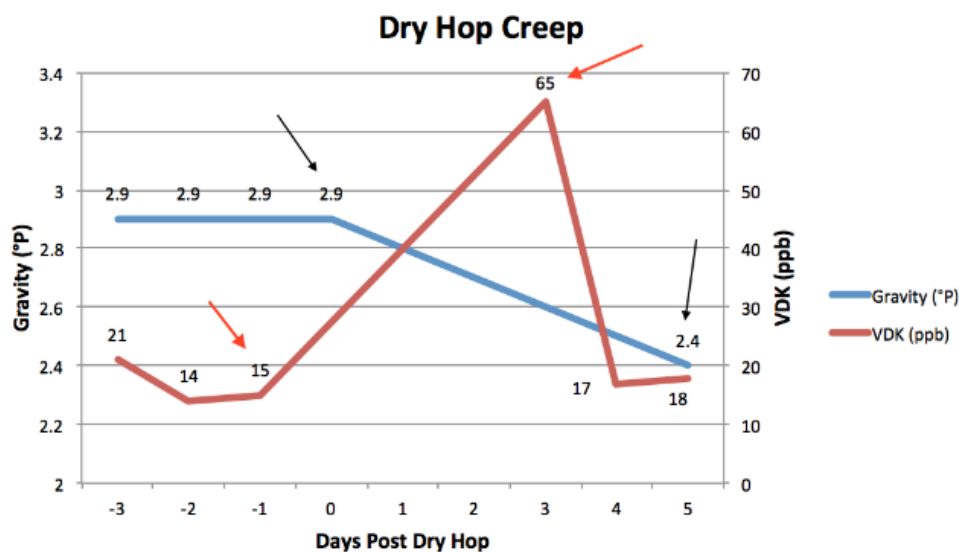


4. ábra: Rolec Dryhopnik működése
(Forrás: www.Rolec-Gmbh.com)

A sör típusa meghatározza a hidegkomlózás jellegét. A lager sörök ízét fel lehet frissíteni vagy akár különleges sörök is készíthetők általa. Az IPA sör típus jellegzetes íze viszont a hidegkomlózás által jön létre.

Hidegkomlózás veszélyeztetheti a késztermék mikrobiológiai stabilitását. Igaz, hogy a komló antimikrobiális hatással rendelkezik, de semmi kép sem nevezhető sterilnek. Több kutatás is mutatott ki számos mikroorganizmust a komlóból. (Bokulich & Bamforth, 2013) Az irodalomban potenciális veszélyként kezelik a növényvédőszer maradványok jelenlétét a komlóban, ami be is oldódhat a sörbe. (Gomes et al., 2021)

A hidegkomlózás során találkozhatunk a hop creep jelenséggel. Irodalmi adatok szerint ez egy utóerjedési folyamat. A komló enzimek képesek hidrolizálni a sör dextrineit, ami által fermentálható cukor kerül a kész sörbe. Ezáltal növekedhet a sör vicinális-diketonok (VDK) tartalma ahogy az 5. ábrán is látható. A jelenség előfordulásának lehetősége növekszik, ha magas hőmérsékleten és hosszú ideig történik a hidegkomlózás. (Shellhammer et al, 2023)



5. ábra. VDK koncentráció növekedése a hop creep hatására
(Forrás: CBC-Online-Seminar-Presentation-Hop-Creep-What-It-Is-and-Approaches-to-Managing-It.Pdf)

2.3.2. A sörmintáknál használt komlófajták bemutatása

A komlóknál két fő típust különböztetünk meg: keserű és aromakomlókat. A hidegkomlózás során általában aromakomlókat használnak és főleg az amerikai és újvilági fajtákat részesítik előnybe. Ebben a fejezetben azokat a komlókat szeretném bemutatni, amelyek megtalálhatók az általam vizsgált sörökben. A fejezetet a (Healey, 2021) nyomán írtam meg.

Citra

A citra egy amerikai aroma komló, amely 2008-ban jelent meg. Jelenleg a legkeresettebb aroma komló fajta. Erős citrusos profillal rendelkezik, ami a magas mircén tartalommal van összefüggésben (60-70%). Komlóolajtartalma 1,5-3 mL/100g. Magas az alfa-sav tartalma is 10-15% de ennek ellenére a sörfőzők nem ajánlják keserűkomlóként használni. Karaktere: citrus, grapefruit, lime, trópusi gyümölcsök. Gyakran használják IPA és APA sörstílusoknál.

Mosaic

A mosaic egy komplex hármassal rendelkező amerikai komlófajta. Jó összhangban van a keserű, az íz és az aroma. Magas alfa sav tartalma van 11,5%-13,5%. Kellemes komló aromával rendelkezik, amelynél megjelenik a mangó, fenyő, citrus, trópusi gyümölcs és fűszeres jelleg is. A komplex aromája miatt gyakran használják csak önmagában. Komlóolaj tartalma 1-1,5 mL/100g. A tulajdonságai miatt keserű és aroma komlókén is használják IPA és Pale Ale stílusoknál.

Idaho 7

Amerikai komlófajta. Kettős felhasználású keserű és aroma komlóként is használják. A későbbi komlózásnál gyakrabban használják fel. Alfa sav tartalma 9-12 %. Komlóolaj tartalma 1,0-1,6 ml/100g. Trópusi gyümölcsös, mangós, citrusos karakterű, valamint a fekete tea fűszerességével rendelkezik. Leggyakrabban IPA és NEIPA sörstílusnál használják.

Ahtanum

Az Ahtanum egy amerikai aroma komló, amely édes és borsos, fenyős, citrusos karaktert mutat. Az aroma grapefruit jegyekkel is rendelkezik. Mérsékelten keserű, alfa-sav tartalma 4-6,3%. Komlóolaj tartalma 0,8-1,2 ml/100g. Gyakran használják IPA, Pale Ale, American Ale és Lager sörstílusoknál.

Amarillo

Amerikai aroma komló fajta. Magas mircén tartalma miatt erőteljes narancsos, citrusos karakterrel rendelkezik. Alfa-sav tartalma 8-11 %. Komlóolaj tartalma 1,5-1,9 ml/100g. Gyakran használják APA, Ipa, Red Ale söröknek.

Centennial

A Centennial amerikai komló széleskörűen felhasználható, mivel mély keserűséggel és aromával is rendelkezik. Keserű értéke 9,5-11,5 %. Komlóolaj tartalma 0,8-2,5 mL/100g. Földes, virágos és enyhe citrus jegyekkel rendelkezik. Imperial Stout, IPA, Pale Ale sörökhöz használják.

Simcoe

Az egyik legelterjedtebb amerikai komlófajta. Keserű és aromakomlóként is használják. Magas alfa-sav tartalommal rendelkezik 12-14%. Komlóolaj tartalma igen magas 2-2,5 mL/100g. Citrus, földes jegyek mellett grapefruit, fenyő és fűszeres aroma jellemzi. Felhasználják IPA, APA és Pale Ale söröknél.

Azacca

Amerikai komlófajta. Magas az alfa-sav tartalma (14-16%) de aromakomlóként is használják. Összes olaj tartalma 1,6-2,5 mL/100g. Trópusi gyümölcsös és citrus aromával rendelkezik. Ízjegyei között van a mangó, ananász, mandarin és a fenyő. Leginkább IPA stílusnál használják.

Galaxy

A Galaxy egy ausztrál komlófajta, ami az egyik legnagyobb mennyiségben tartalmaz illóolajokat (3-5 mL/100g). De kettős felhasználású mivel az alfasavtartalma is magas 11-16%. Citrus, barack, passiógyümölcs aromával rendelkezik. Pale Ale, IPA és English-Style Pale Ale (ESB) sörfajtáknál használják.

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

3.1. Sörminták bemutatása

Magyarországon gyártott hét darab hidegkomlózott dobozos sörmintát gyűjtöttem össze 2022-ben. A minták között kis és nagyüzemi sörök is találhatók. A 6. táblázatban táthatók a sör típusok és a címkén feltüntetett paraméterek, 6. ábrán pedig a sörminták a vizsgálatok közben.

