

Kisüzemi gyümölcsös sör termékfejlesztésének kezdeti mikrobiológiai tapasztalatai

Kulcsszavak: Sör, palackozógép higiéniai állapota, kisüzemi sörfőzés, *tejsavbaktériumok*, *Enterobacteriaceae*, *Bacillus*, *Pectinatus*, *Megasphaera*, vadélesztő, gombák, CIP tisztító rendszer, alfasavak

1. ÖSSZEFOGLALÁS

A kisüzemi sörfőzdék piaci részesedése a teljes magyar sörpiacon 2020-ban 3 százalékot tett ki [1]. A kisüzemi sörök értékesítését befolyásoló törvény („sörtörvény”, amely 2020. december 11-én jelent meg a Magyar Közlöny 2020. évi 275. számában) célja, hogy lehetőséget teremtsen a kisüzemi sörfőzdék számára, hogy jobb piaci helyzetbe kerüljenek [2]. Az intézkedés várhatóan előnyösen befolyásolja a Magyarországon évek óta tartó tendenciákat, mint a piaci szereplők számának növekedése, a termékkínálat bővülése, a fogyasztói érdeklődés fokozódása.

A fenti biztató tendenciák mellett fogyasztóként azt tapasztaljuk, hogy a kisüzemi sörfőzdék folytonos minőség előállításában, valamint a kisserelt sörök stabilitásának és minőségmegőrzési idejének biztosításában átlagosan elmaradnak a nagyüzemi gyártás színvonalától. Az említett minőségi deficitet elsősorban a kisüzemek minőségirányítási rendszereinek hiányosságai, a rendelkezésre álló szaktudás nem megfelelő szintje és az értékesítés körülményeinek sajátosságai okozzák.

Cikkünkben egy olyan gyümölcsös sör kisüzemi termékfejlesztését mutatjuk be, amely alacsony alkoholtartalma és egyidejűleg magas cukortartalma révén a kisserelt termék stabilitásának szempontjából az egyik legérzékenyebb termék kategóriát képviseli. A dolgozat elsősorban a mikrobiológiai stabilitás elérésével kapcsolatos tapasztalatokat összegzi, foglalja össze a gyártási környezet kiépítésével, összegzi a legfontosabb veszélyforrásokat és hibalehetőségeket, valamint felhívja a meglévő és leendő gyártók figyelmét annak a lehetőségére, hogy a sörfőzdei berendezések gyártói megfelelőségi igazolásai nem minden esetben jelentenek garanciát azok megfelelő működésére, sok esetben azok felülvizsgálata és átalakítása lehet szükséges. A kéziratunkban említett mikrobiológiai összefüggések saját megfigyeléseinként alapulnak. A projekt során alkalmazott termékspecifikus mikrobiológiai vizsgálati módszereket is részletesen bemutatjuk.

¹ Novel Food Kft.

² Eurofins Food Analytica Kft.

2. Bevezetés

2.1. Kisüzemi sörgyártás

Magyarországon 2017 óta jogilag azt a főzdet nevezik kisüzemi sörfőzdeinek, ahol kevesebb mint évi 200.000 hektoliter sört állítanak elő. A 2017 előtti szabályozás még 8000 hektoliternél húzta meg a vonalat, mely alatt 50% jövedéki adókedvezménnyel támogatottak a főzdek [3].

2.2. Gyümölcsös sör

A gyümölcsös sör kategóriába azok a sörök tartoznak amiket valamilyen gyümölccsel, vagy több gyümölcs kombinálásával készítene. A gyümölcs szót itt konyhai, nem pedig botanikai értelemben használják – húsos, magra asszociáló növényi struktúrák amelyek édesek, vagy savanyúak, és nyersen ehetőek. Ide tartoznak például az almatermésűek (alma, körte, birs), a csonthéjasok (cseresznye, szilva, őszibarack, sárgabarack, mango stb.), továbbá amelyek angol nevében megtalálható a "berry" szó (eper, málna, áfonya), ribizlik, citrusfélék, aszalt gyümölcsök (datolya, aszalt szilva, mazsola stb.), trópusi gyümölcsök (banán, ananász, guava, papaya, füge, gránátalma, fügekaktusz stb.). [7]

Ízesített sör: Olyan sör, amelyhez az ízhatás kialakításához a komló helyett, vagy mellett egyéb ízesítőanyagot is felhasználhatnak. Ezen termékek részletes jellemzőit a gyártmánylap rögzíti.

Ízesített sörök esetében az ízesítőanyagot a sörgyártás műveletei – legkésőbb az érlelés vagy szűrés – során adagolják a sörléhez vagy a sörhöz. Az érlelés, szűrés folyamán hozzáadott ízesítőanyag következtében a kész sör eredeti extrakttartalma nem növekedhet annak 1/3-ánál nagyobb mértékben. [8]

2.3. Kisüzemi sörfőzdei gyártásindítás

A kisüzemi sörfőzdei gyártásindítás főbb részfolyamatai ideális sorrendben a következők:

1. Hatósági engedélyezési eljárások lefolytatása
2. A gyártóüzem és segédlétesítmények épületeinek kiépítése
3. Termékfejlesztés
4. A sörfőzdei technológia telepítése
5. Termékgyártás
6. Termékértékesítés

Fontos hangsúlyozni, hogy a hatékony és költségoptimalizált gyártásindítás során a termékfejlesztés megelőzi a sörfőzdei technológia beszerzését, amely részfolyamat kifejezetten az előbbi tapasztalatain alapul. Ez a sorrendiség egy termékfejlesztésre szakosodott szolgáltató szervezet bevonásával oldható meg, amely rendelkezik a folyamathoz szükséges szakmai és technológiai háttérrel.

