

# SÖRMESTER

FELKÉSZÜLÉST SEGÍTŐ JEGYZET  
- OKTATÁSI SEGÉDANYAG -

Készült a  
Nemzeti Agrárgazdasági Kamara  
megbízásából

2022.



NEMZETI AGRÁRGAZDASÁGI KAMARA

Készítette: Kardeván Kinga

## Tartalomjegyzék

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Malátagyártás .....                                                                                                                         | 1  |
| 1.1. Árpa a malátagyártás alapanyaga .....                                                                                                     | 4  |
| 1.1.1. Árpa kémiai összetétele .....                                                                                                           | 5  |
| 1.2. Árpa átvétele, minősítése.....                                                                                                            | 6  |
| 1.2.1. A sörárpa érzékszervi jellemzői .....                                                                                                   | 7  |
| 1.2.2. Sörárpa mechanikai vizsgálatai .....                                                                                                    | 8  |
| 1.2.3. Sörárpa kémiai vizsgálatai.....                                                                                                         | 10 |
| 1.3. Az árpa mozgatása, szállítása .....                                                                                                       | 12 |
| 1.4. Árpa tisztítása .....                                                                                                                     | 15 |
| 1.5. Árpa osztályozása.....                                                                                                                    | 17 |
| 1.6. Árpa tárolása, utóérlelés .....                                                                                                           | 17 |
| 1.7. Árpa áztatása .....                                                                                                                       | 19 |
| 1.8. Csíráztatás .....                                                                                                                         | 20 |
| 1.8.1. Malátában található enzimek.....                                                                                                        | 21 |
| 1.9. Aszalás, csíráatlanítás, tárolás.....                                                                                                     | 25 |
| 1.10. Sörmaláták jellemzése.....                                                                                                               | 28 |
| 1.10.1. A sörmaláták minőségi követelményei.....                                                                                               | 31 |
| 1.11. Különleges maláták .....                                                                                                                 | 37 |
| 1.12. Söripari pótanyagok .....                                                                                                                | 40 |
| 2. Sörfőző víz .....                                                                                                                           | 44 |
| 3. Sörgyártás.....                                                                                                                             | 48 |
| 3.1. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-702 számú irányelve a sörről.....                                                | 48 |
| 3.2. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-106számú irányelve a Megkülönböztető minőségi jelöléssel ellátott sörökről ..... | 50 |
| 3.3. Maláta őrlése .....                                                                                                                       | 51 |
| 3.4. Cefrézés .....                                                                                                                            | 55 |
| 3.4.1. Keményítőbontás .....                                                                                                                   | 56 |
| 3.4.2. Fehérjebontás.....                                                                                                                      | 58 |
| 3.4.3. Az enzimhatást befolyásoló tényezők .....                                                                                               | 59 |
| 3.4.4. Cefrézési eljárások.....                                                                                                                | 63 |
| 3.5. Cefresztűrés .....                                                                                                                        | 68 |
| 3.5.1. Másolás.....                                                                                                                            | 72 |
| 3.6. Komlóforralás.....                                                                                                                        | 73 |
| 3.6.1. Komló és komlókészítmények .....                                                                                                        | 73 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 3.6.2. A komlóforralás során bekövetkező változások .....       | 79  |
| 3.6.3. Komlófőző berendezések .....                             | 82  |
| 3.6.4. A komlózott sörle összetétele .....                      | 87  |
| 3.7. A sörle ülepítése .....                                    | 88  |
| 3.8. A sörle hűtése .....                                       | 89  |
| 3.9. A sörle levegőztetése .....                                | 91  |
| 3.10. A hidegseprő leválasztása .....                           | 92  |
| 3.11. A sörlesztő .....                                         | 93  |
| 3.11.1. Az élesztősejt morfológiája és kémiai összetétele ..... | 94  |
| 3.11.2. A sörlesztő típusai .....                               | 96  |
| 3.12. Erjesztés .....                                           | 107 |
| 3.12.1. Kémiai változások az erjedés folyamán .....             | 109 |
| 3.12.2. Az erjedés lefolyását befolyásoló tényezők .....        | 111 |
| 3.12.3. Hagyományos erjesztés .....                             | 116 |
| 3.12.4. Nyomás alatti erjesztés .....                           | 120 |
| 3.12.5. Egyéb erjesztési eljárások .....                        | 123 |
| 3.13. Utóerjesztés (ászokolás) .....                            | 124 |
| 3.13.1. Az utóerjesztéskor lejátszódó kémiai folyamatok .....   | 126 |
| 3.14. Sör szűrése .....                                         | 131 |
| 3.15. Sör stabilizálása .....                                   | 136 |
| 3.16. A kész sör fejtése .....                                  | 141 |
| 3.16.1 A hordófejtés folyamata .....                            | 142 |
| 3.16.2. Palackfejtés folyamata .....                            | 143 |
| 3.16.3. A sör dobozba fejtése .....                             | 145 |
| 3.17. Alkoholmentes sör előállítása .....                       | 146 |
| 3.17.1. Biológiai módszerek .....                               | 148 |
| 3.17.2. Fizikai módszerek .....                                 | 151 |
| 3.18. Ízesített sörök, sörkeverékek, gyümölcsörök .....         | 153 |
| 3.19. Lambic sör .....                                          | 155 |
| 3.20. A kész sör összetétele .....                              | 158 |
| 3.21. Vizsgálatok .....                                         | 160 |
| 3.22. A sörfőzés melléktermékei .....                           | 165 |
| 4. Fogalomtár .....                                             | 168 |
| 5. Irodalomjegyzék .....                                        | 171 |

## 1. Malátagyártás

### 1.1. Árpa a malátagyártás alapanyaga

A malátagyártás alapanyaga az árpa, mely a pázsitfűfélék családjába tartozó egyszikű, zárwatermő növény. Vetési idő szerint megkülönböztetünk őszi árpát (ősszel vetik) és tavaszi árpát (tavasszal vetik). Az árpa növény virágjai a szár végén, a kalászban helyezkednek el.

Aszerint, hogy hány virág kötődik és lesz belőle mag, megkülönböztetünk kétsoros és hatsoros árpát. Malátagyártáshoz elsősorban, a kétsoros tavaszi árpa fajtákat használják fel.

Az árpa és a maláta söripari tulajdonságait számos környezeti



tényező befolyásolja. Az árpa söripari tulajdonságát elsősorban a genotípus határozza meg, a környezeti tényezők közül a hőmérsékletváltozás és a csapadékmennyiség meghatározó tényező, valamint jelentőséggel bír a vetés ideje. A száraz, meleg időjárás növeli az árpa fehérjetartalmát. A nitrogén műtrágyázás hatása a maláta tulajdonságaira fajtafüggő. Kimutatták, hogy szignifikáns különbség tapasztalható a maláta extrakttartalma, a Kolbach-



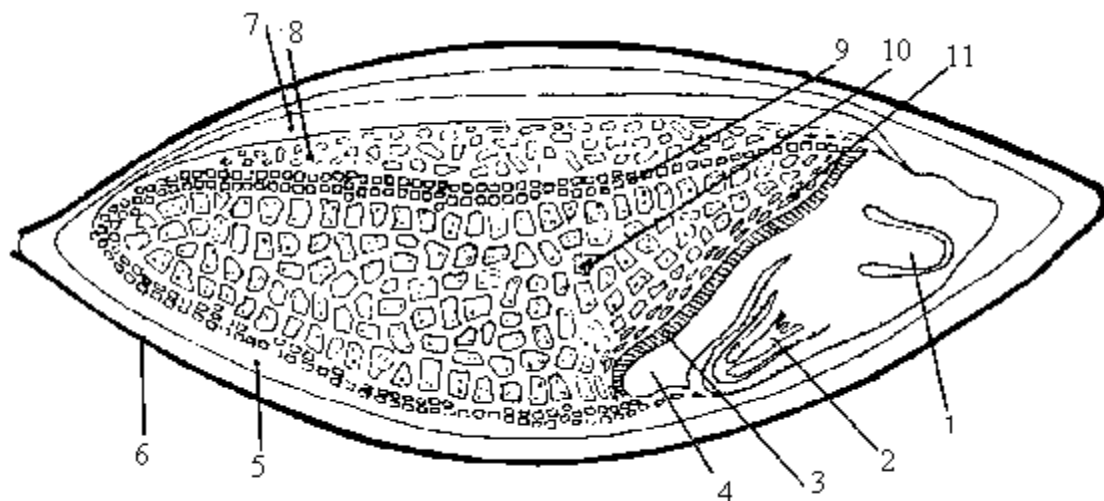
szám, a diasztatikus erő, és a fehérjetartalom között egyes fajták esetében. A nagyobb mértékű nitrogén műtrágyázás hatására nő a diasztatikus erő és csökken az extrakttartalom, valamint a műtrágyázás mértéke szoros összefüggésben áll az árpa összes fehérjetartalmával.

A vetésidő szignifikáns hatással van az árpa söripari tulajdonságaira, a Kolbach-számot, viszkozitást, diasztatikus erőt, és a fehérjetartalmat illetően. Viszont az extrakttartalmat nem befolyásolja számottevően. Az árpa fehérjetartalmát a fentiekén kívül

befolyásolja a kalászképzés és a szemkitöltődés ideje alatti hőmérséklet. Elsősorban akkor, amikor a napi hőmérsékleti maximum eléri a határértéket, a 32°C-ot. E hőmérsékleti maximum értékeken 20–32 °C tartományban limitálják a szemkitöltődést is, elsősorban a lerövidült

szemkitelítődési időszaknak köszönhetően Ez az oka annak, hogy a vetést minél hamarabb, kora tavasszal meg kell kezdeni. Kései vetés alacsonyabb termés hozamot és magasabb nyersfehérje tartalmat eredményezhet abban az esetben, ha a vetés és a szemkitelítődés közötti idő alatt nő a hőmérséklet. Ennek az az oka, hogy a nitrogén kevésbé érzékeny a magasabb hőmérsékletre, könnyebben felhalmozódik a szemben, magasabb fehérjetartalmat eredményezve.

#### Árpszem szerkezete



1. gyököcske, 2. rügyecske, 3. pajzsocska, 4. epitélium, 5. magburok, 6. héj, 7. termésfal, 8. szubaleuron réteg, 9. aleuronréteg, 10. endospermium, 11. kiürült sejtek

#### 1.1.1. Árpa kémiai összetétele

|                        |                                                                                                                                  |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Víztartalom</b>     | 12 – 18%, ha nagy az árpa víztartalma, akkor raktározás során befülledés, penészedés, dohosodás történhet.                       |
| <b>Szénhidrátok</b>    | 63 – 65%, legnagyobb részben keményítő formájában vannak jelen az árpszemben (amilóz és amilopektin).                            |
| <b>Fehérjék</b>        | 10 – 12%, a fehérjék és bomlástermékeik befolyásolják a sör habképződését, fontos szerepük van a telt íz kialakításában          |
| <b>Lipidek</b>         | 2 – 3%, sörfőzés szempontjából jelentőségük csekély                                                                              |
| <b>Ásványi anyagok</b> | 2 – 2,5%, kálium, magnézium, nátrium, vas, kén, foszfátok.<br>A csíra táplálásában van fontos szerepük.                          |
| <b>Egyéb anyagok</b>   | 0,1 % vitaminok (B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , E, C), cseranyagok vagy polifenolok, melyek a sör színét, ízét befolyásolják. |

#### Keményítő

- Amilóz –kristályos rész (17-24 %): elágazás nélküli,  $\alpha$ -1,4-es glikozidos kötésekkel

- Amilopektin –amorf rész (76-83 %): térhálós szerkezet,  $\alpha$ -1,4 és  $\alpha$ -1,6 glikozidos kötésekkel

#### Cellulóz

- A héjban fordul elő
- $\beta$ -1,4-es glikozidos kötéssel kapcsolódó poliszacharid
- Vízben oldhatatlan
- Malátaeredetű enzimek nem bontják

#### Hemicellulózok és gumiszerű anyagok

- A sejtfal felépítésében vesznek részt, vízben oldhatatlan vegyületek
- $\beta$ -glükánok,  $\beta$ -1,3 és  $\beta$ -1,4-es kötéssel kapcsolódó poliszacharidok
- pentozánok
- uronsav

#### Fehérjék

- Albumin –vízben oldható
- Globulin –híg sóoldatokban oldódó
- Prolamin –50-90 %-os alkoholban oldódó
- Glutelin –alkálioldható

Az árpaszemen belüli elhelyezkedés szerint:

- Az aleuronrétegben, mint sikérfehérje
- A sikérréteg alatt az endosperm peremén, mint tartalékfehérje
- Az endospermbe, mint szöveti fehérje

#### Lipidek

- előfordulásuk: a héjban és az aleuronrétegben (főként trigliceridek)

#### Ásványi anyagok

- makroelemek: K, Na, Mg, Ca, P
- mikroelemek: Zn, Fe, Cu, Mn, Cd, As, Cr

#### Vitaminok

- C-, B1-, B2-, B6-vitamin, nikotinsavamid, biotin

#### Enzimek

- a csíra közelében, pl.  $\beta$ -amiláz

### ***1.2. Árpa átvétele, minősítése***

Kiváló minőségű késztermék csak jó minőségű alapanyagból készíthető, ezért fontos arra törekedni, hogy a célnak leginkább megfelelő sörárpa mennyiségi és minőségi átvétele

valósuljon meg. A mennyiségi átvételt méréssel, a minőségi átvételt vizsgálatokkal végzik el. A minőségi átvétel érzékszervi vizsgálattal kezdődik, ekkor szakember állapítja meg szín, illat, tisztaság, kártevő jelenléte vagy mentessége, a szemek teltsége, sértetlensége alapján, hogy az adott tétel átvehető-e. Ezután mechanikai és kémiai vizsgálatokat végeznek.

|                               |                                      |                                                                     |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Mechanikai vizsgálatok</b> | <i>hektolitertömeg</i>               | 1 hl árpának kg-ban kifejezett tömegét jelenti.                     |
|                               | <i>ezerszemtömeg</i>                 | 1000 árpaszem tömegét jelenti g-ban kifejezve                       |
|                               | <i>szitaanalízis</i>                 | a szemek nagyság szerinti szétválasztása                            |
|                               | <i>csírázóképeség</i>                | az élő szemek százalékos arányát jelenti                            |
|                               | <i>vízfelvevő képesség</i>           | az árpaszemben lévő enzimek aktivitására lehet belőle következtetni |
| <b>Kémiai vizsgálatok</b>     | <i>víztartalom meghatározás</i>      | magas víztartalom esetében (14 % felett) az árpát szárítani kell    |
|                               | <i>fehérjetartalom meghatározás</i>  | fontos beltartalmi összetevő                                        |
|                               | <i>extrakt-tartalom meghatározás</i> | befolyásolja a belőle készített maláta extrakt-tartalmát            |
|                               | <i>mikromalátázás</i>                | kis mennyiségekkel modellezik az üzemi körülményeket                |

Jellemző árpavizsgálatok

#### 1.2.1. A sörárpa érzékszervi jellemzői

- **Szín:** a jó sörárpa színe világossárga. A zöldes szín a nem egészen érett magra utal. A barnás vagy megbarnult árpavégek ázott, vagy már csírázott magokra, a szürkék vagy kékes szemek fertőzöttségre utalnak. A nagyon világos színű árpa gyakran kemény, üveges, ami a magas fehérjetartalmat jelzi. A jól beérett árpa fényes.
- **Illat:** az egészséges árpa tiszta, friss, szalmaillatú. A dohos szag arra utal, hogy az árpa nedvességtartalma magas, ezért penészképződés indult meg. Az ilyen árpák rossz minőségűek, csökkent a csírázóképeségük. Egérillat szintén nem megengedhető.
- **Tisztaság:** a sörárpának mentesnek kell lenni idegen gabonafajtáktól, gyommagvaktól, növényi és állati kártevőktől és csírázott magoktól.  
Szervetlen szennyeződésektől mentes: föld, kavics, homok, por stb.,  
Idegen kultúrmagvaktól mentes: más gabonafélék  
Szerves szennyeződésektől mentes: gyommag, szárresz, kalász, héj stb.,
- **Állati kártevők:** nem fordulhatnak elő. A zsizsik a legveszedelmesebb, ami egy sötétbarna vagy fekete, hosszú fejű, ormányos bogár. A gabonazsizsik a szabadban nem

él meg, a hideg beálltakor elpusztul, tehát a szabadban nem fertőzi a gabonát. A silókban, magtárakban él, szaporodik és fertőzi a gabonát. A mag belsejét elfogyasztja, a héjat sértetlenül hagyja, ezért a lárvát rejtő mag kívülről nem különböztethető meg a tiszta magtól. Meleg környezetben pár hónap alatt, mint pl. a silóban történő tárolásnál, egyetlen bogártól kb. 850000 bogárutód származik, óriási károkat okozva. A sörárpa további feldolgozásra alkalmatlanná válik.

- **Fajtatisztaság:** az eltérő vidékekről származó, más-más fajtájú árpák összekeverése kedvezőtlen hatású a technológiai folyamatokra, mert különféleképpen viselkednek.
- **Héj szerkezete:** lehetőleg vékony héjú legyen. Finom, keresztirányú rovátkoltság, nagy extrakttartalomra és alacsony fehérje és víztartalomra utal.

Ahhoz, hogy a sörárpát a malátagyártásban és a sörgyártásban fel lehessen használni, számos minőségi követelménynek kell megfelelnie. Megközelítőleg 10-15 fizikai és kémiai paraméter van, amely jellemző az árpára, a malátára, illetve a sörlére. Jelenleg nincs pontos meghatározás a maláta söripari minőségét illetően, melynek legfőbb oka, hogy különféle tulajdonságú, különféle technológiai eljárásokkal készülő söröket állítanak elő szerte a világon. Újabban őszi sörárpa genotípusokat is alkalmaznak alapanyagként.

A leginkább elfogadott paraméterek, amelyek az árpa söripari tulajdonságát meghatározzák: az extrakttartalom, a szemnagyság, szemtömeg,  $\beta$ -glükán tartalom, fehérjetartalom, malátaveszteség, friabilitás,  $\alpha$ -amiláz aktivitás, viszkozitás és oldható nitrogén tartalom.

### *1.2.2. Sörárpa mechanikai vizsgálatai*

- **Hektolitertömeg:** 1 hl árpának kg-ban kifejezett tömege. Térfogattömeg meghatározó mérlegen mérik meg. A hl tömeg szélső értékei: 63-75 kg/hl. Sok tényezőtől függ, pl. a szemek alakjától, tömegétől, nedvességtartalmától, tisztaságától.
- **Ezerszemtömeg:** ezer árpaszem tömege grammban kifejezve. Függ az árpa szemcse nagyságától, extrakt tartalmától.
- **Osztályozottság:** minél nagyobb, teltebb az árpaszem, annál nagyobb a keményítőtartalma és extrakt tartalma. Az osztályozottság mértékét laboratóriumi szitasorozattal meghatározzák, 100 g-ot lemérnek és az egyes szitákon fennmaradó lemerített mennyiséget %-ban adják meg.

Négy osztályt különböztetnek meg:

I. osztályú az árpa, ha 2,8mm-nél nagyobb,

II. osztályú az árpa, ha 2,8mm-nél kisebb, de 2,5mm-nél nagyobb,

III. osztályú az árpa, ha 2,5mm-nél kisebb, de 2,2mm-nél nagyobb,

IV. osztályú az árpa, ha 2,2mm-nél kisebb az árpaszem (rostaaljnak is nevezik).

A 2,5mm-nél nagyobb méretű árpaszemeket teljes értékű árpának nevezik, onnan kapta a nevét, hogy a belső tápszövet aránya nagy, így a legértékesebb a sörgyártás szempontjából. A jó sörárpa legalább 75-80% teljes értékű árpát tartalmaz. A III. osztályú árpa még felhasználható malátázásra. A IV. osztályú árpában már annyira kevés a belső tápszövet, hogy sörgyártásra alkalmatlan, söripari melléktermék, állati takarmányozásra lehet felhasználni. A szemek egyenletességétől nagymértékben függ a



malátázás minősége. Egyenetlen (rosszul osztályozott) szemnagyságú árpák áztatásakor egyenetlenül veszi fel a vizet és egyenetlenül csírázik, a maláta minősége nem lesz megfelelő.

A mag mérete a fajtától és az időjárástól függően változhat. A 2.2 mm-nél kisebb szemeket azért is kell eltávolítani, mert a roppantásnál gondot okoznának. Ha túl finom a roppantás, magasabb lesz az extrakt és elakadhat a szűrés. Ha durvább a roppantás alacsonyabb az extrakt és túl sok cukor marad a malátaágyban.

- **Roppanthatóság:** azt mutatja, milyen könnyen roppantható a maláta. Minél magasabb az értéke, annál kisebb energia kell a roppantáshoz. Európa egy részéről származó maláta gyenge roppanthatóságú, 80% körüli. Ideális esetben a friabilitás 90% feletti. Ez a jó malátázási gyakorlat eredménye. Változása esetén a roppantót állítani kell.
- **Friabilitás:** a friabilitás mértéke a maláta porhanyósságára, lisztességére és ezáltal a sejtek oldékonyságára ill. a maláta feldolgozhatóságára utal. Ehhez a vizsgálathoz a malátát egy gumihenger segítségével egy forgó dobrostához préselik meghatározott ideig. A friabiliméter a dobosta által szétmorzsolts maláta arányát adja meg. Minél magasabb ez az érték, annál jobb az oldhatóság.
- **Csírázási energia:** Az árpa csírázókéességét genetikai és környezeti tényezők egyaránt befolyásolják. Csírázási körülmények között, a csírázni képes szemek aránya százalékban kifejezve. Az árpa közvetlenül aratás után rosszul csírázik (hiába életképes a csíra), nincs megfelelő csírázási energiája. A vizsgálati eredmény alapján határozzák meg az árpa utóérésének időtartamát. 100 db árpaszemet csíráztatnak és 3 nap elteltével megszámlálják, hogy hány árpaszem kezdett csírázni.  
A csírázási energia meghatározása a következő képlet alapján történik:  
$$CSE = 100 - n_3$$
ahol:  
$$CSE = \text{csírázási energia (\%)}$$
$$n_3 = \text{a 3 nap alatt ki nem csírázott, vagy elhalt szemek száma}$$
A csírázási energia értékét %-ban adják meg.  
A gazdaságos maláta-előállítás érdekében a csírázókéességnek minimum 95%-nak kell lennie, egyébként a malátázás végeredménye nem értékelhető
- **Csírázókéesség:** a sörárpa egyik legfontosabb tulajdonsága. Csak abból az árpaszemből lesz maláta, amelyiknek életképes a csírája, mert a csíranövekedéssel egyidejűleg megy végbe az enzimeképződés. A megfelelő enzimeképződés a malátagyártás elengedhetetlen követelménye. A csírázókéesség az élő szemek százalékos aránya. Meghatározása: 100 db árpaszemet csíráztatnak és 5 nap múlva megszámlálják, hogy hány szem csírázott ki. Ez a módszer időigényes, ezért alkalmazzák a gyors módszert. A legelterjedtebb a kémiai festési eljárás. Ennek a módszernek az a lényege, hogy az árpaszemeket kettévágják, a csírázóképes szemek csíráját elszínezi a kémiai reagens (2-3-5-Trifenil-tetrazólium-klorid), az életképtelen csírák színe nem változik meg. A reakció után megszámlálják az elszíneződött szemeket és százalékosan adják meg a csírázóképes szemek arányát. Az árpa akkor vehető át, ha ez az érték minimum 90%. Ezt a módszert akkor alkalmazzák, ha gyorsan kell dönteni az árpa átvételéről.

- **Vízérzékenység** vizsgálata: ennek a vizsgálatnak az eredménye alapján határozzák meg az árpa áztatási technológiáját. 100 db árpaszemhez 4 ml, illetve 8 ml vizet adnak, csíráztatják, és megszámlálják, hogy hány db árpaszem csírázott ki.
- **Vízfelvevő képesség:** szintén az árpa áztatási technológiájának meghatározásához szükséges ez a vizsgálat. Az árpa vízfelvevő képessége és az enzimaktivitása között szoros összefüggés van, minél gyorsabban veszi fel a vizet, annál értékesebb az árpa sörgyártás szempontjából. A vizsgálatot gyors módszerrel végzik: az árpát néhány órán át kb. 60 °C-os vízben áztatják, majd 1 percre forralják. Ezt követően a szemeket kettévágják és megvizsgálják, hogy a víz milyen mértékben hatolt be az árpaszem belsejébe.

### 1.2.3. Sörárpa kémiai vizsgálatai

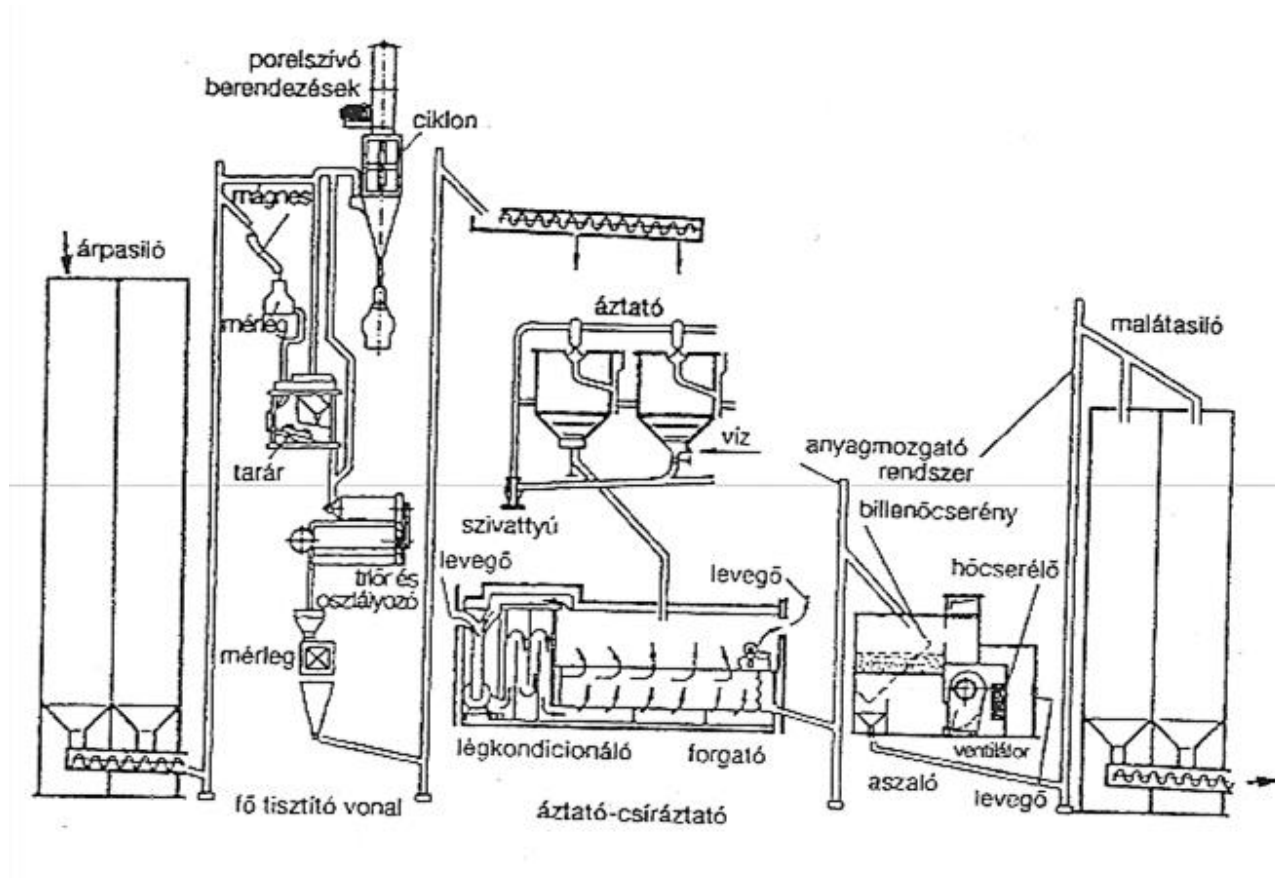
- **Nedvességtartalom** meghatározása: az árpa nedvességtartalmától függ az árpa tárolhatósága. Magas nedvességtartalom mellett -14,5% felett- nem lehet romlás nélkül tárolni és a légzési veszteség is nagymértékű lesz. A legelterjedtebb a konduktometriás gyors módszer alkalmazása. Ennél pontosabb meghatározási mód a tömegállandóságig történő szárítás (két visszamérés között nem mutatkozik tömegváltozás), majd a tömegvesztésből a nedvességtartalom számítása.
- **Fehérjetartalom** meghatározása: a magas - 11,5% fölötti -fehérjetartalom hatására, az alacsonyabb keményítőtartalom a végtermékben kevesebb alkoholt eredményez, viszont a 9,5% alatti fehérjetartalom hatására, az élesztőknek nem áll elegendő mennyiségű nitrogénforrás a rendelkezésükre. 12,5 % feletti fehérjetartalmú árpából készült maláta felhasználásánál technológiai problémák adódhatnak, pl. szűrési nehézségek, sör stabilitási problémák. A fehérjetartalom ezen kívül meghatározza a csírázás mértékét is, amely komoly problémákat okozhat abban az esetben, ha egyszerre több fajtát malátáznak, még akkor is, ha ezek átlag fehérjetartalma elfogadható. Manapság elterjedt a gyors módszerrel történő fehérjetartalom meghatározás. Infravörös tartományban mérő berendezést használnak. Minta előkészítés nem szükséges, az árpát a mintatároló edénybe behelyezik, a műszer rövid idő alatt elvégzi az elemzést és kinyomtatja az eredményt. A klasszikus Kjeldahl-módszerrel nagy pontossággal határozható meg a fehérjetartalom. Ennek a módszernek az a hátrány, hogy időigényes.
- **Extrakttartalom** meghatározása: extrakt alatt a vízben oldható és a vízben oldhatóvá tehető anyagok összességét értjük. Extrakttartalom meghatározására a legelterjedtebb módszer a mikromalátázás, majd az így előállított malátából határozzák meg az extrakttartalmat. A vizsgálatot szabvány szerint végzik.

## Az átvehető sörárpa jellemzői

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Sörárpa tisztasága           | Min. 96%      |
| Hektolitertömeg              | Min. 65 kg/hl |
| Teljesértékű árpa mennyisége | Min. 70%      |
| Csírázóképesség              | Min. 90%      |
| Nedvességtartalom            | Max. 14,5%    |
| Fehérjetartalom              | Max. 12,5%    |
| Érzékszervi minősítés        | megfelelő     |

Az átvétel részét képezi a beérkező nyersanyag tömegének ellenőrzése. Az egységes SI mértékegységrendszernek megfelelően a tömeg mértékegysége a kilogramm. Az anyagok átvételénél történő mérlegelés a beszállító és a vevő közötti elszámolás alapját képezi.

## Malátagyártás folyamatábrája



### 1.3. Az árpa mozgatása, szállítása

Az árpa mozgatására serleges felvonót alkalmaznak.



A serleges felvonókat a szemestermények (általában gabonafélék, olajosmagvak) függőleges irányú szállítására fejlesztették ki. A gép a legtöbb gabonaféleség szállítására alkalmas.

A gépben két forgódob között kifeszített, serlegekkel ellátott, végtelenített heveder mozog. Az ömlesztett gabona a felvonó garatjába kerül, innen a serlegek felfelé

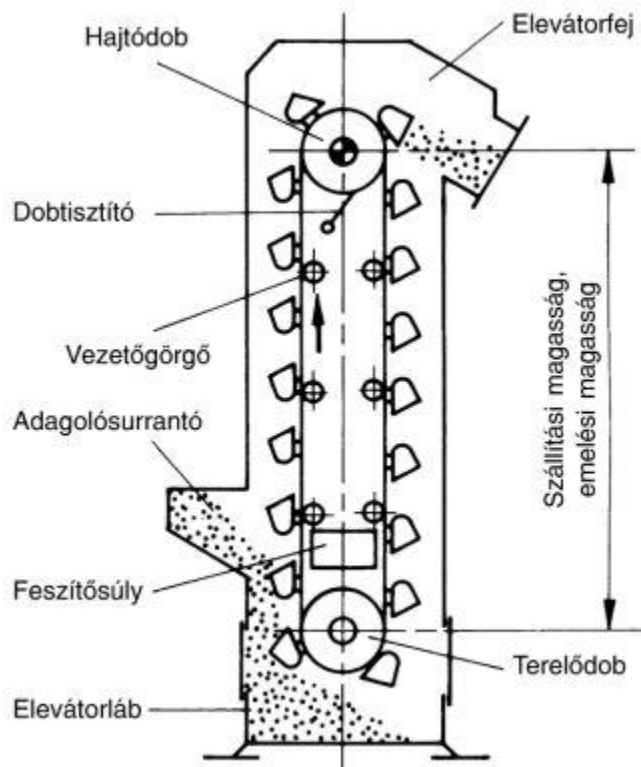
szállítják, majd a felsődobon átfordulva a serlegek kiürülnek. A serleges felvonók hosszirányban alapvetően három szerkezeti egységre oszthatók: felvonófej, köztestag (köztes ablakostag), felvonóláb.

A felvonófejben található a gumihevedert meghajtó dob, amit a kívül elhelyezett hajtómű működtet. A szállított anyag leadása is a felvonófejnél történik a kiömlőnyíláson keresztül.

A felvonó köztestagjainak egyik ágán történik az anyag függőleges irányú felfelé szállítása a végtelenített gumihevederre rögzített serlegekkel, míg a köztes tagok másik ágán az üres serlegek lefelé mozognak.

A felvonólábban történik a szállított anyag felszedése a serlegkanalakkal. A felvonóláb oldalán elhelyezett beömlőnyíláson keresztül történik a szállított anyag bejuttatása a serleges felvonó belsejébe.

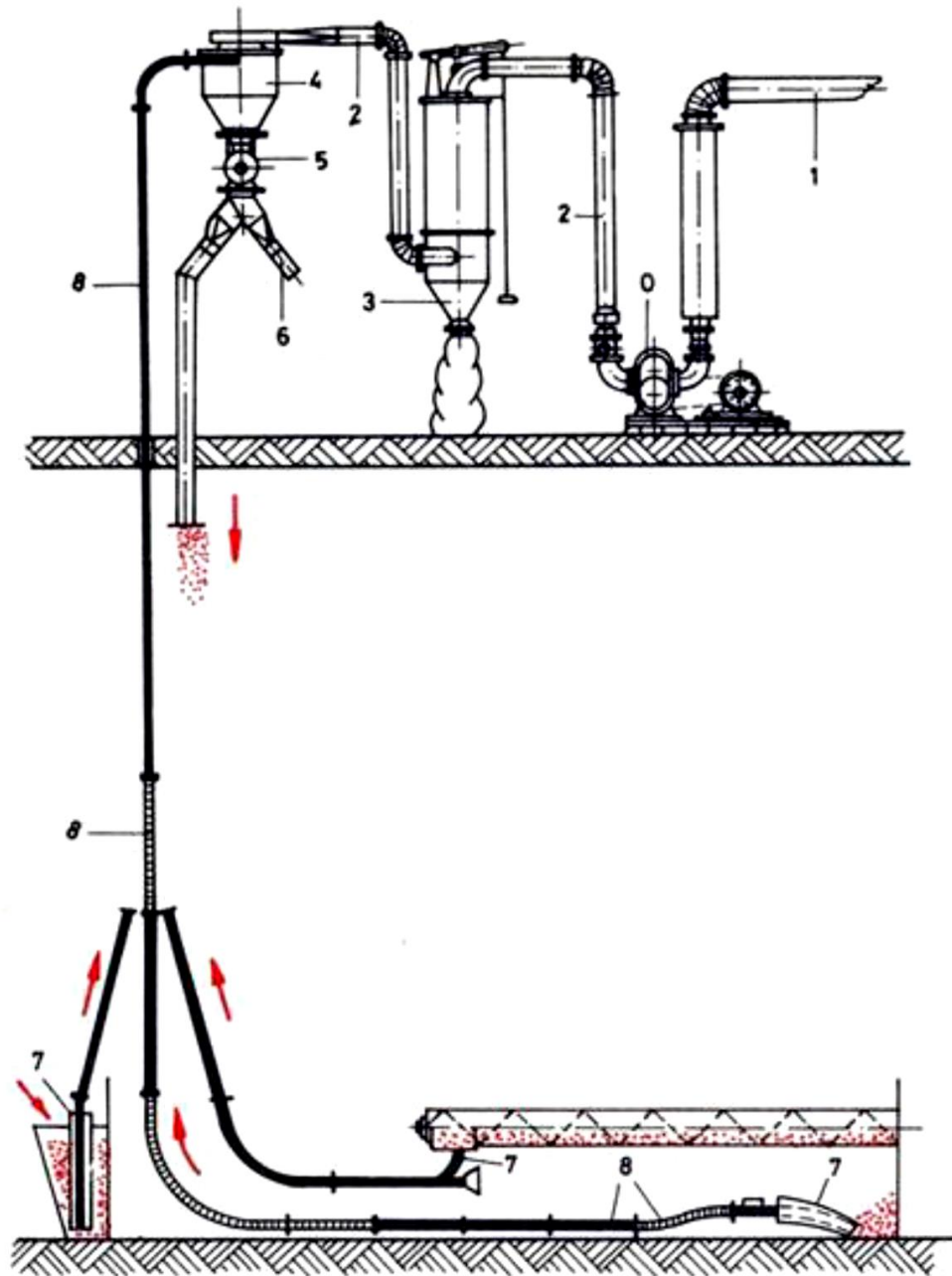
A serleges felvonók statikailag önhordó kialakításúak, de magasságuk miatt állványzattal, illetve kikötéssel merevítésre kerülnek. A felvonófej megközelítését – tisztítás, karbantartás, javítás céljából – létra és pódium biztosítja.



A szállítás történhet pneumatikus rendszerű szállítók segítségével.

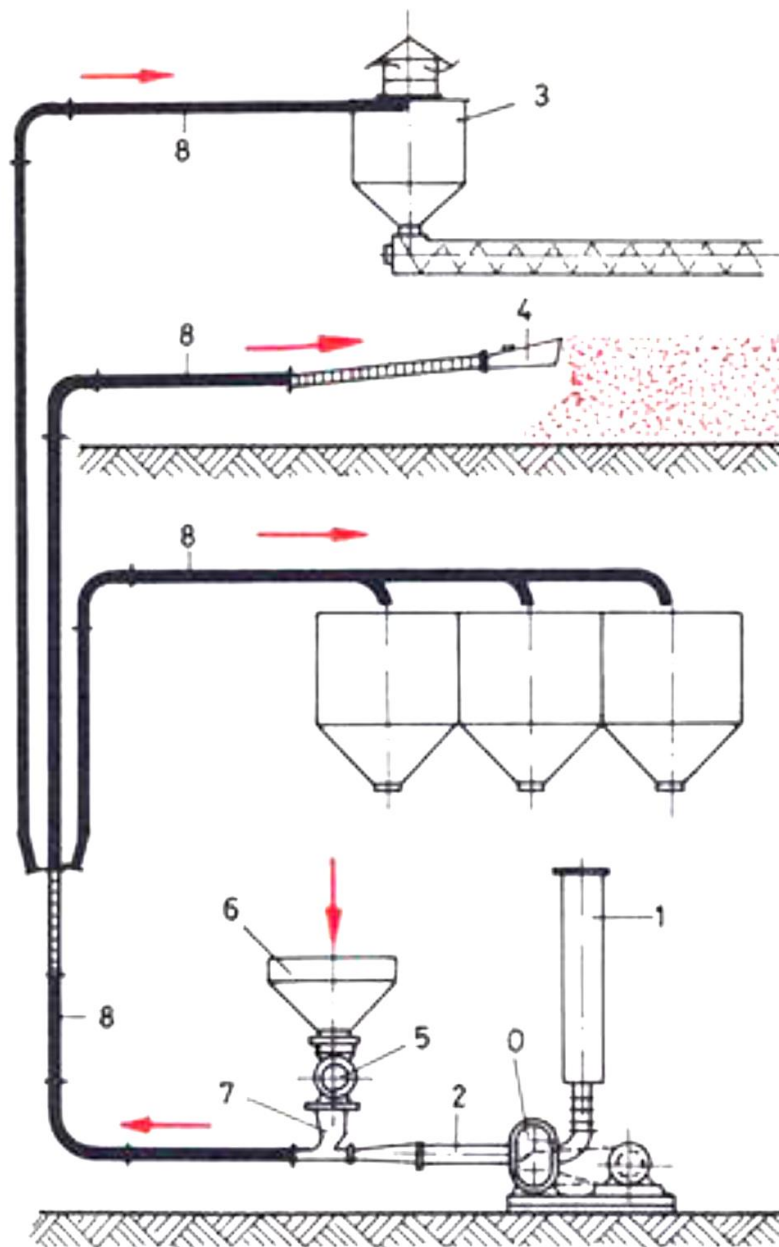
Anyagszállítás: légáramban való szállítás alkalmazását, különleges adottságai indokolják. Szívóüzemű (többhelyről egyhelyre) és nyomóüzemű (egyhelyről többhelyre).

## Szívóüzemű



- 0. légáram-létesítő tartozékaival
- 1. légáram kivezetés
- 2. szívóüzemű légáramvezetés
- 3. levegőszűrő
- 4. anyagleválasztó ciklon
- 5. anyagkiadó (cellás)
- 6. anyagáram-vezetés
- 7. anyagbevezető készülékek
- 8. szállítóvezetékek

## Nyomóüzemű



- 0. légáram-létesítő tartozékaival
- 1. légbeszívó
- 2. nyomóvezeték
- 3. leválasztó ciklon
- 4. leválasztó tölcser
- 5. cellás adagoló
- 6. anyagtároló
- 7. közbetét
- 8. nyomóvezeték

A pneumatikus szállítás

Előnyei:

- meglevő üzem teljesítőképességét növeli
- szállítócsövek plafonon vezetve kis helyigényűek
- szívóüzem: portalanítás és szállítás egyszerre

Hátrányai:

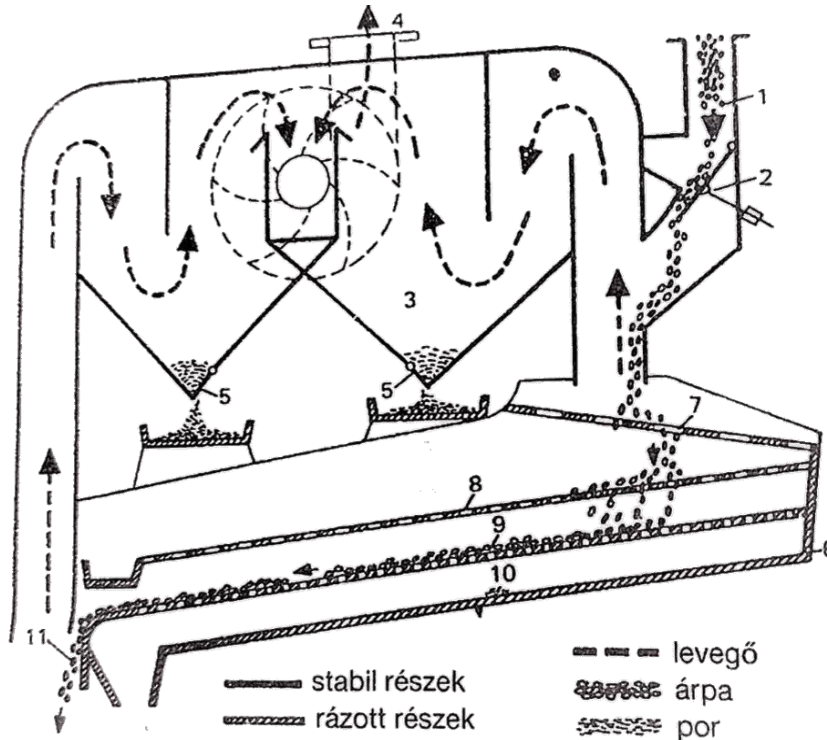
- kopás, csövek alsó része jobban kopik, felcserélhetően célszerű építeni; ívek, könyökök jobb minőségű anyagból, vagy cserélhető módon kerüljenek beépítésre
- kerülni az éles irányváltásokat, csövek hajlítását

#### ***1.4. Árpa tisztítása***

A tisztítás az árpa átvétele után azonnal megtörténik. A ***művelet célja*** eltávolítani a nyersárpából a port, a tört vagy sérült szemeket és az idegen anyagokat pl. gyommagvak, kő, fémdarabok, zsineg, stb.

A vasszennyeződések eltávolítását állandó- vagy elektromágnes segítségével hajtják végre, melyet az árpa útjába helyeznek el. A tisztítást több lépésben végzik, először az árpa előtisztítása történik, mely során az árpa, a rázó mozgásban tartott előrostára kerül. Az előrosta perforációján az árpánál nagyobb szennyeződések, idegen anyagok fennmaradnak, míg az árpa a szemrostára hullik át. A szemrosta az árpaszem nagyságánál kisebb szennyeződésekkel választja ki. Ezután következik a főtisztítás. A főtisztító berendezés minden egységének egy bizonyos szennyeződés elválasztása és eltávolítása a célja. Először mágnessel a még visszamaradt vasrészeket távolítják el, majd toklásztalanítják (légárammal) az árpát. Végül a tisztítótárar és a triór következik, melyek az összes idegen anyagot eltávolítják az árpából.

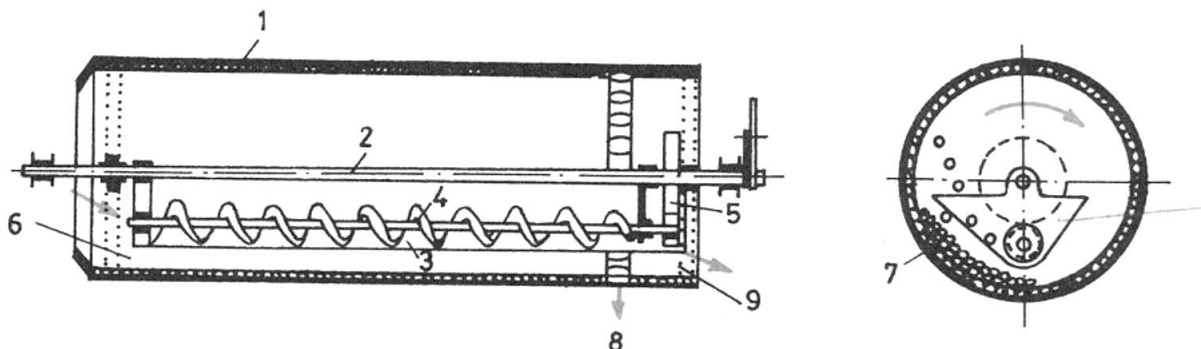
A tarár eltávolítja a durva szennyeződések, valamint az egészen vékony árpaszemeket (szélárpa) és az árpapor nagy részét. A tarár rostái könnyen cserélhetők, a rostákat 15-20 °-ban építik be, kisebb lejtés is kivitelezhető, aminek következtében a tisztítás lassabb, de tökéletesebb lesz.



1. árpa bevezetése, 2. adagolóberendezés, 3. porkamra, 4. pormentesítő szívócsonkja,
5. ujjas csapószelepek, 6. excenter meghajtású rostaegység, 7. rövid rögrosta,
8. hosszú szemrosta, 9. hosszú porrosta, 10. levezetőlemez, 11. kifolyónyílás

A gömbölyű alakú idegen magvakat és a tört szemeket triörözéssel távolítják el. Az egyik lehetséges módja a tárcsás triőr, mely leginkább árpával félig megtöltött teknőre hasonlít. A teknőben tengelyre szerelt, sejtekkel ellátott tárcsák forognak. A sejtek, a szennyezettség mértékének megfelelően állítható zsebeknek tekinthetők, melyek forgás közben magukkal viszik a gömbölyű gyommagvakat, törtszemeket, melyek bizonyos magasságba érve a tárcsák között elhelyezett csatornába hullanak.

#### Tárcsás triőr



1. triörköpeny, 2. tengely, 3. vályú, 4. csiga, 5. csigahajtás, 6. anyag bevezetése
7. anyaghalmoz, 8. árpakivezetés, 9. idegen anyag kivezetés



Az árpa tisztításakor nagy mennyiségű por keletkezik, amit higiéniai, környezetvédelmi okok miatt és a berendezések erőteljes kopásának megelőzése érdekében porszűrők, vagy ciklonok segítségével le kell választani. A por kiválasztására tömlős szűrőket, vagy ciklonokat használnak. A berendezések feladata az összes légárammal mozgatható anyag összegyűjtése.

### **1.5. Árpa osztályozása**

Az **osztályozás célja** a különböző nagyságú szemek szétválasztása, ami biztosítja a sörmalátá egyöntetűségét. Azonos szemnagyság esetében az árpaszemben zajló biokémiai folyamatok a malátázás folyamán azonos mértékben és ütemben fognak lejátszódni.

A sörárpát négy frakcióra választják szét, az első három osztályt sörmalátának, a negyediket takarmányozásra használják fel. Az osztályozás 2,8 mm, 2,5 mm és 2,2 mm lyukátmérőjű rostákon történik. A 2,8 mm rostán fennmaradó frakció I. osztályú, a 2,2 mm rostán áteső rész IV. osztályú, ami a hulladék vagy rostaalja árpa.

Az osztályozást síkszita, osztályozó henger, vagy rostaszekrény segítségével végzik. Közös jellemzőjük, hogy mindegyik berendezésben rostrendszer helyezkedik el és valamilyen forgó vagy rázómozgást végeznek.

Rostalemezek



Az osztályozás befolyásoló tényezői: a felületre vezetett árpa áthaladási sebessége, a rosta lejtése (6-8% között legyen), a felületre egyszerre ráengedett árpa mennyisége, a résnyílások tisztasága.

### **1.6. Árpa tárolása, utóérlelés**

Az érett árpa körültekintő, helyesen kivitelezett tárolása, kezelése, levegőztetése és forgatása nagyon fontos feladat, mert a rosszul tárolt árpa (pl. 14% nedvességtartalom felett befülledhet, dohosodik) sok gondot okozhat malátázásakor.

Közvetlenül az aratás után az árpa nem csírázik egyenletesen, melynek oka lehet, hogy a héj még nem enged át elegendő mennyiségű oxigént, ami a csírázás alapfeltétele. A csírázókéesség eléréséhez 6-8 hetes tárolásra, utóérlelésre van szükség.

Az érés végén csökken a víztartalom –abszicinsav szintetizálódik –ez gátolja az enzimszintézist megindító giberellinek képződését.

- Az indolinecetsav kisebb koncentrációban a levélcsíra, nagyobb mennyiségben a teljes csíranövekedést gátolja.

- Az utóérés során ezek az inhibitorok lebomlanak, az árpa víztartalma csökken és a mag belsejében lévő vázanyagok bomlásnak indulnak. A vázanyagok oldódása után kis üregek keletkeznek a szem belsejében, amelyek a mag vízfelvevő képességét növelik.
- A csírányugalmi állapot, fizikai (a maghéj átlukasztásával vagy eltávolításával) és kémiai (kén-hidrogénes, hidrogén-peroxidos vagy egyéb redukálószerekben történő áztatással) eljárásokkal rövidíthető.

Az árpa, élő szervezet, ezért raktározás során is lélegzik és enzimaktivitást mutat, ez mindaddig fennáll, amíg kellő mennyiségű levegő biztosított számára. Levegő hiányában, káros erjedési folyamatok indulnak meg az árpaszemben. A légzés intenzitását a tárolás hőmérséklete és az árpa nedvességtartalma befolyásolja. Minél nedvesebb az árpa, annál intenzívebben lélegzik, a légzés hőt termel, ami a káros mikroorganizmusok elszaporodásának kedvez. Ezzel együtt jár a dohosodás, a fülledt szag és a csírázóképeség csökkenése. A légzés alacsony hőmérsékleten és kis nedvességtartalom mellett minimális, ezért a nedves évjáratú árpát szárítani és raktározáskor hűteni szükséges. A tárolást a betakarítástól a malátázásig alacsony hőmérsékleten (optimálisan 10°C) és száraz körülmények (13-14% nedvességtartalom) között kell végezni azért, hogy az árpa nedvességtartalma 12,0 – 12,5% között maradjon.

Gabonasiló

Az árpa tárolására silókat alkalmaznak, melyek leggyakrabban magas toronyszerű kialakításúak. Alsó részük kúpos, ezen keresztül ürítik le a bennük lévő gabonát. A levegőztetés egyik silóból a másikba áthúzatással valósítható meg.



Az árpa minőségét a helytelen tárolási körülmények mellett, a raktári kártevők is veszélyeztetik. Árpa tárolása szempontjából raktári kártevők közé sorolhatjuk a rágcsálókat (egér, patkány, stb.), a madarakat és egyes bogarakat, mint a gabonasziszik. Gyakori kártevő lehet még a gabonamoly, nagy lisztbogár, kis kenyérbogár, fogasnyakú gabonabogár, vörösbarna lapos-gabonabogár stb.

A raktári kártevők elleni védekezésben fontos a megelőzés (higiénikus körülmények, körültekintő átvétel, helyes tárolás), emellett ún. gázosítás alkalmazható, ami igen veszélyes eljárás, ezért kizárólag szakember (engedéllyel rendelkező gázmester) végezheti! Nagyon szigorú egészségügyi előírásokat, óvintézkedéseket igényel (védőtávolság, elkerítés, lezárás, feliratozás, stb.). Gázképző vegyületet juttatnak szilárd állapotban a gabonába, melyekből a levegő páratartalmával érintkezve foszfor-hidrogén gáz szabadul fel, más néven foszfít, amely nagyon erős sejt- és enzimmérge. Omnicid szer, azaz nincs olyan élőlény, amely immunis lenne rá (nem éli túl semmilyen élő szervezet).

## 1.7. Árpa áztatása

Az **áztatás célja**, az árpaszem csíráztatásához szükséges vízmennyiség biztosítása. Az árpában lévő 12-14% nedvességtartalomnak köszönhetően a szem lélegzik, de nyugvó állapotban van. Áztatás során víz felvételekor új életfolyamatok indulnak meg benne, életműködése gyorsul, enzimeji aktiválódnak. A víztartalom növekedése minden egészséges szemben csírázási folyamatot indít el. Az enzimes átalakulások segítségével fejlődésnek indul az embrió.

Az áztatás további előnyökkel is jár, a szemhez tapadó szennyeződések leoldja, a héjban lévő cser- és keserűanyagokat kioldja, így azok nem rontják a belőle készülő sör ízét, ugyanis az áztatóvíz cseréjével távoznak. Ez a folyamat annál erőteljesebb, minél durvább héjú az áztatott árpa és minél magasabb az áztatóvíz hőmérséklete.

Az áztatóvíz a szembe nem hatol be egyenletesen, ezért az áztatás kezdetén a szem egyes részein eltérő a nedvességtartalom, mely lassan kiegyenlítődik.

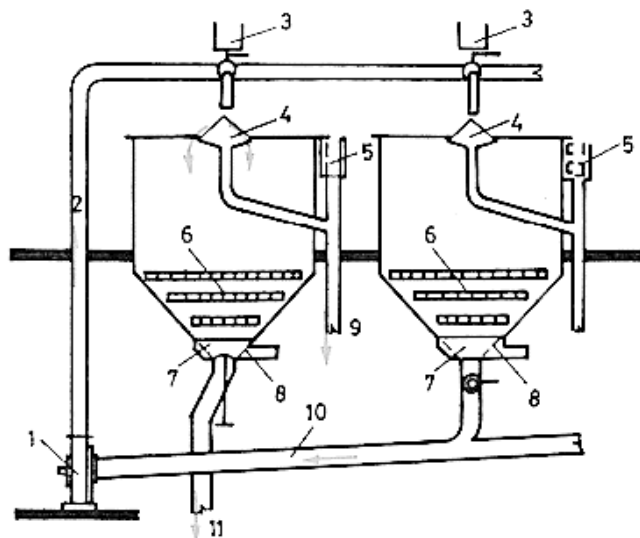
A vízfelvétel sebessége az első 4-8 órában a legintenzívebb, majd fokozatosan lelassul.

Az áztatást akkor kell megszakítani, amikor az árpa a malátajellegnek – világos maláta 44%, sötét maláta 45-46% – megfelelő vízmennyiséget felvette. Nagyon fontos tényező az áztatóvíz hőmérséklete, mert jelentősen befolyásolja az áztatás idejét, a 12 – 18 °C a legkedvezőbb.

Az osztályozás szerepe áztatás során is meghatározó, hiszen az azonos nagyságú szemek vízfelvétele lehet csak egyenletes. A vízfelvétel sebessége továbbá függ az árpa fajtájától (héjvastagság, kémiai összetétel, a szem formája stb.) A magasabb fehérjetartalom a vízfelvételt akadályozza, ezért hosszabb áztatást igényel.

Az áztatást kádakban végzik, amelyek alja kúpos kiképzésű, az áztatóvíz leengedésekor egy szűrőlemez tartja fent az árpát. Az árasztásos árpaáztatás lényege, hogy néhány órás áztatás után, a vizet leeresztik és csak időnként árasztják el rövid időre vízzel az árpát. Az áztatás rendszerint az árpa beáztatásával kezdődik, mely során az előre bekészített áztatóvízbe szóróharangon keresztül fátolszerűen eresztik az árpát. Így a malátának való szemek lesüllyednek, a léha szemek – úszóárpa – a víz felszínén úsznak, melyet leválasztanak. Beáztatás után a szennyeződött vizet kb. 2 óra elteltével tisztára cserélik és gondoskodnak a levegőztetésről is. A kiáztatott árpa nedvességtartalma 45%.

Hagyományos áztatókádak



1. szivattyú, 2. a víz útja az áztatókádakhoz, 3. beáztató siló alja, 4. szennyvízelvezető és az árpa egyenletes elosztója, 5. úszó árpa felfogása a szűrőn, 6. levegőztetőcsövek, 7. kiáztató szelep, 8. szitafenék, 9. elfolyás a csatornába, 10. szivattyúösszekötő vezeték, 11. kiáztató

### 1.8. Csíráztatás

A **csíráztatás célja** az árpaszemben lévő inaktív enzimek aktiválása, az enzimek képzése (legfontosabb az alfa- és béta-amiláz) és a belső tápszövet – magfehér – vízben oldhatóvá tétele. Minden olyan módszer, amely csökkenti a csírafejlődést, anélkül, hogy lassítaná vagy megállítaná a magfehérben a bontási folyamatot, előnyös a malátagyári kihasználás szempontjából.

Elkerülhetetlen folyamata a gyökér- és levélsíra kifejlődése, melyhez az energiát a mag belső tápszöveiben felhalmozódott tartalék tápanyagok szolgáltatják.

A learatott érett árpa még nem csírázóképes, fiziológiailag még éretlen. Fajtától és éghajlattól függően a pihentetési idő „csírányugalmi állapot” 6-8 hétig is eltarthat. A csíraérettségig az árpaszem belsejében változások, átalakulások zajlanak, ez az utóérés folyamata. A csíráztatást, nem lehet minden alkalommal azonosan, sablonosan végezni - ahogy az áztatást sem. Csírázáskor változtatható tényező a hőmérséklet, az időtartam és a levegőztetés mértéke.

A csírázásnak indult árpát **zöldmalátának** nevezik. A csírázást befolyásoló tényezők a hőmérséklet, a nedvességtartalom, az idő és az oxigén jelenléte.

A legkedvezőbb hőmérséklet 14 – 16 °C, ebben a tartományban a legegyszerűsebb a csírázás és az enzimikus folyamatok is kedvezőek. A világos, pilseni malátát hideg rakásvezetéssel csíráztatják (10 – 15 °C), a növekedés lassú, az enzimműködés egyenletes, ahogy az árpaszem légzése is. Ezzel a módszerrel tökéletes maláta állítható elő.

Ha a hőmérsékletemelkedés túl gyorsan következik be, akkor a növekvő enzimhatás elnyomja az enzimképződést, aminek következtében a maláta enzimszegénnyé válik.

#### Kicsírázott árpa



A csíráztatáshoz a zöldmalátában lévő kb. 40 – 45% víztartalmat, a csírázás befejezéséig meg kell tartani. Fontos tényező a csírázó árpa levegőztetése, különösen a csíráztatás kezdetén, ilyenkor a lehető legtöbb oxigénre van szüksége, ahhoz, hogy az enzimképződés beinduljon. A 4. - 5. naptól az enzimek működése már nem függ az oxigén ellátottságtól. A csíráztatás utolsó szakaszában képződő szén-dioxid a csíra életfolyamatait csökkenti, a szem belsejében lévő oldódási folyamatokat segíti (4-8 %-nál nem több szén-dioxid). A csírázási idő általában 5 – 7 napig tart.

A zöldmalátában csírázáskor végbemenő biokémiai változások összességét, **maláta oldásának** nevezik, mely enzimek hatására megy végbe.

Az eredetileg rugalmas endosperm, elveszíti rugalmasságát, képlékennyé válik, a hemicelluláz oldja a sejtfalakat, a sejtek belsejében lévő keményítő kenhetővé válik, ez a folyamat az oldódás. A mag belsejében lezajlott átalakulások és a mag enzimtartalma határozzák meg a maláta minőségét.

Az árpaszemben lévő enzimek egy része a szem kifejlődése során keletkezik, melyek nagy része vízben oldhatatlan. Az áztatás folyamán kezdődik el, de jobbra a csírázás folyamán válnak oldhatóvá. A csírázás folyamatát a hemicellulázok (sejtfalakat bontják), a proteolitikus enzimek (fehérjebontó-, építő), az amilázok (keményítóbontó) és a foszfatáz (savképző) enzimek irányítják. A zöldmalátában lévő foszfatázok a szerves foszfátokból szervetlen foszfátot szabadítanak fel, aminek a későbbiekben az élesztő táplálásában és a kész sör pH-jának rögzítésében lesz lényeges szerepe.

#### *1.8.1. Malátában található enzimek*

##### Hemicellulázok

###### $\beta$ -glükánázok:

- endo- $\beta$ -glükánáz, exo- $\beta$ -glükánáz,  $\beta$ -oligoszacharáz, diszacharáz

###### Pentozanázok:

- endoxilanáz, exoxilanáz, xilooligoszacharáz, arabinozidáz

##### Proteolitikus enzimek

- endopeptidázok
- exopeptidázok (karboxi-és aminopeptidázok)

##### Keményítóbontó enzimek:

- $\alpha$ -amiláz;  $\alpha$ -1,4-kötéseket bontja, endoenzim, dextrint képez
- $\beta$ -amiláz;  $\alpha$ -1,4-kötéseket bontja, exoenzim, maltózt képez
- $\alpha$ -glükózidáz;  $\alpha$ -1,4-kötéseket bontja, glükózt hasít le
- pullulanáz vagy izo-amiláz;  $\alpha$ -1,6-kötéseket bontja

##### Egyéb enzimek:

- lipázok, lipoxigenázok
- foszfatázok (fitáz)
- polifenol-oxidázok
- katalázok
- peroxidázok

Ha az árpa nem kap elegendő mennyiségű levegőt a csíráztatásakor, akkor a hiányzó oxigént fehérjéinek bontásából pótolja, így a csíráztatás üteme lelassul. A túlzott levegőztetés hatására viszont fokozódik a légzési veszteség. A levegőztetést a csíráztatás második felében csökkentik, kb. az 5. naptól. A gazdaságos malátázás céljából a légzést az elkerülhetetlenül szükséges mértékre érdemes csökkenteni.

A megfelelő csírázási feltételek mellett, a gyökér- és levélcsíra hossza és az oldás mértéke összefüggésben van egymással. A hőmérséklet emelkedése jelentős mértékben hat a gyökércsíra fejlődésére, viszont a magfehér oldásának elősegítésére kevésbé hat. A levegő szén-dioxid tartalma a bontóenzimek működését nem gátolja, viszont a gyökércsíra fejlődését visszatartja.



A malátagyári csíráztatás célja tehát az enzimeképzésen kívül az árpa fehérjéinek bizonyos mértékű bontása, a keményítőszemcséket körülzáró sejtfalak megvékonyítása.

A maláta oldottságának vizsgálatára szolgáló kémiai módszer a fehérjebontás meghatározása, a Kolbach-szám megállapítása. A Kolbach-szám a maláta oldható fehérjetartalmát jelenti az összfehérje tartalom százalékában kifejezve. A jó maláta Kolbach-száma 38-43% közötti. A magas Kolbach-számból (43% felett) arra lehet következtetni, hogy a maláta nagyon jól oldott.

A csíráztatás technológiája hagyományos munkaigényes szárúcsíráztatás, valamint korszerű gépi vagy pneumatikus csíráztatás lehet. Sok helyen alkalmazzák a pneumatikus elven működő Saladin-szekrényel történő csíráztatást.

A csíráztatás technológiáját minden esetben az árpa minősége, összetétele határozza meg. Az alábbi szempontokat kell figyelembe venni a csíráztatás vezetésénél:

- a csírázó rakás hőmérsékletének és levegőztetésének szabályozásával a csírázási veszteség minimalizálása
- a fehérjeoldódás tekintetében legkedvezőbb az alacsony hőmérsékleten vezetett csíráztatás
- maláta fajtánként eltérő az oldódás mértéke.

A hagyományos szárúcsíráztatás egyszerű, a munkák nagy részét kézi erővel végzik, jól kézben tartható folyamat.

Kőbányai sziklapince, szárúcsíráztató

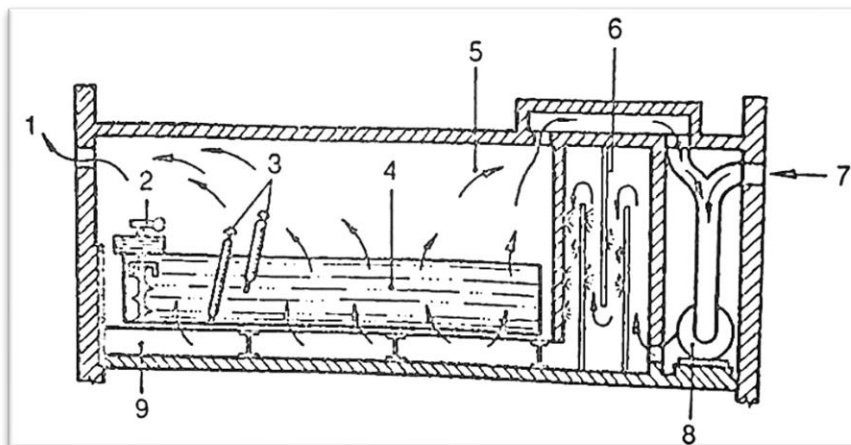


A pneumatikus csíráztatókban a kiáztatott árpát cserényeken (réselt lemezek) elterítik, majd megfelelő hőmérsékletű páradús levegőt fúvatnak keresztül a rakásokon, ezzel biztosítva a kívánt nedvességtartalmat, hőmérsékletet és az oxigént. A berendezés két egységből épül fel a levegőztető- és a csíráztató berendezésből. Az előbbiben helyezkedik el a levegőtisztító, a hőmérséklet-szabályozó és a nedvesítő berendezés. A beáramló levegőnek jelentős hatása van a csírázó rakásban végbemenő folyamatokra. A lehűtött levegő a rakásban felmelegszik és vizet vehet fel, amit a nedves rakásból von el. Így a rakás nedvességtartalma hűtés közben csökken. Minél nagyobb a hőmérséklet különbség a beáramló levegő és a rakás hőmérséklete között, annál nagyobb a zöldmaláta kiszáradásának veszélye. A víz hiánya továbbá megakadályozza a helyes oldódást, ami rosszul oldott, kemény malátát eredményez. Ezért a levegő hőmérsékletét mindig a rakás felmelegedésének mértékéhez és a csírázási folyamat előrehaladásához kell igazítani. A beáramló levegő és a rakás hőmérséklete között, 2-3°C-nál ne legyen nagyobb a különbség. A külső levegőt télen melegíteni, nyáron hűteni szükséges. A levegő páratartalmát nedvesítő berendezés segítségével állítják be.