6. táblázat: Hidegkomlózott sörminták adatai
(Forrás: Saját szerkesztés)

Minta megnevezése/ típusa	Alkohol (V/V%)	Eredeti extrakt (°B)	Szín (EBC)	Keserű (IBU)	Jellege	Összetevők	Felhasznált komló
Egyszeresen hidegkomlózott Lager	4,5	10,0	n.a	19	Szűrt	Víz, árpamaláta, komló, komlókivonat	Citra
Kétszeresen hidegkomlózott Hoplager	5,6	11,8	5,9	22	Szűrt	Víz, árpamaláta, komló, élesztő	Citra, Mosaic, Idaho 7
Egyszeresen hidegkomlózott Session NEIPA	4,9	n.a	5,1	16	Szüretlen	Víz, árpamaláta, búzamaláta, zabpehely, komló, élesztő	Citra, Athanum
Egyszeresen hidegkomlózott IPA	6,5	15,5	14	57	Szüretlen	Víz, árpamaláta, komló, élesztő	Amarillo, Centennial, Simcoe
Egyszeresen hidegkomlózott APA	4,7	11,6	13	37	Szüretlen	Víz, árpamaláta, komló, élesztő	Azacca, Citra, Mosaic
Kétszeresen hidegkomlózott IPA	5,5	n.a	n.a	n.a	Szüretlen	Víz, árpamaláta, búzamaláta, zabmaláta, komló, élesztő	Galaxy, Mosaic, Simcoe
Kétszeresen hidegkomlózott kveik NEIPA	5,8	n.a	n.a	n.a	Szüretlen	Víz, árpamaláta, búzamaláta, zabpehely, búzapehely, komló, narancshéj, narancsolaj, kveik élesztő.	Simcoe, Mosaic

A minták között Lager, Hoplager, IPA, APA, Session NIPA és kveik NEIPA sörfajták találhatók. Az 6. táblázatban látható, hogy négy minta egyszeresen hidegkomlózott és három minta kétszeresen hidegkomlózott. Összesen két minta volt szűrt sör és öt minta szűretlen, opálos. Az alap összetevőkön kívül három mintánál volt jelen búzamaláta. Két mintában volt zabpehely, ami a NEIPA-ra jellemző. Egy-egy mintában volt jelen a zabmaláta, búzapehely, narancshéj és narancsolaj. Az irodalmi áttekintésben ismertetett komlófajták közül legtöbb esetben a Citra és a Mosaic volt jelen négy mintában. A Simcoe három esetben fordult elő. Az Idaho7, Athanum, Amarillo, Centennial, Azacca és Galaxy egy-egy mintában volt jelen.



6. ábra: Hidegkomlózott sörminták
(Forrás: saját kép)

3.2. Alkalmazott módszerek

3.2.1. Alkohol- és extrakttartalom meghatározása

A sörminták alkohol-és extrakt tartalmát az Anton Paar féle Alcolyzer Plus söranalizátorral mértem meg. A berendezés a 7. ábrán láthatóan két részből áll: egy sűrűségmérő DMA 4500 modulból és egy alkohol mérő egységből. A sűrűségmérés U- csöves denzitométerrel történik. Elve, hogy a csőszakasz rezgési frekvenciája megváltozik a benne található folyadék sűrűségének és tömegének a függvényében. Ezáltal a berendezés ki tudja számolni vizsgált folyadék sűrűségét. (EBC Analytica 9.43.2). Az alkoholtartalmat pedig az alcolyzer egység számolja ki közeli infravörös spektroszkópia elvén. (EBC Analytica 9.2.6). A készülék képes kiszámítani a mért értékekből (sűrűség és alkohol) az extrakttartalmakat (eredeti, valódi, látszólagos), az erjedési fokot (látszólagos és valódi) valamint az energiatartalmat is. (*Alcohol Analyzing System*)



7. ábra: Anton Paar AlcoLyzer Plus söranalizátor
(Forrás: saját kép)

A sörmintákat első lépésben 20 °C-ra melegítettem. Majd kétszer átszűrtem FP2555 típusú szűrőpapíron (8. ábra), hogy gázmentesítsem. Az általam használt söranalizáló készülék nem rendelkezett többmintás mintaváltóval ezért manuálisan kellett betölteni egy fecskendő segítségével 20 ml mintát. Ebben az esetben figyelni kellett, hogy ne kerüljön buborék a rendszerbe.



8. ábra: A sörminták szűrése
(Forrás: saját kép)

3.2.2. Színmérés

A sörmintákat színét az Analytica-EBC 9.6 módszerrel határoztam meg. A színméréshez Hach Lange DR6000 UV-VIS típusú spektrofotométert használtam (9. ábra). A sörmintáknál az abszorbanciát 430nm hullámhosszon mérjük meg. EBC módszer szerint a kapott értéket 25-tel kell szorozni, hogy megkapjuk a minták színét.

A mintákat 0,20 μm pórusnagyságú szűrőn is átszűrtem. A 10mm-es küvettát desztillált vízzel töltöttem meg és a fotométert nulláztam tehát 0,00 abszorbancia értékre állítottam. Ezután következett a sörminták abszorbanciájának a mérése.

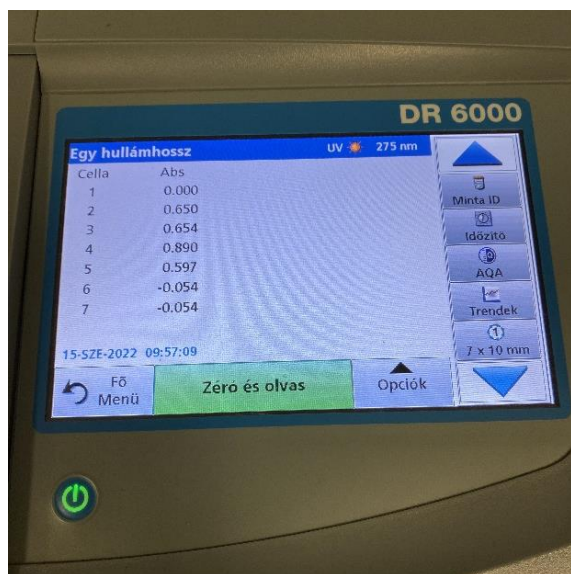
3.2.3. pH mérés

A sörminták pH-értékét az EBC Analytica 9.35 módszer alapján határoztam meg. A sörminták pH mérését Jenway 3510 digitális pH mérővel végeztem. A vizsgálat előtt kétpontos kalibrálást végeztem 4,00 pH és 7,00 pH értékű pufferekkel. A kalibrálás ellenőrzése érdekében 4,66 pH puffert mértem meg. Ezután a szűrt 20 °C-os mintákat megmértem.

3.2.4. Keserűérték meghatározása

EBC analytica 9.8 módszer alapján határoztam meg a sörminták keserűtartalmát. A módszer elve, hogy a sör keserűségét okozó izo- α -savat izo-oktánnal kivonjuk savas környezetben. Az így kivont komponens pedig spektrofotométerrel mérhető. (9.ábra)

A szobahőmérsékletű vizsgált mintákat gáztalanítottam ultrahangos készülékkel. A következő lépésben redős szűrőpapíron kovaföld segítségével átszűrtem. 50 ml-es centrifugacsőbe 10 ml sörmintát, 0,5 ml 6 n sósavat (HCl) és 20 ml izo-oktánt adtam hozzá. Bemérések után 3-3 üveggolyót tettem a centrifugacsövekbe. Ezt követően 15 percig rázogattam a mintát. Majd egy centrifugagépbe tettem, ahol 5000 fordulat/perc sebességgel 10 percig centrifugáltam. Végül 275 nm hullámhosszon mértem meg a spektrofotométerrel és a kapott abszorbancia értéket 50-el szorozva kaptam meg a végeredményt.



9. ábra: Hach DR6000 UV-VIS spektrofotométer
(Forrás saját kép)

3.2.5. Összes polifenol tartalom meghatározása

Az összes polifenol tartalom (TPC) Folin-Ciocalteu reagenssel határoztam meg. A Folin-Ciocalteu reagensben lévő oxidok a fenolos komponensek hatására redukálódnak. A mérés lúgos tartományban történik és a keletkező vegyületek színe kék lesz. A kék szín abszorbanciája spektrofotométerrel mérhető. Nem szelektív, minden polifenolos vegyületet kimutat. (Singleton & Rossi, 1965)

A mérés előtt szükség volt egy kalibrációs egyenes felállítására, amit galluszsav segítségével végeztem el.

Automata pipetta segítségével 1250 µl tízszeres hígítású Folin-Ciocalteu oldatot mértem be egy kémcsőbe. A következő lépésben 240 µl metanol-t adtam hozzá. Majd a mintákból 10 µl került a kémcsővekbe. Vak mintába metanol kerül bemérésre. Egy perc várakozás után 0,7 M nátrium-karbonát oldatból 1000 µl-t mértem be. A mintákat összeráztam és 5 percig 50 °C-os vízfürdőbe helyeztem. Utolsó lépésben a félmikro műanyag küvettába töltöttem a keletkező kék vegyületet és 765 nm hullámhosszon megmértem az abszorbanciát a Hach DR6000 készüléken. A kapott értékeket Gallusz egyenértékben fejeztem ki a kalibrációs egyenes segítségével.

Vizsgálataim során párhuzamosan több összes polifenol tartalom mérés zajlott. Az általunk mért kalibrációs egyenes egyenlete: $y=0,0053x+0,0829$

A képletbe helyettesítve a kapott abszorbancia értékeket, megkapjuk az eredményeket mgGE(gallusz egyenérték)/100ml-ben.

3.2.6. Illóanyagok és aromakomponensek meghatározása gázkromatográffal

A sörminták aromakomponenseit Agilent 6890N gázkromatográffal és HS 7694 típusú headspace mintavevővel mértem meg (10. ábra). A mérés elve, hogy a sörminta gőzteréből mintát fecskendezünk a berendezés kolonnájára. A kolonnán történik meg a minta komponenseinek a szétválasztása. A szétválasztott komponensek ezután az ECD elektron befogásos detektorba (ECD) vagy a lángionizációs detektorba (FID) jut. A berendezés ezután elkészíti a kromatogramokat. A csúcsok a komponenseket mutatják. Mivel állandó körülmények között egy anyag retenciós ideje állandó, így megtörténhet a minőségi azonosítás. A mennyiség pedig arányos a csúcs alatti területtel.