2.4. A projektünkhöz kapcsolódó technológiai berendezések

A kisüzemi gyümölcsös sör gyártásához az alábbi főbb technológiai berendezéseket telepítettük:

- Malátaroppantó berendezés
- Főzőházi berendezések
- Kombinált cefréző-szűrőkád
- Univerzális komlóforraló - Whirlpool kád
- Elektromos vezérlőpult a sörlégyártás folyamatához
- Sörlé hűtő és rekuperációs berendezések
- Hőellátó berendezések
- Főzőházi kiegészítő berendezések
- Fermentációs tér berendezései
- Hordómosás és töltés berendezései
- Kovaföldes szűrő
- Sörpasztőr
- Palackozógép
- Sűrített levegő ellátó berendezés
- Hűtéstechnológiai berendezések
- Sörüzemi kiegészítő berendezések

A fenti listában kiemelten szerepelnek azok a berendezések, amelyek kifejezetten a sör mikrobiológiai stabilitásának biztosítására, vagy javítására használatosak, vagy azt átlagon felüli mértékben befolyásolják.

3. Mikrobiológiai szempontú gyártásellenőrzés

3.1. A sör mikrobiológiai stabilitása

A sör biológiai stabilitását minden olyan mikroorganizmus veszélyezteti, amely képes a sörben szaporodni, zavarosodást, vagy fenéküledéket képezni és az anyagcseretermékei révén a sört károsítani. E mikroorganizmusok száma csekély, mivel a sör alkoholtartalma, szénsav- és keserűanyag-tartalma és kis pH-ja következtében az adott anaerob feltételek között csak a tejsavbaktériumok és az élesztők képesek fejlődni. E mikroorganizmusok okozta fertőzés és zavarosodás, illetve a fenéküledék megjelenése között egy bizonyos idő telik el, amelynek hossza a fertőzés mértékétől, az organizmusok virulenciájától, a sör minőségétől, az oxigénhez való hozzáféréstől és a tárolás hőmérsékletétől függ.

A mikrobiológiai stabilitás biztosítható biológiailag kifogástalan, erős erjesztőképességű beállítóélesztők alkalmazásával, amelyeknek tömény kultúráját és a tartályok, vezetékek és készülékek hiánytalan mosását, tisztítását és fertőtlenítését ellenőrizték.

Az automatikus tisztítóberendezések különös figyelmet érdemelnek. Az éles szűrés a környezeti levegőtől elzárt fejtéssel együtt és a kellő alapossággal tisztított edények esetén lehetővé teszi, hogy a sört pasztörözés nélkül is kiadhassák. Az egyes stádiumokban, mint az erjesztés, ászokolás, szűrés és fejtés, tüzetes mikrobiológiai ellenőrzésre van szükség. [4]

3.2. A sör mikrobiológiai stabilitását befolyásoló tényezők

A sör mikrobiológiailag viszonylag stabil italnak számít. Ehhez a stabilitáshoz hozzájáruló sörparaméterek a következők:

- Etanoltartalom (akár 10% - néha még magasabb is): kimutatták, hogy az 5%-os etanolnak való kitettség növeli a sejtmembrán permeabilitását, és így zavarja a membrán feletti protonmozgató erőt (az energiatermelés szempontjából fontos). Ez azt jelenti, hogy a legtöbb mikroba nem éli túl vagy nem szaporodik a sörben ilyen alkoholszint mellett.
- Szén-dioxid-tartalom (~0,5% v/v): az oldott CO₂ anaerob környezetet hoz létre, megakadályozva az aerob romlást okozó mikroorganizmusok növekedését.
- Alacsony pH (pH 3,8-4,7): sok mikroorganizmus nem képes alacsony pH-n (pH<5) növekedni, mivel ezeken az alacsony pH-értékeken nem tudja fenntartani az intracelluláris pH-homeosztázist.
- Izo-alfa savak (15-100 µg/L, a koncentráció ettől eltérő is lehet): az izo-alfa savak antimikrobiális hatást fejtenek ki azáltal, hogy megnövelik a bakteriális sejtmembránok permeabilitását.
- A tápanyagok elérhetőségének csökkenése (a legtöbb fermentálható cukrot az élesztő metabolizálja): sok fontos tápanyag, például szénhidrátok, aminosavak és néhány B-vitamin nagyon alacsony koncentrációban van jelen a sörben, mivel az élesztő ezeket az erjedés során elfogyasztja. Bármilyen megnövekedett tápanyagszint (pl. szénhidrát alacsony alkoholtartalmú sörökben) a romlást okozó mikroorganizmusok elszaporodásának kockázatát jelenti.
- Alacsony oxigéntartalom (lehetőleg 0,1 µg/L alatt): az anaerob körülmények csökkentik az aerob romlást okozó mikroorganizmusok potenciális növekedésének kockázatát.

A modern sörgyártás során számos technikát alkalmaznak, hogy megakadályozzák a mikrobiológiai szennyeződések bejutását vagy túlélését a főzési folyamat, valamint a töltés/csomagolás során, hogy növeljék a mikrobiológiai stabilitást. Néhány példa:

- A cefre forralása, pasztörözés, vagy steril szűrés a kiszerezés előtt.
- Jól megtervezett sörfőző berendezés, amely ellenáll az agresszív higiéniai eljárásoknak, például a CIP (Clean-In-Place) rendszerű tisztításnak.
- A számos hagyományos (és mikrobiológiailag kockázatos) gyártási eljárás (pl. spontán erjesztés vagy nyitott fermentációs edények) megszüntetése.

3.3. A fertőzési okok

- A „sörszacharina” (*Pediococcus cerevisiae*) mono- és diplococcusok, vagy tetracoccusok formájában a sört zavarosítják és annak savas, vajra emlékeztető diacetilízt kölcsönöznek.
- A tejsavbaktériumok tejsavat, hangyasavat és ecetsavat termelnek. Zavarosodást, részben pedig fenéküledéket is képeznek.
- A vadélesztők ritkák. A sört zavarossá teszik, leveses fenéküledéket képeznek és többnyire aromás, eltérő, részben durván keserű ízt is kölcsönöznek.

