

DIPLOMADOLGOZAT

Vozárik Péter

2024



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

**BIOGÉN AMIN TARTALOM MEGHATÁROZÁSA ÉS KÉN-DIOXID
TARTALOM VÁLTOZÁSÁNAK ELEMZÉSE TÁROLÁS HATÁSÁRA A
BORSODI SÖRGYÁR EGYES TERMÉKEIBEN**

Belső konzulens:	Dr. Mednyánszky Zsuzsanna egyetemi docens
Belső konzulens intézete/tanszéke:	MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet , Táplálkozástudományi Tanszék
Külső konzulens:	Nánásiné Csécsei Erzsébet MEO vezető
Készítette:	Vozárik Péter

Budapest
2024

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzések	4
1.1	Bevezetés	4
1.2	Célkitűzések	5
2.	Szakirodalmi áttekintés	6
2.1	Fogyasztási szokások.....	6
2.2	A sör élettani szerepe.....	6
2.3	Keserűanyagok.....	8
2.4	Polifenolok.....	10
2.5	A sör érzékszervi tulajdonságait meghatározó összetevők.....	11
2.6	Aminosavak szerepe	12
2.6.1	Szerepük az érzékszervi tulajdonságok kialakulásában	12
2.6.2	Szerepük az élesztő tevékenységében	13
2.7	A biogén aminokról.....	14
2.7.1	Általánosságban	14
2.7.2	Mikrobiológiai származásuk.....	15
2.7.3	Szűrés, hőkezelés hatása a biogén aminokra	16
2.7.4	Tárolás hatása a biogén aminokra	16
2.7.5	Egyéb befolyásoló tényezők	16
2.8	Biogén aminok és a „sörallergia”	16
2.8.1	Sörallergia.....	17
2.8.2	A hisztamin és a tiramin	17
2.8.3	Kadaverin.....	19
2.8.4	Spermidin.....	20
2.8.5	Agmatin	20
2.9	Biogén aminok kapcsolata a kémiai tulajdonságokkal.....	20

2.10	A kén-dioxid szerepe	22
2.10.1	Stressz hatása a kén-dioxid-tartalomra	23
2.10.2	Kén-dioxid csökkenése tárolás során	23
3.	Alkalmazott módszerek.....	25
3.1	Biogén aminosavak meghatározása	25
3.1.1	A minták előkészítése	25
3.1.2	A mérés menete.....	25
3.1.3	A mérés paraméterei.....	26
3.2	Keserűérték meghatározása	26
3.2.1	A minták előkészítése	26
3.2.2	A mérés menete.....	27
3.2.3	Számítás.....	27
3.3	Összes polifenol-tartalom meghatározása	28
3.3.1	A minták előkészítése	28
3.3.2	A módszer elve.....	28
3.3.3	A mérés menete.....	28
3.4	Szín meghatározása	29
3.4.1	A minták előkészítése	29
3.4.2	A mérés menete.....	29
3.5	A minták pH-értékének meghatározása.....	29
3.5.1	A minták előkészítése	29
3.5.2	A mérés menete.....	30
3.6	Eredeti extrakt- és alkoholtartalom meghatározása	30
3.6.1	A minták előkészítése	30
3.6.2	A mérés menete.....	30
3.7	Kén-dioxid-tartalom meghatározása	31
3.7.1	A minták előkészítése	31

3.7.2	A mérés menete.....	32
3.7.3	Számítás.....	32
4.	Eredmények és értékelésük	33
4.1	Biogén amin tartalom	33
4.1.1	A vizsgált öt biogén amin mennyisége a sörökben	35
4.1.2	Biogén aminok aránya	36
4.1.3	Sörlevek és belőlük készült sörök biogén amin tartalmának összehasonlítása ..	40
4.2	Kén-dioxid tartalom	40
4.2.1	Meleg tárolás hatása	42
4.2.2	Hideg tárolás hatása.....	43
4.3	Egyéb fiziko-kémiai paraméterek	45
5.	Következtetések és javaslatok	47
6.	Összefoglalás.....	48
7.	Irodalomjegyzék	50
8.	Ábrák és táblázatok jegyzéke	60
9.	Mellékletek.....	61

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

1.1 Bevezetés

A sör világszerte népszerű, alkoholtartalmú ital, melyet az Európai Unióban a legnagyobb mennyiségben fogyasztanak az alkoholtartalmú italok közül. Éppen ezért fontos megvizsgálni a rendszeres sörfogyasztás előnyeit, illetve lehetséges kockázatait.

A sör számos, az emberi szervezet számára kedvező tulajdonságú elemet tartalmaz. Ilyenek a vitaminok, ásványi anyagok, antioxidánsok (főleg fenolok és melanoidinek), nitrogéntartalmú vegyületek, szénhidrátok, élelmi rostok (arabinoxilánok, β -glükánok). A komló rengeteg fenolos vegyületet és keserű gyantát tartalmaz (Fumi et al., 2011). Ezeket a későbbiek során részletesebben áttekintjük. Mérsékelt sörfogyasztás esetén az említett vegyületek pozitív egészségügyi hatást válthatnak ki (Iacomino et al., 2009; Brányik et al., 2012).

Másrészt, a rendszeres sörfogyasztásnak bizonyos kockázatai is vannak. A sörben jelen lévő káros anyagok közül kiemelten fontosak a biogén aminok. Bár ezek a nitrogéntartalmú vegyületek kis mennyiségben fontos élettani szereppel bírnak (testhőmérséklet szabályozása, gyomorsav szekréció (Coton és mtsai, 2010), nagyobb mennyiségben nemkívánatosak. Világszerte aggodalomra adnak okot, ezért a szakemberek számos erőfeszítést tettek, hogy csökkentsék mennyiségüket különféle erjesztett élelmiszerekben (Pradenas et al. 2016).

A sörök biogén amin tartalmának meghatározása három okból kifolyólag is szükséges. Először is, toxikológiai kockázatot jelentenek. Másodszor, hogy mikrobiológiai romlások indikátoraiként is szolgálnak. A magas hisztamin- és tiramintartalom ugyanis jó indikátora lehet a sörgyártási folyamatban vétett hibáknak, a nem megfelelő higiéniai körülményeknek, a nem megfelelő alapanyagoknak (Izquierdo-Pulido et al., 1989). Végül, hogy értékeljük a helyesbítő tevékenységek végrehajtásának szükségességét, melyek csökkentik vagy megelőzik a biogén aminok képződését (Pradenas et al. 2016).

Bár a sör nem a legfőbb potenciális veszélyforrása a biogén aminoknak, bizonyos személyek érzékenyebbek jelenlétükre és az enyhébb tünetektől a súlyosabb tünetekig sok mellékhatást eredményezhetnek (Salek et al.,2020).

A sok tényező miatt nem könnyű feladat annak meghatározása, pontosan mi okozza a vizsgált sörünk esetlegesen magas biogén amin tartalmát, de a fent említett kockázatok miatt célszerű nagyobb figyelmet fordítani erre a különös vegyületcsoportra.

Hasonlóan fontos szempont az allergén sajátosságú kén-dioxid mennyiségének meghatározása, illetve csökkentése – lehetőségeinkhez mérten – a sörünkben.

1.2 Célkitűzések

A munka célja a Borsodi Sörgyár egyes termékeiben lévő, intoleranciát kiváltó komponensek vizsgálata:

- *Biogén aminok mennyiségi meghatározása.*

Ezek közül nagyobb hangsúlyt kap a hisztamin és a tiramin, mert egészségügyi kockázatuk nagyobb mértékű.

Fontos szempont volt a sörök sörlé állapotban történő elemzése és az eredmények összehasonlítása a késztermék paramétereivel.

- *Kén-dioxid tartalom változásának elemzése a tárolás során.*

Ezek mellett meghatároztam az egyes termékek eredeti extrakt- és alkoholtartalmát, pH-ját, színét, polifenol tartalmát, keserűértékét is.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Fogyasztási szokások

A sör a legnagyobb mennyiségben fogyasztott alkoholtartalmú ital az Európai Unióban. Csehországban volt a legnagyobb az egy főre eső fogyasztás, ahol 2017-ben ez az érték 138 l/fő/év volt. Ezt követi Ausztria (105 l/fő/év) és Németország (101 l/fő/év). Magyarország a 16. helyen szerepelt ebben az évben a 63 l/fő/év fogyasztásával (Beer statistics, 2018).

A legtöbb sört ténylegesen azonban Németországban fogyasztották 2017-ben (közel 83,6 millió hektolitert), majd a sorban következő az Egyesült Királyság (kb. 44 millió hl) és Spanyolország (kb. 39,6 millió hl). Magyarországon közel 6,8 millió hektoliter sör fogyott ebben az évben, amivel a 13. helyen szerepeltünk (Beer statistics, 2018).

2.2 A sör élettani szerepe

A sör számos, az emberi szervezet számára kedvező tulajdonságú elemet tartalmaz. Ilyenek a vitaminok, ásványi anyagok, antioxidánsok (főleg fenolok és melanoidinek), nitrogéntartalmú vegyületek, szénhidrátok, élelmi rostok (arabinoxilánok, β -glükánok). A komló rengeteg fenolos vegyületet és keserű gyantát tartalmaz (Fumi et al., 2011). Ilyenek például a fenolsavak (ferulinsav), a flavonoidok (formononetin, genistein, biochanin A, daidzein, prodelfinidin B3, procianidin B3, katekin, epikatekin) (Denke, 2000).

Vitaminok közül a B-vitaminok a legjelentősebbek, ezek közül is a folsav (B_9), riboflavin (B_2), pantoténsav (B_5), piridoxin (B_6) és niacin (B_3) (Bamforth, 2004).

Az árpa és a zöld maláta még tartalmaz C-vitamint, de a hőkezelés során ez lebomlik. Ezért C-vitamint elsősorban azok a sörök tartalmaznak, amelyekhez antioxidánsként aszkorbinsavat adagolnak. Ez leginkább a radlerekre és különböző ízesített sörökre jellemző (Bamforth, 2004).

Tekintve, hogy víztartalma 90-95% körüli, jelentős mértékben támogatja a szükséges napi folyadékbevitelünket (Bamforth, 2004).

A sör ásványi anyagainak megközelítőleg háromnegyede a malátából, negyede pedig a vízből származik (Montanari et al., 2009). Legjelentősebb a magnézium-és káliumion, és kisebb mennyiségben tartalmaz vasat, kalciumot és cinket. A vasat káros oxidatív folyamatokat katalizáló hatása miatt a sörfőzés során igyekeznek eltávolítani (Bamforth, 2004).

1. táblázat: A sör tápértékjellemzői

(Forrás: Bamforth, 2002 nyomán; kiegészítve a AZ EURÓPAI PARLAMENT
ÉS A TANÁCS 1169/2011/EU RENDELETE adataival)

Paraméter	Mennyiség sörben (literenként)	NRV	NRV %
Energia (kcal)	150 - 1100	2000	7,5 - 55
Fehérje (g)	3 - 5	50	6 - 10
Szénhidrát (g)	0 - 61	260	0 - 23,5
Zsír (g)	0	70	0
A-vitamin (µg)	0	800	0
D-vitamin (µg)	0	5	0
E-vitamin (mg)	0	12	0
K-vitamin (µg)	0	75	0
C-vitamin (mg)	max. 30	80	max. 37,5
Tiamin (mg)	0,003 - 0,08	1,1	0,3 - 7,3
Riboflavin (mg)	0,02 - 0,8	1,4	1,4 - 57,1
Niacin (mg)	3 - 8	16	18,8 - 50
B₆-vitamin (mg)	0,07 - 1,7	1,4	5 - 121,4
Folát (µg)	40 - 600	200	20 - 300
B₁₂-vitamin (µg)	3 - 30	2,5	120 - 1200
Biotin (µg)	2 - 15	50	4 - 30
Kalcium (mg)	40 - 140	800	5 - 17,5
Foszfor (mg)	90 - 400	700	12,9 - 57,1
Magnézium (mg)	60 - 200	375	16 - 53,3
Kálium (mg)	330 - 1100	2000	16,5 - 55
Nátrium (mg)	40 - 230	-	-
Vas (mg)	0,1 - 0,5	14	0,7 - 3,6
Cink (mg)	0,01 - 1,48	10	0,1 - 14,8
Szelén (µg)	0,4 - 7,2	55	0,7 - 13,1

A 1. táblázat a sör energiatartalmát, a benne található legfontosabb makrokomponensek, illetve makro- és mikroelemek mennyiségét mutatja. Az értékek egy liter sör fogyasztására vonatkoznak és a sörök sokféleségéből adódóan nem értékekről, hanem értéktartományokról beszélhetünk. Az „NRV” az angol Nutrient Reference Value szavakból származik, mely ajánlott napi beviteli referenciaértéket jelöl, és az 1169/2011/EU rendelet XIII. mellékletében

meghatározott értékekkel azonos. Az „NRV %” oszlop értékei pedig megmutatják, hogy egy liter sör elfogyasztása az NRV hány %-át teszi ki.

Az irodalmat (Bamforth, 2002) összevetve a vonatkozó rendelettel (AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 1169/2011/EU RENDELETE, 2011), ha a tartományok maximumát vesszük figyelembe, azt látjuk, hogy az energia-, a riboflavin-, a niacin- a B₆-vitamin-, a folát-, a B₁₂-vitamin-, a foszfor-, a magnézium- és a kálium-igényünk legalább felét fedezhetjük napi egy liter sör elfogyasztásával. Természetesen, a sör alkoholtartalma miatt ilyen mennyiség rendszeres fogyasztását nem ajánlják a szakemberek.

Figyelemre méltó a sör B₆-vitamin, a folát- és – különösképpen – a B₁₂-vitamin-tartalma. Mivel a B₁₂-vitamin növényi eredetű élelmiszerekben nincs jelen, így az állati eredetű élelmiszereket mellőző fogyasztók számára a sör hasznos forrása lehet ennek a vitaminnak.

Rendszeres – mértékletes - fogyasztása hozzájárulhat a szív-és érrendszeri betegségek kockázatának csökkentésében (Bamforth, 2004). Azonban még egy nem régen megjelent tanulmány szerint további megerősítő kutatásokra van szükség ennek igazolásához. (Olas – Brys, 2020).

Továbbá, erős antimikrobiális tulajdonsága van és számos Gram-pozitív baktérium növekedését gátolja (Fernandez – Simpson, 1995). A Gram-negatív baktériumoknál is megfigyelhető volt a gátló hatás, de ezek a fajok a komlóban található xantohumol, illetve a β - és az α -savakkal szemben jóval ellenállóbbak voltak. Baktériumok esetében gátló hatást figyeltek meg az *Escherichia coli*, a *Staphylococcus aureus*, a *Salmonella enterica*, a *Listeria monocytogenes* fajoknál. A kutatók az utóbbi faj esetében azt találták, hogy a komló említett mikrobagátló anyagai az élelmiszer alacsonyabb zsírtartalma és magasabb savassága esetén hatékonyabban fejtik ki hatásukat. Gombáknál is megfigyelték a gátló hatást a *Candida albicans*, a *Fusarium oxysporum*, a *Trichophyton mentagrophytes*, a *Trichophyton rubrum*, illetve a *Mucor rouxianus* fajoknál (Franco – Vázquez, 2020).

2.3 Keserűanyagok

A sörök keserűségét a komló (*Humulus lupulus*) α - és β -savai adják, melyek közül az α -savak jelentősebbek. Az α -savak öt különböző vegyületét írták le részletesen, melyek közül három jelentősebb (kohumulon, humulon és adhumulon) és két vegyület kisebb jelentőségű (prehumulon és poszthumulon). Ezek a vegyületek csupán oldalláncukban különböznek

egymástól, az 1. ábrán látható módon. Az említett komlósavak más-más arányban vannak jelen a különböző komlófajtákban.

A komlósavak azonban önmagukban igen csekély keserűséget adnának a sörnek. A sörlé forralása alkalmával, hő hatására izomerizálódnak és így jönnek létre a sör keserűségét meghatározó vegyületek, az izo- α -savak (izokohumulon, izohumulon, izoadhumulon). A sör keserűségének körülbelül 80%-áért felelősek ezek a vegyületek. Az így nyert izo-alfasavak sokkal jobban oldódnak alsóerjesztésű sörökben (optimálisan pH 4,2 és 4,4 között) és jelentős mértékben hozzájárulnak a sör eltarthatóságához, mikrobiológiai stabilitásához, érzékszervi jellemzőinek kialakításához, illetve a habtartóssághoz.

Konfigurációs izoméria szerint két különböző formában fordulnak elő a sörben az izo-alfasavak; ezek a cisz- és transz izomerek. A frissen főzött sörben az izo-alfasavak 60%-ban cisz formában, 40%-ban transz formában vannak jelen. A cisz forma jóval stabilabb, mint a transz, így a tárolás során a transz forma aránya csökken, míg a cisz forma aránya változatlan marad. Megállapították, hogy a cisz izomer jóval keserűbb is önmagában, mint a transz. Ez hozzájárulhat az öreg sörökre jellemző hosszan tartó, durva keserűséghez, mint káros minőségrontó tényezőhöz (Caballero et al. 2012).

Az 1. ábra az ötféle alfasav és a cisz-transz izo-alfasavak szerkezeti képletét szemlélteti.

1. ábra: Az α -savak kémiai szerkezete és az α -savak izomerizációja izo- α -savakká
(Forrás: Caballero et al. 2012 nyomán)

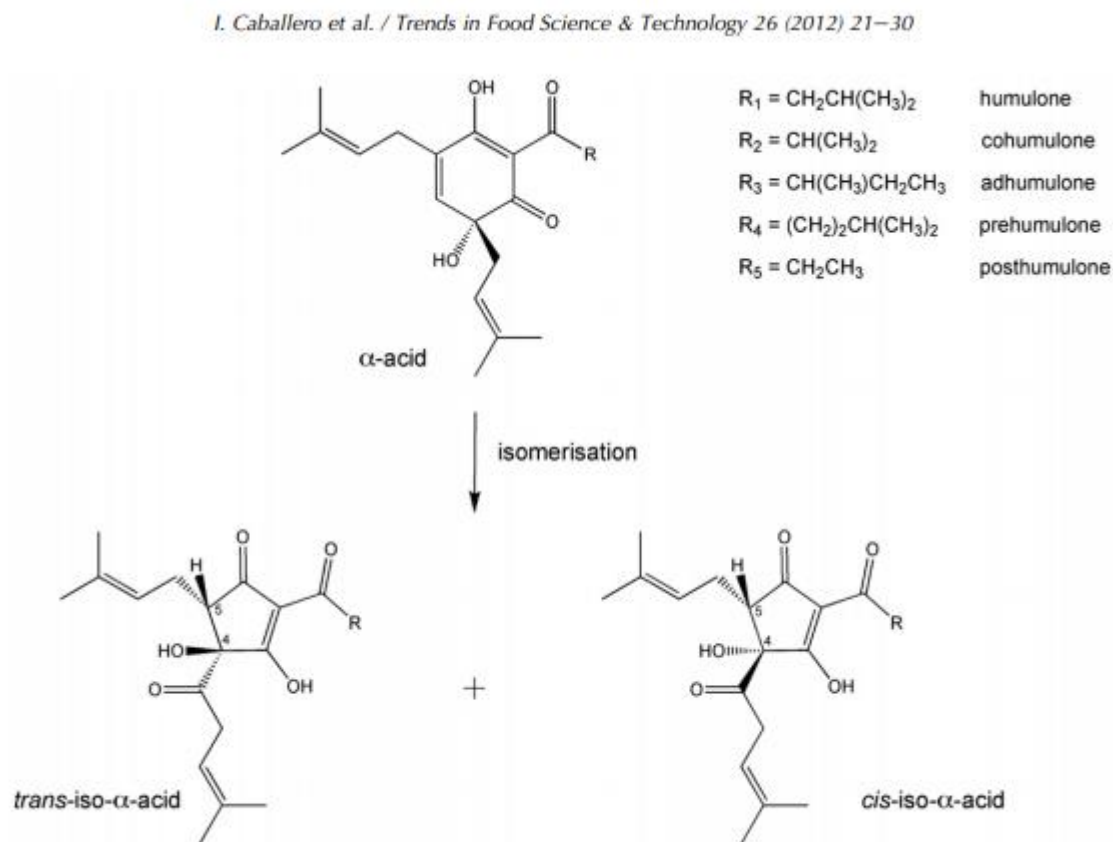


Fig. 1. Chemical structure of α -acids and conversion of α -acids to iso- α -acids via isomerization.