10. ábra: Agilent 6890N Gázkromatográf és HS 7694 headspace sampler
(Forrás: saját kép)

A készülék paraméterei:

Lángionizációs detektor (FID)- magasabb rendű alkoholok, észterek, acetaldehid és a dimetilszulfid (DMS) került meghatározásra. A detektor hőmérséklete 280 °C. Vivő gáz nitrogén.

Elektronbefogásos detektor (ECD) – diacetil és 2,3-pentándion meghatározása. A detektor hőmérséklete 150 °C. Vivő gáz nitrogén.

A magasabb rendű alkoholok, észterek, acetaldehid és a dimetilszulfid meghatározásához a mintákat 0 °C-ra hűtöttem le. Majd a szüretlen élesztős söröket kovaföldön átszűrtem. 20 ml-es fóliába 5 ml sörmintát pipettáztam. A fóliába 1 g nátrium-klorid is volt előre bemérve. Végül 12,5 µl belső sztenderdet injektáltam a fóliába. Ezután került be a minta adagolóba.

A diacetil, a 2,3-pentándion és az elővegyületek mennyiségét együttesen határoztam meg ezzel a módszerrel. A mintaelőkészítés hasonló. A mintákat alacsony hőfokon tároltam. Majd következett a szűrés és 20 ml-es fóliába 8 ml mintát pipettáztam. A fóliába 2 g nátrium-klorid volt bemérve. A mintákat mielőtt a mintaadagolóba helyeztem, 60 °C-on inkubáltam. (EBC Analytica 9.24.2)

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A vizsgálatok során megmértem a sör alap paramétereit: alkohol-és eredeti extrakt tartalom, pH érték, keserűérték. Az 1. táblázatban feltüntetett sör típusra jellemző alap paramétereket hasonlítottam össze a mért értékekkel. Az alkohol és a szín esetében megvizsgáltam, hogy megfelelnek-e a kapott értékek a Magyar Élelmiszerkönyvi előírásoknak. Összehasonlítottam az alkohol, szín és keserűértéknél a mért és a csomagoláson feltüntetett értékeket. Megvizsgáltam, hogy növekedett-e a minták pH értéke, mivel hidegkomlózáson estek át. Mivel a komló sok polifenol vegyületet tartalmaz ezért megmértem a minták összes polifenol tartalmát. Megnéztem, hogy van-e összefüggés a keserűérték és az összes-polifenol tartalom között. Végül meghatároztam néhány élesztő által termelt aroma komponenszt. Az eredményeket összehasonlítottam a sörökre jellemző értékekkel. Megvizsgáltam, hogy vannak-e kiugró értékek, amelyek ízhibát okozhatnak a sörben.

A vizsgálatok során nem volt célom minősíteni az adott sör mintákat. Az eredmények és értékelésük tájékoztató jellegűek.

4.1. Alkoholtartalom jellemzése

Legkisebb értéke az egyszerűen hidegkomlózott Lager sörnek volt 4,2 %V/V. Legnagyobb értéke az egyszerűen hidegkomlózott IPA sörnek volt 6,5 %V/V.

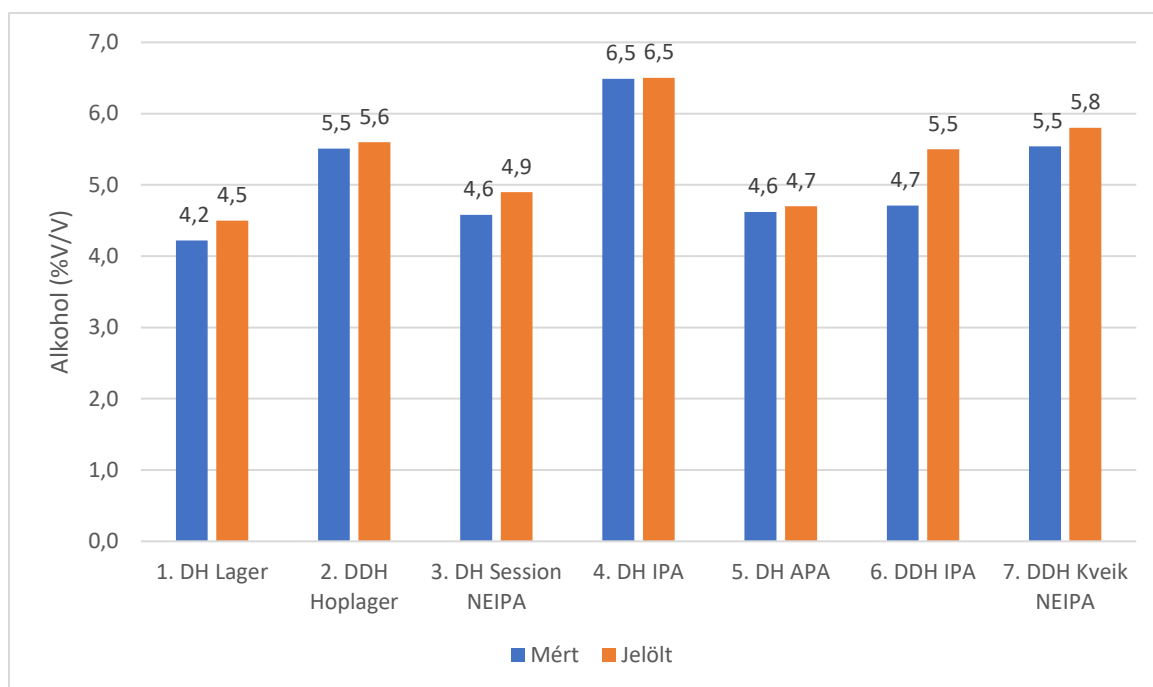
A Magyar Élelmiszerkönyv 1-1-87/250 számú előírása alapján a mért és jelölt érték közötti megengedett eltérések a következők lehetnek:

5,5 % (V/V) alatti sör: $\pm 0,5\%$ (V/V)

5,5 % (V/V) feletti sör: $\pm 1\%$ (V/V)

(Magyar Élelmiszerkönyv, 2009.)

Az általam vizsgált minták teljes mértékben megfeleltek az előírásnak.



11. ábra: Sörminták mért és jelölt alkoholtartalma.

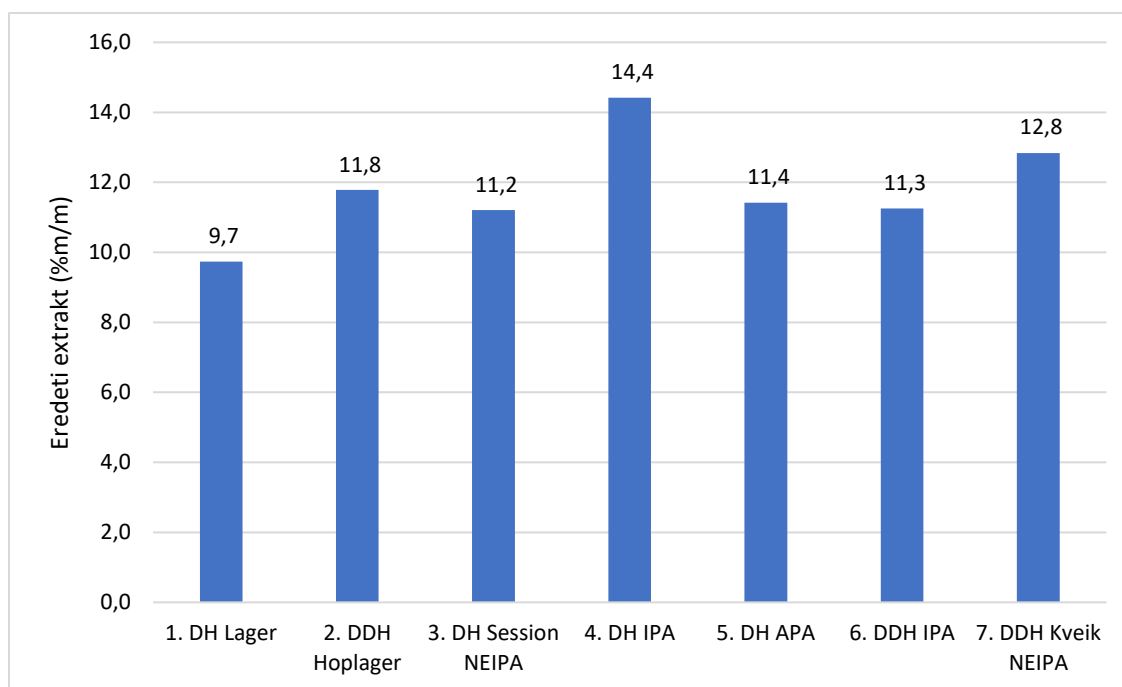
(Forrás: Saját szerkesztés)

Összehasonlítva az 1. táblázat adatait a 11. ábra adataival, a következő minták feleltek meg a sörstílusnak: egyszeresen és kétszeresen hidegkomlózott lager, egyszeresen hidegkomlózott IPA, egyszeresen hidegkomlózott APA és kétszeresen hidegkomlózott IPA. Mivel az egyik NEIPA a session kategóriába esik ezért az is megfelel az adott stílusnak.

