

# **SZAKDOLGOZAT**

**Nátrán-Láday Kinga**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet**

**Élelmiszermérnöki alapképzés**

**Oldott oxigén mérése és mérséklése a sörgyártás  
technológiai folyamatai során**

**Belső konzulens:** Dr. Kun-Farkas Gabriella  
Egyetemi docens  
**Biomérnök és Erjedésipari  
Technológia Tanszék**

**Készítette:** Nátrán-Láday Kinga

**Budapest**

**2024**

## Tartalomjegyzék

1	Bevezetés és célkitűzés .....	5
2	Szakirodalmi áttekintés .....	7
2.1	Oldott oxigén .....	7
2.1.1	Oldott oxigén mérése .....	7
2.1.2	Oldott gázokra vonatkozó törvények. ....	8
2.1.3	Oldott gáz mértékegysége .....	8
2.2	Oldott oxigént mérő módszerek .....	9
2.2.1	A kolorimetriás módszer .....	10
2.2.2	A Winkler-módszer .....	11
2.2.3	Elektrokémiai érzékelő .....	12
2.2.4	Optikai oldott oxigén érzékelő .....	13
2.3	Oldott oxigén mérés szükséglete az élelmiszeriparban .....	14
2.3.1	Élelmiszerfeldolgozás .....	14
2.3.2	Konzervgyártás .....	15
2.3.3	Édesipar .....	15
2.4	Oldott oxigén a söriparban .....	16
2.5	Oldott oxigén mérése a sörben .....	16
2.6	Az oxigén hatása a sörgyártás egyes lépéseire .....	17
2.6.1	Főzőházi műveletek .....	17
2.6.2	Erjesztés .....	18
2.6.3	Késztermék kezelés .....	19
3	Alkalmazott módszerek .....	20
3.1.1	Nagyüzemi sörfőzdék vizsgált termékei .....	20
3.1.2	Kisüzemi sörfőzdék lager típusú termékei .....	20
3.1.3	Hach Orbisphere 3100 manual oldott oxigén mérő műszer .....	22

3.2	Oldott oxigén mérése sörüzemi környezetben .....	23
3.3	Oldott oxigén mérés palackozott és dobozos sör esetében.....	24
3.4	Mérés a kiszerező tartályban.....	26
4	Eredmények és értékelésük .....	27
4.1	Kisüzemi sörfőzdében mért oldott oxigén koncentráció .....	27
4.2	Magyar sörfőzdek termékeinek vizsgálata .....	31
5	Következtetések és javaslatok.....	35
6	Összefoglalás .....	37
7	Irodalomjegyzék.....	38
8	Ábrajegyzék .....	40
9	Hallgatói nyilatkozat .....	41
10	Konzulensi nyilatkozat.....	42

# 1 Bevezetés és célkitűzés

A sör készítése során több gyártási lépésben megjelenik akarva vagy akaratlanul az oxigén. Azonban van olyan tevékenysége a gyártásnak, amihez elengedhetetlen az oxigén (O<sub>2</sub>) vagy levegő hozzátáplálása, ilyen az erjedés folyamata, hiszen az élesztőnek rendkívül fontos az oxigén jelenléte a megfelelő szaporulathoz. Egyéb művelet során inkább gondot okoz, mintsem kedvező, ha oxigén van jelen.

A sörfőzők már régóta vizsgálják, hogy a kész sör kiszerelésekor, legyen szó palackozásról, dobozolásról vagy hordóba fejtésről, egy bizonyos mennyiségű oxigén mindig jelen van a termékben. Kiszereléskor különösen fontos, hogy a lehető legkevesebb oxigén jusson a késztermékbe, hiszen jelentős szerepe van az érzékszervi tulajdonságok befolyásolásában. Jellemzően a főzőházi folyamatok során, illetve az erjesztés alatt merül fel ez a kérdés, hogy hogyan befolyásolhatja az oldott oxigén a termék minőségét. Például ha egy főzőházi rendszerben a cefre egyik tartályból a másikba csobogtatva érkezik, akkor abban az esetben jóval több oxigént képes felvenni a folyadék, mintha alulról táplálnák be, és csak a felszín érintkezne a levegővel.

Az oldott oxigén jelenléte az erjedésen kívül kellemetlen ízhibát okozhat. A sör kiszerelésekor szinte lehetetlen, hogy az oldott oxigén egyáltalán ne legyen jelen a sörben, ezért idővel érzékszervekkel észlelhető változáson fog átmenni. Megfigyelhetjük, hogy egyes sörfajtáknál mennyi idő után jelentkeznek az íz és illatváltozások, de akár a színbeli eltérés is megjelenhet. A malátából származó zsírsavak oxidációja során transz-2-nonenál vegyület keletkezhet, amit a kartonpapír ízhez szoktak hasonlítani (Bamforth, 2016).

Oldott oxigén mérésére többféle mérőműszert is alkalmaznak. Működésük elve alapján kétféle mérőműszert ismerünk, a Winkler és a Hays módszeren alapuló műszerek. A Winkler féle az oldott oxigén jodometriás mennyiségi meghatározással történik, a Hays féle pedig indigó – kármin felhasználásával képes mérést végezni (Bamforth, 2016).

Az oldott oxigén mérése nagyban hozzájárul ahhoz, hogy a sörfőzdek kiváló minőségű terméket hozhassanak forgalomba. A mérést akkor célszerű elvégezni, amikor a gázok telítettek a folyadékban. A méréshez túlnyomást kell emiatt alkalmazni. Érdeemes megvizsgálni, hogy a hőmérséklet mennyiben befolyásolja az oldott oxigén és százalékos arányszintjének növekedését a folyadékban.

Szakedolgozatom célja, hogy betekintést mutassak az élelmiszeripari területeken belül főleg a sörgyártásra koncentrálva az oxigén jelenlétének jótékony vagy káros hatásaira. Megvizsgálom, hogy a nem kívánatos oldott oxigén a gyártás mely területein okoz problémát és hogyan lehet korlátozni az oxigén oldódását. Bemutatom, hogy milyen eszközök állnak rendelkezésre az oldott oxigén vizsgálatához, valamint a sörgyártáson kívül mely élelmiszeripari területeken érdekelt az oldott oxigén mérése.

Egy kisüzemi sörfőzde egyes területein mérhető oldott oxigén tartalmat tervezem megvizsgálni kiszereles alkalmával. Ezáltal következtetést tudok levonni, hogy mely berendezések szorulnak fejlesztésre. Méréseket az alábbi pontokon végzem:

1. Kiszereles tartály alsó csonkjánál
2. Palackba fejtő berendezés befolyó oldali betápján
3. Palackozó tartályban
4. Palackba fejtett termékeken

Továbbá megmérem hazai sörfőzdek termékeinek oldott oxigén tartalmát, ezáltal összehasonlíthatom a nagyüzemi és kisüzemi sörfőzdek technológiai különbségét. A méréseket az alábbi lager típusú sör termékeknél tervezem elvégezni:

1. Kis és nagyüzemi sörfőzdek termékeinél
2. Gépi és kézi palackba fejtésű termékeknél
3. Dobozos és palackba fejtett termékeknél

Az eredmények hasznos információval szolgálhatnak a sörfőzdek számára, mivel az adatokból kiszűrhető, a sörfőzdek mely területei szorulnak fejlesztésre.

## 2 Szakirodalmi áttekintés

### 2.1 Oldott oxigén

Az oldott oxigén a vízben lévő gáz halmazállapotú oxigén mennyiségének mértéke. Az életet fenntartó egészséges vizeknek oldott oxigént (DO) kell tartalmazniuk. Az oldott oxigén vízbe kerülhet a légkörből közvetlen felszívódással, a vízi növényvilág fotoszintézisének melléktermékeként vagy szél, hullámozgás esetleg áramlat okozta gyors mozgások által. Néhány tényező hozzájárulhat az oldott oxigén koncentrációjának változásához. Ilyen tényező például a légköri nyomás. A magasabb légköri nyomás lehetővé teszi, hogy a víztestek több oldott oxigént tartsanak meg, a felülről érkező nyomás viszont lehetővé teszi, hogy a víz több oxigénmolekulát tartson meg. Ezért az alacsonyabb légköri nyomás miatt a DO koncentráció általában alacsonyabb a magasabban fekvő területeken. A hőmérséklet szintén befolyásolhatja az oldott oxigén koncentrációját. Az alacsonyabb hőmérsékletű víztömeg több oldott oxigént tartalmazhat, mivel az oxigénmolekulák kevésbé mozognak. Az oxigénmolekulák fokozott mozgása a melegebb vízben lehetővé teszi, hogy a vízből a levegőbe kerüljenek. Fontos figyelembe venni még a víz sótartalmát is. Az alacsonyabb sótartalom hozzájárul a DO magasabb koncentrációjához, mivel a sók befolyásolják a gázok oldhatóságát, lényegében kiszorítva azokat a vízből (Duymaz, 2023).

#### 2.1.1 Oldott oxigén mérése

A vízben oldott oxigén mérése és a megfelelő DO szint fenntartása érdekében történő kezelés kulcsfontosságú tevékenységek számos vízkezelési alkalmazásban. Bár az oldott oxigén szükséges az élet és a kezelési folyamatok fenntartásához, káros is lehet, mivel oxidációt okozhat, amely károsítja a berendezéseket és veszélyezteti a terméket. A DO koncentráció határozza meg a forrásvíz minőségét. Elegendő DO nélkül a víz szennyezetté és egészségtelenné válik, ami háttással van a környezet, az ivóvíz és más termékek minőségére. Az előírásoknak való megfelelés érdekében a szennyvíznek gyakran bizonyos DO koncentrációval kell rendelkeznie, mielőtt patakba, tóba vagy folyóba engedhető. Szintén az egészséges, az élet fenntartására alkalmas vizeknek oldott oxigént kell tartalmazniuk. Más területeken például az ipari alkalmazásokban, mint az élelmiszeripar vagy feldolgozóipar a DO káros, ezért el kell távolítani, és koncentrációját szigorúan ellenőrizni kell (Duymaz, 2023).