2.4 Polifenolok

A polifenolok iránti érdeklődés az utóbbi időben megnövekedett az egészségre gyakorolt lehetséges jótékony hatásai miatt. Számos tanulmány szólt a polifenolok szív-és érrendszeri betegségeket megelőző lehetséges hatásairól. Emellett gyulladáscsökkentő, trombocita gátló, vérlemezke-gátló hatását említik. Írnak arról is, hogy a trigliceridek, a C-reaktív fehérjék, illetve az LDL és VLDL koleszterinszintet javíthatják, csökkentve ezzel a kardiovaszkuláris betegségek kockázatát. Azonban a polifenolok szív-és érrendszert védő hatásának mechanizmusát még nem írták le teljesen (Behl et al., 2020).

A sörben lévő fenolos vegyületek a malátából és a komlóból származnak. A polifenolok 30%-át a komló adja, mely igen nagy részarányt jelent, hiszen az általános gyártási eljárás során a hozzáadott komló mennyisége csupán századrésze a malátáénak. (Zhao – Sun-Waterhouse,

2019) Több mint 100-féle komponenst azonosítottak a komló polifenol frakciójában nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás mérések során (Ruiz-Ruiz et al., 2020). A 2. táblázat a komlóban előforduló legfontosabb fenolos vegyületek, vegyületcsoportok koncentrációit tartalmazza. Legnagyobb mennyiségben xantohumol, oligomer proantocianidinek és acil-fluoroglucinol-származékok vannak jelen a komlóban.

2. táblázat: A komló fenolos vegyületei és koncentrációjuk

(Forrás: Ruiz-Ruiz et al. 2020 nyomán)

Vegyületek	Koncentráció (%)
Fenolos karbonsavak	-
Benzoésav származékok	<0,01
Fahéjsav származékok	0,01–0,03
Flavonoidok	-
Xantohumol	0,20–1,70
8-,6-Prenylnaringenin	<0,01
Kvercetin	0,05–0,23
Kaempferol	0,02–0,24
Katekinek és epikatekinek	0,03–0,30
Oligomer proantocianidinek	0,20–1,30
Acil-fluoroglucinol-származékok	0,05–0,50

2.5 A sör érzékszervi tulajdonságait meghatározó összetevők

A szabad aminosavak hozzájárulnak a sör íz-anyagainak kialakulásához és fontos táplálkozási szerepük is van (Kabelová et al., 2008).

A komlóban megtalálható íz-és aromaanyagok két fő összetevőjéből származnak. Ezek a komlógyanták (melyek főként keserű ízt adnak a sörnek) és az illóolajok (melyek jellegzetes aromát kölcsönöznek a sörnek). A komlógyanták számos alkotója közül a legfontosabbak az α -savak, melyek a komló szárazanyagtartalmának 2-15%-át adják. Az α -savak mennyiségének növelésével a keserűség egyenes arányban nő.

A komló 0,03-3% (m/m) olajat tartalmaz, melyben legalább 300-féle – a sör aromajegyeihez hozzájáruló – vegyület megtalálható.

A nyelvünkkel csupán a keserű, édes, savanyú és sós ízeket érezzük. Az orrunk segít minden más – a sört igazán leíró – aromát érzékelni. A sör jellegét a rengeteg különböző molekula együttes jelenléte alakítja ki. A molekulák egy része a komlóból és a malátából származik, de rengeteg az élesztő tevékenységének mellékterméke.

Az élesztő melléktermékei között találunk észtereket, alkoholokat, szerves savakat, vicinális diketonokat, kéntartalmú vegyületeket, aldehideket és zsírsavakat (Bamforth, 2004).

2.6 Aminosavak szerepe

A sörben jelenlévő szabad aminosavak szerepe kettős. Egyrészt, némely speciális aminosavat mellékízek kialakulásáért felelősnek tartanak, másrészt pedig, a sörlé egyéb összetevőivel hozzájárul a sör ízéhez és fogyaszthatóságához (Nagao et al., 1999), nem beszélve a kedvező táplálkozási szempontokról (Casella – Contursi, 2003).

Bár a sör több fehérjét tartalmaz, mint a legtöbb alkoholos ital, azért az élelmiszerek többségénél kevesebbet. Esszenciális aminosavakat is tartalmaz, 50-100 mg/kg mennyiségben (Bamforth, 2004).

Pomilio és munkatársai (2010) szerint a megfelelő aminogramok segítségével megkaphatjuk az egyes maláta-és sörtípusok jellemzésére alkalmas ujjlenyomatokat, mintázatokat. Az aminosavak tehát kémiai biomarkerként is szolgálhatnak a maláták és a sörök leírására (Molnár-Perl, 2005).

2.6.1 Szerepük az érzékszervi tulajdonságok kialakulásában

Ferreria és Guido (2018) szerint az aminosavaknak fontos szerepük van a sör érzékszervi jellemzőinek kialakításában.

Az aminosavak befolyásolják az erjedés néhány kisebb anyagcseretermékének képződését, amelyek hozzájárulnak a sör ízéhez. Ezek közé tartoznak az észterek, magasabb rendű alkoholok, kéntartalmú vegyületek és a karbonilok. A hisztidin, tirozin, lizin, glicin, valin, alanin, fenilalanin, leucin, izoleucin és arginin koncentrációját fontosnak tartják, mert jelentős szerepet játszanak az élesztő által termelt íz-aktív vegyületek bioszintézisében (He et al., 2014).

Másrészt, az aminosavak nélkülözhetetlen elemei a különböző íz-és aromaanyagok kialakulását eredményező Maillard reakciónak is. Bár a nem enzimatis barnulásnak jobbra

a barna és félbarna, illetve vörös sörök esetében van szerepe, de nem elhanyagolható tényező a világos sörök esetében sem (Ferreria – Guido, 2018).

A Maillard reakció során a redukáló cukrokkal fehérjék, peptidek, aminosavak, illetve aminok is reakcióba léphetnek, Amadori terméket képezve (Vanderhaegen et al., 2006). A cukor és aminosavak típusán túl a reakció időtartama, hőmérséklete, pH-ja és a víztartalom is befolyásolja a keletkező ízanyagok minőségét. A szabad aminosavak közül a prolin, a tirozin, az arginin és az alanin a domináns, de sokkal reakcióképesebb a glicin és a lizin (Ferreria – Guido, 2018).

A nem enzimatis barnulás termékei közül a sör szempontjából legfontosabbak a furfurool (keserű, boros jelleg) és a hidroximetil-furfurool (karton, papír, uborka jelleg) (Ferreria – Guido, 2018). Egyes kutatások szerint e két vegyület gátolja az élesztő élettevékenységét, a glikolitikus enzimeket és DNS-károsodást eredményezhetnek (De la Cueva et al., 2017).

A Maillard reakció végtermékei a melanoidinek, melyeket korábban nehezen emészthető, káros, mutagén hatású komplexeknek tekintettek (Csapó – Csapóné Kiss, 2004). Ezzel szemben az utóbbi vizsgálatok szerint számos kedvező hatással bírnak és – többek között – antioxidáns, gyulladáscsökkentő, antimikrobiális, vérnyomáscsökkentő és prebiotikus hatásokról írnak (Mesías – Delgado-Andrade, 2017).

A Maillard reakciók során képződött dikarbonilok (α -dikarbonil-származékok) és egy aminosav közötti transzamináláson alapulnak a Strecker-féle lebontási reakciók, melynek során Strecker-aldehidek és aminoketonok keletkeznek (Ferreria – Guido, 2018; Csapó – Csapóné Kiss, 2004).

Néhány Strecker lebontási reakció az alábbi íz-aktív vegyületeket képezi: valinból 2-metilpropanal (gabonás, lakkos, gyümölcsös), fenilalaninból fenilacetaldehid (jácint, virágos, rózsás), metioninból metional (főtt burgonya, sörlé jelleg), leucinból 3-metilbutanal (malátás, csokoládé, cseresznye, mandula) és izoleucinból 2-metilbutanal (mandula, almaszerű, malátás) keletkezik (Ferreria – Guido, 2018).

2.6.2 Szerepük az élesztő tevékenységében

A sörlében lévő nitrogéntartalmú vegyületek sokfélék. Közéjük tartoznak az aminosavak, peptidek, polipeptidek, fehérjék, nukleinsavak és bomlástermékeik, melyek az extrakttartalom 3-5%-át teszik ki. Ennek hozzávetőlegesen 40%-a polipeptid, 30%-a α -amino-nitrogén, 20%-

a nagy molekulatömegű fehérje és a maradék 10%-a purinokban és egyéb nitrogénvegyületekben lévő nitrogén (Ferreria – Guido, 2018).

A sörlében lévő aminosavak koncentrációjában történő változások befolyásolják a nitrogén-anyagcserét, mert az élesztő aminosavai is elsősorban ezekből az aminosavakból származnak (Hough et al., 1982).

Az aminosavak az élesztő fő nitrogénforrásai (Ferreria – Guido, 2018). A ZnSO_4 mellett az L-leucin alapvető fontosságú az élesztő növekedésében és anyagcsere-folyamataiban (Hiralal et al., 2014).

A sörlében lévő fehérjéket – az árpa, maláta, komló, esetleg pótanyagok fehérjéit – az élesztő aminosavakká alakítja proteolitikus enzimek segítségével az erjesztés során. Az így nyert aminosavakat az élesztő részben felhasználja, a maradék pedig a sör részét képezi (Kunze, 1999). A prolint nem képes metabolizálni az élesztő, ezért hajlamos a feldúsulásra (Crépin et al., 2012).

Látjuk, hogy az aminosavak sok fontos funkcióval bírnak. Azonban, ha feleslegben vannak jelen, úgy káros folyamatok lejátékozódását segítik elő. A szennyező mikrobák számára ugyanis nitrogénforrást biztosítanak. Ezért a sörfőzők igyekeznek csak a szükséges mennyiséget beállítani, hogy csak az élesztő használja fel őket (Bamforth, 2004).

2.7 A biogén aminokról

2.7.1 Általánosságban

A biogén aminok kis molekulatömegű nitrogéntartalmú vegyületek, melyek keletkezése többféle. Egyrészt a fermentált élelmiszerekben alkalmazott starterkultúrák enzimelei termelik az aminosavak dekarboxilezésével, vagy aldehidek és ketonok aminálásval, transzaminálásával. Másrészt, nem fermentált élelmiszerekben jelenlévő szennyező mikroorganizmusok tevékenysége révén. Ugyanakkor, kedvezőtlen körülmények között a fermentált élelmiszerekben is jelen lehetnek szennyező mikrobák, hasonló hatást eredményezve (Salek et al. 2020).

Három különböző csoportba sorolhatjuk őket kémiai szerkezetük alapján: alifás (putreszcin, kadaverin, spermin, spermidin, agmatin), aromás (tiramín, fenilalanin), illetve heterociklusos (hisztamin, triptamin) vegyületek (Salek et al. 2020).

A hisztamint és a tiramint indikátornak tekinthetjük, mert jól jelzik a nem megfelelő higiéniai körülményekhez kapcsolódó hibás élelmiszer-előállítási folyamatokat, illetve a rossz minőségű felhasznált anyagokat (Izquierdo-Pulido et al., 1989). Az előbbi megállapítás lehet a magyarázata, hogy Diel és munkatársai (2008) csak a csapolt sörökben talált nagy mennyiségű hisztamint, a csomagolt sörökben nem (Diel et al., 2008).

Salek és munkatársai (2020) összesen 115 kézműves jellegű sörminta biogén-amin-tartalmát vizsgálta. A minták 30%-ában 50-100 mg tartományban mérték az összes biogén-amin tartalmat, ami komoly egészségügyi kockázatot jelenhet még az egészséges egyének számára is.

2.7.2 Mikrobiológiai származásuk

Egyes biogén aminok származását dekarboxiláz pozitív mikrobákhoz kötik (hisztamin, tiramin, kadaverin) (Almeida et al. 2012). másokat természetesen fellelhetőnek tartanak nyersanyagokban, mint a malátában, komlóban, de a sörlében is (spermidin, 2-feniletilamin, spermin). A putreszcin származása pedig mindkét módon lehetséges (Poveda, 2018).

A legfontosabb biogén aminokat termelő baktériumok a következők: Enterobacteriaceae, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus lindneri*, *Lactobacillus coryniformis*, *Pediococcus inopinatus*, *Lactobacillus brevis* és *Pediococcus cerevisiae* (Koch, 1986).

Majd később más szerzők kiegészítik Koch megállapítását: a biogén aminok fő forrását a tejsavbaktériumok jelentik (Kalač et al., 2002), ezek közül pedig főleg a heterofermentatívák (Geissler et al., 2016). A leggyakrabban előforduló baktériumfajok a *Lactobacillus brevis*, *Lb. curvatus*, *Pediococcus claussenii* és *P. damnosus* (Garofalo et al., 2015; Suzuki, 2011), és a legutóbbi a *Leuconostoc mesenteroides* (Geissler et al., 2016; Poveda et al., 2017) (Poveda, 2018).

A *Pediococcus cerevisiae* jelenléte különösen az ipari méretű sörgyártásnál jellemző, ahol az alacsonyabb erjesztési hőmérséklet és az élesztő szaporításából adódó fertőzési lehetőségek kedvezőek e faj szaporodásához Yarmolinski – Beveridge, 1982). Ugyanakkor Izquierdo-Pulido et al. (1994) nem tapasztalták nagyobb mennyiségű biogén amin képződését az élesztő újrahasznosításakor.

Továbbá, azt is megfigyelték, hogy a legkevésbé erjesztett söröknek volt a vizsgált sörminták közül a legmagasabb hisztamin tartalma. Ezt azzal magyarázzák, hogy ezekben a sörökben magas a még erjeszthető cukortartalom, így ezek a sörtípusok adnak teret leginkább a

mikrobiális szennyezéseknek, mely magas aminosav tartalmat eredményez a késztermékben (Izquierdo-Pulido et al., 1989).

2.7.3 Szűrés, hőkezelés hatása a biogén aminosavakra

Izquierdo-Pulido et al. (1989). szerint a fejtés előtti szűrési folyamat gyakorlatilag nincs hatással egyik aminosav szintjére sem.

Liu et al. (2014) leírják, hogy a hőkezelés igen jelentősen megnöveli a sörök minőség-megőrzési idejét. Tudjuk, hogy a biogén aminosavak jól bírják a magas hőmérsékletet (Danquah et al. 2012). Ebből következik, hogy a hőkezelés – a pasztörizálás – közvetetten hat a biogén aminosav mennyiségének alakulására, a szennyező mikroorganizmusok elpusztítása révén.

2.7.4 Tárolás hatása a biogén aminosavakra

Izquierdo-Pulido et al. (1989) és Suzuki (2011) arról ír, hogy a tárolás során megnövekedhet a biogén aminosav szintje a sörben. Ezt a megállapítást méréseivel igazolja Salek et al. (2020). Azonban ez utóbbi kutatásban kézműves jellegű söröket vizsgáltak, amelyeket jellemzően nem szűrnék (1 µm alatti pórusméretű szűrővel) és nem is pasztörizálnak (Salek et al., 2020). A fentiek alapján érthető, hogy a kutatók a tejsavbaktériumokat okolják a megnövekedett biogén aminosav szint miatt.

2.7.5 Egyéb befolyásoló tényezők

Poveda (2018) azt állítja, hogy a sörök aminosav profilja és a biogén aminosav tartalma közötti különbségek sokkal inkább a nyersanyag minőségétől és az adott sörgyár légköri mikrobiotájának jellemzőitől függ, mint a főzés paramétereitől.

Látjuk, hogy a tényezők sokfélesége miatt gyakran nem egyértelmű, hogy pontosan mi okozta az adott sörünk esetlegesen magas biogén aminosav tartalmát. Azonban, a fentiek értelmében, ha a megfelelő higiéniai szabályokat betartjuk és körültekintően járunk el a sörgyártás teljes folyamatában - beleértve a jó minőségű alapanyag használatát, a szűrést és a pasztörizálást – akkor ételünk valószínűleg biztonságosan fogyasztható lesz (Poveda, 2018).

2.8 Biogén aminosavak és a „sörallergia”

A sör az egyik legbiztonságosabb étel mikrobiológiai szempontból. Ezt a benne lévő etanol (0,5-10% m/m), a komló keserűanyagai (körülbelül 17-55 mg/l izo- α -savak), a nagy mennyiségű CO₂ (körülbelül 0,5% m/m), az alacsony pH-érték (3,8 és 4,7 között), a nagy

mértékben csökkentett O₂-tartalom (< 0,1 mg/l) és a csupán nyomokban jelen lévő tápanyagok (glükóz, maltóz, maltotrióz stb.) teszik lehetővé (Sakamoto – Konings, 2003).

Mindennek ellenére, a sör nem áll ellen a romlásnak, de a benne lévő keserűsavak (humulon, lupulon) erős mikrobaellenes hatást kölcsönöznek neki (Bamforth, 2004). Néhány baktérium a feldolgozás és tárolás közben képes elszaporodni, majd érzékszervi hibákat okozni és nemkívánatos összetevőket létrehozni, mint a biogén aminok (Suzuki, 2011).

Ezek a vegyületek valódi veszélyt jelentenek egyes fogyasztók számára. Ha egy bizonyos szintet elérnek, - mely egyénfüggő – akkor különböző tüneteket okozhatnak, mint például a migrén, fejfájás, szédülés, magas vérnyomás (Poveda, 2018).

A kockázatos mennyiségű biogén amin bevitelhez azonban rövid időn belül történő nagy mennyiségű sör elfogyasztása szükséges (Kalač – Křížek, 2003).