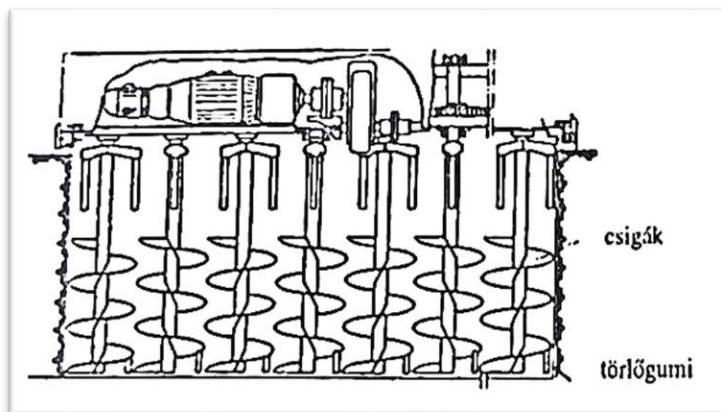
A csíráztatás vezetésének első lépéseként az áztatott árpát centrifugál szivattyú segítségével, az áztató vízzel együtt a csíráztató berendezésbe juttatják, majd száraz légáramlattal kb. 24 óra alatt megszikkasztják, miközben 2-3-szor megforgatják a zöldmalátát. A nedves rakás kedvező magassága 60 cm. A rakásvezetés folyamán szakaszos, vagy folytonos levegőztetést biztosítanak. A csíráztatók kiürítését pneumatikus szállító berendezéssel célszerű végezni, majd a zöldmaláta felhúzása után a berendezések tisztításával zárul a folyamat.

A Saladin csíráztató szekrényekben a csírázó rakás látható, így könnyen ellenőrizhető. Az egyenletes rakásvastagság miatt a szellőztetés a rakás minden pontján teljesen azonos. A szekrények téglalap alakú nyitott vasbeton szekrények, melyek padlózata felett kb. 60 cm magasságba széles, szétszedhető lyukacsolt lemezek vannak, melyen a zöldmaláta nyugszik csírázás közben. A zöldmalátát dugóhúzószzerű, függőleges tengelyű, ellenkező irányban forgó csigák forgatják. Forgás közben emelik, így lazítják, keverik a rétegeket. A csírázószekrény lyukacsainak eltömődését a csiga alsó végére szerelt törlőgumi akadályozza meg, ezzel biztosítva a zavartalan levegőztetést. A forgatást minimálisra korlátozzák, a zöldmaláta megkímélése miatt, különben letöredeznének a csírák. Az első csírázási napokon naponta kétszer, az utolsó két napon egyszer-egyszer forgatják. Forgatás közben a rakásokat nem szellőztetik. A csíráztatóban hűtött, nedvesített levegővel levegőztetnek, mely a cserénylemezeken át áramlik a zöldmalátába. A kellő mennyiségű levegő beáramlását nyomóventilátor biztosítja, ami egyenletes szellőztetést biztosít. Az átáramló levegő mennyiségét levegőretesszel szabályozzák. A rakást állandóan szellőztetik, a hőmérséklet lassan emelkedik, ami biztosítja a csírázó maláta egyenletes fejlődését.

## Saladin csíráztató



1. használt levegő,
2. forgató,
3. hőmérő,
4. zöldmaláta,
5. vizes levegő,
6. nedvesítőkamra,
7. friss levegő,
8. szivattyú,
9. alsó levegőcsatorna



A malátagyártás gazdaságossága szempontjából, nagy jelentősége van a csíráztatás idejének. Ennek gyorsítása, vagyis a csíráztatási idő lerövidíthető, gibberellinsav adagolásával. A gibberellinsav növényi hormon, mely az áztatás kezdetén a nedvességtartalom növekedésének hatására szabadul fel, a csírakezdeményben. A csírázó árpát gibberellinsavas



oldattal bepermetezve a csírázási idő 2-3 nappal is lerövidíthető, a magfehérben zajló átalakulási folyamatok gyorsabban játszódnak le, a maláta enzimdúsabb és jól oldott lesz.

### **1.9. Aszalás, csíráatlanítás, tárolás**

A **művelet célja**, a csíráztatási folyamatok leállítása, ezáltal a maláta összetételének rögzítése, a malátafajtára jellemző szín- és aromaanyagok kialakítása és a nagy víztartalmú, romlékony zöldmaláta eltarthatóvá tétele.

Az aszalás a malátagyártás egyik legfontosabb szakasza, mivel a maláta jellegét, aromáit ez a művelet alakítja ki, ami továbbá hatással van a sör színére, ízére is.

Az aszalás első szakaszában – fonnyasztás – a víztartalom 10% alattira csökken, a hőmérséklet 40 °C alatt van. A második szakaszban az aszalás hőmérséklete 85 – 105 °C, így a zöldmaláta víztartalma világos malátánál 3,5 – 4 %-ra, a barna malátánál 1,5 – 3%-ra csökken.

Aszalás során a malátaszemben végbemenő fizikai változások, a maláta víztartalmát, térfogatát és tömegét érintik. Víztartalmát úgy kell eltávolítani, hogy közben a malátaszem térfogata ne csökkenjen. A jól aszalt malátaszem térfogata megegyezik a beáztatott árpaszem térfogatával, tehát nem zsugorodik, így jól örölhető lesz a későbbiekben. Ez alacsony hőmérsékleten végbemenő, lassú vízelvonással érhető el.

A kémiai változások során az aszalás első szakaszában – fonnyasztás – a csíra még növekszik, a második szakaszban a csírafejlődés megszűnik, de a bontóenzimek még működnek, a harmadik szakaszban képződnek az íz- és színanyagok és a fehérjék koagulálása zajlik.

Az aszalás megállítja a további csírázást, direkt gyengítve a maláta enzimes erejét, ami ugyanakkor eltarthatóvá, tárolhatóvá teszi a malátát.

Az aszalás a malátagyártás egyik legfontosabb szakasza, mert a maláta jellegét az aszalás alakítja ki. Az aszalás vezetésén múlik a malátában lévő enzimek egymáshoz viszonyított aránya, amely a sör színét, ízét egyaránt befolyásolja.

Világos (pilseni) maláta aszalását úgy kell vezetni, hogy a malátában a vízveszteségen kívül más változás ne következzen be. A maláta nedvességtartalmát gyorsan, alacsony hőmérsékleten kell 8-10%-ra csökkenteni.

Sötét (müncheneri) maláta aszalásakor az a cél, hogy sok szín- és ízanyag keletkezzen, ezért már az aszalás első szakaszában lassítják a vízelvonást, hogy jelentős legyen a keményítő- és fehérjebontás (sok legyen a cukor és aminosav). Ez az alapja annak, hogy később magasabb hőmérsékleten sok melanoidin (Maillard reakció) képződhessen. Gondoskodni kell arról is, hogy a 100-105°C-ra melegített malátában maradjon annyi nedvességtartalom, hogy a melanoidin képződésének minden feltétele adott legyen. A magas hőmérséklet és a viszonylag nagy nedvességtartalom sok enzimet inaktívál. A béta-amiláz nagyobb hőérzékenysége miatt jobban inaktíválódik, mint az alfa-amiláz, emiatt a cefrézés folyamán viszonylag kevés cukor és sok dextrin keletkezik, ami a barna sörökre jellemző kis végerjedésfokot eredményezi.

Az enzimek hőérzékenysége különböző, a kész maláta enzimmállományában az egyes enzimek aránya az aszalás vezetésétől függ. Magas hőfokú aszalás az alfa-amiláznak, alacsony hőmérsékletű aszalás a béta-amiláznak kedvez.

A malátaaszaló berendezések jellegzetes toronyszerű építmények, melyekben a zöldmaláta szárítását és aszalását nagy mennyiségű levegő áramoltatásával végzik.



Toronymalátázó berendezésben zöldmaláta aszalása

A zöldmaláta cserényeken helyezkedik el, a különböző kialakítású berendezésekben ez lehet egy, kettő, három vagy többcserényes is. A cserények olyan kialakításúak, hogy a malátát megtartsák, de a levegő a lehető legkisebb ellenállással áramolhasson. A cserények feletti tér magassága a huzat

intenzitását befolyásolja, minél magasabb, annál nagyobb a huzat. Ez azért előnyös, mert a zöldmalátából a nagy páratömeg sokkal gyorsabban távozik el. Az aszaló működését elsősorban a levegő mozgásának sebessége, vagyis a huzat befolyásolja.

Fűtés szempontjából lehetnek közvetlen és közvetett (elterjedtebbek) fűtésű aszalók. Az aszalóról lekerülő forró malátát kb. 20 °C-ra le kell hűteni, hogy megakadályozzák az amiláz enzimek károsodását és az ízromlást. Ezután következik a csíráltatás, melyet haladéktalanul el kell végezni, mert a csíra csak ekkor távolítható el könnyen. Ha nedvességet szív fel és rugalmassá válik, a csíráltatás nem lesz tökéletes, ami ízromlást eredményezhet (keserű íz).

Klasszikusnak számítanak a síkaszalók, melyek lehetnek kétcserényes, háromcserényes vagy nagyteljesítményű egycserényes aszalók.

A kétcserényes aszalókban a cserények közvetlenül egymás felett helyezkednek el, a felsőn kezdődik az aszalás (fonnyasztás zajlik), az alsó cserényen történik maga az aszalás.

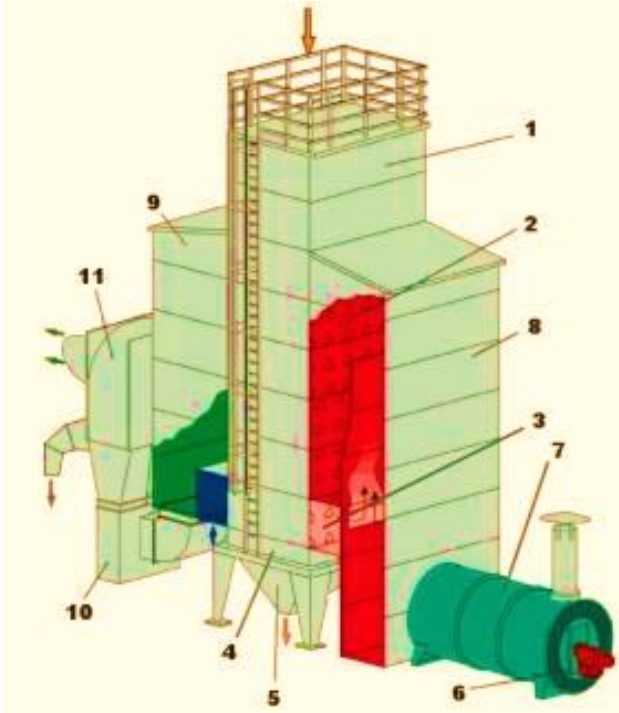
A háromcserényes aszalót elsősorban a világos malátánál alkalmazzák. A két felső cserényen előszárítás történik, az alsón zajlik maga az aszalás.

A nagyteljesítményű aszalóknak az előbbi két megoldáshoz képest számos előnyük van. Mesterséges huzattal dolgoznak, melyet ventilátor biztosít, egy cserényen mennek végbe a folyamatok, lehetővé teszik a levegő cirkulációját (a levegő újbóli felhasználását), nincs szükség forgatásra, automatizálhatók a folyamatok, a zöldmaláta terítése és a kész maláta kiürítése gépesíthető.

A Steinecker-féle energiatakarékos aszaló, két egymás mellé épített nagyteljesítményű egycserényes aszalóból áll. Az egyik aszalóból távozó levegőt átvezetik a másikon, ahol az aszalás első szakasza zajlik, így kedvező a hőhasznosítása.

Léteznek függőleges aszalók, ahol a cserények nem vízszintesen, hanem függőlegesen helyezkednek el.

## Cserényes aszaló



1. garat,
2. cserény,
3. billenő cserény,
4. ürítés,
5. tartály,
6. égő,
7. közvetlen vagy közvetett fűtés,
8. - 9. levegő áramoltatás,
10. ventilátor,
11. légszűrő

Világos maláták aszalásánál fontos, hogy a zöldmaláta víztartalma gyorsan lecsökkenjen, ezzel megakadályozva a további enzimműködést. Túl rövid ideig tartott, vagy alacsony aszaló hőfokon hiányos a fehérjék koagulálása, az így készült maláta felhasználásával készített sörök hajlamosak a fehérjetörésre, tartósságuk csökken.

Sötét bajor maláták aszalásánál magasabb hőmérsékletet és lényegesen kisebb szellőztetést kell alkalmazni. A zöldmaláta víztartalmát lassú ütemben csökkentik, színe, jellegzetes aromája úgy tud kialakulni, ha felső cserényről való leeresztéskor legalább 20%-os még a nedvességtartalma. Az aszalás első lépésekor, 30°C-on a bontóenzimek működése mellett, még életfolyamatok is lejátszódnak a szemben, a második szakaszban a hőmérsékletet 60°C-ig növelik, mely során a víztartalma egyenletesen 20-25%-ra csökken. A hőmérséklet további emelésével 65-70 °C-ra, a víztartalom szinte változatlan, az utolsó szakaszban 8-10 óra alatt csökken tovább a nedvességtartalom, amíg eléri a kb. 10%-ot. Ezután fűtik fel az aszalási hőfokra, melynek legmagasabb értéke kb. 105°C és a folyamat 9 órán át tart. Aszalás közben a malátát forgatják, a hőmérséklet és nedvességtartalom kiegyenlítése miatt, ami szükséges ahhoz, hogy a színárnyalat egyenletes legyen.

Az aszalóról lekerülő forró malátát kb. 20°C-ra kell lehűteni, hogy megakadályozzák az amiláz enzimek károsodását, az elszíneződést és az ízromlást. Majd a malátát csíráltatítják. Ezt a műveletet azonnal el kell végezni, mert a csíra csak ekkor távolítható el könnyen és maradék nélkül. Ha a malátacsíra nedvességet szív –könnyen és gyorsan fel tudja venni – rugalmassá válik, a csíráltatítás tökéletlen lesz, melynek eredményeként keserű ízanyagok maradnak a malátában.

A malátagyártás befejező lépéseként a malátát megtisztítják, melyhez mágnessel felszerelt tarárt, a félszemek leválasztásához pedig triórt használnak. Végül tárolásra kerül a maláta, mert

a frissen aszalt, maláta zavaros, vagy opálos sörlevet ad, gondot okozhat a cefre szűrésénél és az erjesztésnél is. A maláta víztartalma közvetlenül aszalás után 1-1,5%. Helyes tárolásakor egy kis nedvességet felvesz, melynek következtében a héj és az endospermium elveszíti ridegségét, így a maláta jobban őrlhetővé válik. Viszont ügyelni kell rá, hogy 7%-nál ne legyen nagyobb a víztartalma, mert kedvezőtlen folyamatok játszódhatnak le benne.

A maláta tárolására legalkalmasabb a jól záró siló, amelyben tökéletesen megvédhető a nedvességtől. A tárolás folyamán érési folyamatok játszódhatnak le a malátában, ami minőségjavulást eredményez. Az érési folyamatokhoz legalább hat heti tárolás szükséges.

#### Malátázás anyagmérlege

|                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| Beáztatott árpa     | 100                          |
| Kiáztatott árpa     | 155                          |
| Zöldmaláta          | 147                          |
| Aszalt friss maláta | 78 (3,5 % nedvességtartalom) |
| Tárolt maláta       | 79 (4,5 % nedvességtartalom) |
| Veszteségek         | légzési veszteség: 4-8 %     |
|                     | csírázási veszteség: 3-5 %   |

#### Malátacsíra



A malátagyártás melléktermékeként keletkező nem megfelelő árpaszemeket, toklászt, gyommagvakat felhasználhatják takarmányozási célra. A malátacsíra fehérjetartalma, vitamintartalma miatt értékes tápanyag, emberi fogyasztásra azonban, erősen keserű íze miatt nem lehet felhasználni, viszont a tejhozamra gyakorolt előnyös hatása miatt fejőstehenek etetésében használható. A malátacsíra a jó minőségű szénával egyenértékű, de a fehérje és a cukor több benne.

#### 1.10. Sörmaláták jellemzése



Különböző sörmaláták



|                                             |                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Világos (pilseni) maláta</i></b>      | Egészen világos, illata kevésbé aromás, belőle zöldes-sárga árnyalatú sör készíthető.<br>A malátázási technológia kíméletes: visszafogott áztatás, lassú csíráztatás, sok levegővel, alacsony hőmérsékleten történő aszalás. |
| <b><i>Közepes színű (bécsi) maláta</i></b>  | Fő jellemzője, hogy átmenetet képez a világos és sötét maláta között, magasabb hőmérsékleten szárítják, mint a világos malátákat, így jellegzetes aranyszínű sörök készíthetők belőle.                                       |
| <b><i>Sötét színű (müncheni) maláta</i></b> | Barna sörök készítéséhez használják, íze erősen aromás. Nagyobb a kiáztatás mértéke, erőteljesebb a csíráztatás menete, a végaszalási hőfok 100 °C felett van                                                                |
| <b><i>Különleges maláták</i></b>            |                                                                                                                                                                                                                              |
| <b><i>Festőmaláta</i></b>                   | A barnasörök színezéséhez használhatnak festőmalátát, amit zöldmalátából készítenek pörköléssel.                                                                                                                             |
| <b><i>Karamell maláta</i></b>               | A karamell malátát a telt íz biztosítására és a sör habtartósságának növelésére adagolják a malátakeverékhez. A pörkölés hőmérsékletétől függ a karamellmaláta íze, színe, festőereje                                        |
| <b><i>Búzamaláta</i></b>                    | Búzasör alapanyaga. Malátázása hasonlóan történik, mint az árpáé, de eltérő paraméterekkel.                                                                                                                                  |
| <b><i>Söripari póanyagok</i></b>            |                                                                                                                                                                                                                              |
| <b><i>Kukorica, rizs, stb.</i></b>          | A maláta részleges helyettesítésére alkalmazhatnak nagy szénhidrát tartalmú nyersanyagokat, melyeket csíráztatás nélkül használnak fel. A póanyagokat hántolni szükséges, mert a héj a sör ízét kedvezőtlenül befolyásolja.  |

## Maláták felhasználása és ízvilága alapmaláták

|            |                                                                     |                                                                                   |                                                                |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                                                             |
|------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| BASE MALTS | <b>BEST HEIDELBERG</b><br>EBC 2.9                                   |  | rich on enzymes, pale beers e.g. Pilsen                        | <br>GRAIN      |                                                                                                   |                                                                                             |
|            | <b>BEST PILSEN MALT</b><br>EBC 3.0-4.9<br>organic quality available |                                                                                   | base malt e.g. Pilsen, Export, Kölsch, Lager, Helles           | <br>GRAIN      |                                                                                                   |                                                                                             |
|            | <b>BEST PALE ALE</b><br>EBC 5-7<br>organic quality available        |                                                                                   | universally applicable e.g. Pale Ale, India Pale Ale, Kölsch   | <br>GRAIN      | <br>MALT       |                                                                                             |
|            | <b>BEST VIENNA</b><br>EBC 8-10<br>organic quality available         |                                                                                   | base malt e.g. Export, Märzen, Porter                          | <br>MALT       | <br>HONEY      |                                                                                             |
|            | <b>BEST MUNICH</b><br>EBC 11-20<br>organic quality available        |                                                                                   | base malt, dark beers e.g. Alt, wheat beer, Bock, strong beers | <br>MALT       | <br>BREAD      |                                                                                             |
|            | <b>BEST MUNICH DARK</b><br>EBC 21-35<br>organic quality available   |                                                                                   | base malt, dark beers e.g. Bock, strong beer, Alt              | <br>MALT       | <br>HONEY      |                                                                                             |
|            | <b>BEST MELANOIDIN LIGHT</b><br>EBC 40-60                           |                                                                                   | base malt, dark/rusty red beers e.g. Alt, Bock                 | <br>MALT       | <br>BLACKBERRY | <br>PLUM |
|            | <b>BEST MELANOIDIN</b><br>EBC 61-80                                 |                                                                                   | base malt, dark/rusty red beers e.g. Alt, Bock                 | <br>BLACKBERRY | <br>CHERRY     |                                                                                             |

## Maláták felhasználása és ízvilága, speciális maláták

|                 |                                                                            |                                                                                    |                                                                    |                                                                                                          |                                                                                                         |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SPECIALTY MALTS | <b>BEST CARAMEL® PILS</b><br>EBC 3-7<br>organic quality available          |  | specialty malt, pale beers e.g. Pilsen, Helles, Kölsch, Export     | <br>HONEY            | <br>FIG             |
|                 | <b>BEST CARAMEL® HELL</b><br>EBC 20-40<br>organic quality available        |                                                                                    | specialty malt, golden/amber beers e.g. wheat beer                 | <br>HONEY           | <br>CARAMEL/TOFFEE |
|                 | <b>BEST CARAMEL® AROMATIC</b><br>EBC 41-60                                 |                                                                                    | specialty malt, dark/amber beers e.g. Bock, Alt, Porter            | <br>CARAMEL/TOFFEE  | <br>BISCUIT        |
|                 | <b>BEST CARAMEL® AMBER</b><br>EBC 61-80                                    |                                                                                    | specialty malt, dark/amber beers e.g. Amber Ale, Amber Lager, Bock | <br>DATES           | <br>BISCUIT        |
|                 | <b>BEST CARAMEL® MUNICH I</b><br>EBC 81-100                                |                                                                                    | specialty malt, dark beers e.g. Alt, Bock, wheat beer, Märzen      | <br>DATES           | <br>ALMONDS        |
|                 | <b>BEST CARAMEL® MUNICH II</b><br>EBC 110-130<br>organic quality available |                                                                                    | specialty malt, dark beers e.g. Märzen, wheat beer, Bock           | <br>ROASTED ALMONDS | <br>MARZIPAN       |
|                 | <b>BEST CARAMEL® MUNICH III</b><br>EBC 131-200                             |                                                                                    | specialty malt, strong dark beers e.g. dark Märzen                 | <br>ROASTED ALMONDS | <br>LICORICE       |



## Speciális és pörkölt maláták

|               |                                                 |                                                                                   |                                                                               |                                                                                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CRAFT MALTS   | <b>BEST RED X®</b><br>EBC 28-32                 |  | craft malt, red/reddish beers e.g. Red Ale, Alt, Amber beers                  | <br>PASSION FRUIT SHERRY     |
|               | <b>BEST SPECIAL X®</b><br>EBC 300-400           |  | craft malt e.g. black beer, Belgian style beer, dark Ales, Stout, Porter      | <br>DRIED FRUIT CHOCOLATE    |
|               | <b>BEST CHOCOLATE</b><br>EBC 800-1,000          |  | specialty malt, color intensifying e.g. Porter, Brown Ale, Stout, strong beer | <br>DARK CHOCOLATE CHOCOLATE |
| ROASTED MALTS | <b>BEST BLACK MALT</b><br>EBC 1,100-1,200       |  | specialty malt, color intensifying e.g. Black beer, strong beer, Porter       | <br>CACAO COFFEE             |
|               | <b>BEST BLACK MALT EXTRA</b><br>EBC 1,300-1,400 |  | specialty malt, color intensifying e.g. Black beer, Bock, Porter, Alt         | <br>BREAD COFFEE             |
|               | <b>BEST ROASTED BARLEY</b><br>EBC 1,200-1,400   |  | dark, bitter Stouts, color and aroma intensification                          | <br>COFFEE                   |

### 1.10.1. A sörmaláták minőségi követelményei

A jó minőségű sörmalátája egyenletes szemnagyságú, tisztított, malátacsírától és zúzott szemektől mentes. Az érzékszervi vizsgálatok során vizsgálják tisztaságát, illatát, színét. A tisztaság esetében a malátája 2%-nál több idegen anyagot nem tartalmazhat, durva szennyeződésektől mentesnek kell lennie. A malátája illata, aromája, jellegének megfelelő legyen. Dohtól, penésztől, egyéb szagoktól (pl. savanyú, füstös) mentesnek kell lennie. A füstös szagot hibás aszalás okozhatja. A világos malátája íze nyers, enyhén aromás, míg a sötét malátája erősen aromás ízű. Nem lehet savanyú vagy egyéb idegen ízű.

### Fizikai vizsgálatok

#### **Szemnagyság**

2,8 mm-es és 2,5 mm-es résnagyságú laboratóriumi osztályozó szitán I. osztályú malátája esetében, legalább 80%-nak fenn kell maradnia.

#### **Ezerszem tömeg**

Átlagmintát vesznek, majd válogatás nélkül leszámolnak 1000 szemet és lemérik, melynek légszáraz állapotban 28-38g között kell lenni.

#### **Hektoliter tömeg**

48-60 kg/hl között változik, függ a malátája tisztaságától is. Az árpához képest a jól oldott malátája hl tömege jelentősen kisebb.

### **Lisztesség, vágás felület színe**

100 db malátaszemet Farinotom segítségével elvágnak. Az elvágott szemek felületét használják a lisztesség és a vágási felület színének vizsgálatához. Világos maláta esetében a lisztes szemek aránya legalább 93% legyen, az üveges szemek aránya legfeljebb 3% lehet. Sötét malátaesetében a lisztes szemek legalább 90%-ot tegyenek ki, míg az üveges szemek aránya a 4%-ot nem haladhatja meg.

A vágásfelület színe világos malátánál legalább 97% fehér színű, a többi legfeljebb sárga színű lehet (sötétbarna vagy elégett nem lehet). Sötét malátánál legalább 95 % sárgászínű, legfeljebb 5% sötétsárga, legfeljebb 1% sötétbarna, vagy elégett.



### **Levélcsíra hossza**

A malátában nem lehet 4%-nál több a ki nem csírázott szem és az egész szemnél hosszabbra nőtt levélcsírák mennyisége nem haladhatja meg a 6%-ot.

### Kémiai vizsgálatok

#### **Víztartalom meghatározása**

A nedvességtartalom meghatározása a tárolhatóság miatt nagyon fontos. 7% felett dohosodás, penészedés indulhat el és a maláta őrlése is nehézségekbe ütközik, nem tárolható

A maláta víztartalmát mindig finom őrleményből kell meghatározni. Az őrlőnek nem szabad őrlés közben bemelegednie. A nedvesség-meghatározáshoz 2-5 g malátalisztet mérnek be, melyet szárítószekrényben 3 órán át, 105 °C-on tömegállandóságig szárítanak. Szárítás után 30 percig hűl (ügyelve arra, hogy a levegő nedvességtartalmát ne vegye fel), majd lemérik. A tömegcsökkenésből a víztartalom 99%-át ki lehet számítani. A maláta víztartalmát egytized %-nyi pontossággal kell megadni.

#### **Cukrosodási idő**

A maláta cukrosodási idejét a cefrézés 70 °C-os szakaszában, 10 perccel a 70 °C-os cefrézési hőfok elérése után mérik. A cefréből egy cseppet gipszkrétára cseppentenek, amelyhez egy csepp jóddoldatot adnak. A vizsgálatot 5 percenként ismételik meg. A cukrosodási próba akkor tekinthető befejezettnek, ha elérték a „jódnormál” állapotot, vagyis már nem kapnak színreakciót, hanem a jód színével megegyező világosságra színfolt marad a krétán.

A cukrosodási próba eredményeit percekben fejezik ki. Világos malátánál a cukrosodás általában 10-15 perc alatt bekövetkezik, a sötét malátáknál 20-30 perc alatt.

A cukrosodási idő a maláta diasztatikus erejét fejezi ki, valamint utal az alfa-amiláz tartalmára.

### **Extrakttartalom meghatározása**

A maláta extrakttartalma, a maláta oldható anyagainak és a cefrézés által oldhatóvá tehető anyagainak összességét jelenti. Minél nagyobb az extrakt, annál nagyobb főzőházi kihasználással lehet majd számolni

Meghatározását nemzetközileg elfogadott szabványeljárással, ún. laboratóriumi kivonatolással végzik. A maláta extrakttartalom vizsgálata a legfontosabb minőségi tényezők egyike.

Az extrakt-meghatározáshoz finom (90 % lisztet tartalmazó), és durva (25 % ill. 32% lisztet tartalmazó őrleményt használnak). Mindkét őrleményből 50-50 g-ot, 250 ml 45 °C-os desztillált vízzel csomómentesre kevernek és a cefréző berendezésbe helyezik. Állandó keverés mellett 45 °C-on tartják, majd a hőmérsékletét 1 °C/perc sebességgel emelik 70 °C-ig. Ekkor 100 ml 70 °C-os (desztillált ) vizet öntenek hozzá, 1 óra hosszat 70 °C-on tartják, majd a pohár tartalmát a vízfürdő lehűtésével, 10-15 perc alatt szobahőmérsékletre hűtik. A fém poharakban levő folyadékot desztillált vízzel feltöltik úgy, hogy egyenként 450 g tömegű legyen, majd redős szűrőre öntve megsűrítik. Az így kapott szűrletet szabvány malátalének nevezik.

Ezt a laboratóriumi cefrézési módszert a szakirodalomban „kongresszusi” módszernek nevezik. A szűrés befejeztével a malátalé sűrűségét is meghatározzák.

Az extrakttartalmat a malátalé sűrűsége és a maláta nedvességtartalma alapján, légszáraz és száraz malátára kiszámítva kell megadni.

A világos, pilseni típusú maláta extrakttartalma (légszáraz) 75-78 % között, szárazanyagra vonatkoztatva kb. 79,5-82 %-ig változik.

Az extrakt értéke függ az árpafajtától, a termelési helytől, az évjárártól, tehát a minőségre ható tényezőktől: pl. fehérjetartalom, héjtartalom, osztályozottság, a maláta oldottsága.

### **Extraktdifferencia**

Minőségi tényező, mely a maláta oldottságát jelöli, utal az enzimkapacitásra és a malátaszem permeabilitására. Az ekstraktdifferencia kétféle őrlemény, a finom és a durva őrleményből készült extrakttartalom eredményeinek különbsége. A differenciaérték annál kisebb, minél oldottabb a maláta.

### **Lefolyási idő**

A malátalé szűrésénél a szűrlet lefolyásának időtartamát mérik, azaz, hogy a szabvány – „kongresszusi” – malátalé milyen gyorsan szűrődött le. Ebből következtetni lehet a főzőházban várható szűrési körülményekre. A lefolyási idő a malátalé viszkozitását jelzi, amelyet a benne lévő gumyszerű anyagok jelentősen befolyásolhatnak. Normálnak tekinthető, ha 1 órán belül befejeződött a lefolyás, amennyiben több időt vesz igénybe, akkor lassú megjegyzéssel kell a vizsgálat eredményét jellemezni.

### **A szűrlet tisztasága**

A szabvány malátalé tisztaságát sokféle tényező határozza meg (árpa fajtája, a termesztés körülményei, malátázás módja stb.). A szűrlet tisztaságának megjelölésére a tiszta, a gyengén opálos és az erősen opálos kifejezéseket használják. Frissen aszalt malátánál előfordul, hogy opálos lesz a szűrlet. Az opálos szűrletet a jelenlevő kolloidok dehidratálása okozza. A jelenség általában 3-4 hetes aszalás utáni malátatárolással megszűnik.

## Szín

A szabvány malátalé színe nagyon fontos, mivel a maláta típusát jelöli meg. A malátalé színét EBC-egységekben adják meg. A szabvány malátalé színintenzitását ismert intenzitású színskálasorozat megfelelő egységével hasonlítják össze, vagy fotométerrel mérik.



A teljes színskála 2-27 EBC-egységig terjed:

- világos maláták színe 2,5-4,5 EBC-egység,
- közép-sötét maláták színe 5-8 EBC-egység,
- sötét maláták színe 9,5-15 EBC-egység közé esik.

A karamell- és festőmaláták színét szintén EBC-egységekben kell megadni, amit hígítással lehet csak megmérni. Az eredmények kiszámításakor a hígítást tekintetbe kell venni.

Normál esetben az értékek következőképpen alakulnak:

- világos karamell: 4 -7 EBC-egység,
- normál karamell: 50 -70 EBC-egység,
- sötét karamell: 100 -130 EBC-egység,
- festő maláta: 1300 -1600 EBC-egység.

|                | SRM     |  | EBC           |  |
|----------------|---------|--|---------------|--|
| Lager pálida   | 2 – 3   |  | 3,94 – 5,91   |  |
| Weissbier      | 3 – 4   |  | 5,91 – 7,88   |  |
| Witbier        | 4 – 5   |  | 7,88 – 9,85   |  |
| Belgian Blond  | 6 – 9   |  | 11,82 – 17,73 |  |
| Pale Ale       | 10 – 14 |  | 19,70 – 27,58 |  |
| IPA            | 14 – 17 |  | 27,58 – 33,49 |  |
| Mild           | 17 – 18 |  | 33,49 – 35,46 |  |
| Brown ale      | 19 – 22 |  | 37,43 – 43,34 |  |
| Black lager    | 22 – 30 |  | 43,34 – 59,10 |  |
| Porter         | 30 – 35 |  | 59,10 – 68,95 |  |
| Stout          | 35 +    |  | 68,95 – 78,80 |  |
| Imperial Stout | 40+     |  | >78,80        |  |



A malátalé színe és a várható sörszín között összefüggés van, amit azonban a jelenlevő oldható nitrogéntartalom mennyisége befolyásol. Minél több az oldható nitrogén, annál sötétebb lesz a készült sör színe. A színekülönbség függ az árpafajtától, a termesztéstől, az évjárattól, a fehérjetartalomtól és a végaszalás intenzitásától, mivel az aszalásnál képződött Maillard-reakció termékei, a forralás alatt további változásoknak vannak kitéve.

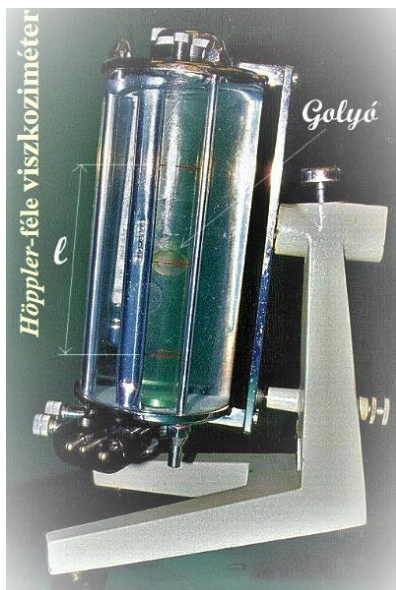
### A pH mérése

A szabvány malátalé pH-ját üvegelektrodás mérőműszerrel mérik. A szabvány malátalé pH-ja 5,8 körüli, ideális esetben.

### Viszkozitás mérése

A szabvány malátalé viszkozitásának értéke a maláta oldottságát mutatja meg. Összefügg egymással a viszkozitás és a sörök habtartóssága, valamint a viszkozitásból következtetni lehet, hogy a főzőházban milyen lefolyású lesz a cefreszűrés.





A malátalé viszkozitását általában golyós viszkoziméterrel mérik, ilyen pl. a Höppler-féle viszkoziméter. A méréshez kiválasztott golyó kényszermozgást végez, áthaladásának idejét mérik a vizsgálandó közegben. Minél nagyobb a vizsgált anyag viszkozitása, a golyó áthaladása, annál hosszabb ideig tart. Minden egyes golyóhoz egy empirikus faktor tartozik, amellyel a két jel közötti áthaladási időt és a golyó, ill. a vizsgált anyag sűrűségkülönbségét megszorozva, a belső súrlódást közvetlenül megkapják. A mérés függ a hőmérséklettől, ezért állandó hőmérsékleten tartva kell elvégezni. A szabvány malátalé viszkozitása (8,6% extraktra számolva) 1,51-1,63 mPas.

### **Összes nitrogén-tartalom meghatározása**

Kjeldahl-módszerrel határozzák meg. Az összes nitrogén értéke kb. 0,5%-kal kisebb a kész malátában, mint az árpában eredetileg volt.

### **Oldható nitrogén meghatározása**

A maláta oldódásáról tájékoztat. A vizsgálatot szabvány malátaléből kivett mintából végzik el. Az oldható nitrogén (fehérje)-tartalom, világos malátákban nagyobb, mint sötét malátákban. Értékét g-ban adják meg, 100ml szabvány malátalére vonatkoztatva. Az oldható nitrogén-tartalom fogalmán, az extrakttartalom meghatározásánál előírt körülmények tartásával oldatba lépő fehérjevegyületek mennyiségét értik.

### **Kolbach-szám**

A Kolbach-szám az oldható nitrogén mennyiségét fejezi ki a malátában levő összesnitrogén-tartalom %-ában is. A maláta fehérjeoldottságára és a malátában levő fehérjebontó enzimek aktivitásának mértékére utal. Értékét nagyban befolyásolja a maláta összes nitrogéntartalma.

Kolbach-szám:

- 41% felett nagyon jó,
- 38-41 %-ig jó,
- 35-38% -ig kielégítő,
- 35% alatt mérsékelt fehérje oldottságra utal.

### **Végerjedésfok meghatározása**

A vizsgálathoz a szabvány malátaléből pontos mennyiséget mérnek le, 10 percig forralják, lehűtik, majd desztillált vízzel kiegészítik a kiinduló, eredeti tömegre. Beélesztőzik, erjesztik, majd meghatározzák a sűrűséget, amely alapján kiszámíthatják, hogy a maláta összes extrakttartalmából hány % erjedt le. A szabvány malátalé végerjedésfoka ideális esetben 80% feletti értékű. A végerjedésfok pontos minőségi mutatója a különböző árapajtáknak.



A végerjedésfok függ az árpa fajtájától, a termelési helytől, az évjáratától, a malátázás módjától (pl. a csírázás egyenletességétől). Minél nagyobb, egyenletesebb az áztatás alatti vízfelvétel, minél kedvezőbbek a csírázás alatti hőmérséklet-vezetési és oxigén-jelenléti viszonyok, annál nagyobb lesz a szabvány malátalé végerjedésfoka. A malátalé végerjedésfokát csökkenti a maláta szárítása közben alkalmazott magas aszalási véghőmérséklet.

A maláta minden jellemzője, amely az oldottságra vonatkozik, összefügg a végerjedésfokkal. Minél oldottabb a maláta, annál jobb lesz a sör végerjedésfoka is.

### **1.11. Különleges maláták**

#### Karamell maláta

A telt íz biztosítására és a sör habtartósságának növelésére adagolják a malátakeverékhez. Előállítható száraz malátából, vagy zöldmalátából. A száraz jól oldott világos malátát vízben áztatják 6 órán keresztül, majd 70 °C-on elcukrosítják, amíg a szem belseje kocsonyás nem lesz. Zöldmaláta felhasználása esetén a zöldmalátát 70-75 °C-on addig cukrosítják, amíg a megpuhult szemek belső tartalma sárga, ragadós kocsonyás nem lesz. A cukrosítás 30-40 percig tart.



A malátát szétterítik, külsejét leszáritják. A leszáradt malátát pörköltőhengerben elővigyázatosan, fokozatosan emelve a hőfokot, 180°C-os levegőáramlatban úgy pörkölik, karamellezik, hogy a külseje, a héj sárga maradjon. A pörkölés hőmérsékletétől függ a karamellmaláta íze, színe és festőereje. Különféle változatokban gyártják (világos karamell, normál karamell, sötét karamell).

#### Festőmaláta



A barna sörök festéséhez használják. Színező képessége igen jó, enyhén égetett ízt ad a sörnek. A festőmalátát gyengén csíráztatott világos malátából, vagy 3-4 napos zöldmalátából állítják elő, pörköléssel. A pörkölés két részből áll. Először gyors ütemben 160-170 °C-ra hevítik a malátát, utána lassú ütemben 220-230 °C-ig emelik a hőmérsékletet, így alakítják ki a kívánt színt. Ezután a malátát hűtőbe viszik, ahol

keverés közben lehűtik.

A hűtőben folytatódik a pörkölés mindaddig, amíg a maláta 120 °C alá nem hűl. A festőmaláta végleges színét a hűtőben kapja meg, ezért a pörköltőhengerből a kívánnál világosabb színnel kell kivenni, hogy belső szerkezete sötétbarna színt kapjon. A fekete, fényes belső rész túlzott pörkölésnek a jele. A túlságosan megpörkölt malátának nincs festőképessége.

#### Diasztázmaláta

A rosszul oldott sörmaláták elcukrosítására adják a cefrébe, vagy nagy erjedésfokú sörök készítéséhez használják Diasztázmaláta gyártásához legmegfelelőbb az apró szemű, közepes

fehérjetartalmú II-III. osztályú árpa. Ennél a malátafajtánál nagyobb csíranövekedésre kell törekedni, hogy nagyobb enzimtartalmat érjenek el. A csíráztatást úgy kell végezni, mint a világos malátánál, alacsony hőfokon nagy mennyiségű levegővel kell szárítani (maximum 45°C alkalmazásával), így a maláta enzimkapacitása nagy lesz.

#### Melanoidin maláta

Jellegzetes maláta íze van, színe igen sötét. Barna sörök cefrézésekor adagolják, a sörnek tiszta telt, testes ízt ad, a festőmalátára jellemző mellékíz nélkül. Gyenge minőségű, rendszerint nagyobb fehérjetartalmú árpákat használnak fel előállítására. Az árpát ugyanúgy áztatják, csíráztatják, mint a müncheni maláta gyártásánál. A jól oldott zöldmalátából vastag rakásokat készítenek, amit 24 órán át így hagynak. A hőmérséklet 50°C körüli. Az aszalás kb. 100 °C-on történik, hasonlóan, mint a müncheni malátánál, így biztosítják a malátában a melanoidin képződést.

#### Savas maláta

Az aciditási viszonyok javítására alkalmazzák. Az alacsony pH, a világos szín elérését segíti elő. A savas malátát proteolit malátának is nevezik. Hathatós összetevője a tejsav, amelyet különbözőképpen juttatnak a malátára. Pl. a zöldmalátát szárítás előtt természetes tejsavval permetezik be. Aszalt malátát kb. 47°C-on áztatják és tejsavbaktériumokkal beoltják, majd kíméletesen megszáritják (60-65 °C). A savas malátát kb. 2-10%-os mennyiségben lehet a cefre pH-jának csökkentésére használni.

#### Proteolitikus maláta

- különösen aromás és teltízű barna sörök előállításához használják
- 48 %-os áztatási fok, 7 nap csíráztatás, utolsó 36 órában 40-45 hőmérséklet
- ezalatt az enzimes bontás felgyorsul és sok egyszerű cukor, aminosav és kismolekulájú fehérjebontási termék keletkezik
- 80 –90 °C-os aszalás –enzim inaktiválódás
- a sok kismolekulájú lebontási termék miatt színes és aromás vegyületek keletkeznek
- 1-1,5 %-os extraktkihozatal növekedés érhető el, használatával

#### Spitzmalz (chit malt) és Kurzmalz (short-grown malt)

- a sörök nagymolekulájú frakcióját gazdagítják (teltízűség, habtartósság) anélkül, hogy a színt mélyítenék
- rövid 48-72, illetve 96-120 órán át tartó csíráztatás
- megtartják az alapanyagra jellemző karakterüket
- 12-20 %-ban adagolhatók a jól oldott maláta mellé

#### Pörkölt árpa

- magas hőmérsékleten pörkölt malátázatlan árpa
- színe szép mélybarna
- pörkölt ízű, a babkávéhoz hasonló

- a festőmalátánál intenzívebb, szárazabb, keserűbb ízhatás, kevesebb aromaanyaggal
- nagy  $\beta$ -glükán tartalom – cefreszűrési nehézségeket okoz

### Búzamaláta

A búzamaláta hasonlóan készül, mint az árpamaláta. A búzát csak gyengén szabad áztatni és meg kell akadályozni a túlázását, ami könnyen bekövetkezik. A túlázás a csírázókéesség csökkenésén kívül azt is eredményezi, hogy a csíráztatásnál a szemek könnyen szétnyomódnak. A búza ázottági fokának ugyanazok az ismertetőjelei, mint az árpának. A búza tulajdonságaitól és az áztatóvíz hőmérsékletétől függően, az áztatási idő kb. 40-50 óra. A csíráztatásnál figyelembe kell venni, hogy a búza hevesen csírázik. Célszerű vékony rétegben hidegen vezetett csíráztatást alkalmazni. A csírázási idő általában 5-6 nap, ekkorra a szem eléri a megfelelő oldottsági fokot. Az aszalás első szakaszát 36-40 °C-on, nagymennyiségű levegő átvezetése mellett végzik. A végaszalási hőfok 70-75 °C, melyen 3-4 órán keresztül tartják.



### Jellemzői:

- hiányzik a pelyva (a vízfelvételt befolyásolja)
- alacsony sikértartalmú (11 % alatti fehérjetartalom)
- malátázás jellemzői:
  - gyors vízfelvétel (pelyva hiánya)
  - hidegen végzett csíráztatás
  - kíméletes aszalás (75 –80 °C)
- árpamalátával keverve használják
- az árpánál több, nagymolekulájú fehérjét tartalmaz



### Rozs maláta

Rozs malátával növelhetjük sörünk ízkomplexitását, teltebb ízt, erősebb sörhabot ad. A búza malátához hasonlóan kissé opálössá teheti a sört. Maximum 20%-ban adagolják a cefréhez.

### Jellemzői:

- hiányzik a pelyva
- gyengébb extraktkihozatal (enzim adagolásával javítható)
- sötétebb sör
- savanykásabb ízhatás

*Glutén-mentes* sörök készítéséhez alkalmas cereáliák: amarant, hajdina, kukorica, köles, quinoa, rizs, szezám, napraforgó, cirok, szója. A nemzetközi előírások szerint gluténmentes az az élelmiszer, melynek 100 grammjában 0,002 grammnál kevesebb glutén van. Jelenleg nincs forgalomban hazai gyártású, engedélyezett termék.

Külföldi termékek:

- New Grist Beer- amerikai, cirok, rizs
- Bard's Tale Beer – amerikai, cirok, rizs
- Gluten-Free Buckwheat Beer –hajdina, rizs
- Beer Up –osztrák, köles, kukoricamaláta
- GM Beer – olasz, köles
- Schnitzerbräu bio gluténmentes sör – oszták, köles

| Malátatípus              | Szín (EBC)       | Malátázás és maláta jellemzői                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Világos (pilseni) maláta | 2,5 -4           | 80 -85°C aszalási hőfok<br>Enzimgazdag, kevésbé aromás<br>Nagyobb fehérje –sötétebb szín<br>Minden sörhöz (100 %)                                                                                                                                |
| Pale Ale maláta          | 4 -5,5           | A világos malátánál intenzívebb csíráztatás, nagyobb aszalási hőfok<br>Könnyebben kinyerhető keményítő és fehérje, sötétebb szín és intenzívebb, malátásabb karakter (100 %)                                                                     |
| Bécsi maláta             | 5 -7             | A Pale Ale malátához hasonló, de magasabb aszalási hőfok –több melanoidin, aromásabb sör, malátás illat, arany szín –márciusi és Oktoberfest sörökhöz (60-100%)                                                                                  |
| Müncheni maláta          | 9,5 -21          | Intenzív csíráztatás, fonnyasztásnál lassú vízelvonás, alacsony nagymolekulájúnitrogén tartalom, stabilabb sör<br>100-105 °C-os aszalásnál melanoidin képződés<br>Minden sörhöz adagolható (10-75 %)                                             |
| Karamell (kristály)      | 50-70<br>100-120 | Zöld vagy kész malátából készül, a malátát nedvesítik, 60-75°C-on elfolyósítják, 150°C feletti hőmérsékleten karamellizálják (5-20 %)                                                                                                            |
| Melanoidin-maláta        | 40-60            | A müncheni malátához hasonló, de több aromaanyagot tartalmaz. Növeli a sör teltségét, ízstabilitását, enyhén vöröses színt ad. Kissé keksz ízű.                                                                                                  |
| Festő                    | 1300-1600        | Készre aszalt malátát 60-80°C-on nedvesítik<br>180-220°C-on tartják a kívánt szín eléréséig<br>Melanoidinek és heterociklusos vegyületek képződése<br>Karamellizálódás, keserű égett íz és szag<br>Vákuumpörkölő vagy vízbefecskendezés (1 –3 %) |
| Csokoládé maláta         |                  | A festőmalátánál rövidebb pörkölési idő, világosabb szín (sötét barna), aromásabb, kevésbé keserű (1,5 –3 %)                                                                                                                                     |

### 1.12. Söripari pótanyagok

Gazdaságossági szempontból a sörfőzéshez különböző, nagy szénhidrát-tartalmú nyersanyagokat adagolnak, mint pl. kukorica, rizs, árpa stb. Ezeket a maláta részleges helyettesítésére, csíráztatás nélkül felhasznált anyagokat nevezzük, a sörfőzésnél pótanyagoknak.

Nagy nyersanyaghiány esetén cirok-, muhar- és kölesmagot is felhasználhatnak pótanyagként hántolt állapotban. Feldolgozásuk előtt a magokat hántolómalomban maghéjuktól meg kell tisztítani, mert a héj a sör ízét kellemetlenné teszi. A búza nagy fehérjetartalmú, bár gyorsabban csírázik, de nehezebben oldódik. A rozs extrakt-ja íztelenebb. A zabot nem használják söripari pótanyagként. A malátában található enzimek segítségével, oldhatóvá kell tenni a felhasznált pótanyagot. A pótanyag hozzáadása, egy meghatározott mennyiséget nem haladhat meg, mert hatással van a sör ízére.

A pótanyag felhasználásával készült sörök habzási tulajdonságai jobbak, viszont kevesebb nitrogént tartalmaznak, kisebb a végerjedéssük, rosszabbul szűrhetők, íz-stabilitásuk nem tökéletes. A hátrányok elkerülésére és a pótanyaghiányad növelése érdekében amilázokból, peptidázokból és béta-glükánázból álló enzimek készítményeket alkalmaznak.

### Kukorica

A kukorica a keményítő- és a szeszgyártásnak is fontos alapanyaga. A sörfőzéshez pótanyagként csíráztatott dara alakjában használják fel. A kukorica szárazanyag tartalma 84 - 91% között változhat. A kukorica leglényegesebb alkotóeleme a keményítő.

A keményítőszemcsék alakja lényegesen eltér az árpa keményítőszemcséjének alakjától. A kukoricakeményítő elfolyósodási hőmérséklete eltér az árpakeményítőjétől, lebontása azonban hasonlóképpen megy végbe. A kukorica fehérjetartalma általában 10-13 % között van. A söriparban felhasznált dara azonban lényegesen fehérjeszegényebb, csupán 7,5-9 %-os. Ennek a mennyiségnek fő tömege albumin, globulin és az alkoholban oldható zein. A globulinok egy része magasabb hőfokon koagulál, a cefrézés és a sörlé forrása alatt kiválik, másik része viszont hidrolizál. Az árpával ellentétben, a kukorica csírájában nagy mennyiségű olaj és a zsír található. A söripari felhasználásra kerülő kukorica tisztaságának, legalább 98%-osnak kell lennie. Tört szemet nem tartalmazhat, mert könnyen avasodnak, kellemetlen ízhatást keltenek a sörben. Penészes, erjedt, vírusos, gombás fertőzés következtében romlott szemek, a kukoricában nem lehetnek, mivel kiválasztásuk szinte lehetetlen. Hosszabb és helytelen tárolási körülmények között elszaporodhat a fuzáriumos csöpenész, melynek fuzárium toxinjai nem távolíthatók el, hatásuk káros.

A kukorica csíráztatott dara formájában kerül sörfőzésre. Nem elég egyszerűen megőrölni a kukoricát és közvetlenül felhasználni, mivel nagy az olajtartalma. Az olaj a sörben ízváltozást eredményez és tönkreteszi a sör habját. Az olaj nagy része a csírában van, ezért kell a kukoricát csíráztatni. A csírá el kell választani a nagy keményítőtartalmú résztől, hogy a csírával együtt az olaj is eltávozzék a kukoricából. A kukorica csíráztatását malmi eljárással végzik. Nedvesítőcsiga segítségével ún. pihenőkamrákba vezetik a tisztított kukoricát, ahol szükség szerint nedvesítik. 1-1,5 óra alatt kb. 3-4% nedvességet vesz fel. Erre azért van szükség, hogy a héjrészt a belső tápszövetétől könnyebben lehessen eltávolítani. Majd az anyag a hámozóberendezésbe kerül, amely forgás közben összetöri, ugyanakkor a héj és a csíra nagy része egészben marad, mivel olajos és ezáltal tapadós, nem törékeny anyag. Örlőhengerekre viszik a hámozóról az anyagot, ezt követően osztályozósítákra. Az örlőberendezés két hengerből áll, amelyek között a távolság állítható. A két henger ellentétes irányban, egymással szemben forog. A hengerpár a kukoricát összetöri, mivel annak belső tápszöve

összemorzsolható, a csírat pedig csak összelapítja. Az összelapított csíra szitálással különválasztható. A héját szeleléssel távolítják el. A csírából olajat sajtolnak. A kisajtott csírat állattakarmányként hasznosítják.

### Rizs

A rizst sörfőzéshez daraként, lisztként, vagy ritkábban pelyhesített formában használják fel. Víz tartalma 12-13%. Enzimesen kinyerhető extrakttartalma 93-95%, szárazanyagra számítva. Olajtartalma 0,5-0,7%-os, ez főleg a csírában található. Fehérjetartalma 8-9%.

A többi pótanyaghoz viszonyított magas ára miatt, kizárólag csak a minőségi sörökhöz használják, elsősorban az íz- és habzóképeség javítására. A söriparban leginkább a törmelék rizs jöhet számításba, amelyet a hántolás folyamán választanak külön.

A rizs átvételekor az érzékszervi vizsgálat nagyon fontos. Elsősorban az illat a döntő, semmiképpen sem használható fel az avas, dohos tétel. A rizs színe is utal a minőségre. A kifogástalan minőségű rizs fehér színű. Az erősen sárga szín az avasodás kísérője lehet.

Laboratóriumi vizsgálatok során a nedvességtartalmat, a kihozatalt és a zsírtartalmat vizsgálják. A gabonafélék között a rizs keményítőszemcséi a legkisebbek. A rizskeményítő nehezen cukrosodik. A rizst kalapácsos malomban, vagy hengerérszéken finom darává őrlik. Túl finomra őrölni nem ajánlatos, mert cefrézéskor könnyen csomósodik és feltárási nehézségeket okoz.

### Cukor

A cukoradagolás célja az erjeszthető szénhidrát tartalom mennyiségének emelése és a sörlé fehérjetartalmának csökkentése. A cukrot a komlóforralásnál adagolják. A söripar különböző finomságú cukrot használ fel, a gyártandó sör jellegétől függően. A minőségi sörökhöz a megfelelő szín kialakítása miatt, kristálycukor kerül felhasználásra. A cukorszirupok extrakttartalma, konzisztenciájuktól függően 65-85% között van.

### Izocukor

A folyékony halmazállapotú izocukor szállítása, tárolása, adagolása, könnyebb, mint a répacukoré. Az izocukor, kukoricakeményítóből készült glükózoldat részleges izomerizálásával előállított édesítőszer. Kb. 50% glükóz és 50% fruktóz tartalmú. Az izocukor tárolására hőszigetelt, keverővel ellátott tartályokat használnak. Az optimális tárolási hőmérséklet 30°C. A fertőzés megakadályozására, a tartályokban kis mértékű túlnyomást hoznak létre.

### Cukorkulőr

A barna sörök színezésére használható a cukorkulőr, amely sötétbarna színű szirupos folyadék. A kulőr a sörben zavarosodást nem okoz.

### Enzimkészítmények

Pótanyagos sörfőzésnél adagolnak enzimekészítményeket, a cefrézés és cefreszűrés zökkenőmentes lebonyolítása érdekében. Az enzimeket külön-külön, vagy komplex



enzimkészítmény formájában lehet adagolni. A mikrobák (penészek, baktériumok) által termelt enzimek más hőfokoptimummal rendelkeznek, mint a maláta eredetű enzimek.

Az enzimkészítményeket nagyobb pótanyagarány esetében, a gumianyagok lebontására és a sörben zavarosodást okozó kolloid anyagok lebontására adagolják.

A pótanyagok nagy keményítőtartalmuk következtében alkalmasak a maláta részbeni helyettesítésére, azonban a keményítőszemcséket fel kell bennük tártani és az enzimek részére hozzáférhetővé kell tenni. A feltárás történhet légköri nyomáson forralással, nyomás alatt, ill. pelyhesítéssel.

#### Feltárás forralással

A finom darává őrölt rizst, vagy kukoricát kb. 20%-os mennyiségű, jól cukrosodó pilseni malátával cefrézik. A cefrét fokozatosan 70-75 °C-ra fűtik, majd 10-15 perces pihenőt tartanak a keményítő előbontása céljából. Utána a cefrét 30-45 percig forralják. Nagyon fontos, hogy a pótanyagokat elegendő ideig forralják, mert a forralás közben a keményítőszemcsék megduzzadnak és elcsirizesednek, a sejtfalak felszakadnak, ami lehetővé teszi az amiláz enzimek keményítőhöz jutását.

#### Feltárás nyomás alatt

Egyszerűbb és hatásosabb az eljárás, ha a kukoricát, vagy a rizst nyomás alatt tárják fel. A pótanyagot kb. 10% mennyiségű pilseni malátával együtt becefrézik. A cefrét fokozatosan felfűtve dupla falú, keverővel ellátott feltáráberendezésben (gőzölőben), kb. 35-45 percig 2-3 bar nyomáson tartják. Kiürítéskor a dararészecskék részben a lefűvatócső végére szerelt terelőlapba ütköznek, részben pedig nyomásváltozás következtében szétrobbannak, így a gőzölőből kikerülő kukorica- vagy rizsdara teljesen elfolyósodott, szemcsementes lesz. Sima, homogén, kocsonyás anyaggá változik, ellentétben a nyílt edényben légköri nyomáson főzött pótanyaggal, amely forralás után is szemcsés állományú marad.

Az elfolyósodott anyagban a keményítő, a cefrézés folyamán az enzimek számára hozzáférhetőbbé válik.

A pótanyagok nyomás alatti feltárásának előnyei:

- javítja a cefre cukrosodási idejét,
- lerövidíti a sörfőzési folyamatot,
- javítja a sörök végerjedési fokát és ezáltal a sörök minősége is javul.

#### Pelyhesítés

A gabonafélék között a rizs keményítőszemcséi a legkisebbek. A rizskeményítő ezért nagyon nehezen cukrosodik el. Csirizesedési hőfoka nagyobb a kukoricakeményítőénél, 76-85 °C.

Pelyhesítés folyamán a nedvesített rizs felhevített hengerek között halad át, miközben a keményítő elcsirizesedik. A kukoricadarából is készítenek pelyhet, melyet nem kell a cefrézés folyamán feltárni, a malátával együtt lehet cefrézni.

## 2. Sörfőző víz

A sörgyártás egyik legfontosabb nyersanyaga a víz. A söripar vízigénye jelentős. Sörgyárakat olyan helyre célszerű telepíteni, ahol megfelelő mennyiségű és minőségű víz áll rendelkezésre. A söripar vízszükségletét többféle módon fedezheti attól függően, hogy milyenek a helyi adottságok.

A vízszükséglet fedezésére több lehetőség nyílik:

- forrásvizek felhasználásával,
- talajvíz felhozatalával,
- felszíni vizek felhasználásával.

Forrásvizet általában hegyvidékek közelében levő sörüzemek használnak, mert ezek a források rendszerint egész évben állandó vízmennyiséget szolgáltatnak. A források vize nagy mennyiségű oldott ásványi anyagot tartalmaz. Általában baktériummentes.

A talajvíz nagy része lehulló csapadékból származik, amely beszivárog a talajba egészen addig, amíg vízzáró réteg nem állja az útját. Eközben különböző ásványi anyagokat old fel, de meg is szűrődik.

A sörgyárak vízszükségletük egy részét saját fűrt kútjaikból fedezik, részben pedig igénybe veszik a városi vízhálózatot is. A sörgyártás vízszükséglete nagymértékben függ a gyár nagyságától, azaz a termelt sör mennyiségétől, az üzemi viszonyoktól, az alkalmazott technológiai eljárástól. A sörgyár vízszükséglete a termelt sör mennyiségének sokszorososa, 1 hl sörrelőállításához hozzávetőlegesen 0,9-1 4 m<sup>3</sup> vízre van szükség.

A sörfőzéshez használt víz döntő jelentőségű, ezért szigorú minőségi követelményeknek kell megfelelnie. Nem elegendő a jó minőségű ivóvíz, a sörfőzővíznek a főzött sör jellegének megfelelő összetételűnek kell lennie.

A víz híg sóoldatnak tekinthető, ami a víz természetben való körforgásából adódik. A vízben oldott sók mennyisége és minősége függ attól, hogy a földrétegnek amelyen átfolyik, milyenek a geológiai, kémiai adottságai.

A vízben levő sók fontos szerepet töltenek be a malátázás és sörfőzés folyamán. A maláta és a sörlé anyagaival reakcióba lépnek, valamint részt vesznek az enzimes folyamatokban, befolyásolva azokat. Ezért szükséges a rendelkezésre álló víz vizsgálata, fontos a fizikai, kémiai és bakteriológiai jellemzőinek ismerete.

A víz fizikai jellemzői:

- a víz hőmérséklete
- szaga / illata
- íze
- átlátszósága
- zavarossága, színeződése.

A természetes vizek szagát és ízét, a hőmérséklet, a vízben oldott gázok és egyéb alkotórészek összetétele befolyásolja. A víznek tisztának, színtelennek, íz- és szagmentesnek kell lennie.

A víz kémiai jellemzői:

A víz a benne oldott sók alapján híg oldatnak tekinthető, amelyben a sók disszociált állapotban vannak jelen. A természetes vizek keménységét a bennük oldott kalcium- és magnéziumsók okozzák. A vízben oldott sók minősége és mennyisége alapján, különböző keménységű sörfőzővizekről beszélhetünk.

1 német keménység ( $\text{nk}^\circ$ ) = 10 mg  $\text{CaO}/\text{dm}^3$  víz.

A víz összes keménysége a vízben levő összes kalcium- és magnéziumsó mennyiségét jelenti. Értéke 1-30  $\text{nk}^\circ$  között változik, de lehet ennél több is. A 8-12  $\text{nk}^\circ$  közepes keménységű vizet jelent, 8  $\text{nk}^\circ$  alatt lágy, 12  $\text{nk}^\circ$  fölött pedig kemény a vízről beszélünk.

A keménységi fok önmagában nem jelöli meg pontosan a sörfőzővíz technológiai tulajdonságait. A vizeket a bennük található, domináló oldott sók alapján karbonátos, valamint szulfátos vizekre csoportosítják. A víz karbonát-keménysége jelenti a változó keménységet, a szulfátok és kloridok által okozott keménység pedig az állandó keménységet mutatja.

Az összes keménység nem ad teljes képet a víz jellegéről, ismerni kell azt is, hogy milyen arányú a karbonát és a szulfát keménység. A különböző fő sörtípusok kialakulása (mint pl. pilseni, müncheni, kőbányai, bécsi, dortmundi) a speciális vízösszetételre vezethető vissza.

- A müncheni víz: kemény 15-16  $\text{nk}^\circ$  és kicsi a szulfát tartalma.
- A pilseni víz: nagyon lágy 1-2  $\text{nk}^\circ$  és sószegény.
- A dortmundi víz: szulfátos.
- A kőbányai víz: karbonátos, a kőbányai sörgyárak telepítésének egyik alapja a híres kőbányai karbonátos víz, melynek keménysége 10-15  $\text{nk}^\circ$ .

A vízben jelenlevő különböző ionok, a sörfőzési folyamatokra és a sör minőségére gyakorolt hatásának összefoglalása:

|                                     |                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{H}^+$ , $\text{OH}^-$        | arányuktól függ a pH                                                                                                                                           |
| $\text{Ca}^{2+}$                    | Fontos szerepet tölt be a foszfátok leválasztásában és ezáltal a sörle pH-jának beállításában. Az élesztő csomósodását, ülepedését segíti elő                  |
| $\text{Mg}^{2+}$                    | Sói oldhatóbbak, mint a Ca-sók, így kisebb hatást gyakorolnak a pH-ra és az ízre, kivéve a $\text{MgSO}_4$ , amely ízrontó hatású.                             |
| $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$        | Nyomokban a nátrium kedvező hatású a sör ízére                                                                                                                 |
| $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ | Nagyobb mennyiségekben, lerakódik a csővezetékben, gyengíti az élesztőt, hozzájárul a sör cseranyagainak oxidációjához, tehát kedvezőtlen a sörfőzés folyamán. |
| $\text{Mn}^{2+}$                    | Nyomokban előnyös, az élesztő anyagcseréjénél fontos. Nagyobb mennyiségben zavaró, ezért a sörfőző vizekből a vassal együtt eltávolítják.                      |
| $\text{HCO}_3^-$                    | Nagy töménységben túl lúgos vizet ad, amely az ízt nagyon kedvezőtlenül befolyásolja. Melegítésre lebomlik.                                                    |
| $\text{Cl}^-$                       | Befolyásolja az ízt, megváltoztatja a keserűértéket, érettebb és teltebb ízt ad.                                                                               |
| $\text{NO}_3^-$                     | Részen nitritté redukálódik, ami az élesztőre toxikus hatású. Rontja az ízt.                                                                                   |

A felsorolt anionokon és kationokon kívül, a sörfőzővíz még egész sor más anyagot is tartalmazhat, amelyek egy bizonyos határértéken felül nehézségeket okozhatnak, ilyenek pl. a szabad szén-sav, a szabad klór, a szerves anyagok és kolloidok. A szabad szén-sav a természetes vizekben különböző mennyiségben fordul elő. A szabad szén-savak egy része szükséges a hidrogén-karbonátok oldatban tartásához, de az ezen felül vízben található szabad szén-sav korróziót okozhat.

A sörfőző víz bakteriológiai tisztaságát az ivóvízszabvány írja elő. Amennyiben a rendelkezésre álló vízforrás ezeket a követelményeket nem elégíti ki, szükségessé válik a víz csírátlantítása. Ezt a vízelőkészítési technológia folyamán általában klórozással oldják meg, de jól használható az ózon, ill. az ultraibolya sugárzás is.

A víz fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságainak, meg kell felelnie az ivóvízszabványban előírtaknak.

Fizikai problémák előfordulhatnak zavarosság formájában, lehetnek szín, szag és íz problémák. A hiba kiküszöbölése általában, a kémiai, ill. a mikrobiológiai kezeléssel együtt történik. A természetes vizek igen gyakran tartalmaznak, a szabványban előírtnál nagyobb mennyiségű vasat, mangánt is. Mindkettőre jellemző, hogy a víznek levegővel való érintkezése során, pelyhes csapadék formájában, oldhatatlan alakban kiválik és a tároló tartályokban, csővezetékben leülepszik. A vastalanítás legegyszerűbb módszere a víz levegőztetése és szűrése.

A karbonáttalanítás lehetséges módszerei

Forralás: a  $\text{CaCO}_3$  -os keménységnél vezet eredményre, a  $\text{MgCO}_3$  mennyisége gyakorlatilag nem változik. Költséges eljárás.