### 2.1.2 Oldott gázokra vonatkozó törvények.

Az oxigénmérést az oxigén nyomására vonatkozó két fizikai-kémiai törvény határozza meg. Az első Dalton törvénye, ami a résznyomásokra vonatkozik az oxigén gáz és folyadékfázisban. A második Henry törvénye, ami az oxigén oldhatóságára vonatkozik folyadékokban oxigén mérése során (Bamforth, 2016).

Dalton törvény meghatározza, hogy a gázelegy összenyomása megegyezik az egyes összetevők parciális nyomásának összegével (Bamforth, 2016).

$$P_{\text{össz}} = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{O}_2} + P_{\text{N}},$$

ahol  $P_{\text{össz}}$ : Parciális nyomás összesen,

$P_{\text{CO}_2}$ : Szén – dioxid parciális nyomása,

$P_{\text{O}_2}$ : Oxigén parciális nyomása és

$P_{\text{N}}$ : Nitrogén parciális nyomása

1. egyenlet: Dalton törvénye

Henry törvénye kimondja, hogy egy gáz oldhatósága, vagyis hogy milyen jól oldódik egy gáz folyadékban, viszonyítható a folyadék hőmérsékletéhez és a folyadékban oldódó anyag koncentrációjához. A sörlét illetve a kész sört tekintve a gázok nagyobb mértékben oldódnak alacsonyabb Plato-fokú folyadékba (Bamforth, 2016).

$$\text{Gáz koncentráció} = \text{Gáz oldhatóság} * \text{Gáz parciális nyomása}$$

2. egyenlet: Henry törvénye

Megjegyzendő, hogy Ideális gáztörvénynek nevezzük, ha a gáz nyomásának és térfogatának szorzata egyenlő a gáz anyagmennyiségének, hőmérsékletének és gáz állandójának szorzatával (Bamforth, 2016).

### 2.1.3 Oldott gáz mértékegysége

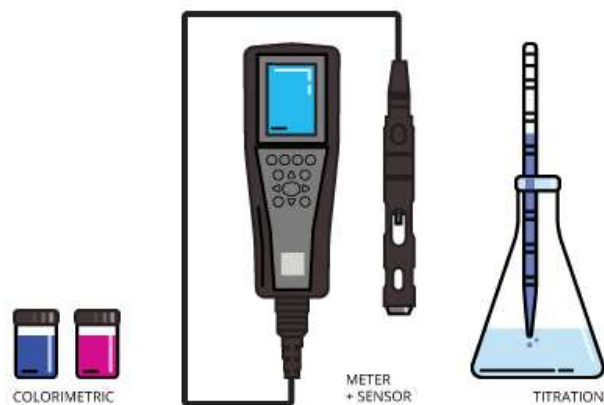
A legtöbb oldott gáz mennyiségét a gáz tömegének mértékegységével fejezzük ki a folyadék térfogatára vonatkoztatva. Az oldott oxigén kifejezhető mg/liter vagy µg/liter mértékegységekben valamint felcserélhető ppm: egymilliomod rész (ppm = mg/liter) illetve ppb: egymilliárdod rész (ppb = µg/liter) mennyiségekre. A ppm mértékegységben kifejezett folyadék fázisok közötti átváltáskor körültekintően kell eljárni, mivel 10 ppm gáz fázisa megegyezik 0,001% oxigén gázzal, viszont valamivel kevesebb, mint 1,0 ppb a folyadék fázisa (Bamforth, 2016).

## 2.2 Oldott oxigén mérő módszerek

Az oldott oxigén koncentrációjának mérésére négy módszer áll jelenleg rendelkezésre. Az első a kolorimetriás módszer ami megközelítő értéket nyújt a mintában lévő oldott oxigén koncentrációjára. Ez a mérés technika képes gyorsan és alacsony áron meghatározni az oldott oxigén mennyiségét azonban felhasználási területe korlátozott (Card, et al., 2014).

A második a Winkler titrálás, melyet sokáig a leghitelesebb és legpontosabb módszernek tartottak. Azonban ki van téve emberi hibáknak, illetve nehezebb végrehajtani, mint a többi módszer. Ez leginkább nem laborkörnyezetben jelent akadályt (Card, et al., 2014).

A harmadik és negyedik módszer a modern technológias mérés, ami elektrokémiai vagy optikai szenzorokat alkalmaz. A szenzor mérési eredményeit leggyakrabban egy laboratóriumi mérőberendezés dolgozza fel, ami képes meghatározni az oldott oxigén százalékarányát a mintavételi anyagban. Szabályzásra is alkalmazhatóak, például, egy automatizált gyáregységben, ha az oldott oxigén mennyisége túllép egy bizonyos előre meghatározott értéket, akkor a központi vezérlő egység erről jelzést kap és erre megfelelő vezérlést tud végrehajtani (Card, et al., 2014)



1. ábra: Oldott oxigén mérőműszerek

### 2.2.1 A kolorimetriás módszer

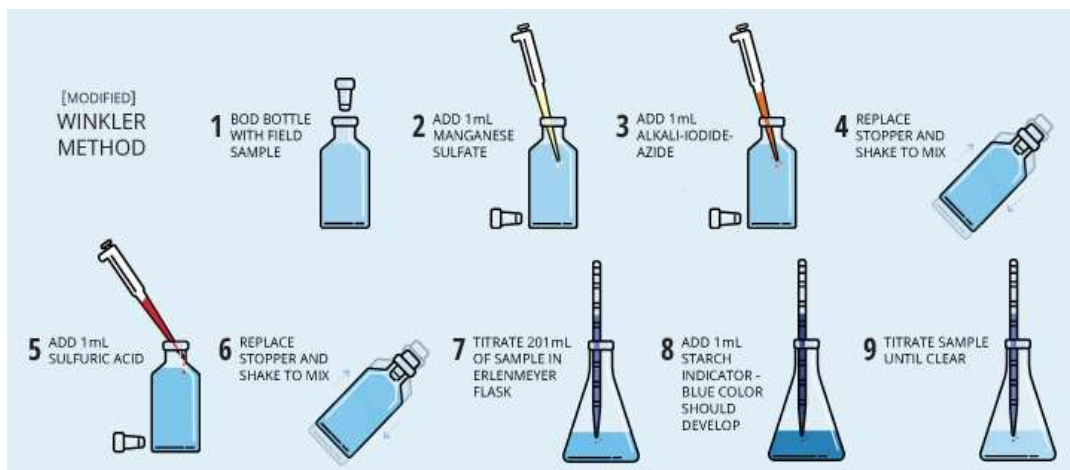
Az oldott oxigén kolorimetriás elemzésének két típusa létezik: az indigókármin és a rodazin D módszer. Mindkettő olyan kolorimetriás reagenseket alkalmaz, melyek a vízben lévő oxigénnel reagálva képesek megváltoztatni színét. Ez a reakció az oxidáció eredménye, és a színváltozás mértéke arányos az oldott oxigén koncentrációjával. Az ilyen módszerekkel történő mérések során spektrofotométert, kolorimétert vagy egyszerű komparátort lehet alkalmazni. A spektrofotométer vagy koloriméter pontosabb eredményeket nyújt, míg a komparátor, például egy színkerék vagy színblokk használata gyorsabb és költséghatékonyabb lehet. Az emberi szem azonban nem mindig objektív, ami némi pontatlanságot okozhat (Card, et al., 2014).

Az indigókármin módszer 0,2 és 15 ppm (mg/L) közötti oldott oxigén koncentráció mérésére alkalmazható. Ez a módszer kék színt eredményez, amelynek színmélysége szintén arányos az oldott oxigén koncentrációjával. A vas, a nitrit és a nátrium-hidroszulfid megzavarhatja ezt a módszert. Ezen kívül a reagenseket nem szabad erős fényben tartani, mivel a hosszan tartó megvilágítás károsíthatja az indigókármin színét. Ezt a módszert nem befolyásolja a hőmérséklet, a sótartalom vagy az oldott gázok. Az alacsony tartományú tesztek gyorsan, 30 másodpercen belül kell elemezni, míg a magas tartományú tesztek két perces feldolgozási időt igényelnek (Card, et al., 2014).

A rodazin D módszer elhanyagolható mennyiségű oldott oxigén koncentrációk meghatározására szolgál, 2 ppm alatti tartományban alkalmazható. Az oldott oxigén jelenlétére a rodazin D reagensek mély rózsaszínű oldatot hoznak létre. A módszer nem érzékeny a sótartalomra vagy az oldott gázokra, például a szulfidra, amelyek lehetnek a vízmintában. Az oxidálószer, mint például a klór. A vas és a réz-oxidánsok zavarhatják a mérést, és magasabb DO mérési eredményeket eredményezhetnek (Card, et al., 2014).