2.8.1 Sörallergia

A „sörallergia” nagyon ritka és csak néhány tudományos cikk jelent meg ezzel kapcsolatban a nemzetközi szakirodalomban. Az alkohol és a biogén aminok együttesének káros hatása – mint a migrén és fejfájás – koncentrációfüggő és erősen befolyásolja az egyéni érzékenység (Diel et al., 2008). Ugyanis, a különböző gyógyszerek mellett az etanol is képes jelentős mértékben csökkenteni a szervezet méregtelenítő funkcióját (Halász et al., 1994). Ennek oka, hogy a hisztamint lebontó enzimek az alkohol metabolizmusában is részt vesznek. A sörből származó alkohol ily módon a biogén aminok lebontását gátolja. Ez allergiaszerű tüneteket vált ki, leginkább a szénanátha tüneteit, mint az orr rendellenessége és a bőr kipirulása (Diel et al., 2008). Továbbá, az aminok magas szintje fejfájást, alacsony- vagy magas vérnyomást, erős szívdobogást, légzési nehézségeket, allergiás rendellenességeket okozhat (Shalaby, 1996). A hisztamin-érzékeny egyénekre különösen igaz, hogy a nem megfelelő higiéniai körülmények között gyártott, tárolt – vagy csapolt – sör fogyasztása egészségügyi kockázatot jelent a fogyasztók számára (Diel et al., 2008).

2.8.2 A hisztamin és a tiramin

A hisztamint először 1910-ben izolálta Sir Henry Dale és munkatársai anyarozsból (*Claviceps purpurea*). Természetes módon nagyobb mennyiségben megtalálható a paradicsomban, spenótban, kakaóban, illetve a spontán vagy célzott módon erjesztett italokban (bor, sör), ételekben (sajtok, joghurt, erjesztett zöldségfélék stb.) (Kovacova-Hanusikova et al., 2015).

A hisztamint „ártalmatlanító” enzimek, a diamin-oxidáz (hisztamináz) és az N-metiltranszferáz. A hisztamináz megfelelő működéséhez szükség van rézre, B₆- és C-vitaminra. Ez az enzim folyamatosan kiválasztódik a bél lumenébe, így az egészséges egyéneknek általában nem okoz problémát a sok hisztamint tartalmazó ételek, italok fogyasztása (Kovacova-Hanuskova et al., 2015).

Egyes személyek szervezetében azonban az enzimműködés csökkent vagy gátolt, így a hisztamin toxikus formában kerül a véráramba (Kovacova-Hanuskova et al., 2015). A biogén aminok az emberi szervezetben a vastagbél nyálkahártyáján keresztül jutnak a tejsavbaktériumok által – vagy az élelmiszer által – az érrendszerbe (Diel et al., 2008). Ezt a rendellenességet hisztamin intoleranciának nevezik, amely becslések szerint a népesség 1%-át érintheti, de ez könnyen alábecsülhető, bizonytalan adat, mert diagnózisa igen nehéz a tünetek sokfélesége miatt (Kovacova-Hanuskova et al., 2015).

Az EFSA szerint a biogén aminok közül a legnagyobb élelmiszerbiztonsági kockázattal a hisztamin és a tiramin bír (EFSA, 2011). A tiramin termelődése gyors folyamat (4 mg/l/nap), a maximális koncentrációig, mely hozzávetőlegesen 45 mg/l (Izquierdo-Pulido et al., 1994). A biogén aminok közül egyedül a hisztaminra vonatkoznak jogszabályok a Európai Unióban, melyek értelmében a hisztamin nem haladhatja meg friss haltermékekben a 200 mg/kg, sóoldatban történő enzimes érleléssel készült halászati termékekben a 400 mg/kg értéket (Kovacova-Hanuskova et al., 2015).

Halász et al. (1994) szerint a putreszcin és a kadaverin képes más biogén aminok mégező hatását fokozni. Majd újabb kutatások kiegészítik ezt a megállapítást, miszerint egyes vegyületek, mint az acetaldehid és trimetil-amin, illetve a biogén aminok közül a kadaverin, a putreszcin, a spermidin és a spermin képes a hisztamin toxicitásának növelésére (Pradenas et al., 2016).

A vizsgálatok szerint a biogén aminok közül csak a hisztamin bír gyenge érzékszervi jellemzőkkel, de még a csapvízben is nehéz meghatározni az ízérzet átlagos küszöbértékét. (Rohn et al., 2005). Diel és munkatársai (2008) szerint ez a küszöbérték $2,5 \pm 1,5 \mu\text{M}$ körül van.

Fernández-Anaya et al. (1999) egy kutatás során hisztamin intoleráns személyeket figyeltek meg sörfogyasztást követően. A betegek tünetei között szerepelt a köhögés, a mellkasi szorító

érzés, az arc, ajak vagy nyelv duzzanata, a bizsergés, ájulás és a generalizált csalánkiütés. A tünetek néhány órán keresztül, esetleg egy napig, ritka esetekben pedig akár több napig is eltarthatnak (Kovacova-Hanusikova et al., 2015).

A mono-amin-oxidáz enzimet gátló gyógyszerekkel kezel betegeknél sörfogyasztás után magas vérnyomást tapasztaltak, mely hatást a tiraminnak tulajdonítottak (Kalač & Křížek, 2003).

Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) szerint egészséges személyeknél nem tapasztaltak egészségkárosító hatást még egy-egy étkezés alkalmával bevitt 600 mg tiramin esetében sem (EFSA, 2011). A klasszikus mono-amin-oxidáz gátló gyógyszereket szedőknél viszont a 10 mg/l tiramin mennyiséget meghaladó sörök fogyasztását veszélyesnek minősítették a betegekre nézve (Tailor et al., 1994). Spano et al. (2010) szerint a hisztamin toxikus szintje alkoholos italokban 8-20 mg/l körül van.

Az aminok a nitrózaminok prekursorai is lehetnek (Lijinsky, 1980). A ma ismert nitrózaminok nagy része karcinogén hatásának bizonyult. A mérsékelt sörfogyasztók számára azonban ez aligha jelenthet kockázatot (Bamforth, 2002). Azoknál a söröknél legvalószínűbb jelenlétük, amelyek malátáját füstgázokkal szárították (Csapó – Csapóné Kiss, 2004).

Az egészségügyi kockázaton túl a biogén aminok gazdasági problémát is okoznak a gyártók számára, mert az Európai Unió egyes országaiban regionális határértékeket szabtak ki rájuk (Smit et al., 2008), mely külön akadályt jelent a termékek exportjában, importjában (Poveda, 2018).

Több kutató szerint a biogén aminok körüli problémákra a megoldást egy megfelelően kiépített és működtetett minőségirányítási rendszer (például HACCP) jelentheti (Salek et al. 2020; Poveda, 2018).

2.8.3 Kadaverin

A kadaverin a putreszcinnel együtt képes reakcióba lépni a nitrittel, ami rákkeltő nitrózaminokat képez. E két biogén amin nagyobb mennyiségben (50-100 mg/l) a fermentált élelmiszerek érzékszervi tulajdonságait is kedvezőtlenül befolyásolja. Borok esetében például fémes, húsos vagy rothadt jelleget kölcsönözhetnek. Szintén e két amin gátolja a diamin-oxidáz enzimet, így a hisztamin lebontását, amelynek eredményeként kisebb mennyiségű hisztamin bevétele is okozhat nemkívánatos mellékhatásokat (Alvarez – Moreno-Arribas,

2014). A romlott élelmiszerek általában nagy mennyiségben tartalmaznak putreszcint és kadaverint. A többi biogén aminhoz hasonlóan hőstabilak, így a feldolgozási technológia során nem inaktiválják őket a hőkezelési műveletek (Kabir et al., 2020).

2.8.4 Spermidin

A spermidin a növényekben egyik leggyakrabban előforduló poliamin a putreszcin és a spermin mellett (Kabir et al., 2020). Minden élő szervezetben természetes módon jelen van a baktériumoktól az emberig. Számos állatokon végzett kísérlet azt mutatta, hogy a spermidinnel való étrendkiegészítés védelmet nyújt sok, életkorral összefüggő betegséggel szemben. Öregedéssel és magas vérnyomással kapcsolatos állatkísérletek eredményei alapján a spermidinben gazdag étrend a szív- és érrendszerre gyakorolt kedvező hatások mellett a vesék funkcionális hanyatlását is javítja. Jelenleg folyamatban vannak idősök számára javasolt, spermidinben gazdag növényi kivonat készítmények fejlesztései (Madeo et al., 2018).

2.8.5 Agmatin

Az agmatin az L-arginin biogén aminja. Kis mennyiségben megtalálható növényi, állati eredetű élelmiszerek széles skálájában, illetve halakban. Kutatások szerint az étrendbe épített agmatin-szulfát jelentős hatással bíró fájdalomcsillapító a kirostos neuropátia okozta fájdalmak enyhítésére, amely betegség ellenáll a hagyományos fájdalomcsillapítókkal történő kezeléseknél (Rosenberg et al., 2020).

2.9 Biogén aminok kapcsolata a kémiai tulajdonságokkal

Egyes kutatások szerint nincs szignifikáns összefüggés a sörök hisztamin- és tiramin tartalma és alkoholtartalma között, sem eredeti extrakt tartalma között. Ez a megállapítás ellentmond a Chen és Van Gheluwe (1979) által leírtaknak. Statisztikailag szignifikáns összefüggés ($\alpha < 0,001$) volt azonban az aminok mennyisége és a teljes savasság között (Izquierdo-Pulido et. al, 1989).

Érdekes módon az egyik legfrissebb irodalom arról ír, hogy nem találtak szignifikáns ($P \geq 0.05$) összefüggést a pH, vagy az etanoltartalom és a következő 8 biogén amin mennyisége (illetve összes mennyisége) között: hisztamin, tiramin, putreszcin, kadaverin, triptamin, fenil-etilamin, spermidin, spermin. A megállapítás összhangban áll Buňka et al. (2012) eredményeivel (Salek R.N. et al., 2020).

A pH fontos tényező az erjedésben, mert szerepe van a bakteriális szennyeződés korlátozásában, az élesztő szaporodásában, így az erjedés sebességében és az alkoholképződésben. A pH változását – csökkenését – az erjedés során az aminosavak szerves savakká alakulása okozza. Hasonló hatása van az aerob erjedési szakaszban képződött széndioxidnak, az élesztő ammónium-és káliumion felvételének, foszfácion felhasználásának és hidrogénion kibocsátásának (Poveda, 2018).

Izquierdo-Pulido et al.(1989) azt az összefüggést találta, hogy a hisztamin és a tiramin mennyiségei nagyobbak voltak azokban a sörökben, amelyek titrálható savtartalma magasabb, pH-értéke alacsonyabb volt.

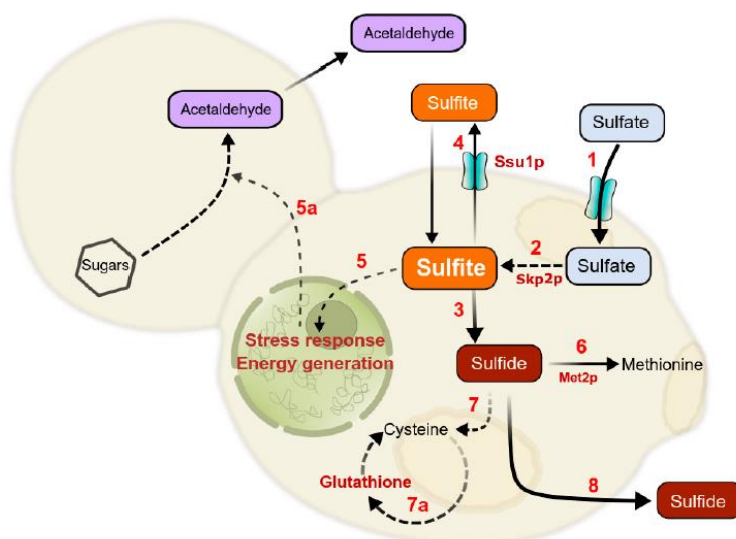
Poveda (2018) erős ellentétes összefüggést talált a pH és egyes biogén aminok, mint a hisztamin, spermidin, putreszcin mennyisége, illetve az összes biogén amin tartalom között. Alacsonyabb pH értékeknél magasabb biogén amin tartalmat vélt felfedezni, melyet a tejsavbaktériumok tevékenységével magyaráz, ahogyan azt korábban megállapította Marcobal et al., (2006) és Fernández et al. (2007)

2.10 A kén-dioxid szerepe

A kén-dioxid az élesztő által végzett elsődleges erjesztés során keletkezik. Úgy tűnik, hogy a komponens a folyamat köztes termékeiből képződik, amely csökkenti a sörléből kivont szulfátot. A 2. ábrán látható, hogy a sörléből kivont szulfát aktív transzporttal jut az élesztősejtbe, majd enzimatikusan szulfittá redukálódik. Egy újabb redukció után szulfid keletkezik, mely kéntartalmú aminosavak szintézisére használandó fel (Eßlinger, 2009).

2. ábra: A szulfid útvonalainak egyszerűsített áttekintése az élesztősejtben

(Forrás: Zara –Nardi, 2021 nyomán)



A kén-dioxid a sörben antioxidáns és antimikrobiális funkciót is betölt, de fontos jellemzője még, hogy segít a sör állása során képződő, „állott” ízt okozó vegyületek maszkolásában. A sör öregedése során keletkező kedvezőtlen mellékizékért elsősorban különféle karbonil-vegyületek a felelősek. Ilyen vegyület például a transz-2-nonenal, mely a sör oxidációja során keletkezik és „állott” ízt kölcsönöz a terméknek. Ezekhez a karbonil-vegyületekhez kötődve a kén-dioxid biszulfid-karbonil adduktokat képez. Az állott ízek kialakulásának ideje 18°C-on történő tárolás esetén 3-6 hónap, mely összefüggésben van a kén-dioxid koncentrációjának csökkenésével (Ilett – Simpson, 1995).

A kedvező kémiai, mikrobiológiai tulajdonságok mellett azonban számos kedvezőtlen hatása is ismeretes. A kén-dioxid az orr, a torok, a tüdő nyálkahártyáját irritálja; fejfájást, hányingert,

asztmát okozhat. Érzékeny egyéneknél a szulfitek is kiválthatnak különböző nemkívánatos tüneteket, többek között a bőrgyulladást, csalánkiütést, bőrpirosodást, alacsony vérnyomást vagy anafilaxiát, de akár ko-karcinogén hatása is lehet. Ezért az Európai Unióban, az Egyesült Államokban és a világ számos országában szigorú határértékeket szabtak meg az egyes élelmiszerkategóriákra az összes SO₂-tartalomra vonatkozóan (Qian et al, 2020).

Az Európai Bizottság 1169/2011/EU rendelete a kén-dioxidot a „14 allergiát vagy intoleranciát okozó anyag és termék” közé sorolja. Jelölését kötelezővé teszi, ha a forgalmazott élelmiszerben a SO₂ és a szulfitek össz mennyisége meghaladja a 10 mg/kg, illetve a 10 mg/liter koncentrációt.

Az Európai Bizottság 1129/2011/EU rendelete „sör és malátaitalok” esetében 20 mg/kg határértéket adott meg szulfitokra, hordóban utóerjesztett söröknél pedig 50 mg/kg határértéket. Ezeket a felső határértékeket kén-dioxidként fejezik ki és forrástól függetlenül az össz mennyiségre vonatkoznak. A megállapodások szerint 10 mg/kg koncentrációig nincs jelen kén-dioxid a vizsgált mintában.

Antimikrobiális hatását a kén-dioxid vizes oldatának, a kénessavnak (H₂SO₃) tulajdonítják. Disszociálatlan formája gátolja a baktériumok, élesztők és penészek élettevékenységét. A gátló mechanizmus lehetséges formái a következők: biszulfit és acetaldehid reakciója a sejtben; az esszenciális diszulfidkötések csökkenése az enzimekben; biszulfit addíciós vegyületek képződése, amelyek zavarják a nikotinamid-adenin-dinukleotid (NAD) légzési reakcióit. Mivel az élelmiszerek egyes összetevőivel is nagyon reakcióképes, így a kén-dioxid legnagyobb része kötött formában található az élelmiszerekben (Prabhakar – Mallika, 2014).

2.10.1 Stressz hatása a kén-dioxid-tartalomra

Eßlinger (2009) leírja, hogy az erjesztés során az élesztőt ért stresszhatások a kén-dioxid szintjének emelkedését okozzák. A legfontosabb paraméterek a hőmérséklet, a levegőztetés (megfelelő oxigénellátottság), és a sörlé összetétele. Fontos tényező a felhasznált élesztőtörzs típusa is. Az alacsony mértékű levegőztetés, a magas eredeti extrakttartalom és az élesztő gyenge állapota magasabb SO₂-tartalmat eredményez.

2.10.2 Kén-dioxid csökkenése tárolás során

Ilett és Simpson (1995) vizsgálatai alapján elmondható, hogy 25°C-on általában 6 hónap a kén-dioxid felezési ideje. A hőmérséklet erősen befolyásolja a folyamatot, mert 0 °C-on a felezési idő 35 hónapra növekedett.

Az élelmiszerekben jelenlévő szőlőcukor, aldehidek, ketonszerű anyagok, pektin mennyisége meghatározza a hozzáadott kén-dioxid megkötődésének mértékét (Prabhakar – Mallika, 2014).

A SO₂ koncentrációjának csökkenése magasabb hőmérsékleten gyorsabb (Prabhakar – Mallika, 2014).

A kén-dioxid szelektív antiszeptikus hatásáról számoltak be. Az ecetsav baktériumok, a tejsavbaktériumok és a Coliform baktériumok sokkal érzékenyebben reagálnak rá, mint más baktériumok. A Gram-negatív baktériumokkal szemben a leghatékonyabb (Prabhakar – Mallika, 2014).

Romlást okozó mikrobák és hozzáadott Clostridium botulinum, Clostridium sporogenes, Clostridium perfringens és Salmonella typhimurium tenyészetek növekedésének általános csökkenését figyelték meg a SO₂ 450 mg/l koncentrációjánál, darált húsokban (Prabhakar – Mallika, 2014).

A szulfitok a B₁-vitamint bontják 4-metil-5-hidroxietil-tiazolra és 2,5-dimetil-4-amino-pirimidin szulfonsavára. Ez a hasítás 24-48 órán belül lejátszódik 5,0 pH értéknél, szobahőmérsékleten (Prabhakar – Mallika, 2014).

3. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A vizsgálatok során háromféle sörlevet és a belőlük készült késztermékeket elemeztem. A három késztermék közül kettőhöz a cefrézés során pótanyagként csíráltatott kukoricaőrleményt adnak, egyhez pedig csak malátaőrleményt használnak fel. A pótanyaggal készített sörök esetén két különböző főzetből származó sörleveket vizsgáltam. Az egyik főzethez ugyanis kukoricaőrleményt is adnak (A2, B2), míg a másikhoz tisztán csak a malátaőrleményt (A1, B1). A főzeteket végül összeöntik és a szűrést követően így kerülnek az erjesztő tornyokba. Így tehát összesen öt különböző sörlevet (A1, A2, B1, B2 és C) és három készterméket (X, Y, Z) elemeztem. Mindegyik sör világos, lager típusú. Minden paramétert háromszor mértem és az eredmények számtani átlagát vettem.