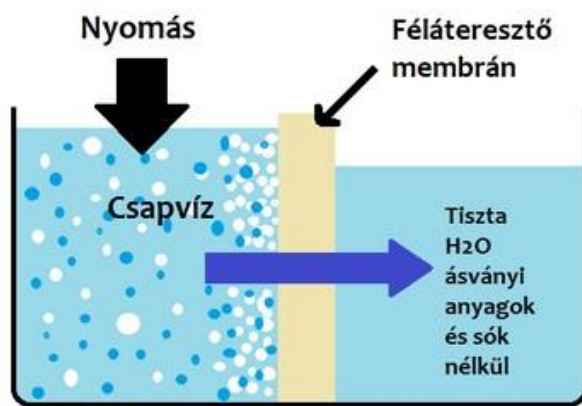
Meszes lágyítás:  $\text{Ca(OH)}_2$ , segítségével a vízben oldott kalcium- és magnézium-hidrogén - karbonátokat kicsapatják és a szilárd részeket ülepítik, majd a vizet megszűrik,

Vas-sók adagolásával a pelyhesedés elősegíthető, a keletkező csapadék könnyebben elválasztható a víztől.

Savak adagolásával (pl. foszforsav, sósav, citromsav) a víz összes keménysége nem változik, csak a karbonát-keménység tolódik el a nem karbonát-keménység javára.

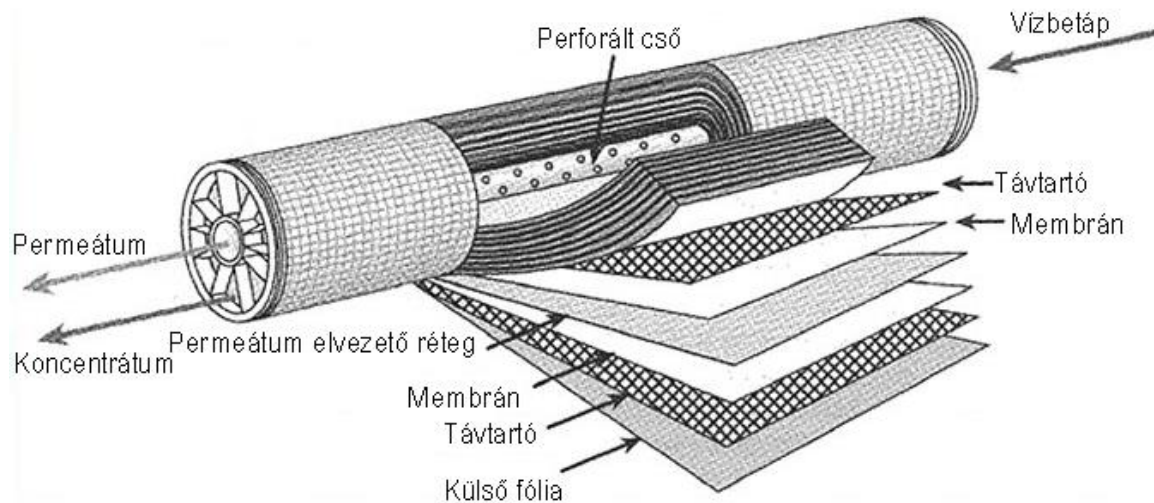
### Teljes sóatlanítás

Az ioncserélő műgyanták olyan nagy molekulájú, vízben oldhatatlan műanyagok, amelyekben kicserélhető ionok vannak. Attól függően, hogy pozitív vagy negatív ionokat cserélnek, lehetnek kation-, vagy anion-cserélő műgyanták. A vízben lévő ionok és a gyantán lévő ionok helyet cserélnek. A vizek lágyítására kation-cserélő műgyantákat használnak. A vízben levő  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  ionokat,  $\text{Na}^+$  vagy  $\text{H}^+$  ionra cserélik. A sörfőző víz előkészítéséhez,  $\text{H}^+$  bázisú műgyantát célszerű felhasználni. A gyanta kimerülése után az oszlopot regenerálni kell.

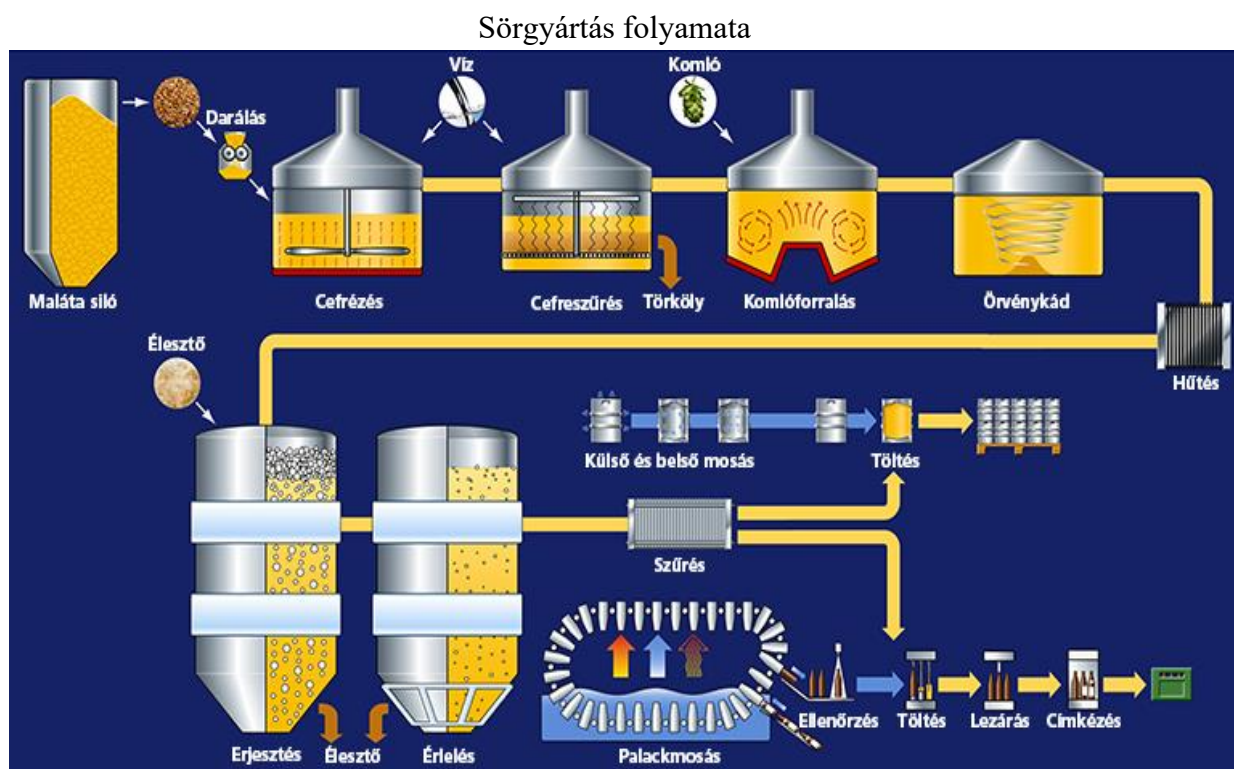


A fordított ozmózis vízkezelési technológia, féligáteresztő membránt használ fel a vízben oldott sók kiválasztására. A kezelendő vizet szűrőssel előtisztítják. Ezt követően egy nagy nyomású szivattyú segítségével a nyers víz (koncentrátum) oldalán nyomást hoznak létre, amely az ozmózisnyomással szemben a vízmolekulákat (permeátum) a membránon keresztül a nagyobb koncentráció felé szállítja. A membrán az

oldott sókon kívül a szerves anyagokat, baktériumokat, vírusokat is visszatartja.



### 3. Sörgyártás



A sör készítése, a sörlé előállításának műveleteivel kezdődik. Ide tartozik a maláta őrlése, a cefrőzés, a cefre szűrése, a komlóforralás, a komlósűrítés vagy ülepítés, valamint a sörlé kezelése (forró seprő leválasztás, hűtés, levegőztetés, hidegseprő eltávolítás). Ezt követően élesztő szintenyészet adagolásával a sörlé erjesztése, majd ászokolása (utó erjesztése) történik. Végül a sör szűrésére és stabilizálására kerül sor. Az így elkészített sört fejthetik hordóba, palackba vagy dobozba. Tárolás és kiszállítás után jut el a fogyasztókhoz.

#### 3.1. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-702 számú irányelve a sörről

- Cefrőzés: a malátaőrlemény vagy a maláta - és pótanyagőrlemény összetevőinek oldhatóvá tétele víz hozzáadásával
- Eredeti extrakttartalom: a sörlében lévő oldható szárazanyag tartalom az erjesztés előtt
- Komlókészítmény: a komló nőivarú tobozaiból előállított termékek
- Maláta: mesterségesen csíráztatott, aszalt gabona
- Pótanyag: a maláta egy részének helyettesítésére szolgáló, enzimesen lebontható poliszacharidokat, vagy egyéb szénhidrátokat tartalmazó termék
- Sörlé: a maláta cefrézése, komlózása, hűtése során, a kész sör tulajdonságaihoz szükséges anyagokat oldott állapotban tartalmazó, erjeszthető oldat



### **Termékmeghatározás**

- Sör: malátából valamint pótanyagokból vízzel cefrézett, komlóval ízesített, sörélesztővel erjesztett, szén-dioxidban dús, általában alkoholtartalmú ital.
- Ízesített sör: olyan sör, amelyhez az íz kialakításához a komló helyett vagy mellett, egyéb ízesítőanyagot is felhasználtak.
- A sörjelleg kialakításához aroma felhasználásával készült alkoholmentes sör, nem számít ízesített sörnek.

### **Felhasználható összetevők**

- Elsődleges összetevők
  - Maláta (árpa, búza és egyéb gabona csíráztatásával készült termék)
  - Víz
- Egyéb szokásosan felhasználható összetevők
  - Adalékanyagok
  - Alkoholmentes sörök jellegének kialakításához szükséges aromák
  - Ízesítő-és színezőanyagok
  - Ízesített sörök ízesítésére és színezésére használt anyagok, aromák
  - Karamellmaláta és színezőmaláta
  - Komló, komlókészítmények
  - Pótanyagok
- Technológiai segédanyagok
  - Szén-dioxid, nitrogén, sörélesztő, szűrő-és derítőanyagok, enzimek

### **Minőségi jellemzők**

- Kémiai jellemzők
  - Alkoholtartalom szerint
    - Alkoholmentes (0,5 v/v% alatt)
    - Alkoholszegény (0,51 -1,5 v/v %)
    - Kis alkoholtartalmú (1,51-2,8 v/v %)
    - Normál alkoholtartalmú (2,81 –8,0 v/v %)
    - Nagy alkoholtartalmú (8,0 v/v% felett)
  - Érzékszervi jellemzők
    - Illat
    - Íz
    - Ízharmónia
    - Recencia
    - Keserűség

### **Csomagolás, tárolás**

- a csomagolt terméket hűvös, napfénytől védett helyen kell raktározni

## Jelölés

- minőségi jelzővel lehet ellátni azt a terméket, amelynek eredeti extrakttartalma, legalább 11 %

## Ajánlott gyártástechnológiai leírás

- Fő műveletei
  - Sörlé készítése
  - Erjesztés
  - Érlelés
  - Szűrés
  - Töltés

Ízesített sörök esetében az ízesítőanyagot a sörgyártás műveletei, legkésőbb az érlelés, vagy szűrés során adagolják a sörléhez, vagy sörhöz. Az érlelés, szűrés során hozzáadott ízesítőanyag a sör eredeti extrakttartalmát 1/3-nál nagyobb mértékben nem növelheti.

## 3.2. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-106számú irányelve a Megkülönböztető minőségi jelöléssel ellátott sörökről

### Termékmeghatározás

- A különleges minőségű sörök olyan, más söröktől megkülönböztethető, különleges tulajdonságokkal rendelkező termékek, amelyek a fogyasztók számára előállításmódjuk, összetételük, érzékszervi és egyéb tulajdonságaik miatt, további hozzáadott értéket jelentenek. Kizárólag természetes anyagokat tartalmazhatnak.

### Felhasználható összetevők

- Elsődleges összetevők
  - Maláta (árpa, búza és egyéb gabona csíráztatásával készült termék)
  - Víz
- Ízesítő-és színezőanyagok (**tilos a piros használata**)
  - **Adalékanyagok**
  - **Alkoholmentes sörök jellegének kialakításához szükséges aromák**
  - Ízesített sörök ízesítésére és színezésére használt anyagok (gyümölcsök, egyéb növényi részek, fűszerek, kivonatok), **aromák**
  - Karamellmaláta és színezőmaláta
  - Komló, komlókészítmények
  - **Pótanyagok**
- Technológiai segédanyagok
  - Szén-dioxid, nitrogén, sörelesztő, szűrő-és derítőanyagok, enzimek

### Minőségi jellemzők

- A különleges minőségű sör alkoholtartalma legalább 2,81 % (v/v), eredeti extrakttartalma legalább 13,5 % (m/m)

## Jelölés

- A termék nevét ki lehet egészíteni a „különleges minőségű” jelzéssel. Fel kell tüntetni a jelleget lényegesen befolyásoló ízesítést, fűszerezést, különleges eljárást

### 3.3. Maláta őrlése

A maláta őrlésénél a legfontosabb szempont, hogy az értékes alkotórészek tökéletesen ki tudjanak oldódni úgy, hogy a külső héjrészek lehetőleg egyben maradjanak, mert a cefre szűrésénél a természetes szűrőréteg kialakításában a héjrészek mennyiségének döntő szerepe van.

A sörlé előállításának legfontosabb követelménye, hogy a malátából és a pótanyagokból az értékes alkotórészek maximális mennyiségben kioldódjanak. A kivonatolás vízzel történik az előírt hőfokokon. Az oldás akkor tökéletes, ha a malátát megfelelően felaprózzák, vagyis megdarálják. A belső tápszövetet finomra kell őrölni. A külső héjrészek azonban lehetőleg egy darabban maradjanak, mivel a cefre szűrésénél, a természetes szűrőréteg kialakításánál az őrlemény összetételének, a durva héjrészek mennyiségének döntő hatása van. Minél több a durva héjrész, annál lazább szűrőréteg alakul ki és a szűrés annál zavartalanabb, annál tökéletesebb. Csak korszerű őrlőberendezéssel lehet megfelelő őrleményt előállítani. Eredetileg a malátát malomkövek között, majd pedig egyetlen hengerpáron darálták. Később áttértek a több hengeres malmok használatára. Általában 4 és 6 hengeres szárazőrlésű malmok fordulnak elő a gyakorlatban. A 4 - 6 hengeres malmokat sok helyen maláta kondicionálókkal, előnedvesítőkkel egészítik ki, az őrlőhatás javítása céljából. Ma leginkább a nedvesőrlőberendezéseket alkalmazzák a sörüzemekben.

Jó minőségű őrleményt 4 - 6 hengeres szárazmalmokon, vagy nedvesőrlő berendezésekben állítanak elő. A malmokban hengerpárok őrlik a malátát durva- és finomdarára, lisztre, a héjrészek visszamaradnak. A nedves őrlés előnye a szárazőrléshez képest, hogy a felvett nedvességtől a héj rugalmasabbá válik, ezért a héj alig sérül meg, miközben a magbelső kinyomódik és egészen finomra őrölhető. További előnyei a nedvesőrlésnek, hogy nincs porvesztés, a cefreszűrés ideje lerövidül, nő a főzőházi kihozatal. Az őrlés lehet szakaszos, vagy folyamatos üzemű. Folyamatos üzemű pl. a Steinecker-féle nedvesőrlő, amely malátatartályból, nedvesítő kamrából, őrlő hengerpárból és keverőkamrából álló berendezés. A maláta őrlésének végeztével ellenőrzik az őrlemény mennyiségét, valamint a szemcse nagyságának összetételét, osztályozószita segítségével.

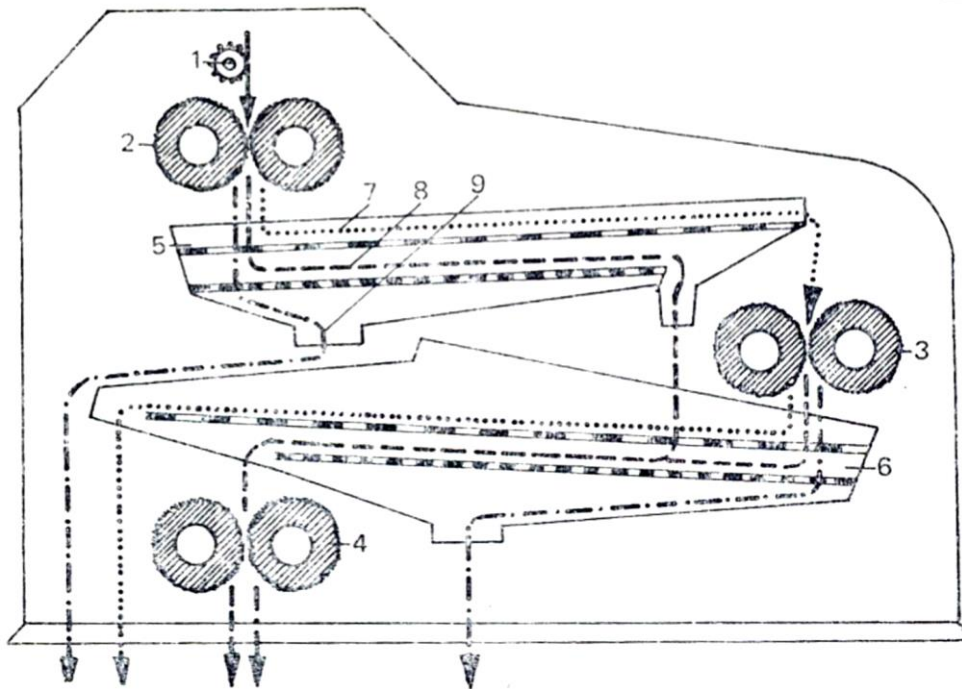
A malátaőrlése egy fizikai folyamat, melynek lényege, hogy a szemekben található keményítőt a cukrosítást végző biokatalizátorok, az enzimek számára minél jobban hozzáférhetővé tegyék. A maláta őrlésének célja: a malátahéj nagy darabokban váljon le (későbbi szűrésnél a kapillárisokat adja), magbelső feltárása, a finomőrlés (az extraktumot adja).

Típusai:

- szárazőrlés (kettő-, négy-,öt-és hathengeres malátamalmok)

- nedvesőrlés (egyhengerpár)

#### Hathengeres malom (száraz malátaőrölő)



1. elosztóhenger, 2. előtörő hengerpár, 3. héjhengerpár, 4. darahengerpár, 5. felső rázórosta, 6. alsó rázórosta, 7. héj a rátapadó daraszemcsékkel, 8. dara, 9. liszt

A hathengeres malátamalmok három hengerpárral őrlik a malátát. Az első hengerpár az előtörő, a második a héj-, a harmadik pedig a darahenger. A hengerpárok között rázósziták vannak. Az első hengerpár a malátát előtöri, a keletkezett őrlemény az első szitasorozatra esik, amely három részre bontja szét. A finomdarát és a lisztet nem őrlik tovább, ezek közvetlenül a gyűjtőszekrénybe hullanak. A durvadara a harmadik hengerpárra folyik. A héjrészekből a második hengerpár kiőrli a héjhoz tapadt endosperm részeket, de érintetlenül hagyja a héjakat. A második hengerpárról jövő őrleményt a második szitasorozat ismét három részre bontja. Ezek közül a durvadara frakció (héj), valamint a legfinomabb frakció (finomdara, liszt) egyenesen a gyűjtőszekrényekbe jut. A középső részt, a durvadarát az első szitasorozatról származó durvadarával együtt a harmadik hengerpár őrli lisztté. A darálás végtermékei tehát a durva- és finomdara, liszt és héjrészek. A darálás hatásfokát az egyes hengerpárok alatt elhelyezett mintavevő csövön kivett mintákból ellenőrzik, a malom összeteljesítményét, vagyis az összekevert őrlemény finomságát pedig, a kiömlőnyíláson felszerelt különleges mintavevőn vett mintából állapítják meg.

Az őrlemény finomsága a hengerek közötti rés változtatásával szabályozható. A hathengeres malátamalomban, függetlenül a maláta minőségétől, minden sörfőzési eljáráshoz megfelelő őrleményt lehet előállítani.

A hengerek közötti rést, az őrlemény osztályozása alapján kell beállítani. A beállításra általános érvényű előírás nem adható, mert az a maláta minőségétől, a főzőházi rendszertől, döntően a cefreszűrő berendezés konstrukciójától függ. Az első hengerpárt rendszerint úgy állítják be,

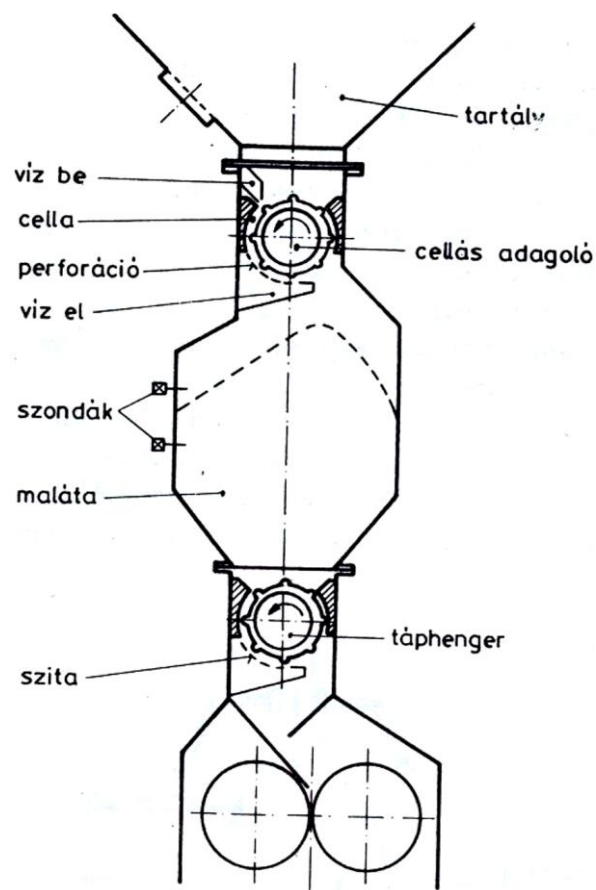
hogy a szemeket csak éppen feltörje, a darahengert pedig úgy, hogy az őrlemény közepes finomságú legyen. Ha a szűrés kifogástalan, a darahengerek közötti rés kisebbsíthető. A héjhengereket úgy kell beállítani, hogy a dararészek teljesen kiörlődjének a héjból, de a héj sértetlen maradjon. A hengerek felülete lehet sima vagy rovátkolt, attól függően, hogy milyen őrleményt kell előállítani.

#### Az őrlemény összetétele, ellenőrzése

Az őrlemény durva héjrészekből, dara - és lisztfinomságú részekből tevődik össze. A darálás akkor jó, ha az őrlemény sok finomdarát, lisztes részt és sok egészben maradt héjrészt tartalmaz. Azonos darálás esetén a rosszul oldott maláta mindig több durvadarát tartalmaz.

8. táblázat: Az optimális őrlemény összetétel:

#### Nedvesőrlés



A maláta száraz őrlésekor a héj, a kíméletes őrlés ellenére is többé-kevésbé felaprózódik. A maláta nedves őrlésekor viszont a héj rugalmassá válik, mert nedvességet vesz fel, ezért a malátaszem belsejét úgy ki lehet nyomni, hogy a héj alig sérül meg. A héj jobban megőrzi a szűrőképességét, a belső rész pedig finomabbra őrlhető.

A nedvesőrlés során a malátát áztatják, illetve kondicionálják vízzel, a héj ettől rugalmassá válik és így a darálás során csak a malátaszem lisztes belsejét töri össze az őrlőhenger, a héj egészben marad, melynek később fontos szerepe lesz.

A malátatartály és az adagolóhenger közé építik be az ún. folyamatos áztatót. A tartályból a maláta az első adagolóhengerre kerül.

A henger vékonyrétegben elviszi a teljes henger hosszúságban működő vízbevezető elosztó előtt, ott az anyagot teljes egészében víz borítja el. Majd a maláta tovább halad a cellás adagoló zárt részébe, ahol rákerül a perforált hajlított szitalemezre és a csorgóvíz

elvezetődik. Az áztatott, és csak feltapadt vízzel nedvesített anyag az utóáztatóba kerül.

A szondák teszik lehetővé a kívánt áztatási fok elérését. A táphenger az őrlőhengerekre adagolja a malátát.

A nedvesőrlő automatikusan működik. A négyféle technológiai művelet idejét az áztatást, a cefrézővíz lefolyását, a darálást, a berendezés kiöblítését előre be lehet programozni.

### Áztatás

Az áztatás kb. 20 percig tart. Az áztatáshoz felhasznált víz hőmérséklete 40 - 52 °C. A nedvesörlőbe beépített szivattyú a vizet körforgásban tartja. Az úszószelep annyi vizet enged át, hogy a víz a cirkuláció alatt is megfelelő szinten álljon a tartályban.

### Áztatóvíz leengedés

Az áztatóvizet cefrészővízként használják. A malátából áztatás folyamán extrakt oldódik ki, ezért az áztatóvíz cefrészővízként való felhasználása extrakt többletet jelen. Az áztatóvíz kb. 6-8 perc alatt folyik le.

### Örlés

Az adagolóhengeren keresztül az örlőhengerekre jut a maláta. A megőrölt maláta a hengerek alatti térben vízzel elegyedik és a víz-örlemény elegy szivattyú segítségével a bekeverő üstbe kerül. Az örlő hengerpár közé került malátaszem magbelső része a héjából kicsúszik, a héjrészek rugalmasságuk következtében csaknem egészben maradnak, míg a belső tápszövet finom örlése is megtörténik.

Ilyen értelemben a nedves örlésnek kettős jelentősége van: minél finomabb a malátaörlemény, annál jobb a főzőházi kihasználás, valamint az egészben maradt durva héjrészek javítják a szűrés idejét, hatásfokát. Az örlő hengerpár a szemtartalmat kipréseli a héjból. A szemcsúcsokban nem maradnak kemény, nehezen oldódó malátamaradékok. Az örlés folyamata kb. 30 percig tart. A becefrzés hőmérsékletét az alkalmazott cefrzési eljárásnak megfelelően állítják be.

### Öblítés

Az örlés befejezése után a berendezés önműködően tisztítja magát. Az öblítés 2-3 percig tart. A csőrendszeren keresztül, a szelepek állításával az öblítővíz lemossa a malátatartályt, valamint a hengerpárok alatti teret. A szivattyú az öblítővizet is az üstbe szállítja. A teljes munkafolyamat ideje kb. 60 perc.

A kívánt hőmérsékletű áztató -, cefrészővizet a berendezéshez tartozó automatikus, szelepes vízkeverő állítja elő. A szelepek működtetése hidraulikus. A nedvesörlő berendezés teljesen automatizált, azonban vezérlési hibák esetén a munkafolyamat, kézi irányítással is elvégezhető.

A nedvesörlő berendezések rendkívül érzékenyek a portartalomra, ügyelni kell ezért az örlést megelőző malátatisztítás hatásfokára. A malátát portól, fémszennyeződésektől meg kell tisztítani, mert az örlő hengerpárra kerülő fémdarabok megrongálhatják a henger felületét, helyrehozhatatlan károkat okozhatnak benne. A hengerek rovátkoltságát ellenőrizni kell. A felületkiképzés javítására, 6-8 alkalommal van lehetőség, mielőtt a hengerpár kicserélésre szorulna.

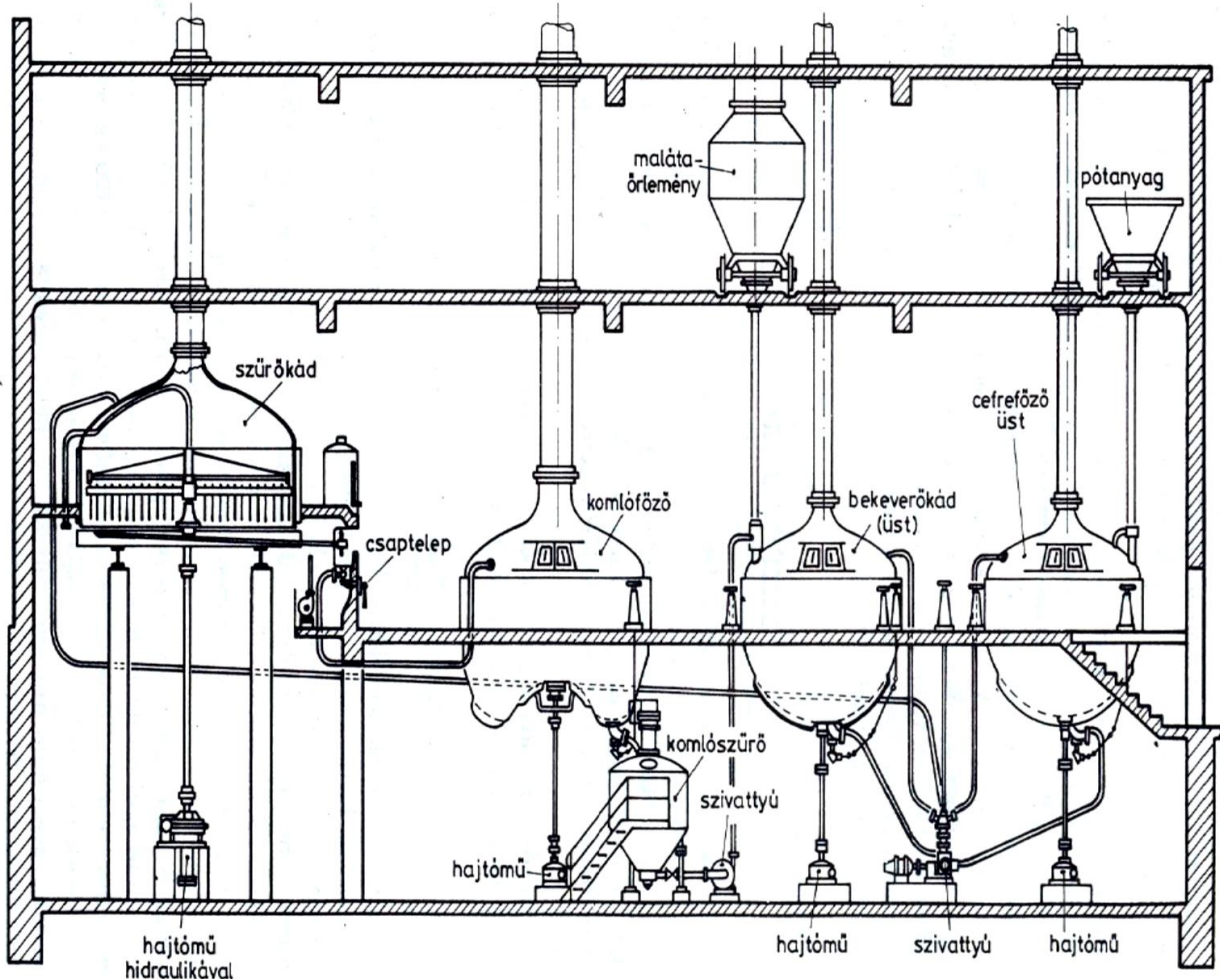
A nedvesörlés előnyei a szárazörléssel szemben:

- nincs porvesztés,
- a cefreszűrés ideje lerövidül,



- a főzőházi kihozatal nő,
- az őrlés helyszükséglete kicsi,
- automatizálható.

### Hagyományos főzőház



### 3.4. Cefrézés

A **cefrézés célja** a malátából (és pótanyagokból) kinyerni a lehető legtöbb extrakt tartalmat, valamint a malátaszemben lévő oldhatatlan vegyületeket, a cefrézés folyamán lejátszódó enzimes folyamatok hatására, oldhatóvá tenni.

A malátaszem túlnyomó része vízben oldhatatlan. Enzimek hatására azonban oldhatóvá válik, egyszerű vegyületekké alakul. A cefrézés folyamán tehát enzimes folyamatok mennek végbe: az enzimes folyamatok közül két lényeges átalakulást tartunk fontosnak, a keményítőbontást (cukrosítást) és a fehérjék lebontását. Ezeket a folyamatokat a malátában levő enzimek katalizálják.

A cefrézés alatt végbemenő változásoknak mennyiségi és minőségi jelentőségük van. A feloldódó anyagok mennyisége határozza meg az anyagkihasználás mértékét, a főzőházi nyeredéket. A bontás mértéke, vagyis a bontástermékek molekuláinak nagysága a sör legfontosabb minőségi tulajdonságait (íz, habtartósság, alkoholtartalom, végerjedésszint) határozzák meg.

A cefrézést vízzel végzik, meghatározott hőfokokon és bár a folyamat során oldás történik, túlnyomórészt enzimbontás játszódik le.

Az amilázok az endospermiben levő keményítőt dextrinre és maltózra, a proteolitikus enzimek a komplex fehérjeanyagokat oldható nitrogén-bontástermékekké, a fitáz pedig a fitint inozitra és foszfátokra hasítja szét. Ezek az enzimes átalakulások már malátázáskor megindulnak és a cefrézéskor már csak folytatódnak.

Az enzimtevékenységnek köszönhető, hogy az árpából maláta és a malátából sör állítható elő. Ez a malátázás folyamán összefüggésben van az árpa csírázóképeségével és az alkalmazott malátázási technológiával. Az enzimtevékenység a főzőházban, a kedvező hőmérséklet hatására rövid idő alatt érvényre jut. Végeredményben a cefrézés folyamatából vissza lehet következtetni a maláta minőségére, tehát a söripari értékére, ami egymással összefüggő kétféle tulajdonságon alapszik: az enzimkapacitáson és az endosperm anyagának enzimek közreműködésével létrejött feltárásán, azaz oldhatóvá tételén.

A cefrézés folyamata, folytatása a csírázás alatt végbemenő oldási folyamatnak. A két folyamat között mégis lényegi különbség van. A csírázás alapjában véve életfolyamatok összessége. Ezeknek az életfolyamatoknak az eredménye az enzimek keletkezése, melynek következményei az endospermiben lejátszódó folyamatok és a csíra fejlődése. A változások - az alacsony hőmérsékletnek és a víztartalomnak megfelelően - mint életfolyamatok, aránylag lassúak és napokig tartanak.

A cefrézés ezzel szemben kizárólag kémiai folyamat. Az életfolyamatokra jellemző építő enzimtevékenység itt teljesen hiányzik. Bár ugyanazok a bontóenzimek működnek itt is, mint csírázás közben, azonban lényegesen más körülmények között.

Az őrlés, a sok víz jelenléte, a megfelelő hőmérséklettartás lehetővé teszi, hogy a maláta anyagai az enzimek segítségével néhány óra alatt lebontódjanak, oldhatóvá váljanak.

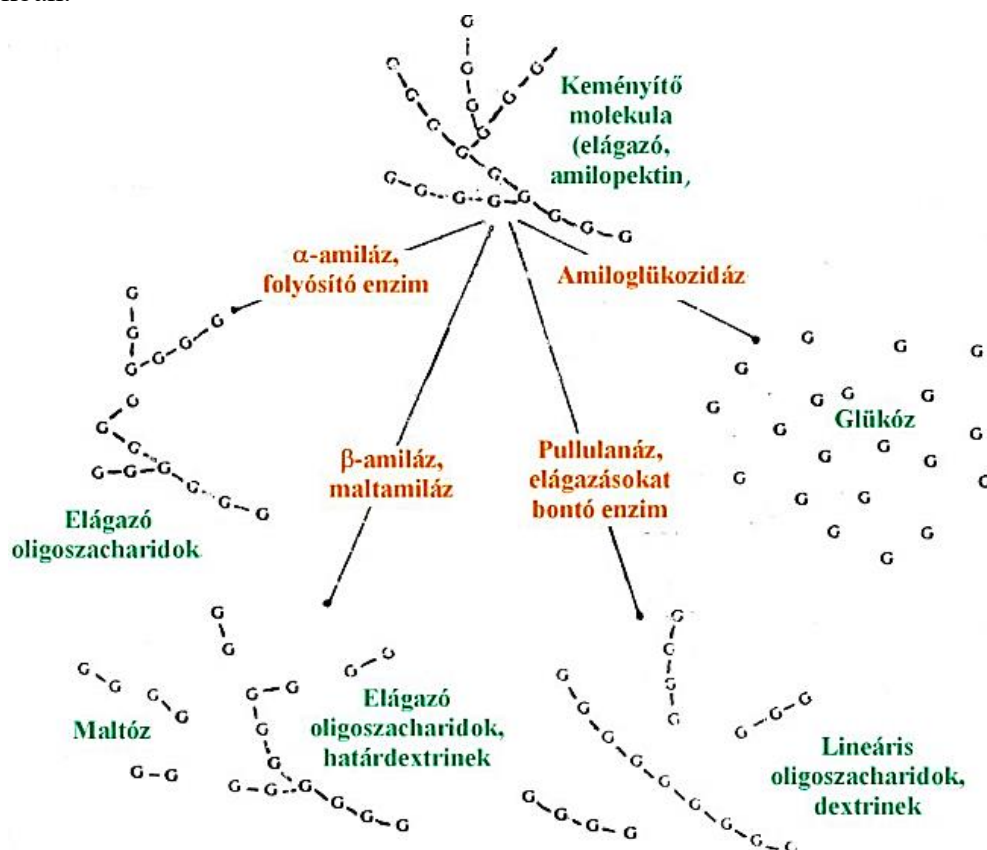
#### *3.4.1. Keményítőbontás*

A cefrézés legfontosabb enzimes folyamata a keményítőbontás. A sörfőzés közben elsőrendű szerepet töltenek be a szénhidrátok, mivel ezek az anyagok a maláta és a sörlé extraktjának 90 %-át képezik. A legfontosabb feladat a keményítő hasznosítható szénhidráttá, cukorrá és dextrinné való átalakítása.

A keményítő glükózegységekből álló poliszacharid, amely két különálló csoportból tevődik össze. Az egyik csoportot képezi a 2000-3000 glükóz egységből álló, egyenes láncú  $\alpha$ -1,4 glükozidkötésű amilóz. A másik csoport az amilopektin, amely elágazó kötésekkel tartalmaz, amelynek ágai 15-30 glükózegységből épülnek fel és az elágazásoknál,  $\alpha$ -1,6 glükozid kötéssel kapcsolódnak egymáshoz.

Az árpakeményítő kb. 20-25 % amilózt és 75-80 % amilopektint tartalmaz. A kukorica keményítője viszont fele-fele arányban áll amilózból és amilopektinből.

A keményítő szemcsés anyag és minden növényre nézve karakterisztikus. Azonos növényekben találhatunk kisebb és nagyobb szemcséket is. A kis és nagy szemcsék aránya, fajtatulajdonság, vagy évszaktól függő tulajdonság és a cukrosításnál fontos tényező. A nyers keményítő nem tiszta anyag, mindig tartalmaz bizonyos mennyiségű hamut, benne P-t, K-ot, Si-ot és Ca-ot. Kísérletekkel bizonyított tény, hogy minél többet tartalmaz a keményítőszemcse ezekből az ásványi anyagokból, annál nehezebben cukrosodik a cefre. Megállapították, hogy ezek az ásványi anyagok a szemcsék felületén lokalizálódnak és az amilázokat, mintegy akadályozzák bontó hatásukban.



A keményítőszemcse hideg vízben oldhatatlan. Meleg vízben vizet vesz fel, és megduzzad. A hőmérséklet növekedésével fokozódik a duzzadás, amíg végül 70 °C-on a keményítőszemcse szétesik (dextrinesedik). A cefrézéskor az elfolyósodást és a elcsirizesedést, nem lehet külön megfigyelni. Cukrosodásnak nevezik azt a jelenséget, amikor az elfolyósodott keményítő dextrinné és maltózzá alakul át.

A keményítóbontás a cefrében jelenlevő keményítóbontóenzimek összesített működésének eredménye. A malátában kétféle amiláz enzim van:

| Enzim neve  | Hőfok optimuma (°C) | pH optimuma |
|-------------|---------------------|-------------|
| alfa-amiláz | 70 – 75             | 5,6 – 5,8   |
| béta-amiláz | 60 – 65             | 5,4 – 5,6   |

A két amiláz enzim között az a különbség, hogy a cukorképző amiláz (béta-amiláz) a keményítőből cefrézéskor több maltózt és kevesebb dextrint tud képezni, a dextrinképző amiláz (alfa-amiláz) pedig több dextrint és kevesebb maltózt képez. Mindkét enzimnek keményítőcsiriz-elfolyósító, dextrinképző és elcukrosító hatása is van. Ezt a hármas feladatot azonban a két enzim különbözőképpen végzi el. Az  $\alpha$ -amiláz mellett a  $\beta$ -amiláz csak kiegészítő, hatásfokozó enzim.

Az alfa-amiláz a keményítőt túlnyomórészt kis molekulatömegű dextrinekre hasítja fel cefrézéskor. Hatása a keményítőcsiriz elfolyósodásában, a jódreakció gyors színváltozásával (kék színreakció) követhető. A dextrinek mellett maltózt és csekély mennyiségben glükózt is képez.

A béta-amiláz a keményítőt maltózra és amilodextrin típusú nagy molekulatömegű dextrinre hasítja. Az amilodextrin a keményítőhöz hasonló tulajdonságú.

Kisebbségi mértékben vesznek részt a keményítőbontásban az alfa-glükozidáz, a maltáz, és a határdextrináz enzimek (R-enzim).

Az alfa-amiláz is le tudná bontani a keményítőláncokat maltózra, de a reakció lejátszódásához hosszú időre lenne szükség. A két enzimes csoport kiegészítve egymást, gyorsan bontja a keményítőt cukorra és dextrinné. Mindig maradnak azonban lebontatlan molekuladarabok, mégpedig az amilopektin-elágazások, az alfa 1,6 kötések (láncvégek), melyek rendszerint 3 glükózegységből állnak, az elágazás végét képezik, nevük maltotrióz.

Az alfa- és a béta-amiláz mellett a határdextrineket bontó dextrinázenzim is jelen van, amely az alfa- és béta-amilázzal együttműködve az alfa - 1,6 kötésű határdextrinekből maltózt és maltotriózt bont le. Az alfa-glükozidáz a végkötésekre van hatással és onnan 1-1 molekula glükózt szakít le. Az R-enzim a béta - határdextrineket bontja.

A keményítőbontásnál, a lebontott termékek között szerepel elsősorban a maltóz, a glükóz, a maltotrióz, az oligoszacharidok és a különböző molekulatömegű dextrinféleségek. A szacharóz és a fruktóz, már részben az árpában is jelen volt, részben a malátázás alatt keletkezett. A glükóz részben a malátázás, részben pedig a cefrézés alatt keletkezik. Maltóz a malátában nagyon kis mennyiségben van jelen, mert az a mennyiség, ami akkor keletkezik, gyakorlatilag el is bomlik glükózra. Tehát megállapítható, hogy a cefrében jelenlevő összes bomlástermék a maltóztól a dextrinig mind a cefrézés alatt keletkezik.

### *3.4.2. Fehérjebontás*

A fehérjebontás a keményítőbontással párhuzamos folyamat. Ez azonban a keményítőbontáshoz viszonyítva a cefrézés folyamán erősen háttérbe szorul. Egyrészt azért, mert az összextrakthoz is csak egészen kis százalékban járul hozzá, másrészt, mert a fehérjebontás nagyobb része már a malátázás alatt lezajlik. A sörlébe kerülő oldott nitrogén 70 %-a malátázás alatt és mindössze 30 %-a képződik a cefrézés alatt. A fehérje bontás ennek ellenére nagy jelentőségű a cefrézés folyamán is, a habtartósság, a telt íz és a fehérjeállandóság szempontjából, valamint az élesztő tápanyaga.

Malátázáskor, sok a kis molekulatömegű fehérje-bontástermék. Az oldatba ment fehérjeanyagnak 40 %-a formol-nitrogén, a cefrőzés alatt oldatba ment fehérjeanyagnak pedig csak 20 %-a kis molekulatömegű alkotórész, több a nagy molekulatömegű és több az állandóan oldott, tehát nem koagulálható fehérje-bontástermék. Ugyanazok a bontóenzimek, proteázok működnek itt is, mint a csírázásnál, azonban lényegesen eltérő körülmények között. A proteázok hatáskörük szerint lehetnek proteinázok és peptidázok.

A proteinázok az oldhatatlan nagy molekulájú fehérjéről szakítanak le oldható, ugyancsak nagy molekulatömegűnek tekinthető alkotórészeket, emellett ha a hőfok kedvező számukra, akkor közép-molekulájú fehérje-bontástermékeket is létrehozhatnak. A peptidázok a már oldott állapotban levő nagy molekulájú fehérjét bontják le kismolekulájú alkotóelemekre, peptidekre és aminosavakra. A cefrőzés alatt koaguláció, fehérjekicsapódás is lejátszódik.

#### *3.4.3. Az enzimhatást befolyásoló tényezők*

Minden enzimnek pontosan meghatározott szerepe van. Hatásukat külső körülményekkel – hőmérséklet, pH, reakció idő, koncentráció – befolyásolni lehet, ezáltal a folyamatok jól irányíthatók.

A  $\beta$  - amiláz cukrosító amiláz, csak az egyenes láncokat képes teljesen elbontani. A  $\beta$ -amiláz a keményítőlánc bontását kizárólag, a nem redukáló láncvégen tudja megkezdeni és két glükózegységenként hasítja a keményítőt, az  $\alpha$ -1-4-es kötéseknel. A  $\beta$ -amiláz hat az amilopektinre is. Az elágazásokban levő  $\alpha$  1-6 glükozid-kötéseket azonban nem tudja felbontani és csak a végkötéseken levő glükózegységeket hasítja le párosával. Az amilopektint a  $\beta$ -amiláz 40-50 %-ban tudja lebontani. A  $\beta$ -amiláz hőfokoptimuma 60-65 °C (70-75 °C-on inaktíválódik), pH-optimuma 5 4-5,6.

Az  $\alpha$ -amiláz egyformán hidrolizálja az amilózt és az amilopektint. Ellenállóbb a magasabb hőfokkal szemben, leghatékonyabb 70-75 °C-on, de 80 °C-on már rövid idő alatt inaktíválódik, pH-optimuma 5,6-5,8. Hatása abban áll, hogy az egyenes láncvégeket lehasítja tetszés szerinti helyeken, így a hosszú láncú amilózt rövidebb láncokra bontja el, dextrin, maltóz, maltotrióz, glükóz és határdextrinek keletkeznek. Így ezzel mintegy előkészíti a közeget, elfolyósítja a nagy viszkozitású cefrét, azaz hozzáférhetővé alakítja át, a béta -amilázok számára.

A keményítőbontásnak szigorú feltétele, hogy ne maradjon a cefrében keményítő, vagy nagy molekulájú komplex dextrin, mert ezek az anyagok elsősorban extraktvesztiséget okoznak, másodsorban pedig károsan hatnak a sör minőségére is. A jól elkészített sörlének meghatározott mennyiségű erjeszthető szénhidrátot kell tartalmaznia. A bontástermékek közül, a glükóz, a fruktóz, a szacharóz, a maltóz és a maltotrióz erjeszthető. A maltotrióz, amely az erjeszthető cukrok tekintélyes részét képezi, nehezebben erjeszthető, mint az egyszerű cukor.

Ha a cefrőzés alatt a hőfokot huzamosabb ideig 60-65 °C között tartják, akkor ez a  $\beta$ -amiláz működésének kedvez, a cefrében több cukor, azaz maltóz fog keletkezni, nagyobb lesz az erjeszthetősége. Ha ezt a hőfokintervallumot kihagyják és rögtön áttérnek a 70-75 °C-os

cukrosításra, akkor a keményítő gyakorlatilag csak az  $\alpha$ -amiláz hatására bomlik, így sokkal több dextrin képződik.

A sörlében a cukrosítás után is mindig marad meghatározott mennyiségű nagy molekulatömegű anyag, komplex cukrok, oligoszacharidok, különböző molekulájú dextrinanyagok, amelyek nem erjeszthetők. Ezeknek az anyagoknak a mennyisége az elcukrosodott keményítőre számítva kb. 20%. Az erjeszthető és a nem erjeszthető szénhidrát aránya tehát nagymértékben függ az  $\alpha$ - és a  $\beta$ -amiláz működésétől, aktivitásától, tehát végső soron a cefrézés módjától.

Kísérletekkel bizonyították, hogy ha rövidebb időt fordítottak a 60-65 °C-os cukrosításra, kevesebb maltóz keletkezett a cefrében és ezzel arányosan kevesebb közép molekulatömegű fehérje is képződött, amitől a sör telt íze elsősorban függ. A dextrindús sör szükségszerűen kevesebb alkoholt tartalmaz, így a telt ízhatás is elmarad, mivel a sörök telt íze a fehérjék mellett, sokkal nagyobb mértékben függ az alkoholtartalomtól, mint a jelenlevő dextrintartalomtól. A dextrinben gazdagabb sörök a kóstolási próbán üresebbnek bizonyulnak. Viszont a dextrinek védőkolloidok, ezáltal a sör stabilitását erősítik.

A sörlé extraktjának könnyen erjeszthető, nehezen erjeszthető és nem erjeszthető komponensei határozzák meg, az erjedés lefolyását és ezáltal a kész sör ízét, karakterét. Különböző típusú söröknél más és más a követelmény, a glükóz, fruktóz, maltóz, szacharóz, maltotrióz, a kis és nagy molekulájú dextrinek arányára.

A világos söröknél a végerjedésfok elvárt értéke 80% körüli, kb. 42% maltóztartalommal, a barna söröknél 71 % körüli a végerjedésfok, kb. 35 % maltóztartalommal.

A malátacefrézéskor a keményítő teljes lebontására kell törekedni, mivel ettől függ a maláta főzőházi hasznosításának mértéke.

A cefrézés előrehaladásáról és befejezéséről a gyakorlatban jódpróbával lehet meggyőződni.

A jó sörlének jódnormálnak kell lennie, ami azt jelenti, hogy a sörlében n/50 jóddat hozzáadására ne jelenjék meg színeződés. Kék színeződés esetén az amilóz hiányosan van lebontva, mert a kék színt csakis az amilóz adja. Vörös színreakció esetén az amilopektin nincs jól lebontva, vagy nagy molekulájú komplex dextrinek vannak jelen a közegben.

A fehérjebontás folyamata a főzőházban elsősorban a hőmérséklettől és a pH-tól függ.

A fehérjebontás szempontjából a hőfok és a pH azért lényeges tényező, mert a proteínázok és a peptidázok különböző hőmérsékleten és különböző pH-jú oldatban végzik a legtekélyesebben munkájukat.

A főzőházi fehérjebontásnál a proteínáz enzimeknek jut a nagyobb szerep. Ezek az enzimek a magasabb hőmérsékletet jobban tűrik, mint a peptidázok. 45-55 °C-on a leghatékonyabbak, de még 60 °C-on is nagyon jól működnek, pH- optimumuk 4,6-5,0. Tapasztalat alapján a sörlé fehérjeösszetételét és fehérjemennyiségét bizonyos mértékig lehet csak a cefrézés módjával befolyásolni. A fehérjeoldottság fokát nem tudják a főzőházban olyan biztos módszerrel megállapítani, mint a keményítőbontásnál. Nincs olyan egyszerű módszer, mint a jódpróba vagy a végerjedésfok megállapítása. A fehérjeoldottságra következtethetnek érzékszervi vizsgálatokból, a komlózott sörlé fényéből, illetve töréséből, a fehérjerészecskék komlóforralás



alatti tömörüléséből, csomósodásából, az erjesztő - és ászokpincében az ülepedés és tisztulás mértékéből és esetleg csak nehézkes kémiai módszerek segítségével tudnak a jó, vagy a rossz fehérjeoldottságra következtetni.

A fehérjebontásnak minőségi szempontból van nagy jelentősége, mert ettől függ nagy részben a sör telt íze, szénsavköttettsége, habképződése, habtartóssága, valamint a sörök eltarthatóága. Nem az a lényeges, hogy minél több fehérje oldódjon, hanem az, hogy a fehérjebontás különböző molekulagyágú termékei a sör minősége szempontjából a legjobb mennyiségi arányban oldódjanak.

A sör habtartóssága és telt íze elsősorban a benne levő nagyobb molekulájú fehérjebontási termékektől függ. A kis molekulájú fehérjebontási termékek pedig nélkülözhetetlen tápanyagok az élesztő számára.

Cefrőzés közben az endopeptidázok és karboxipeptidázok csoportja végzi a fehérjebontás túlnyomó részét (peptidekig, illetve aminosavakig).

A fehérjebontó enzimek — ellentétben a keményítőbontó enzimekkel — sűrűbb cefrében erőteljesebben hatnak, mint híg cefrében. Ez a jelenség lehetőséget nyújt a fehérje - és keményítőbontás arányának megváltoztatására.

A cefrőzés során a keményítőbontáson és a fehérjebontáson kívül egyéb változások is végbemennek. Ezek részben enzimés, részben nem enzimés folyamatok. Az enzimés folyamatok közül fontos a foszfatáz enzimek működése.

A foszfatázok a cefrőzés folyamán szerves kötésből szabadítanak fel foszfátokat, amelyek a víz sóival cserebomlásba lépnek és savanyúbbá teszik a cefrét. A foszfatázok működésének legkedvezőbb feltételei 40 - 50 °C és 5,0 pH. A sörélesztő foszfátszükségletét a sörléből elégíti ki.

A hemicelluláz enzimek az árpa sejtfalában lévő vegyületeket, a nagy molekulájú pentozánokat és a  $\beta$ -glükánokat bontják. A bontási folyamat már a malátagyártásnál megkezdődik. Nem megfelelő lebontás esetén a cefre viszkozitása magas, ami szűrés problémákat okozhat. Optimális működési hőmérsékletük 45 - 55 °C, pH-optimumuk 4,5-4,8.

Cefrőzés enzimés folyamatai

| <i>Enzim</i>      | <i>Hőmérsékleti optimum °C</i> | <i>pH optimum</i> | <i>Inaktiválódási hőfok °C</i> | <i>Termék</i>                           |
|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|
| a-amiláz          | 70-75 °C                       | 5,6-5,8           | 80                             | dextrin                                 |
| $\beta$ -amiláz   | 60-65 °C                       | 5,4-5,6           | 70                             | maltóz                                  |
| Proteolitikus     | 45-50 °C                       | 5,0-5,5           | 60                             | peptidek,<br>amindésavak                |
| $\beta$ -glükánáz | 40-45°C                        | 4,5-4,8           | 55                             | kis molekulatömegű<br>$\beta$ -glükánok |
| Foszfatázok       | 50-53 °C                       | 5,0               | 60                             | foszforsav                              |

A cefrézést nem lehet gépiesen végezni, mindenkor figyelembe kell venni az éppen adott körülményeket. Főként a feldolgozásra kerülő anyagok minősége szerint kell a szükséges hőmérsékleteket és pihenőket megválasztani.

A sörfőzdeknek fontos feladata, hogy a forgalomba kerülő sörük mindenkor kifogástalan minőségű legyen. Hasonlóképpen fontos az is, hogy a sörök íze, színe és egyéb jellemző tulajdonsága a sör jellegének megfelelően, állandó és egyformán jó legyen, minden tétel esetében.

A cefrézéskor több fontos körülményt kell figyelembe venni. Legfontosabb az, hogy a maláta értékes részeit minél nagyobb mértékben hasznosítsák, vagyis minél jobb legyen az anyagkihasználás. Figyelemmel kell lenni az előállított sör jellegére is. A gyártásra kerülő anyagot mind mennyiségi, mind minőségi szempontból a legkedvezőbbben kell kihasználni, végül pedig a cefrézést a leggazdaságosabb módon és a legrövidebb idő alatt kell elvégezni.

Cefrézéskor a maláta keményítőjét malátacukorra és dextrinné alakítják át, a fehérje anyagainak egy részét lebontják, a malátában levő íz- és színanyagokat vízben feloldják. Ezért a megőrölt malátát vízzel elegyítik és az elegyből a szükséges mennyiséget, adott hőmérsékletekre emelik és közben hosszabb-rövidebb szüneteket, pihenőket tartanak. Végezetül pedig a teljes cefremennyiséget 75 °C-ra, a cefrőzés véghőfokára emelik. A cefrézéskor végbemenő átalakulási, bontási és oldási folyamatok részben enzimek hatására, részben pedig mechanikai hatásra jönnek létre.

A cefrézéssel nyert sörle összetétele függ a felhasznált anyag minőségétől, jellegétől és enzimtartalmától, valamint a víz kémiai összetételétől. Minél enzimdúsabb malátát használnak fel, annál könnyebben mennek végbe az átalakulási folyamatok, ami főként a cukrosításkor jut kifejezésre.

A világos sörök előállításához felhasznált malátákat viszonylag alacsony hőmérsékleten aszalják, ezért a világos sörök cefréiben több hatóképes enzim van, tehát gyorsabban cukrosodnak el.

A barna sörökhöz felhasznált malátát lényegesen magasabb hőfokon aszalják, ezért mindig jóval kevesebb hatóképes enzim van benne. A barna sörök cefréit hosszabb ideig forralják, és a keverőt hosszabb ideig járatják. A hosszabb ideig tartó cefreforralás által a maláta keményítősejtjei jobban feltáródnak, a keményítő könnyebben elcsirizesedik, ezzel nagymértékben megkönnyítve az enzimek munkáját. A hosszan tartó forralás során a malátában levő szín- és ízanyagok is megfelelő mértékben kialakulnak.

Cefrézéskor, a felhasználásra kerülő víz mennyiségét helyesen kell megválasztani, mert az enzimműködés szempontjából fontos tényező a cefre koncentrációja. Világos söröknél 100 kg őrleményhez kb. 400 liter, a barna söröknél 300-350 liter vizet kevernek. A főzőházban a sörfőzéshez szükséges vízmennyiséget két részben használják fel. Az első részt, a cefrözővizet a malátale előállítására használják. A második résszel mossák át a törkölyt, ez az ún. mászlóvíz.

A főzőházban a sörlé előállításához szükséges összes vízmennyiség, a gyártott sörlé mennyiségének a kétszerese szokott lenni.

#### 3.4.4. Cefrészési eljárások

A cefrészésnek nagyon sokféle módja van. A cefrészési eljárás többek között függ az előállítandó sör, valamint a felhasználásra kerülő anyag minőségétől.

A cefrészési eljárásokat két csoportba lehet osztani, felöntéses (infúziós) és forralásos (dekokciós) eljárás.

Az infúziós eljáráshoz egy fűthető berendezésre van szükség. A felöntéses eljárásban a cefrét nem forralják, csak lassan felmelegítik 75 °C-ra. Az eljárás előnye, hogy kevesebb a hőfelhasználás és a sör rövidebb idő alatt készül el, azonban kizárólag jól oldott maláták feldolgozásánál lehet alkalmazni. Hátránya, hogy rosszabb az anyag hasznosítása és a sörök tartóssága, az így készült sörök kevésbé telt ízűek.

A dekokciós eljárások két cefrészőberendezést igényelnek, amelyek közül az egyiknek fűthetőnek kell lennie (cefreforraló), a másik — a nagyobb térfogatú — lehet fűthető (cefrészőüst) vagy fűtés nélküli (cefrészőkád).

A forralásos eljárásban a cefrék egy részét forralják, amit a forralatlan részekkel kevernek. Közben érintik mindazon hőfokokat, amelyek a maláta anyagnak oldásához, az enzimes folyamatokhoz szükségesek. A forralásos cefrészés egy, két vagy három szakaszban végezhető. E szerint lehet egy-, két, vagy háromcefrés eljárást alkalmazni.

#### Háromcefrés eljárás

Becefrézéskor a szükséges hidegvíz - mennyiséget a cefrészőkádba / fűthető berendezésbe (üstbe) vezetik. Amint a maláta a vízzel tökéletesen elkeveredett és csomók már nem láthatók benne, a cefre hőmérsékletét 35 °C-ra növelik és 10 percig pihentetik. A melegítés alatt a cefrészőkád (üst) keverőjét állandóan járatják. Ezután a cefre egy részét, kb. harmadát, átszivattyúzzák a cefrefőző üstbe (első cefre). Felfűtik a cefrét 70-75 °C-ra, és ezen a hőmérsékleten tartják mindaddig, amíg a cukrosodás bekövetkezik. Rosszul cukrosodó maláták cefréit lassabban fűtik fel és hosszabb cukrosítási szüneteket tartanak. Az elcukrosodott cefrét felforralják. A főzés befejeztével, a felforralt cefrerésszel forrázzák a kádban (üstben) visszamaradt cefrét. A forrázás alatt a cefrésző keverőjét gyors fordulatszámmal kell járatni, hogy a beömlés helye körül a túlmelegedést megakadályozzák, mert az enzimpusztulást okoz. A hőmérséklet kiegyenlítődése után a második cefrét szivattyúzzák át a cefreforralóba. A forró cefrerész hozzáadása után a kádban a hőmérséklet 52 °C-ra emelkedik.

A második cefrét nagyjából úgy kezelik, mint az első. Ilyenkor azonban kevesebb cefrét visznek át a cefrefőző üstbe, mert a második cefre forrázása után kisebb hőfokemelkedést kell elérni. A forrázás befejezésekor 65 °C-ra kell emelni a cefre hőmérsékletét a cefrészőkádban (üstben). 60-65 °C a béta-amiláz optimális cukrosítási hőfoka. Sokkal hőérzékenyebb, mint az alfa-amiláz, 75 °C felett gyorsan inaktiválódik.

A harmadik cefrőzéskor is az előbbiekhöz hasonlóan járnak el. A harmadik cefre visszaszivattyúzása után, a cefre elcukrosodásának tökéletesnek kell lennie. Fontos követelmény, hogy a cefrőzés befejezésekor, a cefre hőmérséklete 75-76 °C legyen a cefrőzőkádban.

A háromcefrés eljárástól eltérő cefrőzési eljárások is nagy részben ezen az elven alapulnak. Előnyük, hogy rövidebb idő alatt és kevesebb fűtőanyag felhasználásával lehet elvégezni.

#### Kétcefrés eljárás

A kétcefrés eljárás abban különbözik a háromcefrés eljárástól, hogy az első részlet forralása elmarad. 50-52 °C-on cefréznek be, majd 15-30 perces fehérjepihenőt tartanak. Pihentetés után a cefre kb. 1/3 részét a cefrefőző üstbe viszik, elcukrosítják, majd felforralják. A cefrőzőkádba, illetve üstbe visszaszivattyúzott forró cefrével az egész cefre hőmérsékletét 65-67 °C-ra növelik. A második részletet, cukrosítási szünettel forrásig felfűtik, 15-20 percig forralják és a forralt cefrerésszel az egész cefre mennyiségét a cefrőzés cukrosítási vég hőfokára, 75 °C-ra melegítik.

#### Egycefrés eljárás

Egycefrés eljárásban a becefrézést 50-52 °C-on végzik és 30 percig ezen a hőmérsékleten tartják a cefrét. Utána 65 °C-ra emelik a hőmérsékletet. Ezután a cefrét ülepítik, a cefre sűrű részét az üstbe szivattyúzzák, a híg rész a cefrőzőkádban (üstben) marad. Az üstben lévő részt felforralják, majd a kádba szivattyúzzák, az egész cefrét összekeverik, 75 °C-on cukrosítják és befejezik a cefrézést.

#### Infúziós eljárás

A felöntéses (infúziós) eljárás abban különbözik a forralásos eljárástól, hogy a cefrét nem forralják. A cefrőzéshez üstre van szükség. A becefrézést 50-52 °C-on végzik és kb. 30 percig ezen a hőmérsékleten tartják a cefrét. Ezután a hőmérsékletet 60-65 °C-ra emelik, ezen a hőmérsékleten tartják kb. 1 órán át. Majd a hőmérsékletet 70-75 °C-ra emelik és a jódnormál állapotig ezen a hőmérsékleten tartják.

#### Rövidített cefrőzőeljárás

Az eljárást a rövid cefrőzési idő és az aránylag magas, 62-63 °C-os becefrzési hőmérséklet jellemzi. A rövidített cefrőzőeljárással főzött sörök íze kellemesebb, színük pedig világosabb és tisztább, mint más eljárással főzött söröké. Az eljárás további előnye az is, hogy időben, munkában és fűtőanyagban is takarékosabb. Csak jó minőségű nyersanyaggal (pótanyag nélkül) végezhető.

#### Az enzimes cefrőzés elve és technológiája

1969-ben nagyüzemi kísérletek folytak a holland Brew-N-Zyme felhasználásával a hazai söriparban (Sopron). Ezt követően – a kedvező eredményekre való tekintettel – a magyar söripari üzemek fokozatosan tértek át az enzimes sörfőzési technológia alkalmazására.

Azáltal, hogy a maláta jelentős mennyisége nyersárpával és kívülről való enzimadagolással pótolható, a nagy beruházásokat igénylő, munka- és energiaigényes, igen költséges malátázás részben elkerülhető.

A malátaalapanyag 50 %-át is lehetséges nyers árpával és kívülről adagolt (az árpa mennyiségére számított) enzimekkel pótolni. A Brew-N-Zyme komplex enzimet, holland kutatók *Bacillus subtilis* törzsből állították elő és 1968-ban alkalmazták először Hollandiában. Kezdetben, laboratóriumi körülmények között, majd kísérleti üzemekben próbálták ki, eredményesen. Ma nagyüzemi méretekben alkalmazzák Hollandián kívül is és a 70-es évektől kezdve hazánkban is.

Magas pótanyaghiányad, vagy enzimszegény maláta esetében a hiányzó  $\alpha$ -amilázt pótolni kell. Különösen a malátánál magasabb hőmérsékleten csirizesedő pótanyagoknál (rizs, kukorica) előnyös, a magasabb hőfokoptimumú külső enzim felhasználása. A maláta  $\alpha$ -amiláz enzime ugyanis, a pótanyagok elcsirizesedési hőfokán már elpusztul és nem képes a keményítőt bontást elvégezni. Nagy mennyiségű kukorica, vagy árpa pótanyag esetén proteolitikus enzimek adagolására is szükség van. Árpa pótanyagnál,  $\beta$ -glükánáz enzim felhasználásával elkerülhetők a cefreszűrési problémák.