## 2.2.2 A Winkler-módszer

A mintákat gyűjtik, rögzítik és titrálják, akár laboratóriumban vagy más környezetben. A mintát minél hamarabb reagenssel kell rögzíteni annak érdekében, hogy elkerüljék az oxigénszint változását, a felkavarodás vagy a légköri érintkezés miatt. A Winkler-módszerhez, ahogy az ábra mutatja, egy speciális üvegpalackra van szükség, amit BOD-palacknak neveznek. Olyan kialakítással rendelkezik, amely lehetővé teszi a gázok teljes mértékű kiszorítását a palackból. Ma a szükséges reagens mennyisége előre kimért csomagokban is elérhető, a nagyobb pontosság és használhatóság érdekében. Ennek a módszernek a használata során a reakció befejezéséhez szükséges titráló anyag mennyisége arányos a minta oldott oxigén koncentrációjával. Bár a Winkler-módszer továbbra is elismert mérés módszer mégis számos aggályt azonosítottak. Emberi hibáknak, pontatlanságoknak, mintaszennyeződéseknek és interferenciáknak van kitéve. Továbbá a titrálás időigényes lehet, és körülményes. (Card, et al., 2014)



2. ábra: Winkler módszer (Card, et al., 2014)

1. Föld minta a BOD-palackban
2. Adjon hozzá 1 ml mangán-szulfátot
3. Adjon hozzá 1 ml aláli-jodid-azidot
4. Helyezze vissza az üveg dugót és rázza, hogy keveredjen
5. Adjon hozzá 1 ml kénsavat
6. Helyezze vissza az üveg dugót és rázza, hogy keveredjen
7. Titráljon 201 ml mintát Erlenmeyer lombikban
8. Adjon 1 ml keményítő indikátort- kék színnek kell mutatkoznia
9. Titrálja a mintát amíg ki nem tisztul

### 2.2.3 Elektrokémiai érzékelő

Az elektrokémiai oldott oxigén érzékelőket gyakran amperometriás vagy Clark-típusú érzékelőknek nevezik. Ezek két fő típusra oszthatók: galvanikus és polarográfiai. A polarográfiai érzékelők további kategóriákba sorolhatók, mint például az állandósult és gyors impulzusú érzékelők. Mind a galvanikus, mind a polarográfiai érzékelők két polarizált elektródot használnak, egy anódot és egy katódot, amelyek egy elektrolitoldatban helyezkednek el. Ezeket az elektródákat és az elektrolitot egy vékony, félig átteresztő membrán választja el a mintától (Card, et al., 2014)

A mérések során az oldott oxigén diffundál a membránon keresztül a vízben lévő oxigén nyomásával, arányos sebességgel. Ezután az oldott oxigén teljes mennyisége redukálódik a katódon, létrehozva ezzel elektromos áramot, amely közvetlenül az oxigén koncentrációval arányos. Az elektrolitban lévő ionok vezetik ezt az áramot, amely a katódtól az anódig halad. Az áram arányos az oldott oxigén parciális nyomásával a következő egyenlet alapján (Card, et al., 2014):

$$i_d = \frac{(4 * F * P_m(t) * A * p_{O_2})}{d}, \text{ ahol}$$

$i_d$ : Termelt áram,

F: Faraday állandó,

$P_m(t)$ : A membrán átteresztőképessége a hőmérséklet függvényében,

A: A katód felülete,

$p_{O_2}$ : Az oxigén parciális nyomása,

d: A membrán vastagsága

3. egyenlet: Stern-Volmer egyenlete

Az oxigén redukciója során keletkező áram típusosan körülbelül 2  $\mu$ Amper. Ha a méréseket laboratóriumban vagy állóvízben végezzük, akkor a galvanikus és polarográfiai érzékelőket a mintában fel kell elegyíteni. Az áramlásfüggő mérési módszer az oxigénmolekulák redukálása miatt áramlásfüggő. Amennyiben az oxigén már nincs jelen a mintában, az érzékelők mesterségesen alacsony oldott oxigén értékeket adhatnak áramlás nélküli helyzetekben. Az elektrokémiai oldott oxigén szenzorokat addig kell keverni a mintában, amíg az oldott oxigén mérési értékei folyamatosan növekednek (Card, et al., 2014).

#### 2.2.4 Optikai oldott oxigén érzékelő

Napjainkban a sörüzemek által leginkább kedvelt műszer az optikai oldott oxigén érzékelők, melyek az oxigén és bizonyos lumineszcens (hidegen fénylő) festékek közötti kölcsönhatást mérik. Kék fény hatására ezek a színezékek gerjesztett állapotba kerülnek (az elektronok energiát nyernek), és fényt bocsátanak ki, amint az elektronok visszatérnek a normál energiaállapotba. Oldott oxigén jelenlétében a visszavert hullámhosszok korlátozottak vagy megváltoznak a festékekkel kölcsönhatásba lépő oxigénmolekulák miatt. A mért hatás fordítottan arányos az oxigén parciális nyomásával (Card, et al., 2014).

Az optikai oldott oxigén érzékelő féligáteresztő membránból, érzékelő elemből, fénykibocsátó diódákból (LED) és fotodetektorból áll. Az érzékelő elem lumineszcens festéket tartalmaz. A festék a LED által kibocsátott kék fény hatására reagál. Egyes érzékelők a pontosság biztosítása érdekében referenciaként vörös fényt is kibocsátanak. Ez a vörös fény nem okoz lumineszcenciát, hanem egyszerűen visszaverődik a festékről. A kék fénynek kitett festék mélysége és lumineszcencia-élettartama a vízmintában lévő oldott oxigén mennyiségétől függ. Ahogy az oxigén áthalad a membránon, kölcsönhatásba lép a festékekkel, korlátozva a lumineszcencia intenzitását és élettartamát. A visszatérő lumineszcencia egy fotodetektor méri, ami felhasználható az oldott oxigén koncentrációjának kiszámítására (Card, et al., 2014).

Az optikai oldott oxigén érzékelők általában pontosabbak, mint az elektrokémiai mérők, és nem befolyásolja őket a hidrogén – szulfid vagy más gázok, amelyek áthatolnak az érzékelő membránján. Nagyon alacsony koncentrációban is képesek az oldott oxigén pontos mérésére (Card, et al., 2014).

Egy nagy pontosságú elektrokémiai szenzor 0,001 – 20 ppm oldott oxigén koncentrációt képes kimutatni kiváló linearitással, míg az optikai szenzor lényegesen limitáltabb tartományban képes erre. Egy nagy pontosságú optikai szenzornak 0,02 – 0,05 ppm közötti a minimális méréshatára. (Card, et al., 2014).

## 2.3 Oldott oxigén mérés szükséglete az élelmiszeriparban

Aki cukrászatban dolgozik tapasztalhatja az oldott oxigén jelenlétét amikor a szárazanyag raktárban kiféhéredett csokoládét talál. Az édesiparon kívül a konzervipar és számos élelmiszerfeldolgozó üzemek is tapasztalhatnak hasonló akár érzékszervvel érzékelhető elváltozásokat, amiket az oldott oxigén okoz, ilyen üzem például száraztészta és gabonafeldolgozó üzem, a sütőipar vagy a tej és tejtermékfeldolgozó üzem. Az oldott oxigén mérésének szükségessége az élelmiszeripar különböző ágazataiban kiemelkedő, ahol a termékminőség megőrzése és a romlás minimalizálása elengedhetetlen. Megvizsgálom, hogy az élelmiszeripar mely ágazataiban nélkülözhetetlen az oldott oxigén mérése, és hogy ez az elemzés hogyan járul hozzá a termékminőség és az eltarthatóság optimalizálásához (Cichello, 2014).

### 2.3.1 Élelmiszerfeldolgozás

Az oldott oxigén jelenléte az élelmiszerfeldolgozásban kritikus fontosságú, mivel számos élelmiszeripari termék minőségét és eltarthatóságát befolyásolja. Az oxigén jelenléte az élelmiszerekben beindíthatja a kémiai reakciókat, ami oxidációhoz és romláshoz vezet. Ezért az élelmiszeripar számos módszert alkalmaz az oxigéntartalom csökkentésére vagy eltávolítására az élelmiszerekből. Ezek közé tartozik például a vákuumsomagolás vagy a levegő gázkeverék cseréje, amely különböző technológiák segítségével az élelmiszerekből a kívánt gázokat (például oxigént) eltávolítják vagy cserélik más gázokra annak érdekében, hogy javítsák az élelmiszerek minőségét és eltarthatóságát (Cichello, 2014).

A legelterjedtebb módszer az élelmiszerek oxigénmentes vagy szabályozott oxigénellátottságú környezetben történő tárolása. Ez minimálisan csökkenti az oxidatív romlást, amely például a zsírok és olajok avasodásához, színvesztéshez, és az ízek megváltozásához vezethet. Az oxigénszintek ellenőrzése ebben a folyamatban kritikus fontosságú, mivel az élelmiszerek körüli oxigénszintet megfelelően szabályozni kell a tökéletes minőség és eltarthatóság biztosítása érdekében. Ennek megfelelően az élelmiszer előállítás és feldolgozás során gyakran használnak oxigénérzékelőket a termék körüli vagy a csomagolásban lévő oxigénszint folyamatos ellenőrzésére. Ezek az eszközök lehetővé teszik a gépkezelők számára, hogy azonnal reagáljanak, ha az oxigénszint emelkedik, és intézkedésre van szükség (Cichello, 2014).

### **2.3.2 Konzervgyártás**

Az oldott oxigén jelenléte jelentősen befolyásolja a konzervgyártási folyamatokat is. A tartósítása során az élelmiszereket általában megtisztítják, forró vízben vagy gőzben hőkezelik, majd konzervdobozokba vagy üvegekbe zárják. Ha az oxigén tartalmú légterek az élelmiszertermékekben maradnak, az hozzájárulhat az oxidációhoz és a romláshoz. Ezért a légmentes csomagolás és az oxigénmentes környezet biztosítása kulcsfontosságú a konzervipari folyamatok során. A konzervdobozokat vagy üvegeket olyan módszerekkel zárják le, amelyek minimalizálják az oxigén bejutását. Ezenkívül a konzervdobozokat gyakran töltik inert gázokkal, például nitrógénnel, hogy kiszorítsák az oxigént, és így hosszú távon megőrizték az élelmiszertermékek minőségét és eltarthatóságát. Az oxigén jelenléte a forró élelmiszerben hozzájárulhat az oxidációs reakciókhoz, ami az élelmiszertermékek szín és ízvesztéséhez vezethet. Ezenkívül az oxigén hozzájárulhat a tápanyagok lebomlásához és a vitaminok elvesztéséhez (García-Torres, et al., 2009).