3.1 Biogén aminok meghatározása

3.1.1 A minták előkészítése

A mintákat homogenizáltuk, majd mindegyikből kipipettáztunk 5-5 cm³-t Erlenmeyer lombikokba, majd 5 cm³ 10 %-os (m/V) triklórecetsavval 1 órán keresztül, 100 rpm-en rázatva extraháltuk (Gerhardt, Laboshake). Az így nyert extraktumokat redős szűrővel kémcsövekbe szűrtük, majd 0,22 µm pórusméretű (NALGENE-típusú) membránszűrőn újból átszűrtük Eppendorf csövekbe. A mintákat 0,1 mólos nátrium-citrát pufferrel (pH=2,2) hígítottuk. Minden mintát három párhuzamos méréssel vizsgáltam, majd az eredmények átlagát vettem.

3.1.2 A mérés menete

A biogén aminok minőségi és mennyiségi meghatározását az ioncserés oszlopkromatográfia elvén működő AAA 400 típusú Automatikus Aminosav Analizátorral (Ingos Kft., Csehország) végeztük. A berendezés a 3. ábrán látható. Ez egy aminosavak és biogén aminok meghatározására kifejlesztett kompakt, automatikus folyadékkromatográf. Az elválasztás meghatározott pufferek segítségével, lépcsős gradiens elúcióval történt. Az oszlop utáni származékképzés ninhidrines reakcióval ment végbe, a detektálás pedig 570 nm-en történt. A kromatogramok kiértékelését CHROMULAN V 0.82 program segítségével (PIKRON, Csehország) végeztük.

3.1.3 A mérés paraméterei

- A kation ioncserélő oszlop típusa: OSTION LG ANB
- Oszlopméret: 60 x 3,7 mm
- Oszlophőmérséklet: 50°C és 60°C között
- Reaktorhőmérséklet: 121°C
- Az eluens áramlási sebessége: 0,30 cm³/min
- A ninhidrin áramlási sebessége: 0,25 cm³/min
- Detektálás: 570 nm
- Mintatérfogat: 100 µl
- Puffer: Na⁺ / K⁺-citrát puffer rendszer
- Analízis idő: 97 min
- Mintatérfogat: 100 µl
- Kimutatási határ: 0,5 µmol/dm³

3.2 Keserűérték meghatározása

A keserű anyagok mérését izo-oktános módszerrel végeztem. A módszer előnye a gyorsaság (az előkészítéssel együtt 45 percen belül eredményt kaphatunk sörök esetén) hátránya viszont, hogy kevésbé megbízható eredményt ad, mint például a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia (HPLC) technikája. A keserűanyagokat főként a komlóban lévő izo-alfasavak adják. A módszer elve, hogy savanyú közegben kivonjuk a keserűanyagokat izo-oktán segítségével, majd spektrofotométerrel, 275 nm hullámhosszon mérjük azokat a referenciaként használt spektroszkópiailag tisztaságú izo-oktán ellenében.

3.2.1 A minták előkészítése

A sörleveknel egy előzetes 20 perces centrifugálásra van szükség 5000 rpm-en az üledékek eltávolításához. A késztermékek esetén viszont szükséges a mintához előzetesen egy csepp oktanolt hozzáadni, majd legalább 5 percen keresztül ultrahangos fürdőben rázatni. Ennek oka egyrészt, hogy a sörben lévő CO₂ miatt problémás lenne mind a ráztatás, mind a centrifugálás és a fotométeren mérés. Másrészt a keserűanyagok jelentős része a sör habjában koncentrálódik. Az oktanol habzástgátló tulajdonsága segítségével a mintánk homogén lesz, így elkerülhetjük a keserű anyagok „elvesztését”. A mintát azonban tilos szűrőpapíron szűrni, mert így a nagyméretű keserűanyag molekulákat kivonnánk a mérésből.

A mérés pontosságát a hőmérséklet is befolyásolja. Fontos, hogy az analízis előtt a minták elérjék a 20°C körüli állapotot.

A sörlevek, sörök keserűségének meghatározásához 10,0 ml mintát kimértem egy jól zárható, centrifugálható edénybe, majd hozzáadtam 1,0 ml 3 mólos HCl oldatot és 20,0 ml izo-oktánt (2,2,4-trimetilpentán). Az edényt azonnal lezártam és 20 percen keresztül rázattam Heidolph PROMAX 2020 típusú rázógéppel segítségével, 160 rázás/perc sebességgel. A rázógép fontos jellemzője a beállított amplitúdó és rázási idő, mert rázás közben alakulnak ki a mérendő extinkció-intervallumok, amelyek később növekednek.

Rázás után 10 percen keresztül centrifugáltam Hettich ROTOFIX 32 típusú centrifuga segítségével, 3000 rpm sebességgel. A folyamat folyadék-folyadék extrakció, melynek során a sör keserűségét okozó molekulák - melyeket korábban tárgyaltunk - a poláros vizes fázisból az apoláros (izo-oktános) fázisba kerülnek, így fotometriásan könnyen mérhetővé válnak.

3.2.2 A mérés menete

A centrifugált mintákat azonnal elemeztem Hitachi U-2900 típusú spektrofotométerrel. Ezt a berendezést használtam a szín- és polifenol mérésekhez is. Az abszorbanciát 275nm-en mértem. Először a referenciaként használt izo-oktánt adagoltam Hellma 100-QS típusú, 10 mm optikai úthosszúságú kvarc küvettába, automata pipetta segítségével, majd a küvette tisztaságára gondosan ügyelve, a fotométerbe helyeztem azt. A fotométer kétsugaras megoldású, így mindkét küvettát izo-oktánnal töltöttem meg, majd ezt az értéket vettem nullának. Ez azt jelenti, hogy a berendezés a két küvettán áthaladó fény mennyiségének kismértékű különbségét (melyet a küvette gondos megtisztításával sem tudunk kiküszöbölni) nullának értelmezi. Ezt követően a referencia küvettát a berendezésben hagytam, míg a másikba a mintát adagoltam. Előzetesen átöblítettem a küvettát a mintaanyaggal, majd megtöröltem azt és a fotométerbe helyeztem.

3.2.3 Számítás

A komlózás típusától függően kétféle számítási módszert alkalmazunk. A hagyományosan komlózott minták esetén az abszorbancia értékét egy 50-es faktorszámmal kell szorozni:

$$\text{Keserű érték (Bitterness Units) BU(50)} = 50 * A_{275}$$

A_{275} : a mért abszorbancia érték 275 nm-nél, tiszta izo-oktán ellenében.

Ha a technológiában előizomerizált komlózást alkalmaznak, akkor egy 57-es faktorszámmal szorozzuk az abszorbancia értékét:

$$\text{Keserű érték (Bitterness Units) BU(57)} = 57 * A_{275}$$

Esetünkben minden sör típusnál az előizomerizált komlózást alkalmazzák, így az utóbbi számítási módszert alkalmaztam a végeredmény megadásához, melyet egy tizedesjegy pontossággal adtam meg. Mintánként 2-2 párhuzamos mérést végeztem.

3.3 Összes polifenol-tartalom meghatározása

3.3.1 A minták előkészítése

Ugyanúgy járunk el, mint a keserűérték mérésénél. Itt sem szűrjük szűrőpapírral a mintát és itt is fontos a 20°C-ra temperálás.

3.3.2 A módszer elve

A mintát EDTA-val és karboxi-metil-cellulózzal stabilizáljuk. A jelenlévő polifenolok lúgos közegben reakcióba lépnek a vasionokkal. Az oldat abszorbanciája így jól mérhető spektrofotometriásan, 600 nm-en.

3.3.3 A mérés menete

Az előkészített mintából 10-10 ml-t adagoltam két 25 ml-es mérőlombikba. Ezután 8 ml CMC-oldatot (karboxi-metil-cellulóz Na-sója) adagoltam mindkét lombikba, majd az egyikhez 0,5 ml ammónium-vas (III)-citrát oldatot adtam. Ezt követően mindkét lombikhoz 0,5 ml ammónia oldatot (33 % V/V) adtam. Az ammónium-vas (III)-citrát oldatot is tartalmazó oldat a mérendő minta, a másik pedig a vak oldat, amivel szemben mértem a mintát. A mérőlombikokat jelig töltöttem desztillált vízzel, majd homogenizálást (összerázás) követően 10 perc szobahőmérsékleten állás után azonnal fotométerrel mértem.

A méréshez Hellma 6030 OG típusú, 10 mm optikai úthosszúságú üveg küvettákat használtam, melyekbe először referenciaként az ammónia oldatos mintát adagoltam. A korábbiaknak megfelelően, a referencia oldathoz viszonyítottam a mintámat. A kapott eredményt egész számra kerekítve adtam meg. Mintánként 2-2 párhuzamos mérést végeztem.

3.4 Szín meghatározása

3.4.1 A minták előkészítése

A mintánk típusának függvényében különböző minta-előkészítési módszereket kell alkalmaznunk. Gyártásközi termék esetében – ide tartozik a sörlé is – a mintát kovaföldön keresztül szűrjük, majd ha a minta zavaros marad (zavarossági értéke nagyobb, mint 1 EBC egység), úgy centrifugáljuk 3000 rpm-en 20 percig, majd egy ismételt kovaföldes szűrés után 430 nm-en spektrofotométerrel mérjük a színt. Ha a mintánk az első kovaföldes szűrést követően tiszta, zavarosodástól mentes, úgy nincs szükség további műveletekre és a színt 430 nm-en mérhetjük. Sörlé esetén nincs szükség ultrahangos rázatasra sem, hiszen még nincs jelen CO₂.

Késztermék esetében is különböző eljárást alkalmazunk attól függően, hogy szűrt vagy szűretlen a termékünk, világos vagy barna, esetleg ízesített, ezen belül pedig zavaros vagy tiszta. Az általam vizsgált késztermékek mindegyike szűrt, zavarosodástól mentes, világos sör.

Ennek értelmében a következők szerint jártam el. A mintát ultrahangos vízfürdőben rázattam 5 percen keresztül, mert a szén-dioxid jelenlétéből adódóan nem a valóságnak megfelelő eredményt kapnánk a fotométeres mérésnél. Ezt követően redős szűrőpapíron vezettem át a mintát, hogy az esetlegesen előforduló üledékek se befolyásolják a mérés pontosságát. Az így nyert folyadék színét fotométerrel mértem, 430 nm-en.

3.4.2 A mérés menete

A méréshez üveg küvettát használtam és a desztillált vizet tekintettem referenciának. A korábbiaknak megfelelően, nullának vettem a desztillált víz értékét, majd a mintát ehhez viszonyítottam, előzetesen átöblítve a küvettát a mintaanyaggal. A kapott eredmény ebben az esetben a végeredmény, – így nincs szükség további számításra – melyet két tizedesjegy pontossággal adtam meg. Mintánként 2-2 párhuzamos mérést végeztem.

3.5 A minták pH-értékének meghatározása

3.5.1 A minták előkészítése

A sörlevek esetén nincs szükség ultrahangos rázatasra és szűrőpapíron történő szűrésre sem. A jelentős mennyiségű élesztő befolyásolná a mérés pontosságát, de ebben az esetben ezzel nem kell számolni. Fontos tényező azonban a minták hőmérséklete, melynek optimális értéke

20,0 °C. A késztermékek esetén viszont a CO₂ ultrahangos kirázatása itt is szükséges a mérés pontosságának érdekében. Az 5 perces rázatást követően szűrőpapíron szűrjük a készterméket.

3.5.2 A mérés menete

Az előkészületek után a megfelelő mennyiségű mintát Radelkis OP-211/2 típusú pH-mérővel, HACH típusú, újratöltető elektródával vizsgáltam. A mintát tartalmazó edénybe mágneses keverőkapszulát helyeztem és VWR Lab Disc típusú mágneses keverő segítségével végeztem a mérést. A minta keverése a mérési időt jelentősen lecsökkenti a H₃O⁺ ionok gyors, egyenletes eloszlata révén. Az eredményeket két tizedesjegy pontossággal adtam meg. Mintánként 2-2 párhuzamos mérést végeztem.

3.6 Eredeti extrakt- és alkoholtartalom meghatározása

Ezt a két, a sör szempontjából igen jelentős paramétert egy Anton Paar DMA 5000 M típusú sűrűségmérő és alkoholmérő berendezés segítségével határoztam meg. A berendezés mérési elve az úgynevezett Pulsed Excitation Method (PEM). Ennek lényege a következő: a berendezésben egy boroszilikát üvegből vagy fémből készült U-alakú csövet gerjesztünk, amely a mintaanyag sűrűségével arányos saját frekvencián rezeg. A stabil rezgést elérve, a gerjesztést kikapcsoljuk és a gerjesztés és csillapodás folyamatos ismétlődése pulzáló rezgési mintát hoz létre. Ezt a rezgési mintát értékeljük ki.

3.6.1 A minták előkészítése

A mérőberendezés nagy pontossága és működési elve megköveteli a zavaró tényezők (szén-dioxid) és a szennyeződések (élesztő, üledékek) mintából való eltávolítását. Ennek megfelelően a szén-dioxidot nem, de üledéket tartalmazó, zavaros mintákat (sörlé) szűrőpapírra helyezett kovaföld segítségével szűrjük mérés előtt. A szüretlen késztermékeknél a kovaföldes szűrést egy ultrahangos rázatás előz meg. A szűrt késztermékeket pedig csak rázatjuk, majd szűrőpapíron szűrjük.

3.6.2 A mérés menete

Mérés előtt egy kétszeresen desztillált vízzel töltött, speciális 50 ml-es mintatartó edényt helyeztem fel a készülék mintaváltójára. A mintaváltó egy számozott tárcsa, melyre egyszerre legfeljebb 24 minta helyezhető. A desztillált víz szerepe a berendezés mérőrendszerének

mérések előtt és után történő tisztítása. A desztillált víz után következett a minták mérése. Az alkohol párolgásának (és a polifenolok oxigénnel való érintkezésének) megakadályozása céljából a mintatartó edényeket speciálisan erre a célra kialakított szilikon zárósapkákkal zártam le.

A mérőműszer az alkohol- és eredeti extrakt tartalmat 2 tizedesjegy pontossággal adja meg. A sűrűséget viszont, amelyből ezeket az értékeket számolja, 6 tizedesjegy pontossággal kapjuk meg. Mintánként 2-2 párhuzamos mérést végeztem.

3.7 Kén-dioxid-tartalom meghatározása

A mérést a DTNB módszerrel hajtottam végre. Ennek elve, hogy a kén-dioxid kiválik foszfát oldatban, ezért lúgos foszfát-oldatba adagoljuk a sört. A DTNB (Ellman-reagens, vagy 5,5-ditio-bisz-(2-nitrobenzoészav)) hozzáadása után fotometriásan mérhető lesz az összes SO₂-tartalom.

3.7.1 A minták előkészítése

A kén-dioxid-veszteség minimalizálásának céljából minden esetben hűtött eszközökkel dolgozunk és a mintavételt követően mielőbb elvégezzük a mérést. Ennek oka, hogy a szulfitek reakcióképes antioxidánsok, melyek gyorsan reagálnak a levegő oxigénjével. Ezt a reakciót jelentősen lassítja a hőmérséklet csökkentése.

Gyártásközi termékek esetén – erjesztő tornyokból, ászok tankokból érkező minták – a mintában lévő szén-dioxidot és az összes élesztőt el kell távolítani. A szén-dioxid kivezetését egyszerűen megtehetjük egy perces ultrahangos rázatással. Az élesztő eltávolítását pedig egy centrifugálással oldjuk meg, mert a szűrés a sör oxidációjának kockázata miatt kerülendő. A centrifugálást 5 percig végezzük 3000-es percenkénti fordulatszámra. Ha a centrifuga nem hűthető, akkor centrifugálást követően szükséges a mintákat 4°C körüli hőmérsékletre hűteni. Késztermékek esetén ugyanígy járunk el, azzal a különbséggel, hogy itt már nincs szükség centrifugálásra (szűrt termékek esetében). Az élesztő eltávolítása a mintavétel után elengedhetetlen, mert egyrészt a szulfitek termeléséért felelős, másrészt pedig, a fotometriás analízis sajátosságai miatt nem a valóságnak megfelelő eredményeket kapnánk, ha jelen lennének a mintában.

3.7.2 A mérés menete

10,0 ml 4°C-os puffer oldatot (0,1 M trinátrium-foszfát és 0,5 mM EDTA) adunk egy 100 ml-es hűtött mérőlombikba, majd hozzáadunk 10,0 ml 4°C-os gáztalanított mintát és hűtött desztillált vízzel jelig töltjük a lombikot. Főzőpohárba öntéssel homogenizáljuk az oldatot, majd 10,0 ml-t kimérünk egy-egy kémcsőbe. Az egyikhez 100 µl etanolt adunk, a másikhoz pedig 100 µl DTNB reagenst. Rázással homogenizáljuk a kémcsövek tartalmát, majd 20°C-on tároljuk őket 30 percig, amíg a reakció lezajlik. Ezt követően azonnal mérjük az abszorbanciát 435 nm-en. Az etanolt tartalmazó oldat a vak oldat, amellyel szemben mérjük a mintaoldat abszorbanciáját. Mintánként két-két párhuzamos mérést végeztem. A méréseket ebben az esetben is a Hitachi U-2900 típusú spektrofotométerrel végeztem.

3.7.3 Számítás

A végeredményt a következő számítással kapjuk meg:

$$\text{Összes kén} - \text{dioxid} = \frac{\text{abszorbancia}}{0,15} * \text{hígítási érték}$$

A 0,15-ös érték egy állandó, a hígítási érték pedig jelen esetben 10. Barna sörök esetében a hígítási faktor értéke 100, mert itt csupán 1,0 ml mintát hígítunk 100,0 ml-re. Az eredményeket egy tizedesjegyre kerekítve adtam meg.

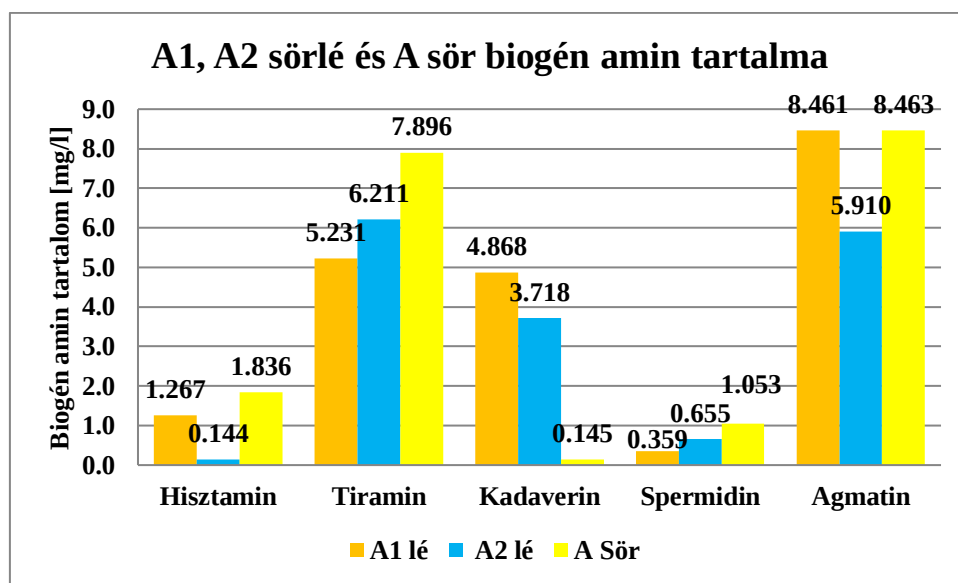
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1 Biogén amin tartalom

A 3. ábra az A1, A2 sörle és a belőlük készült A sör biogén amin tartalmát ábrázolja. A sör szempontjából legjelentősebb ötféle biogén amint mértem, melyek a hisztamin, tiramin, kadaverin, spermidin és az agmatin. Jól látható, hogy az összes sörtípus esetében a tiramin és az agmatin volt jelen a legnagyobb mennyiségben, mind a sörlevekben, mind a késztermékben.