#### Egycefrés dekokciós - infúziós eljárás

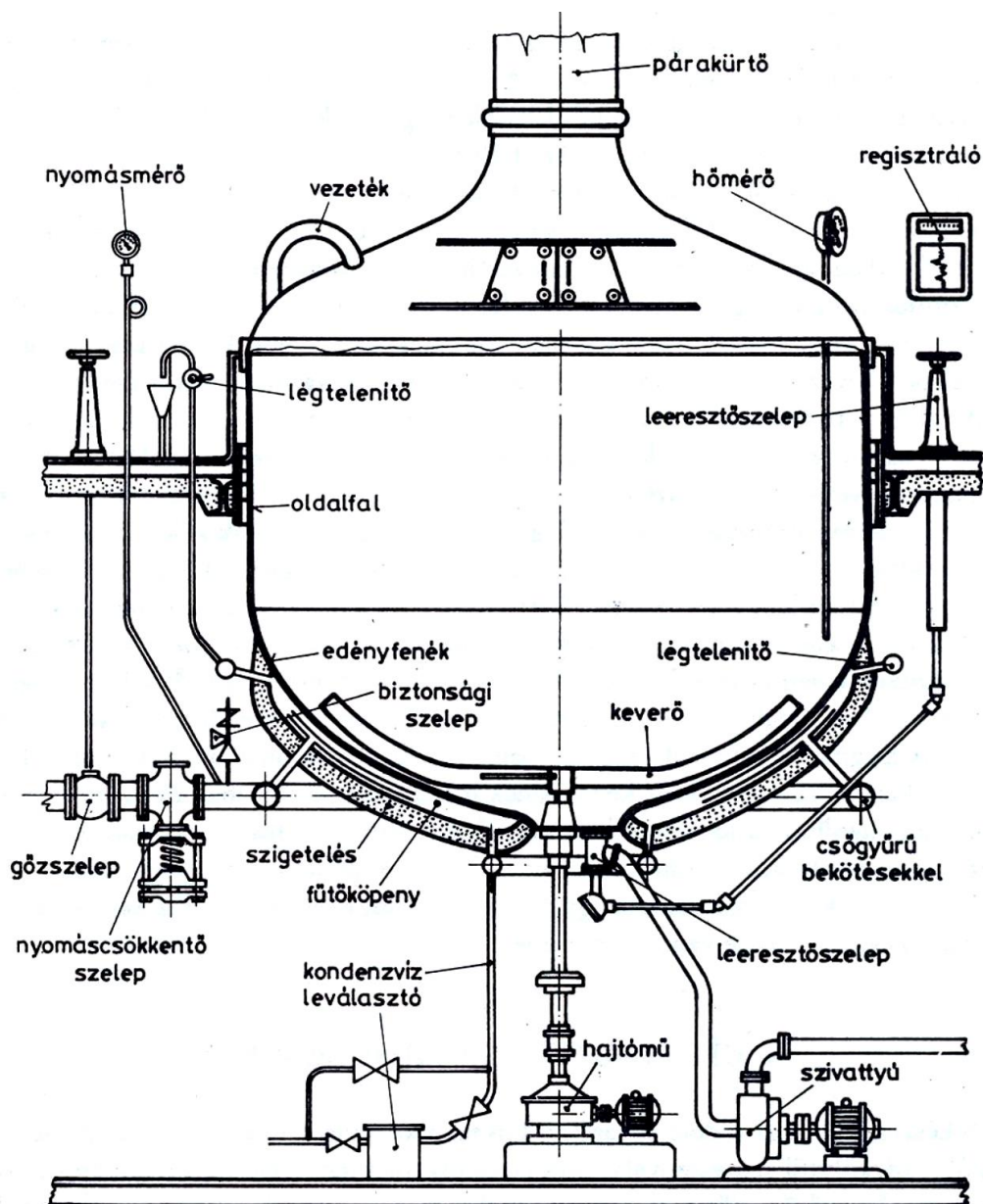
A pótanyag feltárása a cefrézés alatt történik. A megfelelően előkészített pótanyagból és sörfőzővízből pótanyagcefrét készítenek. A pótanyag feltárásához viszonylag sok víz szükséges. (1: 4 - 5). Ezért a malátacefrét sűrűbbre (1: 2 - 3) kell készíteni. A pótanyag feltárását enzimmal segítik elő. Ez történhet a malátacefre egy részének hozzávezetésével vagy enzimek készítmény adagolásával. A pótanyagcefrét 75 °C-ig melegítik, majd pihentetés után felforralják és kb. 40 percig forrásban tartják. Ezt követően a pótanyagcefrét a malátacefréhez keverik lassú ütemben, folyamatos keverés mellett, így a cefre hőmérséklete 60 - 65 °C-ra emelkedik.

Innentől kezdve az eljárás infúziós. 65 °C-on pihentetik, majd kb. 1 óra elteltével a hőmérsékletet 75 °C-ra emelik és ezen a hőmérsékleten tartják a cefrét a jódnormál állapot eléréséig.

A főzőházak legtöbbször különálló tágas épületek. Nagyméretű, mennyezetig érő ablakok teszik világossá a helyiségeket.

A kádak nem fűthetők, csupán lehűlés ellen szigetelik őket. Az üstök fűthetők, kettős fenék kialakítással. A két fenék közötti térbe 1 - 5 bar nyomású gőzt vezetnek, a gőz lecsapódik és kondenzációs hőjét az üstfalon keresztül átadja az üstben levő folyadéknak. A keletkezett kondenzvizet, az üst alsó részén beépített kondenzelvezető készülékkel lehet gyorsan eltávolítani.

## Cefrefőző üst



Az üstök hevítésekor ügyelni kell arra, hogy a gőzt csak akkor nyissák meg, amikor a folyadék legalább a fűtőfelület magasságát elérte. Állandóan ügyelni kell arra is, hogy a lecsapódott gőzből keletkezett kondenzvizet a gőztérből eltávolítsák, mert ha a víz tölti meg a gőznek szánt tér jelentős részét, rossz a hőátadás, nem jó a forralás, csökken a fűtés hatásfoka.





A főzőberendezés egyes edényeit vörösrézből, vagy saválló acélból készült csövek kötik össze. A cefre, illetve a sörlé az egyik edényből a másikba úgy jut el, hogy a csővezetékbe épített szivattyú nyomja a megfelelő edénybe.

A főzőházi üstök készülhetnek vörösrézből, vagy saválló acélból.

A főzőház berendezésének megválasztása és maximális teljesítőképességének helyes megállapítása nagyon fontos, mert ez határozza meg a többi üzemszám méretét és kapacitását.

A cefrézőkád a malátacefre előállítására és a cefrének meghatározott hőmérsékleten való tárolására szolgál. Régebben a cefrézőkádak lapos, vagy homorú fenekűek voltak és nem voltak fűthetők. Ma fűthető cefrézőüstöket építenek rézből, vagy rozsdamentes acélból. Kör keresztmetszetűek, de lehetnek ovális alakúak vagy négyszögletesek is.

A cefrézőkádakat lehűlés ellen szigetelni kell. A kádak oldalát acél, vagy vaslemezből készült köpennyel borítják. A kád és köpeny közti részt hőszigetelő anyaggal töltik ki. A cefrézőkád fontos tartozékának, a keverőnek többféle rendeltetése van. A vizet és az örleményt gyorsan és alaposan elegyíti, a kádban levő hőmérséklet-különbségek kiegyenlítését segíti elő, és megakadályozza a csomók képződését. A keverőnek úgy kell működnie, hogy az egész cefrét állandóan mozgásban tartsa. A kör keresztmetszetű cefrézőkádaknál szárnyas keverőket alkalmaznak. A szögletes vagy ovális edények esetében sajátságos keverő-berendezés szükséges, amely a cefrét egyenletes mozgásban tartja.

A cefrézőkád további tartozékai a hideg - és melegvíz vezetékek a hozzájuk tartozó szelepekkel, valamint az örlemény, vagy cefrebevezető cső (nedvesörölő esetén), szivattyú, valamint leeresztőcső.

A cefrézőkád méretét, az egyes főzéshez becefrézésre kerülő örlemény mennyisége szabja meg. Minden 100 kg felhasznált örlemény, 70-80 literrel növeli a cefremennyiséget. A cefrézéshez - az előállítandó sör jellegének és töménységének megfelelően -, minden 100 kg örleményhez 4 - 6 hl cefrézővizet számítanak. Ehhez jön még 1,5 hl keverési térszükséglet, így 100 kg örlemény cefrézésitér szükséglete 6 - 8 hl.

A cefrefőző üstök mindig kisebb méretűek, mint a cefrézőkádak (üstök), mert a cefrének mindig csak egy része van az üstben, ezért a cefrefőző üst befogadóképessége a cefrézőkád  $\frac{2}{3}$ -a.

A cefrefőzőüst tartozékai a beömlő - és elvezetőnyílás a hozzávaló szelepekkel és a szárnyas keverő, amelynek fordulatszáma a szükségletnek megfelelően szabályozható. A hőfokemelkedésnek legalább 2 °C-nak kell lennie percenként. Az edények formája kerek, ovális vagy négyszögletes.

#### Pótanyagfeltáró (gőzölő)

A berendezés állóhengeres, az alján kúpban végződő edény. A gőzt a kúpos rész legalsó részén vezetik be. Nyomása 2 - 4,5 bar. A felső részen található a feszmérő, a levegőkiengedő, ún. süvítőszelep, a búvónyílás és a keverőszerkezet. A kúp alsó részén van a különleges kiképzésű kifúvatószelep. A gőzölés végén a nyomás alatti térből, megfelelő kiképzésű szelepen át fúvatják ki az anyagot és így a hirtelen nyomáscsökkenés következtében a sejtekben levő víz egy része hirtelen, robbanásszerűen gőzzé alakul, ami a sejtfalakat szétszakítja.

### 3.5. Cefreszűrés

A **művelet célja**, az oldott anyagokat tartalmazó sörle elválasztása az oldhatatlan törkölytől, mely a színsörle szűréséből és a törköly kilúgozásából tevődik össze.

A színsörle nem szűrhető le teljesen a törkölyről, egy része a törköly felületére tapad, egy részét pedig a törköly szivacsos részei felszívják. A törkölyben visszamaradt vonadékokat vízzel kimossák, kilúgozzák. Ezek a híg sörlevek a másolások. Az utoljára lefolyó részt, amely a leghígabb, utómásolásnak hívják. A szűrés művelete többféle berendezéssel végezhető. Ezek közül a szűrőkád a legelterjedtebb.

A szűrőkádat a cefre szűréséhez elő kell készíteni. A szűrőkádba meleg vizet folytatnak, hogy a kádat kellőképpen felmelegítsék. Ezután alulról annyi forró vizet nyomtatnak a szűrőlemez alá, hogy a szűrőkádban 2-3 cm magasságban víz álljon, ezáltal a szűrőcsövekből és a szűrőlemezek alól a levegőt kiszorítják. A szűrőberendezésben a szűréskor nem lehetnek légszakok, mert ezek lassítják a szűrést.

A szűrőkád üzembe helyezése előtt feltétlenül meg kell győződni arról, hogy a törkölyleeresztő szelep tökéletesen zárjon. Ezt a szűrőkádba előkészített víz változatlan szintjéről állapíthatják meg.

A tökéletesen elcukrosított cefrét felszivattyúzzák a szűrőkádba és a vezetéket forró vízzel átöblítik. Az áthúztatás befejeztével a keverőszerkezetet néhányszor körülgátják a szűrőkádban, ami a törkölyréteg egyenletes elhelyezkedését biztosítja.

A cefre felszivattyúzása után a szűrőkádban pihentetik a cefrét. A pihentetés legalább 30 percig tart. A cefre pihentetésére feltétlenül szükség van, mert pihentetés közben a cefre leülepszik, ekkor alakul ki a természetes szűrőréteg.

A cefre egyes részei fajlagos tömegük szerinti sorrendben ülepednek le és ennek következtében különböző tulajdonságú rétegek keletkeznek. Az első réteg a legvastagabb, ami durvadarából, valamint héjrésekből áll, fölötte egy finomdarából és nagyobb fajlagos tömegű fehérjékből álló nyálkás, tésztaszerű vékony réteg, legfölül egy kisebb fajlagos tömegű, koagulált fehérjékből álló laza ugyancsak vékony réteg ülepszik le.

Az alsó és felső réteg jól átereszti az oldott anyagot (vonadékot), de a középső réteg megnehezíti a szűrést, különösen, ha ennek a rétegnek az anyaga behúzódik az alsó rétegbe. Amint a cefre kellőképpen leülepedett a szűrőkádban, megkezdik a színsörlé szűrését.

Mind a színsörlé, mind pedig a másolások szűrésekor ügyelni kell arra, hogy a szűrlemény mindig zavarosodástól és törkölyrészecskéktől mentes, tiszta legyen. A szűrés megkezdésekor lefolyó első rész mindig zavaros. A cefre felszivattyúzásakor, tehát a szűrőréteg kialakulása előtt sok, a szűrőfenék réseinél kisebb méretű törkölyrészecske jut a szűrőlemez alá és ez zavarossá teszi a színsörlevet. Ezt a szűrőfenék alatt képződő réteget nevezik fenéktésztának.

A lefolyó zavaros levet visszaszivattyúzzák a szűrőkádba.

Ha a sörle már tiszta, egy csap átváltásával a sörlevet a színle-tartályba, vagy a komlófőző üstbe engedik. Ha a szűrőréteg (törköly) áteresztőképessége csökken, lazítóval, lassú-közepes keveréssel (10-15 fordulat/perc) a törkölyt fellazítják, a szűrőcsöveken keresztül meleg vizet nyomtatnak be a törköly alá, majd az előbbi módon járnak el (tiszta szűrletig visszaszivattyúzzák).

A színsörlevet addig folytatják, amíg a törköly felülete kiemelkedik, vagy amíg a folyás magától megszűnik. Az második esetben sok színle marad a törkölyben, tehát sok vonadékot kell kilúgozni, viszont a törköly, minthogy nem merül már a folyadékba, saját tömege miatt összenyomódik, áteresztőképessége csökken, és ezért a másolások nehezebben folynak. További problémát okoz, hogy a törköly felülete oxidálódik.

Ha a maláta jól oldott és a cefrefőzés is helyes volt, a szűrőkádban a folyadék tükre mélyfekete és a színsörle tisztán és gyorsan folyik le.

Ha rosszul oldott maláta kerül feldolgozásra, vagy a cefrézéskor a cefrét hirtelen magas hőmérsékletre emelték, vagy a cefre túlságosan tömény, akkor a folyadék tükrének színe vöröses színárnyalatú lesz és a törköly lassan ülepedik le.

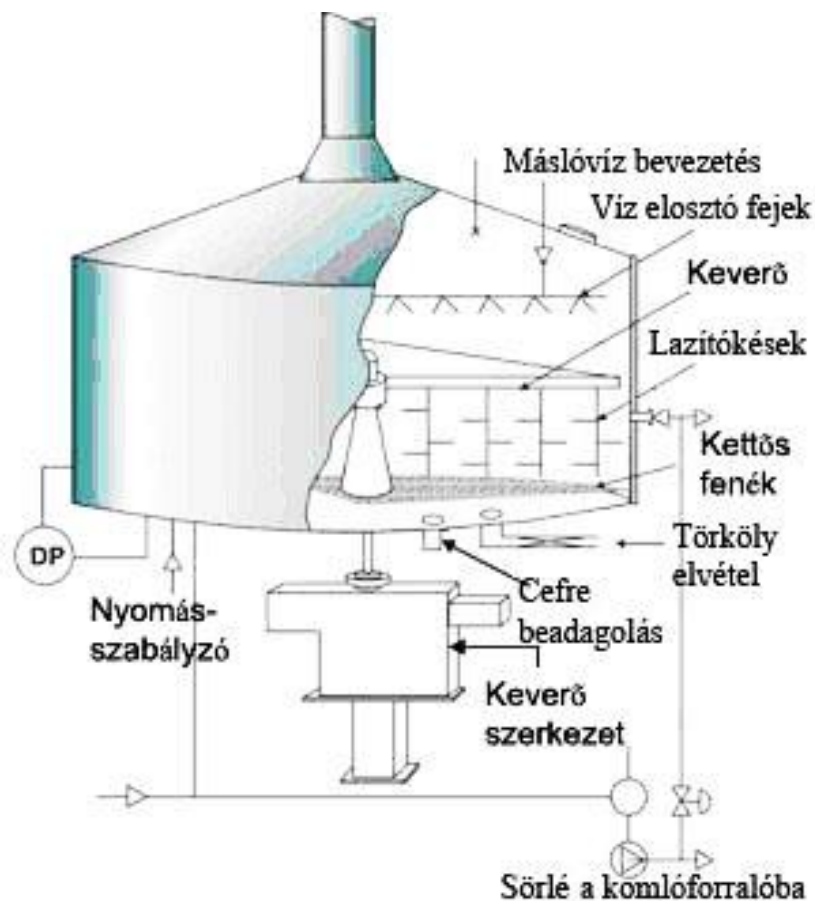
## Szűrőkád

A szűrőkád általában kör keresztmetszetű, formája hengeres. Anyaga rozsdamentes acél. Oldalát szigetelik, vagy dupla fallal oldják meg. A szűrőkád rázkódásmentes talpazaton, vízszintesen kell álljon, az egyenletes törkölyréteg kialakulásának biztosítása céljából.

A törkölyréteg vastagsága a hagyományos kádaknál 30-40 cm, a korszerű, nagy teljesítményű gyorsszűrőknél 50-65 cm.

A szűrőkádat rézzel, vagy acéllal (kupolával) fedik, melyen két tolóajtó van. A sisak megakadályozza a törköly fölött képződő gőz eltávozását, ezzel a törköly lehűlését és megkönnyíti a főzőházi munkákat is, mert a gőz nem csapódik le a falakra.

A szűrőkád nagyságát a főzéshez felhasznált örlemény mennyisége és a törkölyréteg vastagsága szabja meg. Ha a törkölyréteg vastagabb a kelletténél, rossz a kilúgozás, vagyis sokáig tart a

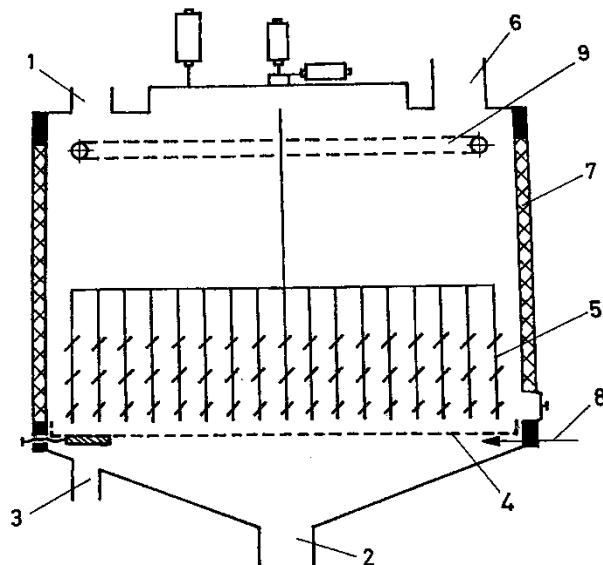


szűrés és a kitermelés sem kedvező. Vékony törkölyréteggel a szűrés ugyan gyorsabban megy végbe, de a lefolyó sörle fátyolos, zavaros lesz.

A szűrőkád legfontosabb részei: a szűrőlemezek, a szűrőcsövek és a szűrőcsapok. A szűrőlemez a szűrőkád feneké fölött helyezkedik el. A szűrőlemez réselt rézből, vagy saválló acélból készül. A hagyományos szűrőkádaknál a perforáció maratott lyukakból, a korszerű szűrőberendezésnél króm-nikkel acélból készült háromszög alakú idompálcákból áll. Ma szinte kizárólag résperforációt

alkalmaznak, amelyek lefelé bővülnek, így az eltömődés, a dugaszképződés veszélye kisebb.

Steinecker gyorszűrő



1. Anyag bevezetés, 2. Szűrlet elvezetés, 3. Kitörkölyöző nyílás, 4. Szűrőlemez, 5. Lazító szerkezet, 6. Párakürtő, 7. Hőszigetelés, 8. Víz, 9. Tisztítórendszer

A Steinecker gyorszűrő berendezésnél a réselt lemez alatt kónikus kiképzésű teknő van, amelynek a legmélyebb pontjából, a kádfenek közepéből egyetlen szűrőcső vezet a szűrőlemez magasságában, a vezérlőpulton elhelyezett pillangószelepbe, ahová a sörle áramlik. A pillangószelephez szivattyú csatlakozik, amely a sörlevet a megfelelő helyre továbbítja. A szűrés sebességét a pillangószelep beállításával, azaz a rajta levő forgatható fogantyú mozgatásával szabályozzák. A szűrőkád fenekén törkölyleeresztő nyílás van, ezen keresztül távozik a szűrés befejezése után a kilúgozott törköly.

Fontos tartozék a speciális késekkel ellátott forgató-berendezés, azaz a törkölylazító gép, amely emelhető és süllyeszthető. Korszerű szűrőkben a kések nem állíthatók, hanem rögzítettek, erőteljes forgatókarokra vannak felszerelve és alul egymással összeköttetésben állnak. A színle lefolyása után a süllyeszthető forgató-berendezés egyenletesen, csaknem hézagmentesen vágja át az egész törkölylepenyt, ezáltal homogenizálja azt, biztosítva ezzel az egész törkölymennység tömegében az egyenletesebb kilúgozást. A törkölyt szállítócsigával, vagy pneumatikus úton távolítják el. A gyorszűrő kisebb átmérőjű, de magasabb berendezés, mint a hagyományos szűrőkád, így szűréskor nagyobb nyomás érvényesül.

A söriparban használt másik cefreszűrő berendezés a szűrősajtó (szűrőprés). A szűrősajtó működése nagyban eltér a szűrőkádtól. A szűrősajtóban a törköly több, 6-7 cm vastag függőleges rétegből áll. A vékony réteg kisebb szűrőképességét a szűrőkendők egyenlítik ki. A folyadék a rétegen külső nyomás hatására folyik át. A szűrősajtóban könnyen kezelhető, műanyag szövetből készült kendőket használnak. A szűrőkendők minőségének megválasztása nagyon fontos. A ritka szövésű kendők nem szűrik tisztára a színsörlevet, A túl sűrű szövésűek nagyon meglassítják a szűrést. A homlokfalak közé felváltva helyezik el a kereteket és lapokat, amit csavarorsóval szorítanak össze.

A színsörle és a másolások a gyűjtővályúba, majd a komlófőző üstbe folynak. A szűrősajtó előnye a szűrőkáddal szemben, a gyorsabb szűrés. Mivel szűrőkendőn keresztül szűrnék, ezért finomabbra őrlhető a maláta és nagyobb a kinyerhető extrakt. Hátránya, hogy a kendők mosása és a szűrősajtó összeállítása sok munkát igényel. A kendők beszerzése költséges, mosásuk külön feladatot jelent.



A szűrés sebességét befolyásoló tényezők:

A színle lefolyásának időtartama több tényezőtől függ. Elsősorban a színsörle viszkozitásától és a törkölyréteg ellenállásától. A színsörle annál sűrűbben folyó, minél alacsonyabb a hőmérséklete, minél nagyobb az extrakttartalma, minél rosszabb a cukrosítása és minél több benne a dextrin a malátacukor mennyiségéhez képest. A színsörle viszkozitását növelik, azaz a szűrést késleltetik a rosszul oldott malátából származó és a cefrefőzésben nem

kellő mértékben lebontott sejtközi – gumi és nyálka – anyagok is. A törköly ellenállása függ a maláta minőségétől, az őrléstől, a törköly rétegződésétől és a törkölyréteg vastagságától.

Jól oldott maláták feldolgozásakor kisebb a törköly ellenállása, mert a törköly legnagyobb ellenállást okozó középső rétege lazább szerkezetű. Előfordul, hogy a törköly középső, téasztzerű, folyadékot rosszul áteresztő rétege a szűrőkád egyes helyein túl vastagon rakódik le, az így keletkezett téasztaszigetekből nehezen folyik ki a színsörle, tehát a visszamaradó vonadék kilúgozása sem lehet tökéletes. Ha a törköly helyes rétegződését a szűrés előtt előírt pihenési idővel megrövidítik, vagy a színsörlevet a megengedettnél gyorsabban folytatják, a törkölyréteg középső részének anyaga behúzódik az alsó rétegbe, és ezzel párhuzamosan a törköly ellenállása is növekszik.

A malátaadag csökkenése vékonyítja a törkölyréteget és kisebb lesz a törkölyréteg ellenállása. A malátaadag azonban nem változtatható tetszőleges mértékben, tehát így a törkölyréteg sem.

### 3.5.1. Másolás

A **másolás célja**, hogy a színle lefolyása után a törkölyben visszamaradt extraktot megfelelő hőfokú vízzel kimossák, kilúgozzák. Ezt a műveletet nevezik másolásnak. A másolás célja tehát az extrakt kioldása, mivel a helyesen végzett kilúgozás nagymértékben javítja a főzőházi anyaghasznosítást.

A másolás lehet szakaszos, vagy folytonos technológiájú. A szakaszos eljárásnál, a szűrésnél a színlevet egészen le kell folytatni, a szelep elzárása után a lazítót körüljáratják a törkölyben, majd kiemelik és számított mennyiségű vizet (75 °C) ráengednek a törkölyre és a másolást lefolyatják. Az eljárást néhányszor megismételik.

Minden egyes részmásláskor, a tiszta szűrlet megjelenéséig vissza kell szivattyúzni a szűrőkádba a szűrletet.

A folytonos eljárásnál a színlevet addig folytatják, amíg a törköly felülete kiemelkedik és ekkor megkezdik a másolvíz felöntését. Állandóan annyi vizet öntenek fel a törkölyre, amennyi másolás lefolyik, vagyis állandóan egyforma folyadékszintet tartanak a szűrőkádban.

A kilúgozás egyes munkamozzanataira általános érvényű utasításokat adni nem lehet. A különféle berendezéseket különféleképpen lehet használni. A lazítógép igénybevétele, a törköly lazításának mértéke nem gépies, hanem függ a törkölyréteg magasságától, valamint annak ellenállásától. A lúgozást addig folytatják, amíg az üst megtelik. Az üsttöltés magasságát úgy választják meg, hogy a komlófőző üstben levő sörle az előírt forralási idő alatt a kívánt extrakttartalomra besűrűsödjön. Azért sem szabad túlzásba vinni a kilúgozást, mert az utolsó, egészen híg levek a maláta héjából kellemetlen ízű és tulajdonságú anyagokat, főként cserzőanyagokat oldanak ki. Minél tovább tart a törköly kilúgozása, annál jobban csökken a lefolyó másolás vonadéktartalma. A szűrés végén a gyenge sörök utómásolásának extrakttartalma rendszerint 0,2-0,5 %, az erősebb sörök utómásolásának pedig 0,8-1,5 %.

A lúgozás idejét meghosszabbítja minden olyan tényező, amely a színsörle szűrését is megnehezíti. Különösen fontos a másolvíz és a törköly hőmérséklete, mert a cukoroldatok viszkozitása a hőmérséklet csökkenésével növekszik. Tehát minél hidegebb a cefre a szűrőkádban, annál tovább tart a szűrés és annál rosszabb lesz az anyagkihasználás. Mindig arra kell törekedni, hogy a szűrőkádban állandóan 75 °C legyen a cefre hőmérséklete, ezért játszik fontos szerepet a szűrőkád szigetelése.



A törköly ellenállására a lúgozáskor ugyanazok a tényezők hatnak, mint a színsörlé leszűrésekor. A kilúgozás tökéletessége nagymértékben függ a törköly egyenletességétől. Egyenetlen kilúgozást okoznak a törkölyréteg repedései, mert a víz ezekben a repedésekben, (kisebb ellenállás felé halad), nagyobb mennyiségben folyik át, mint máshol. A lazító működésének egyik fontos célja, hogy a repedéseket megszüntesse.

Az utolsó adag másológáz felöntésekor ügyelni kell arra, hogy amikor az üst megtelt, minél kevesebb víz maradjon a törkölyön.

A törköly eltávolítása hagyományos szűrőkádak esetén hosszadalmas, nehéz fizikai munka volt, amely egészségügyi szempontból sem volt veszélytelen, mert a 75 °C-os törkölyt kellett eltávolítani. A szűrőkádak használata esetén ez a művelet leegyszerűsödött. A törkölyleeresztő nyíláson át, a lazító fokozatos süllyesztésével, a lazítóra szerelt tolattyúval a törköly a berendezésből automatikusan vezérelve távozik, majd a kapcsolódó szállítóberendezésen át pneumatikus úton hagyja el az üzemet.

### **3.6. Komlóforralás**

A komló a sörfőzés nélkülözhetetlen alapanyaga. Ma mindenki a sör fűszereként ismeri, mert ennek köszönheti a sör, a jellegzetes keserű ízvilágát és ez teszi a sört igazán különlegessé.

#### **3.6.1. Komló és komlókészítmények**

A komló (*Humulus*) a kenderfélék (*Cannabaceae*) családjába tartozik.



A nemzetségen belül három fajt különböztetnek meg, de közülük a közönséges komló (*Humulus lupulus*), a legismertebb és a legelterjedtebb a világon.

A *H. lupulus* mérsékelt égövi, évelő, kétlaki, kúszó növény, zöld toboz alakú virágokat hoz (komló toboz). Csak a nőivarú

egyedeket termesztik, mivel a hímivarú növény virága nagyon apró és a virágzás után lehull.

A komlónövény rendkívül fényigényes, a sok nedvességet, a mély talajt és a szelek ellen védett helyeket szereti. Termesztéséhez állványrendszer szükséges, amire felfuthat. Szára fajtától függően 4-12 m hosszú is lehet. Európai fajoknál elérheti a 6-7 m-t is, az Amerikai fajok átlagosan 4-5 m-esek.

A termős virágzatot toboznak nevezik. Az orsó a toboznyél folytatása, melynek ágacskáin helyezkednek el a toboz – és murvalevelek. A tobozlevelek nagyobbak, fejlettebbek és hegyes végűek. Feladatuk a virág védelme, fedése. A murvalevelek kisebbek, gömbölyded végződésűek, alsó végüknél található a magkezdemény és a lupulin szemcsék. A lupulin szemcsék tartalmazzák a sörfőzés nélkülözhetetlen alapanyagait, a komló olajat, a komló keserű anyagait és cseranyagait.



A komlótobozokat a fiziológiai érettséget megelőzően kell betakarítani, mert a sörgyártás szempontjából fontos hatóanyagokat ekkor tartalmazza a legjobb összetételben és mennyiségben. Ilyenkor a tobozok zártak, rugalmasak, színük zöldessárga, vagy sárgászöld, nedvességtartalmuk 75–85 %.

A komlónövény élettartama kb. 20 év. A növény földalatti része,

gyökérzete telél át, a föld feletti részt pedig évenként metszéssel eltávolítják. A komlónak igen mélyen lehatoló gyökérrendszere van, kb. 6-8 méter hosszú. A komlónövény gyökérzet rendszerének középpontja a komlótőke, amely kb. 10-15 cm hosszú. A komló nedvességigénye meglehetősen nagy, de nagy terjedelmű gyökérzete és lombozata következtében a harmatot és az altalaj nedvességét is fokozatosan hasznosítani tudja.

A megmetszett komlótő tavasszal, április - májusban kezd hajtani. A piros szemű hajtások kedvező időjárás esetén erőteljes növekedésnek indulnak és később megzöldülnek. A hajtások száma változó, általában 6-30 közötti. A hajtások közül kb. 2 - 4 hajtást szoktak felvezetni, ezek az indák. Az inda 3-10 m hosszúra is megnő, keresztmetszete hatszögletű.

A komlólevelek hossza 12-21 cm, színük sötétzöld. A levelek fonáka világosabb színű, rajtuk sárgás lupulin mirigyek találhatók.

A komlót kíméletesen meg kell szárítani, nedvességtartalmát 8-10 %-ra csökkenteni. A toboz hatóanyagai hőre, oxidációra rendkívül érzékenyek, ezért a szárítást alacsony 30–50°C-on kell végrehajtani. A helyesen megszáritott komló színe világos, vagy zöldessárga, nem szabad, hogy

vörössárga, vagy foltos legyen. Idővel, kb. 1 év múlva elveszti aromáját, savanykás, sajtra emlékeztető szagú lesz és komlólisztje megbarnul.

A komlónak rengeteg felhasználási módja létezik, az északi népek, mint például a svédek, a szárából durva szövetet, zsákot, ponyvát szőttek, az angolok a gyapjúhoz hasonló terméket állítottak elő belőle. Használták az anyatej mennyiségének a növelésére is, természetes nyugtató, altató hatását ismerve altató teakeverékekbe tették.

A komlót sok tulajdonsága alapján rangsorolhatjuk, minősíthetjük, de söripari szempontból legfontosabb a benne található keserűanyagok, komlóolajok és cseranyagok mennyisége és kémiai összetétele.

Szárított komlótohoz összetétele

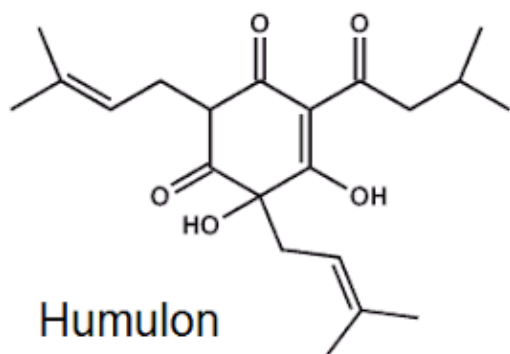
| Komponens                      | Mennyiség (%) | Komponens          | Mennyiség (%) |
|--------------------------------|---------------|--------------------|---------------|
| Víz                            | 10-11         | Aminosavak         | 0,1           |
| <b>Keserű anyagok (gyanta)</b> | <b>10-23</b>  | Fehérjék           | 11-22         |
| <b>Komló olajok</b>            | <b>0,5-2</b>  | Lipidek és viaszok | 3             |
| <b>Komló cseranyagok</b>       | <b>4-14</b>   | Hamu               | 8             |
| Szénhidrátok                   | 2-4           | Cellulóz, lignin   | 10-17         |

A komlótohozban lévő szénhidrátokat, monoszacharidok és egy triszacharid, a raffinóz alkotja. Az utóbbi kizárólag a magban található. A viasz a levelek és a tohoz legkülső rétegében található, hosszú láncú szénhidrogénekből, alkoholokból, savakból, észterekből, valamint a béta szitoszterolból áll. A szitoszterolnak egészségügyi szempontból van kedvező hatása, megakadályozza a káros koleszterin érfalakra rakódását, így védi az érrendszert.

A fehérjetartalom a telt íz és a habtartósság szempontjából fontos, bár hatását tekintve a malátához képest nem számottevő.

### Keserűanyagok

A keserűanyaghoz – komlógyantákhoz az  $\alpha$ - és  $\beta$ - savakat, valamint a lágy és a kemény gyantákat sorolják. A komló keserűértékét alapvetően az  $\alpha$ -savak (humulonok) szabják meg. Ezek a vegyületek adják a legintenzívebb keserű ízt a sörnek, a komlóforralás során lejátszódó izomerizációjuk során. Éterben oldhatók, viszont ólomsóik metanolban oldhatatlanok. Az  $\alpha$ -sav tartalom a lágy gyanta ólom-acetátos kezelése révén választható el, ami az  $\alpha$ -savval dúsított



komló extraktumok készítésénél játszik szerepet. Vízen és sörlében nagyon csekély az oldhatóságuk.

Az  $\alpha$ -savak homológ sort alkotnak. A humulonok több homológból állnak, kohumulon, adhumulon, prehumulon és poszthumulon.

A kohumulonok aránya a komlófajtákban genetikailag meghatározott. Értéke az  $\alpha$ -savakra vonatkoztatva általában 20-45%, legkisebb az

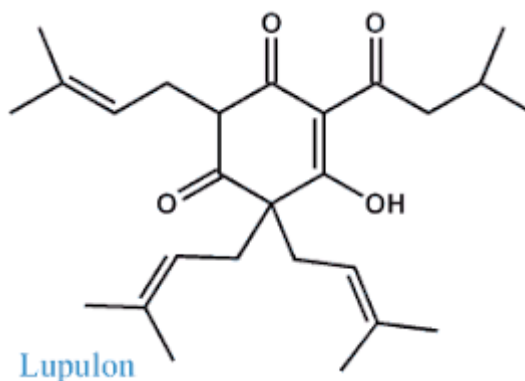
európai (~20 %) és legnagyobb az amerikai fajokban (~ 45 %). A homológok közül a

kohumulon oldódik a legjobban és a leggyorsabban izomerizálódik. Az adhumulon hasonló tulajdonságokkal bír, viszont mennyisége kisebb, 8-15%.

Tárolás során a humulonok oxidáció és polimerizáció révén lágy gyantákká (humulinon és homológjai, humulinsavak), majd kemény gyantákká alakulnak. A lágy gyanták keserűértéke (a humulon keserűségének 30% - a) az öregedés előrehaladtával csökken, oldhatóságuk azonban növekszik, vagyis az erjedési -, a pH csökkenés és lehűtés okozta veszteség kisebb lesz. A kemény gyanták keserűértéke kicsi (a humulon keserűségének 10% - a).

A komlóforralás hatására a humulonok izomerekké alakulnak át, amelyek gyűjtőneve „izohumulonok”.

A  $\beta$ - savak (lupulonok) is rendelkeznek megfelelő homológokkal, ezek a kolupulon, adlupulon, prelupulon és posztlupulon. Vízben oldhatatlanok. Tárolás során béta lágy gyantákká oxidálódnak, amik viszont a sörlében már oldhatók és nemes keserűséget adnak.



#### Komlóolajok

A komlóolajok adják a komló jellegzetes aromáját. Az illó – aroma komponensek főleg terpén szénhidrogének (65-75%), míg a maradékot olyan oxidált termékek alkotják, mint az észterek, karbonilok, alkoholok. A komlóolajok vízzel oldhatatlanok, szerves oldószerekben jól oldódnak és illékonyak.

A terpén szénhidrogének közül legjelentősebb a mircén (muskátli íz), valamint a szeszkviterpén, aminek a komlók remek aromájukat köszönhetik. Megtalálhatók olyan oxidált terpének is a komlóolajokban, mint a geraniol, amelyek a rózsa illatáért is felelősek és a linalool, amiben meglehetősen sok aroma komponens található (92-94%). Az észterek felelősek a gyümölcsaromáért, a zsírsavak a sajt ízéért.

A komló több mint 400 illékony komponenst tartalmaz, az illat szempontjából legfontosabbak az alábbi táblázatban láthatók.

| Aromakomponens         | Az illat jellege        |
|------------------------|-------------------------|
| mircén                 | muskátli-szerű          |
| linalool               | édes, virágos, citrusos |
| $\alpha$ -humulén      | balzsamos               |
| 1,3(E),5(Z)undekatrién | friss, balzsamos        |
| metil-2-metilbutanoát  | édes, gyümölcsös        |
| etil-2-metilbutanoát   | édes, gyümölcsös        |
| nonanal                | citrus-szerű, szappanos |
| oktanal                | citrus-szerű, szappanos |
| okt-1-én-3-on          | gomba                   |

|                                     |                  |
|-------------------------------------|------------------|
| (3Z)-hex-3-enal                     | zöld             |
| limonén                             | citrus           |
| (5Z)-okta-1,5-dién-2-on             | muskátli         |
| dimetiltrisulfán                    | káposzta         |
| 4-metil-4-szulfanilpentán-2-on      | feketeribizli    |
| 3-(metilszulfanil)-propanal         | főtt burgonya    |
| 2-izopropil-3-metoxipirazin         | paprika          |
| (2E,6Z)-nona2,6-dienal              | uborka           |
| butánsav                            | sajt             |
| fenilacetaldehid                    | méz              |
| 3-metilbutánsav                     | sajt             |
| (2E,4E)-nona2,4-dienal              | zsír             |
| pentánsav                           | sajt             |
| germakrén                           | gomba, balzsamos |
| transz-fahéjaldehid                 | édes, méz        |
| 3-hidroxi-4,5-dimetil-2(5H) furanon | fűszeres         |
| fenilacetátsav                      | méz              |
| vanillin                            | vanília          |

A komló forralása során számos aromakomponens elillan, vagy oxidálódik, így a sörben található komló-eredetű alkotók nagymértékben eltérnek a komlóban jelenlevő eredeti molekulától. A komlóolaj bonyolult összetétele a forralás során még komplexebbé válik.

#### Cseranyagok

A komló cseranyagok a lupulinban, a szárban, de legnagyobb arányban a komló szirmokban fordulnak elő, mennyiségük szárazanyagra vonatkoztatva 4-8%. Az aromakomló nagyobb mennyiségben tartalmaz polifenolokat, mint a keserű komló, de ezt a tárolás minősége, vagy a termőhely is befolyásolja.

A friss komló polifenoljainak 85%-át antocianogének teszik ki, ilyenek pl. a katechin, vagy a leucoanthocyanidin egységek, amiknek söripari jelentőségük a komlóforralás során lejátszódó polifenol – fehérje komplex képzés, mely során a fehérjék a komló cseranyagaival oldhatatlan komplexet képeznek és kicsapódnak. A komló kis molekulájú antioxidánsokat is tartalmaz, amelyek védik a sört az oxidációtól, ezáltal fokozza a sör ízstabilitását. A nagymolekulájú polifenolok mélyítik a sör színét, keserűbbé tehetik és csökkenthetik a kolloid stabilitást. A komló cseranyagai között megtalálhatóak a fenolsavak is, amelyek bizonyos aromák prekurzorai.

#### Komlókészítmények

Korábban a komlót natúr, szárított toboz formában használták fel. Jóllehet a komlót hűtve tárolták, mégsem lehetett kiküszöbölni a minőségromlási folyamatoknak, mert a komlóban az oxidációs és polimerizációs folyamatok gyorsan lejátszódtak. További hátrány volt, hogy a komlóforralást követően, a komló oldhatatlan anyagait szűréssel kellett elválasztani.



Napjainkban a komlót különböző készítmények formájában hozzák forgalomba. Ezek közül a leggyakrabban használt készítmények:

- préselt komló – a komlótozók közül a levegőt kiszorítják, ezzel az oxidáció csökkenthető. A préselt komlót légmentes csomagolásban hozzák forgalomba
- komlópellet – a szárított komlót megőrlik, préselik és inert gázos, vagy vákuum csomagolásban hozzák forgalomba
  - stabilizált komlópellet: az őrleményhez  $MgO_2$ -t vagy  $CaO_2$ -t adagolnak, ami az  $\alpha$ -savakkal sót képez. Az  $\alpha$ -sav só formájában stabilabb a szabad  $\alpha$ -savaknál, és gyorsabban izomerizálódik
  - komlópellet TYP 90: 100 kg komló feldolgozásával nyert komlópellet mennyisége 90 kg
  - komlópellet TYP 45: 100 kg komló feldolgozásával nyert komlópellet mennyisége 45 kg ( $-30^\circ C$ -on megőrlik a komlót, majd a ballasztanyagokat 0,3 mm-es szitán elválasztják)
- komlóextrakt: a komlót megőrlik, a keserűanyagokat és a komlóolajokat szerves oldószerrel kioldják, majd az oldószert elpárologtatják. Oldószerként korábban metanolt, hexánt, metilénkloridot használtak, napjainkban az etanol mellett használhatnak  $CO_2$ -t is. A komlóextraktok összetétele függ a felhasznált komló összetételétől, az extrakció módjától és az oldószertől. Létezik olyan komlóextrakt, amelyben az  $\alpha$ -savak izomerizált formában vannak jelen. Ebben az esetben az  $\alpha$ -savakat híg lúgos közegben izomerizálják. Az izo- $\alpha$ -savak előnye, hogy vízzoldhatók, így a sörkészítés utolsó fázisaiban – kondicionálás, szűrés - is felhasználhatók a sör keserűértékének beállítására.
- tetrakomló – stabilizált komló, fényíz nem alakul ki a sörben

Komló pellet



Préselt komló





### 3.6.2. A komlóforralás során bekövetkező változások

A cefreszűrés folyamán nyert színsörlé és a másrlások a komlóforraló üstbe kerülnek.

A komlóforralás során bekövetkező változások

- A komló hatóanyagainak oldása
- Koagulálható fehérjék kicsapása
- Enzimek inaktiválása
- A sörlé sterilizálása
- Dimetil-szulfid képződés
- A koncentráció (eredeti extrattartalom) beállítása a fölösleges víz elpárologtatásával
- Reduktonok keletkezése, oxidációs reakciók megelőzése
- A sörlé színének mélyülése

A komló hatóanyagainak oldása

Az  $\alpha$ - és  $\beta$ - savak oldhatósága a sörlében nagyon kicsi. Hőmérséklet hatására azonban a keserűsavak szerkezeti változáson mennek keresztül, vízdoldható izomerekké alakulnak át. Ezek közül a humulonnak és homológjainak az izomerált formái a legfontosabbak, mert jelenleg ezeket tartják a keserű íz egyedüli hordozóinak. Minden humulon 4 sztereoizomert alkot, melyek keserűértéke majdnem azonos. Az izomerizációs hatások a humulon homológok esetében eltér egymástól, a humulon 35 %, a kohumulon 50 %, az adhumulon 55%-a jelenik meg a sörlében a forralás végén izomerizált állapotban.

Az izomerizáció hatásfokára ható tényezők:

- a forralás időtartama
- a komló mennyisége és a sörlé koncentrációja
- a sörlé pH-ja
- a komló kora

Az izomerizálódás időigényes folyamat, minél tovább tart a forralás, annál több keserű anyag megy oldatba egy bizonyos határig, mert az izomerizálódás sebessége folyamatosan csökken. Két óra forralás után a humulonok és az izohumulonok különböző közbelső termékeken keresztül humulinsavakká alakulnak át.

Minél nagyobb a fajlagos komló adag, annál rosszabb a hasznosulás, amit a sörlé növekvő extrakt tartalma még tovább ront. Ez azzal magyarázható, hogy a sörlé koagulálható fehérjei a forralás hatására kicsapódnak és magukkal ragadják a keserűanyagok egy részét. A sörlébe adagolt  $\alpha$ - savnak megközelítőleg az 1/3 része hasznosul a sörben.

A keserűanyagok hasznosulásában döntő szerepet játszik a sörlé pH-ja. Magasabb pH értéken nagyobb az  $\alpha$ -savak izomerizációs hatásfoka, ám a keserűanyagok, részben sók, molekuláris diszperzió formájában vannak jelen, ami keserűség szempontjából kevésbé kellemes, mint az alacsonyabb pH-n kialakuló kolloidálisan oldott keserűanyagok. A két oldottsági állapot egymás mellett fordul elő, de 5,4 – 5,6-os pH értéknél a kolloid oldat van túlsúlyban.

A komló tárolása során folyamatosan változnak a keserűanyagok, a keserűsavak lágy, majd kemény gyantákká alakulnak. Az öreg komló gyorsabban izomerizálódik, de nagyobb a veszteség.

#### Fehérjekoaguláció

A fehérjekoaguláció két lépésben játszódik le. Az első szakaszban a fehérjék denaturálódnak, a második szakaszban koagulálódnak. A sörlé nitrogéntartalmú vegyületei a forralási hőmérsékleten dehidratálódnak és töltéssel rendelkező részecskékké alakulnak. Az ún. izoelektromos ponton az amfoter fehérjék pozitív és negatív csoportjai semlegesítődnek, és előbb finom, majd egyre durvább diszperziófokú formába alakulnak át. A koagulációt az intenzív forralás elősegíti, mert a denaturálódott fehérje, valamint fehérje-csersav komplex vegyületek a gőzbuborékok felületén gyűlnek össze, így egyre nagyobb szemcseméretet öltve a forralás végén pelyhes csapadékként válnak ki.

A forralás végén, a komlózott kész sörben a koagulálható nitrogéntartalomnak 1,5 – 2 mg/l közötti értékre kell csökkenie.

A nagy molekulásúlyú fehérjék mennyiségét, a cseranyagokkal lejátszódó komplexképződési reakció is csökkenti. A komló cseranyagjainak a jelentőségét a fehérjékkel alkotott reakcióik adják. A cseranyagok különböző oxidációs és polimerizációs fokú polifenolokból tevődnek össze. A fehérjék kicsapásában a kisebb molekulásúlyú tannoidok a legaktívabbak. Forralás közben a pozitív töltésű fehérje molekulák reagálnak a negatív töltésű tannin molekulákkal, és fehérje – csersav komplex vegyületek keletkeznek. Csak az oxidált csersavak, a flobafének fehérjevegyületei csapódnak ki a forralás során, a nem oxidált fehérje – csersav komplexek a hideg sörlében válnak ki.

#### Enzimek inaktiválása

Az enzimek inaktiválására azért van szükség, hogy ne maradjon működőképes enzim a sörlében, nehogy a különböző bontási reakciók ellenőrizetlenül tovább folytatódjanak, aminek hatására a sörlé összetétele és stabilitása megváltozna. A forralás során az összes enzim inaktiválódik. Külső enzimkészítmény alkalmazása esetén úgy kell az enzimet megválasztani, hogy az a forralási hőmérsékleten inaktiválódjon.

A komlóforralás során létrejönnek úgynevezett redukáló anyagok, amelyeket reduktonoknak hívnak. Rájuk azért van szükség, hogy gyorsan reakcióba lépjenek a levegő oxigénjével és megelőzzék azokat az oxidációs folyamatokat, amelyek a sör ízbeli, kémiai és biológiai eltarthatóságát csökkentenék. A sörlé színe a komlóforralás során mélyül, melynek mértékét a forralás intenzitása és időtartama, a sörlé koncentrációja és pH-ja határozza meg. A szín változását legjobban a redukáló cukrok és az aminosavak reakcióiból keletkező melanoididek (Maillard reakció) koncentrációja határozza meg.

#### A sörlé sterilizése

A sörlé kitűnő táptalaj a mikroorganizmusok számára. A nyersanyagokkal, a vízzel, a hiányosan tisztított berendezésekből eredően, sok mikroorganizmus juthat a sörlébe, amelyek esetleg elszaporodhatnak alacsony cefrőzési hőmérsékleten, vagy szűrés közben. Elpusztításukhoz a

sörlé pH –ján viszonylag rövid forralási idő (15-20 perc) elegendő. A komló  $\alpha$ -savainak is mikrobagátló hatása van.

#### A fölösleges víz elpárologtatása

A koncentrációt a komlóforralás során elpárolgott vízmennyiség alapján állítják be, a gyártmánylapon szereplő eredeti extrakttartalom értékre. Az elpárologtatható víz mennyisége több paramétertől függ. Egy adott berendezésben, meghatározható az elpárologtatható víz mennyisége adott idő alatt, ezért ez alapján történik a cefréző- és a máslovíz mennyiségének a meghatározása. A koncentráció esetleges korrigálása a forralás végén még lehetséges, víz hozzáadásával.

A nagyon gyors elpárologtatás nem kedvező, mert akkor nem mennek végbe a már említett változások, éppen ezért korábban a forralás 90 – 100 percnél nem lehetett kevesebb, a mai modernebb komlóforralási technológiák és berendezések lehetővé teszik, az ennél jóval rövidebb időtartamot is.

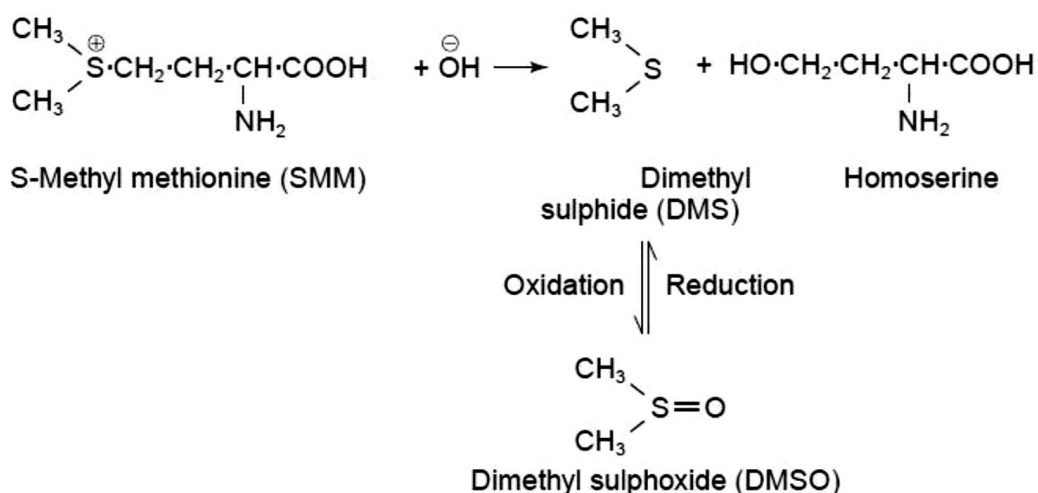
#### Dimetil-szulfid képződés

A sörkészítés folyamán fel kell készülni egyes nem kívánatos komponensek létrejöttére és azok kiküszöbölésére is. Ide tartozik a dimetil- szulfid (DMS), ami nagyon kellemetlen ízrontó hatású vegyület. Illatát, ízét tekintve zöldségekre, vagy főtt kukoricára emlékeztet.

A DMS előalakjaiból, az S – metilmetioninból (SMM) és a dimetil-szulfoniopropionatból (DMS-P) képződik. Az SMM vagy a DMS– P a malátából származik és mennyisége függ az árpa minőségétől, a csírázás mértékétől és nem utolsósorban, a szárítási körülményektől. A pilseni malátában a DMS–P tartalom 3 – 12 ppm között változhat.

Ez az íz - és aromarontó vegyület három különböző módon keletkezhet. Az egyik lehetséges mód, hogy a DMS prekursorai, az SMM és a DMS-P termikus reakció során DMS– é bomlanak. Kialakulhat úgy is, ha az élesztőből származó DMSO reduktáz enzim a fermentáció során lebontja a DMSO – ot, így szabad DMS – ot termel. Végül keletkezhet a Maillard reakció során, amikor a kén tartalmú aminosavak reakcióba lépnek a redukáló cukrokkal, bár ennek a reakciónak kisebb szerepe van a DMS keletkezésében.

#### Dimetil-szulfid képződés



Ha túl rövid a forralás időtartama, akkor a fennmaradó DMS– P koncentráció magas lesz és a fermentáció során nagyobb mennyiségű szabad DMS képződik, ami viszont tartósan a végtermékben marad. Nagy mennyiségű szabad DMS képződik, ha a forralás után a sörlevet állni hagyják, ezért minél hamarabb le kell hűteni.

A dimetilszulfidoxid (DMSO) szárítás közben keletkezik a szabad DMS–ból, oxidáció révén. Ez a kevésbé illékony vegyület megtalálható minden fajta malátában. Az élesztő a DMSO-t DMS–é alakítja, ennek ellenére normál erjesztés alatt a DMSO bomlása nem járul hozzá jelentősen a DMS tartalom növeléséhez a sörben.

A DMS szabályozása fontos problémává vált, amióta a komlóforralás idejét és a párolgási értékét lecsökkentették, az energia megtakarítás céljából. 60 – 70 perc forralási idő már elegendő, amennyiben a párolgás 7 – 8 % .

#### A komlóadagolás módja

A komlót a főzőházban a komlófőző üstbe adagolják. Az adagolás módja és időpontja befolyással van a sör ízére és mindenekelőtt a komló keserűanyagai kihasználásának mértékére. A komló értékes anyagainak hasznosításakor, két teljesen ellentétes következménnyel kell számolni. A komló illóolajok 90 %-ban. fél óra hosszát forralva a sörleából a vízgőzzel elillannak. Maradékuk elgyantásodva a sörleében marad. Ez a maradék adja a sör kellemes komlóillatát. Minél tovább tart a komlófőzés, annál kevesebb illóolaj marad a sörleében.

A keserűanyagok hasznosításával ellenkező a helyzet. Minél tovább forralják a komlót, annál több anyag állandósul a sörleében. A két ellentétes folyamatot úgy kompenzálják, hogy a felhasználásra kerülő komlóadagot nem egyszerre, hanem több részletben adagolják a sörleéhez. Sokkal takarékosabb az az eljárás, amelyben a forralás kezdetén adják az egész komlóadagot a sörleéhez, mert így a legjobb az  $\alpha$ -sav hasznosulás.

A komlókeserűség fokozására egyes helyeken izomerizált komlókészítményeket használnak fel, amelyeket a főerjedés után, az ászokolás vége felé, vagy a sör szűrésekor adagolnak.

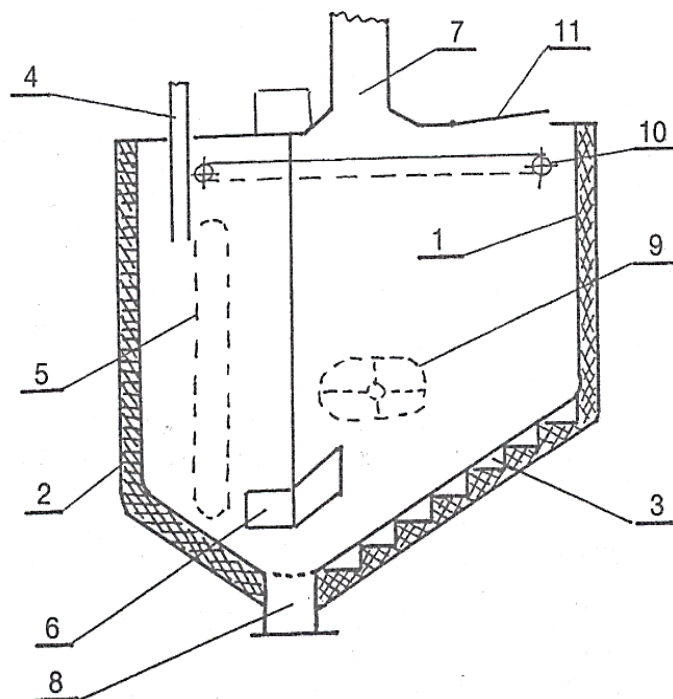
A keserű íz erősségét nagyon tág határok között határozzák meg. Amennyiben a söröknél meghatározott, állandó keserűértéket szeretnének elérni, tekintettel kell lenni elsősorban a főzéshez használt komló analitikailag megadott keserűértékére, a sörfajtára és az egyenletes minőségű sörfőző vízre. Mindezekből legfontosabb a komló, vagy a komlókészítmény keserűérték szerinti adagolása a főzés folyamán. Mind a komlónál, mind a kivonatnál a keserűértéket alfa-sav-százalékban adják meg.

#### 3.6.3. Komlófőző berendezések

A legelső komlóforraló berendezések hengeres alakúak voltak, vasból készültek, még nyitott üsttel és szilárdanyag tüzelésű kemencével rendelkeztek. A nyitott üstök helyett, melyekből a kicsapódó pára nem csak kellemetlen munkakörülményeket eredményezett, de gazdaságtalan is volt, napjainkban már zárt, páraakürtökkel felszerelt üstöket fejlesztettek ki. A régebbi üstöket keverővel látták el és közvetlenül szénnel, gázzal vagy olajjal fűtötték. A megnövekedett üst

méret nagyobb fűtési felületet kívánt meg, amelyet az ilyen kialakítású üstök nem tudtak teljesíteni. A gőzfűtésre való áttérés sem hozott megoldást, mert akkor a sörle túlmelegedése, esetleg leégése okozott problémát. Magas párolgási értékekkel (10 - 15%) rendelkeztek és a forralási idő 2 – 2,5 óra is lehetett, ami nagy energia felhasználást igényelt.

#### Komlófőző üst

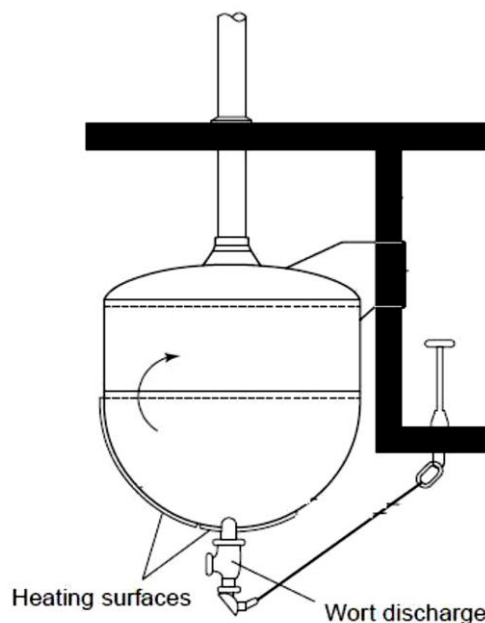


1. Tartály, 2. Hőszigetelés, 3. Vas fűtőfenék, 4. Anyag bevezetése, 5. Nézőüveg, 6. Keverő, 7. Párakürtő, 8. Anyag elvezetése, 9. Búvónyílás, 10. Tisztítórendszer, 11. Nyithat fedél

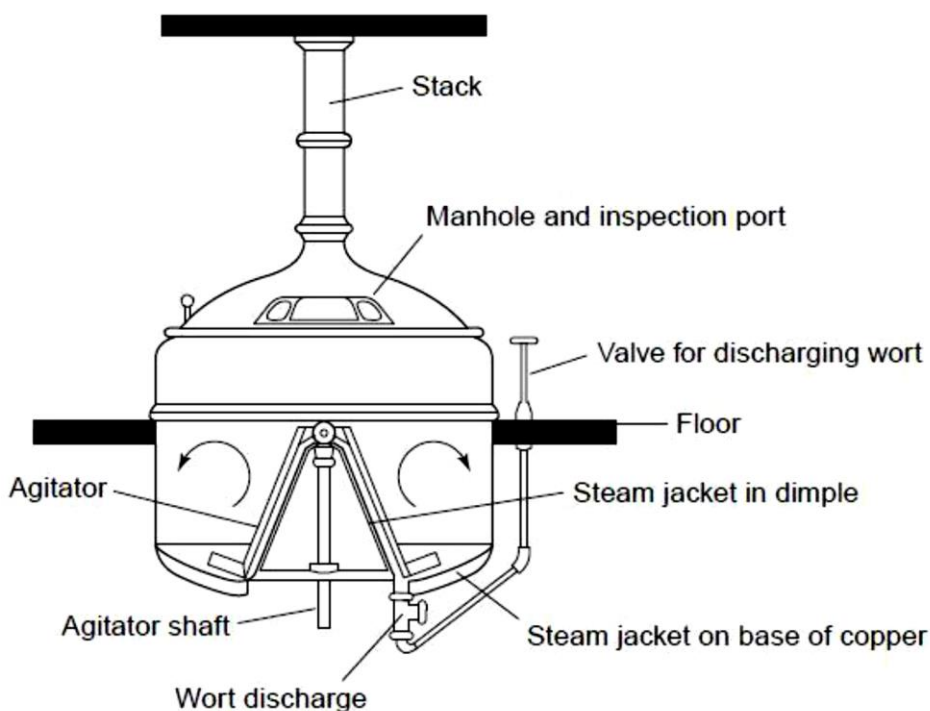
A többzónás fűtőrendszereknél a komlóforraló alját 2–3 fűtési zónára osztották. Aszimmetrikus elrendezésük biztosította a megfelelő keveredést és a folyamatos áramlást. Fűtésüket fűtőgőzzel, vagy forró vízzel oldották meg.

Több fűtőzónával ellátott komlóforraló üst, keverő nélkül

Európában a nagy hatékonyságú forraló üstök terjedtek el. A fűtőfelület növelése céljából az üstbe egy csonka kúp alakú, gőzzel fűtött köpenyt szereltek. A megnövelt felület – sörle arány indukálta a középről felfelé irányuló áramlást, ami az üst szélén egyenlítődtött ki, így biztosítva a megfelelő keveredést.



## Kúp alakú belső fűtőfelületű komlóforraló üst



A belső fűtésű rendszerek eredetileg csőköteges, vagy kaszkádos elrendezésűek, de léteznek egyszerre tekercses és köpenyes kialakításúak is. A modernebb típusoknál a fűtő csövek vertikális elrendezésűek és rövid 1–2 méter hosszúak, amelyek lehetővé teszik a sörlé előmelegítését, ezzel megrövidítve a főzési folyamatot. Amerikában még mindig elterjedt, hogy a megfelelő párologtatást ventilátoros szellőzéssel oldják meg. Hátrányuk, hogy a tisztításuk nehézkes, valamint nem biztosítják a megfelelő áramlást sem, ezért egy tovább fejlesztett típusát már keringtető szivattyúval látták el. A nagyobb teljesítményű üstök másik fűtéstípusa az úgynevezett „csillag” fűtőtest, ami csillagszerűen válik el a középső oszloptól, ezzel biztosítva a megfelelő cirkulációt és a felfelé irányuló áramlást.

Eltérő felépítésűek a négyszögletes üstök, melyeknek aszimmetrikus kialakítása biztosította a megfelelő keringést. Rozsdamentes acélból készültek és a nagyobb fűtőfelület kialakítása, valamint a helytakarékoság volt a cél. Előnyeik mellett sok hátrányuk van: a sörlé keringtetése és keverése nem megfelelő, pedig az aszimmetrikus elrendezésnek éppen ez lenne a célja, ezért a jobb áramláshoz terelőlapátokra van szükség. A kialakításból adódóan sok hab keletkezik, viszont az üst tetején nincs elegendő hely a hab befogadására, ezért a habot lefelé irányuló fűvő csövekkel próbálják megtörni. Ez a sörlé nem kívánatos oxidációjához, ízhibákhoz vezethetett és a hővisszanyerés hatékonyságát is csökkentti. A derékszögben csatlakozó falak okozta holtpontok miatt, a forralás egyenetlenné válik. A hengeres üstökhöz viszonyítva, rosszabb a hőmérséklet eloszlásuk is.

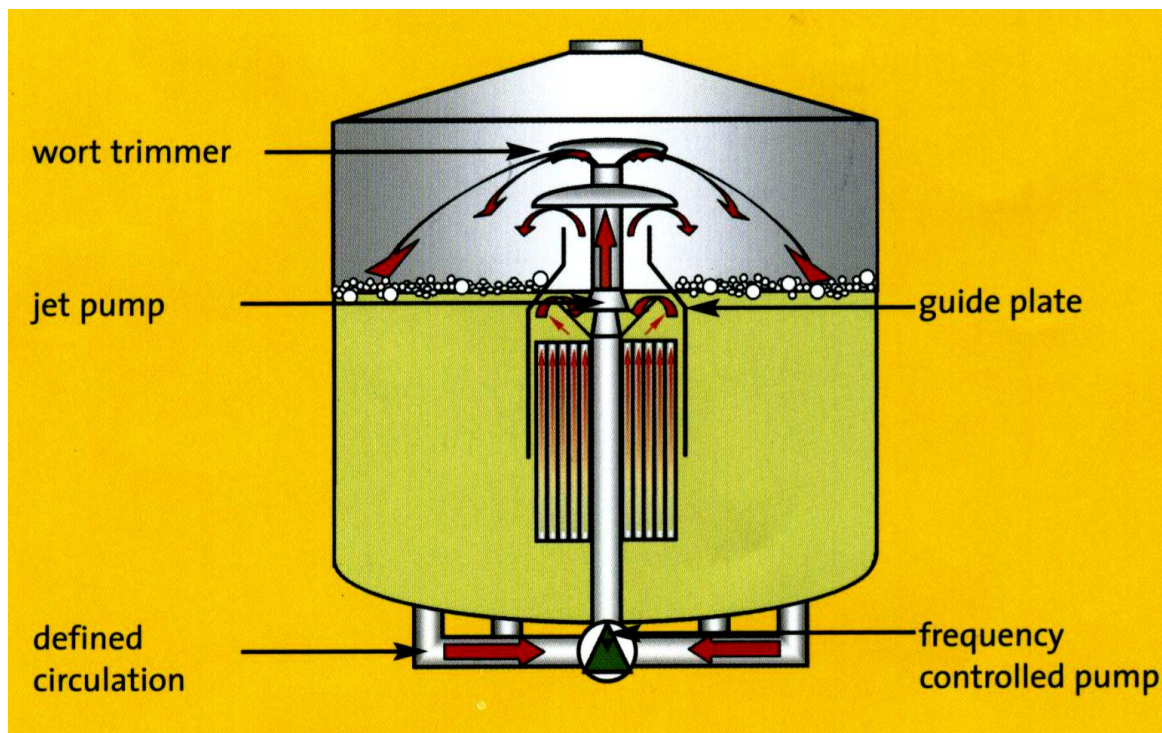
Az egyre növekvő fűtési költségek és a gazdasági helyzet romlása, új berendezések kifejlesztését szorgalmazta. A cél az elsődleges energiák, a forralási idő és a párologás csökkentése, valamint a forralás és a hűtés során felszabaduló hőenergia újrahasznosítása volt.



Ugyanakkor biztosítani kellett a megfelelő fehérje koagulációt, a nem kívánatos ízrontó illóanyagok eltávolítását és a megfelelő kémiai reakciók lejátszódását, melyek révén a túlzott sörlé elszíneződés is elkerülhető. A berendezéseknek könnyen tisztíthatónak kell lenniük. A nagyobb sörgyárakban, a tisztítási folyamat teljesen automatizált (CIP).