A kétszeresen hidegkomlózott kveik NEIPA alacsonyabb alkoholtartalommal rendelkezett, mint ami jellemző a sörstílusra.

4.2. Extrakt tartalom jellemzése

Legkisebb értéke az egyszeresen komlózott lager sörnek volt 9,7 %m/m. A legnagyobb értéke az egyszeresen hidegkomlózott IPA sörnek volt 14,4%. Összehasonlítva az 1. táblázatot a 12. ábra adataival, a következő minták feleltek meg a sörstílussal: egyszeresen hidegkomlózott lager, egyszeresen hidegkomlózott IPA, egyszeresen hidegkomlózott APA és a session NEIPA is mivel az egy gyengébb sör. A kétszeresen hidegkomlózott hoplager a lager kategóriában felelhet meg a kapott érték alapján. A kétszeresen hidegkomlózott IPA és a kétszeresen hidegkomlózott kveik NEIPA alacsonyabb értékekkel rendelkezett, mint ami a sör típusra jellemző.



12. ábra: A sörminták mért eredeti-extrakttartalma
(Forrás: Saját szerkesztés)

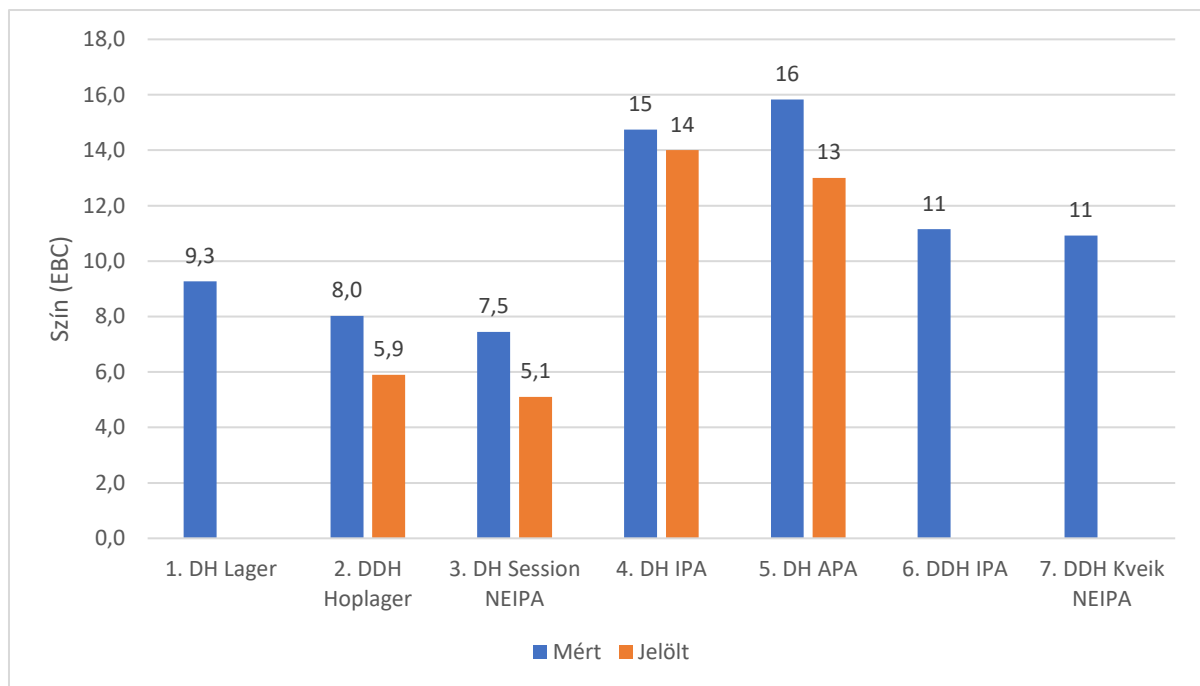
4.3. Szín

A Magyar Élelmiszerkönyv 2-702 számú irányelve szerint az általam vizsgált összes sör a világos sör kategóriájába esik. Az előírás szerint a névleges értéktől való eltérés $\pm 3,0$ EBC egység lehet. (Magyar Élelmiszerkönyv, 2013)

A vizsgált minták csomagolásán csak négy esetben volt jelölve a szín EBC értéke. A kapott és jelölt érték közötti eltérés nem haladta meg a 3,0 EBC egységet.

A legkisebb EBC értéke az egyszeresen hidegkomlózott session NEIPA-nak volt 7,5 EBC. A legnagyobb értéke az egyszeresen hidegkomlózott APA-nak volt 15,8 EBC.

Összehasonlítva az 1. táblázat adatait a 13. ábra adataival, láthatjuk, hogy az általam vizsgált összes minta megfelelt az adott sörstílusnak.

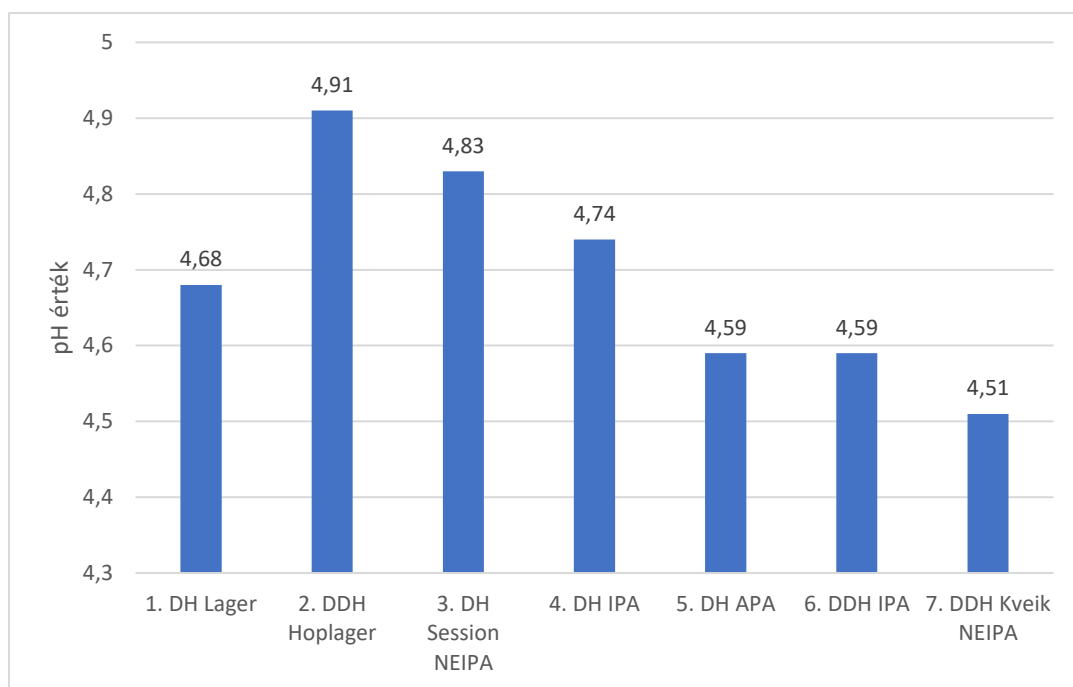


13. ábra: A sörminták mért és jelölt szín EBC értéke
(Forrás: Saját szerkesztés)

4.4. pH

A legkisebb pH értéke a kétszeresen hidegkomlózott Kveik IPA-nak volt 4,5 pH. A legnagyobb pH értéke a kétszeresen a kétszeresen hidegkomlózott lager sörnek volt 4,9 pH. A lager sörök átlagos pH értéke 4,2-4,75 pH között mozog. Az ale sörök átlagos pH értéke 3,8-4,2 pH között mozog. (MacWilliam, 1975)

A hidegkomlózás során növekszik a sör pH értéke. (Lafontaine & Shellhammer, 2018) Ez látható is az általam vizsgált mintáknál (14. ábra), hogy az átlagosnál magasabb pH értékekkel rendelkeznek a minták.