3. ábra: az A1, A2 sörle és A sör biogén amin tartalma

(Forrás: saját munka)

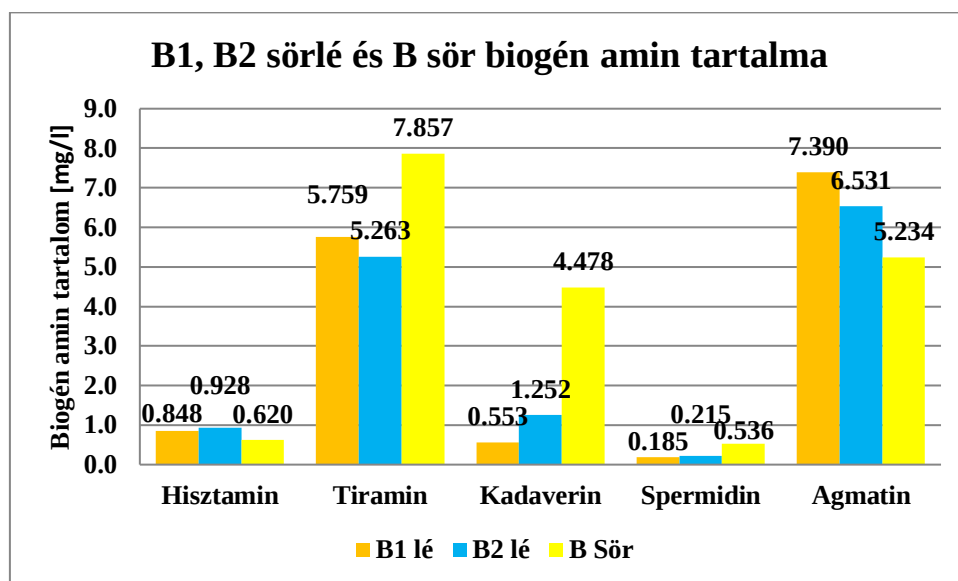


Az A sörünk esetében egyedül a kadaverin tartalom volt alacsonyabb a késztermékben, mint a sörlevekben. A hisztamin, a tiramin, a spermidin és az agmatin mennyisége viszont nőtt a késztermékben a sörlevekhez viszonyítva.

A 4. ábra a B1, B2 sörle és a belőlük készült B sör biogén amin tartalmát ábrázolja. A B sör esetében a hisztamin és az agmatin mennyisége csökkent, a többi biogén amin szintje pedig nőtt a gyártási folyamat során.

4. ábra: a B1, B2 sörlé és B sör biogén aminosav tartalma

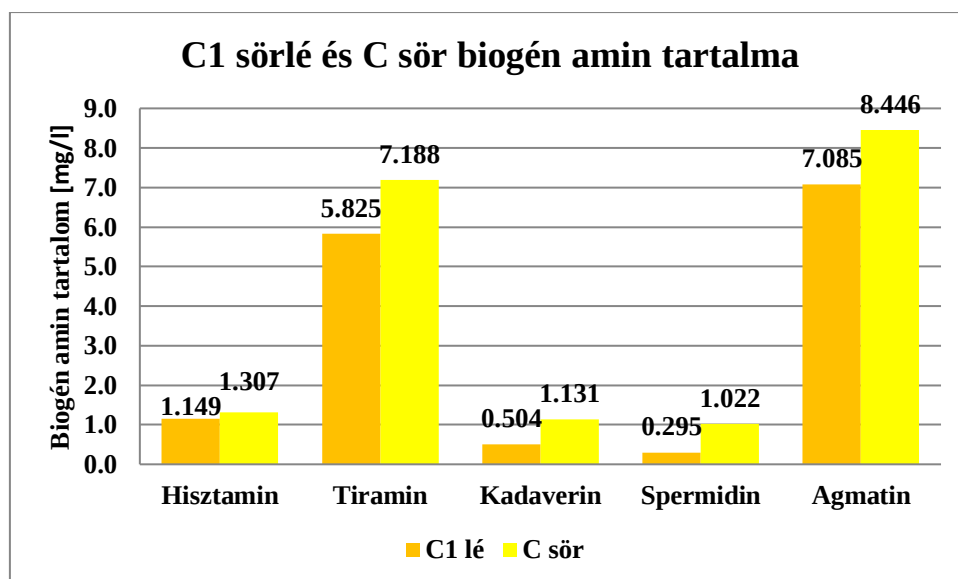
(Forrás: saját munka)



Az 5. ábra a C1 sörlé és a belőle készült C sör biogén aminosav tartalmát ábrázolja. A C termék esetében minden aminosav mennyisége nagyobb volt a késztermékben, mint a sörlevekben.

5. ábra: a C1 sörlé és C sör biogén aminosav tartalma

(Forrás: saját munka)



A és B sör esetében két főzetből készült a késztermék, C sör esetében pedig egyetlen főzetből. Mivel azonos mennyiségű főzetekről beszélhetünk, így A és B sör esetében a két főzet eredményeinek számtani átlagát vehetjük.

4.1.1 A vizsgált öt biogén amin mennyisége a sörökben

A vizsgált termékek közül az A sör hisztamin tartalma a legmagasabb (1,84 mg/l), mely közel áll a Kalač et al. (2002) által mért értékhez („2,0 mg/l” A terméknel, 8 napos tárolási időnél). Kalač – Křížek (2003) szintén hasonló értéket kapott (1,4 mg/l volt 48 minta hisztamin-tartalmának átlaga).

Tiramin-tartalomra nézve hasonló eredményeket kaptam a három mintánál. A legmagasabb értéket az A sörnél mértem (7,90 mg/l), melyhez hasonló eredményt kapott Kalač – Křížek (2003) (7,7 mg/l).

Kadaverin a B sörben volt jelen legnagyobb mennyiségben (4,48 mg/l) mely közel áll a Kalač – Křížek (2003) által mért 11 minta átlagához (3,2 mg/l).

A legnagyobb spermidin-tartalmat az A sörnél mértem (1,05 mg/l), melyet szorosan követ a C termék (1,02 mg/l). Hasonló értéket mért Kalač – Křížek (2003), mert 30 mintájának átlagos spermidin-tartalma 0,8 mg/l.

Agmatin-tartalma is közel azonos volt az A (8,46 mg/l) és a C (8,45 mg/l) terméknek. Kalač – Křížek (2003) mérései sem állnak messze ezen értékektől (30 sör átlaga 9,3 mg/l).

Látható, hogy egyik sör típus sem tartalmazott tiramint 10 mg/l-t meghaladó mennyiségben. Ennek értelmében még a klasszikus mono-amin-oxidáz gátló gyógyszereket szedő betegekre nézve sem veszélyes a vizsgált sörök fogyasztása (Tailor et al., 1994).

Spano et al. (2010) szerint a hisztamin toxikus szintje alkoholos italokban 8-20 mg/l körül van. A legmagasabb hisztamin-tartalmat az A sörben mértük, mely 2 ppm alatti (1,84 mg/l).

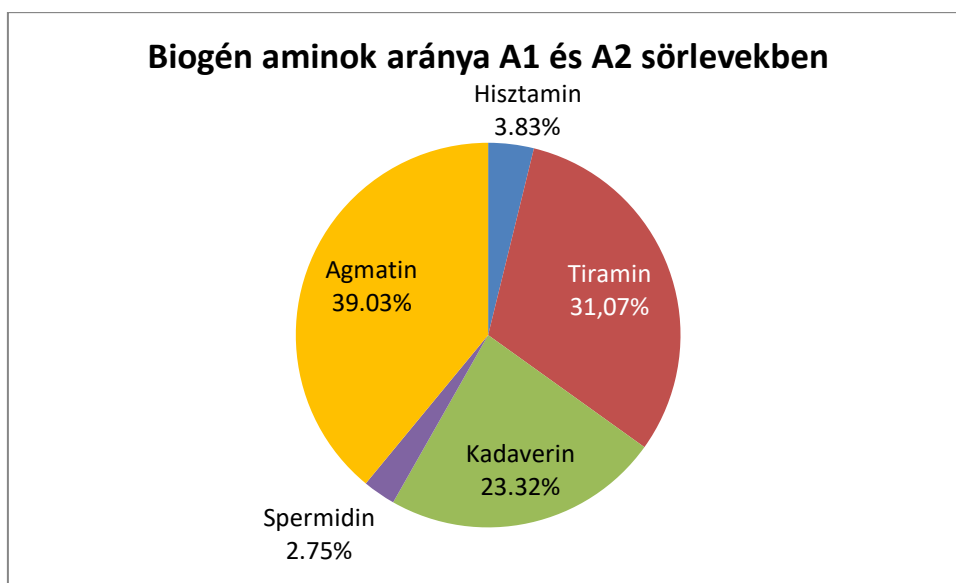
Ezek alapján elmondható, hogy a biogén aminok közül élelmiszerbiztonsági szempontból legnagyobb jelentőségű hisztamin és tiramin sem volt jelen kockázatos mennyiségben a vizsgált sörökben.

4.1.2 Biogén aminok aránya

A 6. ábra a biogén aminok arányát szemlélteti A1 és A2 sörlevekben. Az A1 és A2 sörlevek eredményeinek átlagát vettem. A sörlevekben az agmatin fordult elő a legnagyobb mennyiségben (39,03%), majd a mennyiség csökkenő sorrendjében a tiramin (31,07%), a kadaverin (23,32%), a hisztamin (3,83%) és a spermidin (2,75%).

6. ábra: Biogén aminok aránya A1 és A2 sörlevekben

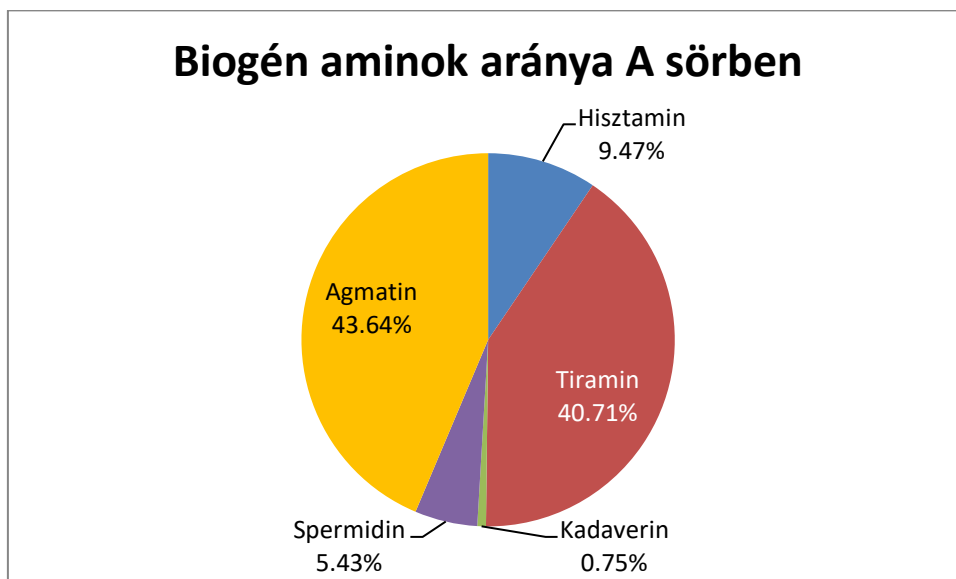
(Forrás: saját munka)



A 7. ábra a biogén aminok arányát mutatja A sörben. A biogén aminok mennyiségének aránya az A sörben hasonló, mint A1 és A2 sörlevekben, azzal a különbséggel, hogy a sörben a kadaverin mennyisége jelentősen lecsökkent. A többi biogén amin mennyisége pedig nőtt. Az előfordulás csökkenő sorrendjében az agmatin 43,64%-ban, a tiramin 40,71%-ban, a hisztamin 9,47%-ban, a spermidin 5,43%-ban és a kadaverin csupán 0,75%-ban volt jelen.

7. ábra: Biogén aminok aránya A sörben

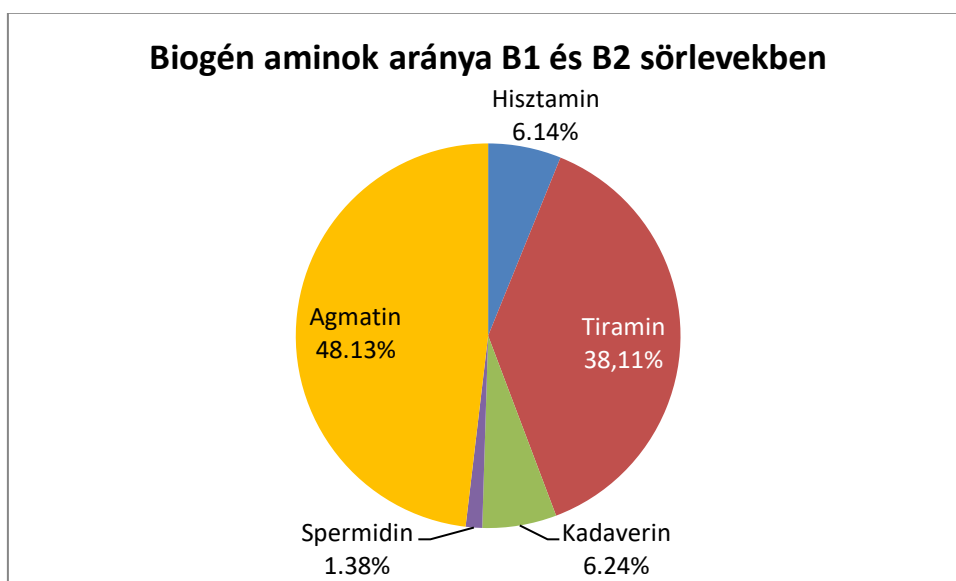
(Forrás: saját munka)



A 8. ábrán a biogén aminok aránya látható B1 és B2 sörlevekben. A B1 és B2 sörlevekben a biogén aminok mennyiség szerinti előfordulási sorrendje hasonló az A1 és A2 sörlevekénél leírttal, de ebben az esetben a kadaverin aránya jelentősen kisebb. Az agmatin 48,13%-ban, a tiramin 38,11%-ban, a kadaverin 6,24%-ban, a hisztamin 6,14%-ban és a spermidin 1,38%-ban volt jelen a sörlevekben.

8. ábra: Biogén aminok aránya B1 és B2 sörlevekben

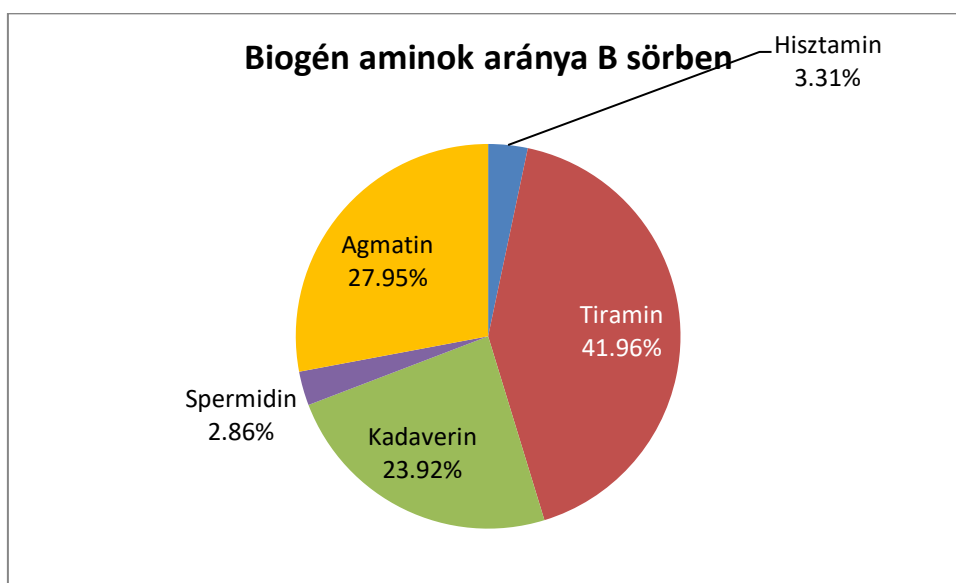
(Forrás: saját munka)



A 9. ábrán a biogén aminok arányát láthatjuk a B sörben. A B sörben az A sörnél tapasztalttal ellentétes eredményt kaptunk. A kadaverin mennyisége itt jelentősen megnőtt a sörlében lévő kadaverin mennyiségéhez viszonyítva. Ezenkívül a az agmatin mennyisége jelentősen csökkent, így a tiramin volt jelen a legnagyobb mennyiségben a B sörben. A tiramin 41,96%-ban, az agmatin 27,95%-ban, a kadaverin 23,92%-ban, a hisztamin 3,31%-ban és a spermidin 2,86%-ban fordult elő.

9. ábra: Biogén aminok aránya B sörben

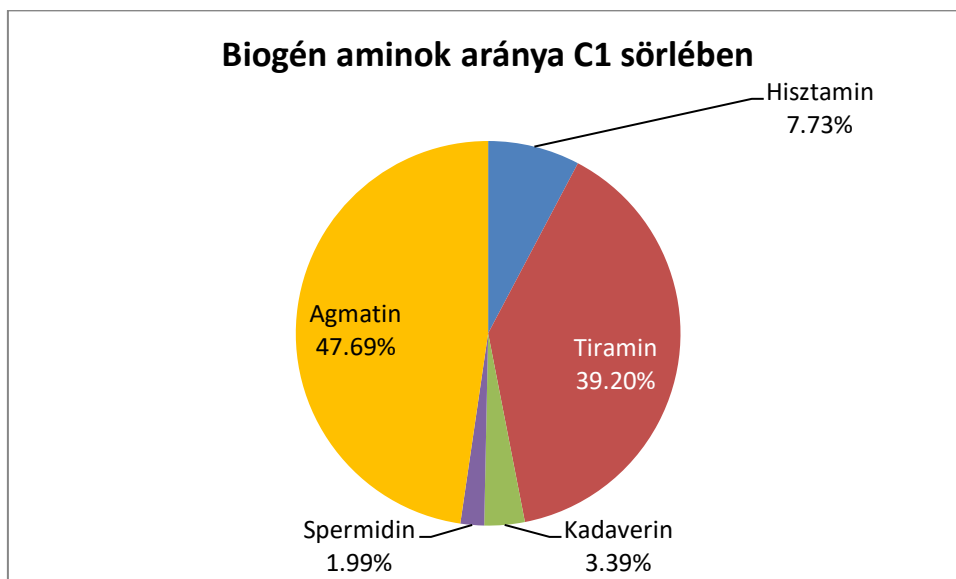
(Forrás: saját munka)



A 10. ábra a biogén aminok arányáról ad képet C1 sörlében. A C1 sörlében lévő biogén aminok aránya a B1 és B2 sörlénél tapasztalthoz nagyon hasonló, de itt elsősorban a kadaverin kisebb és a hisztamin nagyobb részaránya figyelhető meg. Az agmatin 47,69%-ban, a tiramin 39,20%-ban, a hisztamin 7,73%-ban, a kadaverin 3,39%-ban és a spermidin 1,99%-ban volt jelen.