A legmodernebb komlóforralók olyan külső, vagy belső melegítési módszert alkalmaznak, ahol a sörlé a gőzzel fűtött csövek között felfelé áramlik, egy szűkítőn, az úgynevezett Venturi csövön keresztül. Ennek a végén egy terelő lapka található, ebbe beleütközik a sörlé, ami visszafelé tereli és szétszórja a sörlé felszínére. Azzal, hogy szűkítik az áramlást, egy kis ellennyomást tudnak létrehozni és ennek köszönhetően 102 – 103 °C – ra növelhető a sörlé forráspontja. Néhány esetben két elterelő lemezt vagy lapkát használnak, a minél több nemkívánatos aromaanyag eltávolítása, a megfelelő fehérjekiválás, valamint a jobb keveredés céljából. Ilyen típusú Stromboli komlóforraló üzemel, a soproni sörgyárban.

#### Stromboli komlóforraló

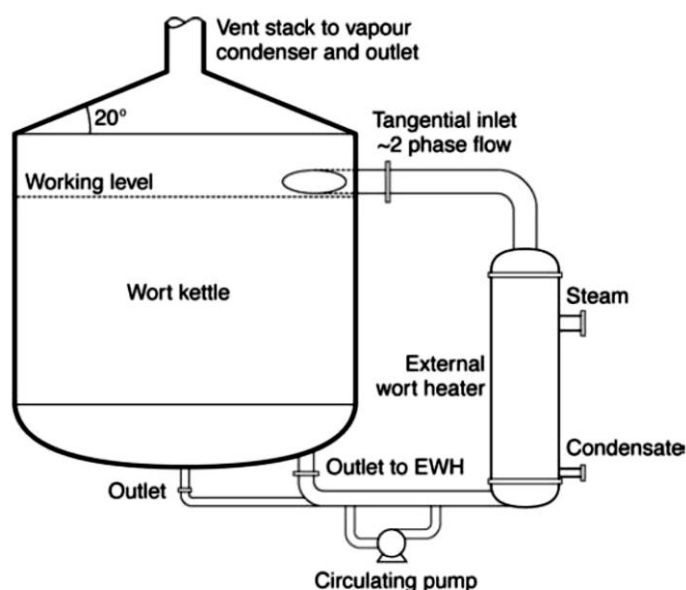


A belső fűtés méreténél fogva korlátozva van, ezt csak azzal lehet ellensúlyozni, ha a fűtész és az üst alatti mélységet megnövelik. Ha a cefre nem előmelegítve (75°C) érkezik a forraló üstbe, akkor az üstben kell forralásig melegíteni, viszont a hideg sörlé erős pulzálásnak lesz kitéve, ami rontja a forrás hatékonyságát. A sörlé a csövekben forrásig melegszik, a gőz és a sörlé gyors áramlása révén kicserélődik a hidegebb sörlére (termoszifonos hatás). A folyamat addig ismétlődik, amíg az egész sörlé forrásba nem jön, ekkor folyamatos áramlás jön létre a fűtésen keresztül felfelé, aminek már a hajtóereje a konvekció. Néha mechanikus hajtású járókereket szerelnek a melegítő alá, hogy megkönnyítsék a felfelé irányuló áramlást, és elkerüljék a pulzálást. Másik nem túl költséghatékony megoldás, hogy szivattyúk felszerelésével segítik az áramlást.

Viszont az így generált termoszfionos hatásnak két előnye is van: gyorsabb sörle áramlást érhetnek el a felmelegítésnél, ami jobb hővezetést biztosít és megakadályozható a pulzálás.

A külső forralóval rendelkező üstök legfőbb előnye, hogy méretüket, valamint geometriai felépítésüket a forraló nem korlátozza. A hőcserélők felülete is nagyobb lehet, így arányaiban kisebb falhőmérséklet érhető el, ami azért előnyös, mert könnyebb lesz a tisztítása. A sörlevet egy axiális szivattyú segítségével, az üst aljából egy külső hőcserélőbe áramoltatja, majd onnan vissza az üstben lévő Venturi csőbe, aminek kivezetésénél egy állítható szórófej segítségével, visszavezetik az üstben lévő sörle tetejére. Az axiál szivattyú a sörle forrásáig működik, azután leáll és a termoszfionos hatás érvényesül, miszerint a kisebb sűrűségű forrásban lévő sörlevet a hidegebb sűrűbb sörle felfelé szorítja.

Külső forralóval ellátott komlóforraló üst



Egyéb külső melegítő technológiájú berendezések kizárólag a termoszfionos hatásra támaszkodnak, miután a sörle elérte a forráspontját. Amíg a sörlevet előmelegítik, egy külső hőcserélőben keringtetik egy szivattyú segítségével. Miután a sörle elérte a forráspontját és forni kezd, a termoszfionos hatás fogja keringtetni a sörlevet, a szivattyú kikapcsolt állapotban van. A rendszert úgy alakították ki, hogy a forralás megkezdésével a

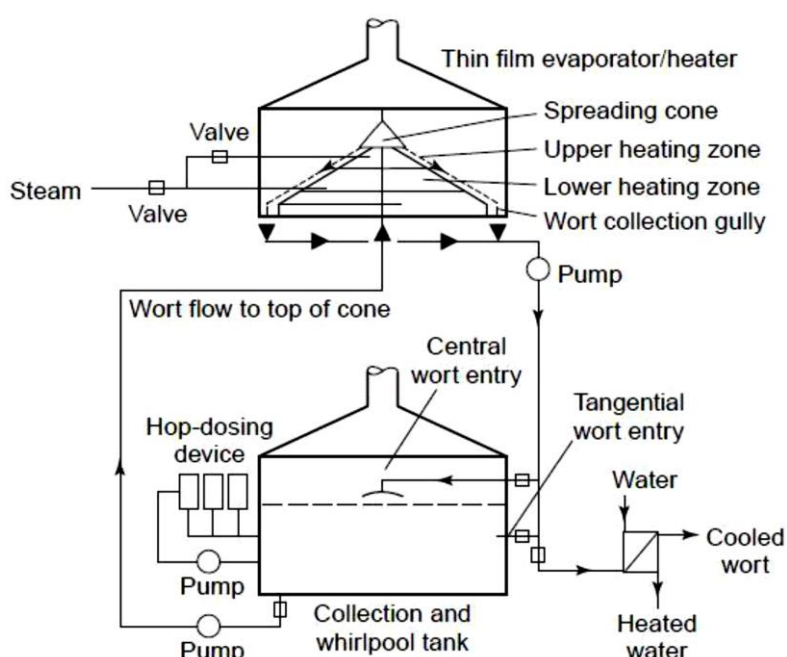
szivattyút lekapcsolják a rendszerről és a sörle elkerülve a szivattyút, egyenesen halad tovább a külső melegítőbe. A külső melegítő függőleges állású. Előnye, hogy mivel nem használják a szivattyút, energiát takarítanak meg és a dilatáció sem érvényesül. A nagyméretű külső forralók lehetővé teszik az alacsony fűtési hőmérsékletet, ezáltal sokkal lassabb lesz az eltömődés és a szennyeződés. Az alacsony falhőmérsékletnek és a sörle alacsony sűrűlődségének köszönhetően minimális az eltömődés, így elég a 30 főzetenkénti tisztítás. A sörle a melegítőben a 105 °C – ot is elérheti. A sörle folyamatos forgásban van, ami jó keveredést eredményez és az erőteljes gőzbuborék kitörésnek köszönhetően a nem kívánatos illó komponensek is gyorsan távoznak. A nagy hatásfokú illékony anyag eltávolítás csökkenti a forralás hosszát és csökkenti az energia szükségletet.

A modern komlóforralók az úgynevezett „Merlin” komlóforraló berendezések. A sörlevet egy tartályból – amely később örvénykádként funkcionál – szivattyúzzák egy fűtött fém kúp tetejére. A fűtött kúp felületén a sörle vékony rétegben folyik lefelé a gyűjtő zónába, ahonnan az örvénykádba kerül. A kúp három fűtési zónára van osztva, amelyeket önállóan gőzzel

fűtenek. Az üst zárt, a párákat az üst tetején lévő pára kürtőben vezetik el. A visszatérő sörle két helyen tud visszatérni az örvénykádba. A kád belsejében középen és a kád szélén. A két visszavezetési lehetőség javítja a keveredést és az áramlást. A felfűtési fázis, amikor a komlót is hozzáadják, 35–40 percet vesz igénybe. A felső két fűtési zóna hőmérséklete 130 °C, az alsó fűtési zóna hőmérséklete 120 °C. Maga a forralás 40 – 60 perc. A forralás végén a fűtés és a szivattyú ki van kapcsolva. Az örvénykádban való pihenés után (10 perc), a tisztított sörlevet a fűtő kúpon keresztül vezetik a sörle hűtőbe. Ebben a szakaszban csak az alsó kúpot fűtik 116 – 120 °C - ra. Az illékony anyagok eltávolítása – a sztrippelés fázisa – jelentősen csökkenti a DMS mennyiségét. A teljes párolgás mindössze 4,5 %. A forrási fázis energia hatékonyságát, az alacsony párolgási érték is jelzi, ami csupán 1,5 – 2,5 %.

#### Merlin komlóforraló üst (Steinecker)

A zárt főzőedényekben a hő visszanyerés legjobb módja, ha a pára kürtőben csökőteges hőcserélőt szerelnek fel, ahol a pára lecsapódik, ezáltal hő szabadul fel és az így keletkezett energiát például, meleg víz előállítására tudják felhasználni. Léteznek olyan kialakítású belső forralók, ahol a belső hőcserélő egy szigetelt burkot kap, ezáltal a körülötte és a felmelegített sörle között létrejött hőmérséklet különbség még jobb áramlást idézhet elő, de ez a megoldás költséges és nagyon ritka.



#### 3.6.4. A komlózott sörle összetétele

|                     |                              |                           |           |
|---------------------|------------------------------|---------------------------|-----------|
| <b>Szénhidrátok</b> | Erjeszthető szénhidrátok     | hexózok                   | 7 – 9 %   |
|                     |                              | szacharóz                 | 3 %       |
|                     |                              | maltóz                    | 43 – 47 % |
|                     |                              | maltotrióz                | 11 – 12 % |
|                     | Nem erjeszthető szénhidrátok | kis molekulájú dextrinek  | 6 – 12 %  |
|                     |                              | nagy molekulájú dextrinek | 19 – 24 % |
|                     |                              | pentózok                  | 3 – 4 %   |
|                     |                              | gumianyagok               | 0.2 %     |

|                             |                          |                                 |               |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------|
| Nitrogéntartalmú vegyületek | Össznitrogén             | 950 – 1150 mg                   |               |
|                             |                          | Nagy molekulájú N vegyületek    | 22%           |
|                             |                          | Közepes molekulájú N vegyületek | 18%           |
|                             |                          | Kis molekulájú N vegyületek     | 6 %           |
|                             |                          | α-amino N                       | 22 %          |
| Polifenolok                 | Összpolifenol            | 180 – 250 mg/l                  |               |
|                             |                          | antocianogén                    | 70 - 110 mg/l |
| Ásványi anyagok             | 80% szerves vegyület     |                                 |               |
|                             | 20 % szervetlen vegyület |                                 |               |
| pH 5,2 – 5,4                |                          |                                 |               |

### 3.7. A sörlé ülepítése

A *művelet célja* a forró seprő és a komlótörköly elválasztása a sörletől.

A forró seprőt a forraláskor keletkező fehérjekoagulátumok és egyéb bomlástermékek alkotják. A forró seprő koaguláló fehérjékből, a globulin és hordein (glikoprotein) lebontási termékeknek, a komló csereanyagaival alkotott vegyületeiből áll, amelyekhez még egyéb ásványi anyag, főleg kóvasav, valamint komlókeserűanyagok járulnak. A forróseprő mennyisége függ a felhasznált komlóadag nagyságától és a komlóforralás intenzitásától.

Forró seprő mérete: 30 –80  $\mu$ m,

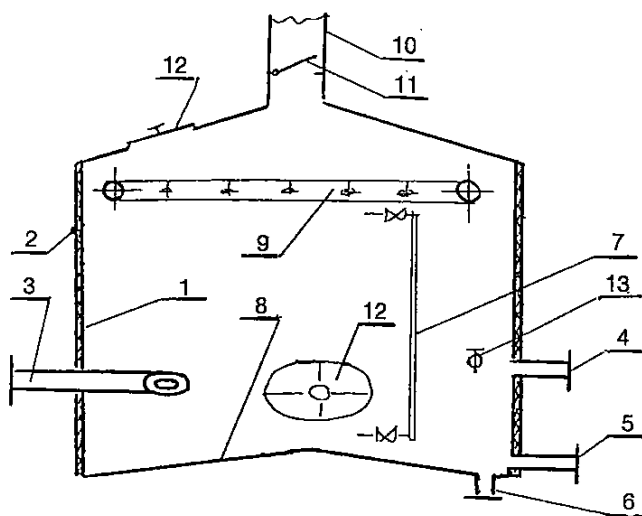
Forró seprő mennyiség: 400 –800 mg/l

Összetétele (80-85% víztartalom):

- fehérjék (50-60%),
- keserűanyagok(20-30%),
- polifenolok(15-20%)

Berendezések: hűtőbárka, ülepítőkád, örvénykád, szeparátor (centrifuga), kovaföldes szűrő

A forró seprő elválasztására jól bevált berendezés az örvénykád



A berendezés egyszerűen kezelhető, automatizálható. A sörle bevezetése tangenciális, hogy forgó mozgás keletkezzen a berendezésben. A bevezetés szűkülő keresztmetszeten keresztül történik, a folyadék sebessége nő és ez fontos, mert a teljes folyadékmennyiséget kell forgó mozgásba hozni. Az ülepedési idő kb. 20-30 perc, mely függ a folyadék magasságától, ezért célszerűbb nagyobb átmérőjű szélesebb örvénykádakat használni.

1. Tartály, 2. Hőszigetelés, 3. Érintőleges bevezetés, 4. Sörlé felső elvezetése, 5. Sörlé alsó elvezetése, 6. Forróseprő és mosófolyadék elvezetése, 7. Szintjelző, 8. Belső kúpos fenék, 9. CIP rendszer, 10. Párakürtő, 11. Pillangószelep, 12. Búvónyílás, 13. Mintavevőcsap

A berendezés lapos fenekű, vagy enyhén a széle felé lejtős kúpos fenék, ami a legmegfelelőbb. A kád hőszigetelt, a hőntartás és a hővisszanyerés céljából. A sörlé elvezetése, a bevezetés alatt történik. Az örvénykádban maradt forró seprő több-kevesebb sörlevet tartalmaz, ezért a főzőházba visszavezetik a komlóforralóba, vagy a szűrőkádba.

### 3.8. A sörlé hűtése

A **művelet célja** a kezdeti erjesztési hőfok elérése és a sörlé oxigénnel való telítése.

A hűtés egyszerű fizikai jelenség. Az oxigénfelvétel és a hideg seprő kiválása már rendkívül összetett folyamat, amelyek megvalósulása a hűtőberendezéstől és az alkalmazott technológiától függően nagy eltéréseket mutat. A sör fizikai-kémiai, valamint biológiai stabilitása, nagyrészt a helyes sörlékezeléstől függ.

A sörlé hűtése az erjesztés hőmérsékletére

- felsőerjesztésű élesztő: 15-22°C
- alsóerjesztésű élesztő: 6-12°C

Gyorsan (kémiai folyamatok leállítása) és aszeptikusan (szennyező mikróbák kizárása) történjen!

Berendezések: (hűtőbárka), csörgedező hűtő, lemezes hőcserélő.

Hűtőbárka

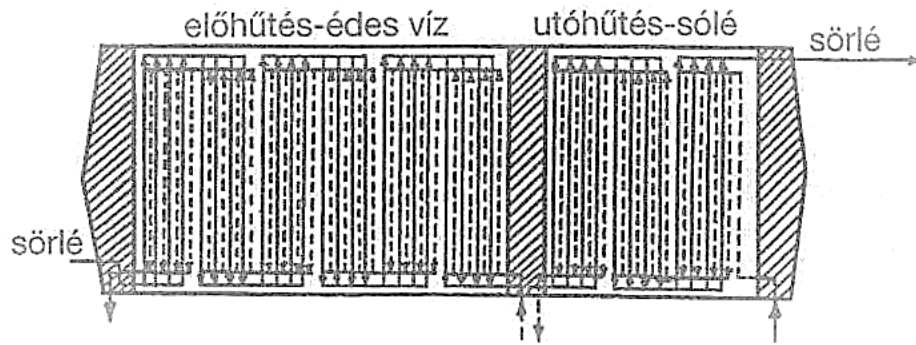


Folyadék réteg: 15-25 cm  
Tartózkodási idő: 30-120 perc  
A sterilitás erősen sérül.

A forró sörlé hűtésére napjainkban lemezes hőcserélőt használnak.



## Lemezes hőcserélő



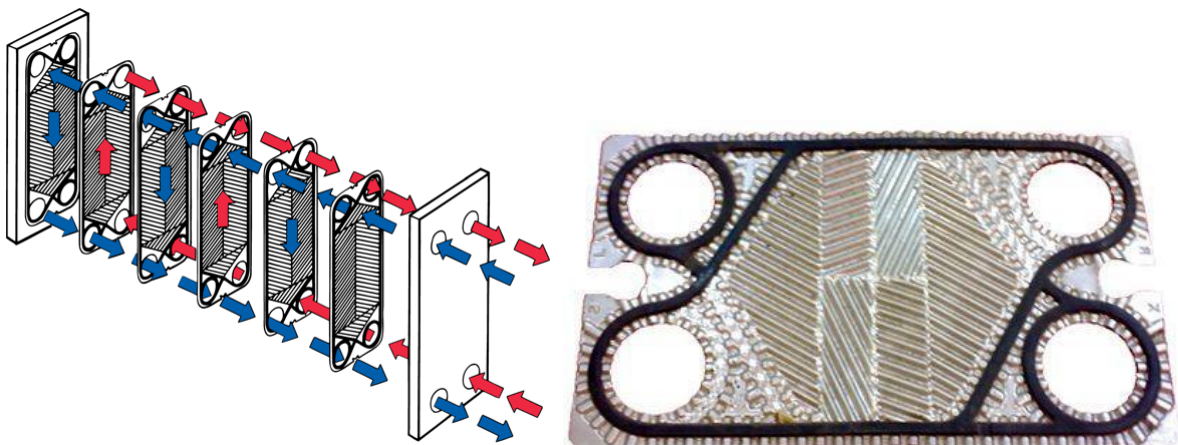
A forró sörle hűtésére lemezes hőcserélőt alkalmaznak, melyben zárt rendszerben ellenáramban áramlik a sörle és a hűtőfolyadék egymástól elzártan.

Előnyei:

- zárt rendszer, amely a fertőzés lehetőségét minimalizálja,
- a forró sörle által leadott hő hasznosítani lehet,
- nagy hőcserélő felület,
- kis helyszükséglet,
- könnyen tisztítható, sterilizálható.

A lemezes hűtőkben a sörle és a hűtőfolyadék a levegőtől és egymástól elzártan, vékony rétegben egymás mellett, rendszerint ellenáramban áramlik. A megfelelő irányú folyadékáramlást rendszerint rozsdamentes acélból készült, egymás mellett lapjával elhelyezett bordázott lemezek és megfelelően kialakított gumitömítések biztosítják.

## Ellenáramú hőcserélő



A hűtés egy vagy két szakaszban történhet. Egyszakaszos hűtés esetén célszerű a hűtést sörfőzővízzel végezni és a felmelegedett vizet a főzőházban felhasználni.

Amennyiben a hűtés két szakaszban játszódik le, akkor az első szakaszban a forró, 90-95 °C-os sörlevet előhűtik. A sörle kb. 30 °C-ra hűl, a hűtésre használt sörfőző víz kb. 70 °C-ra



melegszik fel. A második szakaszban a langyos sörlevet valamilyen hűtőfolyadékkal az erjesztés beállítási hőmérsékletére hűtik le.

A lemezek sarkaiban vannak az elosztócsatornát képező áteresztő nyílások. Hogy melyik lemezközebe, melyik csatornából jut folyadék, a gumitömítések határozzák meg. A lemezfelület cikk-cakk-szerű bordázata nemcsak a hasznos felület megnövelését, hanem az egész felületen az egyenletes folyadék eloszlást is lehetővé teszi. A lemezpárok számának változtatásával az elő- és utóhűtő felület nagysága és egymáshoz viszonyított aránya változtatható.

### 3.9. A sörle levegőztetése

Zárt sörlelhűtés esetén a lemezes hőcserélő utáni csővezetékbe nyomtatnak steril levegőt, hogy a sörle erjesztés előtt telítődjön a szükséges mennyiségű oxigénnel. A levegőztetés hatásfoka akkor megfelelő, ha az erjesztés menete zavartalan és intenzív. Az erjedés akkor indul meg egyenletesen, ha az oxigén eloszlása az egész sörleiben egyenletes, ezt úgy lehet elérni, ha a sörlevet a sörlelhűtés egész ideje alatt azonos mértékben levegőztetik.

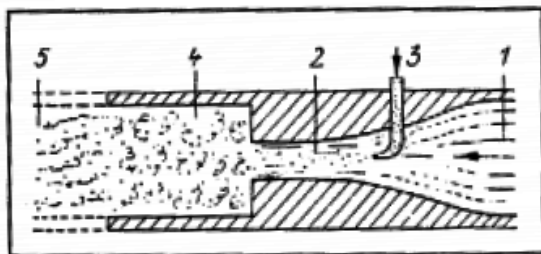
8 – 9 mg/l oxigén elnyelése szükséges, amihez elméletileg 3 liter levegő / hl sörle lenne elegendő, de gyakorlatilag ennek 10-szerese szükséges, mert nem nyelődik el, illetve egyenetlen az eloszlása.

Fontos, hogy a levegőztetést a sörle hűtése után végezzék, forró sörle levegőztetése oxidációhoz vezet, melynek hatására a szín mélyül és nemkívánatos ízanyagok keletkeznek. Cél az élesztő szaporodásának elősegítése. Az oxigén jelenléte az élesztősejt szaporodásához elengedhetetlenül fontos, hiányában nehezen indul be az erjedés, menete lassul és fokozódik a nem kívánatos észterképződés.

Levegő sterilizálása szűréssel történik, a kontamináció kizárása miatt.

A levegőztetést levegőztető készülékkel végzik. A levegőztető készülék olyan zsugorított fém, vagy kerámia, amelynek pórusnagysága, illetve annak átmérője 5 µm. Erre azért van szükség, hogy a levegőztető gyertyáról minél kisebb levegőbuborék váljon le. Mire a sörle az erjesztőkádba ér, a levegőbuborék már feloldódik a sörleiben és ne okozzon az erjesztőkádban erős habzást.

Venturi cső



- 1: lamináris áramlás
- 2: összeszűkülés a légfúvó zónájában, ami növeli a sebességet
- 3: légfúvóka steril levegő ellátással
- 4: turbulens áramlás
- 5: néző üveg

Az áramlási sebesség jelentősen megnövekszik a cső leszűkülésénél. A levegő egy fúvókán áramlik be és alaposan elkeveredik a sörleiben az örvények hatására, amik a kitáguló csőszakaszban keletkeznek.

A helyes levegőztetéshez, a kifogástalan oxigéntelítéshez két feltétel teljesülése szükséges. Az egyik feltétel, hogy a levegő hajszálfinom nyílásokon át kilépve jusson a sörlebe. A második feltétel, hogy a sörle

örvénylő mozgásban találkozzék a levegőárammal és abból parányi buborékokat szaggasson le. Az első feltétel teljesíthető, ha a steril levegőt porózus gyertyákon, vagy szűrőkön át nyomják a sörlébe. A második feltétel teljesülését (erős örvénylést) a levegőelosztó gyertya helyes beépítésével lehet elérni.

Az erjedési nehézségek egyik oka lehet, a sörlé nem kielégítő oxigéntartalma. Az élesztősejt szaporodásában az oxigén jelenléte döntő fontosságú. Oxigénhiány esetén az erjedés beindulása késik, az erjedés lefolyása lelassul, az észterképződés fokozódik.

### **3.10. A hidegseprő leválasztása**

Ha a forró sörlevet elkezdik hűteni, azt tapasztalják, hogy lehűtve zavaros lesz. Ezt a zavarosodást a sörléből kiváló hidegseprő okozza. Ez a seprő a forró sörlében oldott állapotban van jelen, hideg sörlében viszont oldhatatlan. Azt a hőmérsékletet, amelyen a hidegseprő kiválik, hidegzavarosodási pontnak nevezik.

A hidegseprő összetétele hasonló a forróseprő összetételéhez, de más fehérjék lebontási termékeiből és cseranyagok egymással alkotott vegyületéből áll. A hidegseprő kiválási formája függ a hűtés sebességétől.

Keletkezése: 60°C alatt kezdődik. Melegítés hatására részben visszaoldódhat. Teljes elválasztása nem lehetséges.

Méret: 0,5 –1,0 µm

Mennyiség: 150 –300 mg/l

Összetétel: fehérjék (50%), polifenolok(15-25%), szénhidrátok (20-30%), fehérje-polifenolkomplexek, keserűanyagok

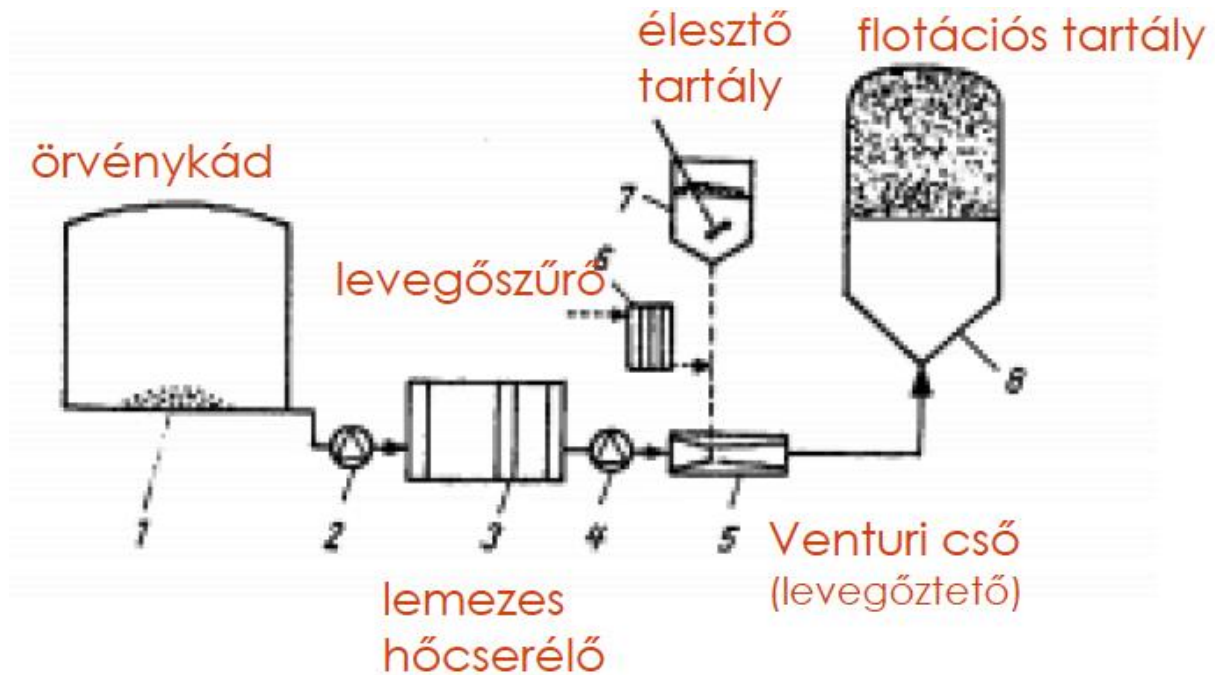
Berendezések: ülepítőkád (45-50% hatásfokú), szeparátor (50% hatásfokú), kovaföldes vagy perlites szűrő, amelynél a kovaföld minőségével lehet a seprő eltávolításának mértékét változtatni, (75-85% hatásfokú), flotálóberendezés (60-65% hatásfokú)

A hidegseprő egyrészt hasznos, mert stimulálja az élesztő szaporodását Zn hiányos, vagy rosszul levegőztetett sörlében, másrészt viszont káros, mert túl nagy mennyiségben ízhibákat eredményezhet a sörben, szennyezi az erjesztés végén elvett élesztő tömeget és gyengíti a derítés hatékonyságát. Eltávolítása jó hatással van a világos, friss, „tisztá” ízvilágú sörökre.

A nem csomósodó hidegseprő az erjedés és a sör minősége szempontjából lényegesen veszélyesebb, mint a forróseprő, mert erjedés során bármely felületen, tehát az élesztősejtek felületén is sűrűsödhet, ezzel akadályozza az élesztő anyagcseréjét és lassítja az erjedést.

A sörüzemek nagy része nem választja el a hidegseprőt

Flotálás, a sörléhez finom eloszlású levegőt kevernek és állni hagyják. Néhány óra alatt a seprőrészecskék a légbuborékokhoz kötődnek és a sörlé felszínén gyűlnek össze.

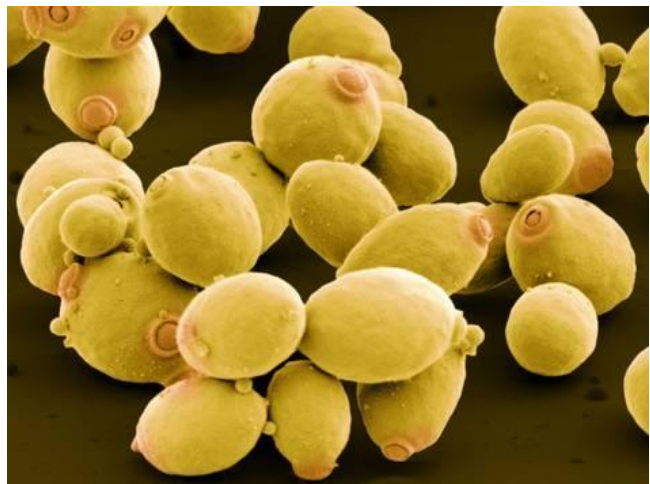


### 3.11. A sörélesztő

Az erjesztéshez nélkülözhetetlen a sörélesztő jelenléte, ezért fontos megismerni tulajdonságait, működését. Az élesztő egyetlen sejtből álló micellás gomba. Alakjuk tojásdad, sejtfalból, protoplazmából és sejtmagból állnak. Az élesztő több mint 30 különböző enzimet tartalmaz. Az alkoholos erjedést katalizáló enzimrendszert *zimáz* enzimrendszernek nevezik.

Sörélesztő mikroszkópos felvétele

A legtöbb élesztőfaj levegő jelenlétében elsősorban lélegzik és csak kis mértékben erjeszt, a sörélesztő az egyetlen, amely minden esetben – akkor is, ha elegendő oxigén áll rendelkezésére – elsősorban erjeszt és csak kismértékben lélegzik.



Az élesztő első megfigyelése Antonie van Leewenhoektól származik, aki saját készítésű mikroszkópjával 1680-ban írta le az élesztősejtet. Az élesztősejtek körül gázbuborékokat is megfigyelt.

Az erjedés folyamatának megértéséhez fontos volt Joseph-Louis Gay-Lussac munkássága, aki 1810-től foglalkozott a fermentáció jelenségével és megalkotta az alkoholos erjedés egyenletét 1837-ben többek között Charles Cagniard-Latour és Theodore Schwann, egymástól függetlenül publikáltak, kimutatták, hogy az élesztő sarjadzással szaporodik, valamint elszaporodása és az erjedés egymással összefüggő folyamatok. Megállapították, hogy a cukor elerjedése az élesztő életműködésének következménye. Schwann kollégája, Meyen nevezte el az élesztőt

cukorgombának, azaz *Saccharomyces*-nek. A sörerjesztés szempontjából nagy jelentőséggel bír Pasteur munkássága, 1928-ban jelent meg ilyen témájú könyve (*Etudes sur la bière*). Foglalkozott az élesztő szaporodásával, az erjesztésben betöltött szerepével, a higiénia fontosságával és a mikrobiális fertőzésekkel.

Pasteur elmélete szerint az erjedést az élesztő indítja be, a rendelkezésre álló levegő jelenlétében „elégeti” a cukrot, levegőtől elzárva pedig erjeszti. 1897-ben Buchner megdöntötte Pasteur vitalisztikus elméletét. Kísérletekkel kimutatta, hogy az erjedést nem az élesztő életműködése okozza, hanem az élesztősejtek által termelt enzimek.

A dániai Carlsbergben élő Emil Christian Hansen, dán fermentációs fiziológus munkássága söripari szempontból meghatározó jelentőségű. Neki köszönhetően 1883 óta a sört – néhány kivételtől eltekintve (belga lambic (gueuze) és savas ale, illetve a német weissbier) – egyetlen mikroorganizmussal, a sörélesztővel készítik. Hansen kidolgozott egy módszert a tiszta élesztőkultúra szaporítására, amit ingyen a világ rendelkezésére bocsátott és ezzel forradalmasította a söripart. Az ale sörélesztőt *Saccharomyces cerevisiae*-nek nevezte el, míg a lager sörélesztő eltérő tulajdonságait azzal hangsúlyozta, hogy külön fajba helyezte el, amit *Saccharomyces carlsbergensis*-nek nevezett.

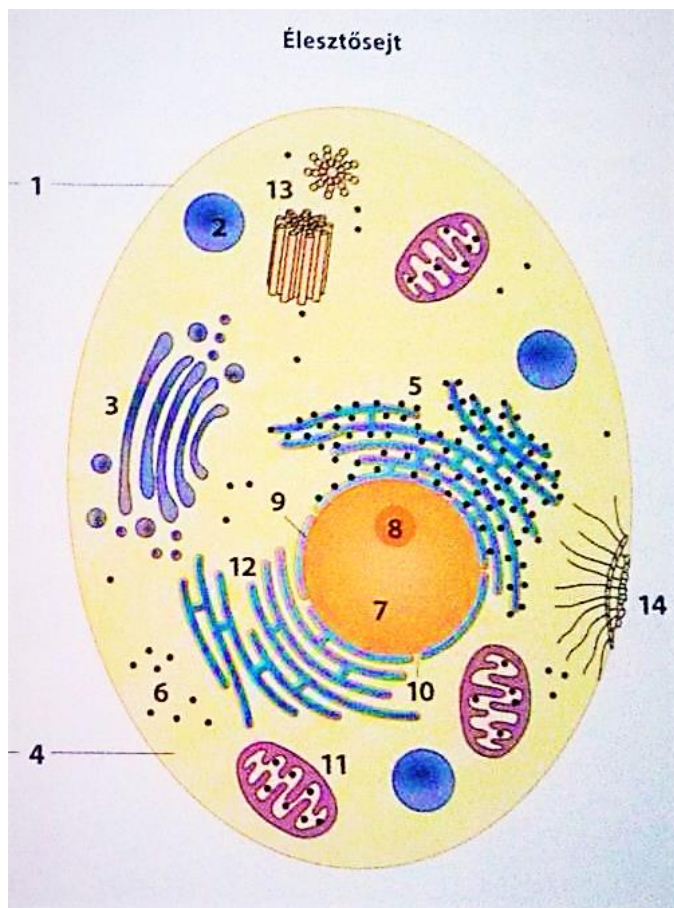
Az élesztők rendszertani besorolása számos változáson ment keresztül, az egyre pontosabb, részletekbe menő azonosítási technikáknak, az utóbbi évtizedekben pedig a genom szintű megismerésüknek köszönhetően. Kreger-van Rij a sörélesztő fajokat 1984-ben egy fajba sorolta (*Saccharomyces cerevisiae*). A taxonómiai besorolás újabb változása révén a lager sörélesztőket 1990 óta a *Saccharomyces pastorianus* (szinonim *S. carlsbergensis*) fajba sorolják.

A lager élesztők tulajdonképpen hibrid élesztők, a *S. cerevisiae* és a *Saccharomyces monacensis*, vagy a *Saccharomyces bayanus* fajok hibridizációjának eredménye, ezért sem egyértelmű a rendszertani besorolásuk.

A sörélesztő – *Saccharomyces cerevisiae* – eukarióta, egysejtű gomba, a valódi gombák csoportjába, a spóráképzők közé tartozik. Rendszertanilag a *Saccharomyces cerevisiae* faj a *Saccharomyces* nemzetségbe, a *Saccharomycetaceae* családba, az *Endomycetales* rendbe és az *Ascomycetes* osztályba sorolható.

#### 3.11.1. Az élesztősejt morfológiája és kémiai összetétele

Az élesztősejt morfológiáját tekintve kerekded, vagy ovális, citrom alakúak, méretük 8-10 mikrométer. A sejtek víztartalma megközelítőleg 80%. A fennmaradó 20%-nyi szárazanyag tartalom pontos összetétele, valamint mérete függ a sejt fiziológiai állapotától, illetve attól, hogy a sejt ciklus mely fázisban van. A sarjadzó sejt akár háromszor akkora is lehet, mint normál állapotában. A szárazanyag tartalmat kitevő makromolekulák legnagyobb része fehérje (40-45%), illetve szénhidrát (30-35%), aminek egy része tartalék szénhidrát (glikogén, trehalóz), továbbá 6-8% nukleinsav, 4-5% lipid és 5-10% ásványi anyag. Az ásványi anyag tartalom: mintegy 50% szén, 30-35% oxigén, 5-5% nitrogén és hidrogén, 2% kálium, 1% foszfor és 1%-nál kevesebb kén, magnézium, kalcium és vas.



1. sejtmembrán
2. lizoszóma
3. Golgi készülék
4. citoplazma
5. endoplazmatikus retikulum riboszómákkal
6. szabad riboszómák
7. sejtmag
8. nucleolus
9. sejtburók
10. sejtporus
11. mitokondrium
12. endoplazmatikus retikulum
13. centriolum
14. dezmoszóma

A sejtalkotók közül néhánynak különösen fontos szerepe van. A sejtfa szerepe a védelem: védi a sejtet a mechanikai behatásoktól és a citoplazmát a külső hatásoktól. A sejtfa felépítő két réteg közül a

belső a stabilitásért és ellenállásért felelős, a külső csökkenti a permeabilitását és akadályt képez az oldott anyagokkal szemben. A sejtfa szerepe van a sejtek közötti kommunikációban és a flokkulációban.

A periplazmatikus tér a sejtfa és a sejtmembrán között található, helyet ad a lebontó enzimeknek (pl. invertáz) és védi a sejtmembránt. A sejtmembrán a szubsztátumok ki- és beáramlását szabályozza. Ebbe ágyazva található a különböző tápanyag komponensek transzportjért felelős fehérjék.

A citoplazma egy vizes, kissé savas kémhatású folyadék, melybe ágyazódva találhatók a sejt organellek: vakuolumok, riboszómák, az endoplazmatikus retikulum, a Golgi apparátusok és a sejtmag, továbbá oldott fehérjék, lipid részecskék és glikogén.

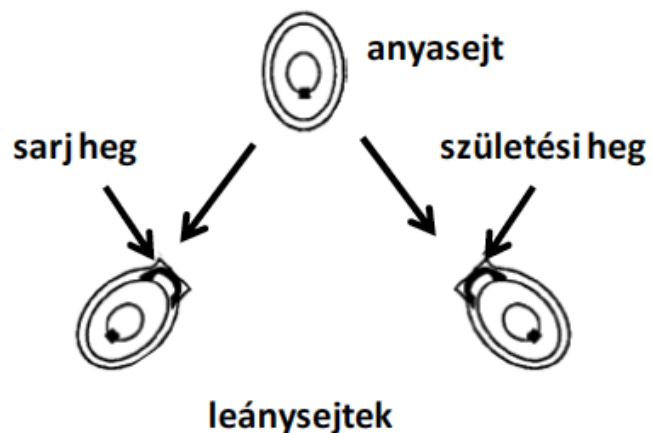
A mitokondrium a sejt energiaközpontja. Fő szerepe, hogy biokémiai hasznos formává alakítsa át a sejtben található kémiai energiát tároló molekulákat, oxidatív módon. Mivel az erjesztés anaerob körülmények között játszódik le, sokáig úgy gondolták, hogy a sejt fermentációs teljesítményében, csak másodlagos szerepe van. Ezzel szemben kimutatták, hogy az erjesztés segíti a sejt adaptációját a különböző stressz helyzetekhez (pl. etanol). Továbbá felelős a telítetlen zsírsavak és membrán lipidek, valamint az ergoszterol szintéziséért, a glikogén mozgósításáért, a sejt felszín módosulásáért, ami a sejtosztódás és a flokkuláció miatt fontos.



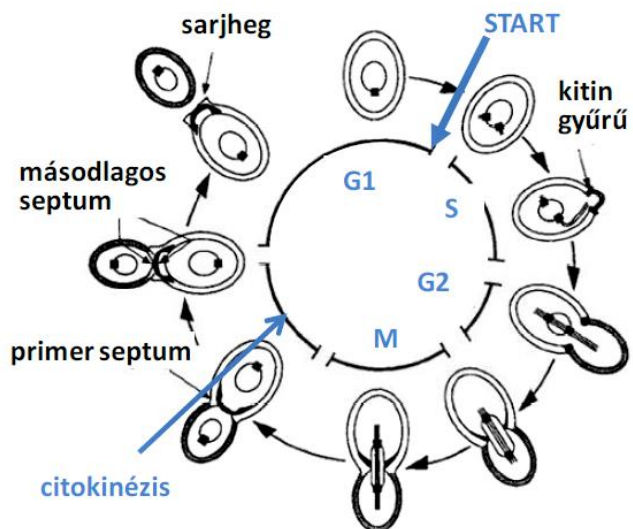
## Az élesztő szaporodása

A sörélesztő sarjadzással (aszimmetrikus osztódás) szaporodik. A sarjadzás két leánysejtet eredményez, melyek genetikailag teljesen megegyeznek az anyasejttel. A sejtosztódás folyamatos, abban az értelemben, hogy a leánysejtek újra sarjadzanak, üteme viszont változó. Lelassulhat, sőt le is állhat, ha a körülmények kedvezőtlenek pl. tápanyag hiány esetén, vagy a sejt öregedése, halála esetén.

### Az élesztősejt sarjadzása



A sejtciklus eredményeként, két genetikailag teljesen egyforma sejt keletkezik. Az aktívan szaporodó populáció sejtjei bármely adott pillanatban, a sejtciklus különböző fázisaiban vannak. A G1 fázis előzi meg a sarjadzást, a végét a Start pont jelenti. Ha elegendő tápanyag áll a sejt rendelkezésére a környezetében, akkor osztódni kezd és megkezdődhet a sejtciklus, melynek első fázisa a DNS szintézis (S fázis), ami a leánysejt sarj elkezdi növekedni. A DNS szintézist követő G2 fázis, egybeesik a sarj növekedésével és a mitózishoz (M fázis), illetve a sejtmag osztódásához vezet. A sejtciklus utolsó lépései a citokinézis, amikor a leány- és anyasejtet már csak egy septum (válaszfal) választja el egymástól, végül a sejtek elválnak. Az összekapcsolódás helye megmarad a sejteken sarjheg formájában. A leánysejtek általában kisebb méretűek, mint az anyasejt volt.



### 3.11.2. A sörélesztő típusai

A sörélesztőnek két típusa van: alsóerjesztésű (vagy lager) és felsőerjesztésű (vagy ale). Alapvető fiziológiás jegyeik nagyon hasonlóak, ezért az egyértelmű faji azonosítás, mikroszkóposan sejt morfológia alapján könnyen hibás eredményekhez vezethet. Azt is érdemes megjegyezni, hogy a napjainkban használatos nagyüzemi (unitankos, cilindrokónikus tartályban végzett) erjesztések végén mindkét élesztőtípust a tartály alján veszik el, így a klasszikus megkülönböztetés (az erjesztés végén tapasztalható viselkedés alapján) nem releváns. Sokkal inkább célszerű figyelembe venni a fermentációs teljesítményt, a szénhidrátok



hasznosítását, az illékony komponensek termelését, vagy a hőmérsékletet, melyen a legkedvezőbb aromakomponensű terméket eredményezik, valamint a flokkulációs tulajdonságokat.

Szaporodási optimumuk 28°C, de a felsőerjesztésű élesztők 15-25°C-on, az alsóerjesztésű élesztők alacsonyabb, hőmérsékleten 5-10°C-on erjesztenek a legjobban. A felsőerjesztésű élesztő leánysejtje nem válik le teljesen az anyasejtről, így hosszú láncszerű telepeket alkotnak, míg az alsóerjesztésű élesztő leginkább egy sejt formájában, vagy sejtpárokban figyelhető meg. Fiziológiai különbség, hogy az felsőerjesztésű élesztők nem képesek hasznosítani a melibióz nevű szénhidrátot, illetve az alsóerjesztésűek a maltotriózt is jobban hasznosítják.

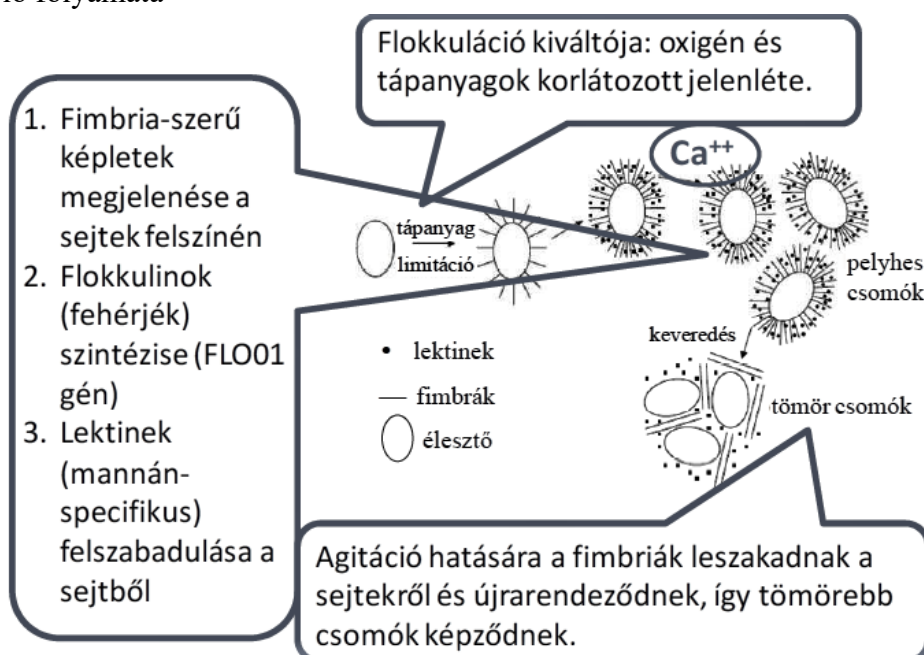
## Flokkuláció

A flokkuláció során a sejtek aggregátumokat alkotnak, csomókban állnak össze. A sörgyártás szempontjából nagy jelentőségű az erjesztési teljesítmény és az erjesztést követő műveletek szempontjából is. A sörélesztők ebből a szempontból lehetnek flokkuláló és nem flokkuláló (por-) élesztők.

Ha az erősen flokkuláló típusba tartozik egy sörélesztő, akkor már az erjesztés korai szakaszában kiülednek a sejtek, ami magas végerjedésfokot, sok maradék erjeszthető szénhidrátot, kis alkohol tartalmat és elégtelen aromaképződést eredményez. A porélesztő ugyan megfelelő módon végig viszi az erjesztést, de mivel nem ülepszik ki, nem lehet a főerjedés végén elvenni, ami kedvezően az ászokolás lefutása és a szűrés szempontjából és a maradék sejtek, ízhibát és zavarosságot eredményeznek a végtermékben.

A flokkuláció pontos mechanizmusát illetően nincs teljes egyetértés, több elmélet is született már a témában, melyek abban egyeznek meg, hogy az egyik sejt felszínén található fehérjék a másik sejt felszínén található szénhidrát receptorokhoz kapcsolódnak. Bizonyíték erre a mechanizmusra, hogy az egyszerű cukrok is hozzákapcsolódnak ezekhez a sejtfelszíni, lektin típusú fehérjékhez, ezáltal gátolva a flokkulációt.

## Flokkuláció folyamata



A sörélesztőnek három flokkulációs fenotípusa van. Az egyes típusok között az a különbség, hogy milyen szénhidrát váltja ki a sejtek csomósodását, illetve milyen szénhidrát gátolja azt. Ez a két tényező jól magyarázza az élesztők flokkulációs viselkedését.

FLO1 csoport: erősen flokkulál az erjesztés során végig, a sörlé nem tartalmaz mannózt  
New Flo csoport: legtöbb sörélesztő ide tartozik, flokkuláció a főerjesztés végén

MI csoport: erősen flokkulál és felsőerjesztésű, etanol jelenléte szükséges a flokkulációhoz

Az MI fenotípus jelentősen eltér a másik kettőtől, egyrészt a cukor nem gátolja a flokkulációt, másrészt a sejtek egymáshoz tapadnak. Kalcium nem szükséges az aggregációhoz, mert fehérje-fehérje kölcsönhatáson alapszik. A Flo 1 és a New Flo fenotípusok esetében lektin típusú fehérjék és a sejtek felszínén található mannánok kerülnek kölcsönhatásba. A kalcium jelenléte meghatározó, mert a lektinek megfelelő konfigurációját alakítja ki a kapcsolódáshoz. A sejteknek érintkezésbe kell kerülniük az aggregátumok kialakulásához, ezért a (mechanikai) keverés elősegíti a flokkulációt és stabilabbak az aggregátumok.

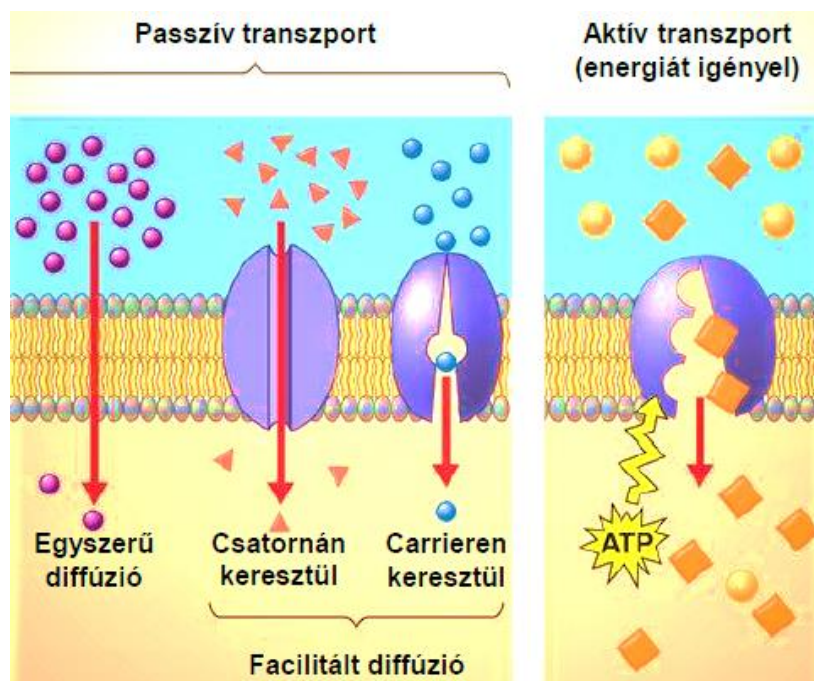
#### Tápanyagszükséglet

Az élesztő kiegyensúlyozott szaporodásához szükséges összes tápanyagot tartalmazza a sörlé, ha tisztán malátából készült, tehát elegendő mennyiségű és megfelelő összetételű szénhidrátot, nitrogénforrást és ásványi anyagokat tartalmaz.

A sörélesztő számára erjeszthető főbb szénhidrátok - a glükóz, a fruktóz, a szacharóz, a maltóz, és a maltotrióz - a sörlében is megtalálhatók. Képes hasznosítani még a mannózt, a galaktózt és a xilulózt is. A raffinóz triszacharidot (galaktóz-glükóz-fruktóz), teljes mértékben csak az alsóerjesztésű sörélesztők tudják bontani. A felsőerjesztésű élesztők nem, mert nem rendelkeznek melibiáz enzimmel, ami a galaktóz és glükóz közötti kötést bontaná. Fontos, hogy a sörélesztők nem erjesztik a laktózt. Szénhidrát anyagcseréjüknek e két jellegzetessége, felhasználható azonosításukra is. Az utóbbi megmutatja, hogy az azonosítandó *Saccharomyces cerevisiae* faj sörélesztő és például nem pékélesztő, míg az előbbi alapján dönthető el, hogy alsó- vagy felsőerjesztésű a sörélesztő.

Az erjeszthető szénhidrátok különböző módon jutnak be a sejtbe. A glükóz és a fruktóz átdiffundál a sejtmembránon. A szacharózt glükózzá és fruktózzá bontja a sejt periplazmájában található invertáz enzim. A maltóznak és maltotrióznak enzimre van szüksége, hogy bejusson a sejtbe (maltózpermeáz és maltotriózpermeáz), ahol a maltáz, glükózzá hidrolizálja.

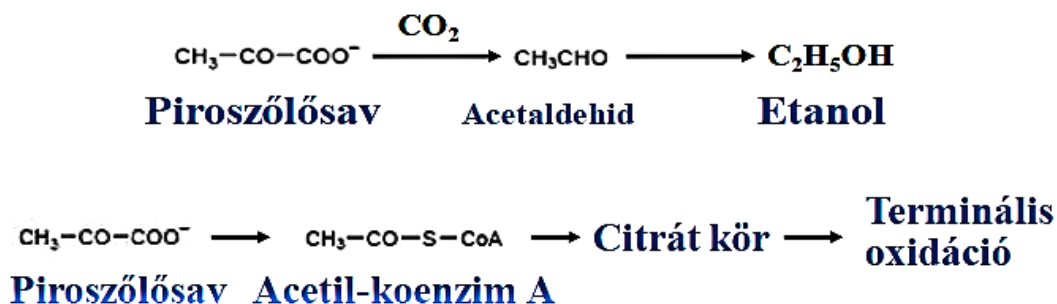
## Tápanyag felvételi módok



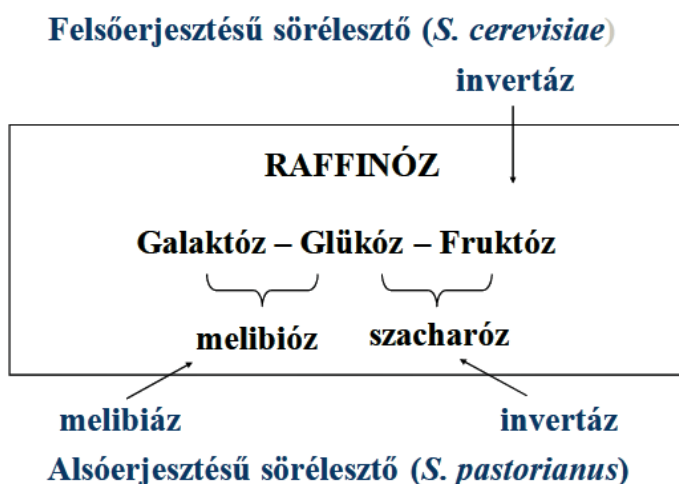
Az erjeszhető szénhidrátok szabályozott sorrendben kerülnek felvételre és felhasználásra. A sörélesztők szénhidrát-anyagcseréjét is szabályozza a katabolit represszió, illetve a Crabtree effektus: magas glükóz koncentráció esetén aerob körülmények között is erjesztést végez a sejt. Ennek oka, hogy a magas glükóz koncentráció gátolja a légzést, acetaldehid-etanol átalakulás, azaz erjesztés folyik mindaddig, míg a glükóz koncentráció le nem csökken a légzési anyagcsere beindulás szintjéig.

A sejt által felvett erjeszhető szénhidrátok különböző utakon, de mind a glikolízisbe kerülnek, ez a közös anyagcsere út. Majd anaerob környezetben alkoholos erjedés történik: etanol és széndioxid keletkezik. Aerob körülmények között a citromsav ciklus és a terminális oxidáció felé vezet a sejt anyagcseréje, ami energiatermelő folyamat és biomassza növekedést eredményez.

Anaerob és aerob anyagcsere utak



Amikor a sörélesztő szénhidrát anyagcseréjéről van szó, meg kell említeni a raffinóz triszacharidot, melyet csak az alsóerjesztésű élesztők képesek teljes mértékben hasznosítani. Ehhez két enzimre is szükség van: a galaktóz és glükóz közötti kötést bontó melibiázra ( $\alpha$ -galaktozidáz) és a glükóz és fruktóz közötti kötést bontó invertázra. Mivel a felsőerjesztésű sörélesztők nem rendelkeznek melibiáz enzimmal, ezért a raffinózból csak a fruktóz egységet tudják lehasítani, a molekula maradék kétharmadát nem asszimilálják.



### Nitrogén források

A nitrogén hasznosítás esetében is igaz, hogy a 100%-ban árpamalátából készült sörle teljes mértékben fedezi a sörélesztő nitrogén igényét a zavartalan erjesztéshez. A sörle átlagos össznitrogén tartalma 950-1150 mg/l között van, melynek több mint a fele (58%) peptid és szabad aminosav, 20% protein és 22% polipeptid. A sörle asszimilálható nitrogén tartalmához nagyobb mértékben járulnak hozzá az aminosavak, mint a polipeptidek, ezért a sörlevek szabad- $\alpha$ -aminonitrogén (SZAN) tartalmát tartják meghatározónak az erjesztés zavartalan lezajlása szempontjából. Ennek értéke 150-230 mg/l egy jó nitrogén ellátottságú sörleben. Problémát a pótanyaggal készült sörlevek jelenthetnek. Míg például 40% kukoricadara alkalmazása biztosítja ugyanazt az extrakttartalmat a sörle esetében, addig a SZAN tartalom a kritikus 150 mg/l értéket nem éri el. Ez vontatott erjesztéshez és megnövekedett diacetil tartalomhoz vezethet.

A sejtek nitrogén asszimilációja esetében is vannak szabályzó mechanizmusok. Létezik nitrogén katabolit represszió is: ha könnyen és azonnal asszimilálható nitrogénforrás van jelen a tápközegben, akkor azt hasznosítják az élesztősejtek, míg a transzport rendszerek szintézise, valamint a többi kevésbé könnyen hasznosítható nitrogénforrások lebontását szolgáló enzimek szintézise is gátlódik.

Az aminosavakat többféle transzport rendszer segítségével, meghatározott sorrendben veszik fel a sörélesztők, ami alapján négy csoportba – A, B, C és D – sorolhatók.

„A” csoport: arginin, aszparagin, aszparaginsav, glutamin, glutaminsav, lizin, szerin, treonin

„B” csoport: hisztidin, leucin, izoleucin, metionin, valin

„C” csoport: alanin, glicin, fenilalanin, triptofán, tirozin

„D” csoport: prolin

Az A és B csoport aminosavait elsősorban a felépítő anyagcserében hasznosítja az élesztő; a nitrogén katabolit represszió nincs hatással a szállító rendszerükre. Ha ezek kimerültek a

tápközegből, akkor kezdi felvenni a C csoport tagjait. A D csoportban csak a prolin található, amelyet anaerob körülmények között nem tud felvenni a sejt.

A sörélesztő nem hasznosítja a nitrítéket és nitrátokat. A sörléből felvett aminosavak lebontásra kerülnek.

A lebontásuk során létrejövő köztes termékek

- prekursor molekulái lesznek a purin és pirimidin szintézisnek,
- aerob körülmények között az amino csoportok leválása után megmaradt szénvázak az energiatermelő anyagcsereutakba kapcsolódnak,
- prekursorai lesznek a glükoneogenezisnek.

Fermentáció során (anaerob), a lebontás egyes termékeit a sejtek a sörlébe bocsátják, amik hozzájárulhatnak a sör ízéhez.

## Lipidek

Az élesztő zsírsavakat és szterineket is egyaránt hasznosít, fontos alkotói a sejtmembránnak, az anyagcsere köztes termékei és a sejten belüli kommunikációban is van szerepük. Különösen fontos, hogy a sörlében jelen legyenek telítetlen zsírsavak, melyekre nézve anaerob körülmények között auxotróf az élesztő. Ez azt jelenti, hogy csak molekuláris oxigén jelenlétében képes a sejt szintetizálni. A fermentáció során a sörléből veszi fel diffúzióval.

Alacsony hőmérsékleten befolyásolják a membrán fluiditását, ezért nagyobb mennyiségben lehet rá szükség az erjesztés során. Elősegítik a tápanyagok bejutását a sejtbe, például fontos szerepük van az  $\alpha$ -aminonitrogének felvételében, továbbá a foszfátszállításban. Az ATPáz enzimet is ezek a telítetlen zsírsavak aktiválják, így fontos szerepük van a glükóz lebontásában. Ezenkívül szükség van telítetlen zsírsavakra a mitokondrium megfelelő működéséhez. Hiányának másodlagos hatása, hogy nagy mennyiségű észterképződéshez vezet.

## Ásványianyagok

Az élesztő anyagcseréjének fontos elemei az ásványi anyagok, melyek nélkülözhetetlenek a sejt működéséhez. A sörlé ásványi anyag tartalmának 80%-a szerves, 20% pedig szervetlen vegyület formában van jelen. Koncentrációjuktól függően makroelemek (Ca, K, P, Mg, Na) és mikroelemek (Fe, Zn, Cu, Mn) lehetnek.

Az ásványi anyagok felvételének első fázisa a bioszorpció, ami passzív folyamat. Az ionok koncentrálnak és megkötődnek a sejt felszínén, ami történhet komplex képzéssel, ioncserével, adszorpcióval, vagy kicsapódással. A második fázis a bioakkumuláció már energia igényes folyamat. Az ionok aktív transzportja a sejtmembránon keresztül történik és kálium-ion kiáramlással jár.

Szerepük sokféle, a sejt anyagcseréjének számos folyamatához nélkülözhetetlen. Szükségesek a sejt szerkezeti egységének fenntartásához, a flokkulációhoz, a sejtosztódáshoz, a tápanyagok felvételéhez és az enzimek működéséhez. Ez utóbbiakat aktiválhatják, vagy éppen gátolhatják, de lehetnek közömbösek is koncentrációtól függően.

A legnagyobb mennyiségben jelenlévő makroelem a kálium, ami sejt homeosztázisának fenntartásában vesz részt, továbbá kofaktora a fehérje és szénhidrát anyagcserének.

A magnézium elengedhetetlen a sejt növekedéséhez. Több mint 300 enzim kofaktora (pl. glikolitikus enzimek, DNS szintézis enzimek). Egy magnéziumhiányos sejt nem tud osztódni,

és általában felelős a vitalitás fenntartásáért. Szerepe van a stressz válaszokban, például tömény sörlevek erjesztésénél előforduló nagyobb etanol koncentráció elleni védelemben.

A kalciumnak söripari szempontból a flokkulációban van szerepe, a sejtfalhoz kötődik és stabilizálja a többi sejt lektinkötő centrumát.

A mikroelemek közül a cinknek van a legnagyobb jelentősége söripari szempontból. Elengedhetetlen szerepe van az erjesztési anyagcserében, mert az alkoholdehidrogenáz enzim kofaktora, elősegíti a maltóz és maltotrióz felvételét. Ugyanilyen szerepe van a flokkulációban, illetve a fehérjeszerkezetek fenntartásában. Limitáló koncentrációja 0,12 mg/l.

A mikroelemek közül még említésre méltó a mangán, ami szintén fontos anyagcsere enzimek kofaktora, valamint a vas és réz, melyeknek a légzésben van szerepük.

### Oxigén

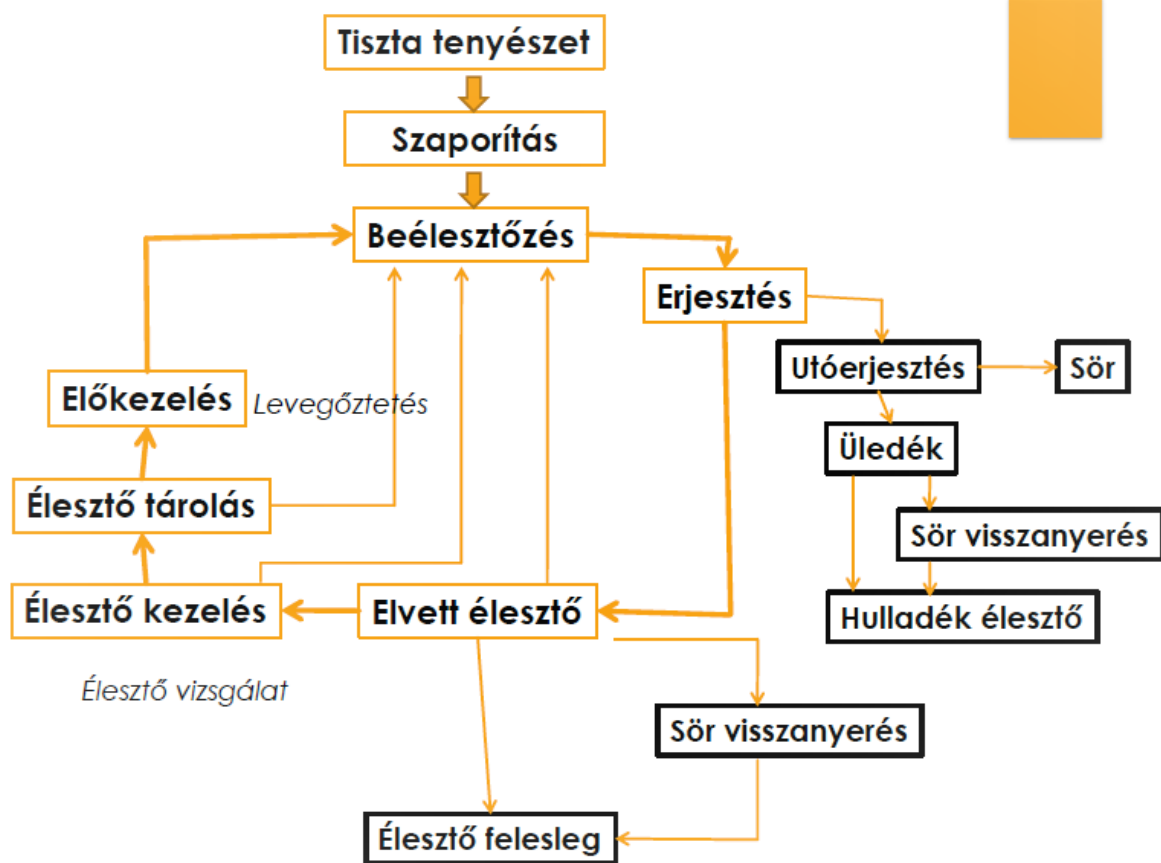
Erjesztési körülmények között az oxigént is tekinthetjük tápanyagnak. Az élesztőnek szüksége van oxigénre a szaporodáshoz az anaerob erjesztési fázis alatt is, noha a Crabtree effektus miatt a légzés gátolva van. Továbbá, megfigyelték, hogy az oxigén mennyisége az élesztőszaporodás limitáló faktora, mind az erjesztés, mind a felszaporítás során. A zavartalan erjesztéshez 7-9 mg/l oldott oxigén mennyiség szükséges, de a pontos érték erősen törzsfüggő. Diffúzióval jut be a sejtbe és a fermentáció első óráiban felhasználásra kerül a sörlében oldott oxigén. Mivel a légzési folyamatok erősen visszaszorulnak, a sejt a növekedéséhez használja: szterinek és telítetlen zsírsavak szintéziséhez, feltétlenül szükséges.

