

Sörgyártás mint biotechnológiai folyamat I.

A MALÁTA- ÉS SÖRGYÁRTÁS TECHNOLÓGIÁJA

**Dr. Kun-Farkas Gabriella
BCE ÉTK Sör- és Szeszipari Tanszék
2019-es előadás**

DEFINÍCIÓ

MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV 2-702 IRÁNYELV

○ Sör

Malátából, valamint pótanyagokból vízzel cefrézett, komlóval ízesített, sörélesztővel erjesztett, széndioxidban dús, általában alkoholtartalmú ital.

○ Ízesített sör

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



FELHASZNÁLHATÓ ANYAGOK

○ Elsődleges összetevők

- Maláta (árpa, búza és egyéb gabona csíráztatásával előállított termék)
- Víz

○ Egyéb szokásosan felhasználható összetevők

- Adalékanyagok
- Alkoholmentes sörök sörjellegének kialakításához szükséges aromák
- Ízesítő- és színezőanyagok
- Ízesített sörök ízesítésére és színezésére használt anyagok, aromák
- Komló (*Humulus lupulus*), komlókészítmények
- Karamellmaláta és színezőmaláta
- Pótanyagok
A sörle szárazanyag-tartalmának legfeljebb 30%-a származhat pótanyagból, amelyek :
Sörárpa, csíráatlanított kukoricaőrlemény, rizs, egyéb szénhidráttartalmú termékek

○ Technológiai segédanyagok

Szén-dioxid, nitrogén, sörélesztő, szűrő- és derítőanyagok, enzimek

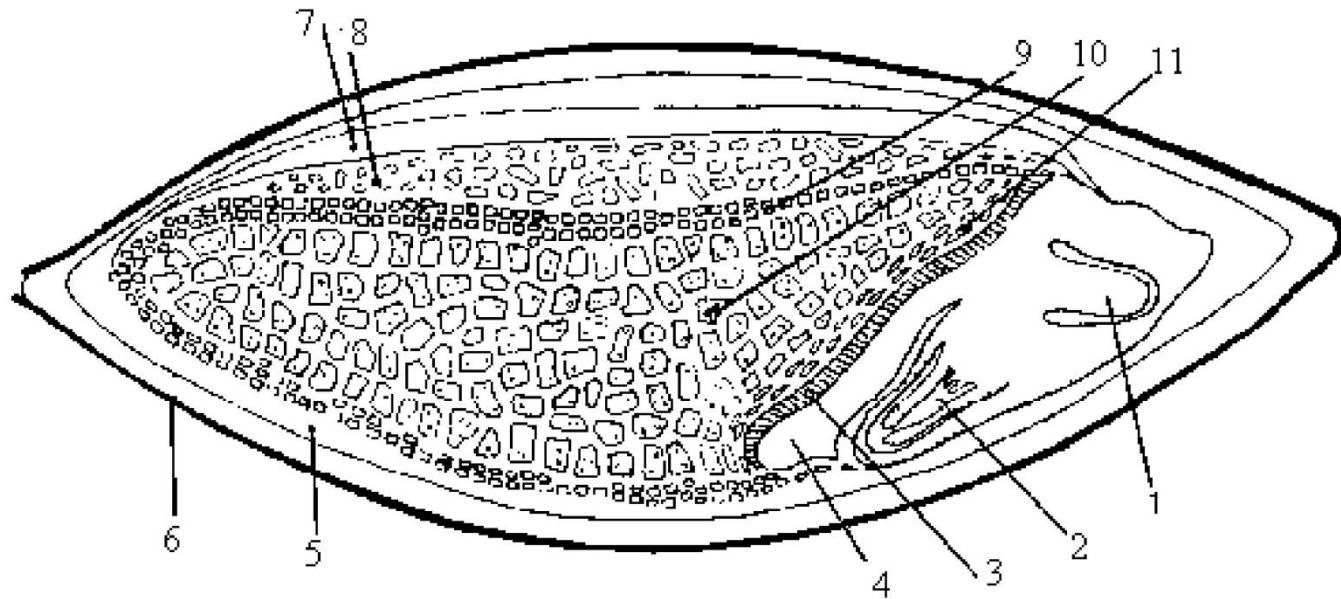


AZ ÁRPA KÉMIAI ÖSSZETÉTELE

Komponensek	Szárazanyag %-ában
Keményítő	63-65
Cukrok	1-2
Cellulóz	4-5
Hemicellulóz	8-10
Nyersfehérje	10-12
Lipidek	2-3
Ásványi anyagok	2-2,5
Vitaminok	0,1
(Víz	12-18



AZ ÁRPASZEM SZERKEZETE



1. gyököcske
2. rügyecske
3. pajzsocska
4. epitélium
5. magburok

6. héj,
7. terméscfal,
8. szubaleurone réteg,
9. aleurone réteg,
10. endospermium,
11. kiürült sejtek



A MALÁTAGYÁRTÁS MŰVELETEI

Árpa átvétel

Tisztítás (osztályozás)