### **2.3.3 Édesipar**

Az oldott oxigén jelenléte a csokoládéban hozzájárulhat az avasodáshoz és a zsírok oxidációjához, ami csökkenő minőséget és romlást eredményezhet az ízben és a textúrában. Előfordulhat, hogy az oldott oxigén jelenléte a mázakban vagy bevonatokban szintén avasodáshoz és színvesztéshez vezet, illetve ez a veszély ugyanúgy fenn áll a cukorkagyártás során is, főleg azoknál, melyek természetes íz és színezéket tartalmaznak. A gyártók és feldolgozók számos módszert alkalmaznak az oxigénmentes vagy kontrollált oxigén tartalmú környezet biztosítására. Főként spektrofotométer vagy optikai érzékelők segítségével követik nyomon az oxigéntartalmat a termékek különböző gyártási folyamataiban és csomagolási fázisaiban (Subramaniam, 2016).

## 2.4 Oldott oxigén a söriparban

Az oldott oxigén a söripari vonatkozásban azt az oxigén mennyiséget jelenti, amely a folyadék-  
kal elegyedett a sör főzési folyamata közben. Minden sör tartalmaz oldott oxigént. A sör minő-  
ségét azonban nagyban befolyásolja annak aránya. Elmondható, hogy az oldott oxigén és a sör  
minősége fordítottan aránylik egymáshoz. Minél kisebb az oldott oxigén mennyisége annál  
jobb lesz a sör minősége (Bamforth, 2016).

A sörélesztő szaporulathoz szükséges az optimális mennyiségű oxigénadagolás, azonban a sörlé  
előállítása illetve kezelése során, valamint a késztermék kezelése alatt törekedni kell az oxigén  
beoldódás minimalizálására (Dornbusch, 2011)

## 2.5 Oldott oxigén mérése a sörben

A sörben található oldott oxigén mérése az 1960-as években kezdődött mérsékelt indigókár-  
minnal. Sörmintához dinátrium – indigo – diszulfonát hozzáadásával színmérő vizsgálatot  
végeztek. 1980-ig drasztikusan fejlődött a mérési képessége a sörfőzőknek, ugyanis ekkorra  
elkezdtek elektrokémiai szenzorokat fejleszteni, majd 2008 körül már optikai szenzorok is el-  
terjedtek (Bamforth, 2016).

A gázok hiteles mérése a sörfőzési folyamatok alatt egy fontos tényezőkön múlik. Bármelyik gázt  
akkor kell mérni, amikor az teljesen oldódott a folyadékban, úgy a cefrében, mint a sörben.  
Oldott oxigén mérése a sörben kihívást jelenthet, mert az erjedés alatt keletkező szén-  
dioxid egyensúlyba szeretne kerülni a légköri nyomással ezért a szén-dioxid az oxigént kiszorítja. Mi-  
vel jelentős mennyiségben előfordul szén-dioxid a sörben, az oxigén mérését olyan magas nyo-  
máson kell végezni, amelyen a szén-dioxid távozik az oldatból. Néhány „szabályt” érdemes  
betartani, ha oldott oxigént mérünk (Bamforth, 2016).

1. A mintavételre a szivattyútól és a szeparátortól a lehető legtávolabbi ponton kerüljön  
sor, mert ezeken a helyeken előfordulhat oxigén beáramlás. Ez azért fontos, mert ezek  
a gázok befolyásolhatják az oldott gázok koncentrációját a folyadékban. Amikor ezek a  
gázok bekerülnek a folyamatáramba, fokozhatják az oxigéntartalmat a sörben, ami pe-  
dig torzíthatja az oxigéntartalom mérését vagy a kívánt gázkoncentrációt a sörben. A  
mérések távol tartása ezektől a befecskendezési pontoktól biztosítja, hogy a kapott ered-  
mények pontosak és megbízhatóak legyenek.

2. A mérést vagy vízszintesen, vagy függőlegesen álló csőben végezzük. Azonban az oxigéngáz mozgási iránya meghatározó, soha ne mérjük lefelé áramló gázt, mert gázelvadás léphet fel (Bamforth, 2016).

*Mérési tartományok:*

1. táblázat: Szabványos oxigénszintek (Duymaz, 2018)

Ipari szabványos oxigénszintek a sörfőzdében	
A cefrében	8- 17+ ppm
Erjedéskor	< 10 ppb
Szűréskor	5-50 ppb
Szűrt sörben	10- 50 ppb
Töltőtartályban lévő sörben	10- 30 ppb
Palackozott termékben	20-50 ppb
Dobozba fejtett termékben	30- 60 ppb

## 2.6 Az oxigén hatása a sörgyártás egyes lépéseire

Az oxigén jelenléte és hatása kiemelten fontos és komplex tényező a sörgyártás folyamatában. Az egyes lépések során az oxigén lehet előnyös vagy káros, attól függően, hogy hogyan befolyásolja az összetevők és az élesztősejtek reakcióit. A malátázástól kezdve egészen a palackozásig az oxigénmentes környezet fenntartása elengedhetetlen a kiváló minőségű sörök előállításában. Az optimalizált gyártási folyamatokban rejlik a sörök frissességének és ízének megőrzése (Kaneda, 2002).

### 2.6.1 Főzőházi műveletek

A Hot-Side Aeration (HSA, meleg- oldali levegőztetés) az oxigén levegő formában történő bejutása a forró sörlébe a sörfőzési folyamat bármely szakaszában az erjesztés előtt. Az oxigén nem kívánatos a sörlében, mert lipidekkel, melanoidekkel és tanninokkal összekapcsolódva nem kívánatos vegyületeket hozhat létre, amelyek az erjedés során a sörlében maradhatnak. A kész sörbe kerülve nem kívánatos íz kialakulását okozzák (Dornbusch, 2011).

Míg az oxidált lipidek a sör ízét enyhén fanyarrá tehetik, és a nedves karton ízét adhatják, addig az oxidált melanoidek a kész sörben meggyszerű ízeket okozhatnak, ez utóbbi a szándékosan érlelt sörben kívánatos lehet, de a friss sörben kifejezetten nem. Más oxidációs termékek lassan lebomolhatnak a sörben, felszabadítva az oxigént, amely az alkoholt édeskés ízű aldehidekké

alakítja át, karamellás és mandulás ízeket adva. Paradox módon, bár a forró sörlében lévő oxigén káros a sör minőségére, a hideg sörlében lévő oxigén az erjedés kezdetén elengedhetetlen az élesztő aerob növekedési fázisához. Fontos kiemelni, hogy az oxidáció sebessége a hőmérséklettel nő, de az oldat oxigénfelvevő képessége a hőmérséklettel csökken. Ez azt jelenti, hogy a főzési hőmérsékleten lévő sörlé nem tartalmaz elég oxigént az oxidációhoz, míg az erjedés kezdetén az oxigénben gazdag sörlé túl hideg ahhoz, hogy lehetővé tegye az oxidációt. Így a HSA csak egy hőmérsékleti sávban jelenthet problémát. A főzési hőmérséklet alatt és a hőcsereelő hőmérséklete felett (Dornbusch, 2011).

A pontos hőmérsékleti intervallum, amelyben a HSA előrelátható problémát jelent, vita tárgyát képezi a sörfőzők között. A legtöbb szakértő azonban egyetért abban, hogy a cefrézési hőmérséklet a veszélyzónán belül van, hiszen a magas hőmérséklet (65-72 °C) kedvez az oxidációs folyamatoknak. Az oxidáció során az oxigén reakcióba lép más anyagokkal, például a szerves vegyületekkel, és ez különféle nem kívánt melléktermékeket eredményezhet a sörfőzetben, például oxidált ízeket vagy aroma-elváltozásokat. A cefre túlzott keverése a cefréző garnitúrában, a cefre átvezetése a szűrőkádba, majd a komlóforraló üstbe, mind alkalmas biztosítanak a nagyobb mennyiségű levegő bekerülésére. (Dornbusch, 2011).

## **2.6.2 Erjesztés**

A sörlének oxigént kell tartalmaznia, amikor az élesztő befecskendezése megtörténik. Az élesztő levegővel érintkezése során több energia szabadul fel a cukor glikolizálására, mint az anaerob folyamatban. Az élesztőnek sok energiára van szüksége a növekedéséhez. A sörlé levegőztetése két különböző okból történik. Az egyik ok a hideg zavaros részecskék leválasztása, a másik pedig a sörlé oxigénnel való ellátása az erjedéshez. Ha a hideg sörlé az erjesztő tartályba való átvitelkor buborékok formájában levegőt tartalmaz, akkor a hűtés során képződött zavarosság a levegőbuborékok által a felszínre emelkedik, majd szépen lassan eltűnik. A sörlének 6-8 mg oxigént kell tartalmaznia literenként a beoltás pillanatában (Rasayan, 2018).

Vannak olyan berendezések, amely képesek elvégezni a sörlé oxigénezéséhez szükséges levegő sterilizálását. A berendezések a levegő sterilizálását szűrőkön keresztül végzik, majd a levegő és a sörlé összekeverését végzik. Ha a levegő 20% oxigént tartalmaz, akkor a levegő térfogatának ötször nagyobbak kell lennie, mint a befecskendezendő tiszta oxigén térfogata. Túladagolt oxigén jelenlétében az élesztő minden erjeszhető cukrot és minden szerves savat, aldehidet, alkoholt vízzé és szén-dioxiddá oxidál. Ha az oxigén hiányzik, az oxigénezés leáll, és megindul az alkohol és a víz képződése. Oxigén jelenlétében a légzés aerob, oxigén hiányában a folyamat anaerob. Nem szabad a levegőztetést elvégezni, amikor a sörlé forró vagy meleg (60 °C feletti). A forró sörlé levegőztetése az oxigén kémiai reakciójához vezethet a sörlé különböző összetevőivel. Egy idő után ezek az összetevők (ha forrón szellőztetik) atomos oxigént bocsátanak a sörbe, és oxidálhatják az alkoholokat és a komlót, így olyan ízt és aromát szabadíthatnak fel. A legmegfelelőbb hőmérséklet, amelyet a sörlé oxigéndúsulásának elkerülésére használnak 8°C (Rasayan, 2018).