A sörélesztővel szemben támasztott követelmények:

- egészséges, tiszta (idegen mikroorganizmusoktól mentes),
- jó erjesztőképesség,
- jó szaporodási képesség,
- rendelkezzen természetes védekezőképességgel (pl. sörben lévő baktériumokkal szemben)
- kellő ideig lebegjen a sörlében, majd az erjedés végén megfelelő mértékben csomósodjon.

Azonos jellegű sör akkor állítható elő egyenletesen jó minőségben, ha az élesztő is azonos fajtájú, vagyis egyetlen élesztősejtből származik. Hansen dán tudós dolgozta ki 1883-ban a tiszta élesztőszaporítás módszerét. Tiszta élesztő törzskultúrát egyetlen sejt izolálásával lehet készíteni. Mikroorganizmusok **egyetlen sejtből történő kitenyésztését színtenyésztésnek** nevezik, mely során egyetlen sejtet elkülönítenek és elszaporítják laboratóriumi méretekben, majd ezt a tenyészetet szaporítják tovább üzemi méretekben.





Az élesztő szintenyésztése két műveletből áll:

1. Egyetlen sejt elkülönítéséből és laboratóriumi méretű elszaporodásából.
2. A laboratóriumban elszaporított élesztőtenyészet üzemi szaporításából.

A szintenyésztéshez izolált, egyetlen sejtet különböző tiszta élesztőtörzs-forrásokból választják ki, gyakorlatilag kétféle módon:

1. A meglevő törzsekből szelektálással
  - a már bevezetett, biológiailag tiszta és technológiai szempontból jó teljesítményt nyújtó sörgyárakban, már használatban levő erőteljes élesztőből
  - más sörgyárakból származó élesztőből, adaptációval
  - különböző országokban fenntartott, különböző kultúrélesztő-gyűjteményből kapott tiszta élesztőkultúrából,
2. Új törzsek kifejlesztésével
  - mutagének használatával,
  - hibridizációval.

Létrehoztak pl. néhány olyan söripari hibridet, speciális élesztőt, amelynek erjesztési képessége megfelelő a folytonos erjesztési technológiáknál, a nyomás alatt vezetett sörlé erjesztésnél, amelyek jobb aromát, ízt kölcsönöznek a sörnek és jó diacetil-bontó képességgel rendelkeznek.

A hazai söripar is egyre szélesebb körben használ fel a nyomás alatti erjesztésekhez speciális élesztőt, amely tulajdonképpen két élesztőtörzs keverékéből tevődik össze.

A kiválasztott és elszaporított legígéretesebb törzset félüzemi kísérletekben próbálják ki (egymás utáni erjesztéssel), amely kísérlet magában foglalja egyúttal a kész sör íz-értékelését is. A legjobbakat kipróbálják nagyüzemi termelésben is, amely végérvényesen bizonyítja, hogy a kiválasztott élesztőtörzs elfogadható-e.

A sörélesztő törzs kiválasztásának szempontjai

- sörlé összetétel és koncentráció,
- erjesztési hőmérséklet,
- diacetil termelés és lebontás,
- illékony és más aroma anyagok termelése,
- erjesztési sebesség,
- flokkuláció,
- kész sör érzékszervi tulajdonságai.

A nagyüzemi próbát 4-6-(8) generáción át vezetik a sörléhez való teljes alkalmazkodás céljából. Ha a kiválasztott élesztő teljesen alkalmasnak bizonyul söripari felhasználásra és elfogadták, a tiszta sejt kultúrára vigyázni kell, meg kell őrizni. A megőrzés ún. laboratóriumi élesztőbankokban lehetséges.

A szintenyészet fenntartásának módjai

- rövidtávon: ferde agaron (átoltás 4 hetente),
- hosszútávon: fagyasztás -80 vagy -196°C-on.

Tiszta élesztő kultúra szaporítása

Az elszaporítási módszer Hansen eredeti változatából fejlődött ki, akár szakaszos, akár félfolyamatos. A berendezés rendszerint 2-3 db polírozott, rozsdamentes acélból készült edényekből áll. Külön teremben áll a berendezés, felszerelve hőmérséklet-szabályozókkal, ellenőrző műszerekkel, nézőüvegekkel, CIP mosóberendezéssel, gőzsterilizálóval és olyan szellőzőrendszerrel, amely kizárja a külső levegő által okozott fertőzést.

A szaporításhoz felhasznált tápoldatot (sörlevet) beoltás előtt forralással szintén sterilizálni kell. A szaporítási folyamat az élesztőbankban tartott sejt kultúrával indul.

Laboratóriumi szakasz

Tápközeg: sörlé (sterilezett): megfelelő enzimrendszer kialakulása érdekében.

Kiindulás: ferde agarról (egysejtenyészet)

Léptéknövelés

1. 20 ml sörlé (kémcső), 24 óra (20°C)
2. 200 ml sörlé, 24 óra (20°C)
3. 2000 ml, 48 óra (20°C)
4. Carlsberg edény (20 liter), (1 óra levegőztetés), 24 óra, 20°C-on tartás

Az 1-3 szakaszban: nincs levegőztetés, sejtszámlálás és aktív hőmérsékletszabályozás van.

Felszaporítás – élesztő szintenyészet

Edények gőzzel fűthetők (Carlsberg edény) és sterilizálhatók, hűthetők.

- sejtszám követés,
- kontamináció ellenőrzése,
- hőmérséklet fokozatos csökkentése.

Léptéknövelés az exponenciális szakasz végén.

5. 5.150 liter, 20°C, 24 óra, 60-80 millió sejt/ml konc.
6. 6.500 liter, 18°C, 24 óra
7. 7.3000 liter, 16°C

Üzemi szakasz

8.150 hl, 13-14°C

9.1800-2000 hl –erjesztés, 4 óránként sejtszámlálás

Carlsberg edény



Az üzemi szintenyészet készítésekor a steril sörlevet fermentorba vezetik, majd beoltják a laboratóriumi szintenyésztés során kapott élesztővel.

Az első lépés a fermentor tisztítása lúgos, savas mosása. Ezt követi a sterilizáció, ami gőzzel történik. Majd komlózott sörlevet vezetnek a steril berendezésbe és a sörlevet is sterilizálják. 102 °C-ra melegítik. Ezt követően a 20 °C-ra lehűtött sörlevet beoltják és levegőztetik, a sejtszámot ellenőrzik.

Az élesztő tevékenysége függ a hőmérséklettől. A laboratóriumi tenyészet készítésekor a hőmérséklet többnyire 20 °C. A további elszaporításoknál a hőmérsékletet csökkentik, hogy az üzemi erjesztési hőmérsékletéhez hozzászoktassák az élesztőt.

Az üzemi szintenyészet készítés végén a hőmérséklet 13-14 °C és a szaporítóedény tartalma elegendő 1800 hl sörlé beoltásához. Az így kapott élesztő a „0” generációs élesztő.

A szintenyésztő berendezés használatának előnyei:

- az erjesztéshez elegendő mennyiségű élesztő biztosítása,
- berendezés steril feltételei lehetővé teszik a biológiai tisztaság és a fiziológiai tulajdonságok megőrzését.

Beélesztőzés, élesztő visszaforgatás

Beélesztőzés: a levegőztetéssel együtt adagolják a sörléhez az élesztő szuszpenziót, biztosítva a tökéletes keveredést. A sejtkoncentráció legalább 15-20 millió sejt/ml sörlé legyen. Ellenőrzése konzisztencia méréssel, Bürker-kamrás számlálással történik. A sörélesztőt 4 – 6 (-8) generáción át használják újra.

Élesztőkezelés elvétel után, tárolás

Azonnali felhasználás esetén: homogenizálás, levegőztetés, CO<sub>2</sub> eltávolítás történik.

Tárolás esetén: eltávolítják a CO<sub>2</sub> -ot, majd hűtött tartályba kerül, ami biztosítja a nyomásmentesítést is. A hőmérsékletet 2 - 4°C-ra állítják be, ami lassítja az anyagcserét, és megőrzi a tápanyag tartalékokat. Az egyenletes hőfokot kevertetéssel biztosítják. Tárolás alatt nem szabad levegőztetni a sejteket!

Az élesztő életképességének és tisztaságának ellenőrzése

A sörélesztő fiziológiai tulajdonságai iránt támasztott igények: legyen egészséges és ellenálló, rendelkezzen természetes védekezőképességgel (idegen szerves anyagokkal, a sörrontó baktériumokkal szemben), jó erjesztőképességű, jó szaporodóképességű, megfelelő flokkulációs képességű. Az erjedés végén megfelelő mértékben kell csomósodnia.

Az erjesztésnél felhasznált élesztő fontos követelménye a tisztaság, vagyis minden sörrontó idegen mikroorganizmustól mentes legyen. Ez nagyon fontos, mert egyébként az élesztővel fertőződne minden főzet, valamint az edények, vezetékek és készülékek is.

Erjedés folyamán az élesztő teljesítménye fokozatosan romlik, degenerálódik.

Jellemzői:

- az erjedés késleltetett indulása,
- gyenge habképződés,
- az erjedés idő előtti megszűnése,
- az élesztő felemelkedése fenékerjesztés esetében,
- gyenge csomósodás és ülepedés,
- a sörben jelentős minőségromló változások (fanyar íz megjelenése, mellékíz kialakulása),
- hatására károsodik a sör stabilitása.

Kimutatták, hogy a sörlében a kalcium- és foszfátionok hiánya, vagy a túlzott mennyiségű vas és réz jelenléte egyformán az élesztő degenerálódásához vezet. Oka lehet a degenerálódásnak továbbá, az oxigén nem kielégítő mennyisége is.

A sörélesztő degenerálódásának egyéb okai

- Rosszul oldott maláta
- Helytelen erjedésvezetés
- Szakszerűtlen tárolás
- Nem megfelelő sörlé összetétel
- Rossz vízminőség

A sörélesztő degenerálódásának következményei

- Lassú erjedés, alacsony végerjedésfok
- Levegszerű üledék
- Rossz flokkulálóképesség

- Élesztő illat és íz
- Nagy diacetiltartalom

Az erjesztésekből összegyűjtött oltóélesztők, soha nem mentesek teljesen mikrobiológiai fertőzésektől. A gondosság és a megtett higiéniai óvintézkedések ellenére néhány szennyező mikroorganizmus, vadélesztő vagy baktérium megjelenése nem zárható ki teljes mértékben. Lehetséges azonban a fertőző mikroorganizmusok számának csökkentése és állandóan a minimumon való tartása.

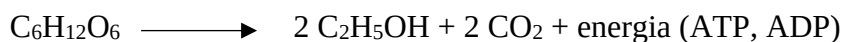
Különböző vizsgálatokkal lehet a vadélesztőt észlelni, megkülönböztetni pl. a mikroszkopikus megjelenés, a hőtűrő-képesség, spórázás, szelektív táptalajok felhasználása, csomósodási hajlam vizsgálat alapján stb. Egyidejűleg az élesztőt is meg kell vizsgálni, hogy baktériumos fertőzés nem fenyegeti-e. A baktériumos fertőzöttséget, a Gram-pozitív és a Gram-negatív baktériumok is okozhatják. A baktériumokat könnyen meg lehet ismerni az élesztősejtek között, mikroszkóp segítségével külső megjelenésük alapján.

Az élesztő visszaforgatása előtt a mikrobiológiai állapot ellenőrzésén kívül, meghatározzák még az élő és holt élesztősejtek arányát. Az élesztőt metilénkék reagenssel megfestik, amely az élő sejtekben lebomlik, a holt sejteket kékre színezi. A jó sörélesztő 5%-nál kevesebb holt sejtet tartalmaz.

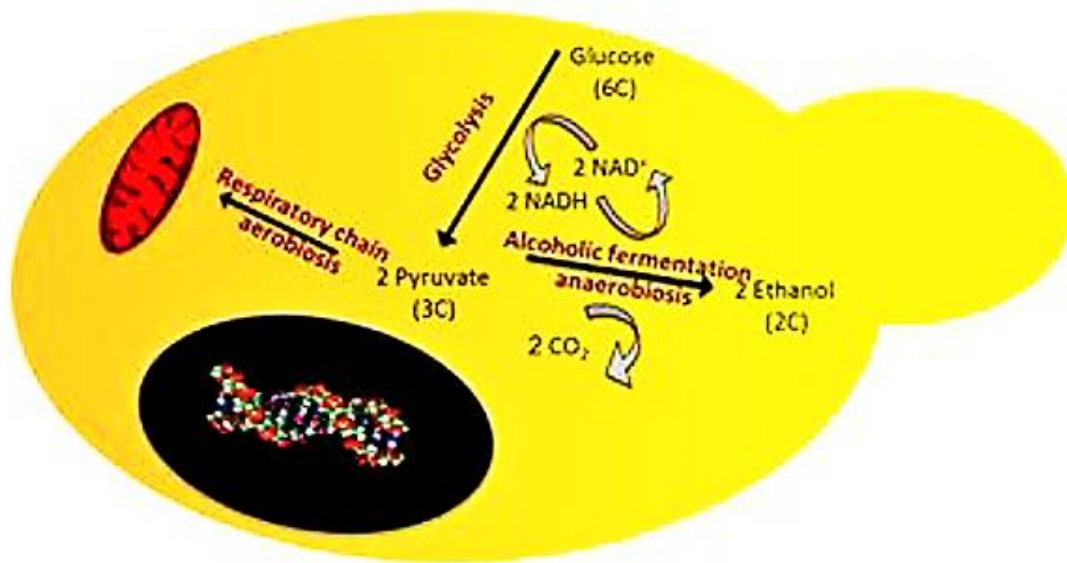
### 3.12. Erjesztés

A **művelet célja** a sörleben lévő cukrok átalakítása etilalkohollá és széndioxiddá, amelyet az élesztő *zimáz* enzimrendszerének (kb. 20 féle enzim és koenzimek alkotják) segítségével végez. Az élesztő anyagcsere folyamata közben melléktermékek is keletkeznek, melyek a sör ízét, illatát befolyásolják. Az erjedő sörlevet „fickósörnek” nevezik. A sörle az erjedés folyamán sörré alakul.

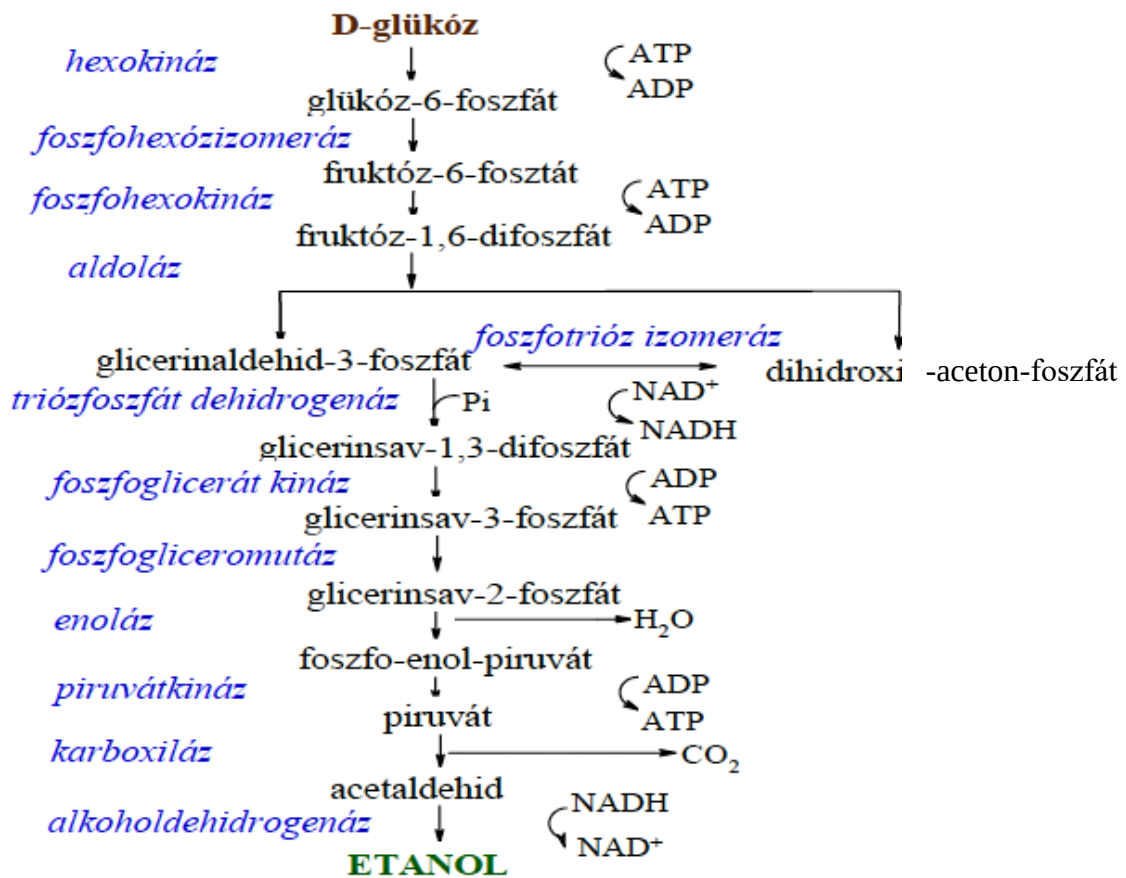
Az erjedés egyenletét Gay-Lussac állította fel 1815-ben, azonban az erjedés ennél sokkal összetettebb enzimes folyamat. Söripari szempontból az élesztő legfontosabb biokémiai teljesítménye az erjedés. Az alkoholos erjedés — a cukor elbontása alkoholra és szénsvra — az élesztő működésének hatásakor a következő egyenlet szerint megy végbe:



A glükóz átalakulása a glikolízis EMP ciklusában.



## Glikolízis (EMP ciklus)





### 3.12.1. Kémiai változások az erjedés folyamán

Az enzimdús élesztő tartalmaz bontó és építő enzimeket. Az építőenzimek tevékenysége elsősorban a sejtzaporulatban nyilvánul meg. A bontó enzimek legfontosabb feladata a cukrok lebontása.

Az élesztő a legenzimdúsabb szervezetek közé tartozik, az enzimek nemcsak sokfélék, hanem mennyiségük is nagy. Az élesztősejt enzimgazdagságát talán az bizonyítja, hogy fehérjetartalmának kb. a fele enzimekben van jelen.

Az élesztősejt enzimeit mind endoenzimek, a sejt belsejében fejtik ki működésüket. Az építőenzimek működésének eredménye, elsősorban a sejtzaporulatban nyilvánul meg.

A bontóenzimek két nagy csoportra oszthatók: hidrolázok és dezmolázok. A hidrolázok energiatermelés nélküli, vízfelvétellel járó bontófolyamatokat katalizálnak. Az élesztő nagyszámú hidroláza közül, a di- és triszacharidokat bontó enzimek jelenlétének a sejtekben, rendszertani jelentősége van.

Az erjesztőenzimek csak monoszacharidokat erjesztenek, az élesztők tehát csak azokat a di- és triszacharidokat erjesztik, amelyeknek monoszacharidokra való bontásához enzimjük van. Pl. a sörlében levő maltóz (diszacharid) nem közvetlenül erjed, hanem a maltázenzim működése következtében először szőlőcukorra bomlik, aztán erjesztődik.

Dezmolázoknak nevezik tágabb értelemben mindazokat a bontóenzimeket, amelyek nem hidrolázok. Az élesztő legfontosabb dezmolázai légzési és erjesztő-enzimek. A hidrolázok működése egyszerűbb, rendszerint egyetlen enzim el tudja végezni az adott bontó folyamatot, ezzel szemben azok a folyamatok, amelyekben dezmolázok vesznek részt, rendkívül összetettek, sok részfolyamatból tevődnek össze. Az egyes enzimek csak egy-egy részfolyamatra hatnak. A zimáz enzimrendszerben mintegy 20 enzim és koenzim működik közre.

A gyorsított erjesztési technológia bevezetésével, az erjedési melléktermékek képződését és lebomlását elősegítő tényezők nagyobb jelentőséget kaptak.

A sör minősége szempontjából fontos anyagcsere termékek

#### Szerves savak:

- savanyú és sós ízt kölcsönöznek a sörnek
- hozzájárulnak a pH csökkenéshez

#### Zsírsavak:

- kellemetlen ízt okoznak és gátolják a habképződést
- autooxidációjuk a sör öregedését okozza
- alkohol stressz, vagy sejthalál, sejt lebomlás eredményeként kerülhetnek a sörbe

Kozmaolajok = magasabb rendű alkoholok, aminosavakból képződnek. Koncentrációjuk függ az élesztő törzstől és az erjesztési körülményektől. A diacetillel ellentétben nem bomlanak le. Károsak a sör ízére. Magasabb hőmérsékleten több magasabb rendű alkohol képződik.

- n-propanol,
- izo-butanol,
- optikailag aktív amilalkohol (2-metilbutanol)

- izo-amilalkohol (3-metilbutanol)
- elővegyületei a sör íze szempontjából fontos észtereknek.

Észterek: a söraroma fő hordozói. Az észterek képződése az élesztő fajtájától függ. A két legfontosabb észter az etil-acetát, ami kellemetlenül keserű és az izoamil-acetát, ami gyümölcsízű, körteízű.

Acetaldehid: az erjedés kezdetekor képződnek, a későbbiekben lebomlanak. A magasabb hőmérséklet és a nagyobb élesztőadag alkalmazása növeli az aldehid-képződést. Az éretlen, „fickósör” ízt az acetaldehid okozza.

Glicerín: 1300-2000 mg/l

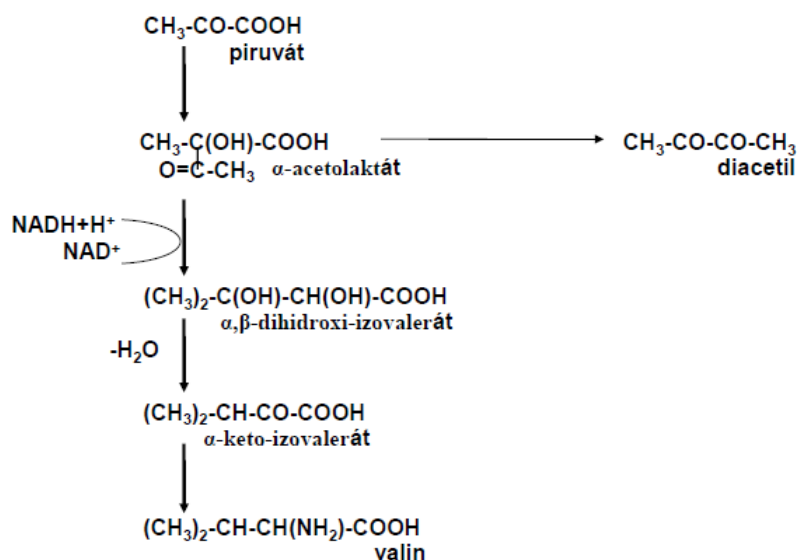
Kis molekulájú szabad zsírsavak: túlzott jelenlétük kellemetlen

Kénvegyületek: kénhidrogén, kén-dioxid, dimetilszulfid, merkaptánok. A kénhidrogén seprős ízt okoz. A kénvegyületek képződése az élesztő anyagcseréjéhez kapcsolódik. Egy részük az erjedési gázokkal együtt távozik. Magasabb hőmérsékleten mennyiségük csökken

Vicinális diketonok: pentándion, diacetil

## Diacetil

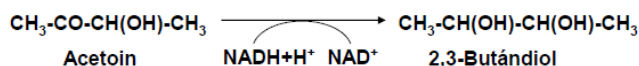
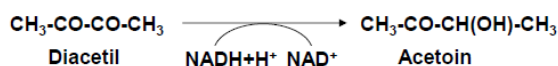
### A DIACETIL KÉPZŐDÉSE



A sörnek kellemetlen ízt ad. Az íz-küszöb értéke igen alacsony. Az élesztő anyagcseréje közben keletkezik, a lebomlása is az élesztő anyagcseréjéhez kötődik. A sörle összetétele nagyon fontos tényező a diacetil képződése szempontjából. Ha rossz volt a fehérjebontás és a sörle kevés aminosavat tartalmaz, az élesztő sok diacetilt termel. Magasabb hőmérsékleten a diacetil képződése fokozódik, de ezzel egyidejűleg gyorsul a

lebomlás is. Nyomás alatt több diacetil képződik, viszont a lebomlás is gyorsabb.

## Diacetil redukciója



Diacetil redukciójához szükséges enzimek: diacetil reduktáz, alkoholdehidrogenáz.

A diacetil képződését befolyásoló tényezők

- Maláta oldottsága
- Fehérjetartalom
- Szabad aminosav tartalom
- Oldható N-tartalom
- A cefre, majd a sörlé valin-leucin-és izoleucin tartalma
- Az élesztő törzs
- Az élesztő mennyisége, túladagolásnál nő az oxisavak szintje és kismértékben nő a diacetil mennyisége is
- Az élesztő fiziológiai állapota
- Hőmérséklet
- pH alacsonyabb értéke segíti a redukció gyorslefordulását (4,2-4,4), magasabb értéknél csökken a reakciósebesség
- Nyomás alatt tárolt élesztő növeli az erjesztési időt, ezáltal a diacetil képződést
- Vízkeménységnek közvetett hatása van
  - alacsony vízkeménység növeli az erjesztési időt, ami növeli a diacetil koncentrációt, mert csökken a diacetil lebontására szánt idő
  - nagy vízkeménység csökkenti az oldható nitrogén és a szabad amino-nitrogén mennyiségét, ezért gátlódik az acetolaktát oxidatív dekarboxileződése diacetillé (nő a valin átalakulás), akár 40%-ban is csökkenhet a diacetil koncentrációja

### 3.12.2. Az erjedés lefordulását befolyásoló tényezők

- A sörlé összetétele
- A levegőztetés mértéke
- Az élesztőadag nagysága
- Élesztőtörzs
- Erjesztési és ászokolási hőmérséklet
- Nyomás
- A berendezések geometriai felépítése

Az erjedés gyorsasága – azonos körülmények között – az élesztősejtek számával arányos. Ennek az a magyarázata, hogy minden élesztősejt a többitől teljesen függetlenül erjeszt. Itt természetesen csak azok az élesztősejtek számítanak, amelyek a sörben lebegnek, tehát egész felületük érintkezik a sörrel. Ahhoz ugyanis, hogy az élesztősejt mindig újabb és újabb cukormennyiséget erjesztteni tudjon, az kell, hogy a cukor a sejt belsejébe juthasson. A fenékre ülepedett élesztősejtek is szaporodnak és erjesztenek, a lebegő sejteknél azonban sokkal lassabban. Az erjedés 0,5 és 15% cukortartalom között egyformán gyors.

Nagyobb élesztőadag hatásai

- Gyorsabb erjedés
- Kisebb élesztőszaporulat

- Nagyobb keserűanyag veszteség
- Nagyobb acetolaktát képződés
- Kevesebb erjedési anyagcsere-termék
- Megnövekedett élesztő autolízis – élesztős mellékíz

Az erjedési sebességet befolyásoló tényezők

- A sörle minősége:
  - összetétel,
  - koncentráció, nagy sörle koncentrációnál megnő az ozmózis nyomás, mert a sörle koncentrációja nagyobb az élesztősejtek plazmájának koncentrációjánál,
  - a seprő mennyisége: az erjesztés kezdeti fázisában elősegíti az élesztőszaporodást, az erjesztés során a szilárd részecskék felületén adszorbeálódik az élesztő
- Az oldott oxigén mennyisége
- A sörlesztő: az élesztőtörzs megválasztása
  - jó erjesztőképesség
  - megfelelő anyagcsere-termékek képzése
  - jó ülepedőképesség
  - tolerancia az alkohollal, szén-dioxiddal, ozmózisnyomással, hőingadozással szemben
  - jó diacetilbontó képesség
  - genetikai stabilitás
  - az élesztő „erőnléte”
- Az erjedés hőfokvezetése
- A nyomás változása az erjesztés során

Az élesztő erőnlétét a trehalóz és likogén nagyban meghatározzák. A trehalóz védi a sejtet, az élesztőt érő stresszhatások során képződik, ilyen hatás lehet pl. erjesztés közben a hőingadozás, etanol, CO<sub>2</sub>, nyomásviszonyok.

A glikogén az energia - és szénforrás az élesztőtárolás alatt, melyet az élesztő a tápanyag nélküli tároláskor elhasznál. A glikogén a beélesztőzést követő 6 órán belül nagyrészt lebomlik és az erjedés későbbi szakaszában áll vissza az eredeti szint. Az erjesztőképességet befolyásolja, az élesztőelvetel és az erjesztések közötti élesztőtárolás körülményei is.

A hőmérséklet emelkedésével az erjedés gyorsasága bizonyos hőmérsékletig nő, azon felül ismét csökken. A gyakorlatban az erjedés, 5-9 °C között folyik a szakaszos hagyományos eljárások esetében. Gyorsított eljárásokkal nagyobb hőfokon erjesztenek, ez a technológiától függően elérheti a 12-16 °C-ot

Az erjedés hőfokvezetése során a sörle magas hőmérséklete gyors erjedést, intenzív folyadékmozgást, gyors diacetil redukciót, nagy mennyiségű erjedési mellékterméket és gyorsabb élesztőszaporodást eredményez. A sörle alacsony hőmérsékletének következménye lassú erjedés, lassabb élesztő szaporodás, hiányos konvekció és lassú diacetil bomlás lesz.

A magasabb erjesztési hőmérséklet növeli az élesztő „jólétét”, ami nyomás alkalmazásával ellensúlyozható. A nyomás legnagyobb hatással azokra a reakciókra van, amelyek során CO<sub>2</sub> képződik. A főerjedés kezdeti fázisában, csak mérsékelt túlnyomás alkalmazása célszerű. A nyomás változtatása hatással van az élesztő szaporodására, befolyásolja az erjedési anyagcsere-termékek képződését (pl.kozmaolajok), csökkenti a diacetil koncentrációját, mivel az alfa-acetolaktát nem tud átalakulni diacetillé és gátolja a fertőző mikroorganizmusok szaporodását. Az erjesztés során a nyomás és a hőmérsékletvezetést össze kell hangolni.

| Hatás                         | Hőmérsékletnövekedés | Nyomásnövekedés       |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Erjedés beindulása            | hatással van rá (+)  | nincs rá hatással (-) |
| Élesztő anyagcséréje          | +                    | -                     |
| Élesztő flokkuláció           | -                    | +                     |
| Sejtpusztulás, autolízis      | +                    | +                     |
| Erjedésfok                    | +                    | -                     |
| Kész sör pH-ja                | -                    | +                     |
| Kész sör színe                | -                    | +                     |
| Keserűérték                   | -                    | +                     |
| Habtartósság                  | -                    | -                     |
| Kész sörben lévő fehérjék     | -                    | +                     |
| Zsírsavak és zsírsav észterek | -                    | +                     |
| Diacetil                      | -                    | -                     |
| Kénhidrogén                   | +                    | -                     |
| Acetaldehid                   | -                    | +                     |

#### Hagyományos erjesztés

Főerjedés: nyitott erjesztőkádakban

- Erjesztési idő: 8 -10 nap
- Hőmérséklet: 5 – 9°C

Utóerjesztés, ászokolás: zárt, nyomástartó tankokban

- Ászokolási idő: 6 – 8 hét
- Hőmérséklet: 0°C

#### Korszerű erjesztési technológiák

- Cilinderkónikus erjesztőberendezések
- Unitankos, vagy két tankos eljárás

Főerjesztés

- Hőmérséklete: 12 - 16°C
- Erjesztési idő: 5 – 6 nap

Kondicionálás

- Változó hőmérsékletvezetés és időtartam

Az élesztő számára minden szükséges tápanyag megtalálható a sörlében, a nagy mennyiségű, kis molekulájú szénhidrátok mellett, elegendő könnyen asszimilálható fehérjebontási termék is. Kálium-foszfát mindig van annyi a sörlében, amennyi az élesztő igényeit kielégíti. Jelen van ezeken kívül megfelelő mennyiségű ásványi anyag is.

Az élesztő, a sörlé fehérjetartalmának mintegy 30%-át asszimilálja. A fehérje-asszimilálás csak addig tart, amíg a sörlében elég cukor van jelen. Az élesztőszaporulatnak tehát nem a fehérjeanyagok, hanem a cukor elfogyasztása vet éget. A fehérjeasszimilálás mértéke az élesztőszaporulatot növeli. Az erős levegőztetés, a kis élesztőadag, az erjedésvezetés magasabb hőfokon, a fehérjeasszimilálásra is serkentően hatnak.

Az élesztő azonban nemcsak felvesz a sörléből fehérjét, hanem ki is választ. A kiválasztás annál nagyobb mértékű, minél nagyobb az élesztőszaporulat. Ez azt jelenti, hogy a kész sör fehérjeinek 10-25%-a az élesztőből származik. Mivel a fehérjék a sör ízére nagy hatással vannak, a nagy élesztőszaporulat rontja a sör ízét.

A fehérjekiválasztás az élesztőszaporodás befejezése után kezdődik és annál nagyobb mértékű, minél nagyobb az élesztő fehérjetartalma. Az erjedés folyamán a sör savassága, főképpen szénsavtelítődés következtében nő, pH-ja kb. 5,2-ről 4,4-re esik. Az élesztő a légzési folyamatban, a közbeeső termékként keletkező savakból kis mennyiséget kiválaszt és ezzel a sör savasságát növeli. Az illósavak, ezen kívül a sör illatát is befolyásolják. A szerves savaknak az ízanyagok kialakításában van jelentőségük az utóérés folyamán.

A komló keserűanyagainak kiválása a sörből szintén hat a sör ízére. A sör savanyúsági fokának növekedése csökkenti a keserűanyagok oldhatóságát. Az oldhatatlanná vált keserűanyagok részben a szénsavbuborékokat körülvevő hártában sűrűsödve, a fedőhártyába jutnak, részben pedig az élesztősejtek adszorpciója folytán leülepednek és az élesztőt keserűvé teszik. Ily módon a sörlében oldott komló keserűanyagainak mintegy negyedrésze kiválik a sörből.

Az erjedési folyamat erősen redukáló hatást fejt ki, a sör színe ennek következtében világosodik. A sör azért is veszít a színéből, mert a leülepedő élesztősejtek és a felszálló szénsavbuborékok felületén sok festékanyag sűrűsödik, így az élesztővel a seprőbe, a szénsavbuborékokkal pedig a fedőhártyába jutnak.

A fellépő átalakulások közül a fajlagos tömeg (sűrűség) megváltozása a legfeltűnőbb és a legkönnyebben ellenőrizhető. Az erjedés folyamán cukor erjed el a folyadékból, ami a fajlagos tömeg csökkenésével jár. A cukor alkoholra és szén-dioxidra (víz hatására szénsav) bomlik, ez utóbbi gáz alakban távozik a rendszerből, az alkohol azonban az oldatban marad és az oldat sűrűségét csökkenti.

A söriparban a sörlé fajlagos tömegét Balling-fokolóval mérik (Balling-fok). A sör fajlagos tömege az alkoholtartalom miatt kisebb, mint ami az extrakttartalmának megfelelne. A Balling-fokolón leolvasott extrakttartalom tehát a valóságos extrakttartalomnál kisebb.

Ezt a ténylegesnél kisebb extraktot nevezik a sör látszólagos extrakttartalmának. A sör valóságos extrakttartalmát a fokolóval úgy állapítják meg, hogy egy bemért mennyiségű sört kb. felére bepárolnak, így az egész alkoholtartalom elpárolog. Ezután lehűtik és desztillált



vízzel eredeti mennyiségére felöntik. A nyert folyadék ugyanolyan extrakttartalmú mint a vizsgálni kívánt sör, fajlagos tömegét az alkohol nem csökkenti, fokolóval mért extrakttartalma tehát a sör valódi extrakttartalmával egyenlő.

Ha a sörlé extrakttartalmát az erjedés beállítása előtt meghatározták, akkor az erjedés közben bármikor mért Balling-fokot az eredeti extrakttartalomból levonva, a különbségben megkapják az erjedéskor eltűnt extraktfokok számát. Ha kiszámítják, hogy ez az eredeti extraktfoknak hány százaléka, akkor egy százalékszámot kapnak, amit a sör erjedésfokának neveznek.

A beállítási Balling-fok (jelölése „C”) mutatja az eredeti extrakttartalmat, Az erjedés folyamán tetszőleges időben mért Balling - fok (jelölése „c”) adja a pillanatnyi extrakttartalmat. A két Balling-fok különbsége százzal szorozva és a beállítási extraktfokkal elosztva adja meg az erjedés mértékét százalékban kifejezve. Ezt nevezik **látszólagos erjedési foknak** (jelölése „E”).

$$E = \frac{C - c}{C} 100$$

A látszólagos és a valóságos erjedésfok között szoros összefüggés van, ezért csak az egyiket, a látszólagos erjedésfokot szokás meghatározni.

Ha közelebbi megjelölés nélkül erjedésfokról van szó, az mindig a látszólagos erjedésfokot jelenti. A sörlé kivonattartalmának egy része nem erjeszthető. Azt, hogy a legtokéletesebb erjesztéssel az extrakt hány százaléka erjeszthető el, a végerjedésfok fejezi ki.

A végerjedésfok meghatározására a sörlevet sok élesztővel 20-25 °C hőmérsékleten gyakran fölkeverve addig az időpontig erjesztik, amíg a Balling-foka 24 órán belül már nem csökken. A végerjedésfok a sörlé összetételétől, azaz a malátacukor és dextrin arányától függ. Az élesztőfajta erjesztőképessége a végerjedésfokot nem befolyásolja. Világos sörök végerjedésfoka 75 - 80% szokott lenni.

A gyakorlatban az erjesztés vezetése az alábbi műveletekből áll.

- Beélesztőzés
- Hőfokvezetés: 7 °C – 9 °C - 13 °C
- Kicsapatás a kitöltést követő 12 órán belül
- Nyomásszabályozás: 3,5 - 4 B-nál 0,9 bar
- Visszahűtés a diacetil koncentrációjától függően
- Élesztőelvétele 4-5. napon
  - Elfogy a tápanyag – csökken a CO<sub>2</sub> fejlődés – a sejtek ülepednek, flokkulálnak
  - Hőmérséklet csökkentése: több CO<sub>2</sub> marad oldatban
  - A leülepedett élesztőt el kell távolítani, különben autolizál (bomlik)
  - A szivattyú térfogatáramát úgy kell beállítani, hogy az élesztőrétet ne szakadjon át
- Tisztázás
- Szeparálás

- Kondicionálás
- Élesztőkezelés: az élesztő minőségét befolyásoló tényezők:
  - Tárolási idő
  - Tárolási hőmérséklet
  - Tárolási nyomás
  - Keverő típusa – szén-dioxid eltávolítás, fagyásveszély elkerülése

Javasolt tárolási paraméterek:

- Egy napon belüli beélesztőzésnél max 10°C
- Három napon belül max. 5°C
- Öt napon belül max. 3°C

Az élesztőt a lehető leggyorsabban vissza kell forgatni az erjesztésbe.

A biztonságos, reprodukálható erjesztés feltétele a pontos élesztő mennyiség beadagolása, melynek feltételei:

- Élő és holt sejtek arányának meghatározása
- Pontos konzisztencia meghatározás
- Homogén élesztő szuszpenzió – konzisztencia és keverés függő

Az élesztő rétegződése

- Felső réteg: erjesztőképes sejtek, komlógyanták, csersavvegyületek, koagulálható fehérjék
- Középső réteg: jól erjesztő sejtek, kevés szennyeződés
- Alsó réteg: seprő, holt sejtek

Az élesztőt érő stressz hatások:

- Nyomás (szádló- és hidrosztatikai)
- Szén-dioxid és etil-alkohol
- Szivattyúzás során fellépő nyíró erő
- A szivattyú szívó oldalán fellépő nyomáscsökkenés következtében felszabaduló CO<sub>2</sub>
- A fogadónomás értéke
- Nagyobb fogadónomás, lassú nyomáscsökkentés (1,5 bar – 0,5 bar)

### 3.12.3. Hagyományos erjesztés

Az erjesztőpincét hűteni kell, hogy az erjedés menete az előírt technológiának megfelelő legyen. Régebben éppen ezért az erjesztőpincéket a föld alatt helyezték el. Ma már a megfelelő építési és szigetelési technika fejlettsége lehetővé teszi, hogy az „erjesztőpincéket” a föld felszínén építsék. Az erjesztőpince falait, padozatát és mennyezetét szigetelni kell, hogy a külső levegő hőmérséklete az erjedést ne befolyásolja.

Az alsóerjesztésű sör erjesztésekor, a hőmérséklet 5 – 7 °C-on kell tartani. A pince hűtésére szolgáló hűtőcsövek elhelyezésének megoldásai: az erjesztőpincében a kádak közötti utak fölél,

a mennyezetre szerelik, vagy egy külön kamrába helyezik és az erjesztőpince levegőjét egy ventilátor ezen a kamrán szívja át, majd lehűtve visszanyomja a pincébe. Az erjesztőpince befogadóképességét a főzőház teljesítményéhez méretezik.

A sör erjesztése erjesztőkádakban, -tartályokban, ill. erjesztő fermentorokban megy végbe.

#### Nyitott erjesztőkád

Az erjesztőkádak nyitottak, vagy zártak lehetnek, kerek, ovális, vagy szögletes alakúak. Zárt erjesztőkádak, vagy fermentorok alkalmazása esetén az erjesztés során keletkező széndioxidot is hasznosítani lehet.

A hagyományos erjesztőkádak befogadóképessége nagyon különböző. Űrtartalmuk általában 100-500 hl közötti. A kádak anyaga vasból, vagy betonból készíthető. Az erjesztőkádak befogadóképességét technológiai szempontból a napi főzési mennyiség, illetve a főzetek nagysága határozza meg.



Mikrobiológiai okokból (fertőzési veszély, az erjedés lassú indulása) rendszerint nem építenek nagyobb kádat, mint a napi erjeszthető sörle mennyisége. Az erjesztőkádak magassága is fontos tényező. Nagyon magas kádakban az élesztő nehezebben ülepszik, a tisztulás lassúbb. Ezért 2 m-nél magasabb kádakat rendszerint nem építenek. Az alacsonyabb kád megkönnyíti a tisztítási munkákat is. Az erjedés hőfejlődéssel jár, ennek következtében az erjedő sört hűteni kell. A kádba hűtőkígyót építenek be, amiben majdnem 0 °C-ra hűtött víz áramlik. A rozsdamentes acél erjesztőkád esetében, köpenyhűtéssel oldják meg a hűtést. A köpenyhűtéskor a kádakat egymástól jól el kell szigetelni, mert ellenkező esetben a szomszédos kád is kihül.

#### A főerjesztés beállítása, vezetése és ellenőrzése

Az erjedés az élesztő hozzáadásával kezdődik. Régebben a megfelelő élesztőadagot az ún. élesztőnyomó-edénybe vezették, ahonnan sörlével elkeverve sűrített levegővel nyomatták az erjesztőkádba, vagy a sörlévezetékbe. Az élesztőt a sörlével kell a kádba betölteni, hogy a bezúduló sörlé egyenletesen elkeverje. Manapság a megfelelő mennyiségű élesztőt az élesztőtárolóból fogaskerék szivattyú segítségével a sörlévezetékbe juttatják. A turbulens áramlás biztosítja a megfelelő elkeveredést.

Az élesztőadagnak bizonyos határokon belül sokféle változata lehetséges. A cél az, hogy erőteljes, megfelelően gyors erjesztést érjenek el vele. Számításba kell venni a kívánt erjedési időtartamot, az erjedés hőmérsékletét, a sörlé extrakttartalmát, esetleg a sörlé oxigén tartalmát is. Fontos az élesztő bekeverésének, illetve az erjedés kezdetének hőmérséklete. Minél

magasabb az indulási hőmérséklet, annál gyorsabban kezd intenzív erjesztésbe a bekevert élesztő.

A kád megtöltése után csíramentesen szűrt levegővel a kád tartalmát néhányszor fölkeverik. Sűrített levegővel tökéletesebben lehet keverni, a túlzott levegőztetéstől azonban óvakodni kell, mert a sok levegő az élesztőt fölösleges szaporodásra serkenti, az pedig egyrészt a beltartalom csökkenésével, másrészt sok élesztőfehérje kiválasztásával, tehát az élesztőíz erősödésével jár.

Kevés élesztőt gyorsan el lehet szaporítani az ún. átvágás módszerével. A kádakat csak részben töltik meg sörlével, az élesztőadagot a folyadékmennyiséghez képest nagyobbra választják. Másnapra az erjedés nagy erővel megindul, az élesztő pedig annyira elszaporodik, hogy az erjedő sör mennyiségét friss sörlével, újabb élesztőadag nélkül kétszeresére emelhetik.

A szükségesnél kisebb élesztőadaggal lassabban indul meg az erjesztés és alacsonyabb erjedésfokon kezd az élesztő csomósodni.

Nagy élesztőadaggal az erjedés gyorsabban indul, a sör azonban könnyen élesztőízűvé válhat.

A beállítási hőmérséklet 5-7 °C között van, a leggyakrabban azonban 5 °C. Magasabb hőmérsékleten beállított erjedés, gyorsabban indul meg.

#### A főerjedés szakaszai

A főerjedés során négy szakasz különböztethető meg:

1. éledés (első nap)
2. gyenge fodorképződés (második és harmadik nap),
3. nagy, erőteljes fodrozódás (hatodik napig),
4. a fodor összeesése, hártýaképződés (kb. a kilencedik, tizedik napig).

Hazai gyakorlat szerint hagyományosan a főerjedést úgy vezetik, hogy:

10,5 °B-os söröknél 7- 8 nap alatt,

12,0°B-os söröknél 8-10 nap alatt,

14,0 °B-os söröknél 10-12 nap alatt,

18,0 °B-os söröknél 14-16 nap alatt

érjék el a kívánt extraktcsökkenést, miközben az erjedés a maximumát, a negyedik napon 8-9 °C-os hőmérsékleten érje el.

#### Az erjesztés vezetése, ellenőrzése

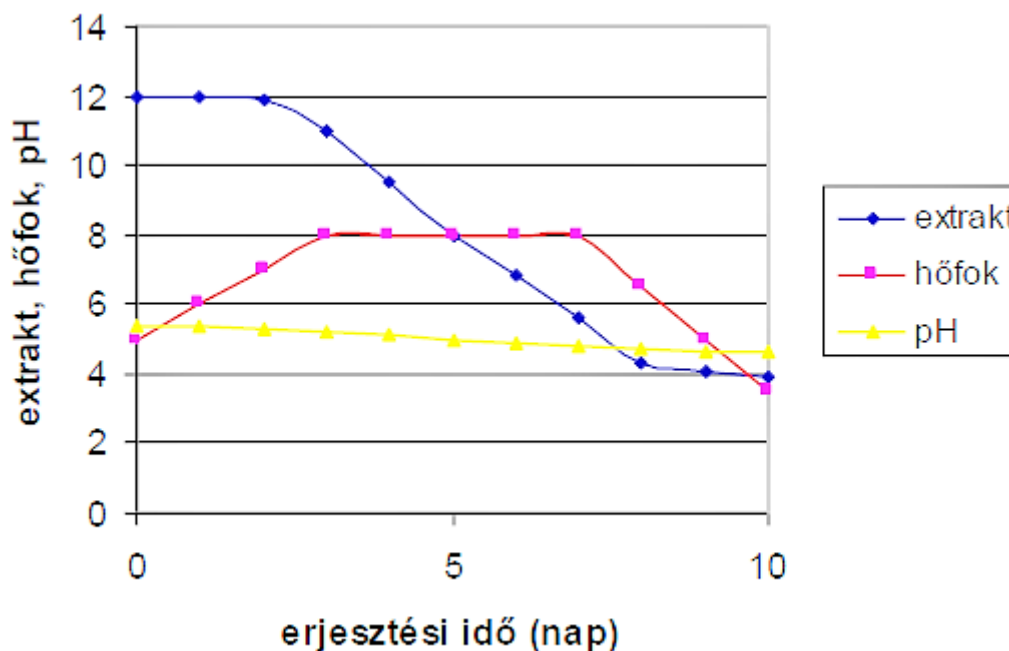
Az erjesztőpincében a sörélesztő sörlébe jutva, néhány óráig a szaporodásnak semmi jelét nem adja. Az élesztő ekkor, a nyugalmi idő alatt elszenvedett anyagveszteségét pótolja, enzimállományát egészíti ki. Ennek a lappangási időnek a tartama az élesztőtörzs tulajdonságaitól és az élesztő erőnlététől függ, attól, hogy az előző erjedés befejezése óta mennyi ideig és milyen körülmények között tárolták.

A lappangási idő után az élesztő szaporodni és egyúttal erjeszteni kezd. A sört kezdetben alacsony, ritka hab borítja, az ekkor keletkező szénsavat a sör elnyeli. Amint a sör telítődött, sőt túltelítődött szénsavval, a keletkező szénsav buborék alakjában kiválik. Az első buborékok az érdes kádfelületen válnak ki. Az erjedés megindulását attól az időponttól számítják, amikor

a kezdeti ritka habot a kád széle felől kiindulva a sűrű, fodros hab kezd kiszorítani. Ennek a jelenségnek, a beállítástól számított 26-30 órán belül kell bekövetkeznie. Kezdetben ez a sűrű, fodrozó hab is alacsony, de fokozatosan mind magasabb lesz és a negyedik napon éri el a legnagyobb magasságot.

Az erjedés megindulását és haladását, a Balling-fokolóval figyelemmel kísérhetik. Minél erőteljesebb, gyorsabb az erjedés, annál nagyobb az extrakttartalom egy napra eső csökkenése.

Az extrakt-, hőmérséklet- és pH változás a főerjedés folyamán



Erjedéskor a cukor lebomlásából felszabaduló energia hővé alakul át, a sör hőmérséklete az erjedés megindulásakor ennek következtében emelkedni kezd.

Az erjedés menetének ellenőrzése során, a hőmérsékletet és extrakttartalmat rendszeresen ellenőrzik. Az erjedés menetét a hőmérséklettel, a hőmérsékletet pedig a hűtőfolyadék mennyiségével szabályozzák.

A hűtőfolyadék csapját csak akkor nyitják meg, amikor a sör eléri a legmagasabb hőmérsékletet (9 °C-ot) és ezen a tartják a sört másfél / két és fél napig. Megfelelő erjedésfok elérése után visszahűtik a sört. Hűtéskor a sör hőmérsékletének nem szabad 24 óra alatt 1-1,5 °C-nál többel csökkennie, mert különben az élesztő azonnal csomósodni kezd és az erjedés hirtelen elakad.

Alacsony hőmérsékleten erjesztett sör, az élesztő kisebb mértékű életműködése következtében kellemesebb ízű, kevésbé fehérjeérzékeny, mint a melegen erjesztett. A sör lehűtésével egyidejűleg, a magas hab lassan összeesik és sötétbarna, hártyaszerű alacsony réteggé zsugorodik. Az erjedésnek ebben a szakaszában, az extrakttartalom 24 óra alatt már csak 0,2-0,4 fokkal csökken, az élesztő csomósodik és leülepszik.

A sört hiába hagyják ezután még egy ideig az erjesztőkádban, az már nem erjed tovább, a főerjedés befejeződött.

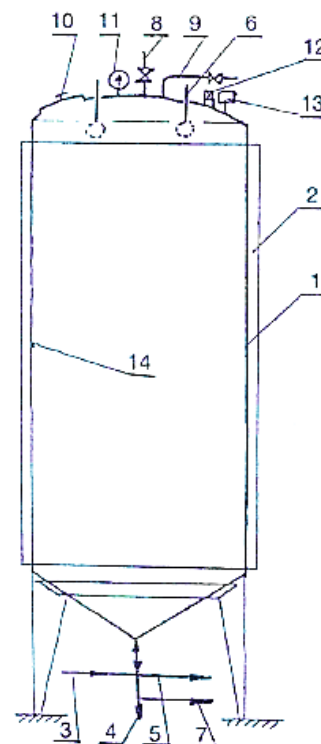
A főerjedés végén a sör felszínét barna, hártyaszerű réteg fedi. Ez a réteg a felszálló szénsavbuborékok felületén sűrűsödő anyagokból keletkezik. A hártyát alkotó anyagok kellemetlen, tapadóan keserű ízűek, a sörben némileg oldhatók, ezért meg kell akadályozni, hogy visszajussanak a sörbe.

A fickósör leeresztése előtt ezt a hártyát lyukacsos habszedő lapáttal gondosan leszedik. A hártyát alkotó anyagok mennyisége hektoliterként körülbelül 50 g. A sör leeresztésekor mintát vesznek, melynek szobahőmérsékleten 24 óra alatt kristálytiszttá kell leülepednie. Ha a sör nem tisztul ki teljesen, valószínűleg gyenge volt az élesztő, de hibás lehet a cefrézőeljárás vagy a felhasznált maláta is. Az erjesztőkádból a fiatalsört az ászoktankba juttatják.

#### 3.12.4. Nyomás alatti erjesztés

A nyomás alatti erjesztéshez nagy űrtartalmú, hengeres, alul kúpos kiképzésű ún. cilinderkónikus (hengerkúpos) erjesztőtankot használnak. Nagysága (100-500 m<sup>3</sup>) gazdasági megtakarítást és előnyöket biztosít, az építés és a térkihasználás terén is. Fontos a tank geometriája, a magasság és az átmérő viszonya, a kúp szöge és a hűtés technikája. Az erjesztőtank kónuszszöge az élesztőkinyerés szempontjából tölt be fontos szerepet (tapasztalat alapján a 70 °-nál nagyobb szög nem előnyös).

1. Tartály, 2. Hűtőköpeny, 3. Sörlé és élesztő bevezetés, 4. Élesztő elvezetés, 5. Sör elvezetés 6. Mosófolyadék bevezetés, 7. Mosófolyadék elvezetés, 8. Előfeszítő vezeték, 9. CO<sub>2</sub> elvezetés 10. búvónyílás, 11. nyomásmérő, 12. szippantó szelep, 13. biztonsági szelep, 14. hőmérő



Nyomás alatti erjesztőtartály

A nagytartályos erjesztés előnyei:

- gyors erjedés, közben jó áramlás biztosítása,
- az élesztő csapolása a kónuszon át megoldott,
- az élesztő tisztasága nagyon jó,
- a tank könnyen tisztán tartható,
- a sörvesztés kis,
- kicsi a fertőzésveszély.

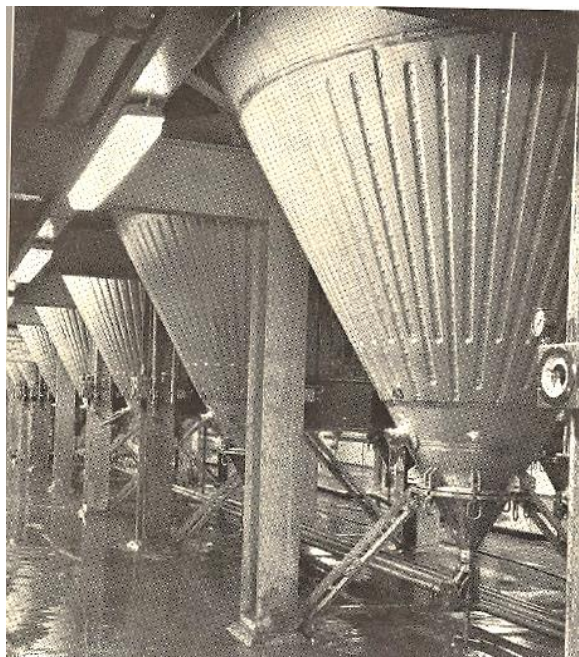
Hátrányai:

- túl hosszú feltöltési idő,
- egyes főzetek rétegződése, ami csak lassan egyenlítődik ki,
- gyorsabb élesztőcsomósodás (erős áramlás miatt),



- a magasabb rendű alkoholok és észterek mennyiségének viszonya az ízre kedvezőtlen.

#### Cilinderkónikus erjesztőtankok



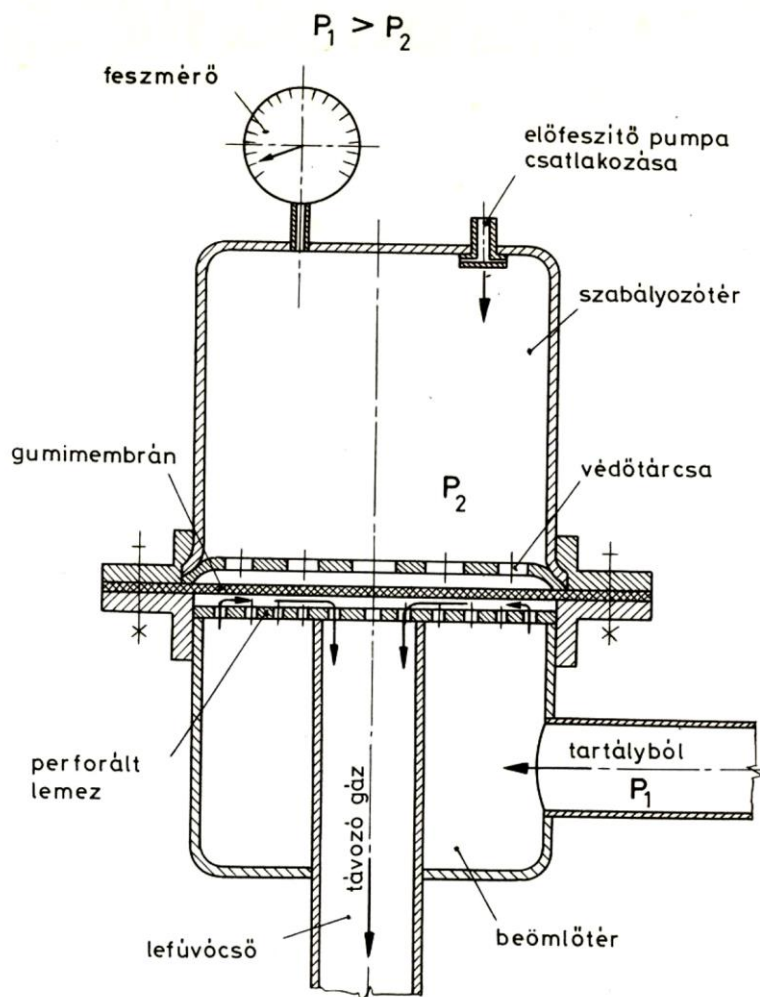
A tankok hűtőköpennyel vannak ellátva. A töltő ürítő nyílás a tartály alján van elhelyezve. Töltéskor a kiszoruló levegő a CO<sub>2</sub>-vezetéken át távozik. A tankot töltéskor, 20% habteret meg kell hagyni. A tartályok biztonsági szerelvényekkel vannak ellátva. A beélesztőzés elve megegyezik a hagyományos módszernél leírtakkal. A megfelelő mennyiségű élesztőt az első részletbe juttatják, ami majd a későbbiekben bevezetett sörlével elkeveredik. Élesztőadag általában 0,7-1 l/hl, sűrű pépes élesztő sörlére számítva. Az erjesztés indulási hőmérséklete 9-11 °C. A hőmérsékletet 12-16 °C-ig hagyják emelkedni a diacetil-redukció elősegítése miatt. Ezen a hőfokon több, a sör íze szempontjából hátrányos anyagcseretermék

keletkezik. Képződésük nyomás alkalmazásával csökkenthető.

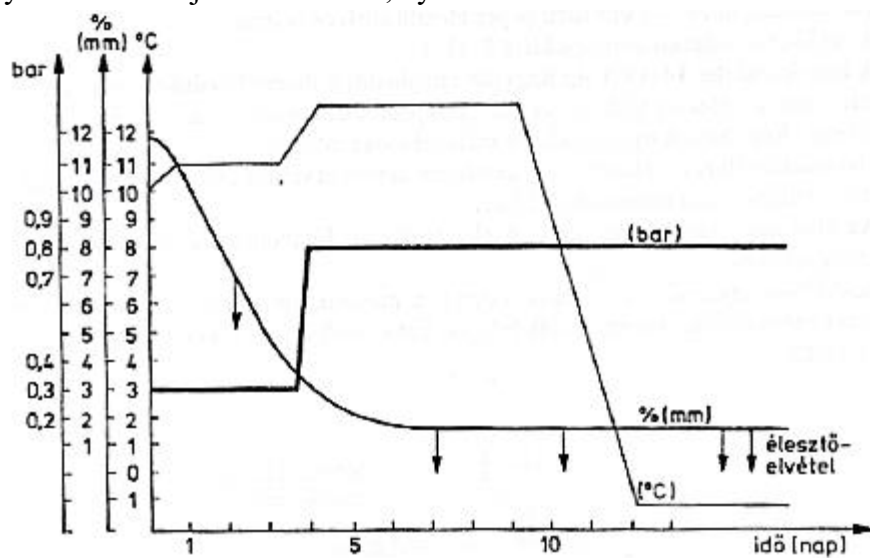
Nyomásszabályzás a Handtmann-szerelvény segítségével történik. Főerjesztéskor alkalmazott nyomás 0,8-1 bar. Az első nap után történik az első élesztőelvétele, eltávolítják a már leülepedett élesztősejteket és a hidegseprőt. 60-65%-os erjedésfok elérésekor történik a második élesztőelvétele. Az itt elvett élesztő középső rétegét használhatják fel újra. Ezt követően naponta elveszik a leülepedett élesztőt.

#### Nyomásszabályozó szelep működése

A főerjesztés időtartama nyomás alatt 5-6 (-8) nap. A megfelelő erjedésfok és diacetil redukció elérése után a sört az élesztőelvételel követően lemezes hőcserélővel 0-(-1) °C-ra lehűtik és a kondicionáló tankba vezetik. A főerjesztés végére az erjeszthető cukrok teljes egészében átalakulnak.



Nyomás alatti erjesztés extrakt-, nyomás- és hőmérséklet változása



Kondicionálás

A nyomás alatti erjesztéskor, az erjeszthető extrakt 98-99%-a alakul át a főerjedés végére. Cél a végerjedésfok elérése, illetve 1-2%-ra való megközelítése, már a főerjedés végére.

A kondicionálás 0,8 - 1 bar nyomáson, -1 - 0 °C-on, 4 - 14 napig tart. Minden nap elveszik a leülepedett élesztőt. (Történhet ettől eltérően is, változó hőmérsékletvezetés és időtartam mellett).

### 3.12.5. Egyéb erjesztési eljárások

Törekednek a sörök erjesztési idejének (fő- és utóerjesztés) lerövidítésére, ezzel az erjesztőberendezések kihasználásának és a sörgyártás gazdaságosságának javítására.

Ezért sokféle gyorsító megoldás alakult ki, amelyek az alább elveken alapszanak:

- erjesztésvezetés magasabb hőmérsékleten, ún. meleg erjedésvezetéssel,
- az élesztőkoncentráció növelése,
- folytonos és félfolytonos eljárások.

Erjesztésvezetés nagyobb hőmérsékleten

Az erjedés lefolyására a legnagyobb mértékben a hőmérséklet emelése hat. 12-20 °C között lényegesen – 8-10 napról 4-5 napra – csökkenthető a főerjedés ideje. Hőfokemeléssel az erjedési idő lerövidül ugyan, de nemkívánatos kísérőjelenségek alakulnak ki.

Nagyobb hőmérséklet erőszakosabb leerjedést, erősebb CO<sub>2</sub>-képződést, ezáltal nagyobb habképződést okoz. A pH-értéke gyorsabban és nagyobb mértékben süllyed le, mint a hagyományos erjedéskor. A komlógyanták és a fehérjekolloidok kicsapódása is nagyobb mértékű. A sör habtartossága lecsökken a kolloidok erőteljesebb kiválasztódása miatt. A hideg, fehérjezavarosság azonban csak kis mértékben változik meg. A diacetil és acetion gyorsabban redukálódik, de sokkal több benne a magasabb rendű alkohol, aldehid, észter, mint a hagyományos technológiával erjesztett sörökben.

Érzékszervileg, elsősorban ízre, a 12-16 °C-on erjesztett sörök jobb minőségűek, mint a 20 °C-on vagy még magasabb hőmérsékleten erjesztettek.

A meleg erjedésvezetésnél csak lassú visszahűtés ajánlatos. A sör 0 °C-on való tartása, az erjedés végén adja meg a sör CO<sub>2</sub>-dal való telítődésének, a seprő kiválásának, így a megfelelő tartósságnak a lehetőségét.

Az élesztőkoncentráció növelése

A hagyományos erjesztéskor általában 0,5-0,75 l sűrűfolyású egészséges élesztőt adagolnak a sörléhez hl-enként. Ez a mennyiség átlagban, 10<sup>6</sup> -os sejtszámot jelent 1 ml sörlében. Intenzív erjesztésvezetéskor nagyobb élesztőmennyiséget adagolnak. Az élesztőadag nagysága befolyással van az erjedési időre. Hideg erjedésvezetés esetén pl.:

0,5 l/hl élesztőadaggal 9 napos erjedési időt,

1,0 l/hl élesztőadaggal 7 napos erjedési időt,

2,0 l/hl élesztőadaggal 5 napos erjedési időt érnek el.

Az élesztő szaporodása nincs egyenes arányban az élesztőadaggal. Pl.

0,5 l/hl élesztőadag esetében kb. 2,0 l/hl a szaporodás,

1,0 l/hl élesztőadag esetében kb. 2,5 l/hl a szaporodás,

2,0 l/hl élesztőadag esetében kb. 3,0 l/hl a szaporodás.

### Folytonos és félfolytonos eljárások

A folytonos erjesztőrendszer jellemzője, hogy adott edényben levő élesztőhöz, állandóan friss tápanyagot (sörlevet) adagolnak és a leereszt sört az elszaporodott élesztő egy részével együtt elvezetik. A folytonos erjesztési eljárások előnyei a folytonos sörleányeréssel, pl. hogy megrövidül a sör elkészítésének időtartama, az erjedés menete jobban kézben tartható, ritkább a sörök fertőződése. A munkafolyamatok leegyszerűsödése következtében főleg az erjedés beállításának munkálatai, az élesztőkezelési és tisztogatási munka csökken. A kapott sörök jellemzői alig, vagy egyáltalán nem térnek el a hagyományos úton nyert söröktől.

A félfolytonos eljárás lehet pl. az élesztőadagolás szempontjából folytonos, de a sörtermelés szempontjából szakaszos megoldású. Lényege, hogy egy zárt kádból álló kádsorozatban mindig a legutoljára megtöltött kád tartalmát, az erjedés erőteljes megoszlása után két kádra osztják szét és mindkét kádat kitöltik friss sörlével. A két kád közül az egyikben a szokásos módon végigerjesztik a sört, a másik kád tartalmát az erjedés megindulása után ismét szétosztják két kádra és így tovább. Ezzel a módszerrel két-három hónapig fenntartható az erjedés az élesztő romlása nélkül, kifogástalan erjedésfok és sörminőség tartásával.

### 3.13. Utóerjesztés (ászokolás)

A **művelet célja** a sör tisztulása, a végerjedésfok elérése, a sör szénsavval történő telítése és a sör végső ízének elnyerése. Ezek a folyamatok általában 6 – 8 hét alatt játszódnak le.

A hagyományosan erjesztett fiatal sör, amikor az ászokpincébe kerül, még tartalmaz erjeszthető cukrot, tehát az erjedés még nem fejeződött be teljesen, a sör még zavaros, íze sem érett be. Ezek a folyamatok az 1 – 2 °C-os, száraz és tiszta levegőjű ászokpincében fejeződnek be, így a sör íze és zamata kellemes, szénsav telítettsége kiegyensúlyozott, üdítő hatású és jól habzó lesz. Az ászokolásra alkalmazott tartályok hűthetőek, ezért a sör hőmérséklete már nem függ a pince hőmérsékletétől, sőt a tartályok hűtése egyedileg szabályozható.