Tárolás

Áztatás

Csíráztatás

Aszalás

Malátatisztítás

Malátatárolás



ELŐKÉSZÍTŐ MŰVELETEK

- **Árpa átvétel**
 - Mennyiségi és minőségi (nedvesség, fehérje tart.!) ellenőrzés
- **Tisztítás:** malátagyártásra alkalmatlan szemek eltávolítása
 - **Mágnesezhetőség szerint:** fém darabok eltávolítása (szikra porrobbanást okozhat!)
 - **Méret szerint:** árpánál kisebb és nagyobb szennyeződések (rög, homok, idegen magvak) eltávolítása
 - **Alak:** árpával azonos méretű, de eltérő alakú szennyeződések eltávolítása (berendezés: tarár)
 - **Fajlagos tömeg:** por és egyéb könnyű szennyeződések eltávolítása (berendezés: triór)
- **Tárolás:** frissen rosszul csírázik, csíranyugalom állapotáig tárolás
 - A csírázóképesség megőrzése, légzési veszteség csökkentése (hőmérséklet szabályozás, CO₂ elvezetés)

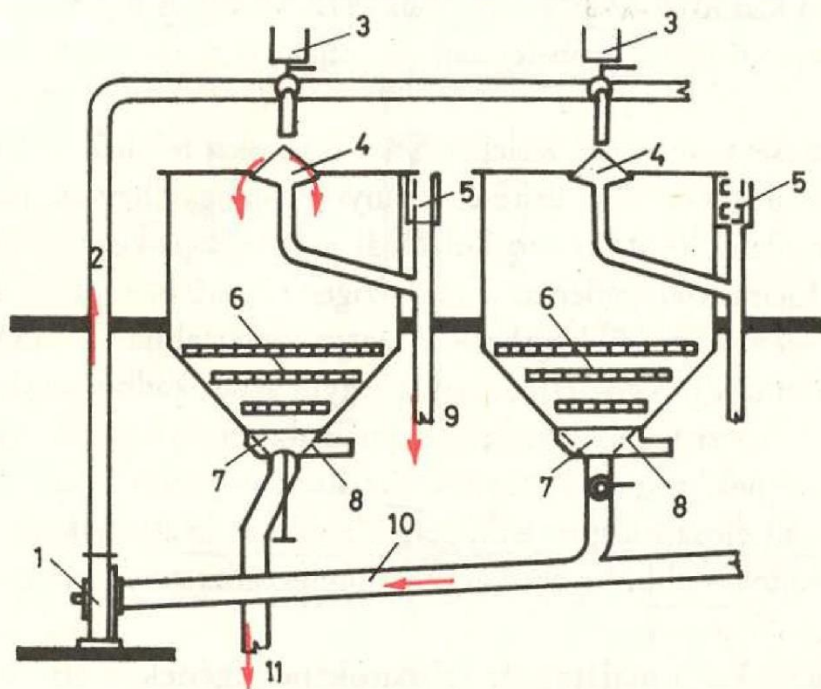


A MALÁTÁZÁS MŰVELETEI: **ÁZTATÁS**

- Cél: a csírázás beindítása a kezdeti 12-14%-os nedvességtartalom 44-46 %-ra növelésével.
- Áztatóvíz hőmérséklete 12-18°C
- Áztatóvízhez adagolhatnak:
 - NaOH vagy mész: fertőtlenítés
 - Gibberelin sav: csírázás serkentése
- Vízfelvevő képesség függ:
 - Áztatás időtartama
 - Áztatóvíz hőmérséklete
 - Szem nagysága
 - Árpa fajta és évjárat



ÁZTATÓ BERENDEZÉS



51. ábra. Hagyományos áztatókádak

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



A MALÁTÁZÁS MŰVELETEI: CSÍRÁZTATÁS

- Csíráztatás célja:
 - Enzimképzés, enzimaktiválás
 - Az endosperm sejtfal-alkotóinak bontása
 - Egyéb lebontási folyamatok megindítása
- Csíráztatás paramétereit:
 - Megfelelő nedvességtartalom
 - a csíráztatás végén 40 % nedvességtartalmú zöldmaláta
 - Megfelelő csíráztatási hőfok
 - 12-16°C
 - Megfelelő levegőellátottság
 - A csírázás kezdetén sok, a végén csökkenő oxigénellátás