### 2.6.3 Késztermék kezelés

Túlnyomórészt a kiszereles során kerül a sörbe jelentős mennyiségű oxigén. Az oxigénfelvétel mértéke nagymértékben függ a palackozó és hordótöltő berendezések kifinomultságától és a gépkezelők gondosságától, de a nulla oxigénfelvétel gyakorlatilag lehetetlen. Minél több oxigén van a csomagolt sörben, annál gyorsabban fog a minősége csökkenni. Fontos, hogy az oxidáció sebessége jelentősen felgyorsul a sör tárolási hőmérsékletének növekedésével. Például egy adott sör, amelynek eltarthatósági ideje 4 hónap, ha 6 °C-on tárolják, azonban 30 °C-on tárolva kevesebb, mint 3 hónapig eltartható (Bamforth, 2016).

A TPO (Teljes csomagolási oxigéntartalom) mérések leginkább azért értékesek, mert képesek megmutatni, mennyire jól működik a töltőgép a termék csomagolásában anélkül, hogy levegőt adna hozzá a folyamat során. A sörbe a fejtés során sokféleképpen bekerülhetnek a gázok, ideértve például:

1. A sör eredeti oldott oxigén tartalma, mielőtt a töltőgépre kerülne.
2. A dobozokban vagy palackokban maradék levegő (hiányos  $CO_2$  tisztítás vagy rossz vákuumtömítés miatt az üveg kiürítésekor (Bamforth, 2016).

### **3 Alkalmazott módszerek**

#### **3.1.1 Nagyüzemi sörfőzdék vizsgált termékei**

##### *Nagyüzem 1*

A vizsgált palackos (2 db) és dobozos (2 db) lager típusú termékek ugyanabból a gyártási tételből valók

1. Összetevők: árpamaláta, víz, komló (kétféle)
2. Alkohol tartalom: 5V/V%

##### *Nagyüzem 2*

A vizsgált palackos lager típusú termékek (2 db) nem ugyanabból a gyártási tételből valók. A vizsgált dobozos lager típusú termékek (2 db) ugyanabból a gyártási tételből valók.

1. Összetevők: víz, árpamaláta, kukoricadara, komló, komlókivonat
2. Alkohol tartalom: 4,5V/V%

#### **3.1.2 Kisüzemi sörfőzdék lager típusú termékei**

##### *Kisüzem 1*

Ugyanabból a gyártási tételből való, lager típusú termékek.

Palackos lejárt szavatosságú termék (2 db):

1. Összetevők: árpamaláta, víz, komló
2. Alkohol tartalom: 5,8 V/V%

Dobozos termék:

összetevők: árpamaláta, víz, komló

alkoholtartalom: 5 V/V%

*Kisüzem 2*

Ugyanabból a gyártási tételből való palackos (2 db) és dobozos (2 db), lejárt szavatosságú gyümölcsös lager típusú termék.

1. Összetevők: ivóvíz, árpamaláta, komló, almás-fahéjas üdítőital (ivóvíz, folyékony kandis cukor, alma sűrítvény, alma aroma, fahéj aroma, citromsav, kálium-szorbát)
2. Alkohol tartalom: 4,2 V/V%

*Kisüzem 3*

Csak palackos lager típusú termék vizsgálata, ugyanabból a gyártási tételből (2db)

1. Összetevők: ivóvíz, maláták(3 fféle), komlók (4 fféle), sörélesztő
2. Alkohol tartalom: 5,6V /V%

*Kisüzem 4*

Csak dobozos lager típusú termék vizsgálata, ugyanabból a gyártási tételből (2 db)

1. Összetevők: ivóvíz, árpamaláta (4 fféle), komló (2 fféle), sörélesztő
2. Alkohol tartalom: 5,6 V/V%

*Kisüzem 5*

Csak palackos lager típusú termék, ugyanabból a gyártási tételből (3 db), kézzel palackozott termékek

Összetevők: ivóvíz, pilseni maláta, komló(2 fféle), sörélesztő

Alkohol tartalom: 4,9 V/V%

### 3.1.3 Hach Orbisphere 3100 manual oldott oxigén mérő műszer

Méréseim során a Hach Orbisphere 3100 manual márkájú oldott oxigén érzékelő műszert használtam. A műszer az átfolyó folyadék vagy gáz oldott oxigén tartamát méri. Képes üvegbe zárt folyadék oxigént mértékét mutatni, illetve rá lehet csatlakoztatni tartályra és csővezetékre is.

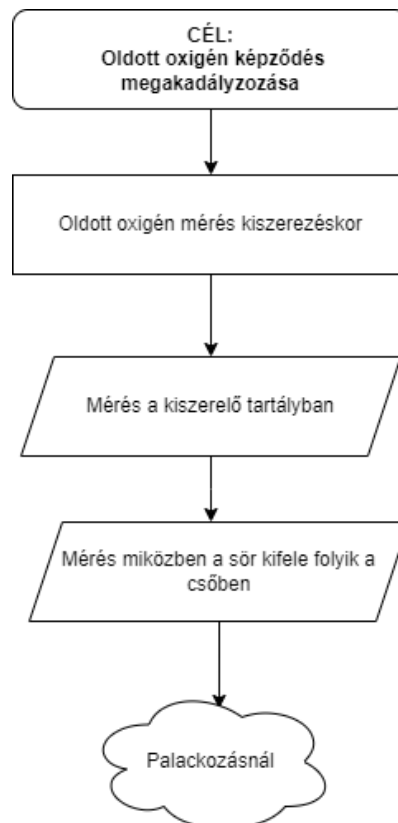


3. ábra: Hach Orbisphere 3100 manual műszer

1. Mérési tartomány: 0 és 2000 ppb között
2. Pontosság:  $\pm 0,8$  ppb vagy a leolvasott érték  $\pm 2$  %, attól függően, hogy melyik a nagyobb.
3. Kimutatási határérték: 0,6 ppb
4. Válaszidő: Általában kevesebb, mint 15 másodperc, de a mintavételi módszertől függően változik.
5. Környezeti és minta hőmérséklet:  $-5$  és  $45^{\circ}\text{C}$  között
6. Környezeti feltételek: csak beltéri használatra
7. Kijelző egységek:  $\text{O}_2$  koncentráció, ppb, ppm, g/L, mg/L, mL/L, % $\text{O}_2$ , %air, %Vbar, ppmVbar / Nyomás: mbar, bar, Pa, hPa, kPa, MPa, psia, psig, atm, kgf/cm<sup>2</sup> / Hőmérséklet:  $^{\circ}\text{C}$ ,  $^{\circ}\text{F}$ , K

## 3.2 Oldott oxigén mérése sörüzemi környezetben

A szakmai gyakorlatom során egy sörfőzdében lehetőségem nyílt az oldott oxigén szintjének mérésére különböző berendezéseknél és folyamatoknál. A méréseket kiszerelés alkalmával végeztem. A késztermékeket is megvizsgáltam, összehasonlítva a töltés során eltérő habréteggel rendelkező palackokat. Egy olyan optikai oldott oxigén mérő használtam, amivel nem csak a kész termékek (palackozott- vagy dobozos sör) oldott oxigén tartalmát figyelhettem meg, hanem az üzemi berendezésekhez is rá lehetett csatlakoztatni.



4. ábra: Oldott oxigén mérésem helyszínei

Az ábra azt szemlélteti, hogy az üzemben mely pontokon végeztem az oldott oxigén méréseket. Az üzemi berendezések három pontján végeztem vizsgálatot:

1. A kiszereelő tartály alsó csonkjánál
2. A palackba fejtő berendezés befolyó oldali betápláló vezetékén
3. A palackba fejtő berendezés tartályánál

Valamint a palackba fejtés során sokféle terméket megvizsgálhattam, aszerint, hogy a gép milyen hatékonysággal töltötte meg az adott üveget. Vizsgálatot végeztem a töltés során habréteg nélkül lezárt, a töltés során habréteggel lezárt, a töltés előtt szén-dioxiddal purgált üvegeket és a hibás, töltés során kihabzott termékeket is.



5. ábra: Oldott oxigén mérés a kiszereelő tartály alsó csonkjánál

### 3.3 Oldott oxigén mérés palackozott és dobozos sör esetében

A palack tartalma töltéstől a koronazár felhelyezéséig levegővel érintkezik, így megnő az oldott oxigén mennyisége. A cél ezen a folyamaton változtatni annak érdekében, hogy a sör kevesebb ideig érintkezessen a szabad levegővel. Egyik megoldása ennek a problémának az lehet, ha az adagolószelepek úgy vannak beállítva, hogy a töltés során ne folyhasson ki a sör a palackból, hiszen akkor veszteséges a termelés. Fontos, hogy egy habréteg zárja le a palack nyílását, amíg a koronazár rákerül. Dobozos sör fejtése során is fontos az oxigén elleni prevenció, ezért a legtöbb töltőgépet úgy fejlesztették, hogy a töltő szelepek teljesen a doboz aljáról kezdjék a töltést, illetve ezután rögtön egy „D.O. Buster” (magyarul talán fészű lemeznek fordítanám) alá kerül a doboz, ami védi a oxigén bejutásától (Gribbins & Crowell, 2023).

*A mérés leírása:*

1. A mérendő palackot egy percig rázni kell annak érdekében, hogy az oxigén megfelelően oldódjon a sörben.
2. A palackot az átszűrő fejtámasz alá helyezzük, figyelve arra, hogy a kupak közepe a nyílás közepe alá essen.
3. Az átszűrő kart leengedjük addig, hogy a henger szelep illeszkedjen a kupakra, ezután a szén-dioxid szabályzó szelepet megnyitjuk, így a henger és a kupak között vákuum jön létre, vagyis nincs rés ahol az oxigén beszökhet.
4. Ezután elzárjuk a szén-dioxid szabályzó szelepet, és az átszűrő kart teljesen leengedjük, ezáltal a kupakot átszűrja a mintavevő fej. A csúszka segítségével pedig a folyadékba vezetjük a mintavevő fejet.
5. A szén-dioxid szelepet ismét kinyitjuk, így a sör elkezd áramolni a mérőműszerbe. Az átfolyás sebességét  $150 - 200 \text{ ml/perc}$  közé állítjuk, mert ebben a tartományban kapunk valós eredményeket.
6. A kijelzőről leolvassuk a kapott értéket, amíg a sör átfolyik a műszeren.
7. A mérés végeztével elzárjuk a szén-dioxid szelepet, kihúzzuk a mintavevő fejet a palackból és eltávolítjuk a palackot.