### Sör erjesztése, ászokolása



Az ászokolás célja:

- végerjedési fok megközelítése,
- a sör telítése szénsavval,
- a sör ízének nemesedése és
- a sör tisztulása.

Régebben az ászokpincéket majdnem kivétel nélkül a föld alatt helyezték el. A föld alatti elhelyezéssel természetes szigetelésük volt a pinceszakaszoknak, ezáltal hűtőenergiát takarítottak meg, hiszen a mély pincékben télen-nyáron majdnem állandó hőmérséklet uralkodott. Ma már jó szigeteléssel a föld felszínén is építenek ászokpincéket és csak ott helyezik el az ászokedényeket a föld alatt, ahol erre kis átalakítással, kész pincék vannak (pl. a kőbányai sziklapincékben is hasonló módon alakították ki az ászokpincéket).

Az ászokpincének száraznak kell lennie, sem a fala, sem a boltozata nem eresztetheti át a vizet. Ha a külső hőmérséklet hidegebb, mint a pince hőmérséklete, az ászokpincét szellőztetik.

Az ászokpince falait, mennyezetét és padozatát - hogy a kívánt pincehőmérsékletet minél kevesebb hűtéssel lehessen fenntartani -, szigetelni kell. A jó ászokpince hideg, száraz és tiszta levegőjű, hőmérséklete 0-1,5 °C,

A hidegen ászokolt sör íze, zamata jobb, mint a meleg pincékben ászokoltaké. A hideg sör több szénsavat köt meg, tehát jól habzik és üdítő hatású, a melegebb pincéből kikerült sörök szénsavban szegényebbek, ízük üres és hidegérzékeny marad a sör. A hideg ászokpince azt is lehetővé teszi, hogy a sört minőségromlás nélkül hosszabb ideig tárolhatják. Az ászokpince nagyságát a tervezett söreladás mértéke, az utóérés ideje és a helykihasználás határozza meg.

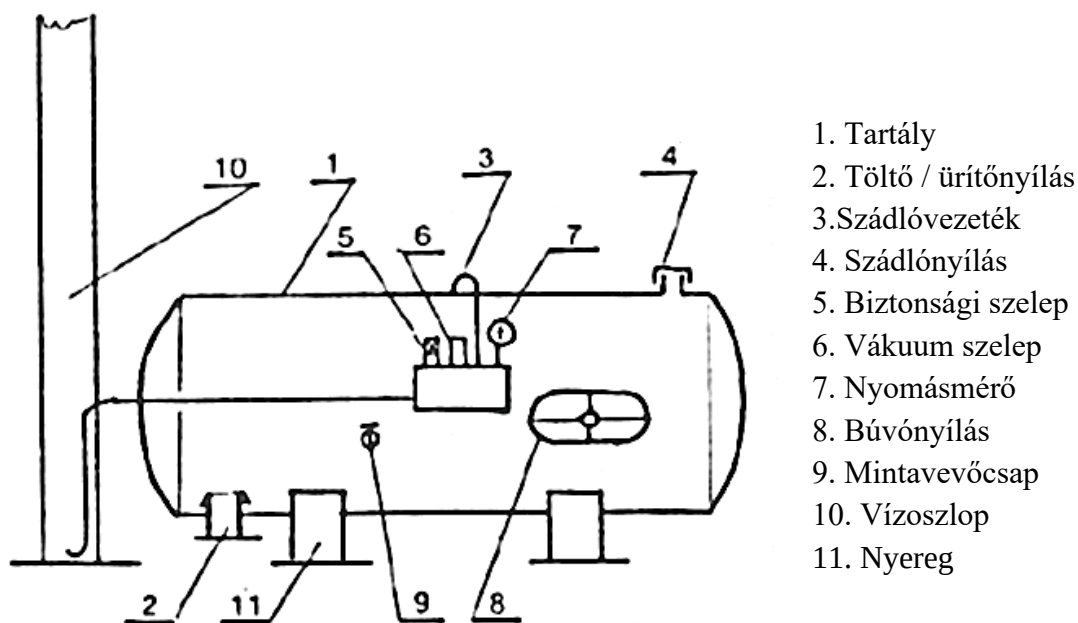
A sör ászokolásakor a megkívánt hőmérsékletet csak hűtéssel lehet fenntartani.

A betontankok és fémtartályok bevezetésével megváltoztatták az ászokpince hűtési rendszerét, mert az ilyen tankokkal felszerelt pincékben nem a légtérrel hűtik, hanem közvetlenül a sört a tankban elhelyezett hűtőkígyókkal, illetve a tankokra épített köpenyekkel, amelyekben hűtőfolyadék áramlik. Így a sör hőmérséklete független a pince hőmérsékletétől. Gazdaságosabb, mint a közvetett hűtés. Lehetővé teszi, hogy az egyes tankok hőmérsékletét külön-külön állítsák be, ezzel szemben szükségessé válik az egyes tankok naponkénti ellenőrzése, mert a belső hűtés sokkal hatásosabb, tehát a sör könnyen túlhűthető, ami azután az utóerjedés csökkenését, sőt teljes elakadását okozza.

### Ászokedények

Az ászokpincében a sör ászoktartályokban érlelődik. Ezeknek az ászokedényeknek az anyaga hasonló az erjesztőedények anyagához, az ászokedények azonban mindig zártak. Formájuk és nagyságuk is attól függ, hogy milyen anyagból készültek. Az ászokedények lehetnek fekvő vagy álló elrendezésűek és különböző űrtartalmúak. Általában 300-600 hl-esek, de vannak 200-300 m<sup>3</sup>-es nagytartályok is.





### 3.13.1. Az utóerjesztéskor lejátszódó kémiai folyamatok

Az erjedési fok növekedése

Az ászokedénybe jutó sör erjeszthető kivonattartalma, amelyet a főerjedés erjedésfoka és a végerjedés közötti különbség is kifejez, mennyiségi szempontból hatással van az utóerjedésre. Ha sok erjeszthető kivonat van a sörben, akkor azonos viszonyok mellett, élénkebb az utóerjedés, hosszabb ideig tart és több szénsav keletkezik, mint kevesebb erjeszthető kivonat tartalommal.

Kevés élesztővel, kitisztultan leerjesztett sörben, az utóerjedés hosszú idő után indul meg. Ha sok volt az élesztő, akkor az utóerjedés gyorsan és erőteljesen indul. A túlságosan heves erjedés általában hibás, mert vele az erjeszthető kivonat túl gyorsan elfogy, az utóerjedés korán befejeződik, a sörnek nincs alkalmja lassan és kielégítően szénsavval telítődni.

Az, hogy az utóerjedés végéig milyen kivonattartalomra kívánjuk leerjesztetni a sört, a sör végerjedésfokától függ. A jó biológiai tartósság miatt arra kell törekedni, hogy a világos sör erjedésfoka a végerjedésfokot legalább 3 %-ra megközelítse. Barna söröknél általában nem törekednek erre, mert egy kissé édeskés íz elvárt és jellemző ezekre a sörökre.

Az íz nemesedése

Az éretlen sörnek, „fickósörnek” kellemetlen, nyers, kialakulatlan, összhang nélküli íze és illata van. Az utóérés folyamán fejlődik ki a sör nemes, finom, sima íze és jellegzetes illata.

A fickósör ízanyagai részben a főerjedés folyamán az élesztő anyagszerkezetéből, részben a nyersanyagokból, a malátából, valamint a komlóból származnak. Az még erjeszthető



cukortartalom édessé, émelygőssé teszi a fickósör ízét. Az utóerjesztés folyamán elerjed a cukor legnagyobb része, az íz szárazabbá válik.

A komló – keserűanyagok és a cstersavfehérje – komplexek egy része a lehűtés következtében oldhatatlanná válik és a habba, illetve a seprőbe jut. Ennek következtében is simábbá válik a sör eredetileg érdesen keserű íze. A fickósör nyers ízét az élesztő anyagcseréjéből származó anyagok okozzák, melyek az utóérés folyamán részben átalakulnak, részben elillannak.

A magasabb rendű alkoholok – a gyengén savas közegben – a szerves savakkal kellemes ízű és zamatú észterekké egyesülnek.

Ha a sörben sok az élesztő és a hőmérséklet nem elég alacsony, akkor a seprőben az élesztő autolízise következtében jelentős mennyiségű kellemetlen ízanyag keletkezik, amitől a sör élesztőízű lesz.

#### A sör tisztulása

A fickósört a benne lebegő élesztősejtek, az oldhatatlanná vált fehérjék és komlógyanták teszik zavarossá. A sör lehűtése kb. 5 °C-ról 0-1 °C-ra, újabb cstersavfehérje-zavarosságot okoz, amelyhez adszorpció útján más kolloidok is, pl. komló-keserűanyagok is társulnak.

Az ülepedés gyorsaságát az ászokolás során, a zavarosságot okozó anyagok mennyisége és minősége befolyásolja. Minél nagyobb térfogatúak és fajlagos tömegűek a részecskék, annál gyorsabban ülepsznek. Az élénk utóerjedés elősegíti a sör tisztulását, mert egyrészt az élesztősejtek és szénsavbuborékok okozta mozgás, másrészt a szénsavbuborékok körül képződő felületi hártyák, elősegítik a lehűlés következtében oldhatatlanná vált, de finom eloszlásuk miatt ülepedésre képtelen anyagok csomósodását.

Maguk az élesztősejtek az utóerjedés folyamán – ugyanúgy, mint a főerjedés alatt – csomósodnak és csomósodva leülepednek. Közben adszorpció útján a felületükön és az üledékben magukkal visznek sok zavarosságot okozó egyéb anyagot is.

Renyhe utóerjedés nem segíti elő a tisztulást, mert hiányzik a sörben az élénk mozgás és az ennek következtében keletkező sok szénsavbuboréknak, a csomóképződést elősegítő hatása. Alacsony hőmérsékletű ászokolás a tisztulást lassítja, mert több finom elosztású anyag válik ki a sörből. Hidegen folyó, lassú tisztulás következtében a sör hidegérzékenységet okozó anyagok, a cstersavfehérje-komplexek legnagyobb része kiválik a sörből. Melegen folyó utóerjedés közben kevés cstersavfehérje-komplex válik ki a sörből, ennek következtében ezek a sörök a legtöbb esetben feltűnően hidegérzékenyek.

Az utóerjedés folyamán a lehűlés miatt bizonyos mennyiségű fehérje válik ki a sörből. A sör azonban alig lesz fehérjében szegényebb, mert ezt a fehérjevesztést pótolja és sok esetben felül is múlja az élesztőnek, a seprőben végbemenő autolízisekor keletkező és a sörbe jutó oldható fehérje. Az autolízis mértékére, a keletkező oldható fehérje mennyiségére, a hőmérséklet is hatással van. Alacsonyabb hőmérsékleten ez a folyamat kisebb mértékű. Az autolízisből származó fehérje többé-kevésbé erős élesztőízűt okoz, rontja a sör fehérjeállandóságát, ezért a legkisebb mértékre kell csökkenteni.

Az élesztő, a szénsavbuborékok és a sörből kiváló kolloidok adszorbeáló hatására, az utóerjedés folyamán a sörből, további komló keserűanyagok válnak ki. A savas kémhatású komlókeserűanyagok kiválása, valamint az autolíziskor keletkező lúgos kémhatású fehérjebontási termékek, a sör savasságát kismértékben csökkentik.

#### CO<sub>2</sub> -dal való telítődés

A sör az utóerjedéskor keletkező szénsavval nyomás alatt, ún. szádlónyomás alatt telítődik. A nyomást a lefojtott ászokedényekben, maga a felgyülemlett szénsav létesíti. A fiatal sör leeresztésekor 0,2-0,25 % szénsavat tartalmaz. A 0,32 % szénsav-tartalmú sör még élettelen, a jó sör legalább 0,4 % szénsavat tartalmaz. A sör üdítő íze, a kellő mennyiségű szénsavtól származik.

A sör szénsavtartalma serkenti a gyomornyálkahártya működését, elfedi a sör apró ízhibáit és megakadályozza azt, hogy egyes tényezők pl. a komló keserű íze előtérbe kerüljenek, valamint a fertőzéssel szembeni ellenálló képességet is növeli. A sör annál jobb ízű, habtartóssága és állóképessége annál nagyobb, minél több szénsavat tartalmaz.

A túlzott szénsav-tartalmú sör azonban fejtés és csapolás közben nagyon habzik, ami jelentős idő és sörvesztést jelent.

Az ászokedényben a sörré a szádlónyomáson kívül a sör folyadéknomás is nehezedik, ez a nyomás a különböző rétegekben más és más. Ennek következtében a sör szénsavtartalma az egyes rétegekben különböző, különösen magas nyomásérték állótankokban lehet. A legalsó és a legfelső rétegek között jelentős a szénsavtartalom különbség.

A sörré nehezedő nyomást csökkenti vagy növeli, a süllyedő vagy emelkedő barométerállás is, ennek következtében a süllyedő légnyomás esetén az utóerjedésben levő sörből több szénsav szabadul fel, mint ha a légnyomás növekszik.

A szénsav vízben való oldhatóságára, az egyidejűleg oldott anyagok különböző módon hatnak. A



dextrintartalom csökkenti, a fehérjetartalom növeli a szénsav oldhatóságát. Ha a sör szénsavtartalma a fejtéskor nem éri el a kívánt mértéket, mesterséges szénsavtelítéssel lehet a hiányt pótolni (karbonizálás).

A tapasztalat szerint a sörnek természetes úton szerzett, vagy mesterséges telítéssel kialakított szénsavtartalma között, habképzés, habtartósság és íz szempontjából semmi különbség nincs.

A karbonizáláskor ügyelni kell arra, hogy a sör szénsavtartalma ne növekedjék 0,4%, illetőleg gyenge sörökben 0,44 %-on túl, mert akkor a fejtéskor és a csapoláskor ugyanazok a

nehézségek merülnek fel, mint amikor a sör az ászokpincében túl nagy szádlónyomás következtében szénsavval telítődik.

Az ászokolás vezetése, ellenőrzése, a CO<sub>2</sub> szabályozása

Az ászokedényeket vagy felülről a szádlónyíláson, vagy alulról a csapolónyíláson töltik meg. Ha az erjesztőkád az ászokedény fölött elég magasban fekszik, a sör magától folyik le, ellenkező esetben szivattyút alkalmaznak.

A sör leeresztése előtt a vezetékét vízzel töltik meg és a sört az öblítővízzel telt vezetékbe nyomják, hogy az átfolyás nyugodt, habzástól mentes legyen. A sör előtt folyó vizet elvezetik.

Általában a tankokat nem egyszerre töltik meg teljesen, hanem a különböző főzeteket részletekben adagolják úgy, hogy az egyes főzetekből ugyanabba a tankba nagyjából mindig azonos mennyiség kerüljön. Ezzel az összetöltéssel, amit vágásnak neveznek, a sör íze, erőssége és színe egyenletesebb lesz.

A sör vágása azonban csak akkor jó és előnyös, ha a tankot rövid idő alatt megtöltik. Félig megtöltött tankban nagy a sör felülete, a tárolása tehát veszélyes, mert a nagy felületen a levegő hatására elszaporodhatnak az ecetsav-baktériumok, az utóerjedés nagyon élénk lesz, a fertőzés veszélye nő és a szénsav feldúsulása is kisebb.

Az ászokedényeket nem töltik meg teljesen, hanem 0,5 - 1 hektoliter légtérrel hagynak, hogy a távozó szénsav a szádlóvezetékbe és a szádlókészülékbe ne vigyen magával habot. Két töltés között a szádlónyílást lezárják, hogy a fertőzés veszélyét csökkentsék.

Az utóerjedésre ható tényezők

A külső tényezők közül a hőmérséklet a legfontosabb. Az erjesztőpincéből leeresztett sör hőmérséklete 2,5-5 °C. Az ászokpincében a sör lehűl, az ászokpince hőmérsékletét a sör kb. 4-6 hét alatt, 0,2-0,3 °C-ra megközelíti. Hideg pincében nehezebben indul meg az utóerjedés és lassabban is zajlik le, meleg pincében gyorsabban indul meg, de gyorsabban véget is ér.

Az ászokedény nagysága is hatással van az utóerjedés lefolyására. Kisebb edények aránylag nagyobb felületén könnyebben képződnek szénsavbuborékok, ezeknek keverőhatása erőteljesebb utóerjedést okoz. Nagyobb edényekben viszont, az aránylagosan kisebb felület kevésbé készteti ülepedésre az élesztősejteket, az élesztő hosszabb ideig marad a sörben lebegve. Kis edényekben tehát erőteljesebb, de rövidebb idő alatt lezajló, nagyobb edényekben lassúbb és hosszabb ideig tartó az utóerjedés.

Az ászokolás ideje

Az érlelési időnek tág határai vannak, általában 6-8 hét, de lehet ennél hosszabb is.

A pince sörbefogadó képessége az alapterületen és magasságon kívül, az ászokedények nagyságától is függ. Minél nagyobbak ugyanis az edények, annál kisebbre méretezhető a pince, ami hőtechnikai okokból is fontos, mert a pince hidegszükséglete csökkenthető és a munka is kevesebb.

### A CO<sub>2</sub> -szabályozás

A jó sör megfelelő szénsavtartalmának szűk határai vannak, a szélső értéke 0,35-0,40 tömegszázalék. Egy liter sörben tehát megközelítőleg 3,5-4 g szénsav van.

Az utóerjedés alatt a szénsav a sörben csak úgy dúsul fel, ha az ászokedényt az erjedés alatt lefojtják. A folyamatos erjedés során a lezárt edényben nyomás keletkezik. A lefojtott ászokedényben keletkezett nyomás a szádlónyomás.

A szükséges szádlónyomás eléréséhez a tankot úgy kell lezárni, hogy abból csak a fölösleges szénsav távozhasson el. Lezárás után, a nyomás szabályozására szolgáló szádlókészüléket szerelnek fel. Ez tulajdonképpen biztonsági szelep, mely az ászoktankban a beállított nyomás elérése után keletkező többletszénsavat, a szabadba engedi. A szádlókészülékkel tehát lehetővé válik, hogy a sör az ászokedényben mindig azonos nyomás alatt legyen, A készülék tetszés szerinti nyomásra állítható be.

A lefojtást különbözőképpen végzik:

- minden tankra külön készüléket szerelnek, tehát a nyomást tankonként szabályozzák,
- több tank szádlónyílását, egy szádlókészülékkel kötik össze és a nyomást sorozatonként szabályozzák.

A tankokban levő nyomás egyenkénti szabályozása biztosabb és jobb, de körülményes. Az eljárás olcsóbbá tétele miatt tértek át a sorozatos lefojtásra, ebben legtöbbször egy pinceszakaszs összes tankját egy szádlókészülékhez kötik. A sorozatos lefojtás legfontosabb követelménye, hogy az összekötések jól zárjanak és az edények túlnyomásának is ellenálljanak.

### Az ászoksör csapolása

A csapoláskor a szádlóvezetéket eltávolítják az ászokedényről és CO<sub>2</sub>-t nyomatnak az ászokedény levegőterébe, majd ezzel nyomatják ki a sört, megakadályozva a felhabzást, valamint az eltávozó sör nyomán keletkező vákuum hatására bekövetkező tankhorpadást. A tank csapolónyílásába helyezett gumitömlő az ún. vágóbakhoz csatlakozik. A vágóbak lényegében, több (3-5) tankból gumitömlőn érkező sört kever össze. Minden érkező vezetékhöz egy üveghenger tartozik, amelyen a sör átfolyik, mielőtt a közös továbbítóvezetékbe lépne. Átvilágító lámpával lehet ellenőrizni a csapolt sör tisztaságát. A lámpa tetején légtelenítőcsap van. A vágóbak nyomásszabályozós centrifugál szivattyúhoz csatlakozik és ez nyomja fel a sört a szűrőhelyiségbe.

### Söralj

A kiürült ászoktankot a vezetékhöz tartozó lámpa kiiktatása és a CO<sub>2</sub> lezárása után, lekapcsolják a bakról, a visszamaradt seprőt a búvónyíláson át leszívattják, kisajtolják és a kapott sört visszavezetik a későbbi erjesztésekhez. Az ászoktankban visszamaradt a sötétbarna, többé-kevésbé sűrűn folyó ún. söralj, ami főleg leülepedett élesztősejtekből kivált fehérje-, cseranyag- és komlóvegyületekből áll. A visszamaradt seprőt aljlesztőnek nevezik, takarmányozási célra hasznosítják.

### 3.14. Sör szűrése

A **művelet célja** a sör biológiai- és kolloidstabilitásának növelése és tisztaságának fokozása (élesztősejtek és egyéb kiszűrhető anyagok pl. koagulálódott fehérjék eltávolítása, a tükrösség elérésének érdekében).

A sört a főerjedés és ászokolás, illetve a főerjedés és kondicionálás után szűrik. Szűrés után a sört hordóba, palackba vagy dobozba fejtik. Ez a feladat nem könnyű, ha figyelembe vesszük a sör tulajdonságait, a nyomás alatti erjesztést és az ászokolást. A sör szénsavat tartalmaz, mely az erjesztés során képződött és túlnyomás alatt, ún. szádlónyomás alatt állt. A legnagyobb nehézséget az jelenti, hogy a sört szénsavvesztés nélkül kell hordóba, palackba vagy dobozba fejtetni.

A szénsavvesztés káros, mert nemcsak a sör habtartósságát csökkenti, hanem a tartósságot és az ízt is kedvezőtlenül befolyásolja.

A szénsav megőrzésének az a módja, hogy a sört a szűrés és fejtés során ugyanúgy kezelik, mint ahogy a kondicionáló tankban vagy ászokedényben volt, azaz nyomás alatt és alacsony hőmérsékleten tartják.

Közvetlenül szűrés előtt az ászokpincéből a szűrőre folyó söröket  $-1,0^{\circ}\text{C}$  –ról  $-1,5^{\circ}\text{C}$ -ra célszerű hűteni, a jobb kolloidtartósság céljából. A szűrőberendezés előtt lemezes hőcsérélővel hűtik le a sört a kívánt hőmérsékletre.

A tükrösre szűrt sör azt jelenti, hogy a sörből mind az élesztősejteket, mind az egyéb kiszűrhető anyagokat el kell távolítani. A szűretlen sörben különböző nagyságú és összetételű szilárd részecskék maradnak: durva diszperziók(pl. koagulálódott fehérjék, élesztők), kolloidok (fehérjevegyületek, fehérje-csersav komplexek), molekuláris diszperziók.

A sörből a zavarosodást okozó részecskéket különböző elvek alapján lehet kiválasztani:

- ülepítéssel: centrifugákkal, a részecskék átmérőjétől és a fordulatszámától függően a durvább részecskék kiválnak, a kolloidok a sörben maradnak,
- szűréssel: minden olyan részecske kiszűrődik, mely nagyobb, mint a szűrőréteg pórusnyílása (szűrés hátránya, hogy a pórusok eltömődnek),
- adszorpcióval: olyan anyagok távolíthatók el a sörből, amelyek meghatározott molekuláris erővel kötődnek meg a felületen.

Attól függően, hogy milyen módszerrel végezzük a sör szűrését, a szűrő különböző anyagokat tart vissza, azaz távolít el a sörből.

Adszorpció révén nemcsak a zavarosodást okozó anyagok távoznak el a sörből, hanem a sörminőség szempontjából kívánatos fehérjekolloidok, keserűanyagok és színeképzők mennyisége is csökken. A sör szűrése nem egyszerű feladat, mert egyrészt tartós, tükrőfényű sört kell előállítani, másrészt pedig annak eredeti telt, kellemes, értett íze nem szenvedhet kárt.

A szénsavvesztés megakadályozására a sör szűrését ellennyomás alatt végzik. A szűrés során az oxigén, a fémek és a víz keménységet okozó sóinak a sörre gyakorolt hatását is figyelembe kell venni. Ezek a tényezők változást okoznak a sör összetételében és zavarosodást okoznak.

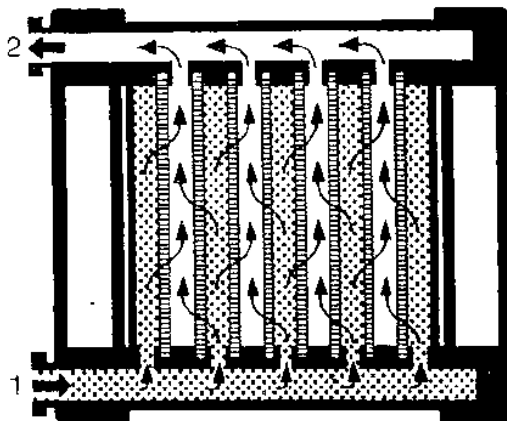
A sör szűrésére alkalmazott berendezések:

- keretes, kovaföldes sörszűrő,
- vízszintes szűrőelemeket tartalmazó szűrő,
- gyertyás szűrő.

A szűrőberendezések három fő részből állnak:

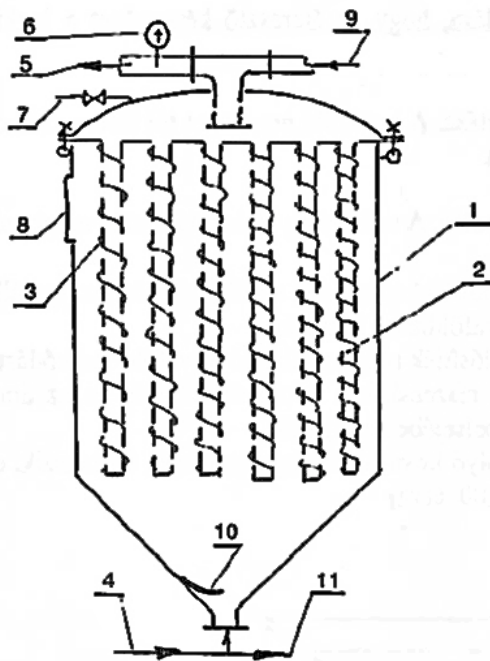
- sörszállító szivattyúból,
- a kovaföldet bekeverő és kovaföldet adagoló készülékből,
- és a tulajdonképpeni szűrőből.

Keretes kovaföldes szűrő



1. szűretlen sör, 2. szűrt sör

Gyertyás szűrő



1. Tartály
2. Gyertyák
3. Huzal spirál
4. Szűrendő anyag bevezetése
5. Szűrt anyag elvezetése
6. Nyomásmérő
7. Légtelenítő
8. Nézőüveg
9. Mosóvíz bevezetése
10. Terelőlemez
11. Mosófolyadék és kovaföld elvezetése

A sörszállító szivattyú rozsdamentes acélból készült centrifugál szivattyú. A szűrőkovaföld feliszapolását és a szűrés közbeni adagolását automata adagolókészülék végzi.



Az adagolókészülékhez a gyors előiszapolást, a szűrés alatti folyamatos adagolást végző, szabályozóval ellátott membránszivattyú végzi.

A kovaföld-bekeverő tartály keverővel van ellátva. A tulajdonképpeni szűrő szűrőelemekből, állványzatból és szerelvényekből áll.

A sör szűréséhez – a jó szűrési hatások elérése céljából – megfelelő szemcse nagyságú kovaföldre van szükség. A szűrés kovaföld-feliszapolással kezdődik. A kovaföld : víz szuszpenzió 1:10, vagy 1:8 arányú. Szűrés előtt a lemezekre négyzetméterenként körülbelül 0,5 kg kovaföldet iszapolnak oly módon, hogy a kovaföldet sörben, vagy vízben elkeverik és a keveréket a szűrőn mindaddig körbe áramoltatják, amíg a szűrőn áthaladó sör víztiszta nem lesz. A lemezeken körülbelül 1 mm vastag kovaföld-szűrőréteg alakul ki.

A feliszapolásnak két meghatározott feladata van:

- A szűrőfelület nyílásainak áthidalása, hogy az áteresztő képességet a legkisebb mértékben befolyásolja.
- A sörben lévő részecskék visszatartása. A kovaföld nem lehet túl finom szemcséjű, mert ez nyomásnövekedést okozna.

#### Gyertyás kovaföldszűrő



Nagyon fontos az egyenletes iszapolás. A szűrőréteg kialakulása után megkezdődik a sör szűrése. A szűrés közben folyamatosan kovaföldet adagolnak a szürendő sörhöz. Így állandó áteresztőképességet biztosítanak a kovaföldréteg felületén. Ezzel a folyamatos adagolással valósítják meg az állandó kovaföld lerakódást, ami megakadályozza, hogy a kiszürendő részecskék, a nyomáskülönbség és az áramlási sebesség következtében a szűrőréteg belsejébe kerüljenek. A szűrőréteg az

állandóan hozzáfolyó kovafölddel természetesen vastagszik, ennek következtében a szűrőellenállás nő. Ideális esetben a nyomáskülönbség lineárisan növekszik. (kb. 0,2-0,4 bar/óra).

A lökészerű nyomásváltozás, valamennyi szűrés esetében az egyik legveszélyesebb jelenség. A szűrőréteg mintegy szivacs összenyomódik. A kovaföldhidak terhelése hirtelen megváltozik, a szűrőréteg szerkezete szintén megváltozik. A szűrőréteget addig lehet használni, amíg az ellenállás el nem éri a maximumot. (kb. 3-4 bar). A szűrőhatás megfelelő kovaföld-adagolással a szűrés egész ideje alatt azonos. A szűrés a kovaföldadag megváltoztatásával, a szűrési folyamat alatt is befolyásolható.

A kovaföldes szűrés előnyei:

- nagy hatékonyságú szűrés,
- stabil áramlási, szűrési teljesítmény
- szűrő gyors és egyszerű tisztítása,
- a kovaföld izzítással előállított szűrési segédanyag, ezért sterilnek tekinthető,
- az élesztősejtek maradéktalanul kiszűrhetők,
- automatizálható.

A kovaföldes szűrési eljárás hátránya, hogy bár a legzavarosabb sört is – megfelelő szemcséjű kovaföld kiválasztásával – egész tisztára szűri, mégis az így nyert sör hidegérzékenyebb, a nagyobb molekulájú fehérje-bomlástermékek ugyanis benne maradnak a sörben, mivel az adszorptív hatás a kovaföldnél elhanyagolható.

A szűrő helyett centrifugával is kiválaszthatók a zavarosságot okozó anyagok. Ezek az anyagok igen finom eloszlásúak, fajlagos tömegük alig haladja meg a sör fajlagos tömegét, ezért a centrifugát, 4000 - 7000-es fordulatszámmal kell járatni. A centrifugák teljesítménye 10 - 60 hl/óra között változtatható. A sör a centrifugában a sűrűlódás következtében melegszik, a melegedés mértéke az átfolyás sebességétől függően, 3°C-ot érhet el. Nagy átfolyási sebességnél a melegedés elhanyagolható, mert a keletkező hőmennyiség független a sör mennyiségétől. Nagy átfolyási sebességnél viszont, a készülék ülepítőképessége nem kielégítő, a szűrlet nem elég tükrös. Ha tükrös végtermék céljából csökkentik az átfolyás sebességét, akkor a melegedés miatt a sör hidegérzékeny marad. Az elmondottak miatt a centrifugát inkább csak előszűrőnek használják és a centrifugával derített sört, a szokásos szűrőkkel szűrik tükrösre.

Csíramentes (steril) lemezes sörszűrés

A különböző szűrési módszerekkel, a sör csíratartalmát nagymértékben lehet csökkenteni és így a sör tartósságát növelni lehet. Mindamellet elég sok csíra marad a sörben ahhoz, hogy előbb vagy utóbb a sör megtörését okozzák. A csíramentesítő szűrőlemezek zavaros sör szűrésére nem alkalmasak, mert gyorsan eltömődnek, azaz áteresztőképességük megszűnik, ugyanakkor adszorbeáló képességük még igen nagy lehet. Ezeket a szűrőket tehát, mint utószűrőt használják, az előszűrő, a kovaföldes szűrő, vagy a sörcentrifuga után.



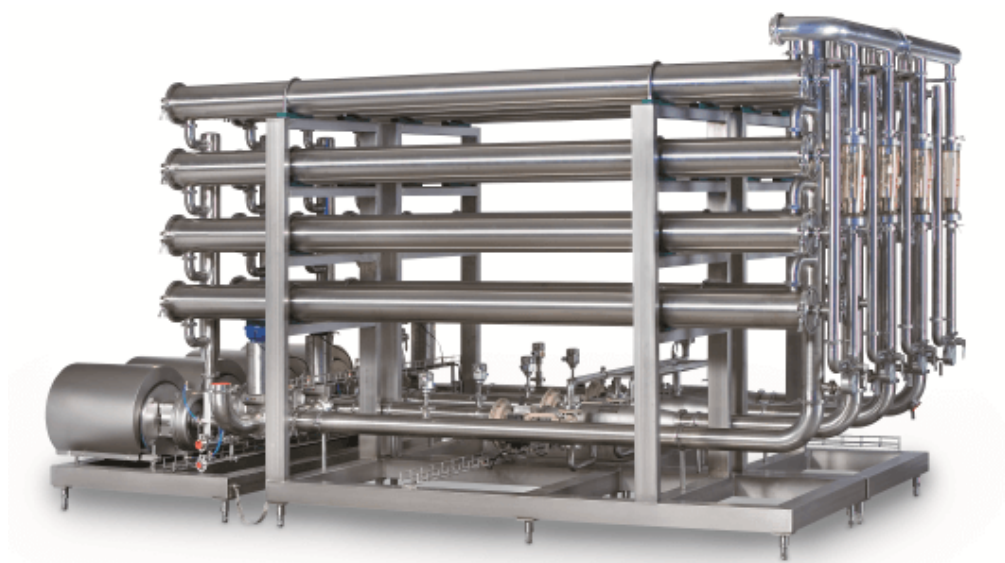
A szűrőlemezek adszorbeáló képessége a szűrés folyamán kimerül, ennek következtében a mikroorganizmus csírák száma emelkedik a szűrt sörben.

A már előzetesen megszárt sör fényén nem lehet észrevenni a szűrő kimerülését, ezért vizsgálatok alapján állapítják meg, hogy a szűrő hány hektoliter sört képes kifogástalanul szűrni.

Az elhasznált lemezek adszorbeáló képessége egy-két alkalommal részben visszaállítható, ha a sör folyásával ellenkező irányban forró vizet nyomtatnak rajta keresztül.

#### Membránszűrés

A membránszűrők alkalmazásának célja a szűrtet csírátlantása. Anyaguk cellulóz észter, nagy porozitásúak, ennél fogva szűrőteljesítményük nagy. A membránszűrők pórusnagysága pontosan megadott érték (0,01-5  $\mu\text{m}$ ). Az élesztősejteket és a sörbaktériumokat az 1,2  $\mu\text{m}$ -nél nem nagyobb pórusmembránszűrő tökéletesen kiszűri.



A membránszűrőt kétdimenziós szűrőnek is nevezik, mivel felületén azokat az anyagokat választja le, amelyek átmérője nagyobb, mint a pórus átmérője, a pórusok belsejében pedig az annál kisebb átmérőjű anyagokat tartja vissza.

Előnyei:

- folyamatos termékminőség a rugalmas és automata szabályzásnak köszönhetően,
- megbízható, könnyen használható és karbantartható, beleértve a CIP-eljárásokat is,
- hatékony üzemeltetés,

- higiénikus kialakítás, minden cső és berendezés, amely a termékkel, vagy a tisztítófolyadékkal érintkezik rozsdamentes acél.

Szűrés közben folyamatosan ellenőrizni kell a szűrt sör

- zavarosságát,
- az oldott oxigén tartalmát,
- a szén-dioxid tartalmát,
- a színét,
- az extrakttartalmat.

### 3.15. Sör stabilizálása

A **sör stabilizálásának célja** a sör tartósságának növelése. Annál tovább tartható el változás nélkül, minél kevésbé tudják a zavarosodást okozó anyagok hatásukat kifejteni a sörben.

A zavarosodás három okra vezethető vissza:

- a sörben lévő mikroorganizmusok tevékenységére, mely a **biológiai zavarosságot** okozza,
- a sörben lévő kolloidok kiválására, mely a **kolloid zavarosságot** idézi elő (ami lehet hidegzavarosság és állandó zavarosság),
- oxalátok kialakulására, melyek kicsapódás útján keletkeznek és a **kémiai zavarosságot** eredményezik.

A sör eltarthatóságának alapvető feltétele, a nyersanyag helyes kiválasztása és előkészítése, a körültekintő technológia alkalmazása, valamint a mikrobiológia szempontjából nélkülözhetetlen higiénikus termelési környezet. A megelőző intézkedéseken kívül a kolloidstabilitás növelésére további lehetőségek vannak, adszorbeáló anyagok alkalmazása, pasztörözés, PVPP (polivinil- polipirrolidon) használata.

A biológiai tartósság megvalósítható:

- tiszta élesztők felhasználásával,
- jól végzett üzemi higiéniaiával,
- nagy hatású fertőtlenítőszer alkalmazásával,
- pasztörözéssel vagy csíramentes szűréssel,
- jól megszervezett üzemi ellenőrzéssel,
- gondosan kivitelezett technológiával, stb.

A fehérjék, a polifenolok, az oxigén és a fémionok fontosságát a kolloid zavarosság előidézésében, mint elsősorban felelős tényezőket lehet kiemelni. A sör hidegzavarosságát éppen úgy, mint az állandó zavarosságát, elsősorban a fehérje-cseranyag vegyületek okozzák, amelyek az oxidációs folyamatok miatt válnak ki. Mint minden kolloidoldat, a sör is megváltozik és mindig a koagulálás irányába. A sörben a komplex molekulák állandóan ütköznek, míg végül szabad szemmel is látható halmazokat alkotnak, zavarosságot okoznak. Közvetlenül szűrés után a sör tükörfényes marad akkor is, ha 0 °C-ra lehűtik és ha bizonyos idő

múlva fátýolossá válik, akkor megállapítható a hideg zavarosság. Ez a zavarosság szobahőmérsékleten ismét feloldódik.

Hosszabb tárolás után szobahőmérsékleten is megjelenik a zavarosodás, ez az állandó zavarosság.

A hideg zavarosságnál kivált anyag összetételében nagyon változékony, tartalmaz

- 40-76%-ban nitorgéntartalmú anyagokat,
- 17-55%-ban polifenolokat,
- 3-13%-ban szénhidrátokat,
- továbbá mindig valamennyi hamut, benne nehézfémeket.

A sörfőzéshez használt nyersanyag és a sörgyártási technológia helyes megválasztása, a stabilitás elérése tekintetében irányadó. Nagyon fontos a megelőző intézkedés, a zavarossági hajlam elkerülése céljából. A megelőző tevékenységeken kívül, a kolloidtartósság további növelése céljából a sört, meghatározott kezelésekre kell átvetni, amelyekkel a zavarosodást okozó anyagokat, többé-kevésbé kiválaszthatják a sörből.

A sör stabilitásának növelésére többféle lehetőség van.

Az adszorbeáló anyagok a sörben oldhatatlanok, nagy felületükön megkötik a sörre nézve káros, nagy molekulájú fehérjéket és a jelenlevő polifenoioke egy részét, melyek így szűréssel eltávolíthatóvá válnak. Az adszorbeáló anyagok lehetnek pl. kavasavkészítmények, kavasavgél-preparátumok, bentonitos készítmények. Kizárólagosan a polifenolok megkötésére használják a poliamidokat és egyéb polivinil-pirrolidon származékú készítményeket.

A kolloidtartósság növelésének egy másik módja, az enzimpreparátumok használata. A proteázok a nagy molekulájú fehérjéket kisebb építőköveire bontják, amelyek a polifenolokkal már nem képeznek a sör kolloidtartósságára nézve káros, oldhatatlan vegyületeket.

Az íz stabilizálásánál nagyon fontos az oxidációs folyamatok elkerülése. A sör „öregedését” az oxigénnel való érintkezés okozza. A jó sör előállítása érdekében, a sörgyártás összes műveleti lépésénél (kivéve a sörlé levegőztetését) el kell kerülni az oxigén felvételét.

#### Pasztörözés

A sör tartósságát a fizikai-kémiai tényezők mellett, a sörben elszaporodó különböző mikroorganizmusok döntően befolyásolják. A pasztörözés Pasteurnak azon a megfigyelésén alapszik, hogy savanyú vagy gyengén savanyú oldatok aránylag alacsony hőmérsékleten csíramentesíthetők.

A sör pasztörözése abból áll, hogy a sört 60-65 °C-ra melegítik, rövid ideig ezen a hőmérsékleten tartják, azután lehűtik. A sört fejtés után a szállítóedényzetben, vagy fejtés előtt folyamatos üzemben lehet pasztörözni.

A palackozott sört 45 perc alatt 65 °C-ra melegítik, 25 percig 65 °C-on tartják és további 45 perc alatt visszahűtik. A melegítéshez és lehűtéshez azért kell ilyen hosszú idő, mert az üveg nem bírja a gyors hőváltozást, hirtelen melegítve vagy lehűtve megreped, szétrobban. A megengedhető hőváltozás legfeljebb 2°C percenként.

A palackba fejtett sört azért kell 20-25 percig 65 °C hőmérsékletű fürdőben tartani, mert a hő lassan hatol be a palackba és a palack közepén levő sör csak lassabban éri el a pasztörözés hőmérsékletét. Pasztörözés közben a palackokban a fölmelegedés következtében nyomás keletkezik, melynek nagysága a sör szénsavtartalmától és a légtér nagyságától függ. A palackokat 97%-ig töltik meg, a légtér tehát 3%. Az alkalmazott túlnyomás pasztörözéskor 5-6 bar.

Jó minőségű palackok törése, helyesen vezetett pasztörözés közben nem haladhatja meg a 0,5%-ot. A palackban pasztörözéskor nem mindenütt azonos a sör hőmérséklete, a palack belsejében van az ún. hidegpont. Ennek a hidegpontnak kell a pasztörözés során, az előírt hőfokot az előírt ideig felvennie.

A palackozott sörök romlását okozó mikroorganizmusok, 55-65 °C-os hőmérsékleten 20-25 perces hőntartás mellett, elpusztulnak. 20 perc alatt, még a legellenállóbb tejsavbaktériumok is elpusztulnak 65 °C-on. A vadélesztők, a torulafélék, a tej- és ecetsavbaktériumok, stb. pusztulását vizsgálva állították fel, a sörpasztörözés paramétereit, a megfelelő biológiai hatékonyságot.

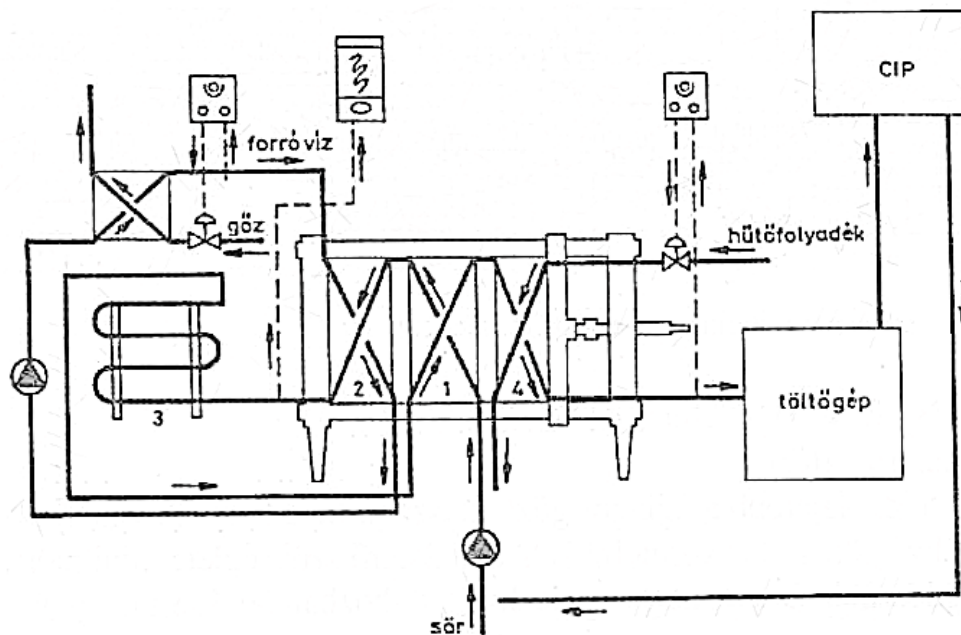
Minden 7°C-os hőmérsékletemelkedés, a csirapusztulás idejének 1/10-ére való csökkenését okozza. A sörben különböző kezelési körülmények között azonos pasztörözőhatást érünk el: pl. 53°C-on 56 perc alatt, 60 °C-on 5,6 perc alatt, 67 °C-on 0,56 perc alatt, 74°C-on 0,056 perc alatt. Ennek alapján meghatározható az ún. pasztörözési egység (PE), amely 60 °C-on, 1 percen át tartó pasztörözőhatást jelent (1 PE).

A leggyakoribb pasztörözési módszerek:

- lemezpasztörözés (lemezpasztőr)
- permetpasztörözés (alagútpasztőr)
- forrólevegős pasztörözés.



## Lemepasztőr



1. Előmelegítő zóna, 2. Felmelegítő zóna, 3. Hőntartó zóna, 4. Visszahűtési zóna

A lemezasztőr négy részből áll. A lemezei rozsdamentes acélból készültek bordákkal, részben az áramlás turbulensebbé tételére, részben a hőátadó felület megnövelésére. A nyers sör a készülék hosszának kb. 1/3-ánál folyik be. A lemezek közötti térben egyszerre több csatornán áramolva, szembe találkozik a már fölmelegített és megfelelő ideig asztörözési hőmérsékleten tartott sörrel, amely a közbenső lemezek közötti térbe áramlik, ugyancsak egyidejűleg több csatornán át. Így a nyers sört előmelegítik, a asztörözött sört lehűtik. Az előmelegített sör ezután a felhevítőrészbe kerül, ahol csökkentett nyomású gőz, vagy forró víz melegíti fel az előírt hőmérsékletre. Innen a sört a hőntartó egységbe vezetik és amíg ezen az egységen áramlik a sör, addig van az előírt asztöröző hőmérsékleten. Ezután kerül be abba a szakaszba, ahol a nyers sörrel találkozik. Előhűtés után a visszahűtési egységbe áramlik, ahol már a végleges, fejtési hőmérsékletre hűl le a sör. A asztörözés paraméterei: a hőntartás ideje 34 s, a befolyó sör hőmérséklete 5 °C, a asztörözési hőmérséklet 70°C körüli.

Előnye, hogy folytonos üzemű, munka- és energiaszükséglete kicsi és automatizálható. Hátránya, hogy nem a palackban kapja a hőkezelést, így ha a csomagolóeszköz kontaminációt okozhat, a sör fertőződhet. A folyamatos eljárással asztörözött sört, fertőzésmentesen kell fejteni. A sör KEG-hordóba fejtése előtt alkalmazzák ezt a módszert.

### Permetpasztörözés (alagútpasztör)

A berendezés rozsdamentes acélból készül, lehet egyszintes vagy kétszintes elrendezésű. A palackok előrehaladását a berendezésben mozgórács felülettel biztosítják. A belépő hideg palackokra fokozatosan három, vagy négy lépésben egyre melegebb hőmérsékletű vizet permeteznek az egyes zónákban. Ez a felmelegítési zóna. Majd a felmelegített palackok a

hőntartó zónába kerülnek. Arra kell törekedni, hogy a pasztörözési hőmérsékletet minél hamarabb felvegyék. Az üvegvastagságot figyelembe kell venni.

A pasztörözési minimum hőmérséklet  $60 \pm 1$  °C legalább 5 percig, a termikus középpontban mérve. Általában 9 - 15 PE-t alkalmaznak. Az üvegtörést a palackok túltöltése is okozhatja. (A nyaktér 4,5-5%). A hőntartás után következik a visszahűtés, fokozatosan egyre hidegebb hűtővíz folyik a palackokra ill. dobozokra. A kilépési hőmérséklet max. 25 °C lehet. A berendezés hőfokszabályozása automatikus.

Nagyobb a fajlagos gőzfelhasználása, a hely- és vízigénye a lemezipasztörénél. Az üvegtöréssel is számolni kell. Munkaerő szükséglete minimális, teljesítménye nagy. Legdöntőbb előnye, hogy a palackban és a dobozban levő sört nagy biztonsággal lehet hőkezelné.

#### Alagútipasztör



#### PVPP alkalmazása (polivinil-polipirrolidon)

A sör zavarosságát a polifenolok és proteinek között fellépő reakciók is előidézhethetik, amit fémionok katalizálnak. A fémek közül a vasról és az ónról feltételezhető, hogy katalizálják a polifenol-protein kondenzációs folyamatot, mely a zavarosság képződéséhez vezet.

A polifenolok mennyiségének csökkentésére használják a PVPP stabilizálószeret. A PVPP jobb teljesítőképességű, mint más poliamidok. Az oldhatatlan PVPP felhasználása azon képességén alapszik, hogy a sörben lévő polifenolok hidrogén kötésekkel az adszorbenshez kötődnek. Jobb a hatása, ha a sör szűrése után alkalmazzák a PVPP szűrést. A sörből teljesen eltávolítható, így segédanyagának és nem adalékanyagának tekinthető.

A PVPP-t 1%-os 85 °C-os lúgoldattal lehet regenerálni. A lúg lehetővé teszi a képződött hidrogén-kötések feloldódását a PVPP és a polifenolok között, így lehet a polifenolokat leoldani és kimosatni. A lúgot forró vízzel távolítják el, ezt követi a hideg vizes öblítés, majd CO<sub>2</sub>-dal a pH-t 7 alattira állítják be. A PVPP szűrést biztonsági szűrés követi.

### 3.16. A kész sör fejtése

A fejtésre kerülő sör a nyomótankból kerül a fejtőüzembe. A fejtést ellennyomás alatt kell végezni a szénsavvesztés elkerülése céljából. Az ilyen berendezést izobarometrikus berendezésnek nevezik. A sör a fejtés egész időtartama alatt azonos nyomás alatt van. A sörre gyakorolt nyomás ugyanakkora a sörtartályban, az összekötő vezetékben és a megtöltendő csomagolóeszközben is, ennek érdekében az üres csomagolóeszközöket szén-dioxiddal előfeszítik. A szén-dioxid a levegőt kiszorítja, a sört a nyomás ellenében préselik a csomagolóeszközbe, így a sör nem habzik fel. Töltési hőmérséklet  $-1 - 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ennél magasabb hőmérséklet elősegíti a szén-dioxid eltávozását a folyadékfázisból.



A hordós sör a vendéglátóiparban jelentős (csapolt sör), erre fejlesztették ki a KEG-rendszerű hordót. A „keg” szót az angol nyelvből vették át és terjedt el a söriparban, eredetileg 5-10 gallonos (1 gallon GB 4,534 l) kis hordó a jelentése. A KEG fogalom, olyan hordóra honosodott meg, amely henger alakú, oldalfalán két körgyűrű van, továbbá két szegélygyűrű a hordófenék védelmére. A hordó felső peremén fogantyú található a kézi mozgatáshoz. A hordó becsavart szelepcsővel – fitting – van ellátva, amelyen keresztül a mosás, a sterilizálás, a töltés és az ürítés történik. A hordó anyaga rozsdamentes króm - nikkelaél (nemesaél), nemesaél befűvással és műanyaggal vagy gumival kombinálva. A hordó belső felülete sima, maradék nélkül kiüríthető, könnyen tisztítható. Gőzzel ( $130-140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), alkalikus és savas mosószerrel szemben ellenálló, az

ún. hőmérséklet sokkhatást is jól tűri.

A KEG hordó előnyei:

- zárt rendszerű, aminek fontossága különösen a hordó kiürítése és az újratöltés előtti mosás között eltelt időben fontos. Levegő nem juthat a hordóba,  $\text{CO}_2$  nyomás alatt van üresen is. A sörmaradék nem tud beszáradni, a hordó belső tere a mikroorganizmusoktól, rovaroktól, stb. védett.
- A szelepcsövet minden töltés előtt mossák, sterilizálják.
- Az anyagmozgatás gépesítését teszi lehetővé.
- A fogantyúperem megkönnyíti a kézi anyagmozgatást.
- A mosás és töltés teljesen automatizálható.
- A zajártalom csökkentése.

Szelepcsőrendszer a csapolófejjel együtt a KEG-rendszer alapját képezi.

Két alapvető rendszerű szelepcsőtípust különböztetnek meg: a kosaras, két szeleprendszerűt és a lapos, egy szeleprendszerűt.

### 3.16.1 A hordófejtés folyamata

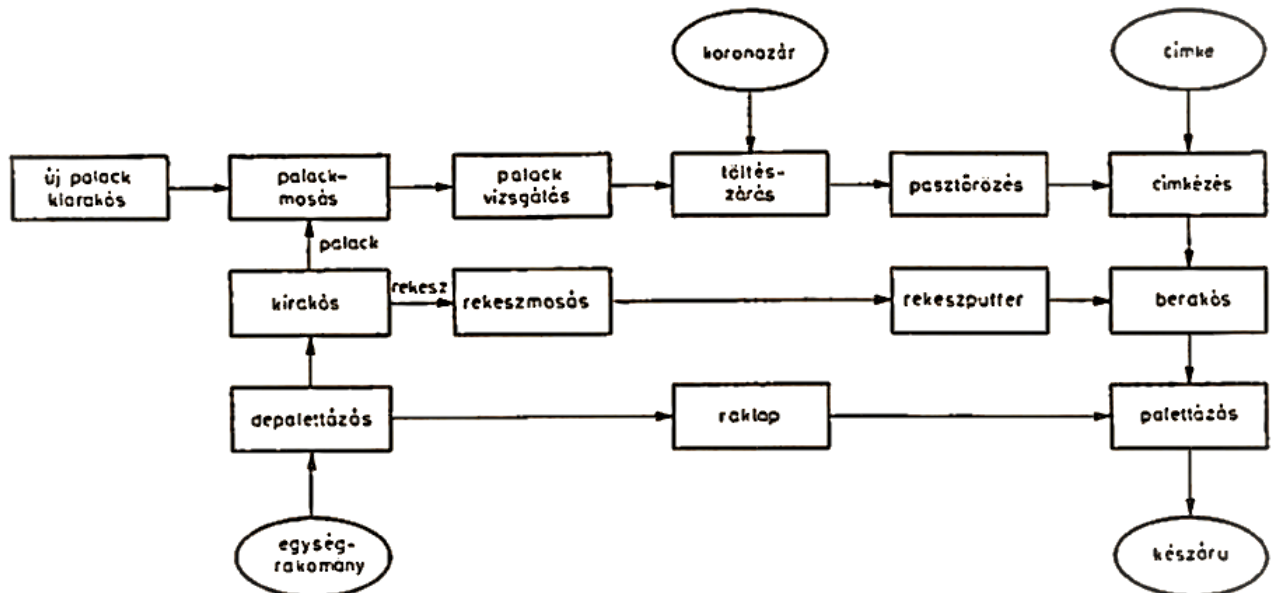
1. Egységrakomány bontása: az üres hordókkal megrakott paletták szétrakodása
2. Depalettázás: az üres hordók lerakása a palettáról
3. KEG-fordítás: az üres hordók fordítása, a gép a nyaknál központosítja a hordókat, így különböző átmérőjű hordókat lehet használni
4. Zárókupak eltávolítása, fitting ellenőrzése
5. Belső előmosás
  - sörmaradék kifűvatása
  - vizes mosás
  - lúgos mosás
  - kb. 2-3 liter lúgoldat marad a hordóban, melynek célja a szelepáztatás
  - előfeszítés 1,2 bar-ra, nyomásellenőrzés (a hibás hordókat eltávolítják)
6. Külső mosás
  - 85°C-os lúgoldattal permetezik a hordót, a feliratozás eltávolítására
  - hidegvizes öblítés
  - fitting felüli rész öblítése hideg vízzel
7. Belső mosás
  - a hordóban lévő kb. 2-3 liter lúgoldat kifűvatása
  - lúgos mosás
  - lúg kifűvatása, vizes öblítés
  - savas mosás
  - savas oldat kifűvatása forróvizes öblítés
  - víz kifűvatása gőzzel
  - gőz befűvatása, állandó nyomás tartása
  - nyomás megszüntetése
  - kondenzvíz kinyomatása szén-dioxiddal
  - szén- dioxiddal való előfeszítés az előírt fejtési nyomás kb. 90 %-áig.
8. Fejtés
  - teljes előfeszítés
  - töltése pasztörözött sörrel
  - töltőfej kifűvatása szén-dioxiddal
9. Hordó fordítása
10. Töltés ellenőrzése
  - tömegmérés alapján
  - a töltésmagasság ellenőrzése





11. Zárókupak elhelyezése: a sör jellegének megfelelő színű és feliratú körmös zárósapkát helyeznek a fittingre
12. Feliratozás: video-Jet késztermék kódoló segítségével történik.
13. Depalettázás, egységrakomány képzés

### 3.16.2. Palackfejtés folyamata



Egységrakomány bontás, palack kirakás, palackmosás, a palackok tisztaságának ellenőrzése, fejtés, zárás, pasztörözés, címkezés, palack berakás, egységrakomány képzés. A palackfejtés elve megegyezik a hordófejtésnél ismertetett izobarometrikus elvvel.

1. A fejtőgépen a tiszta palackokat a beadagoló csiga a csillag kerékbe juttatja, mely a palackokat központosan a dugattyú talpra helyezi. Ez a palackokat felemeli és a szálgumihoz szorítja.
2. Ezt követi a palackban lévő levegő eltávolítása vákuumszivattyúval.
3. A palackokat szén-dioxiddal átöblítik, a szén-dioxid legalább 99,5% (V/V) tisztaságú, legyen. A palackból a szén-dioxid és a levegő keverékét vákuumszivattyúval eltávolítják.
4. A palackokat szén-dioxiddal előfeszítik, amikor a nyomás kiegyenlítődés bekövetkezett a sörszelep nyit és a sör a palackok oldalán az üvegbe folyik.

5. A megfelelő töltési szint elérése után a nyomást lassan csökkentik.
6. Az üvegek a léghenger segítségével leereszkednek, a kihordó csillag a palackokat a zárógép felé továbbítja.



7. El kell távolítani a palack nyakában levő levegőt, ezt felhabosítással végzik. 80-85 °C-os forró vizet spriccelnek az üvegbe, a sör felhabzik és a levegő eltávozik a palackból.

8. A felhabosítást követően, a palackok a következő csillag segítségével a zárógépbe kerülnek. A palackokra koronadugó kerül. A nívó ellenőrző berendezés a megfelelő töltési szintet ellenőrzi. A hiányos, vagy túltöltött palackokat mellék pályára tereli.

A sörrel töltött palackokat pasztörözés után címkével látják el. A címke feladata, hogy tájékoztatást adjon a sör fajtájáról, minőségéről, összetételéről és a minőségmegőrzési idejéről.

A címke a jogszabályokban előírt jelöléseket tartalmazza, valamint figyelemfelkeltő és a tetszetős megjelenést biztosít.



A szállítópályán érkező palackokat a behordó csiga és a bevezető csillag átadja a palackasztalra.



Itt a palackok a központosító harang és a palacktányér között stabilan állnak. A ragasztószivattyú a ragasztót a hengerre szállítja. A ragasztópaletták átveszik a ragasztót a hengerről és a ragasztós felületükkel átveszik a címkét a címketárból. Ezzel egy időben átadják a ragasztót a címkére. A leszedőfej a címkét a palackra rakja és a simítókefék az üvegre simítják. A dátumozó készülék a töltés dátumát a címkére juttatja.

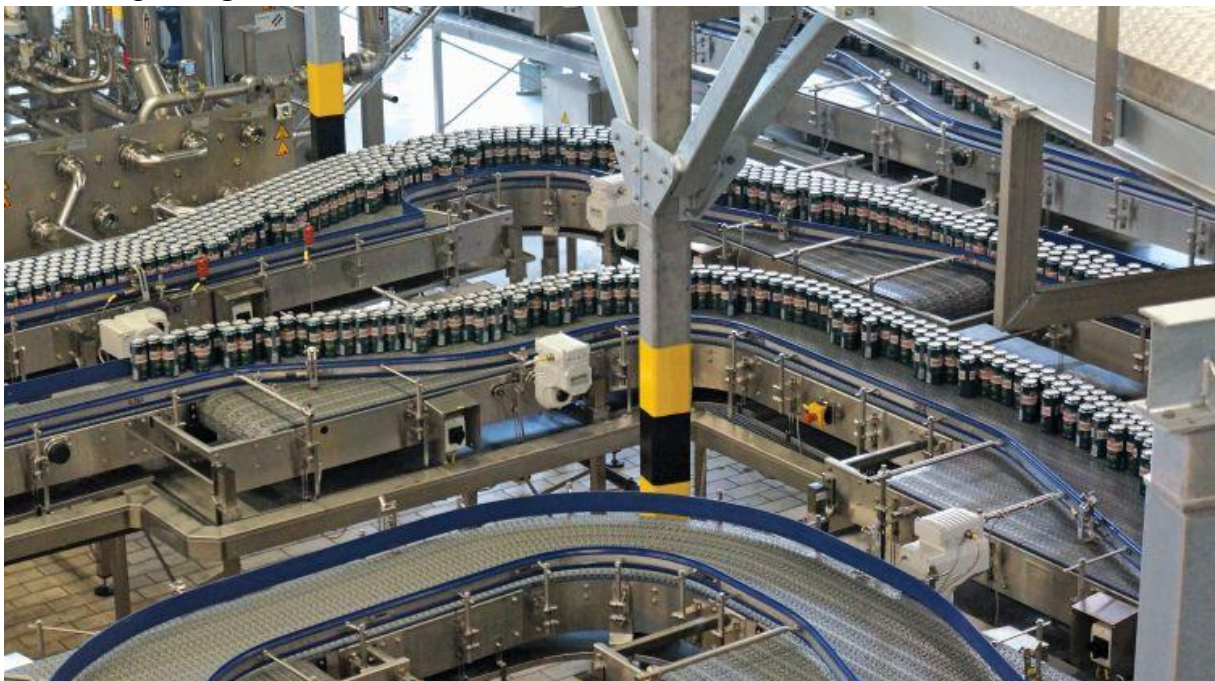


### 3.16.3. A sör dobozba fejtése

A doboz általában alumínium ötvözetből készül. Kívülről litografált, így a címkézés művelete elmarad. Előnye a kis tömeg, könnyű szállíthatóság és raktározás, a termékminőség biztos megőrzése.

Doboztöltés folyamata:

1. A dobozokat töltés előtt öblítik.
2. A bevezetőcsiga megnöveli a dobozok közti távolságot olyanra, hogy az pontosan megfeleljen a bevezetőcsillag, illetve a töltőszelepek távolságának.
3. Az adagolótartályba meghatározott mennyiségű sör áramlik.
4. A központosító fej a dobozra pneumatikusan leszorítva rásüllyed és így kész a töltésre.
5. A doboz átöblítése szén-dioxiddal.
6. A doboz előfeszítése szén-dioxiddal.
7. Töltés: az adagolótartályból a sör a doboza áramlik, a töltés akkor fejeződik be, ha az adagolótartályból a kívánt mennyiség kiürül.
8. A doboz fesztelenítődik és zárásra kerül.
9. Pasztörözés alagútpasztörben, fejjel lefelé, hogy az zárashibás dobozok esetén a szivárgást ki lehessen szűrni.
10. A töltésmagasság ellenőrzése.
11. Feliratozás.
12. Egységrakomány képzés, zsugorfóliázás. Géppel hajtogatott papírtálcára kerülnek a dobozok. Hőre zsugorodó polietilén fólia kerül a csomagra, melyet zsugorfóliázó gép vág és hegeszt.





### 3.17. Alkoholmentes sör előállítása

Az alkoholmentes sörök iránti kereslet a XX. század vége felé kezdett megnövekedni, alternatívát jelentett a speciális fogyasztók számára pl. várandósok, betegek, gyógyszeres kezelés alatt állók és a veszélyes tevékenységet végzőknek pl. autóvezetők, munkagépkézelők sportolók. Piaci lehetőség azokban az országokban, ahol vallási tilalom miatt nem fogyasztanak/fogyaszthatnak alkoholt. 2007 és 2012 között 50%-kal nőtt a fogyasztás Európában. 2012-ben összesen 2,2 milliárd liter alkoholmentes sört fogyasztottak a világon. A Közel-keleti országok, az összes alkoholmentes sör 30%-át fogyasztják.

Tizenöt százalékkal nőtt egy év alatt (2021-re) az alkoholmentes sörök iránti hazai kereslet, 300 ezer hektoliter fogyasztottak a vásárlók. A látványos fejlődés mögött feltehetően az áll, hogy a döntő többség az alkoholos sör alternatívájaként fogyasztja, nem pedig a víz, üdítő vagy gyümölcsle helyett.

Az alkoholmentes sörök magyarországi bolti eladásában két számjeggyű növekedést regisztráltak, a 2021 márciusától 2022 februárjáig vizsgált 12 hónapban. 13,5 milliárd forintot költöttek ezekre a termékekre a hazai fogyasztók, ami 16 százalékkal magasabb, mint egy évvel korábban.. Az értékben mért összeforgalom 88 százalékát a hagyományos, tehát nem ízesített alkoholmentes sörök viszik el, az ízesítettek közül pedig a citromos áll az első helyen. Emellett az is egyértelmű, hogy a világos alkoholmentes sörök dominálnak, az értékbeli forgalom 97%-át lefedve.

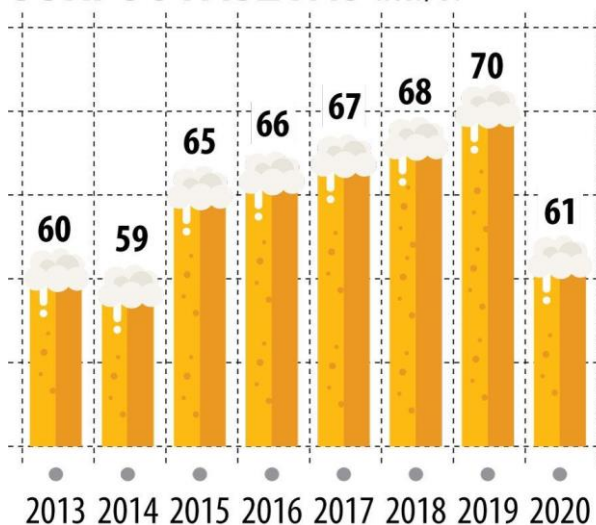
A magyar adatokhoz hasonló tendenciát mutat az amerikai sörivók preferenciája is. Míg 2019-ben az amerikai éttermekben és kocsmákban a sörivók 12 százaléka választotta csak az alkoholmentes változatot, addig ez az arány tavaly már 16 százalék volt. Ennek a nagy növekedési dinamikának az a magyarázata, hogy az alkoholmentes sörnek nincs valódi alternatívája, különösen azóta, amióta az alkoholmentes változat olyan technológiával készül, ami megőrzi az eredeti sör ízvilágát, így nem kell lemondani a valódi sörélményről.

Míg tavaly a sör világpiacát 640 milliárd dollárra becsülték és 2025-re 710 milliárdot várnak ettől a szegmenstől, addig az alkoholmentes sörök piacát az elmúlt évben (2021) 16,7 milliárd dollárra taksálták, 2025-re pedig 23,3 milliárdos forgalomra számítanak a sörgyártók. Ebből látszik, hogy az alkoholos termékekhez képest, az alkoholmentes sörök piaca a négyszeresével bővül.

A hazai sörgyártók is egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek, az alkoholmentes sörök a termékfejlesztésére.