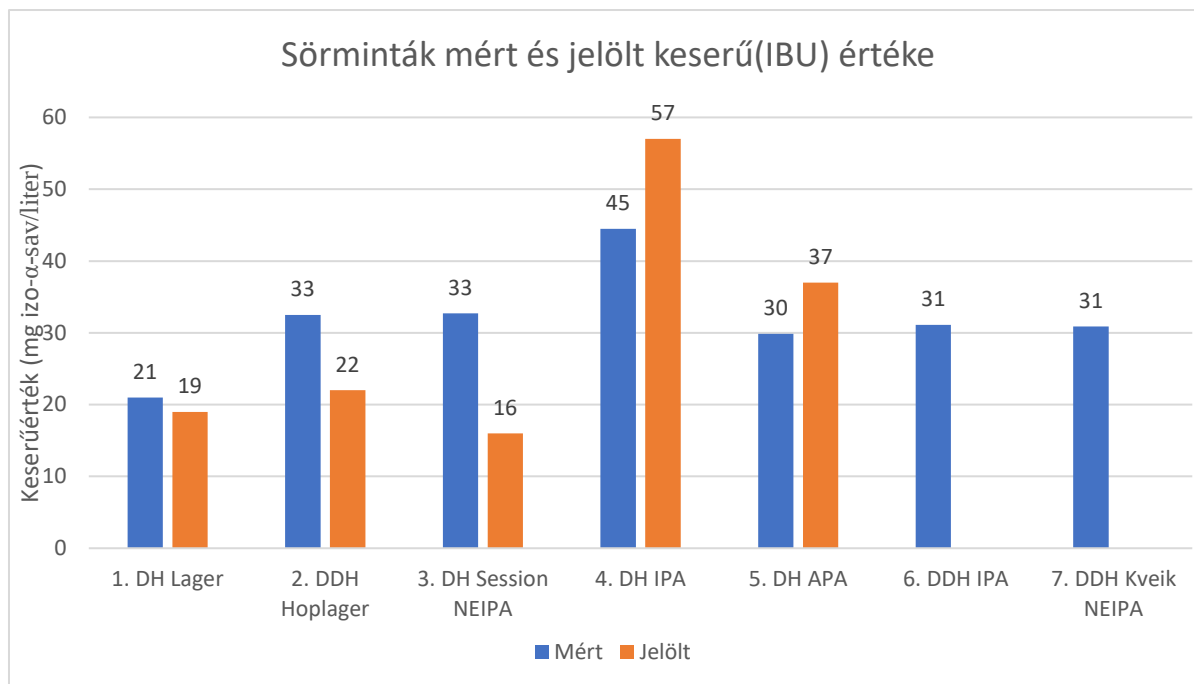


14. ábra: A sörminták mért pH értéke
(Forrás: Saját szerkesztés)

4.5. Keserűérték

A keserűérték mértékegysége az International Bittering Unit (IBU). Ez az érték megmutatja, hogy egy liter sörben hány mg izomerizált alfa-sav van jelen. A sör keserűségének a kifejezésére használják. A dolgozatban az EBC Analytica módszert alkalmazva European Brewery Convention (EBC) (magyarul: Európai Sörgyártók szövetsége) egységben adtam meg az eredményeket. Az EBC és az IBU egység megegyezik, viszont az IBU jelölés sokkal elterjedtebb a sörgyártók körében.

A legkisebb keserűértéke az egyszeresen hidegkomlózott lager sörnek volt 21 IBU. Legnagyobb értéke az egyszeresen hidegkomlózott IPA sörnek volt 45 IBU. Öt mintánál fel volt tüntetve a keserű (IBU) értéke. A 15. ábra mutatja, hogy összehasonlítva a mért és jelölt értékeknél különbségeket vehetünk észre. A legkisebb eltérés a hidegkomlózott lager sörnél volt: 2 IBU. A legnagyobb eltérés az egyszeresen hidegkomlózott session NEIPA-nál volt: 17 IBU. Három esetben az általam mért értékek magasabbak, míg két esetben pedig alacsonyabbak voltak. A kétszeresen hidegkomlózott IPA és a kveik NEIPA csomagolásán nem volt feltüntetve adat.



15. ábra. A sörminták mért és jelölt keserű (IBU) értéke
(Forrás: Saját szerkesztés)

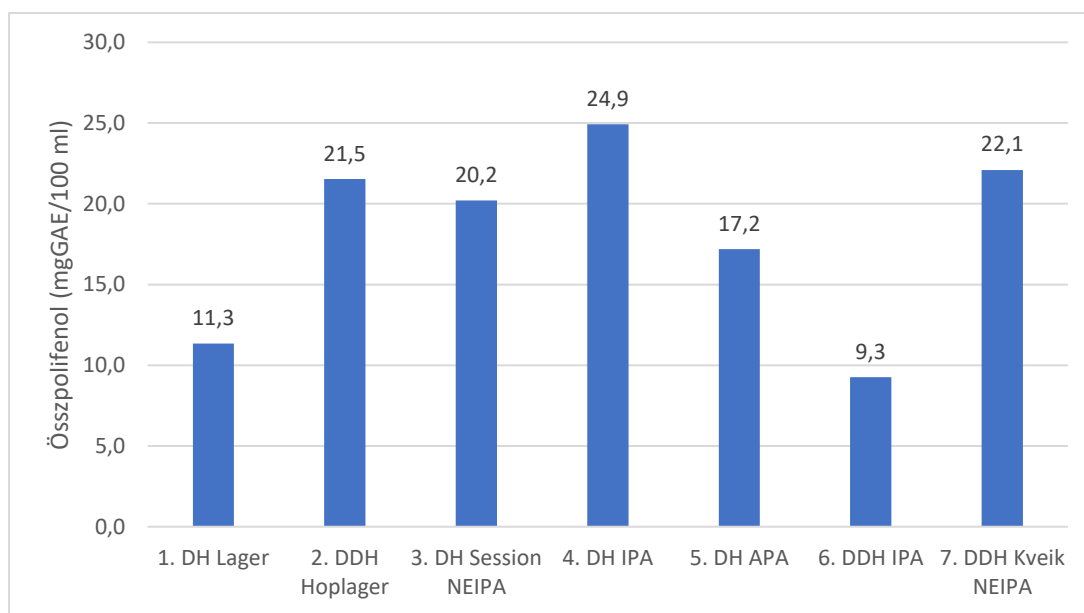
A hidegkomlózás során növekedhet a sör a keserősége, de ez nem mérhető a klasszikus EBC módszerrel. Ebben az esetben nem az izo-alfa-savak mennyisége növekszik nagymértékben a sörben. Az 1. táblázattal összehasonlítva minden minta megfelelt a sörstílusoknak kivéve a kétszeresen hidegkomlózott IPA, amely alacsonyabb IBU-értékkel rendelkezett. A komlókészítmények időben veszítenek az alfa-sav tartalmukból, valamint a komplex komlózási eljárás kiszámíthatatlanná teszi a késztermék keserűértékét.

4.6. Összes polifenol tartalom

A komló számos polifenol vegyülettel rendelkezik. A sör polifenol tartalmának a 30%-a komlóból származik, 70%-a pedig malátából. (Di Domenico et al., 2020) Ennek érdekében megvizsgáltam, hogy látható-e összes polifenol tartalom növekedés a hidegkomlózott söröknél.

A sörök átlagos összes polifenol tartalma 12-52 mgGAE/100 ml között mozog. (Showing Report on Alcoholic Beverages - Phenol-Explorer, 2023.)

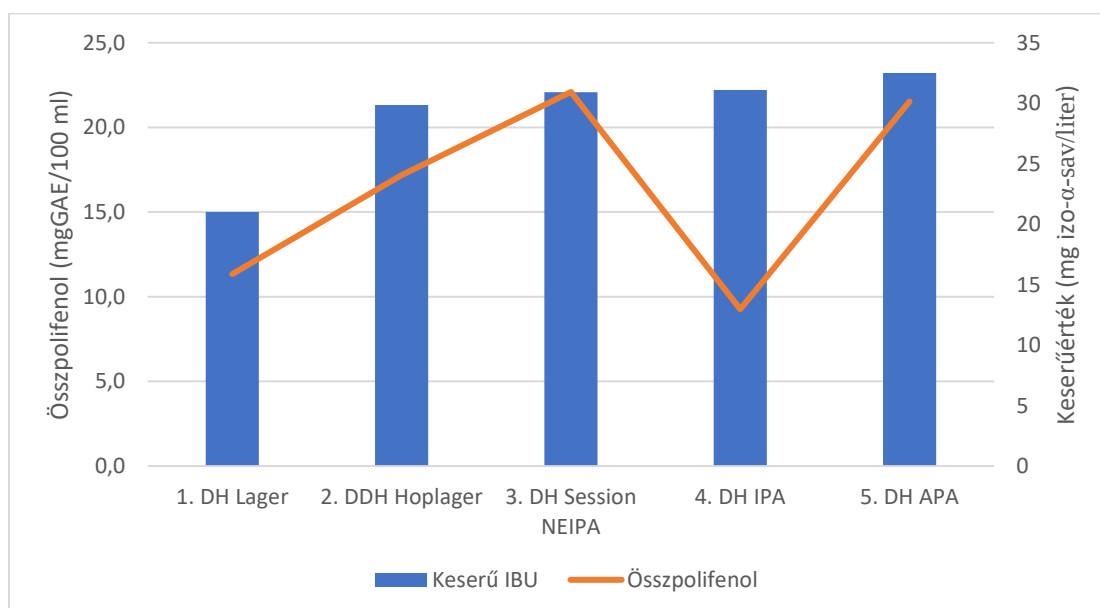
A legkisebb összpolicenol tartalma a kétszeresen hidegkomlózott IPA-nak volt 9,3 mgGAE/100 ml. A legnagyobb értéke az egyszeresen hidegkomlózott IPA-nak volt 24,9 mgGAE/100 ml. Látható, hogy a kétszeresen hidegkomlózott lager sör majdnem kétszeres összpolicenol tartalommal rendelkezik, mint az egyszeres lager sör. (16. ábra)



16. ábra: Mért összes polifenol (TPC) tartalom

(Forrás: Saját szerkesztés)

A 17. ábrán látható növekvő keserű érték szerint sorba rakott mintáknál, hogy az összpolicfenol tartalom követi a keserűértéket. Egy sör jelentett kivételt a kétszeresen hidegkomlózott ipa, melynek a legalacsonyabb volt az összes polifenol tartalma. Ez a sör sokkal alacsonyabb keserűértékkel rendelkezett, mint ami az adott sörstílusra jellemző. Az összes polifenol tartalom nagyobb részt a malátából származik. Mégis érdekes összefüggést mutat a komlóból származó keserűérték és a malátából, valamint a komlóból származó összes-polifenol érték.