- A kultúrélesztők a lefejtett sörben zavarosodást, fenéküledéket, vagy csak különálló élesztőtelep-képződést idéznek elő. Ha szűrésnél csak tökéletlenül maradnak is vissza, a fejtés alatti gazdag oxigénfelvétel után elszaporodhatnak, elsősorban akkor, ha a sör végerjedésfoka és kiadási erjedésfoka között nagy a különbség. [4]

3.4. Romlást okozó mikroorganizmusok

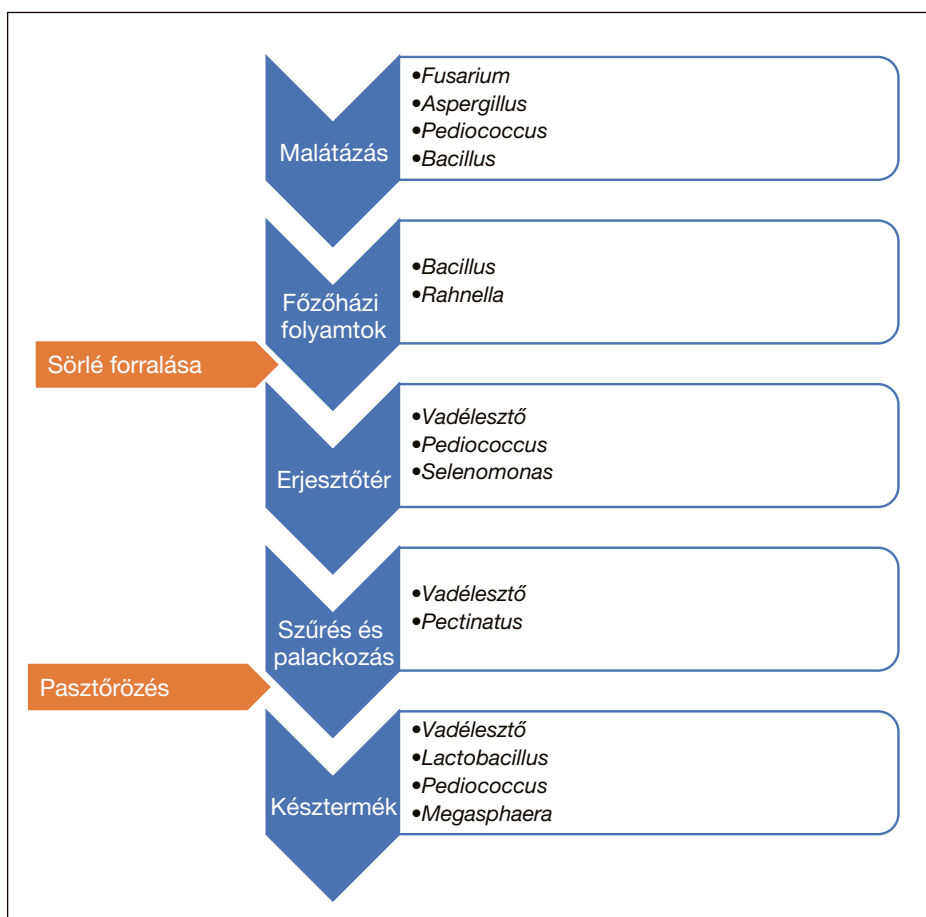
3.4.1. A sörgyártáshoz és a sörhöz leggyakrabban kapcsolódó mikroorganizmusok

Minden alapanyag (pl. maláta, komló, víz, vagy adalékanyagok) saját specifikus mikroorganizmusokat hordoz. Ezen mikroorganizmusok elszaporodása valamelyik főzési lépés során mellékízeket okozó metabolitok képződését vonja maga után. Abban az esetben, ha ezek a mikroorganizmusok túlélnek a sörfőzési folyamat összes lépését - beleértve a pasztörözést is, amennyiben alkalmazzák – potenciális sörrontóként a kiszertelt sörbe kerülhetnek. A fermentációhoz használt élesztő szintén szennyeződés forrása lehet.

Megfigyeltük, hogy a beélesztőzés során az élesztő kis mennyiségben baktériummal és vadélesztővel szennyeződhet. Ennek elkerülésére az élesztőt megfelelő kezelésre van szükség.

A szennyeződések további forrásai a sörfőzdei berendezések (edények, csövek) lehetnek, amennyiben nincsenek megfelelően tisztítva és karbantartva. A kiszertelési egység lezárásáig a gyártási folyamat utolsó lépései (erjedés után) is hajlamosak lehetnek a levegőben szálló, vagy a töltőberendezésen lévő mikroorganizmusok általi szennyeződésre (pl. magas páratartalom miatt).

Az **1. ábra** a sörfőzdében és a sörben leggyakrabban előforduló romlást okozó mikroorganizmusokat sorolja fel.