### 3.4 Mérés a kiserelő tartályban

A kiserelő tartályban is érdemes mérni az oldott oxigén szintjét. Ha megnövekszik az oldott oxigén mennyisége, akkor érdemes utána járni, hogy a tartály megfelelően lett-e purgálva előzőleg, vagy a csővezeték tömítésénél nincs-e szivárgás. Szivárgás a kiserelő tartályban könnyen észrevehető, hiszen a tartályokat megfelelő nyomás alatt kell tartani, így a nyomásváltozás egyből szembetűnő lehet. A hidegkoplózott, illetve a gyümölcscsel oltott söröknél különös gondot kell fordítani arra, hogy a műveleteket úgy végezzük, hogy ne juthasson oxigén a tartályba. Az oldott oxigén mérő szenzort a tartály alsó csonkjára illesztettem, a műszer másik ágát a széndioxid vezeték betápjára helyeztem. A műszer kalibrálása után elindítottam a mérést, majd megkaptam a tartályon levő sör oldott oxigén értékét.

*A mérés leírása:*

1. A kiserelő tartály alsó csonkjánál ellenőrizzük, hogy a pillangós szelep zárva legyen.
2. A kifolyó vezeték csonkjához rögzítjük az oldott oxigén mérő folyadék áteresztő vezetékét.
3. Megnyitjuk a tartály alsó csonkjánál előzőekben elzárt pillangós szelepet, ezáltal a sör elkezd a mérőműszer vezetéken átfolyni.
4. Az átfolyás sebességét beállítjuk 150- 200 ml/ perc közé, mert ebben a tartományban kaphatunk valós eredményt.
5. A Start gomb elindítás után megvárjuk, amíg a kijelző kimutatja a végső eredményt.
6. Az eredmény leolvasása után a pillangós szelepet ismét elzárjuk a tartály alsó csonkjánál, majd eltávolítjuk a műszer átfolyó vezetékét.

## 4 Eredmények és értékelésük

A gyakori oldott oxigén mérés a palackozott és dobozott söröknél egyaránt fontos, mivel a termékek minőségét és szavatosságát nagyban befolyásolja a sörben lévő oldott oxigén koncentráció. A termékek oldott oxigén tartalmának vizsgálatával azt is megtudhatjuk, hogy milyen precízen végzik a kiszerező berendezések a dobozba- illetve palackba fejtést.

### 4.1 Kisüzemi sörfőzdében mért oldott oxigén koncentráció

A kisüzemi sörfőzdében palackba fejtett sörök oldott oxigén szintjét mértem. A sör mintákat kategóriákra osztottam aszerint, hogy a palackba fejtés során mekkora habréteg volt a palackban a koronazár felhelyezésekor. 4 kategóriára osztottam a sörmintákat:

1. Töltés során kihabzott palack (6 db minta)
2. Szabvány szintig töltött palack habzás nélkül (10 db minta)
3. Szabványszintig töltött palack habréteggel lezárva (6 db minta)
4. Töltés előtt szén-dioxiddal purgált palack (4 db minta)

A kapott oldott oxigén eredményeket minden kategóriában átlagoltam, így össze tudtam vetni az eredményeket.

*A palackozott termékek vizsgálatakor az alábbi eredményeket kaptam:*

2. táblázat: Töltés során kihabzott palack

Töltés során kihabzott (a palack térfogatához képest alul töltött) palack						
1. Mérés	2. Mérés	3. Mérés	4. Mérés	5. Mérés	6. Mérés	Átlag
81 ppm	103 ppm	35 ppm	61 ppm	45 ppm	82 ppm	67,92 ppm

Megvizsgáltam a hibásan töltött palackok közül azokat, amelyek a töltés során kihabzottak, és a kupak magas habréteggel zárta le a palackot. Ezekben a palackokban mértem összesítve a legkevesebb oldott oxigént, némelyik minta nem éri el a maximális 50 ppb határértéket sem. Feltételezhetjük, hogy a magas habréteg meggátolta, hogy a töltés után a koronazár felhelyezé- séig az oxigén palackba jutását. Ezek a palackok selejtnek számítanak, mivel a sör nem éri el a szabványszintet. Tehát a szándékos kihabzás nem egy jó megoldás az oxigén meggátolására.

3. táblázat: Szabvány szintig töltött palack

Szabvány szintig töltött palack habzás nélkül										
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Átlag
Mérés	Mérés	Mérés	Mérés	Mérés	Mérés	Mérés	Mérés	Mérés	Mérés	
397 ppm	845 ppm	118 ppm	287 ppm	703 ppm	211 ppm	109 ppm	225 ppm	485 ppm	588 ppm	396,8 ppm

Az eladásra szánt palackok esetén a koronazár és a folyadék szint között elhanyagolható légrés található. Azonban méréseim során kiugró értékeket kaptam. Itt töltés során nem habzott fel a sör. A megfelelő oldott oxigén határérték 50-60 ppm a palackozott sör esetében, így láthatóan nem megfelelő a palackozó töltési technológiája. Ezeknek a termékeknek a szavatosságát jelentősen csökkenti az oldott oxigén tartalom, erre a gyártónak ügyelni kell forgalmazáskor.

4. táblázat: Szabvány szintig töltött palack habréteggel lezárva

Szabvány szintig töltött palack habréteggel lezárva						
1.	2.	3.	4.	5.	6.	Átlag
Mérés	Mérés	Mérés	Mérés	Mérés	Mérés	
92 ppm	209 ppm	223 ppm	117 ppm	104 ppm	112 ppm	142,8 ppm

A szabvány szintig töltött, viszont a palack szájáig érő habréteggel lezárt üvegben mért oldott oxigén szintén az 50-60 ppb határértéknél magasabb eredményeket kaptam, átlagosan majdnem háromszor annyi oldott oxigént tartalmaznak a palackok, mint a megengedett. Ezek az értékek azonban már nem mozognak olyan széles skálán, mint a habzás nélkül szabványszintig töltött palackok, így a habréteg szabályozása valóban megoldás lehet az oxigén meggátolására.

Az eddigi három kategóriát összehasonlítva azt figyeltem meg, hogy, ha egy bizonyos mennyiségű habréteg zárja a palackot a koronazár felhelyezéséig, akkor kevesebb oldott oxigén tartalma lesz sörnek. A sörfőzőnek úgy kellene beállítani a palackozó gépen a forró, steril vízcsepp (ami a felhabzást okozza) méretét, hogy a sör szabvány szintig érjen a palackban, viszont a habréteg érjen a palack nyílásáig egészen addig, míg a koronazár felhelyezésre kerül. Az eredmények azt mutatják, ha a vízcsepp túl nagy, akkor túlhabzik a sör, és veszteséges lesz a termelés. Ha pedig túl kicsi a vízcsepp, akkor nem történik kellő mértékű habzás, így a hosszantartó minőség nem garantálható.

5. táblázat: Szén-dioxiddal purgált palack

Töltés előtt szén-dioxiddal purgált palack				
1. Mérés	2. Mérés	3. Mérés	4. Mérés	Átlag
78 ppm	268 ppm	131 ppm	750 ppm	306,75 ppm

A palackokat azért purgáltam szén-dioxiddal töltés előtt, hogy teljesen kiszorítsam a palackban lévő oxigént. A habréteg ennél a kategóriánál nem volt figyelembe véve. Az kapott értékek itt is nagyon széles skálán mozognak. Van olyan minta, ami csak minimálisan lépi túl az 50- 60 ppb határértéket, másik pedig sokszorosa annak. Ezek alapján nem egyértelműen eldönthető, hogy a purgálás megoldást jelent-e, hogy kevesebb oxigén jusson a palackba.

A különböző kategóriákat összevetve azt állapítottam meg, hogy a palackban lévő habréteg meggátolja az oxigén palackba jutását. A legkedvezőbb átlagérték (67,92 ppb) a kihabzott palackoknál születtek, a legnagyobb mértékben tapasztalt oldott oxigén pedig a habzás nélkül lezárt palackokban mérhető. A töltés előtt szén-dioxiddal purgált palackok átlag értéke (306,75 ppb) nem számottevően alacsonyabb, mint a habzás nélkül lezárt palackok átlag értéke (396,8 ppb). A szabványszintig töltött és habréteggel lezárt palackok átlag értéke 142,8 ppb. A cél, tehát úgy beállítani a kihabzást okozó vízcsepp mértékét, hogy kihabzás ne történjen, de a habréteg elég magas és tartós legyen a koronazár felhelyezéséig.

#### *Oldott oxigén mérés az üzemi berendezéseknél*

A kisüzemi sörfőzdében mért eredmények alapján lehetőségem volt megfigyelni az oldott oxigén koncentráció változásait, míg végig kísértem a sör útját az kiszerező tartálytól a palackozó berendezésig. Ezek a mérések értékes tájékoztatóul szolgálnak a sörfőzők számára, hiszen, ha már a kiszerező tartályban magas oldott oxigén koncentrációt tapasztal, akkor tudni lehet, hogy a palackba fejtett vagy dobozott termék is magasabb oldott oxigén tartalmú lesz. Ennek elkerülése érdekében fontos a folyamatos monitorozás.

6. táblázat: A berendezéseknél mért oldott oxigén tartalom

A berendezéseknél mért oldott oxigén tartalom		
Kiszerező tartály alsó csonkjánál	Palackba fejtő berendezés befolyó oldali betápláló ve- zetékén	Palackozó tartályban
14,5 ppb	22 ppb	54 ppb

A kisüzemi sörfőzdében mért oldott oxigén koncentráció adatok a berendezéseket tekintve szabvány értékeken (szűrt sörben: 10- 50 ppb; töltőtartályban lévő sörben 10-30 ppb) belül mozogtak, viszont folyamatos oldott oxigén szint növekedést tapasztaltam.