2021. március és 2022. február között a sör értékbeli forgalma meghaladta a 160 milliárd forintot, ami 1 %-al magasabb összeg, mint az egy évvel korábbi, a 3,5 millió hektoliteres

### AZ EGY FŐRE ESŐ MAGYAR SÖRFOGYASZTÁS liter/év



Forrás: Brewers of Europe, VG-grafika

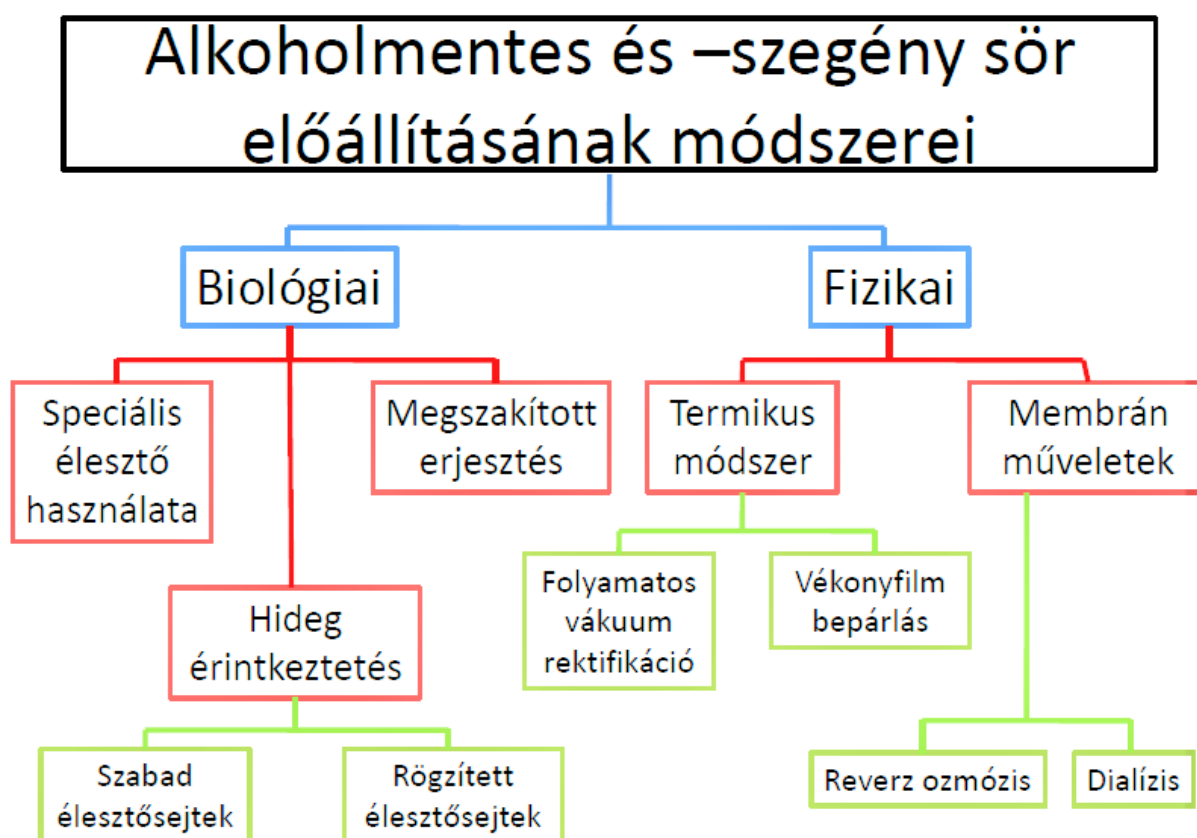
menyiség viszont 3 %-os csökkenésről árulkodik – azaz a statisztikában erőteljesen visszaköszönnek a Covid-válság negatív gazdasági hatásai.

Alkoholmentes sörnek tekinthető

- Európa: 0,5 v/v% alatt.
- Egyesült Királyság: <0,05 v/v%
- Dánia, Hollandia: <0,1 v/v%
- Franciaország: <1,2v/v%
- USA\*: 0,0v/v% („non-alcoholic” or „near-beer” : max. 0,5 v/v%, vallási tiltás esetén: max. 0,05 v/v%)

Alkoholszegény alacsony alkohol tartalmú a sör

- Európa: 1,2 v/v% alatt
- Finnország: <2,8 v/v%
- Svédország: <2,25 v/v%
- Ausztria: <1,9 v/v%
- Spanyolország: 1-3 v/v%
- USA: 2,5 v/v%



### 3.17.1. Biológiai módszerek

Általában csökkentett extrakttartalmú, vagy csökkentett erjeszthető szénhidrát tartalmú sörlevet használnak.

1. Becéfrzés magas hőmérsékleten (szűrési problémák)
2. Dekokciós cefrzés
3. Maláta hideg kivonatolása
4. Nem hagyományos alapanyagok használata

Speciális élesztők alkalmazása

*Saccharomyces ludwigii* élesztő alkalmazása: a maltózt és maltotriózt nem hasznosítja. Nagy mennyiségben termel észtereket és magasabb rendű alkoholokat (kozmaolajokat).

Lehetséges genetikailag módosított élesztők alkalmazása is.

- egy glicerint túltermelő törzs, 18%-kal kevesebb etanolt szintetizál, olyan plazmidot juttattak a sejtbe, mely a glicerín-3-foszfát dehidrogenáz enzim túltermelődését eredményezi
- *Saccharomyces pastorianus* spontán mutációja, a szokásosnál nagyobb mennyiségben termel izoamilalkoholt és izoamilacetátot. Ezt használják a megszakított erjesztésre
- citromsav ciklusában mutációt szenvedett törzs, mely kevesebb alkoholt is termel.

Megszakított erjesztés

Megszakított (leállított) erjesztésről akkor van szó, ha az élesztőt még azelőtt eltávolítják a sörléből, hogy az teljesen leejedt volna, vagy gyorsan lehűtik a sörlevet. Korlátozott erjesztés esetében, az élesztő anyagcseréjét korlátozzák. Elsődleges cél a sörléíz jellegének csökkentése.

Közös jellemzői a technológiának:

- alacsony hőmérsékleten erjesztés (2-3°C),
- 150-200 órás időtartam,
- a sörlé levegőztetésének mellőzése és a sejtek szaporodásának korlátozása a lagfázis elnyújtásának érdekében,
- tömény sörlé használata,
- több kénvegyület (DMS) keletkezik, amit kihajtanak CO<sub>2</sub>-vel.

Javítható az így készült sör, ha a sörlé előállításánál a következő szempontokra figyelnek:

- a maláta összetételre: speciális maláták (karmell maláta) javíthatják a termék ízkarakterét, mert elfedik a sörléízt,
- a hígítás időzítésére: tisztább íz és illat, megnövekedett észter és kozmaolaj tartalom az eredmény, ha komlóforralás után történik,
- sörlé savanyításra: a csekély erjedésfok csak kismértékű pH csökkenést jelent, amit a sörlé savanyításával lehet ellensúlyozni, ez szintén segít a malátás íz elfedésében.

## Hideg érintkeztetés

### Szakaszos módszer

24 órás erjesztést jelent alacsony hőmérsékleten, maximum 5°C-on. Az élesztő etanolt ebben az esetben nagyon lassan termel, más anyagcsere folyamatokat – észter és kozmaolaj termelés, karbonilvegyületek redukciója – mérséklet aktivitással ugyan, de végez. Viszonylag nehezen szabályozható az erjesztés. Legtöbb esetben nagy élesztősejt koncentrációt alkalmaznak ( $>10^8$ sejt/ml), így egy sűrű élesztő szuszpenziót kevernek össze tömény sörlével.

## Rögzített élesztősejtek

Különböző sejtrögzítési módszerek léteznek

### 1. Rögzítés hordozó nélkül

A hordozó maga a sejt mátrix. A mikrobaset biokatalizátorként használják, egylépéses enzimes reakciókhoz. Az enzimaktivitást részleges dehidratálással, hősokkal, részleges autolízissel, fémionokkal történő inkubálással őrzik meg.

### 2. Rögzítés hordozóval

- kötés
  - keresztkötés: a mikroorganizmusok sejtfalán található amino-és karbonilcsoportok között alakítják ki reagensekkel, gélbezárással kombinálva alkalmazzák, ami stabilabbá teszi a szerkezetet.
  - hordozóhoz kötés: kovalens kötással vagy adszorpcióval
- bezárás
  - gélbe zárás: egyszerű, kiváló a sejt visszatartó képessége, nagy sejtsűrűséget lehet elérni, sejtek védve vannak a nyíróerőtől; felhasználhatnak természetes és szintetikus polimereket; a gélbe zárás történhet pl. polimerizációval, polikondenzációval
  - folyékony membránba zárás: (kétfázisú bezárás, ahol a gát, ami immobilizálja a sejteket, egy folyadék/folyadékfázis határfelülete, két nem elegyedő folyadék között)

Kovalens kötés esetében, a sejtek hordozóhoz vannak kötve irreverzibilis kovalens kötással a mátrixon található reakciós csoporton keresztül, egy vegyület segítségével, pl. glutáraldehid. Előnye, hogy nem gátolt a diffúzió és kevésbé jellemző a sejtkiáramlás. Hátránya, hogy mérgezi a sejteket a vegyület, ami az összeköttetést biztosítja.

Az adszorpció egyszerűen kivitelezhető, mert a sejtek természetes hajlama is az adszorpció, valamely felülethez. A kötődést befolyásolja: pH, sejt fiziológiai állapota és típusa, és a környezete. Jellemző a sejtek kiáramlása.

Hordozó típusok:

- szerves: ion-cserélő gyanták (szintetikus polimerek), cellulóz származékok, lektinek
- szervetlen: faforgácsra, porózus üvegre, kerámiára, kovaföldre, PVC-re, DEAE-cellulózra

### A sejtrögzítés előnyei

Az élő, vagy növekedő sejtek számos olyan multienzimrendszerrel rendelkeznek, amelyek különböző anyagok, vegyületek bioszintézisét és biokonverzióját katalizálják. Tehát a növekvő sejtek képesek arra, hogy olyan összetett szerkezetű anyagcsere-termékeket állítsanak elő szervezett reakciók sorával, amelyet izolált enzimek kombinációjával nem lehetséges katalizálni.

A rögzített élő sejtek képesek arra, hogy a hordozó anyagban, vagy annak felszínén szaporodjanak és a sejtben található katalitikus rendszerek regenerálódjanak a tápközegben található tápanyagok által. Így a katalitikus rendszerek ön-regenerálódásra képesek

Fokozott biológiai stabilitás jellemzi. Ellenállóbbak a pH változással és gátlószerekkel szemben. Az élő sejtek eltarthatósága is meghosszabbítható rögzítéssel.

Nagy biomassa koncentráció. A nagy sejtkoncentráció és a nagy hígítási fokkal működő folyamatos fermentáció együttesen csökkentheti a mikrobiális fertőzés veszélyét, illetve a sejtek kimosódását, valamint nagyobb termékhozamot eredményez.

A rögzített sejteket egyszerű elválasztani a reakcióközegetől, mivel a sejteket külön, önálló fázisként lehet kezelni. A termékek könnyebben kinyerhetők, mert nem, vagy csak kis mértékben szennyeződnek a biomasszával.

A *Saccharomyces cerevisiae* kedvelt alanya a rögzítési kutatásoknak, a segítségével immobilizált sejtek viselkedését, illetve az ilyen sejteket tartalmazó rendszerek működését, sajátosságait tanulmányozzák. Számos *Saccharomyces* élesztőt felhasználó technológiával próbálkoznak ipari alkohol és alkohol tartalmú italok előállítása kapcsán pl. borerjesztés, a malolaktikus fermentáció, almabor (cider) erjesztés, finomszesz előállítása, valamint sörerjesztés. A sörgyártásban a folyamatos (fő)erjesztés és ászokolás területén, valamint az alkoholmentes- és alkoholszegény sör gyártásában.

### Alkoholmentes sör gyártására kidolgozott rögzített sejtes rendszerek

- rövid érintkezési idő + gyors áramlás = kevés aroma (észter)
- levegőztetési időszakok beiktatása → sejtszaporodás, oxigén felhasználása az élesztő által, észterképződés egyenletesebb

| Rendszer                      | Hordozó                  | Reaktortípus                                    | Kapacitás / Működési idő |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|
| Cultor - Tuchenhausen         | Spezyme GDC              | Töltött ágyas                                   | 150 ezer hl / 5-7 hónap  |
| Meura-Delta                   | Szilikon karbid rudak    | Folyadék-meghajtásos külső hurkos oszlopreaktor | 1,2 hl / 4 hónap         |
| Alfa-Laval-Schott Engineering | Porózus zsugorított üveg | Fluid ágyas                                     |                          |

### 3.17.2. Fizikai módszerek

#### Termikus módszerek

Alkohol eltávolítása vákuum alatt történik. Minden termikus módszer esetén az alkalmazott hőmérséklet 30-60°C, az abszolút nyomás 4-20 kPa.

Előnyei:

- az alkohol teljes mértékben eltávolítható,
- közvetlenül kereskedelmi forgalomba hozható,
- folyamatos és automatikus működtetés rövid beindítási idő,
- rugalmasan változtatható a beadagolt sör összetétele és mennyisége.

Hátrányai:

- nagy a telepítési és működtetési költsége (energia felhasználása),
- a termék illékony aroma anyagai, még az alacsonyabb hőkezelés hatására is károsodnak.

Minden termikus módszer végén a koncentrált alkoholmentes sört, oxigénmentes vízzel hígítani és szén-dioxiddal telíteni szükséges.

#### Vákuum rektifikálás

Lépései:

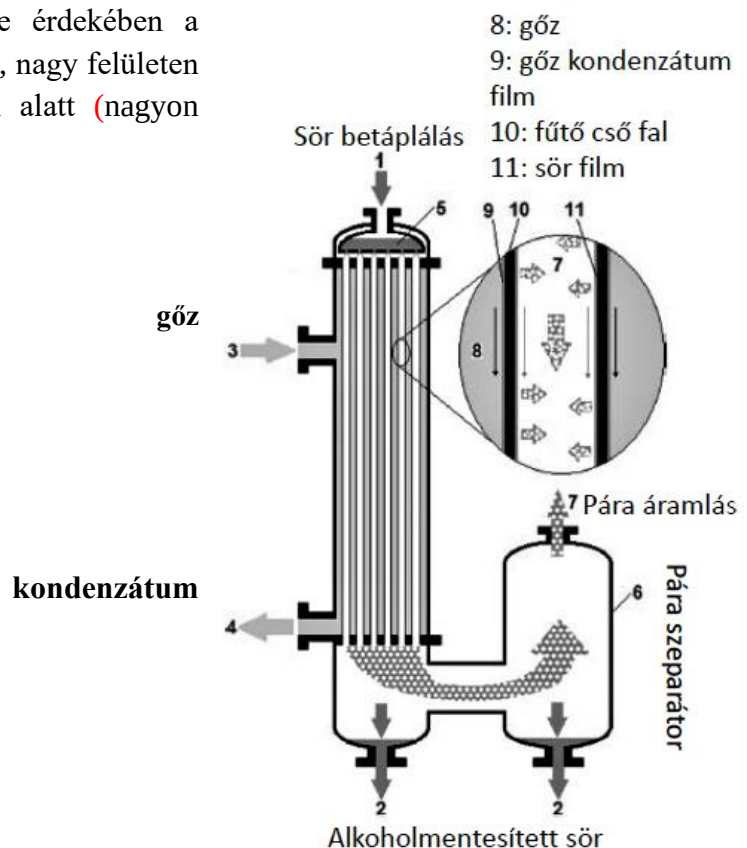
- A sört (szűrt) előmelegítik lemezes hőcserélőn (42-46°C).
- A sört gázmentesítik egy vákuum gáztalanítóban, ahol az illékony vegyületek is felszabadulnak.
- Az alkohol eltávolítása vákuum oszlopon történik (töltött ágyas rektifikáló oszlop). A termék ellenáramban érintkezik olyan párával, amit alkoholmentes sörből állítottak elő. Így távolítják el szelektíven az alkoholt.
- Aroma vegyületek visszanyerése CO<sub>2</sub>-ből úgy, hogy alkoholmentes sörrel, vagy vízzel permetezik, majd visszavezetik a már alkoholmentes sörbe.

Aroma visszanyerő rendszert is alkalmaznak, a visszanyert aromaanyagokat visszavezetik a termékbe. Óránként 4 - 200 hl alkoholmentes sör állítható elő a rendszerrel. Az alkoholban gazdag pára bekonzentrálásával 75%-os alkoholt nyerhetnek.



### Vékonyfilm bepárlással

Az alkohol eltávolítás lerövidítése érdekében a normál sör, vékony film formájában, nagy felületen áramlik a berendezésben, vákuum alatt (nagyon rövid idő alatt).



### Membrán műveletek

A módszer azon alapszik, hogy a szemipermeábilis membránok csak olyan kis molekulákat engednek át a sörből a permeátumba, mint a víz és az alkohol. A membrán eljárások különböző hőmérsékleten és nyomáson működnek és eltérőek a membránok szerkezetei és anyagai.

Előnyei: a sör kisebb hőterhelést szenved és automatikusan üzemeltethető.

Hátrányai: a beruházási és működtetési költségek egyformán magasak.

### Dialízis

A dialízis folyamatában a vegyületek különböző folyadékok közötti cseréje, szinte kizárólag csak diffúzióval történik, a szemipermeábilis membránon át. Hajtóereje a koncentráció különbség. Hőmérséklet 1-6°C, nyomás: 10-60 kPa.

Ha vízzel történik a dialízis, akkor a sör minden összetevője (észterek, kozmaolajok is), a nagyobbtól a kisebb koncentrációjú oldat felé mozog, tehát a sörből a vízbe. Ennek kiküszöbölésére lehetséges megoldás, ha alkoholmentes sört alkalmaznak dializáló folyadékként.

### Reverz ozmózis

A sört érintőlegesen vezetik a membrán felszínére, az alkohol és víz szelektíven lépi át a membránt, amikor a nyomás meghaladja a sör ozmotikus nyomását. A nagyobb aroma és ízanyagok, a betáplálás felőli oldalon maradnak. Az alkalmazott nyomás és hőmérséklet: 2 - 8 Mpa és 15°C. A legkisebb elérhető alkohol koncentráció: 0,45 v/v%.

### 3.18. Ízesített sörök, sörkeverékek, gyümölcsösörök

A Magyar Élelmiszerkönyv 2-702 számú, valamint 2-106 számú irányelvének, nem tárgya az olyan sört tartalmazó termék, amely úgy készül, hogy a sörhöz érlelést, szűrést követően, annak ízét, illatát, színét, jellegét megváltoztató bármilyen anyagot hozzáadnak. Ebben az esetben a termék megnevezése a „sör” kifejezést, csak olyan módon tartalmazhatja, amely a fogyasztó számára egyértelművé teszi, hogy a sör csupán a termék egyik alkotóeleme (pl. sörkeverék, sörmix, sör tartalmú ital).

Ízesített sör olyan sör, amelynél az ízhatás kialakításához a komló helyett vagy mellett, egyéb ízesítőanyagot is felhasználhatnak. A termékek részletes jellemzőit a gyártmánylap rögzíti.

Ízesített sörök esetében az ízesítőanyagot, a sörgyártás műveletei közben, de 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.



A kereskedelmi forgalomban kapható sörkeverékek, sörből és üdítőitalból állnak általában 1:1 arányban. Alkoholtartalmuk az alkoholmentestől, 2,5 v/v%-ig terjed.

A sörkeverékek összetevői: sör, víz, édesítő anyagok, étkezési savak, antioxidánsok, ízesítő anyagok és aromák., színezékek, stabilizálók.

A kevert ital ízének harmonikusnak kell lennie, a gyümölcsös jegyeknek is ki kell domborodniuk. Mivel az ital mennyiségének közel 50%-át a sör teszi ki, az alapsör kiválasztásánál fontos, hogy lehetőleg „jellegtelen” legyen, a végtermékben ne a sör karaktere uralkodjon, hanem a gyümölcsé. A sörnek jelentős hatása van az ital ízére, színére, alkoholtartalmára és stabilitására. Ennek megfelelően, az üdítőital összetételét speciálisan az alapsörhöz kell igazítani.

Édesítő anyagként használnak szacharózt, glükózt, fruktózt, a könnyebb felhasználhatóság érdekében általában szirup formájában. Alkalmazható mesterséges édesítőszer is, melynek vagy magas az édesítő értéke, ezért kisebb koncentrációban alkalmazható, vagy kedvező az ára.

Étkezési savaknak az ital ízében az édes –savanyú arány beállításánál van szerepe. Az ital pH értékét csökkenti pl. a citromsav.

Antioxidánsokat az oxidáció okozta romlás megakadályozására és az eltarthatóság növelése érdekében alkalmazzák a sörkeverékekben, pl. aszkorbinsav, tokoferol.

Ízesítő anyagok, aromák felhasználása a gyümölcsös íz kialakítása céljából történik. Felhasználhatnak gyümölcsösszőrpöket, gyümölcs sűrítményeket (pl. almasűrítmény, meggy-sűrítmény, szőlőlé, körtelék, meggy-lé), természetes aromákat, mint pl. természetes meggyaroma.

A végtermék színének beállításához használhatnak színezékeket. Szerepük különösen akkor jelentős, ha főleg aromát

használtak a termék ízkialakításánál és a gyümölcs, színező ereje gyenge. Természetes vagy mesterséges színezékeket is használhatnak, pl. sárgarépasűrítvány, fekete-rép-lé sűrítvány, Orange YellowS.

Tárolás során egyes termékek-nél a gyümölcs-koncentrátum alkotók kiválnak a sörből, kiülednek belőle. Megakadályozására használják a stabilizátorokat pl. gumiarábikum, szentjánoskenyér-mag-liszt.



Előállításuk történhet:

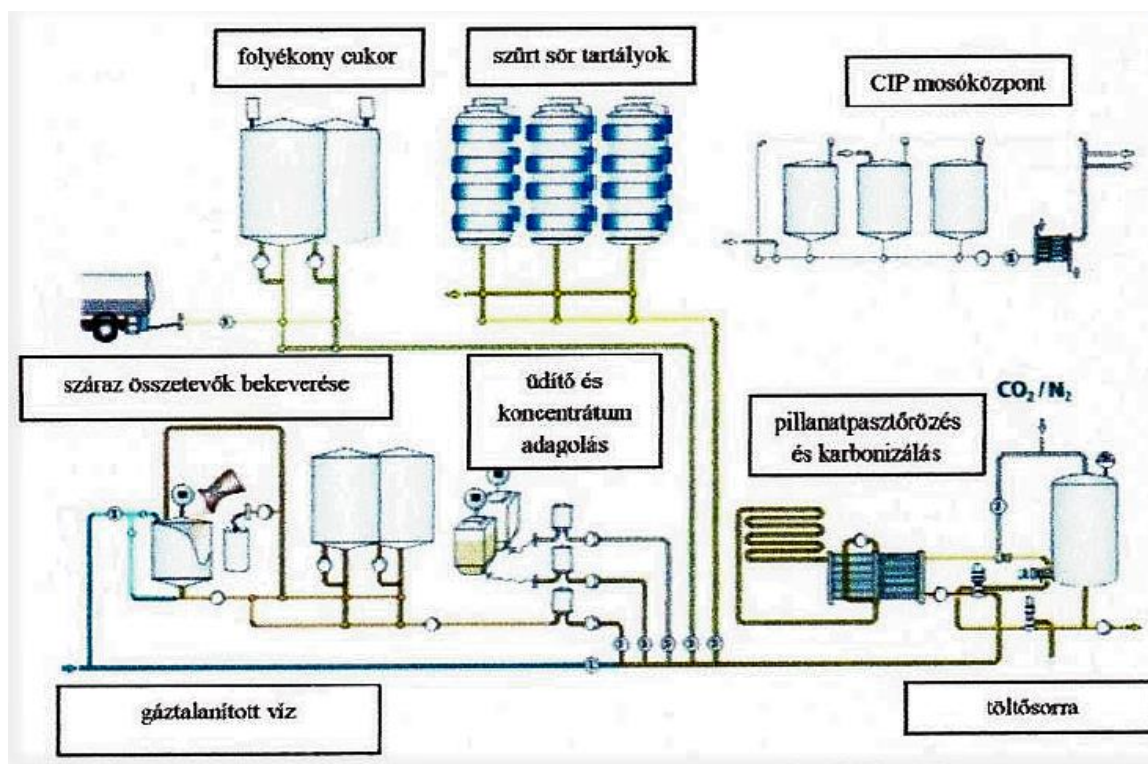
- Gyümölccsel erjesztve a főerjedés lezajlása után. A másodlagos erjesztés során adják hozzá a gyümölcsöt a sörhöz. A gyümölcs adagolása egészben, vagy gyümölcsvelő formájában történhet.
- Kész sör ízesítésével az utóerjedés megtörténte után, szűréskor adagolják a gyümölcs-szirupot, vagy a gyümölcs-aromát.
- Komlóforralóba adagolással. Ezt a módszert ritkán használják, mert a gyümölcs illat-, aroma anyagai, jelentős részében a forralás hatására elillannak. Az ilyen módszerrel készített gyümölcsös sörök mikrobiológiai stabilitása jobb, mint az előző két eljárással gyártott söré.

Mikrobiológiai eltarthatóság

A mikrobiológiai kockázat a kész italban attól függően növekszik, hogy milyen összetételben készül.

- Sör+ cukor+ sav + kivonat. A cukornak köszönhetően nagy veszély lehet az élesztők megjelenése, elsősorban ha a  $pH > 3,5$ . A kész italt pasztörözni kell.
- Sör+ gyümölcslé + cukor/mesterséges édesítő. A gyümölcslé ideális tápközeg a mikroorganizmusok számára. A kész italt sterilizálni kell.
- Sör + mesterséges édesítő + sav + kivonat. Erjeszthető szénhidrát nélkül csak a tejsavbaktériumok játszanak szerepet.

Lehetséges megoldások: pillanatpasztörözés, forró töltés (nagy nyomású töltés), üvegben/hordóban történő pasztörözés.



A gyümölcsös sörök és a gyümölcs ízesítésű sörkeverékek, csak a legutóbbi időben hódítottak teret. Szinte egyetlen kivétel a belga lambic sör, amely a mai napig megőrizte a hagyományos technológiát és a minőséget.

### 3.19. Lambic sör

A lambic sörök a történelmi sörfőzés söreinek, máig élő leszármazottai. Ezekhez a mára kizárólag Belgiumban előállított sörökhöz, az erjesztés beindításához nem adnak a sörléhez élesztőt, az erjedési folyamatot kizárólag a levegőben élő mikroorganizmusok (vadélesztők és baktériumok) indítják be.

A lambic sörök különlegessége, hogy kizárólag a Brüsszeltől dél-nyugatra fekvő Senne-völgyben lehet jó minőségben elkészíteni őket, hiszen csakis itt van olyan mikroklíma, amely lehetővé teszi ezt a fajta mára már igazi kuriózumnak számító sörfőzési folyamatot.

A lambic söröket méltán nevezik a világ egyik legszokatlanabb sörfajtájának. Készítéséhez általában 60-70%-ban árpamalátát és 30-40%-ban malátázatlan búzát használnak fel. A hozzáadott búzát, nem csíráztatják ki, ami egy tejfehér sörlevet eredményez. Ezt 3-6 órán keresztül forralják, majd a következő folyamat a komlózás, ami szintén eltér a megszokottól. A hozzáadott, nagy mennyiségű komlót előtte évekig pihentetik, hogy markáns aromái és keserű ízvilága enyhüljön, hisz a komló ezen sajátosságaira a sörök tekintetében nincs szükség. A komlót felhasználás előtt 1-3 évig tárolják. A tárolás során az oxidáció hatására a komló  $\alpha$ -sav tartalma csökken, maximum 2 % felhasználáskor. A hosszú tárolást három fő okból tartják fontosnak a lambic sör gyártásánál:



- A lecsökkent  $\alpha$ -sav (izo $\alpha$ -sav) tartalom hatásaként kisebb lesz a mikroba ellenes hatás a sörlében, ami biztosítja a sok mikroba túlélését a fermentáció során.
- A lambic sörökkel szemben elvárás, hogy lágy, alacsony keserű értékűek legyenek.
- A hosszú ideig tárolt komló polifenoltartalma (legalább 350 ppm) magasabb, mint a friss komlóé és a polifenolok segítenek a jellemző száraz cseranyag íz kialakulásában, ami szintén elvárás a lambic sörök esetében.

Ezután a felfőzött, komlózott sörlevet nagy, nyitott tetejű erjesztőkádakban hűtik.

Mindegyik erjesztőcsarnokban megtalálhatók a hagyományos tetőnyílások, ahol a völgy varázslatos mikroorganizmusai beáramlanak az épületbe, majd bejutnak a sörlébe, ezzel elindítva a spontán erjedési folyamatot. Ehhez mindösszesen egy éjszakára van szükség.

A hűtést követően a sörlé hőmérséklete 20-25 °C-ra csökken, és ekkor olyan fahordóba töltik, melyet előtte bordeaux-i vörösbor, vagy sherry érlelésére használtak.



A sörfőző mesterek tapasztalatai szerint az őszi éjszakák a legalkalmasabbak az ilyen jellegű spontán beoltásra. Nyáron nem is igazán főznek lambic söröket, hiszen ilyenkor túl sok fajta vadélesztő van a levegőben, ami megzavarhatja az optimális folyamatot.

A fermentáció akár 3 évig is eltarthat, melynek 4 vagy 5 szakasza van.

Első szakasz: a sörlé hűtésénél kezdődik és 1 hónapig tart. A kezdeti szakaszban az enterobaktériumok szaporodnak el főleg az *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella aerogenes*, *Hafnia alvei*, *Enterobacter erogenes* és *Citrobacter freundii*. Az élesztők közül a *Saccharomyces globosus* és a *Saccharomyces dairensis* szaporodása mutatható ki. Ezalatt az idő alatt kevés alkohol, ecetsav, tejsav és hangyasav keletkezik, melyek hatására a sör pH értéke egy teljes egységet csökken. Az erjedésfok 15 % körüli, diacetil tartalom 1 g/l, DMS tartalom kb. 500 ppb. A folyamat végén az enterobaktériumok eltűnnek a sörből.

Második szakasz: az élesztőgombák szaporodása és működése a jellemző. Kimutatható a *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bayanus*, *Saccharomyces uvarum*, és *Saccharomyces inusitatus*. Az alkoholos erjedés fő szakasza. A DMS tartalom jelentősen csökken.

Harmadik szakasz (savanyodás): a negyedik hónap után, tejsav és az ecetsav baktériumok szaporodása jellemző. Növekszik a sör tejsav, etil-laktát, ecetsav és etil-acetát tartalma, ami újabb pH csökkenést idéz elő. A diacetil tartalom növekszik, a pH érték 4,0 alá csökken, az erjedésfok folyamatosan nő. A *Saccharomyces* élesztők inaktiválódnak, *Pediococcus*, *Lactobacillus* és *Brettanomyces* tevékenykednek.

Negyedik szakasz: tizedik hónapban az érlelés kezdete. Először a tejsav baktériumok száma, majd lassan a *Brettanomyces* élesztő száma csökken. Erjedésfok tovább nő, DMS és a diacetil tartalom 80-100 ppb értékre csökken.

Ötödik szakasz: a palackos újra erjesztés a gueuze készítésénél.

Palackozás előtt az öreg lambic sört keverik (blendelik) a fiatal lambic-kal, esetleg még kandiscukrot is tesznek hozzá. A keverés, valamint a cukor hatására beindul a palackban egy újabb erjedés. A tárolás során a *Brettanomyces* élesztő és a tejsav baktériumok száma növekszik.

Lambic fajtái

Tiszta lambic: keverés nélküli ital

Gueuze: fiatal lambic keverése érett főzettel. A fiatal lambicban lévő cukrok még egy utóerjedést indítanak el. Hordóban érlelik tovább rövid ideig, majd csapolják vagy palackba töltik és oldalára állítva legalább 1-2 évig 10-15 °C-on érlelik.



Faro: kevert lambic melyhez általában fogyasztás előtt kandiscukrot, vagy karamellát kevernek. Egyes sörfőzdék előre gyártott farot készítenek, ekkor a hozzáadott cukor beindítja az utóerjedést.

Kriek: a fiatal és érett lambic keverése után a sört érett savanyú cseresznyeágyon érlelik, mely tartalmazza a magot is. Általában maximum 2 hónapig tartják a gyümölccsel együtt. (Ennél hosszabb együtt tárolás esetében a magból jelentős mennyiségű amigdalinnal oldódik ki, ami enzimhatásra elbomlik, benzaldehid és ciánhidrogén keletkezik belőle.) A sört utána még legalább 5-6 hónapig kondicionálják.

Frambozen: málnával erjesztett lambic keverék.

Muscat: a különböző korú lambic söröket, keverése után szőlőágyon érlelik.



Pêche: az eljárás megegyezik az előzővel, csak őszibarack gyümölcságyon érlelnek.





Vieux Lambic (Öreg vagy idős lambic): három évig fahordóban, majd 1 évig palackban érlelik a sört. Ma már epres, almás, citromos, ananászos, banános, feketeribizskés változat is létezik. A gyümölcsös ízesítésű lambicok készítésénél eredetileg csak tiszta gyümölcsöt adtak a sörhöz, ma már előfordul, hogy keverik a gyümölcsöt gyümölcssziruppal, vagy gyümölcsaromával.



### 3.20. A kész sör összetétele

A sörben lévő illékony alkotórészek közül a legfontosabb az etilalkohol, de mellette számos egyéb illó komponens vesz részt a sör aromájának kialakításában (észterek, aldehidek, magasabb rendű alkoholok, stb.). Szerves savak közül a hangyasav és az ecetsav, észterek közül az etilacetát, a butil-acetát és az izo-amil-acetát, aldehidek közül az acetaldehid található meg a sörben. A szénsav jellegzetes alkotórész, szerepe van az íz kialakítása mellett a habképződésben, valamint a keserűanyagokkal és alkohollal együttesen a sör tartósságában is. A nem illó komponensek képezik a sör extrakttartalmát (40 – 50g/l). Ezt legnagyobb mennyiségben szénhidrátok (80 – 85%) alkotják, főleg dextrinek, kisebb részben mono- és oligoszacharidok. Jelen vannak még nitrogéntartalmú anyagok (6 – 9%), glicerin, ásványi anyagok, keserű- és cseranyagok, szerves savak és vitaminok.

A nitrogéntartalmú vegyületeknek fontos szerepük van az íz- és hab kialakításában. Az ásványi anyagok mennyiségét a felhasznált nyersanyagok összetétele befolyásolja. A sörben előforduló vitaminok a B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, biotin, inozit és folsav.

Az alkotórészek jellemzése:

Illó alkotórészként az alkohol a legfontosabb.

Az alkohol mennyisége annál nagyobb:

- minél nagyobb a sör eredeti extrakttartalma,
- minél nagyobb a sörlé elérhető cukortartalma,
- minél nagyobb végerjedésfok elérése a cél.

A sör eredeti extrakttartalma, az erjesztés előtti extrakttartalom tömegszázalékban kifejezve.

1 Balling fok (°B) egyenlő 1 tömegszázalék extrakttartalommal. A sörnek tehát viszonylag kicsi az alkoholtartalma.

Szén-dioxid

A fenékerjedésű sörök szénsavtartalma 0,35-0,45 tömegszázalék, mely elsősorban az ászokolás körülményeitől, a szádlónyomástól és az ászokolási hőmérséklettől függ. A szénsav jellegzetes

alkotórész, habképző, emellett jelentős szerepe van az íz kialakításában is. A szénsav, az alkohol és a keserűanyagok együttesen káros hatásúak a mikroorganizmusokra, ezért a sör szénsavtartalmának fontos szerepe van a sör tartósságában is.

A sör még egyéb illó alkotórészeket, ún. magasabb szénatomszámú alkoholokat, savakat, észtereket és aldehideket is tartalmaz. A sör főerjedésekor keletkeznek, fontos szerepük van a sör aromájának kialakításában.

Az illó szerves savak közül elsősorban az ecetsav és a hangyasav mutatható ki a sörben. Az észterek közül az etilacetát, a butil-acetát és az izo-amil-acetát található meg elsősorban a sörben. Az aldehidek közül az acetaldehid mennyisége jelentős.

#### Extrakttartalom

Az erjesztés után a sörben 4-5 % extrakt (40-50 g/l) marad, összetétele az alábbiak szerint alakul

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| szénhidrátok             | 80-85%, (m/m)    |
| nitrogéntartalmú anyagok | 6-9%, (m/m)      |
| glicerín                 | 5-7% (m/m)       |
| ásványi anyagok          | 3-4% (m/m)       |
| keserűanyagok            | 2-3% (m/m)       |
| csereanyagok             | 2-3% (m/m)       |
| szerves savak            | 0,7-1% (m/m)     |
| vitaminok                | kis mennyiségben |

A szénhidrátok alkotják az extrakt legnagyobb mennyiségét, összetételük

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| dextrinek                 | 60-75% (m/m) |
| mono- és oligoszacharidok | 20-30% (m/m) |
| pentózok                  | 6-8% (m/m)   |

A dextrinek a keményítő részleges hidrolízise során képződnek. A dextrineket a sörélesztők nem erjesztik le. A dextrin mennyisége a maláta minőségétől és a főzőházi cefrézéstől függ. A pentózok, a malátázás során, a hemicellulózok lebontása révén keletkeznek.

A nitrogéntartalmú vegyületeknek fontos szerepük van. A hab és íz kialakításában nélkülözhetetlenek. A sör fizikai - kémiai stabilitása is sokban függ a fehérjevegyületektől. A glicerín az alkoholos erjedés mellékterméke. A sör tulajdonságára különösebb hatása nincs. Az ásványi anyagok mennyisége igen változó (1,4-1,8 g/l). Mennyiségük a felhasznált nyersanyagok összetételétől függ.

Az extrakt 2-3%-a cseranyagokból, keserűanyagokból és színezőanyagokból áll, melyek részben a malátából (2/3 rész), részben a komlóból (1/3 rész) kerülnek a sörbe.

Sokféle szerves savat tartalmaz a sör, összesen mintegy 300-400 mg/l mennyiségben.

A sörben található vitaminok:

- tiamin (B1),
- riboflavin (B2),
- piridoxin (B6),
- nikotinamid (B5),
- pantoténsav (B3),
- biotin,
- inozit,
- p-aminé-benzolsav,
- folsav.

A sör fajlagos tömege 1,01-1,02 (g/cm<sup>3</sup>) közötti. Az eredeti extrakttartalmat a sör alkoholtartalmából és a valódi extrakttartalmából lehet kiszámítani.

### **3.21. Vizsgálatok**

Lehetnek

- Érzékszervi vizsgálatok
- Mechanikai vizsgálatok
- Fizikai és kémiai vizsgálatok
- Mikrobiológiai vizsgálatok

Laboratóriumi vizsgálatok

- Árpaszem vizsgálata
- Csírázás nyomonkövetése
- Maláták minősítése, analízisei
- Szabványosított sörlevek előállítása (Kongresszusi cefrézés)
- Cefrézéssel kapcsolatos vizsgálatok
- Sörlevek összetevőinek vizsgálatai
- Komlózott sörlé vizsgálata
- Kész leerjedt sör vizsgálata

Félüzemi kísérletek (max. 500 l-es sarzs)

- Cefrézés nyomonkövetése
- Szűrési tapasztalatok
- Komlózatlan sörlé vizsgálatai
- Komlózott sörlé vizsgálatai
- Erjesztési körülmények nyomonkövetése
- Fickó sör – főerjedés vége
- Kész sör – érlelés vége

## Gyártásközi vizsgálatok

### Cefre, sörlé

- pH (cefre, sörlé)
- Elcukrosodás ellenőrzése (jódpróba,  $\alpha$ -glükán vizsgálat)
- Extrakt-tartalom (színsörlé, másolás, kész sörlé)
- Szabad amino-nitrogén tartalom (komlózott sörlé)
- Végerjedésfok limit (komlózott sörlé)

### Fickósör

- Extrakt-tartalom (fickósör, naponta)
- Diacetil koncentráció (főerjedés végén)

## Készsör vizsgálatok

### Kémiai jellemzők

- Alkoholtartalom
- Eredeti extrakttartalom
- Maradék extrakttartalom
- Diacetil koncentráció
- Észtertartalom
- Dimetil-szulfid tartalom
- Kén-dioxid tartalom
- Keserűérték
- Fehérjetartalom, fehérjefrakciók
- Fémtartalom

### Fizikai jellemzők

- Töltési térfogat
- CO<sub>2</sub> tartalom
- Oxigén tartalom
- Habtartósság
- Zavarosság
- Szín

## Mérési módszerek

- Titrimetriás eljárások (mérőoldat, indikátor felhasználásával térfogatos elemzés)
- Sűrűségmérés
- Alkoholtartalom meghatározás
- pH mérés
- Fotometriás mérések
- Gáztartalom meghatározás
- Kromatográfiás eljárások
- Biokémiai módszerek (pl. ATP biolumineszcencia)

## A sör kolloidtartósságának vizsgálata

Különböző vizsgálati módszerek szolgálnak a sör előre várható tartósságának megállapítására. Ilyen pl. az AL-szám-10 ml sörre fogyott telített ammónium-szulfát ml-ek száma. A sört telített ammónium-szulfáttal titrálják. A növekvő ammónium - szulfát adagolásra kiválnak azok a fehérjeanyagok, amelyek a hidegzavarosság okozói. A bekövetkező zavarosságot nefelométerrel (aeroszolos fotométer) mérik.

A kivált fehérjék molekulatömege 60.000 g/mol felett van. Minél több ammónium-szulfát szükséges a zavarosság létrehozásához, a fehérjék kiválásához, annál kevesebb nagyobb molekulájú fehérje van jelen a sörben és annál tartósabb. A gyorsan lefolytatható meghatározás támpontot ad a várható sörstabilitás tekintetében, különösen üzemi kontrolloknál.

Nem áll azonban lineáris összefüggésben az ammónium-szulfát-fogyása és a kolloidstabilitás, mivel egyéb faktorok is szerepet játszanak benne, mint pl.: cseranyagok, oxigéntartalom, stb. Különböző összetételű sörök ugyanolyan AL-számérték mellett különböző kolloidstabilitást mutathatnak.



### „Forcierteszt” (forszírteszt, gyorsított) vizsgálatok

A sör előre látható kolloidtartósságának vizsgálatára, legalkalmasabb módszerek az ún. „forcierteszt” vizsgálatok. Ezeknek a vizsgálati módszereknek az az alapja, hogy a vizsgálandó sör mintáit magasabb hőmérsékleti hatásnak, hőmérséklet-ingadozásnak, vagy rázó mozgásnak teszik ki, tehát olyan hatásoknak, amelyek a tartóssági időtartamot megrövidítik.

A „forcierteszt” általában elég pontos képet nyújtanak a valóságos, a várható kolloidtartósságról. Hátrányuk a viszonylag hosszú – 7- 14 napos – vizsgálati időtartam.

A leginkább elterjedt teszt módszer, a vizsgálandó minták melegítéséből áll. Ennél a módszernél, a sör stabilitásához vezető kémiai folyamatok meggyorsulnak, a minták választott tartási hőmérsékletétől függően. A sör tárolási hőmérsékletének 10°C-kal való emelése, a zavarosodási (öregedési) folyamatoknak a gyorsulását kb. kétszeresére emeli. Ha ugyanabból a sörből kivett mintákat 20-30-40-50 °C-on tartják, akkor a minták 30 °C-on kétszer olyan gyorsan, 40 °C-on négyszer, 50 °C-on nyolcszor stb. olyan gyorsan öregsznek, mint az összehasonlító sörök 20 °C-on. Fordítva az 50 °C-on tárolt minta 1/8 ideig, 40 °C-on 1/4 ideig lesz olyan stabil, mint a 20 °C-os összehasonlító minta. Ezen az alapon kidolgozott „forcierteszt” módszert használják a nemzetközi söripari analitikában.

### Habtartósság

Eltérően a többi italtól, a sör minősítésének egyik fontos tényezője az ízén kívül a habtartósság. A hab kolloid diszperzrendszer, gáz folyadékban diszpergálva. Diszperzanyag a sörben a széndioxid, amely különböző nagyságú buborékokat alkotva oszlik el a sörben. A hab minősége különböző lehet. A jó sörnek gazdag, finom elosztású, tejszínhabszerű tartós habja van. A durva rendszerű hab, annak ellenére, hogy térfogata nagy, rövid életű.

A hab szempontjából a sörnek kétféle tulajdonságáról van szó, a habképző képességről és a habtartósságról.

A sör habképző képessége, főleg a sörben levő szénsavtartalomtól függ. A habtartósságot befolyásoló tényezők pedig a nagy molekulájú fehérjék, a dextrin-anyagok, a gumi- és nyálkaszerű anyagok, a komlógyanták és a felületaktiváló alkoholok, az észterek és szabad savak.

Végeredményben tehát a habtartósság, a sörgyártás alapanyagaitól és a gyártástechnológiájától függ.

A sör habtartóssága elsősorban a felhasznált nyersanyagoktól, az árpaminőségétől, alkotórészeitől, a benne levő gumiszerű anyagoktól, a nitrogénrészlegek minőségétől és mennyiségétől, a felhasznált pótanyagok minőségétől és mennyiségétől, továbbá a komlóadag nagyságától függ. Itt a komló-keserűanyagok töltenek be jelentős szerepet, mert egyrészt mint felületaktív anyagok, másrészt mint kolloidok szerepelnek. Azok a sörök habtartósabbak, amelyekben nagyobb a komlóadag, pl. a pilseni sör.

Különböző módszerekkel mérik a sör habtartósságát pl. habképzés előidézésével a sör kolloidrendszerének megbontása útján, előírt szemcsenagyságú kvarchomok, vagy gáz felhasználásával. Ebben az esetben a képződött hab összeesését, ill. a hab mennyiségének csökkenését, az idő függvényében mérik.

A sör karaktere, tulajdonságai

A világos sört a tiszta, tartós, enyhe komlóillat, a barna sört a malátaillat jellemzi.

A sör ízessége elsősorban a sörlé extrakttartalmától függ. Azonos extrakttartalmú sörök között az ízességben, a nagyobb molekulájú fehérje-bomlástermékek, valamint az aszaláskor, a cefre- és sörlé forralásakor keletkező ízanyagok okoznak különbséget. Az el nem erjedt kivonat pl. édeskés ízt okoz.

A barna söröktől megkívánják, hogy minél ízesebbek, aromásabbak legyenek. Világos söröknél előnyösebb az ún. száraz íz. A keserű íznek minden körülmények között üdítőnek kell lennie, nem szabad tapadnia a nyelven. A jó sör „telt” ízű. A sört szénsavtartalma teszi üdítő itallá. Csapoláskor a túltelítettséget okozó szén-savnak egy részét a sör kolloidrendszere visszatartja és ez csak lassan válik szabaddá. Ez a szénsav, ivás közben a szájban, különösen a nyelven felszabadulva, élénkítő, üdítő érzést vált ki. A szénsavszegény sör üres ízű, mert hiányzik a szénsav okozta üdítő érzés. A szén-savtól származó élénk íz a sör, sok apró hibáját is elfedheti.

A sör pH-ja

A normál alsóerjesztésű sör pH-ja 4,4-4,6 között van. A pH attól függ, hogy az erjedés során mennyi sav képződik. A sör számos tulajdonságára, elsősorban a biológiai tartósságára igen kedvező hatású, ha minél kisebb a pH-értéke.

Túl nagy pH értékből gyártási hibákra lehet következtetni, pl. nagyon kemény a sörfőzővíz, melyet nem eléggé karbonáttalanítottak, rosszul oldott malátát használtak, vagy az erjedés nem volt megfelelő.



### A sör redoxpotenciálja

Az oldatok redoxtulajdonságainak kifejezésére használt jelölés az rH. Ebben a redoxviszonyok mértékéül azt a hidrogénnyomást választották, amely elektromos egyensúlyban van az illető oldattal.

Az oldatok redoxpotenciálját nemcsak elektromosan, hanem kolorimetriásan indikátorral is meg lehet határozni. A redox-indikátorok olyan festékanyagok, amelyek oxidált állapotban színesek, redukált állapotban pedig színtelenek, vagy eredeti színüktől eltérő színűek.

Ilyen redox-indikátor, a 2-6 diklór-fenol-indofenol, az o-krezol, a metilénkék, stb.

Bizonyos időre van szükség a vizsgálat során, amíg a megfelelő indikátor színt vált, viszont az is megállapítható, hogy minél nagyobb valamely oldat redukálóképessége, annál gyorsabb valamely indikátor elszíntelenedése. Ezt alkalmazzák, a söriparban általánosan elfogadott ún, ITT (Indicator Time Test = indikátoros időérték) meghatározásában.

Az ITT-vel a sörlé és a sör redox-állapotát fejezik ki, az idő függvényében. Meghatározott mennyiségű indikátoroldatot adnak, meghatározott mennyiségű sörhöz és megfigyelik, hogy a sör hány perc alatt színtelenedik el. Az időt mérik, amely ahhoz szükséges, hogy a sör redukálóanyagai elszíntelenítsék a próbán alkalmazott diklór-fenol-indofenol indikátort. Feltételezik, hogy minél gyorsabb az elszíntelenedés, annál gyorsabban és könnyebben redukálja a felvett oxigént a sör redukálóanyagai.

A redoxpotenciál vagy rH nemcsak a sörfőzés enzimes folyamataiban lényeges, hanem fontos szerepe van a kész sör szempontjából is. A túl nagy rH -érték egyrészt elősegíti az élesztők és az aerob mikroorganizmusok fejlődését, másrészt elősegíti főleg pasztörözött sörökben a kolloidzavarosodást. A nagy rH -érték hátrányos a kész sör biológiai és kémiai-fizikai tartósságára is. Ezért lehetőség szerint kis rH -értéket kell elérni, és arra kell törekedni, hogy ezen az értéken is tartsák a sört.

### A sör ízhibái

#### 1. Technológiai hibára visszavezethető ízhibák

- kaparós, keserű íz: nem megfelelő minőségű víz, égett maláta okozhatja,
- hagymás íz: rossz minőségű komló okozhatja,
- nyers édes íz (gyümölcsíz): éretlen a sör,
- élesztőíz: nem megfelelő erjedés okozza,
- kenyéríz: nem megfelelő pasztörözés okozza,
- fényszerű; nem megfelelő szállítás, tárolás okozza, stb.

#### 2. Biológiai okokra visszavezethető ízhibák

- penészes, dohos íz: rosszul tárolt maláta, penészes komló okozhatja,
- diacetil-íz: pl. élesztőtevékenység hibája, fertőzés okozhatja,
- ecetíz: ecetsavbaktériumok elszaporodása okozza,
- élesztőíz: hibás erjedésvezetés, élesztő autolízise okozhatja, stb.

### 3. Egyéb ízhibák

- patikaíz: klórtartalmú fertőtlenítőszeres okozhatják,
- fémíz: cseresav és vas kölcsönhatása okozhatja, stb.



#### 3.22. A sörfőzés melléktermékei

- hulladék élesztő
- maláta csíra, sörtörköly
- kovaföld-szűrőanyag
- szén-dioxid
- szennyvíziszap
- csomagolási hulladék

##### Hulladékélesztő hasznosítása

Magas fehérje-, vitamin- és ásványianyag-tartalma miatt igen értékes állati takarmány.

A szárított élesztő emberi fogyasztásra is alkalmas, bár ez a felhasználási mód nem túlságosan elterjedt. Mind szuszpenzióként, mind szárított formában értékes nyersanyag a gyógyszer-, illetve a kozmetikai iparban. Az élő sejtek, a biotechnológiai úton előállított alap- és hatóanyagok (pl. számos vitamin) gyártásában használhatók, az elhalt élesztő sejtekből pedig részben szintén alapanyagokat gyártanak, részben pedig pl. mikrobiológiai táptalajok készítésére használják.

##### Sörtörköly hasznosítása

Nem veszélyes hulladék, összetétele: 31 % fehérje, 19 % pentozán, 16 % lignin, 12 % keményítő és béta-glükán, 9 % cellulóz, 9 % zsír, 4 % hamu. Értékes állati takarmány, malátafogácsként értékesíthetik (marha: 5-15 kg/nap, sertés és juh: 0,5-3 kg/nap). Talajjavításra is alkalmas, műtrágya helyettesítő N, P, K pótlásra.

A talajvédelmi hatáság engedélye szükséges a törköly, mint nem mezőgazdasági eredetű, nem veszélyes hulladék, termőföldön történő felhasználásához.

Szárítás és őrlés után „törkölylisztként” tésztafélék (elsősorban kenyér) készítéséhez használják. A „törkölykenyér” kinézetre és ízre a rozskenyérhez hasonló, magas tápértékű, magas sikértartalmú, kiemelkedően alacsony szénhidrát tartalmú élelmiszer, cukorbeteg is fogyaszthatják.

Használható téglagyártásban porozitásnövelő adalékként (fűrészpor helyett).

Alkalmazható szigetelőanyagként akár ömlesztve (kb. 10% nedvességtartalomig szárítva), akár a farostlemezhez hasonló lapokká préselve.

Biogáz termelésre is alkalmas (a technológia beruházása, csak igen nagy sörgyárak esetén térül meg belátható időn belül) a szennyvíziszappal együtt.

#### Kovaföld hasznosítása

A mezőgazdaság hasznosítja talajlazító anyagként, javítja a talaj víztartó képességét és értékes nitrogén-trágya. A használt kovaföld jól komposztálható, a magas víztartalom (más anyagokkal együtt komposztálva) előnyös a komposztálás szempontjából. Az építőanyag iparban a magas szervetlenanyagtartalma ( $\text{SiO}_2$ ) révén a porozítás, a szilárdság növelésére alkalmazzák és könnyebb formázhatóságot eredményez. A használt kovaföld regenerálás után újra használható, a regenerált kovaföldet általában max. 40%-ig lehet a friss kovaföldhöz keverve adagolni.

#### Szén-dioxid visszanyerése

Az erjesztés során hektoliterenként 4,1-4,5 kg  $\text{CO}_2$  keletkezik, ez egy átlagos sörgyár  $\text{CO}_2$  felhasználásának több mint kétszerese. Jelenleg Magyarországon olyan alacsony a minerális forrásokból származó  $\text{CO}_2$  ára, hogy a legtöbb hazai sörgyár számára csak nagyon hosszú idő alatt térülne meg, a visszanyerés megvalósítása.

#### Keletkező szennyvíz kezelése

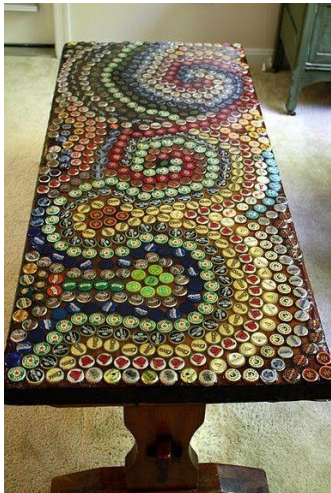
A szennyvizek az élő vízbe jutva károsító hatásúak, megbontják a víz biológiai egyensúlyát, túlburjánzást, algásodást idézhetnek elő. A talajra való elöntözéshez minden esetben a talaj konkrét összetételének ismeretében kell felmérést készíteni. Különösen figyelni kell a nátriumdúsulásra, ilyen törköly esetén csak hígított formában lehet elöntözni.

Ha a főző telepítése nem ad lehetőséget öntözésre, vagy városi kommunális szennyvíztisztítóhoz való csatlakoztatásra, úgy a főzőnek önálló szennyvíztisztító létesítéséről kell gondoskodnia. Az élelmiszeripari vízminőség - védelem egyik legfontosabb lehetősége és egyben elkerülhetetlen követelménye, a hatékony szennyvíztisztítás. Erre vonatkozóan számos technológiai megoldás ismeretes a kis- és közepes üzemekre vonatkozóan pl. oldómedence homokszűrővel, eleveniszapos kistelep, biológiai szennyvízkezelési módszerek.

#### Csomagolóanyagok

- csomagolóanyagok újrahasznosítása: üvegpalackok, alumíniumdobozok
- a nem újrahasznosítható csomagolási hulladék szelektív gyűjtése és újrahasznosításának támogatása

## Felhasználási lehetőségek



Minden helytelenül megválasztott anyag és módszer, vagy az ellenőrzés hiánya, vagy a higiénia be nem tartása, befolyásolják a késztermék minőségét. Ezért fontos a sörkészítés, vagy bármely élelmiszerelőállítás teljes folyamatának ismerete. Nagyon sok a változó tényező, a technológiák fejlődésével a mikrobiológiai, kémiai, biológiai ismeretek elmélyülésével egyre több összefüggésre világítanak rá, de még közel sem ismerik valamennyit.

#### 4. Fogalomtár

**Alsó erjesztésű (lager) sörélesztők:** olyan *Saccharomyces pastorianus* élesztőgombák, amelyek az erjedés végén az erjesztőkád alján gyűlnek össze jó flokkulációs (csomósodási) képességük miatt.

**Antiszeptikumok:** olyan anyagok, melyek gátolják vagy elpusztítják az élő szövetek felületén található mikroorganizmusokat (pl. a bőr, szájüreg, nyílt sebek esetében alkalmazott szerek).

**ATP biolumineszcencia:** luciferin-luciferáz enzimreakció során a jelenlévő ATP-ből keletkező fény luminométerrel való mérése.

**Baktérium endospóra:** nagy hő-, sugár-, és kémiai anyagokkal szembeni ellenálló képességgel (rezisztenciával) rendelkező kitartó képlet, amely véd a külső környezeti tényezőkkel szemben, így a faj fennmaradását szolgálja.

**Baktérium sejtmembrán:** a transzport folyamatok, a légzés és az ATP (energia) képzés helye.

**Biofilmek:** Szilárd felszíneket bevonó mikroorganizmusok gyűjteménye, rendszerint bakteriális eredetű szerves polimer mátrixba ágyazva.

**CIP rendszer:** zárt feldolgozó vonal szétszerelés nélküli tisztítását lehetővé tevő tisztító rendszer, mely magában foglalja az előtisztítást, öblítést, kémiai tisztító szerek eltávolítását, fertőtlenítést és szárítást.

**Crabtree effektus (glükóz/katabolit represszió):** olyan anyagszere szabályozási mód, ahol a magas cukorkoncentráció (glükóz, maltóz, szacharóz, stb.) esetén aerob körülmények között is etanolos erjesztés folyik, míg a cukorkoncentráció le nem csökken. Cukorkoncentráció lecsökkenése esetén beindul a légzés és visszaszorul az erjesztés.

**Endoplazmatikus retikulum:** lipid szintézisért felelős sima felszínű és fehérje szintézisért felelős, a riboszómák jelenléte miatt durva felszínű membránszerkezet.

**Eukarióta sejtfal:** egy belső, poliszacharidokból álló váz és egy külső, főleg glikoproteinekből álló határoló.

**Felső erjesztésű (ale) sörélesztők:** olyan *Saccharomyces cerevisiae* élesztőgombák, amelyek az erjedés végén a sörlé tetején gyűlnek össze rossz flokkulációs (csomósodási) képességük miatt.

**Fertőtlenítés:** a kórokozó, feltételesen kórokozó mikrobák teljes elpusztítása, az egyéb szennyező mikrobák számának lecsökkentése adott határérték alá.



**Fertőtlenítő szerek:** olyan kémiai anyagok, melyek „élettelen” felületeken gátolják vagy elpusztítják a mikroorganizmusokat és csak külsőleg alkalmazhatók.

**Flokkuláció:** sejtek összecsapódása/aggregálódása, amely a sejtfelületi adhezinek/flokkulinok (sejtfal glikoproteinek) és a mannán szénhidrátok közötti interakció eredményeképpen jön létre.

**Good Hygiene Practice (Jó Higiéniai Gyakorlat):** a GMP higiéniával foglalkozó része. Célja a tisztasági követelmények következetes betartása biológiai, kémiai, fizikai és egyéb szempontból.

**Good Manufacturing Practice (Jó Gyártás Gyakorlat):** azok a széleskörűen elfogadott ipari tapasztalatokra épülő, szakmai, technológiai, műszaki és szervezési követelmények, eszközök, módszerek, intézkedések, melyeket az élelmiszerfeldolgozóknak teljesíteniük kell az előírásoknak megfelelő, biztonságos, egyenletes minőségű élelmiszer előállítása érdekében.

**HACCP** (Hazard Analysis Critical Control Point system, Veszélyelemzés Kritikus Szabályozási Pontok rendszere): olyan tudományosan megalapozott rendszer, amely meghatározza, értékeli és szabályozza az élelmiszer-biztonság szempontjából jelentős veszélyeket.

**Hígítási sor:** a vizsgálandó mintában lévő mikrobák olyan mértékű kihígítása, hogy szilárd tápközegben/tápközegen való tenyésztés után az egyes sejtekből származó telepek elkülönüljenek, illetve leszámolhatóak legyenek.

**Hulladék:** az emberi fogyasztásra alkalmatlan- és minden más olyan anyag, amely feldolgozás közben padozatra, földre hullott, vagy más módon szennyeződött.

**Koliform baktériumok:** a bélbaktérium azon fajai, amelyek a laktózt 37°C-on sav és gázképződés mellett bontják, pl. Enterobacter, Escherichia, Klebsiella.

**Konduktometria:** a mikrobák szaporodása (anyagcseréje) következtében a tápközeg vezetőképességében létrejövő változás mérése, amely a tápközeg kémiai és ion összetétel változása miatt alakul ki.

**Kritikus szabályozási pont (CCP):** olyan pont, lépés vagy eljárás, ahol szabályozásra van lehetőség és az élelmiszer biztonságát fenyegető veszély megelőzhető, kizárható vagy elfogadott szintre csökkenthető.

**Lipopoliszacharid:** Gram-negatív sejtek falában, a külső membránban található, lipid. Poliszacharid mag és O-antigén egységekből álló komponens.



**Mikotoxin:** általában a fonalasgombák másodlagos anyagcsere-termékei, melyek az embert és/vagy az állatokat valamilyen módon károsítják.

**Mutáció:** a DNS-ben (kromoszómában) bekövetkező öröklődő szekvencia változás. A módszer a biotechnológiában eredményesen alkalmazható.

**Pasteur effektus:** olyan anyagcsere szabályozási mód, ahol aerob körülmények között (aerobiózis) légzés, míg anaerob körülmény között (anaerobiózis) alkoholos erjesztés történik.

**Rekombináció:** Természetes vagy mesterséges úton megvalósuló genetikai folyamatok, amelyek révén az utódokban a szülők tulajdonságai új kombinációkban jelennek meg.

**Spektrofotometria/Turbidimetria:** a mikrobák elszaporodva a tápközeget zavarossá teszik, így megváltozik a közeg fényelnyelő (abszorbancia) és fényáteresztő (transzmittancia) képessége, amely fotométerrel mérhető.

**Szén katabolit represszió:** „Szervezett, sorrendben történő” szénforrás hasznosítást biztosít, így a legkedvezőbb szénforrás (gyors C és energia biztosítása sejt számára) hasznosítás történik meg először. A többi szénforrás hasznosítása represszáva van, a „bonyolultabb” szubsztrát hasznosításához szükséges enzim szintézisének represszálása által.

**Tiszta tenyészet:** vegyes mikroba tenyészetekből egy-egy mikroba csoport, vagy egy-egy mikroba elkülönítése, s annak más mikrobáktól mentes tenyészetének előállítása.

**Tisztítás:** a látható szennyeződés, por, élelmiszer-maradékok fellazítása, eltávolítása a felületről fizikai, kémiai, vagy mechanikai eszközzel.

**Törzsjavítás (törzsnemesítés):** a mikroorganizmus genomjának (DNS-ének, génjeinek) olyan öröklődő megváltoztatása, amely az adott biotechnológiai folyamat céljából hasznos.

**Vadélesztő:** az összes olyan élesztő, amelyen nem a sörkészítéshez célzottan alkalmazott sörélesztő. A vadélesztőket két csoportba sorolják: Saccharomyces és nem saccharomyces vadélesztők.

**Veszély:** olyan, biológiai, kémiai, fizikai vagy egyéb tényező, amely kockázatosá teheti az élelmiszer fogyasztását (ártalmat okozhat).

**Vitális festés:** élő és holt sejtek megkülönböztetését lehetővé tevő mikroszkópos vizsgálati módszer. Az élő sejtek dehidrogenáz enzimük segítségével a kék színű metilénkék festéket színtelen leukometilénkékké redukálják, így az élő sejtek látszólag nem festődnek meg és színtelenek lesznek, míg a holt sejtek kék színt kapnak.

## 5. Irodalomjegyzék

Szabó Sándorné – Söripari technológia, Agrárszaoktatási Intézet, Budapest, 1998

Kunze W. – A sörfőzés és a malátázás technológiája, Mezőgazdasági Kiadó, 1983

Narziss, L. – A sörgyártás. Mezőgazdasági Kiadó Budapest, 1981

Horváth I. – Söripari Technológia Budapest, 1989

Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem – Sör egyetemi jegyzet, Budapest 1998

Budapesti Corvinus Egyetem – Egyetemi jegyzet, Budapest 2014

[https://www.elsosor.hu/wp-content/uploads/2019/03/Takacs\\_Peter-Malata\\_fajtak-2.pdf](https://www.elsosor.hu/wp-content/uploads/2019/03/Takacs_Peter-Malata_fajtak-2.pdf)

<http://berszangabor.hu/a-szakmai/02-szak/s05-4-agazati-abra.htm>

<https://logout.hu/tema/sorcsaph/index.html>

<https://hacercervezaartesanal.com/escala-ebc-cerveza/>

<https://hazisorbolt.hu/Rozs-malata-vilagos>

<https://www.brewbro.hu/weymann-acidulated-savassavanyu-malata>

[https://www.elsosor.hu/wp-content/uploads/2013/02/05\\_S%c3%b6rfoz%c3%a9s-halad%c3%b3knak-III.pdf](https://www.elsosor.hu/wp-content/uploads/2013/02/05_S%c3%b6rfoz%c3%a9s-halad%c3%b3knak-III.pdf)

[http://efce.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/abet/Biotermek\\_tecnologia/MSc\\_Biotermek\\_2/04%20Sz%C3%A9nhyd%C3%A1tbont%C3%B3%20ipari%20enzimek/04%20Sz%C3%A9nhyd%C3%A1tbont%C3%B3%20ipari%20enzimek%20FF2.pdf](http://efce.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/abet/Biotermek_tecnologia/MSc_Biotermek_2/04%20Sz%C3%A9nhyd%C3%A1tbont%C3%B3%20ipari%20enzimek/04%20Sz%C3%A9nhyd%C3%A1tbont%C3%B3%20ipari%20enzimek%20FF2.pdf)

<https://sorarium.hu/a-sorfozesrol/22-a-serfozes-a-cefre-szurese-es-hutese/>

[https://drinkunion.hu/cikk/aszoksor\\_nem\\_arany](https://drinkunion.hu/cikk/aszoksor_nem_arany)

<https://www.czechbrewerysystem.com/hu/beer-production-technology/beer-conditioning-systems/beer-filtration-equipment/>

<https://www.czechminibreweries.com/hu/production/brewery-components/preparing-beer-for-sale/beer-filtration/candle-diatomaceous-earth-beer-filters/>

<https://www.alfalaval.hu/termekek/szeparacio/membranok/gyartoegysegek/al-mem/>

<https://www.vg.hu/cegvilag/2022/04/a-csapbol-is-alkoholmentes-sor-folyik>

<https://www.belgasormester.hu/sortipusok/lambic>