1. ábra. Leggyakrabban előforduló sörrontó mikroorganizmusok a főzési folyamat különböző lépései során és a késztermékben. A narancssárga nyilak a gyártási folyamat azon lépéseire utalnak, ahol hőkezelés (sörlé forralás és pasztörözés) hatására csökken a mikrobaterhelés. [2]

A sörben található szennyező baktériumok többnyire a *Lactobacillus* és a *Pediococcus* nemzetségbe tartozó tejsavbaktériumok (a sör bakteriális fertőzéseinek több mint 80%-a), de a romlott sörben időnként más anaerob baktériumok, mint például a *Pectinatus* és a *Megasphaera* is megtalálhatók. [2]

3.4.1.1. Tejsavbaktériumok [6]

A tejsavbaktériumok olyan szigorúan fermentatív, fakultatív anaerob Gram-pozitív, nem spóráképző pálcák vagy coccusok, amelyek a *Lactobacillales* rendjébe tartoznak. A legtöbb Gram-pozitív baktériumot gátolják az izo-alfa-savak, azonban néhányuk rezisztenciát mutat ezekkel az antibakteriális vegyületekkel szemben. A két leggyakrabban előforduló tejsavbaktérium a sörben a *Lactobacillus brevis* és a *Pediococcus damnosus*. Ezek a baktériumok ecetsavat és tejsavat, valamint különféle mellékízeket, például diacetilt ("vajás" ízt) termelnek. Különösen a *Pediococcus*-ról ismert, hogy nagy mennyiségű vicinális diketont termel. A *Pediococcus* alkohol-tűrőképessége is relatíve magas: Még 10% feletti etanolkoncentráción is képes szaporodni. Mindezek mellett a tejsavbaktériumok exopoliszacharidokat (EPS) is termelnek, amelyek a sörben a megnövekedett viszkozitás és a nyálkás megjelenés miatt ún. selymes zavarosságot okoznak.

A legfontosabb *Lactobacillus* fajok a *L. brevis* és a *L. lindneri*; kevésbé gyakoriak a *L. rossiae*, *L. buchneri*, *L. coryniformis*, *L. casei* és *L. backii*. A *L. brevis* gyakran hosszabb, párhuzamos falú, egy- vagy páros, kerek végű pálcát fejleszt (0,7 × 4 µm), a kettős pálcák gyakran hajlítottak. Sejtláncokat nem képez, de a sörben esetenként rendkívül hosszú pálcák (akár 50 µm) is megtalálhatók. A *L. brevis* általános jellemzője a gázképzés (hetero-fermentatív), a pentózok és melibiózok fermentációja, valamint az arginin hasításának képessége. Ez a leggyakoribb sörrontó zavarosságot és üledéket okoz a sörben, valamint érzékelhetően csökkenti a pH-értéket, ami pedig savas ízt kölcsönöz a sörnek. Diacetilt azonban nem termel. Gyakran másodlagos szennyeződésként jelenik meg.

A *L. buchneri* a melizitóz erjesztésére képes, ebben különbözve a *L. brevis*-től. A *L. lindneri* rövid, enyhén szabálytalan, vagy coccoid sejteket képez, amelyek hosszabb láncokba rendeződnek. Időnként hosszú pálcák alakulnak ki. A heterofermentatív fajok főleg glükózt és maltózt fermentálnak és nem hasítják az arginint. Enyhe üledékesség és zavarosság lehet megfigyelhető a sörben, ennek ellenére ízbeli hibák általában nem fordulnak elő. Ez egy tipikus elsődleges szennyeződés, amely gyakran megtalálható az élesztőüzemben, vagy az erjesztőtérben, de a nagyon kis méretű sejtek révén a szűrőkön keresztül tovább is juthat.

A *L. rossiae* is hasonló tulajdonságokkal rendelkezik, és nyálkaképző. A fakultatív hetero-erjesztő fajok: *L. casei*, *L. coryniformis* és *L. plantarum* rövidebb pálcákat alkotnak, amelyek gyakran láncokba rendeződnek. Többnyire gyengébben komlózott sörben (pl. búzasör) fordulnak elő, és a diacetilképződés következtében nyilvánvaló ízhibát okoznak. Gyakran másodlagos szennyeződésként jelennek csak meg. Az obligát homofermentatív, sörromlást okozó *L. backii* mannózt, mannitot és szorbitot erjeszt. A többi fajtól a maltóz és a glükonát fermentációjának hiányában is különbözik.

A *P. damnosus*-ra jellemző a tetrádok képzése. Tipikusan elsődleges szennyeződések, amelyek gyakran előfordulnak a kultúrélesztőben és a szűretlen sörben. A sejtek a szűrőn keresztül a fejtett sörökbe is átvihetők. Szennyeződés esetén erős diacetilképződés (vajás íz) és pH-érték csökkenés lép fel, a sörök gyakran enyhén zavarosak és észrevehető üledékképződést mutatnak. Két másik sörromlást okozó *Pediococcus* faj, a *P. inopinatus* és a *P. claussenii* is hasonlóan viselkedik, bár mindkét faj kevésbé elterjedt. Utóbbi nyálkásodást okoz a sörben.

3.4.1.2. Enterobacteriaceae [6]

Az *Enterobacteriaceae* fakultatív anaerob Gram-negatív baktériumcsalád. A sörfőzéshez általában kapcsolódó két nemzetség a *Citrobacter* és a *Rahnella* (a legvalószínűbb, hogy a sörfőzésnél használt víz által jutnak be). Ezek a baktériumok számos olyan mellékíz termelődésért felelősek, mint a VDK-k (pl. diacetil), a 2,3-butándiol, a DMS, az acetaldehid és a tejsav. Ezeket a vegyületeket az erjesztés kezdetén termelik.

3.4.1.3. Bacillus [6]

Gram-pozitív, fakultatív anaerob, spóráképző baktériumok. A spóráképződésnek köszönhetően túlélnek a hőkezelést, beleértve a pasztőrözést is. A *Bacillus* azért is jelent kockázatot, mert képes a nitrátot nitráttá redukálni, ami N-nitrózaminok képződését eredményezheti (rákkeltő, teratogén és mutagén anyagok közé sorolják). Mivel egyes *Bacillus* fajok nagy mennyiségű tejsavat képesek termelni, ezek is savasodást okozhatnak. A legtöbb *Bacillus* faj (de a spóráik nem) érzékeny a komlóból származó izo-alfa savakra.

3.4.1.4. Pectinatus [6]

Ezek a Gram-negatív, szigorúan anaerob baktériumok nagy mennyiségű ecetsavat és acetoint tudnak termelni, valamint esetükben hidrogén-szulfid termelésről (rothadt tojás aroma) is beszámoltak már.