17. ábra: A keserűérték és az összes polifenol összefüggése

(Forrás: Saját szerkesztés)

4.7. Illóanyagok és aromakomponensek

A különféle komlókkal és technológiákkal hidegkomlózott sörminták esetében egy gázkromatográfiás (GC) vizsgálat jól jellemzi az eljárás minőségét. Sajnos nem volt lehetőségünk a komlóból származó aromavegyületeke meghatározására. Viszont a vizsgált minták között lager, ale és egy különleges sörélesztő a kveik is helyett foglal. Ennek érdekében célszerű volt megvizsgálni a sörélesztők aromatermelése közötti különbségeket.

A gázkromatográfiás vizsgálat eredményei a 7. táblázatban láthatók. A kapott eredményeket az irodalmi áttekintésben található 4. táblázat értékeivel hasonlítottam össze.

7. táblázat: Aroma és illóanyagok koncentrációja a vizsgált sörökben
(Forrás: saját szerkesztés)

	Acetaldehid	DMS	Etil- acetát	Etil- hexanoát	Etil- oktanoát	I- amilacetát	VDK
	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l
1.DH Lager	6,3	22	11,2	0,11	0,10	1,1	20,0
2.DDH Hoplager	3,2	12	8,1	0,08	0,09	0,5	17,3
3.DH Session NEIPA	3,0	32	9,7	0,10	0,12	0,5	25,5
4.DH ipa	2,6	104	12,4	0,13	0,18	0,2	82,1
5.DH APA	2,3	34	7,3	0,10	0,15	0,5	42,8
6.DDH IPA	5,7	27	8,0	0,08	0,09	0,5	27,9
7.DDH Kveik NEIPA	2,3	1	6,8	0,06	0,06	0,5	26,2

A legtöbb acetaldehid az egyszeresen hidegkomlózott lager sörnél volt 6,3 mg/l. A legalacsonyabb az egyszeresen hidegkomlózott APA-nak és a kétszeresen hidegkomlózott kveik NEIPA-nak volt 2,3 mg/l. Nem volt kiugróan magas érték 4. táblázat alapján.

A dimetil-szulfid (DMS) esetében kiugróan magas értéke volt az egyszeresen hidegkomlózott IPA-nak 104 µg/l. Ez az érték már jóval meghaladta az érzékelési küszöböt és magasabb az átlag értékektől. A lager söröknél elfogadott a dimetil-szulfid (DMS) ízének kisebb mértékű

jelenléte, de az ale söröknél ízhibaként jelenik meg. A legkisebb értéke a kétszeresen hidegkomlózott kveik NEIPA-nak volt 1 µg/l.

Az etil-acetát esetében nem mértem kiugróan magas értéket. A legnagyobb mennyiségben az egyszeresen hidegkomlózott IPA-nál volt jelen 12,4 mg/l. Legkisebb mennyiségben a kétszeresen hidegkomlózott kveik NEIPA tartalmazott 6,8 mg/l.

Az etil-hexanoát és etil-oktanoát esetében szintén az egyszeresen hidegkomlózott IPA-nak volt a legmagasabb értéke és a legalacsonyabb a kétszeresen hidegkomlózott kveik NEIPA-nak volt. Alacsony értékeket kaptam, de megegyezett az átlagos irodalmi adatokkal.

Izoamil-acetát a legnagyobb mennyiségben az egyszeresen hidegkomlózott lager sörnél volt jelen 1,1 mg/l. A legkisebb mennyiségben az egyszeresen hidegkomlózott IPA-nál volt jelen 0,2 mg/l. Nem volt kiugró érték és megegyezett az irodalmi adatokkal.

Az vicinális-diketonok (VDK) értéke, amelyben együttesen van jelen a diacetil és a 2,3-pentándion. Kiugróan magas eredményt az egyszeresen hidegkomlózott IPA-nál kaptam 82,1 µg/l. Ez a koncentráció már kiérezhető a sörből. Legkisebb értéke a kétszeresen hidegkomlózott hoplagernek volt 17,3 µg/l.

A hidegkomlózás hatására előfordulhat a hop creep jelensége, amelyet az irodalmi áttekintésben említettem. Ennek következtében nőhet a sör VDK tartalma (5. ábra), ezért körültekintően kell eljárni a hidegkomlózás során.

5. KÖVETKEZTETÉS

A vizsgált minták típusa igen változatos volt. Közös volt a hidegkomlózás technológiájának az alkalmazása. Mindegyik sörnél amerikai és ausztrál aroma komlót használtak. Legtöbb esetben a sörfőzők a Citra és a Mosaic komlót választották.

A vizsgált sörök alkoholtartalma 4,2 % (V/V) és 6 % (V/V) értékek között mozgott. A Magyar Élelmiszerkönyv 1-1-87/250 számú előírása alapján a mért és jelölt érték közötti megengedett határértéket egyik minta sem lépte át. Mindegyik minta megfelelt az adott sörstílusnak kivéve a kétszeresen hidegkomlózott kveik New England IPA (NEIPA), amely alacsonyabb alkoholtartalommal rendelkezett.

A vizsgált sörök eredeti extrakt tartalma 9,7 % (m/m) és 14,4 % (m/m) értékek között volt. A minták átlagos eredeti-extrakt tartalma viszonylag alacsony értéket mutatott. Két esetben a kétszeresen hidegkomlózott India Pale Ale (IPA) és a kétszeresen hidegkomlózott kveik New England IPA (NEIPA) alacsonyabb értékkel rendelkezett, mint ami az adott sörstílusra jellemző.

A szín értéke 7,5 EBC és 15,8 EBC között volt jelen. A Magyar Élelmiszerkönyv 2-702 számú irányelve szerint az általam vizsgált összes sör a világos sör kategóriájába esik. Névleges értéktől való eltérés megfelelt az előírásoknak. Az összes sörminta színe megfelelt az adott sörstílusra jellemző értéknek.

A sörminták pH értéke 4,5 és 4,9 között mozgott. A kapott eredmény kicsivel magasabb, mint a sörök átlagos pH értéke. Ez viszont nem számít kiugró vagy magas értéknek.

A hidegkomlózott sörök keserű értéke 21 IBU és 45 IBU között volt. Nagyobb eltéréseket tapasztaltam a mért és a feltüntetett keserű értékek között. A legnagyobb eltérés az egyszeresen hidegkomlózott session New England IPA (NEIPA) esetében volt, ahol 17 IBU egységgel magasabbat mértem, mint a csomagolásán jelölt érték. A sörstílusoknak egyedül a kétszeresen hidegkomlózott India Pale Ale (IPA) nem felelt meg, kisebb keserűértékkel rendelkezett.

A sörminták összes-polifenol tartalma 9,3 és 24,9 mgGAE/100 ml egység között mozgott. A nem hidegkomlózott sörök átlagos értékéhez képest nem látható növekedés. Kiugróan magas összes polifenol tartalmat nem tapasztaltam. A kétszeresen hidegkomlózott India Pale Ale (IPA) viszont nagyon alacsony értékkel rendelkezett.

Az aromavizsgálatnál nem a hidegkomlózás mértékét, hanem az alkalmazott élesztő típusok által termelt aromakomponenseket hasonlítottam össze. Az aromavizsgálattal kapcsolatban elmondható, hogy az egyszeresen hidegkomlózott India Pale Ale (IPA) rendelkezett a legtöbb

aromakomponenssel. A dimetil-szulfid (DMS) és a vicinális-diketonok (VDK) esetében kiugró értékeket kaptam, amelyek olyan mértékűek, hogy ízhibaként jelenhet meg a sörben. A vicinális diketonok magas értéke összefüggésbe hozható a hidegkomlózás hatására létrejövő hop creep jelenséggel. Az általam vizsgált aromakomponensek mennyisége a kveik élesztős sörminta esetében volt a legalacsonyabb. Viszont a kveik élesztő irodalmi adatai szerint nagy mennyiségben termel etil-kaproát (Etil-hexanoát), etil-kaprilát (etil-oktanoát) és etil-dekanoát aroma vegyületeket. (Kveik Yeast - Colorado Brewers Guild, 2021). Ezeket a vegyületeket

A többi minta átlagos értékekkel rendelkezett, amely megegyezett a szakirodalmi áttekintésben ismerttetett adatokkal.