A kiszerezés alatt álló lager sör oldott oxigén szintjét mértem a kiszerező tartály alsó csonkjánál, eredményül 14,5 ppb oldott oxigén koncentrációt kaptam. A szabványérték szűrt sör esetében 10-50 ppb érték között mozog, így az üzem tartályában mért sör oldott oxigén szintje teljesen megfelel az elvártnak.

A palackba fejtő berendezés befolyó oldali betápláló vezetékén 22 ppb oldott oxigén szintet mértem, így valamennyi oxigént vett fel a sör a kiszerező tartálytól megtett távolság alatt a csővezetékben. Az eredmény még itt is megengedett értéken belül van, viszont érdemes lehet átvizsgálni a csővezetékeket, hol szökhet oxigén a rendszerbe.

A palackozó tartályában kapott eredmény azonban megduplázódott az előzőekben mért oldott oxigén szintekhez képest. Ennél a berendezésnél 54 ppb oldott oxigén koncentrációt jelzett a mérőműszer. Mivel a töltőtartályban lévő sörben 10-30 ppb érték az elfogadott, ezért az itt mért oldott oxigén szint a tartományon túl esik. Ebben az esetben mindenképpen érdemes a berendezést alaposan átvizsgálni.

## 4.2 Magyar sörfőzdek termékeinek vizsgálata

A mérési vizsgálat során arra kerestem a választ, hogy mennyi oldott oxigén mutatható ki a hazai nagyüzemi illetve kisüzemi sörfőzdek termékeiben. Jelentős technológiai eltérés mutatkozik-e a gyártósoroknál az eredménynek által. Továbbá megvizsgáltam, hogy egy főzden belül van-e különbség a palackozott illetve a dobozolt termékek oldott oxigén tartalma között. A vizsgálat során két nagyüzemi és öt kisüzemi sörfőzde palackozott és dobozos termékét mértem. A különböző sörfőzdek termékeinek vizsgálata tájékoztatást ad az üzemek kiserelési berendezéseinek korszerúségéről. A vizsgált termékek többnyire lager típusúak voltak. A mérések során megvizsgáltam olyan sörfőzdeket akik kizárólag palackba fejtett termékeket forgalmaznak, olyat akik csak dobozos kiserelésű termékük kapható. Olyan sörfőzde termékeit is választottam a mérésekre, akiknek palackba fejtett és dobozolt termékük is megvásárolható. Arra is méréseket végeztem, hogy milyen differencia mutatkozik az oldott oxigén tartalom a kézi és gépi palackozás során, ezért egy olyan kisüzemi sörfőzde termékét is megvizsgáltam, amely kézi palackozást alkalmaz kiserelés során.



6. ábra: Palackba fejtett sör oldott oxigén mérése

## Nagyüzemben fejtett sörök oldott oxigén tartalma

7. táblázat: Nagyüzem1 palackos illetve dobozos söreinek oldott oxigén tartalma

Nagyüzem 1			
Palack 1	Palack 2	Doboz 1	Doboz 2
34,1 <i>ppb</i>	35,0 <i>ppb</i>	4,2 <i>ppb</i>	3,8 <i>ppb</i>

8. táblázat: Nagyüzem2 palackos illetve dobozos söreinek oldott oxigén tartalma

Nagyüzem 2			
Palack 1	Palack 2	Doboz 1	Doboz 2
13,8 <i>ppb</i>	14,0 <i>ppb</i>	3,4 <i>ppb</i>	2,8 <i>ppb</i>

Nagyüzem 1 és Nagyüzem 2 a nagyüzemi sörfőzdek közé tartoznak. A mért oldott oxigén koncentráció mindegyik termék esetében a megengedett tartományon belül mozog ( palackozott sör esetében max. 50 ppb, dobozos sör esetében max 60 ppb). A Nagyüzem 1 esetében valamivel magasabb eredmények születtek a palackba fejtett termékekre vonatkozóan. A dobozos termékek szinte azonos minőségűek, a Nagyüzem 1 termékének oldott oxigén tartalma minimális eltérést mutat.



7. ábra: Dobozos sör oldott oxigén tartalmának mérése laboratóriumi keretek között

## Kisüzemben fejtett sörök oldott oxigén tartalma

9. táblázat: Kisüzem1 palackos illetve dobozos söreinek oldott oxigén tartalma

Kisüzem 1			
Palack 1	Palack 2	Doboz 1	Doboz 2
3,6 ppb	5,1 ppb	3,6 ppb	3,2 ppb

10. táblázat: Kisüzem2 palackos illetve dobozos söreinek oldott oxigén tartalma

Kisüzem 2			
Palack 1	Palack 2	Doboz 1	Doboz 2
68,9 ppb	71,4 ppb	10,3 ppb	8,1 ppb

11. táblázat: Kisüzem3 palackos söreinek oldott oxigén tartalma

Kisüzem 3	
Palack 1	Palack 2
6,0 ppb	6,0 ppb

12. táblázat: Kisüzem4 dobozos söreinek oldott oxigén tartalma

Kisüzem 4	
Doboz 1	Doboz 2
2,9 ppb	3,2 ppb

13. táblázat: Kisüzem5 palackos söreinek oldott oxigén tartalma

Kisüzem 5		
Palack 1	Palack 2	Palack 3
> 2000 ppb	1430,4 ppb	811,4 ppb

Kisüzemi söröződek termékeit a vizsgálva, a dobozba fejtett sörök esetében a megengedett oldott oxigénszinten (max. 60 ppb) belül mértem adatokat. A legkedvezőbb oldott oxigén koncentrációt Kisüzem 4 söreinel mértem. A kisüzemi söröződek dobozos söreinek oldott oxigén tartalma megegyeznek a nagyüzemi söröződek dobozos söreinel mért eredményekkel. Kisüzem 2 söröződének dobozos söreinel mért oldott oxigén valamivel magasabb eltérést mutatott, mint az egyéb söröződeknek termékeinel. Átlagosan 3,4 ppb oldott oxigén szintet mértem, viszont Kisüzem 2 söreiben 10,3 és 8,1 ppb oldott oxigén koncentrációt mértem. Ez az eredmény még mindig a maximum 60 ppb határértéken belül van, viszont többszöröse a többi üzem söreiben mért oldott oxigénnek.

A kisüzemi sörfőzdék palackba fejtett termékeit vizsgálva változatos eredményeket kaptam. A Kisüzem 1 és Kisüzem 3 palackozott sörei érték el a legalacsonyabb oldott oxigén eredményeket, habár Kisüzem 1 palackozott söreiben magas szén-dioxid tartalom miatt kétes eredményt mutathatott a műszer.

A nagyüzemi sörfőzdék termékei valamivel magasabb oldott oxigén koncentrációt mutattak, Nagyüzem 1 és Nagyüzem 2 palackozott söreiben 10 ppb feletti eredményeket mértem. Nagyüzem 1 palackozott söreinél 34,1 és 35 ppb értéket mértem, ami magasabb, mint az eddigi mintáknál, ám még ezek is megengedett értékhatáron belül találhatók. Kisüzem 2 palackba fejtett terméke szintén kiugró lett, 68,9 és 71,4 ppb oldott oxigén szint. Ezek az adatok már a magasabbak, mint a szabvány szerint megadott értékek. A legmagasabb oldott oxigén eredmények viszont a Kisüzem 7 kézzel palackozott termékeinél észlelhetők. Egyik termék mérésekor pontos értéket nem tudtam leolvasni, mivel a maximális 2000 ppb mérési határral rendelkező oldott oxigén mérő szenzor 2000 ppb felett már nem tudta kimutatni az értéket. A kézi palackba fejtés során tehát jelentősen több oxigén kerül a palackba, mint gépi fejtés során.

## 5 Következtetések és javaslatok

A kisüzemi sörfőzdében mért oldott oxigén tartalmak a palackozó tartályánál és a termékekénél meglepő értéket mutattak. A kis- és nagyüzemi sörfőzdek termékeinek vizsgálatakor szintén értékes információkat kaptam. A következőkben bemutatom a kapott eredmények által levont következtetéseket és javaslataimat az esetleges hibák megelőzésére.

1. A kisüzemi sörfőzdében mért palackba fejtett termékek oldott oxigén koncentrációi nagyon változatos eredményeket mutattak. A palackozó berendezés különböző habréteggel töltötte meg a palackokat. A méréseim szerint az lenne ideális, ha a sörrel megtöltött palackban a folyadék és a palack nyílása között egy tartós habréteg lenne, amíg a koronazár a palackra nem kerül. Ha a töltőszelepeket be lehetne állítani, hogy egységesen töltse a palackokat, úgy, hogy kihabzást biztosító vízcsepp éppen megfelelő sörhobot képezzen, akkor lényesen kevesebb oxigén jutna a palackokba.
2. A kisüzemi sörfőzdében a berendezések bizonyos pontjain különböző oldott oxigén koncentrációt mértem. A kiserelő tartályban és a palackozó berendezés befolyó oldali betápláló vezetékén az oldott oxigén szintje megfelelt a szabványos szintnek (szűrt sörben: 10- 50 ppb; töltőtartályban lévő sörben 10-30 ppb), viszont a palackozó tartályban már magasabb oldott oxigén értéket mértem (54 ppb), mint ami megfelel a szabványnak(10-30 ppb). Ha már a palackozó tartályban magas a sör oldott oxigén koncentrációja, a palackba fejtés során biztosan tovább emelkedik az érték. Érdeemes átvizsgálni a berendezést, és rájönni hol és hogy kerülhet a tartályba oxigén.
3. A magyar sörfőzdek termékeinek oldott oxigén tartalmának vizsgálatakor azt vettem észre, hogy a legtöbb sör oldott oxigén tartalma sokkal kedvezőbb eredményt mutatott, mint a kisüzemi sörfőzdében mért palackok értékei. Ezek alapján, arra a következtetésre jutottam, hogy a kisüzemi sörfőzdében nem teljesen korszerű berendezéssel dolgoznak. Érdeemes lehet a többi sörfőzdével konzultálni, melyik fajta berendezésekre érdemes beruházni a megfelelő minőségű sör gyártása érdekében.