A *Pectinatus cerevisiiphilus* és a *P. frisingensis* szintén szigorú anaerob, kataláz-negatív, Gram-negatív baktériumok, és hasonló negatív hatásokkal bírnak, mint az eddig fesorolt fajok. A sejtek karcsúak (0,8×4 µm), párhuzamos falúak, hegyes végűek, enyhén hajlítottak vagy kígyószerűek, illetve dugóhúzószzerűek,

valamint egyik oldalukon egy sorosan flagelláltak. A *M. cerevisiae*-hoz hasonlóan 15-40 °C (optimum: 28-32 °C) tartományban nőnek. Különböző cukrokat, cukoralkoholokat és szerves savakat (főleg piruvát és laktát) fermentálnak. Az elsődleges metabolitok a propionsav, az ecetsav, a piroszólósav, az acetoin és a CO₂. A általuk szennyezett sörök (pH 4,3 felett, alkoholtartalom 5 térfogat% alatt) nem csak súlyos ülepedési és zavarosodási problémát, hanem kellemetlen szag- és ízhibákat is (szennyvíz szag) mutatnak. A *M. cerevisiae*-hez hasonlóan ezek is tipikus másodlagos szennyeződések, amelyek elsősorban a palackozótérben fordulnak elő.

3.4.1.5. Megasphaera

A *Megasphaera* fajok Gram-negatív, szigorúan anaerob szennyeződésként jelenhetnek meg mind a sörlé, mind a kész sör esetében. A sörben zavarosodást okoznak, és nagy mennyiségű hidrogén-szulfidot és számos rövid szénláncú zsírsavat ("sajtos" aroma) termelnek. [2]

A kataláz-negatív, szigorúan anaerob, Gram-negatív *Megasphaera cerevisiae* nagy méretű ovális vagy kerek sejteket (1,2-1,6 µm) képez, amelyek diplococcusok és rövid láncok formájában léteznek. Különösen a fruktózt, a piroszólósavat és a tejsavat erjesztik [6].

Az elsődleges metabolitok a vajsav, az ecetsav, a propionsav, a valeriánsav, valamint a CO₂ és a hidrogéngáz. A sörben csak enyhe zavarosság képződik; a fent említett metabolitok következtében azonban jelentős szag- és ízhibák (szennyvíz szag) tapasztalhatóak. A faj alkoholérzékeny (5 V/V% alatt), és kedveli a magasabb pH-értéket (4,4 felett). Tipikusan másodlagos szennyeződések kedvezőek számára, amelyek elsősorban a palackozó berendezés környezetében vannak jelen [6].

3.4.1.6. Vadélesztő

Bármely élesztőtörzs, kivéve a kiválasztott *Saccharomyces* élesztőt, szennyező. A sörfőzők többnyire vadélesztőnek nevezik ezeket az élesztőszennyezéseket, amelyek lehetnek *Saccharomyces cerevisiae* vagy nem *Saccharomyces* törzsek, például *Brettanomyces bruxellensis*, *Candida* vagy *Pichia*. A vad élesztő szaporodása biztonsági kockázatokat hordozhat magában: az alkoholtartalom megemelkedhet a fertőző élesztő anyagcseréje miatt. Ezek a vad élesztők néha képesek dextrinreket és keményítőt etanolra erjesztetni (úgynevezett szuperattenuáció). Az etanol előállításával együtt nő a CO₂-tartalom és ezáltal a palacknyomás, ami biztonsági kockázatot jelenthet a palackok szétrobbanása miatt. Ezenkívül a vad élesztő tönkretelheti a sört az észter vagy fenolos mellékíz (pl. 4-vinil-gvajakol) előállításával, valamint zavarosodás vagy üledékképződés révén. Fontos megjegyezni, hogy az elvett élesztősejtek savas mosása nem távolítja el ezeket a vadélesztő szennyeződések [5].

3.4.1.7. Gombák

A *Fusarium* gombák által okozott termőföldi fertőzés komoly élelmiszerbiztonsági veszélyt okoz a gabonáknál. A növénynek szinte minden része (a csíranövény, a gyökér, a szártó, a szár, a levélhüvely, a levél, a kalász és a szemek) megbetegedhet. A súlyosan fertőzött növények kevesebb és gyengébb minőségű termést hoznak, a beteg szemekben méreganyagok (toxintok) képződnek, csírázási erélyük csökken. A betegség kórokozói a különféle *Fusarium* fajok amelyek fertőzőképessége és méreganyag (toxin) termelése eltérő, amely nagyban összefüggésbe hozható olyan környezeti tényezőkkel is, mint a hőmérséklet vagy a páratartalom. A toxinok jelen lehetnek a sörgyártás teljes folyamatában egészen a palackozott végtermékig. Egyes *Aspergillus* fajok szintén termelhetnek mikotoxinokat. A *Fusarium* és az *Aspergillus* fajok is termelnek hidrofób vegyületeket, kis felületaktív fehérjéket, amelyek kihabzást okoznak [6].

4. Tisztítás, fertőtlenítés

A csövek, tartályok és gépek tisztítása és fertőtlenítése kulcsfontosságú egy sörfőzdében. Minden felületnek és berendezésnek tisztának kell lennie, szennyező baktériumok, élesztőgombák és gombák jelenlétét ki kell zárni.

Példák a sörfőzdében előforduló lehetséges szennyeződésekre:

- Előző főzésből visszamaradó sör
- Mikrobiológiai szennyeződések (élesztők, baktériumok, gombák)
- Komlómaradványok
- Kalcium-oxalát (sörkő, amely savakkal eltávolítható)
- Lipidek, fehérjék (eltávolítás bázisokkal)
- Ásványi lerakódások a víz körében

Ebben a tekintetben fontos különbséget tenni a tisztítószer és a fertőtlenítőszer között.