A vizsgálat alapján elmondható, hogy a Magyarországon gyártott hidegkomlózott sörök nagyon változatosak. Az eredmények alapján láthatjuk, hogy a gyártók igyekeznek megőrizni az eredeti sörstílus jellegzetességeit. A keserűség (IBU) változó eredményei azt mutatják, hogy optimalizálni kell a komlóadagolást a kívánt keserűség eléréséhez. Az egyes aromakomponensek kiugró értékének az elkerülése érdekében nagyobb figyelemmel kell kísérni a technológiai folyamatokat, mint a komlóforralás és erjesztés. A rendszeres ellenőrzés segít azonosítani a problémát és a megfelelő eljárás mellett biztosítható a sör minősége.

A kutatás folytatása érdekében érdemes lenne, a komlóból származó aromakomponenseket kimutatni a hidegkomlózott sörmintáknál. Ez lehetőséget kínál arra, hogy feltárjuk az egyszeresen és a többszörösen hidegkomlózott minták közötti különbséget. Érdemes megvizsgálni, hogy a többszörös hidegkomlózási eljárás milyen mértékben járul hozzá a plusz aromához.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A hidegkomlózás hatására gazdagíthatjuk a megszokott sör típusok íz-és aroma profilját. Egyedi karakterű sör hozható létre viszont harmonizálnia kell az eredeti sör stílussal. A komló adagolása a fő-, utóerjedés vagy a kész sör fázisában történik, mivel így az aromát hordozó komlóolajok megmaradnak a termékben. Ennek köszönhetően széles körben elterjedt a sörfőzők között.

A szakdolgozatban hét különböző Magyarországon gyártott hidegkomlózott sört vizsgáltam meg. A minták között található egyszeresen és többszörösen hidegkomlózott Lager, India Pale Ale (IPA), American Pale Ale (APA), New England IPA (NEIPA) és egy kveik élesztővel készült New England IPA (NEIPA) is. Látható, számos sör stílusnál megjelenik a hidegkomlózás technológiája. Ennek érdekében ismertettem a vizsgált sör stílusok jellegzetességeit. A különböző élesztő felhasználás miatt, jellemeztem a felsőerjesztésű-, alsóerjesztésű- és kveik élesztőket. A kveik a *Saccharomyces* élesztők olyan típusa, amely nagyban különbözik a többi törzstől. Továbbá összehasonlítottam a hidegkomlózás két fő módszerét: a klasszikus statikus és a modernebb dinamikus módszert. A sör mintáknál amerikai és ausztrál komlókat használtak, ezért ezek a komló fajták is bemutatásra kerültek.

Célom volt összehasonlítani és átfogó képet kapni a Magyarországon gyártott különböző hidegkomlózott sörök jellemzőiről. A vizsgálatok során megmértem a sör alap paramétereit: alkohol-és eredeti extrakt tartalom, pH érték, keserűérték. Mivel a komló számos polifenol vegyülettel rendelkezik, ezért megmértem a minták összes polifenol tartalmát. Gázkromatográfiás (GC) vizsgálattal néhány élesztő által termelt aroma komponens meghatároztam meg.

Megvizsgálva a minták alkoholtartalmát és színét elmondható, hogy teljes mértékben megfelelt a Magyar Élelmiszerkönyvi előírásoknak. Az eredmények alapján láthatjuk, hogy a gyártók igyekeznek megőrizni az eredeti sör stílus jellegzetességeit. A keserűség (IBU) változó eredményeket mutatott. Az aromavizsgálatnál az alkalmazott élesztő típusok által termelt aromakomponenseket határoztam meg. Egy mintánál a dimetil-szulfid (DMS) és a vicinális-diketonok (VDK) esetében kiugró értékeket kaptam, amelyek olyan mértékűek, hogy ízhibaként jelenhet meg a sörben. Az egyes aromakomponensek kiugró értékének az elkerülése érdekében nagyobb figyelemmel kell kísérni a technológiai folyamatokat, mint a komlóforralás és erjesztés. A rendszeres ellenőrzés segít azonosítani a problémát és a megfelelő eljárás mellett biztosítható a sör minősége.

IRODALOMJEGYZÉK

Alcohol Analyzing System: Alcolyzer. (2023.). Anton Paar. [online] Elérhető:

<https://www.anton-paar.com/corp-en/products/details/alcolyzer-analyzing-system/>

[Hozzáférés dátuma: 2023. november 3]

Barnes, T. (2011-2013). *The Complete Beer Fault Guide* v. 1.4.

Beer Judge Certification Program – Promoting beer literacy, recognizing beer tasting and evaluation skills. [online] Elérhető: https://londonamateurbrewers.co.uk/wp-content/uploads/2015/05/Complete_Beer_Fault_Guide.pdf

[Hozzáférés dátuma: 2023. november 3]

BJCP Style Guidelines – Beer Judge Certification Program. (2021.). [online] Elérhető:

<https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/> [Hozzáférés dátuma: 2023. november 12]

Brewers Association 2023 Beer Style Guidelines (2023). [online] Elérhető:

https://cdn.brewersassociation.org/wp-content/uploads/2023/07/10124402/2023_BA_Beer_Style_Guidelines-updated.pdf

[Hozzáférés dátuma: 2023. november 3]

Bokulich, N. A., & Bamforth, C. W. (2013). The microbiology of malting and brewing.

Microbiology and Molecular Biology Reviews: MMBR, 77(2), 157–172.

<https://doi.org/10.1128/MMBR.00060-12>

Boulton, C., & Quain, D. (Eds.). (2001). *Brewing Yeast and Fermentation*. John Wiley & Sons Ltd.

BrauKon HopGun | The effective cold hopping process. (2023). [online] Elérhető:

<https://braukon.de/en/produkt/braukon-hopgun-en/> [Hozzáférés dátuma: 2023. november 3]

Borsodi Sörgyár Kft. (2023). [online] Elérhető: <https://borsodi.hu/a-mi-sorunk/hoppy>

[Hozzáférés dátuma: 2023. november 3]

Cask Beer Glossary | Drink Cask Fresh. (2023). [online] Elérhető:

<https://www.drinkcaskfresh.co.uk/brewers-log/cask-beer-glossary> [Hozzáférés

dátuma: 2023. november 10]

CBC Online Seminar Presentation Hop-Creep What It Is and Approaches to Managing It.pdf.

[online] Elérhető: [https://www.brewersassociation.org/wp-](https://www.brewersassociation.org/wp-content/uploads/2020/05/CBC-Online-Seminar-Presentation-Hop-Creep-What-It-Is-and-Approaches-to-Managing-It.pdf)

[content/uploads/2020/05/CBC-Online-Seminar-Presentation-Hop-Creep-What-It-Is-and-Approaches-to-Managing-It.pdf](https://www.brewersassociation.org/wp-content/uploads/2020/05/CBC-Online-Seminar-Presentation-Hop-Creep-What-It-Is-and-Approaches-to-Managing-It.pdf) [Hozzáférés dátuma: 2023. november 3]

Di Domenico, M., Feola, A., Ambrosio, P., Pinto, F., Galasso, G., Zarrelli, A., Di Fabio, G., Porcelli, M., Scacco, S., Inchingolo, F., Quagliuolo, L., Ballini, A., & Boccellino, M. (2020). Antioxidant Effect of Beer Polyphenols and Their Bioavailability in Dental-Derived Stem Cells (D-dSCs) and Human Intestinal Epithelial Lines (Caco-2) Cells. *Stem Cells International*, 2020, 8835813. <https://doi.org/10.1155/2020/8835813>

Eßlinger, H. M. (Ed.). (2009). *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. John Wiley VCH.

Gomes, F. de O., Guimarães, B. P., Ceola, D., & Ghesti, G. F. (2021). Advances in dry hopping for industrial brewing: A review. *Food Science and Technology*, 42, ctaAR60620. <https://doi.org/10.1590/fst.60620>

Habschied, K., Krstanović, V., Šarić, G., Ćosić, I., & Mastanjević, K. (2022). Pseudo-Lager—Brewing with Lutra® Kveik Yeast. *Fermentation*, 8(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/fermentation8080410>

Hauser, D. G., Simaëys, K. R. V., Lafontaine, S. R., & Shellhammer, T. H. (2019). A Comparison of Single-Stage and Two-Stage Dry-Hopping Regimes. *Journal of the*