10. ábra: Biogén aminok aránya C1 sörlében

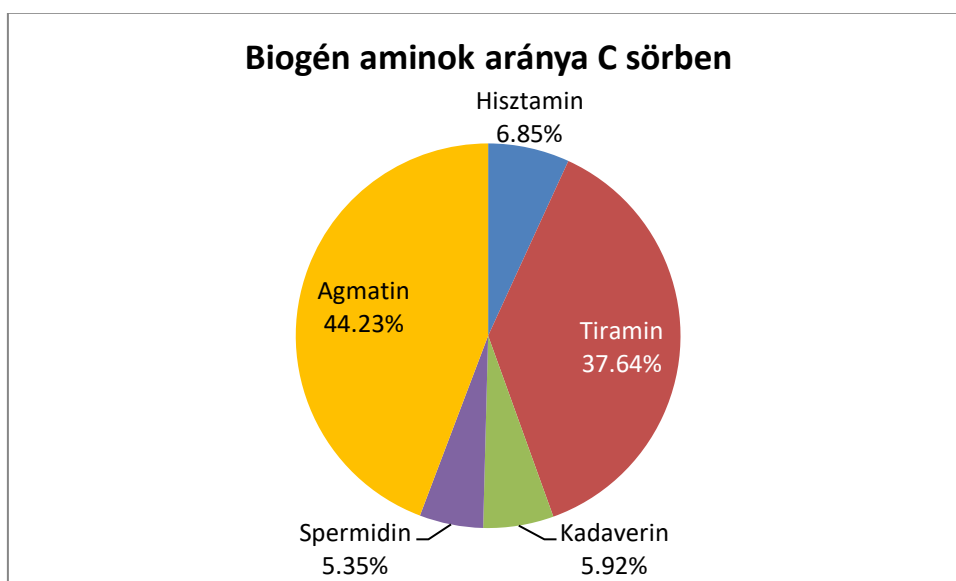
(Forrás: saját munka)



A 11. ábrán a biogén aminok arányát látjuk a C sörben. A C sörben a biogén aminok mennyiségi sorrendje nem változott a sörléhez képest. Itt a spermidin és kadaverin mennyiségének növekedése, illetve a többi biogén aminosav mennyiségének kis mértékű csökkenése volt tapasztalható. Az agmatin 44,23%-ban, a tiramin 37,64%-ban, a hisztamin 6,85%-ban, a kadaverin 5,92%-ban és a spermidin 5,35%-ban fordult elő.

11. ábra: Biogén aminok aránya C sörben

(Forrás: saját munka)



4.1.3 Sörlevek és belőlük készült sörök biogén amin tartalmának összehasonlítása

A és B sör esetében két főzetből készült a késztermék, C sör esetében pedig egyetlen főzetből. Mivel azonos mennyiségű főzetekről beszélhetünk, így A és B sör esetében a két főzet eredményeinek számtani átlagát vehetjük.

Az A1 és A2 sörlevekben átlagosan összesen 18,41 mg/ l volt a biogén-amin tartalom. Az A sörben pedig összesen 19,39 mg/l. A sör gyártása során tehát 5,3 %-kal nőtt a biogén aminok mennyisége.

A B1 és B2 sörlevekben átlagosan összesen 14,46 mg/ l volt a biogén-amin tartalom. A B sörben pedig összesen 18,73 mg/l. A sör gyártása során tehát 29,5 %-kal nőtt a biogén aminok mennyisége.

A C sörlevekben átlagosan összesen 14,86 mg/ l volt a biogén-amin tartalom. A C sörben pedig összesen 19,09 mg/l. A sör gyártása során tehát 28,5 %-kal nőtt a biogén aminok mennyisége.

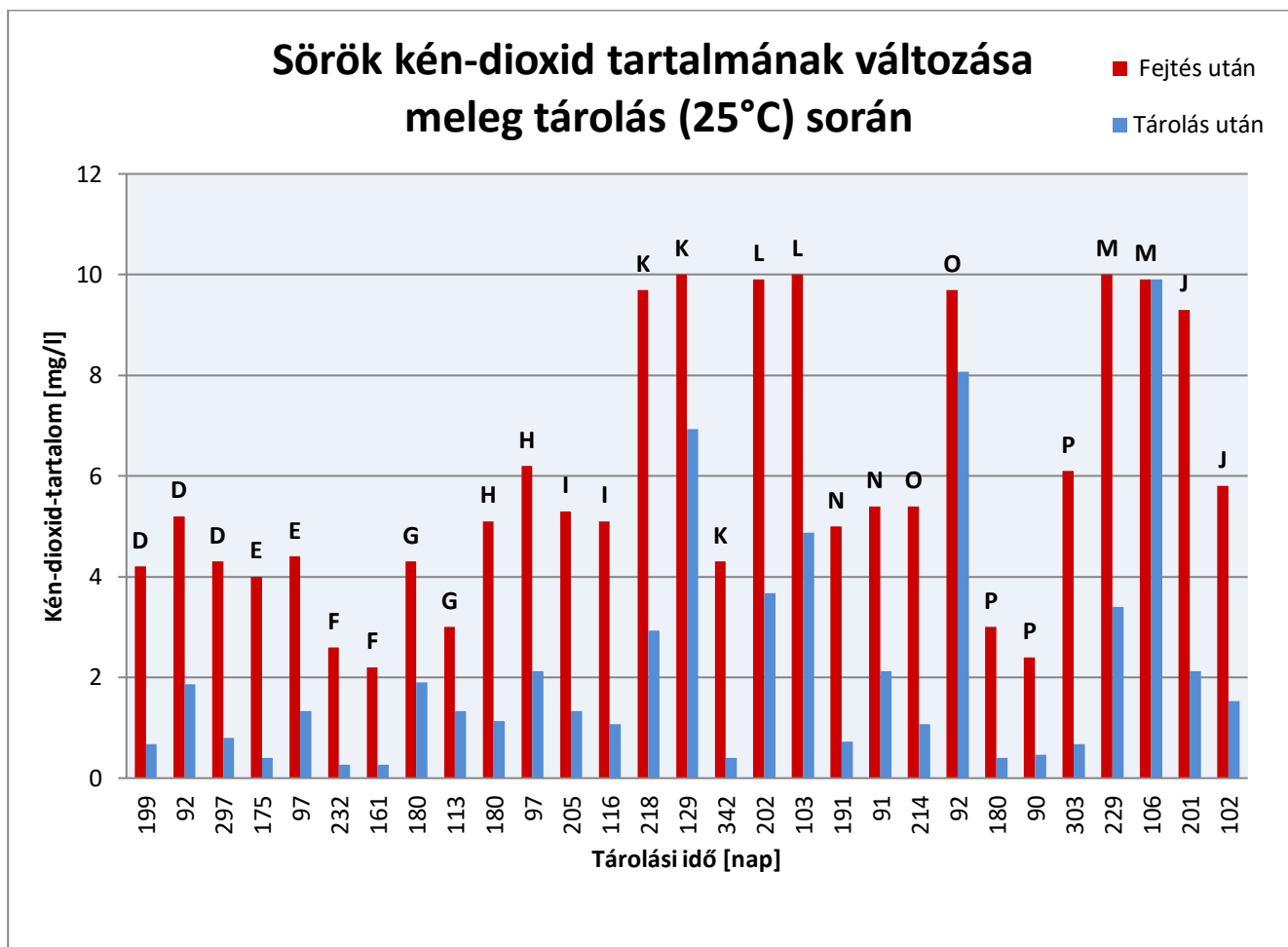
A késztermékekben lévő biogén amin tartalom növekedése a sörlevekben lévőkhöz képest várható volt. Az erjedés során az élesztő tevékenysége révén nőtt a biogén aminok mennyisége, amelyet nem csökkentett később a szűrés (Izquierdo-Pulido et al., 1991) és a hőkezelés (Bertuzzi et al., 2019) sem. Az A sör sörleveiben a kadaverin tartalom magasabb volt, mint a B és C sör esetében, ezért az összes biogén amin tartalom is magasabb volt az A1 és A2 sörlevekben. A késztermékeknél viszont hasonló eredményt kaptunk mindhárom termék esetében. Ennek oka sokrétű - ahogyan az erjesztés körülményei is. Azt viszont tisztán látjuk, hogy ezek az értékek messze alulmaradnak az eddigi kutatások szerint veszélyesnek ítélt értékektől, így elmondható, hogy a Borsodi Sörgyár vizsgált termékei megfelelő minőségű alapanyagból, az élelmiszerbiztonsági előírások gondos betartásával készültek.

4.2 Kén-dioxid tartalom

A 12. ábra tizenhárom különböző sörön végzett kén-dioxid mérések eredményeit mutatja. A vízszintes tengelyen a gyártás és a mérés között eltelt tárolási időt láthatjuk napokban kifejezve – mely természetesen csak a tárolt mintákra vonatkozik. A függőleges tengelyen a mérések eredményét, a sörök kén-dioxid-tartalmát látjuk, mg/l-ben kifejezve. Ezeket az értékeket a párhuzamos mérések átlagából kaptam. Az eredményeket egy tizedesjegyre kerekítve adtam meg.

12. ábra: Sörök kén-dioxid tartalmának változása meleg tárolás (25°C) során

(Forrás: saját munka)



Az ábecé nagybetűi az egyes sör típusokat jelölik. A legtöbb sör típus esetén két különböző tárolási idejű mintát vettem: egy megközelítőleg három hónapja tárolt, illetve egy megközelítőleg hat hónapja tárolt mintát – a lehetőségekhez mérten. Az „F” jelű sörnél például a rövidebb tárolási idejű tételt több mint 5 hónapos, a hosszabb tárolási idejűt közel 8 hónapos tárolást követően vizsgáltam, de az egyszerűség kedvéért a három, illetve hat hónapos kategóriákba soroltam őket. A „D”, a „K” és a „P” jelű sörből három különböző tárolási idejű mintát vettem, mert ezeknél a söröknél még egy hosszabb – 10-11 hónapos – tárolást követően is végeztem méréseket. A minták tárolása 25°C-on történt, egy szabályozott fűtésű tároló helyiségben.

Az adatpároknál a bal oldali (bordóvörössel jelölt) oszlopok a fejtést követően, míg a jobb oldali (kék színnel jelölt) oszlopok a tárolási időt követően mért értékeket ábrázolják.

Mivel a kén-dioxid-tartalom a sör tárolása során fokozatosan csökken, ezért a méréseket minden esetben a gyártást követő egy héten belül végeztem.

Az ábrán látható, hogy egyik sör típus sem haladta meg a 10 mg/l-es határértéket. A legmagasabb értékeket a „K”, az „L”, az „O” és az „M” termékeknél kaptam. A legkisebb értékeket az „F” és a „P” sörnél kaptam, melyek közül az „F” jelű egy felsőerjesztésű sör. A vizsgált sörök közül az „I” termék is Ale típusú, felsőerjesztésű sör, de látható, hogy több alsóerjesztésű sör kén-dioxid-tartalma is alacsonyabb volt, mint az „I” termék esetében. Ezek alapján beláthatjuk, hogy az erjesztés típusa nem határozza meg a késztermék kén-dioxid-tartalmát.

Az eredményekből az is látható, hogy ugyanazon termék különböző időben gyártott tételei között meglehetősen nagy különbségek adódtak esetenként. A „P” és a „K” sör esetében több mint kétszeres, az „O” és a „J” esetében pedig több mint másfélszeres különbség van az egyes gyártási tételeknél a fejtést követően mért kén-dioxid-tartalmak között. Ennek oka valószínűleg a különböző erjesztési körülmények; az élesztők magasabb stressz hatásra több kén-dioxidot termelnek, ahogy korábban említettem Eßlinger (2009) szerint.

Az azonos sör típusok különböző gyártási tételeinél esetenként tapasztalt nagy eltérések jobb megértése céljából korábbi méréseimet vettem alapul. A vizsgált sör típusok közül az „F”, a „J” és a „K” mintákat kivéve, típusonként több mint 15 párhuzamos mérés eredményét használtam fel a következtetések levonására. A méréseket a gyártást követő egy héten belül végeztem. A méréseket megelőzően 25 °C-on tároltam a mintákat. A mérési eredményeket növekvő sorrendben, a mellékletek között tüntettem fel (1. melléklet).

Látható, hogy a „D” sör kivételével mindegyik sörfajta legkisebb és legnagyobb mérési eredménye között több mint kétszeres különbség adódott. Ezek alapján tehát látjuk, hogy a sörök kén-dioxid tartalma nem a sör típus függvénye. Sokkal inkább meghatározó tényező az erjesztés körülményei.

A vizsgálat célja ebben az esetben annak mérése, hogy milyen hatással van a tárolás időtartama és a tárolási hőmérséklet a sörök kén-dioxid-tartalmának változására.

4.2.1 Meleg tárolás hatása

Az „M” termék kivételével minden esetben csökkent a SO₂ mennyisége a tárolás során. Az „M” sörnél ugyanis a fejtés után és a tárolás után mért kén-dioxid-tartalom megegyezik

egymással, amit korábban Martinez-Periñan et al. (2011) is tapasztalt. A legkisebb eltérés az „O” sör később gyártott tételénél mutatkozik, ahol csupán 16,8%-kal csökkent a kén-dioxid mennyisége a tárolás hatására. A legnagyobb különbség pedig a „K” termék legkorábban gyártott tételénél figyelhető meg, ahol a tárolást követően 90,7%-os csökkenést tapasztaltam.

A fejtés után mért és a hozzájuk tartozó, tárolás után mért kén-dioxid értékek alapján elmondható, hogy átlagosan 68,9%-kal csökkent a vizsgált sörök kén-dioxid-tartalma a tárolás hatására, vagyis jó közelítéssel átlagosan a harmadára csökkent. Ez az érték mindhárom tárolási idő együttes átlagára vonatkozik. Pontosabb képet kapunk, ha különválasztjuk a tárolási idő kategóriáit.

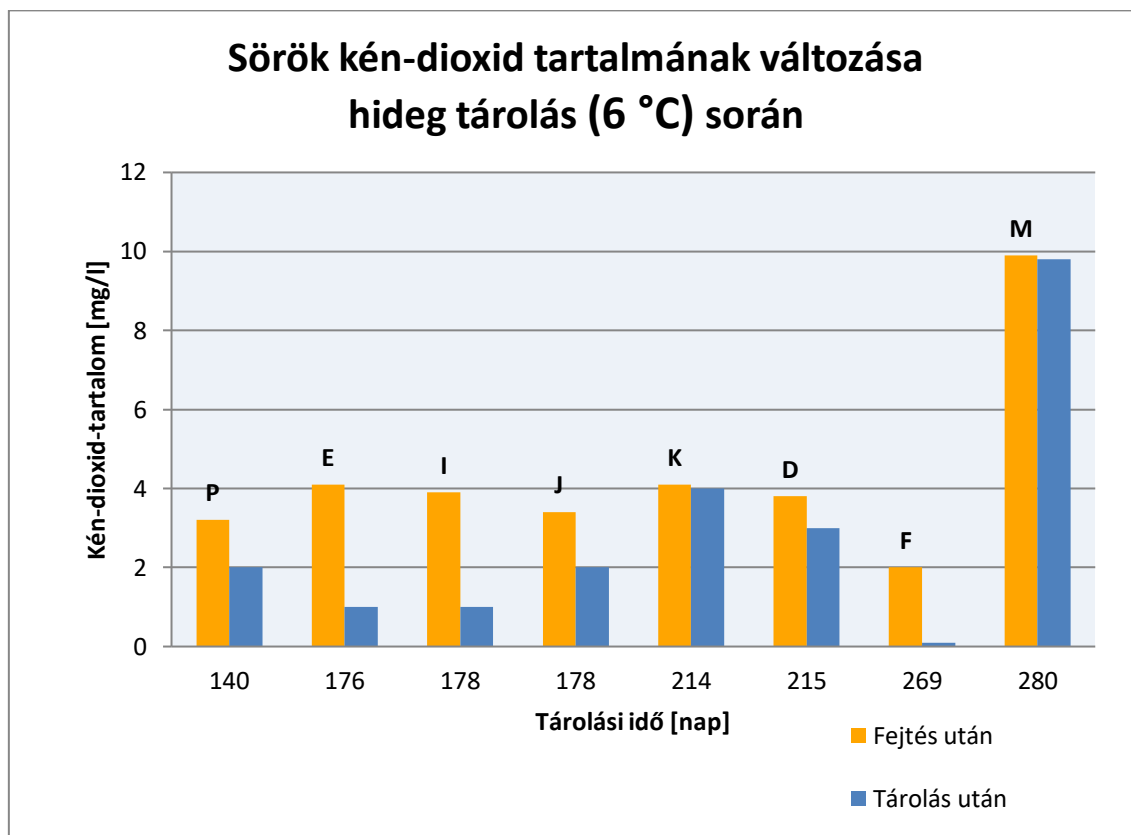
A 3 hónapig tárolt minták esetében átlagosan 56,6%-kal, a 6 hónapig tárolt minták esetében átlagosan 77,0%-kal, míg a közelítőleg 10 hónapig tárolt termékeknél 87,0%-kal csökkent a sörök kén-dioxid tartalma a gyártás után mért értékekhez viszonyítva. Bár ez utóbbi érték csupán 3 adatpárból származik, az első két értéket 13-13 adatpárból származtattam. Az eredmények alapján elmondható, hogy a legtöbb esetben a tárolási idő növelése a kén-dioxid-tartalom magasabb arányú bomlását eredményezi. Ilett – Simpson (1995) mérései alapján a kén-dioxid felezési ideje 3-6 hónap volt, ehhez hasonló eredményeket kaptam. A Borsodi Sörgyár általam vizsgált termékeinél a legtöbb esetben már 3 hónap elteltével is legalább a felére csökkent a SO_2 koncentrációja, 25 °C-os tárolásnál.