A tisztítószeres eltávolítják a termékmaradványokat és lerakódásokat, például a lipideket és a fehérjéket. A pH-értéküktől függően ezek a tisztítószeres lúgos, savas vagy semleges tisztítószeres közé sorolhatók. A tisztítási kapacitás további növelése érdekében adalékanyagok, pl. tenzidok adagolhatók. Ezek olyan vízben oldódó molekulák, amelyek csökkentik a víz felületi feszültségét, ezáltal könnyebben eltávolíthatók a szennyeződések.

Fertőtlenítő szereket használnak a legtöbb mikrobiális szennyeződés elpusztítására. Itt ismét fontos kiemelni, hogy a baktériumspórákat nagyon nehéz elpusztítani – ezért is hívják ezt a folyamatot nem sterilizálásnak, hanem fertőtlenítésnek. Példák a fertőtlenítőszeresre:

- Halogéntartalmú fertőtlenítőszeres, például NaOCl (nátrium-hipoklorit). A NaOCl általánosan használt termék, de 40 °C feletti hőmérsékleten instabil (megnövekedett korróziós kockázattal).
- Oxidálószeres, például H₂O₂.
- Kvaterner ammóniumvegyületek (gyakran kvatoknak nevezik). A kvatok kationos tenzidok. Jó tulajdonságai ellenére a kvatokat nem használják olyan gyakran sörfőzdékben, mert jellemzően habképzők és nehezen öblíthetők, ami miatt veszélyeztetik a sör minőségét, pl. ronthatják a habtartósságot.
- Fertőtlenítés gőzzel.
- A kritikus pontok az ún. holtterek (csonkok, ágak a vezetékekben, mintavételi helyek, rossz hegesztés stb.). A csöveket és a tartályokat legjobban egy integrált CIP rendszerrel lehet tisztítani.

5. Laboratóriumi vizsgálatok

5.1. Általános tapasztalatok

A meggyes sör minták, illetve a meggyesűrtmennyek mikrobiológiai vizsgálata során a következőket tapasztaltuk:

- A meggyes sör minták szűrése a magas rosttartalom miatt nem oldható meg.
- Szintén a sörök vizsgálatok lemezöntéses eljárás esetén nagyméretű Petri-csészében (140x14,8 mm) 10 ml mintát megfelelő 3-5 mm rétegvastagsággal leöntve PCA (mikrobaszám vizsgálat esetén), illetve DRBC (élesztőgomba szám vizsgálat esetén) táptalajjal, az agar a minta alacsony pH-ja miatt nem gélesedik. Emiatt ezen vizsgálatok során először a vizsgálati mennyiséget 10 ml-ről 1 ml-re csökkentettük.
- Ezután megkezdtek a meggyesűrtmennyek mikrobiológiai vizsgálatait is - az alapanyag elvárt sterilitása miatt – egy saját módszerű jelenlét/hiány kimutatással.
- Ezt a módszert tovább módosítva kiterjesztettük a sörök vizsgálatára is. Mivel a kérdés nem a sör sterilitása, hanem a gyakorlati eltarthatósága volt, ezért a végső, módosított megoldásként mindkét vizsgálati irányban dúsítós módszerrel végeztük a szaporodásra képes mikroorganizmusok jelenlét/hiány vizsgálatát, a kész sör receptúrájában lévő azonos mennyiségű gátlóanyagtartalom mellett (0,02 g/L kálium-szorbát). Így gyakorlatilag azt modelleztük, hogy magas tápanyagtartalom mellett a sörben esetlegesen jelenlévő mikroorganizmusok képesek-e szaporodni.

5.2. A meggyes sörök vizsgálati módszereinek leírata

5.2.1. Mikrobaszám, lemezöntés, telepszámlálás (MSZ EN ISO 4833-1:2014, akkreditált módszer)

A mintából az MSZ EN ISO 6887 nemzetközi szabvány szerint elkészítjük az alapszuspenziót és a decimális hígításokat. Két Petri-csészébe steril pipettával 1 ml mintát (folyadék esetén), vagy alapszuspenziót adagolunk. Szükség szerint ismételjük meg az eljárást további hígításokkal. Töltsünk 12-15 ml 44-47 °C-os PCA agart minden Petri-csészébe. Fordítsuk meg a Petri-csészéket és inkubáljuk azokat 30 °C-os termosztátban 72±3 órán keresztül.

5.2.2. Élesztőgomba szám, felületi szélesztés, telepszámlálás, vízaktivitás >0,95 (MSZ EN ISO 21527-1:2013, akkreditált módszer)

A mintából az MSZ EN ISO 6887 nemzetközi szabvány szerint elkészítjük az alapszuspenziót és a decimális hígításokat. Petri-csészékbe töltött DRBC agar felületére 1 ml mintát (folyadék esetén), vagy alapszuspenziót egyenletesen 3 felé adagolunk, és a mintarészt az agar felületén szélesztjük. Ismételjük meg az eljárást egy további hígítási fokkal, illetve szükség szerint további hígításokkal is. Negyed óra elteltével fordítsuk meg a csészéket és inkubáljuk azokat 25 °C-os termosztátban 3-5 napon keresztül.

5.2.3. Szaporodóképes mikroba, jelenlét-hiány kimutatás, dúsítós technika (saját módszer)

0,33 literes üveges sör kiszemelése esetén a mintát 3 egyenlő részre osztva a mintarészeket 3x100 ml, 0,02 g/liter kálium-szorbát tartalmú alaplevésbe bemérve 72 órán keresztül 30 °C-on inkubáljuk. A tenyésztés végén a dúsításból mintarészenként 1 - 1 db PCA lemezre 1 µl mintarészt kioltunk, majd a lemezeket 72 órán keresztül 30 °C-on inkubáljuk. Amennyiben a lemezen telepnövekedést nem tapasztalunk, az eredményt 'negatív/100 ml', telepek kialakulása esetén pedig 'pozitív/100 ml' formában adjuk meg.