- American Society of Brewing Chemists*, 77(4), 251–260.
- <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1668230>
- Healey, J. (2021). *The Hops List. Second Edition Digital Ebook. 339 Beer Hops From Around the World.*
- Hopláger, a komlós keserű közép-európai—Élesztőház.* (2023). [online] Elérhető: <https://eleszto haz.hu/sztorik/hoplager-sor/> [Hozzáférés dátuma: 2023. november 3]
- HEINEKEN Hungaria Zrt.* 2023.). Elérhető: <https://www.heinekenhungaria.hu/markak/termekeink> [Hozzáférés dátuma: 2023 november 12,]
- Jelínek, L., Müllerová, J., Karabín, M., & Dostálek, P. (2018). The secret of dry hopped beers – review. *KVASNY PRUMYSL*, 64(6), Article 6. <https://doi.org/10.18832/kp201836>
- Kawa-Rygielska, J., Adamenko, K., Pietrzak, W., Paszkot, J., Głowacki, A., Gasiński, A., & Leszczyński, P. (2021). The Potential of Traditional Norwegian KVEIK Yeast for Brewing Novel Beer on the Example of Foreign Extra Stout. *Biomolecules*, 11(12), 1778. <https://doi.org/10.3390/biom11121778>
- Peetz, M., Tsai, E. 2021. Kveik Yeasts. Colorado Brewers Guild, [online] January 10. Elérhető: <https://coloradobeer.org/tech-safety-posts/kveik-yeast/> [Hozzáférés dátuma: 2023. november 12.]
- Rolec Prozess-und Brautechnik GmbH* (2023.). [online] Elérhető: <https://www.rolec-gmbh.com/> és <https://www.facebook.com/ROLECTechnology/posts/the-perfect-dry-hopping-solution-rolec-dryhopnikimproves-quality-saves-money-eas/5455827561124248/> [Hozzáférés dátuma: 2023 november 12,]
- KSH: A sör az egyik legnépszerűbb alkoholtartalmú ital a magyarok körében.* (2020). [online] Elérhető: <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/sor/index.html> [Hozzáférés dátuma: 2023. november 3]

- Lafontaine, S. R., & Shellhammer, T. H. (2018). Impact of static dry-hopping rate on the sensory and analytical profiles of beer. *Journal of the Institute of Brewing*, 124(4), 434–442. <https://doi.org/10.1002/jib.517>
- Lodolo, E. J., Kock, J. L. F., Axcell, B. C., & Brooks, M. (2008). The yeast *Saccharomyces cerevisiae*—the main character in beer brewing. *FEMS Yeast Research*, 8(7), 1018–1036. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00433.x>
- MacWilliam, I. C. (1975). pH IN MALTING AND BREWING—A REVIEW. *Journal of the Institute of Brewing*, 81(1), 65–70. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1975.tb03663.x>
- Magyar élelmiszerkönyv 2-106 számú irányelve.* (2013). [online] Elérhető: <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/7/3b/a2000/2-106.pdf> [Hozzáférés dátuma: 2023. november 12.]
- Magyar Élelmiszerkönyv 1-1-87/250 számú előírása* (2009). [online] Elérhető: https://elelmiszerlanc.kormany.hu/akadalymentes/download/4/15/b1000/1187250_209.pdf [Hozzáférés dátuma: 2023. november 4]
- Maye, J. P., & Smith, R. J. (2018, August 15). *Hidden secrets of the New England IPA*. Brewing Summit 2018. <https://asbc.confex.com/asbc/2018/meetingapp.cgi/Paper/1474>
- Petruzzi, L., Corbo, M., Sinigaglia, M., & Bevilacqua, A. (2015). Brewers's Yeast in Controlled and Uncontrolled Fermentation, with a Focus on Novel, Non-Conventional and Superior Strains. *Food Reviews International*, 32, 150725081628007. <https://doi.org/10.1080/87559129.2015.1075211>
- Podeszwa, T., & Harasym, J. (2016). New methods of hopping (dryhopping) and their impact on sensory properties of beer. *Acta Innovations*, 21, 79–86.

- Preiss, R., Tyrawa, C., Krogerus, K., Garshol, L. M., & van der Merwe, G. (2018). Traditional Norwegian Kveik Are a Genetically Distinct Group of Domesticated *Saccharomyces cerevisiae* Brewing Yeasts. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2137.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02137>
- Pryor, A. (2013). *Indian Pale Ale: An Icon of Empire* (pp. 38–57).
https://doi.org/10.1057/9781137283603_3
- Showing report on Alcoholic beverages—Phenol-Explorer* (2023). [online] Elérhető:
<http://phenol-explorer.eu/reports/38> [Hozzáférés dátuma: 2023. november 12.]
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Smart, K. (Ed.). (2003). *Brewing Yeast Fermentation Performance*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Stewart, G. G. (2017). *Brewing and Distilling Yeasts*. Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-69126-8>
- Stewart, G. G., Russell, I., & Anstruther, A. (Eds.). (2017). *Handbook of Brewing*. CRC Press.
- Young, J., Oakley, W. R. M., & Fox, G. (2023). *Humulus lupulus* and microbes: Exploring biotic causes for hop creep. *Food Microbiology*, 114, 104298.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104298>

TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. TÁBLÁZAT: A VIZSGÁLT SÖRTÍPUSOK JELLEMZŐ PARAMÉTEREI (FORRÁS: BJCP STYLE GUIDELINES (2021) ÉS BA BEER STYLE GUIDELINES (2023) NYOMÁN)	5
2. TÁBLÁZAT: KÜLÖNBÖZŐ LAGER SÖRÖK BJCP ÁLTAL MEGHATÁROZOTT KATEGÓRIÁI (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS (BJCP STYLE GUIDELINES, 2021) NYOMÁN)	6
3. TÁBLÁZAT: ALE ÉS LAGER TÖRZSEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS PETRUZZI ET AL., (2015) ÉS STEWART, (2017)NYOMÁN)	10
4. TÁBLÁZAT: AZ ÉLESZTŐ ÁLTAL TERMELT NÉHÁNY AROMA ÉS ILLÓ KOMPONENSEK (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS BARNES, (2013.) NYOMÁN)	11
5. TÁBLÁZAT: HIDEKGOMLÓZÁSI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA (FORRÁS: JELÍNEK ET AL., 2018).....	14
6. TÁBLÁZAT: HIDEKGOMLÓZOTT SÖRMINTÁK ADATAI (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS)	20
7. TÁBLÁZAT: AROMA ÉS ILLÓANYAGOK KONCENTRÁCIÓJA A VIZSGÁLT SÖRÖKBEN (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS)	33
1. ÁBRA: ALSÓERJESZTÉSŰ-(BALRA) ÉS FELSŐERJESZTÉSŰ ÉLESZTŐ (JOBBRA) MIKROSZKÓPOS FELVÉTELE (640X NAGYÍTÁS) (FORRÁS: EßLINGER, 2009).....	10
2. ÁBRA: KOMLÓ (HUMULUS LUPULUS) FELÉPÍTÉSE (FORRÁS: YOUNG ET AL., 2023).....	13
3. ÁBRA: BRAUKON HOPGUN MŰKÖDÉSE (FORRÁS: PODESZWA & HARASYM, 2016).....	16
4. ÁBRA: ROLEC DRYHOPNIK MŰKÖDÉSE (FORRÁS: WWW.ROLEC-GMBH.COM).....	16
5. ÁBRA. VDK KONCENTRÁCIÓ NÖVEKEDÉSE A HOP CREEP HATÁSÁRA (FORRÁS:CBC-ONLINE-SEMINAR-PRESENTATION-HOP-CREEP-WHAT-IT-IS-AND-APPROACHES-TO-MANAGING-IT.PDF)	17
6. ÁBRA: HIDEKGOMLÓZOTT SÖRMINTÁK (FORRÁS: SAJÁT KÉP)	21
7. ÁBRA: ANTON PAAR ALCOLYZER PLUS SÖRANALIZÁTOR (FORRÁS: SAJÁT KÉP)	22
8. ÁBRA: A SÖRMINTÁK SZŰRÉSE (FORRÁS: SAJÁT KÉP).....	22
9. ÁBRA: HACH DR6000 UV-VIS SPEKTROFOTOMÉTER (FORRÁS SAJÁT KÉP)	23
10. ÁBRA: AGILENT 6890N GÁZKROMATOGRÁF ÉS HS 7694 HEADSPACE SAMPLER (FORRÁS: SAJÁT KÉP)	25
11. ÁBRA: SÖRMINTÁK MÉRT ÉS JELÖLT ALKOHOLTARTALMA. (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS) 27	
12. ÁBRA: A SÖRMINTÁK MÉRT ERDETI-EXTRAKTTARTALMA (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS) . 28	
13. ÁBRA: A SÖRMINTÁK MÉRT ÉS JELÖLT SZÍN EBC ÉRTÉKE (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS). 29	
14. ÁBRA: A SÖRMINTÁK MÉRT PH ÉRTÉKE (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS).....	30

15. ÁBRA. A SÖRMINTÁK MÉRT ÉS JELÖLT KESERŰ (IBU) ÉRTÉKE (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS)	31
16. ÁBRA: MÉRT ÖSSZES POLIFENOL (TPC) TARTALOM (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS)	32
17. ÁBRA: A KESERŰÉRTÉK ÉS AZ ÖSSZES POLIFENOL ÖSSZEFÜGGÉSE (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS)	32

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Mincsics Attila
A Hallgató Neptun kódja: C6JUOR
A dolgozat címe: Egyszeresen és többszörösen hidegkomlózott sörök összehasonlító elemzése
A megjelenés éve: 2023.
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.

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

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

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori 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, 2023. november 13.



Hallgató aláírása

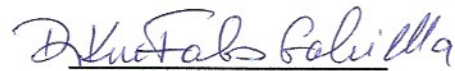
NYILATKOZAT

Mincsics Attila (Neptun azonosító: C6JUOR) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*1

Kelt: Budapest, 2023. november 2.


belső konzulens