4.2.2 Hideg tárolás hatása

A tárolás hőmérséklete is fontos tényező a kén-dioxid-tartalom változása szempontjából, ezért 8 sör típust végeztem méréseket 6°C-on történő tárolást követően. A 13. ábra a hideg tárolás hatását szemlélteti. Az előbbiekhöz hasonlóan, a vízszintes tengelyen látjuk a tárolási napok számát, a függőleges tengelyen a kén-dioxid-tartalmat. Az ábécé nagybetűi az egyes sör típusokat jelölik. Az oszloppárok bal oldali (narancssárga színnel jelölt) tagjai a fejtést követően mért, a jobb oldali tagjai (kék színnel jelölt) az adott tárolási időt követően mért kén-dioxid-tartalmat ábrázolják.

13. ábra: Sörök kén-dioxid tartalmának változása hideg tárolás (6 °C) során

(Forrás: saját munka)



A melegen tárolt mintákhoz hasonlóan itt is azt tapasztaljuk, hogy a kén-dioxid-tartalom a tárolás során csökkent a mintákban. A „K” és az „M” jelű sörök esetében csak igen csekély mértékű (0,1 mg/l) csökkenést tapasztaltam, pedig az „M” sör tárolási ideje 280 nap volt. Bár kevesebb adat áll rendelkezésre, mint a melegen tárolt minták esetében, azt azonban látjuk, hogy a 6°C-on tárolt mintákban általában kisebb mértékű volt a kén-dioxid csökkenés, mint a 25°C-on tárolt minták esetében.

A nyolc sörtípusnál átlagosan 43,5 %-kal csökkent a kén-dioxid koncentrációja.

A kén-dioxid-tartalom csökkenése nem a tárolási idő, hanem sokkal inkább a sörtípus függvénye. Például, a hasonló tárolási idejű „F” és „M” sör között igen nagy különbség adódott a SO₂ veszteség mértékében. Ugyanis, míg a 269 napig tárolt „F” minta kén-dioxid vesztesége 95,0 %-os, addig az „M” sör 280 napos tárolást követően kén-dioxid-tartalmának csupán 1,0 %-át veszítette. Martinez-Periñan et al. (2011) szerint a nagyobb polifenol tartalmú sörben mérsékeltebb a kén-dioxid mennyiségének csökkenése.

Ilett – Simpson (1995) és Prabhakar – Mallika (2014) szerint a hideg csökkentette a tárolás alatti SO₂ veszteséget. A rendelkezésre álló adatok kissé ellentmondásosak. A hőmérséklet csökkenése a kén-dioxid bomlási folyamatának lassulását eredményezi, így hideg tárolásnál kisebb mértékű SO₂ veszteségre számíthatunk. Az átlagos 43,5 %-os csökkenés valóban kisebb a meleg tárolás során megfigyelt átlagos kén-dioxid veszteségeknél (68,9%). Azonban a melegen tárolt mintáknál a legnagyobb kén-dioxid veszteség 90,7 %-os, míg a hidegen tárolt termékeknél 95,0 %-os.

Összességében azonban látható, hogy a hőmérséklet csökkentése a legtöbb esetben mérsékeltebb SO₂ veszteséget eredményez, amit tapasztalt Ilett – Simpson (1995) és Prabhakar – Mallika (2014) is.

4.3 Egyéb fiziko-kémiai paraméterek

A 3. táblázat az A, B, C sörök és sörleveik eredeti extrakt-, alkoholtartalmát, pH-értékét, polifenol tartalmát, keserűértékét és színértékét tartalmazza.

Az eredeti extrakt értékek a sörleveknél hasonlóak, a sörökben már jelentősebbek a különbségek. Egyik sör sem éri el a 11% (m/m)-os eredeti extrakt értéket, viszont a Magyar Élelmiszerkönyv 2-702 számú irányelve alapján a C sör a minőségi sörök kategóriájába sorolható, ugyanis a 11% - 0,3% (m/m) értéken belüli az eredeti extrakt tartalma.

3. táblázat: az A, B, C sörök és sörleveik néhány fizikai és kémiai jellemzője

(Forrás: saját munka)

Minta	Eredeti extrakt (% (m/m))	Alkohol (% (V/V))	pH	Polifenol (mg/l)	Keserűség (IBU)	Szín (EBC)
A1 sörlé	17,66	-	5,21	-	51	16,5
A2 sörlé	17,55	-	5,35	-	51	21,6
A sör	7,37	3,92	4,46	70	13,4	7,06
B1 sörlé	17,51	-	5,2	-	47,7	17,7
B2 sörlé	17,4	-	5,27	-	47,7	15,2
B sör	9,21	4,08	4,52	93	16,8	7,1
C sörlé	16,19	-	5,71	-	-	10,6
C sör	10,72	4,79	4,21	78	-	5,65

Alkoholtartalomra nézve 3,92 – 4,79% (V/V) közötti értékeket mértem, tehát valamennyi minta a sör kategóriába tartozik (alkoholtartalma 2,81-8,0% (V/V) közötti).

A három sörtípus pH értéke egymáshoz hasonló és 4,21 – 4,52 közötti tartományon belüli. Ezek az eredmények a termékspecifikációikban rögzített megfelelő értéktartományon belüli értékek.

Polifenol tartalmuk 70-93 mg/l közötti, ami a Wu et al., (2006) által javasolt napi 1 g/nap beviteli érték 7-9%-át fedezi napi 1 liter sör fogyasztása esetén.

Keserűtartalomra nézve, a legnagyobb értéket a B sörnél mértem, mely 16,8 IBU egységnek adódott. Az A sör keserűsége 13,4 IBU, a C söré pedig a technológia sajátossága miatt elhanyagolható, ezért ezt nem vettem figyelembe. A és B sör keserűsége is alacsonynak mondható.

Az A sör színértéke 7,06 EBC, B sör értéke majdnem azonos A-val (7,1 EBC), és C sör valamivel világosabb, 5,65 EBC értékű. Mindhárom sörtípus színértéke 20 EBC egység alatti, tehát világos sörnek minősülnek.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Érdemes lenne megvizsgálni, mi okozza azt, hogy A késztermékben a kadaverin mennyisége lényegesen alacsonyabb, mint a sörlevekben átlagosan. Illetve, B sör esetében mi okozta a hisztamin és az agmatin koncentráció csökkenését a késztermékben? Izquierdo-Pulido et al. (1991) szerint a fejtés előtti szűrési folyamat gyakorlatilag nincs hatással egyik amin szintjére sem. Hőre nem érzékenyek, így a gyártási technológia során a biogén amin koncentráció csökkenése nem várható a folyamat előre haladtával.

Martinez-Perián et al. (2011) szerint a nagyobb polifenol tartalmú sörben mérsékeltebb a kén-dioxid mennyiségének csökkenése. Ez magyarázatot adhat az M sör 25°C-os tárolása során tapasztalt értékre. Ebben az esetben a sör kén-dioxid tartalma a fejtéstől számított 106 napos tárolást követően sem csökkent. Továbbá, a 6 °C-os tárolás során a K és M sör esetében is csupán 0,1 mg/l mértékben csökkent a késztermékek kén-dioxid tartalma, pedig M sör esetében 280 nap telt el a fejtést követően (miközben Ilett – Simpson (1995) mérései szerint az átlagos felezési idő 3-6 hónap).

Javaslatok:

- további kutatásokat végezni azzal kapcsolatban, mi okozza a biogén aminok csökkenését a késztermékben
- további kutatásokat végezni a sörben lévő, veszélyesnek minősülő biogén aminok mennyiségének csökkentési lehetőségeivel kapcsolatban
- további kutatásokat végezni a veszélyesnek minősülő biogén aminokkal kapcsolatban, hogy az összes, veszélyesnek minősülő biogén aminra egyértelmű maximális határértéket írjanak elő a rendeletek
- további kutatásokat végezni a kén-dioxid mennyiségének csökkentésével kapcsolatban, ha a fejtést közvetlenül megelőzően határérték (10 mg/l) feletti kén-dioxidot tartalmaz a sör

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A sörben jelen lévő káros anyagok közül kiemelten fontosak a biogén aminok. Bár a sör nem a legfőbb potenciális veszélyforrása a biogén aminoknak, bizonyos személyek érzékenyebbek jelenlétükre és az enyhébb tünetektől a súlyosabb tünetekig sok mellékhatást eredményezhetnek. Emiatt célszerű nagyobb figyelmet fordítani erre a különös vegyületcsoportra.

Hasonlóan fontos szempont az allergén sajátságú kén-dioxid mennyiségének meghatározása, illetve csökkentése.

A munka célja a Borsodi Sörgyár egyes termékeiben lévő, allergiát, intoleranciát kiváltó komponensek vizsgálata:

- *Biogén aminok mennyiségi meghatározása*
- *Kén-dioxid tartalom változásának elemzése a tárolás során*

A biogén aminok minőségi és mennyiségi meghatározását az ioncserés oszlopkromatográfia elvén működő AAA 400 típusú Automatikus Aminosav Analizátorral (Ingos Kft., Csehország) végeztük.

Három különböző késztermékben és ezek sörleveiben mértem a következő biogén aminok mennyiségét: hisztamin, tiramin, kadaverin, spermidin, agmatin. A hisztamin az egyetlen, amelyre maximális határértéket szabtak meg, de a vizsgált sörökben ez a biogén amin nagyságrendekkel kisebb mennyiségben volt jelen a mérések szerint. A tiramin, amely a második legjelentősebb biogén aminunk élelmiszerbiztonsági szempontból, szintén nagyságrendekkel kisebb koncentrációban volt jelen a vizsgált sörökben, mint amit a szakirodalmak veszélyesnek ítélték meg egészséges személyeknél.

Az összes biogén amin tartalom mindegyik vizsgált sörben nőtt a sörleveikben lévőkhöz képest. Ez az eredmény várható volt, hiszen gyakorlatilag nincs olyan művelet a gyártástechnológia során, amely csökkentené mennyiségüket, viszont az sör erjedése során termelődnek. Az összes biogén amin tartalmat figyelembe véve elmondható, hogy a Borsodi Sörgyár vizsgált termékei megfelelő minőségű alapanyagokból, az élelmiszerbiztonsági előírások gondos betartásával készültek.

A kén-dioxid mennyiségi meghatározását spektrofotometriásan végeztem, Hitachi U-2900 típusú berendezés segítségével.

13 különböző sörmintát vizsgáltam 25°C-os tárolási hőmérsékleten. Megközelítőleg három, hat és tíz hónapos tárolást követően végeztem méréseket. Egyik sör típus sem haladta meg a 10 mg/l-es határértéket. A három hónapig tárolt minták esetében átlagosan 56,6%-kal, a hat hónapig tárolt minták esetében átlagosan 77,0%-kal, míg a közelítőleg 10 hónapig tárolt termékeknel 87,0%-kal csökkent a sörök kén-dioxid tartalma a gyártás után mért értékekhez viszonyítva.

Szembevetendő az azonos típusú sörök közötti nagy kén-dioxid koncentrációkülönbség a fejtést követően, a különböző gyártási idejű tételek között. Ennek oka valószínűleg a tételek közötti különböző erjesztési körülmények.

Nyolc különböző sörmintát 6°C-os tárolási hőmérsékleten is elemeztem. A nyolc sör típusnál átlagosan 43,5 %-kal csökkent a kén-dioxid koncentrációja. Egyes termékek esetén jelentős tárolási időt követően (280 nap) is igen csekély mértékben csökkent a kén-dioxid koncentrációja, amelynek magyarázata lehet a polifenolok védő hatása egyes szakirodalmak szerint. A hőmérséklet csökkentése a legtöbb esetben mérsékeltebb SO₂ veszteséget eredményez, amit több szakirodalom említ.

További kutatások szükségesek a veszélyesnek ítélt biogén aminok és a kén-dioxid koncentrációjának csökkentési lehetőségeivel kapcsolatban.

7. IRODALOMJEGYZÉK

A BIZOTTSÁG 1129/2011/EU RENDELETE. (2011.. november 11.). Brüsszel: Az Európai Unió Hivatalos Lapja. Letöltés dátuma: 2022.09.13.

Forrás: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1129>

Almeida, C. – Fernandes, J. – Cuncha, S. (2012): A novel dispersive liquid-liquid microextraction (DLLME) gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS) method for the determination of eighteen biogenic amines in beer. *Food Control* , 25., pp. 380–388.

DOI:10.1016/j.foodcont.2011.10.052.

Alvarez, M. A. – Moreno-Arribas, M. V. (2014): The problem of biogenic amines in fermented foods and the use of potential biogenic amine degrading microorganisms as a solution. *Trend in Food Science & Technology* , 39. (2.), pp. 146–155.

DOI: 10.1016/j.tifs.2014.07.007

AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 1169/2011/EU RENDELETE. (2011. október 25.). Strasbourg: Az Európai Unió Hivatalos Lapja. Letöltés dátuma: 2022.09.14.

Forrás: [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:HU:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:HU:PDF](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:HU:PDF)

Bamforth, C. W. (2002): Nutritional aspects of beer – a review. *Nutrition Research* , 22 (1-2), pp. 227–237.

DOI: 10.1016/s0271-5317(01)00360-8

Bamforth, C. W. (2004): *Beer: Health and Nutrition*. California, Davis: Blackwell Science.

Beer statistics (2018). Brussels: *The Brewers of Europe*. Letöltés dátuma: 2022.09.21.

Forrás: <https://brewersofeurope.org/uploads/mycms-files/documents/publications/2018/EU-beer-statistics-2018-web.pdf>

Behl, T. – Bungau, S. – Kumar, K. – Gokhan, Z. – Khan, F. – Kumar, A. – Kaur, R. – Venkatachalam, T. – Tit, D. M. – Vesa, C. M. – Barsan G. – Mosteanu, D. E. (2020): Pleiotropic Effects of Polyphenols in Cardiovascular System. *Biomedicine & Pharmacotherapy* , 130, pp. 1–17.

DOI: 10.1016/j.biopha.2020.110714

Bertuzzi, T. – Mulazzi, A. – Rastelli, S. – Donadini, G. – Rossi, F. – Spigno, G. (2019): Targeted healthy compounds in small and large-scale brewed beers. *Food Chemistry*, 2019.12.03. Letöltés dátuma: 2022.09.21.

DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125935

Brányik, T. – Silva, D. P. – Baszczyński, M. – Lehnert, R. – Almeida e Silva, J. B. (2012): A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production. *Journal of Food Engineering* , 108. (4.), pp. 493–506.

DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.09.020

Buňka, F. – Budinský, P. – Čechová, M. – Drienovský, V. – Pachlová, V. – Matoulková, D. – Kubáň V. – Buňková L. (2012): Content of biogenic amines and polyamines in beers from the Czech Republic. *Journal of the Institute of Brewing* , 118. (2.), pp 213–216.

DOI: 10.1002/jib.31

Caballero, I. – Blanco, C. A. – Porras, M. (2012): Iso- α -acids, bitterness and loss of beer quality during storage. *Trends in Food Science & Technology* , 26. (1.), pp. 21–30.

DOI: 10.1016/j.tifs.2012.01.001

Casella, I. G. – Contursi, M. (2003): Isocratic ion chromatographic determination of underivatized amino acids by electrochemical detection. *Analytica Chimica* , 478., pp. 179–189.

DOI:10.1016/S0003-2670(02)01517-9

Chen, E. C.-H. – Van Gheluwe, G. (1979): Analysis of Histamine in Beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* , 37. (2.), pp. 91–95.

Coton, M. – Romano, A. – Spano, G. – Ziegler, K. – Vetrana, C. – Desmarais, C. – Lonvaud-Funel A. – Lucas P. – Coton E. (2010): Occurrence of biogenic amine-forming lactic acid bacteria in wine and cider. *Food Microbiology* , 27. (8), pp. 1078–1085.

DOI: 10.1016/j.fm.2010.07.012

Crépin, L. – Nidelet, T. – Sanchez, I. – Dequin, S. – Camarasa, C. (2012): Sequential use of nitrogen compounds by *Saccharomyces cerevisiae* during wine fermentation: A model based on kinetic and regulation characteristics of nitrogen permeases. *Applied and Environmental Microbiology* , 78. (22.), pp. 8102–8111.

DOI: 10.1128/aem.02294-12

- Csapó, J. – Csapóné Kiss, Z. (2004): *Élelmiszer-kémia*. Kolozsvár: Scientia Kiadó.
- Danquah, A. O. – Benjakul, S. – Simpson, B. K. (2012): Biogenic Amines in Foods. *Food Biochemistry and Food Processing* , pp. 820–832.
DOI: 10.1002/9781118308035.ch43
- De la Cueva, S. P. – Álvarez, J. – Végvári, Á. – Montilla-Gómez, J. – Cruz-López, O. – Delgado-Andrade, C – Rufián-Henares, J. A. (2017): Relationship between HMF intake and SMF formation in vivo: An animal and human study. *Molecular Nutrition & Food Research* , 61. (3.).
DOI: 10.1002/mnfr.201600773
- Denke, M. A. (2000): *Nutritional and Health Benefits of Beer*. 320 , pp. 320–326. (Kaplan, N. M. – Palmer, B. F. szerk.)
- Diel, S. – Herwald, M. – Borck, H. – Diel, F. (2008): Histamine in Beer. In V. R. Preedy, *Beer in Health and Disease Prevention*, pp. 317–326. Department of Nutrition and Dietetics, King's College London, London, UK: Academic Press.
- Eßlinger, H. M. (2009): *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- European Food Safety Authority (EFSA) (2011): Scientific Opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. *EFSA Journal* , 9. (10.).
DOI: 10.2903/j.efsa.2011.2393
- Fernandez, J. – Simpson, W. (1995): A cost-effective solution to control of microbiological stability? *European Brewery Convention*, pp. 173–722. Brussels, Belgium.
DOI: 10.1093/oso/9780199636143.003.0084
- Fernández, M. – Linares, D. M. – Rodríguez, A. – Alvarez, M. A. (2007): Factors affecting tyramine production in *Enterococcus durans* IPLA 655. *Applied Microbiology and Biotechnology* , 73. (6.), pp. 1400–1406.
DOI: 10.1007/s00253-006-0596-y

Fernández-Anaya, S. – Crespo, J. F. – Rodríguez, J. R. – Daroca, P. – Carmona, E. – Herraiz, L. – López-Rubio, A. (1999): Beer anaphylaxis. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 103. (5.), pp. 959–960.

DOI: 10.1016/s0091-6749(99)70449-5

Ferrera, I. M. – Guido, L. F. (2018): Impact of Wort Amino Acids on Beer Flavour: A Review. *Fermentation* , 4 (2), pp. 1–13.

DOI:10.3390/fermentation4020023

Franco, C. M. – Vázquez B. B. (szerk.) (2020): *Natural Compounds as Antimicrobial Agents*. Antibiotics. Letöltés dátuma: 2023.02.11.

Forrás: [https://mdpi-](https://mdpi-res.com/bookfiles/book/2530/Natural_Compounds_as_Antimicrobial_Agents.pdf?v=1727830912)

[res.com/bookfiles/book/2530/Natural_Compounds_as_Antimicrobial_Agents.pdf?v=1727830912](https://mdpi-res.com/bookfiles/book/2530/Natural_Compounds_as_Antimicrobial_Agents.pdf?v=1727830912)

Fumi, M. D. – Galli, R. – Lambri, M. – Donaldini, G. – De Faveri, D. M. (2011): Effect of full-scale brewing process on polyphenols in Italian all-malt and maize adjunct lager beers. *Journal of Food Composition and Analysis* , 24 (4-5), pp. 568–573.