PCA – Plate Count Agar (agar táptalaj mikrobaszám meghatározáshoz) összetétele:

- tripton 5 g/l
- élesztőkivonat 2,5 g/l
- glükóz 1 g/l
- agar 9 g/l
- pH: 7,0±0,2 (25 °C)

5.2.4. Szaporodóképes élesztőgomba, jelenlét-hiány kimutatás, dúsítási technika (saját módszer)

0,33 literes üveges sör kiszemelése esetén a mintát 3 egyenlő részre osztva a mintarészeket 3 x 100 ml, 0,02 g/liter kálium-szorbát tartalmú malátalevesbe bemérve 72 órán keresztül 25 °C-on inkubáltuk. A tenyésztés végén a dúsításból mintarészenként 1-1 db DRBC agar lemezre 1 µl mintarészt olttunk, majd a lemezeket 72 órán keresztül 25 °C-on inkubáltuk. Amennyiben a lemezen telepnövekedést nem tapasztaltunk, az eredményt 'negatív/100 ml', telepek kialakulása esetén pedig esetén 'pozitív/100 ml' kifejezéssel adtuk meg.

A DRBC - Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol agar (bengálrózsa diklorán agar) összetétele:

- enzimátikusan emésztett állati és növényi szövetek 5 g/l
- glükóz 10 g/l
- kálium-dihidrogén foszfát 1 g/l
- magnézium szulfát 0,5 g/l
- diklorán (2,6-diklór-4-nitroanilin) 0,002 g/l
- bengálrózsa 0,025 g/l
- agar 15.0 g/l
- pH: 7,6±0,2 (25 °C)

A Takács-féle alapleves (MSZ 3640/13-76) összetétele:

- tripton 4 g/l
- húskivonat 4 g/l
- élesztőkivonat 2 g/l
- nátrium klorid 2 g/l
- dinátrium-hidrogén foszfát 2 g/l
- pH 7,2-7,4 (25 °C)

A laboratóriumi vizsgálatokat az EUROFINS Food Analytica Kft. laboratóriuma végezte.

6. A késztermék és a palackozógép mikrobiológiai állapotának összefüggései

A termékfejlesztés, majd az azt követő gyártás során alkalmazott ellenőrző vizsgálatokat minden esetben kiterjesztettük a technológiai berendezések mikrobiológiai állapotának vizsgálatára. Ezzel egyidejűleg feltártuk a berendezések mikrobiológiai állapotának a termékminőségre gyakorolt lehetséges hatásait.

A projekt során a palackozógépet vizsgálva a készülék olyan gyártási hibáira derítettünk fényt, amelyeket a gyártó a vizsgálatunk eredménye alapján később elismert és kiküszöbölt.

- A csapok pneumatikus ágvezetékein a gyártói CIP (Cleaning-In-Place) tisztító és fertőtlenítő program elégtelen hatásidővel volt beállítva
- A kihabosító vízvezeték nem volt bekötve a CIP rendszerbe
- A sörös druck tartály nem volt megfelelően tisztítható a benne található holtterek miatt
- A sörös druck tartály CO₂ bevezető ágvezeték nem volt bekötve a CIP rendszerbe

A projektünkben használt palackozógép átalakítás előtti átfogó mikrobiológiai vizsgálatának eredményeit az **1. táblázatban**, a palackozógépen töltött sör mikrobiológiai vizsgálatának eredményeit pedig a **2. táblázatban** foglaltuk össze. A mikrobiológiai vizsgálatokat az EUROFINS Food Analytica Kft. Laboratórium. A NAH által NAH-1-1582/2021 számon akkreditált vizsgálólaboratórium végezte. A táblázatokban a kifogásolható eredményeket piros színnel emeltük ki.

1. táblázat. Palackozógép átfogó mikrobiológiai vizsgálata az átalakítás előtt

Minta jele	Minta típusa	Vizsgált részegység	Vizsgált paraméter	Eredmény	M. egység
2	Víz minta	Kihabosító víz	Élesztőgomba szám	15	sejt/10 ml
			Mikrobaszám	>300	db/10 ml
5	Víz minta	Sörtartály csurgalékvíz hálózati vizes öblítés után	Élesztőgomba szám	7	sejt/10 ml
			Mikrobaszám	1,9*10 ³	db/10 ml
6	Higiéniai felületi tampon minta	Sörtartály fedőlemez belső oldal+nyomásmérő csonk	Élesztőgomba szám	12	sejt/100 cm ²
			Mikrobaszám	42	db/100 cm ²
7	Higiéniai felületi tampon minta	Sörtartály oldalfal	Élesztőgomba szám	10	sejt/100 cm ²
			Mikrobaszám	>300	db/100 cm ²
8	Higiéniai felületi tampon minta	Nyomásmérő talp	Élesztőgomba szám	5	sejt/100 cm ²
			Mikrobaszám	26	db/100 cm ²
9	Víz minta	Pneumatika ág csurgalékvíz	Élesztőgomba szám	4	sejt/10 ml
			Mikrobaszám	270	db/10 ml

Vizsgálati módszer - élesztőgomba szám: MSZ ISO 21527-1:2013 [9]

Vizsgálati módszer - mikrobaszám: MSZ EN ISO 4833-1:2014 [10]

2. táblázat. Kisüzemi gyümölcsös sör mikrobiológiai vizsgálata az átalakítás előtt

Minta típusa	Minta megnevezése	Vizsgált paraméter	Eredmény	M. egység
Palackos sör	Gyümölcsös sör - lot 28.09.19.	Élesztőgomba szám	4,6*10 ⁴	sejt/1 ml
		Mikrobaszám	4*10 ⁴	db/10 ml

Vizsgálati módszer - élesztőgomba szám: MSZ ISO 21527-1:2013 [9]

Vizsgálati módszer - mikrobaszám: MSZ EN ISO 4833-1:2014 [10]

Az átalakítást megelőzően a palackozott gyümölcsös sör annak mikrobiológiai állapotával összefüggésbe hozható minőségi hibái: ízhibák (észteres mellékíz), CO₂ tartalom és ezáltal palacknyomás növekedés, gushing (a söröspalack felnyitásakor spriccelő habos sör).