4. A kisüzemi és nagyüzemi sörfőzdék termékeinek oldott oxigén tartalmának összehasonlítása során azt figyeltem meg, hogy átlagosan a kisüzemi sörfőzdék termékei jobb eredménnyel szolgáltak, mint a nagyüzemi sörfőzdék sörei. Számomra ez meglepő volt, hiszen azt feltételeztem, hogy a nagyüzemi sörfőzdéknek olyan komplex töltőrendszerük van, amivel a kisüzemek nehezen lépnek versenybe. Az eredmények alapján azonban azt állapítom meg, hogy a kisüzemi sörfőzdék is kiváló berendezéseket alkalmaznak. A kisüzemi sörfőzdéknek még az is előnyükre válhat, hogy könnyebben nyomonkövethetik a tevékenységüket, így hamarabb észrevehetik az esetleges hibákat.
5. Azok a kisüzemi sörfőzdék, amelyek kézzel palackozzák termékeiket, jelentős mennyiségű oxigént juttatnak a sörökbe fejtés során. Ezeknél a terméknel, ha ragaszkodnak a kézi palackba fejtéshez, akkor mindenképpen rövidebb szavatossági időt kell meghatározni, mivel az oldott oxigén rontja a minőségét a terméknek. Ha a sörfőzde nem ragaszkodik a kézi palackba fejtéshez, akkor célszerű gépesíteni ezt a területet.
6. A kis és nagyüzemi sörfőzdeknél egyaránt jobb oldott oxigén eredményt mutattak a dobozos sörök. Ez arra enged következtetni, hogy a dobozoló berendezések általánosan korszerűbbek, mint a palackba fejtő berendezések. A két kiserelési mód, természetesen sokban eltér egymástól, viszont a mérések alapján a palackba fejtő berendezések további fejlesztéseket igényelnek.

## 6 Összefoglalás

Szakedolgozatom készítése során lager sör oldott oxigén koncentrációjának mérését végeztem egy kisüzemi sörfőzdében. Mérést végeztem a berendezések különböző pontjain. Megmértem az oldott oxigén tartalmát a kiszerező tartály alsó csonkjánál, a palackozó berendezés befolyó oldali betápláló vezetékén valamint a palackozó tartályánál. A kiszerező tartályban és a palackozó berendezés befolyó oldali betápláló vezetékén az oldott oxigén szintje megfelelt a szabványos szintnek (szűrt sörben: 10- 50 ppb; töltőtartályban lévő sörben 10-30 ppb), viszont a palackozó tartályban már magasabb oldott oxigén értéket mértem (54 ppb), mint ami megfelel a szabványnak(10-30 ppb). A palackba fejtett termékeknel megvizsgáltam, hogy a töltés során képződő habréteg mennyiben befolyásolja az oxigén palackba jutását, ezért különböző habréteggel töltött termékek oldott oxigén tartalmát mértem. Négy kategóriába osztottam a sörmin-tákat a habrétegük alapján. Így oldott oxigén tartalmat mértem olyan palackban amely kihab-zott töltés során, amely szabványszintig lett töltve és habréteg zárta, amely szabványszintig lett töltve de nem zárta habréteg, és olyan palackot is amely töltés előtt szén-dioxiddal lett purgálva. A különböző kategóriájú sörminták oldott oxigén koncentrációi széles skálán mozogtak. A mé-réseim szerint az lenne ideális, ha a sörrel megtöltött palackban a folyadék és a palack nyílása között egy tartós habréteg lenne, amíg a koronazár a palackra nem kerül.

A szakedolgozatom másik kísérleti részeként magyar kis és nagyüzemi sörfőzdek termékeinek vizsgáltam meg az oldott oxigén tartalmát. Megmértem a sörüzemek dobozos söreit és palack-ban fejtett termékeit, megvizsgálva a különböző kiszerezés esetén tapasztalható-e különbség az oxigén tartalomra vonatkozóan. Azt tapasztaltam, hogy a kisüzemi sörfőzdek termékeinek oldott oxigén tartalma valamivel kedvezőbb, mint a nagyüzemi sörfőzdeké, vagyis a kisüze mi sörfőzdek is korszerű gépekkel dolgoznak. Ami még a kisüzemi sörfőzdek előnyére válhat az az, hogy könnyebben nyomonkövethetik a tevékenységüket, így hamarabb észrevehetik az esetle-ges hibákat. Azt is elemeztem, hogy a kézi és gépi palackba fejtés során milyen eltérések ta-pasztalhatók a termékek oldott oxigén tartalmában. Azok a kisüzemi sörfőzdek, amelyek kézzel palackozzák termékeiket, jelentős mennyiségű oxigént juttatnak a sörökbe fejtés során. Ezeknél a terméknel, ha ragaszkodnak a kézi palackba fejtéshez, akkor mindenképpen rövidebb szava-tossági időt kell meghatározni, mivel az oldott oxigén rontja a minőségét a terméknek.

## 7 Irodalomjegyzék

Bamforth, C. W., 2016. *Brewing Materials and Processes. A Practical Approach to Beer Excellence*. Davis, California, USA: Elsevier.

Card, A. és mtsai., 2014. *Fondriest Enviromental Learning Center*. [Online] Available at: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/measurements/measuring-water-quality/dissolved-oxygen-sensors-and-methods/>

Cichello, S. A., 2014. *Oxygen absorbers in food preservation: a review*, Food Sci Technol: ismeretlen szerző

Dornbusch, H., 2011. *Craft Beer & Brewing*. [Online] Available at: <https://beerandbrewing.com/dictionary/4vQFCvGmuD/> [Hozzáférés dátuma: 20 04 2024].

Duymaz, A., 2018. *Hach*. [Online] Available at: <https://images.hach.com/asset-get.download.jsa?code=196861> [Hozzáférés dátuma: 20 04 2024].

Duymaz, A., 2023. *Hatch*. [Online] Available at: <https://za.hach.com/parameters/dissolved-oxygen> [Hozzáférés dátuma: 08 04 2024].

García-Torres, R. és mtsai., 2009. *Effects of Dissolved Oxygen in Fruit Juices and Methods of Removal*, hely nélk.: ismeretlen szerző

Gribbins, K. & Crowell, C., 2023. *Craft Brewing Business*. [Online] Available at: <https://www.craftbrewingbusiness.com/about-craft-brewing-business/> [Hozzáférés dátuma: 20 04 2024].

Kaneda, H., 2002. *The role of oxygen in brewing*. [Online] Available at: <https://themodernbrewhouse.com/wp-content/uploads/2016/11/The-role-of-oxygen-in-brewing.pdf>

Rasayan, J. C., 2018. *rasayanjournal*. [Online] Available at: [https://rasayanjournal.co.in/admin/php/upload/448\\_pdf.pdf](https://rasayanjournal.co.in/admin/php/upload/448_pdf.pdf)

Subramaniam, P., 2016. *The Stability and Shelf Life of Confectionery Products*, hely nélk.: ismeretlen szerző

## 8 Ábrajegyzék

1. ábra: Oldott oxigén mérőműszerek .....	9
2. ábra: Winkler módszer (Card, et al., 2014) .....	11
3. ábra: Hach Orbisphere 3100 manual műszer .....	22
4. ábra: Oldott oxigén mérés helyszínei .....	23
5. ábra: Oldott oxigén mérés a kiszerező tartály alsó csonkjánál .....	24
6. ábra: Palackba fejtett sör oldott oxigén mérése .....	31
7. ábra: Dobozos sör oldott oxigén tartalmának mérése laboratóriumi keretek között .....	32
1. egyenlet: Dalton törvénye .....	8
2. egyenlet: Henry törvénye .....	8
3. egyenlet: Stern-Volmer egyenlete .....	12
1. táblázat: Szabványos oxigénszintek (Duymaz, 2018) .....	17
2. táblázat: Töltés során kihabzott palack .....	27
3. táblázat: Szabvány szintig töltött palack .....	28
4. táblázat: Szabvány szintig töltött palack habréteggel lezárva .....	28
5. táblázat: Szén-dioxiddal purgált palack .....	29
6. táblázat: A berendezéseknél mért oldott oxigén tartalom .....	30
7. táblázat: Nagyüzem1 palackos illetve dobozos söreinek oldott oxigén tartalma .....	32
8. táblázat: Nagyüzem2 palackos illetve dobozos söreinek oldott oxigén tartalma .....	32
9. táblázat: Kisüzem1 palackos illetve dobozos söreinek oldott oxigén tartalma .....	33
10. táblázat: Kisüzem2 palackos illetve dobozos söreinek oldott oxigén tartalma .....	33
11. táblázat: Kisüzem3 palackos söreinek oldott oxigén tartalma .....	33
12. táblázat: Kisüzem4 dobozos söreinek oldott oxigén tartalma .....	33
13. táblázat: Kisüzem5 palackos söreinek oldott oxigén tartalma .....	33

## 9 Hallgatói nyilatkozat

### NYILATKOZAT

#### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Nátrán-Láday Kinga  
A Hallgató Neptun kódja: S82XCO  
A dolgozat címe:  
Oldott oxigén mérése és mérséklése a sörgyártás technológiai folyamatai során  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: Élelmiszerügyi és Technológiai Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Biomérmők és Erjedéssipari Technológia Tanszék

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

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


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

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

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

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

Kelt: 2024. év 04 hó 21. nap

  
Hallgató aláírása

## 10 Konzulensi nyilatkozat

### NYILATKOZAT

Nátrán-Láday Kinga (Neptun azonosítója: S82XCO) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: Budapest, 2024. április 18.

  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.