DOI: 10.1016/j.jfca.2010.12.006

Garofalo, C. – Osimani, A. – Milanović, V. – Taccari, M. – Aquilanti, L. – Clementi, F. (2015): The occurrence of beer spoilage lactic acid bacteria in craft beer production. *Journal of Food Science* , 80. (12.), pp. 2845–2852.

DOI: 10.1111/1750-3841.13112

Geissler, A. J. – Behr, J. – von Kamp, K. – Vogel, R. F. (2016): Metabolic strategies of beer spoilage lactic acid bacteria in beer. *International Journal of Food Microbiology* , 216., pp. 60–68.

DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.08.016

Halász, A. – Baráth, Á. – Simon-Sarkadi, L. – Holzapfel, W. (1994): Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends in Food Science & Technology* , 5. (2.), pp. 42–49.

DOI: 10.1016/0924-2244(94)90070-1

He, Y. – Dong, J. – Yin, H. – Zhao, Y. – Chen, R. – Wan, X. – Chen, P – Hou, X. – Liu, J. – Chen, L. (2014): Wort composition and its impact on the flavour-active higher alcohol and ester formation of beer – a review. *Institute of Brewing & Distilling* , 120. (3.), pp. 157–163.
DOI 10.1002/jib.145

Hiralal, L. – Olaniran, A. O. – Pillay, B. (2014): Aroma-active ester profile of ale beer produced under different fermentation and nutritional conditions. *Journal of Bioscience and Bioengineering* , 117. (1.), pp. 57–64.
DOI: 10.1016/j.jbiosc.2013.06.002

Hough, J. S. – Briggs, D. E. – Stevens, R. – Young, T. W. (1982): Metabolism of wort by yeast. *Malting and Brewing Science*, pp. 566–614.
DOI: 10.1007/978-1-4615-1799-3_6

Iacomino, G. – Tedesco, I. – Russo, G. L. (2009): Biological Properties of Beer and Its Components Compared to Wine. In V. R. Preedy, *Beer in Health and Disease Prevention*, pp. 483–490. London: Academic Press
DOI: 10.1016/B978-0-12-373891-2.X0001-6

Ilett, D. R. – Simpson, W. J. (1995): Loss of sulphur dioxide during storage of bottled and canned beers. *Food Research International* , 28. (4.), 3 pp. 3–396.
DOI: 10.1016/0963-9969(95)00012-b

Izquierdo-Pulido, M. – Mariné-Font, A. – Vidal-Carou, M. (1994): Biogenic Amines Formation during Malting and Brewing. *Journal of Food Science* , 59. (5.), pp. 1104–1107.
DOI: 10.1111/j.1365-2621.1994.tb08201.x

Izquierdo-Pulido, M. – Vidal-Carou, M. – Mariné-Font, A. (1991): Histamine and Tyramine in Beers. Changes During Brewing of a Spanish Beer. *Food Chemistry* , 42 (2), pp. 231–237.
DOI: 10.1016/0308-8146(91)90037-O

Izquierdo-Pulido, M. – Vidal-Carou, M. – Mariné-Font, A. (1989). Histamine and Tyramine in Beers: Contents and Relationships with Other Analytical Data. *Journal of Food Composition and Analysis* , 2 (3), pp. 219–227.
DOI: 10.1016/0889-1575(89)90019-7

- Kabelová, I. – Dvořáková, M. – Čížková, H. – Dostálek, P. – Melzoch, K. (2008): Determination of free amino acids in beers: A comparison of Czech and foreign brands. *Journal of Food Composition and Analysis* , 21. (8.), pp. 736–741.
DOI:10.1016/j.jfca.2008.06.007
- Kabir, A. – Mocan, A. – Piccolantonio, S. – Sperandio, E. – Ulusoy, H. I. – Locatelli, M. (2020): Analysis of amines. *Recent Advances in Natural Products Analysis* , pp. 569–591.
DOI: 10.1016/b978-0-12-816455-6.00016-0
- Kalač, P. – Křížek, M. (2003): A Review of Biogenic Amines and Polyamines in Beer. *Journal of the Institute of Brewing* , 109 (2), pp. 123–128.
DOI: 10.1002/j.2050-0416.2003.tb00141.x
- Kalač, P. – Šavel, J. – Křížek, M. – Pelikánová, T. – Prokopová, M. (2002): Biogenic amine formation in bottled beer. *Food Chemistry* , 79 (4), pp. 431–434.
DOI:10.1016/S0308-8146(02)00193-0
- Koch, J. (1986): *Getränkebeurteilung (Handbuch der Lebensmitteltechnologie)*. Stuttgart: Ulmer.
- Kovacova-Hanuskova, E. – Buday, T. – Gavliakova, S. – Plevkova, J. (2015): Histamine, histamine intoxication and intolerance. *Allergologia et Immunopathologia* , 43 (5), pp. 498–506.
DOI: 10.1016/j.aller.2015.05.001
- Kunze, W. (1999): *Technology brewing and malting*. Második kiadás, 4. kötet. Berlin: VLB.
- Lijinsky, W. (1980): Significance of in vivo Formation of N-Nitroso Compounds. *Oncology*, 37. (4.), pp. 223–226.
DOI: 10.1159/000225440
- Liu, C. – Shen, Y. – Peng, L. – Li, Q. – Yin, X. (2014): Influence of Pasteurization and Microfiltration on Beer Aging and Anti-Aging Levels. *Journal American Society Brewing Chemistry* , 72. (4.), pp. 285–295.
DOI: 10.1094/asbcj-2014-0925-01

Madeo, F. – Eisenberg, T. – Pietrocola, F. – Kroemer, G. (2018): Spermidine in health and disease. *Science* , 359.

DOI: 10.1126/science.aan2788

Magyar Élelmiszerkönyv - Codex Alimentarius Hungaricus. 2-702 számú irányelv. Sör. Jóváhagyta a Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2013. május (3. kiadás).

Marcobal, Á. – Martín-Álvarez, P. J. – Moreno-Arribas, M. V. – Muñoz, R. (2006): A multifactorial design for studying factors influencing growth and tyramine production of the lactic acid bacteria *Lactobacillus brevis* CECT 4669 and *Enterococcus faecium* BIFI-58. *Research in Microbiology* , 157. (5.), pp. 417–424.

DOI: 10.1016/j.resmic.2005.11.006.

Martinez-Periñan, E. – Hernández-Artiga, M. P. – Palacios-Santander, J. M. – ElKaoutit, M. – Naranjo-Rodriguez, I. – Bellido-Milla, D. (2011): Estimation of beer stability by sulphur dioxide and polyphenol determination. Evaluation of a Laccase-Sonogel-Carbon biosensor. *Food Chemistry*, 127, pp. 234–239.

DOI:10.1016/j.foodchem.2010.12.097

Mesías, M. – Delgado-Andrade, C. (2017): Melanoidins as a potential functional food ingredient. *Current Opinion in Food Science*, 14, pp. 37–42.

DOI:10.1016/j.cofs.2017.01.007

Molnár-Perl, I. (Szerk.) (2005).: Quantitation of Amino Acids and Amines by Chromatography: Methods and Protocols. *Journal of the Chromatography Library* , 70., pp. 2–655.

Montanari, L. – Mayer, H. – Marconi, O. – Fantozzi, P. (2009): Minerals in Beer. In Preedy V. R. (szerk.), *Beer in Health and Disease Prevention* pp. 359–365. Via San Costanzo, Perugia, Italy: Academic Press.

Nagao, Y. – Kodoma, H. – Yamaguchi, T. – Yonezawa, T. – Taguchi, A. – Fujino, S. – Morimoto, K. – Fushiki, T. (1999): Reduced urination rate while drinking beer with an unpleasant taste and off-flavor. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* , 63. (3.), pp. 468–473.

DOI: 10.1271/bbb.63.468

Olas, B. – Bryś, M. (2020): Beer components and their beneficial effect on the hemostasis and cardiovascular diseases – truth or falsehood. *Food and Chemical Toxicology* , 146.

DOI: 10.1016/j.fct.2020.111782

Pomilio, A. B. – Duchowicz, P. R. – Giraudo, M. A. – Castro, E. A. (2010): Amino acid profiles and quantitative structure-property relationships for malts and beers. *Food Research International* , 43., pp. 965–971.

DOI: 10.1016/j.foodres.2010.01.006.

Poveda, J. (2018): Biogenic amines and free amino acids in craft beers from the Spanish market: A statistical approach. *Food Control* . 2018.09.12. Letöltés dátuma: 2022.09.13.

DOI: 10.1016/j.foodcont.2018.09.012

Poveda, J. M. – Ruiz, P. – Seseña, S. – Palop, M. L. (2017): Occurrence of biogenic amine-forming lactic acid bacteria during a craft brewing process. *LWT - Food Science and Technology* , 85, pp. 129–136.

DOI: 10.1016/j.lwt.2017.07.003.

Prabhakar, K. – Mallika, E. (2014): Preservatives: Permitted Preservatives – Sulfur Dioxide. *Academic Press*. 3, pp. 108–112.

DOI: 10.1016/B978-0-12-384730-0.00264-0

Pradenas, J. – Galarce-Bustos, O. – Henríquez-Aedo, K. – Mundaca-Urbe, R. – Aranda, M. (2016): Occurrence of biogenic amines in beers from Chilean market. *Food Control* , 70, pp. 138–144.

DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.05.043

Qian, B. – Zhao, J. – He, Y. – Peng, L. – Ge, H. – Han, B. (2020): Miniaturized dielectric barrier discharge-molecular emission spectrometer for determination of total sulfur dioxide in food. *Food Chemistry*, 317, pp. 1–6.

DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126437

Rohn, L. – Page, L. – Borck, H. – Horr, B. – Diel, F. (2005): Can histamine be tasted in wine? *Inflammation Research* , 54 (1), pp. 66–67.

DOI: 10.1007/s00011-004-0430-x

- Rosenberg, M. L. – Tohidi, V. – Sherwood, K. – Gayen, S. – Medel, R. – Gilad, G. M. (2020): Evidence for Dietary Agmatine Sulfate Effectiveness in Neuropathies Associated with Painful Small Fiber Neuropathy. A Pilot Open-Label Consecutive Case Series Study. *Nutrients*, 12(2), pp. 1–9.
DOI: 10.3390/nu12020576
- Ruiz-Ruiz, J. C. – del Carmen, G. – Aldana, E. – Corona Cruz, A. I. – Segura-Campos, M. R. (2020): Antioxidant Activity of Polyphenols Extracted From Hop Used in Craft Beer. In A. M. Grumezescu, & A. M. Holban, *Biotechnological Progress and Beverage Consumption*. 19, pp. 283–310. Academic Press.
- Sakamoto, K. – Konings, W. N. (2003): Beer spoilage bacteria and hop resistance. *International Journal of Food Microbiology*, 89 (2-3), pp. 105–124.
DOI: 10.1016/S0168-1605(03)00153-3.
- Salek, R. N. – Lorencová, E. – Černíková, M. – Buňková, L. – Hýlková, A. – Buňka, F. (2020): Biogenic amines occurrence in beers produced in Czech microbreweries. *Food Control*, 117, pp. 1–10.
DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107335
- Shalaby, A. R. (1996): Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Research International*, 29 (7), pp. 675–690.
DOI: 10.1016/s0963-9969(96)00066-x
- Smit, A. Y. – du Toit, W. J. – du Toit, M. (2008): Biogenic amines in wine: understanding the headache. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 29 (2), pp. 109–127.
DOI: 10.21548/29-2-1444.
- Spano, G. – Russo, P. – Lonvaud-Funel, A. – Lucas, P. – Alexandre, H. – Grandvalet, C. – Coton, E. – Coton, M. – Barnavon, L. – Bach, B. – Rattray F. – Bunte, A. – Magni, C. – Ladero, V. – Alvarez, M. – Fernández, M. – Lopez, P. – de Palencia, PF. – Corbi, A. – Trip, H. – Lolkema, JS. (2010): Biogenic amines in fermented foods. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64 (3), pp. 95–100.
DOI: 10.1038/ejcn.2010.218

Suzuki, K. (2011): 125th anniversary review: microbiological instability of beer caused by spoilage bacteria. *Journal of the Institute of Brewing* , 117 (2), pp. 131–155.

DOI: 10.1002/j.2050-0416.2011.tb00454.x.

Taylor, S. A. – Shulman, K. I. – Walker, S. E. – Moss, J. – Gardner, D. (1994): Hypertensive episode associated with phenelzine and tap beer – a reanalysis of the role of pressor amines in beer. *Journal of Clinical Psychopharmacology*, 14 (1), pp. 5–14.

DOI: 10.1097/00004714-199402000-00002

Vanderhaegen, B. – Neven, H. – Verachtert, H. – Derdelinckx, G. (2006): The chemistry of beer aging - a critical review. *Food Chemistry* , 95(3), pp. 357–381.

DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.01.006

Wu, X. – Beecher, G. R. – Holden, J. M. – Haytowitz, D. B. – Gebhardt, S. E. – Prior, R. L. (2006): Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of agriculture and food chemistry*, 54, pp. 4069–4075.

DOI:10.1021/jf060300l

Yarmolinski, L. – Beveridge, T. (1982): Fluorometric Determination of Histamine in Quebec Beer. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* , 15 (1), pp. 72–74.

DOI: 10.1016/S0315-5463(82)72318-1

Zara, G. – Nardi, T. (2021): Yeast Metabolism and Its Exploitation in Emerging Winemaking Trends: From Sulfite Tolerance to Sulfite Reduction. *Fermentation*, 7(57), pp. 1–17.

DOI: 10.3390/fermentation7020057

Zhao, H. – Sun-Waterhouse, D. (2019): Interactions Between Proteins and Polyphenols in Beer. In L. Melton – F. Shahidi – P. Varelis: *Encyclopedia of Food Chemistry*. pp. 550–553. *Academic Press*.

DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.21487-X

8. ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

8.1 Ábrák jegyzéke

1. ábra:	Az α -savak kémiai szerkezete és az α -savak izomerizációja izo- α -savakká	10
2. ábra:	A szulfit útvonalainak egyszerűsített áttekintése az élesztősejtben.....	22
3. ábra:	az A1, A2 sörlé és A sör biogén amin tartalma	33
4. ábra:	a B1, B2 sörlé és B sör biogén amin tartalma	34
5. ábra:	a C1sörlé és C sör biogén amin tartalma	34
6. ábra:	Biogén aminok aránya A1 és A2 sörlevekben	36
7. ábra:	Biogén aminok aránya A sörben	37
8. ábra:	Biogén aminok aránya B1 és B2 sörlevekben.....	37
9. ábra:	Biogén aminok aránya B sörben.....	38
10. ábra:	Biogén aminok aránya C1 sörlében.....	39
11. ábra:	Biogén aminok aránya C sörben.....	39
12. ábra:	Sörök kén-dioxid tartalmának változása meleg tárolás (25°C) során.....	41
13. ábra:	Sörök kén-dioxid tartalmának változása hideg tárolás (6 °C) során	44

8.2 Táblázatok jegyzéke

1. táblázat:	A sör tápértékjellemzői.....	7
2. táblázat:	A komló fenolos vegyületei és koncentrációjuk.....	11
3. táblázat:	az A, B, C sörök és sörlevek néhány fizikai és kémiai jellemzője	46

9. MELLÉKLETEK

1. melléklet: Különböző gyártási idejű sörök kén-dioxid tartalma meleg (25 °C-os) tárolásnál

	Sörök kén-dioxid tartalma (mg/l)												
	Sörtípus												
Mérés sorszáma	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1.	3,2	1,4	0,0	2,5	3,8	2,8	3,2	2,5	2,3	2,6	2,4	3,1	1,9
2.	3,2	2,7	0,4	2,7	3,9	3,5	4,5	3,9	3,1	6,2	3,4	3,3	1,9
3.	3,3	2,8	0,9	2,9	4,7	3,5	5,7	4,0	3,3	6,9	3,7	4,5	2,1
4.	3,4	2,8	1,1	2,9	5,2	3,5	6,5	4,2	3,3	7,1	4,1	4,8	2,1
5.	3,4	3,1	1,2	3,0	5,5	3,7	8,7	4,3	4,1	7,3	4,3	4,9	2,4
6.	3,4	3,2	1,3	4,1	5,6	3,7	9,5	4,3	4,4	7,7	4,3	4,9	2,6
7.	3,5	3,5	1,3	4,1	5,7	3,9		4,9	4,5	8,1	4,7	5,1	2,8
8.	3,5	3,5	1,3	4,3	5,9	4,1		5,3	4,8	8,7	4,7	5,1	2,9
9.	3,6	3,5	1,5	4,7	6,1	4,1		8,5	4,9	8,9	4,7	5,3	2,9
10.	3,8	3,7	1,6	5,2	6,2	4,1		9,9	6,0	9,1	4,8	5,6	3,2
11.	3,9	3,7	6,0	5,3	6,3	4,3		9,9	9,5	9,9	4,9	5,9	3,2
12.	4,1	3,7		5,3	6,3	4,3		10,0	9,7	9,9	5,0	5,9	3,5
13.	4,1	3,8		6,0	6,4	4,6			9,7	9,9	5,1	6,2	3,5
14.	4,1	4,0		7,5	6,5	4,7			9,9	9,9	5,3	6,7	3,9
15.	4,1	4,1		8,1	6,9	4,8			9,9	10,0	5,4	7,7	4,3
16.	4,1	4,2		9,3	7,3	5,3			9,9	10,0	5,7	8,6	6,6
17.	4,2	4,2		9,4	7,3	5,5			9,9		6,2	8,6	7,1
18.	4,3	4,6		9,9	7,7	5,7			10,0		6,9	9,7	7,5
19.	4,3	4,7		9,9	9,9				10,0		6,9	9,9	8,3
20.	4,4	5,5		10,0					10,0		7,3	10,0	9,7

Köszönetnyilvánítás

Először is köszönetet szeretnék mondani konzulensemnek, Dr. Mednyánszky Zsuzsannának, odaadó, szeretetteljes munkájáért, biztató szavaiért, értékes gondolataiért, tanácsaiért, melyekkel nagyban hozzásegítette e dolgozat létrejöttét!

Köszönöm külső konzulensem, Nánásiné Csécsei Erzsébet munkáját!

Külön köszönet illeti Kedvesemet, Szüleinket támogatásukért, akik minden tőlük telhetőt megtettek előrehaladásom érdekében!

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Vozárik Péter
A Hallgató Neptun kódja: TB7OWW
A dolgozat címe: Biogén amin tartalom meghatározása és kén-dioxid
tartalom változásának elemzése tárolás hatására a Borsodi
Sörgyár egyes termékeiben
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Táplálkoástudományi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat 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 szellemitulajdon-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, 2024. év október hó 1. napján



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Vozárik Péter (hallgató Neptun azonosítója: TB7OWW) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

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

Kelt: Budapest, 2024. év október hó 7. napján



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.