Javaslatunkra a gyártó a palackozógépen az alábbi átalakításokat végezte el:

- A csapok pneumatikus ágvezetékein megnövelte a CIP program hatásidejét
- A kihabosító vízvezetékét bekötötte a CIP rendszerbe
- Megszüntette a sörös druck tartály holttereit
- A sörös druck tartály CO₂ bevezető ágvezetékét bekötötte a CIP rendszerbe

A projektünkben használt palackozógép átalakítás utáni átfogó mikrobiológiai vizsgálatának eredményeit az **3. táblázatban**, a palackozógépen töltött sör mikrobiológiai vizsgálatának eredményeit pedig a **4. táblázatban** foglaltuk össze.

3. táblázat. Palackozógép átfogó mikrobiológiai vizsgálata az átalakítás után

Minta jele	Minta típusa	Vizsgált részegység	Vizsgált paraméter	Eredmény	M. egység
2	Víz minta	Kihabosító víz	Élesztőgomba szám	-	sejt/10 ml
			Mikrobaszám	2	db/10 ml
5	Víz minta	Sörtartály csurgalékvíz hálózati vizes öblítés után	Élesztőgomba szám	-	sejt/10 ml
			Mikrobaszám	0	db/10 ml
6	Higiéniai felületi tampon minta	Sörtartály fedőlemez belső oldal+nyomásmérő csonk	Élesztőgomba szám	-	sejt/100 cm ²
			Mikrobaszám	0	db/100 cm ²
7	Higiéniai felületi tampon minta	Sörtartály oldalfal	Élesztőgomba szám	-	sejt/100 cm ²
			Mikrobaszám	0	db/100 cm ²
8	Higiéniai felületi tampon minta	Nyomásmérő talp	Élesztőgomba szám	-	sejt/100 cm ²
			Mikrobaszám	0	db/100 cm ²
9	Víz minta	Pneumatika ág csurgalékvíz	Élesztőgomba szám	-	sejt/10 ml
			Mikrobaszám	0	db/10 ml

Vizsgálati módszer - élesztőgomba szám: MSZ ISO 21527-1:2013 [9]

Vizsgálati módszer - mikrobaszám: MSZ EN ISO 4833-1:2014 [10]

4. táblázat. Kisüzemi gyümölcsös sör mikrobiológiai vizsgálata az átalakítás után

Minta típusa	Minta megnevezése	Vizsgált paraméter	Eredmény	M. egység
Palackos sör	Gyümölcsös sör - lot 29.10.20.	Élesztőgomba szám	-	sejt/1 ml
		Mikrobaszám	0	db/10 ml

Vizsgálati módszer - élesztőgomba szám: MSZ ISO 21527-1:2013 [9]

Vizsgálati módszer - mikrobaszám: MSZ EN ISO 4833-1:2014 [10]

Az átalakítást követően a palackozógép higiéniai állapota megfelelő lett (**3. táblázat**), és palackozott gyümölcsös sör korábban tapasztalható, annak mikrobiológiai állapotával összefüggésbe hozható minőségi hibái is megszűntek a **4. táblázatban** látható vizsgálati eredmények tanúsága szerint. Az elért mikrobiológiai stabilitás révén a termék minőségmegőrzése biztosíthatóvá vált.

7. Irodalom

- [1] Növekedes.hu (2020): A kisüzemi sörfőzdek piaci részesedése 5-6 százalékra nőhet az új törvény hatására. <https://novekedes.hu/hirek/a-kisuzemi-sorfozdek-piaci-reszesedese-5-6-szazalekra-nohet-az-uj-torveny-hatasara> (Hozzáférés: 2021. 10.16.)
- [2] 2020. évi CXL. törvény a kereskedelemről szóló 2005. évi CLXIV. törvény módosításáról
- [3] A Tanács 92/83/EGK Irányelve (1992. október 19.) az alkohol és az alkoholtartalmú italok jövedéki adója szerkezetének összehangolásáról. 1. szakasz, 4. cikk
- [4] Ludwig Narziss (1981): *A sörgyártás*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- [5] KU LeuvenX (2021): *Beer: the science of brewing*. *BrewingX*. KU Leuven, Leuven, Belgium
- [6] Hans Michael Eßlinger (2009): *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- [7] Beer Judge Certification Program, Inc. (BJCP) (2015): *2015 Style Guidelines*
- [8] Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság (2013): *2-702 számú irányelv (régii 2-96 számú irányelv) Sör*. Magyar Élelmiszerkönyv - Codex Alimentarius Hungaricus. Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, Budapest
- [9] MSZ ISO 21527-1:2013 Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer az élesztők és a penészek számlálására. 1. rész: Telepszámlálásos technika a 0,95-nél nagyobb vízaktivitású termékekre (Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for teh enumeration of yeasts and moulds. Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0,95)
- [10] MSZ EN ISO 4833-1:2014 Az élelmiszerlánc mikrobiológiája. Horizontális módszer a mikroorganizmusok számlálására. 1. rész: Telepszámlálás 30 °C-on lemezöntéssel módszerrel (ISO 4833-1:2013) (Microbiology of the food chain. Horizontal method for the enumeration of microorganisms. Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique (ISO 4833-1:2013)