CSÍRÁZTATÁSI TECHNOLÓGIÁK

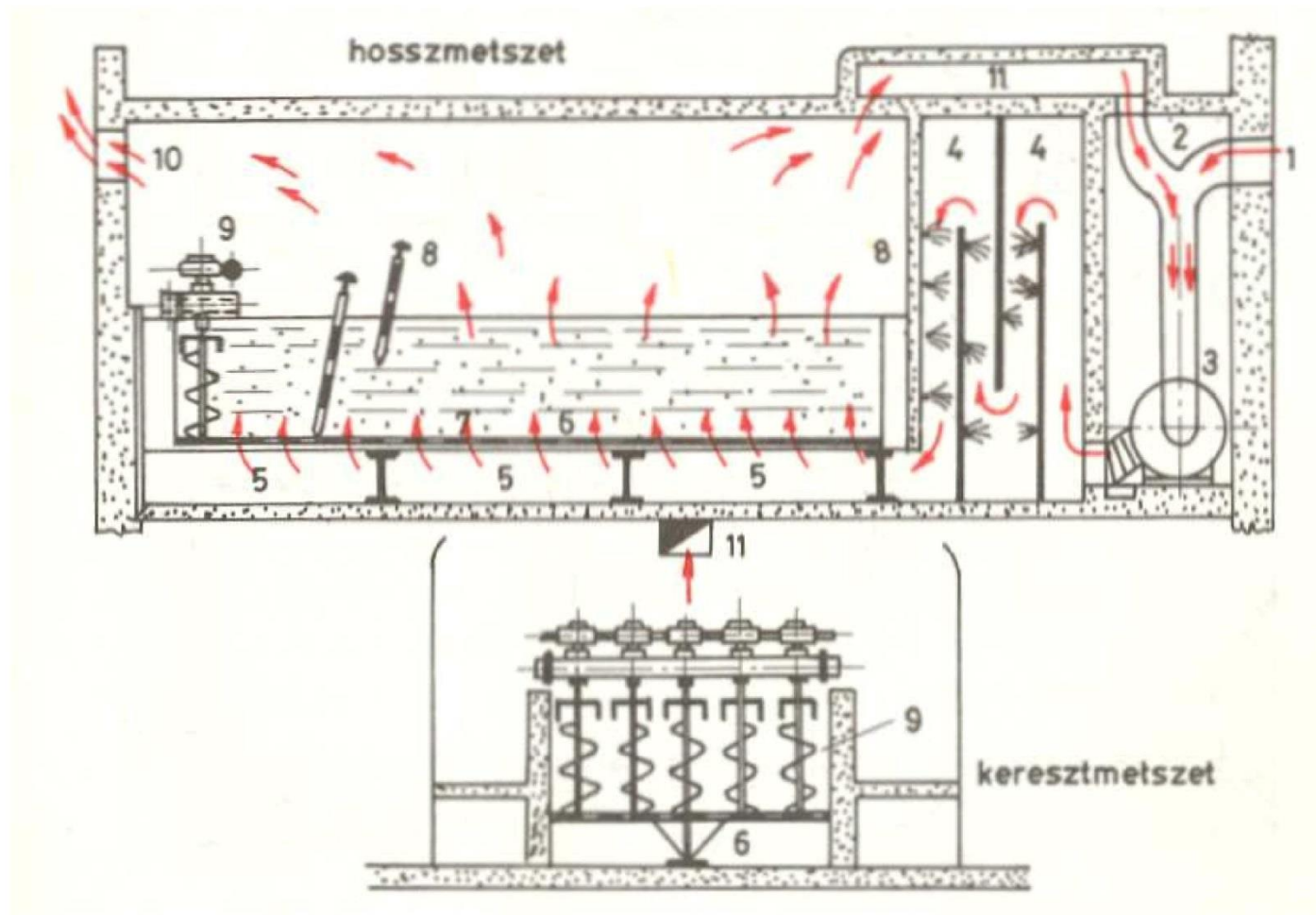
○ Szérúcsíráztatás: ősi módszer

Az árpát betonlapra fektetik, alulról aknákon keresztül biztosítják a levegőztetést (hőmérséklet, nedvességtartalom állandó, fény kizárása). Szérűket rendszeresen mozgatják. Hét-nyolc nap.

○ Gépi csíráztatás: dobcsíráztatás, szekrénycsíráztatás vagy dobszekrény csíráztatás

- Dobcsíráztatás: zárt , forgó dob, melybe vezetéken keresztül jut be a levegő, aminek szabályozzák a hőfokát és nedvességtartalmát, és légcsatornán ki a használt levegő.
- Szekrénycsíráztatás: az árpa 1 méter magas rétegben helyezkedik el egy hordozólemezen. A zöldmalátát dugóhúzószerű csigákból álló készülék mozgatja. Levegőztetése szabályozott (hőm., nedvesség, CO₂ tartalom).

SALADIN CSÍRÁZTATÓ KÉSZÜLÉK



A MALÁTÁZÁS MŰVELETEI: ASZALÁS

- Aszalás célja:
 - A malátában zajló biokémiai folyamatok megállítása
 - Fehérjekoaguláció
 - Íz- és aromaanyagok képzése (Maillard-reakció!)
- Aszalás szakaszai:
 - Fonnyasztás: 10% nedvességtartalomig, kíméletes vízelvonás 40-50°C-on
 - Aszalás: további vízelvonás 5% nedvesség tart. alá:
 - Szárítás 65-70°C
 - Végszárítás: világos (pilseni) malátáknál 80-85°C, sötét malátáknál 90-95°C (bécsi), 100-105°C (müncheni)
- Végső nedvességtartalom: 2,5-4,5%



A KÉSZ MALÁTA KEZELÉSE

- Csíráatlanítás, tisztítás:
gyökércsíra, por eltávolítása
- Malátatárolás

MALÁTAFAJTÁK

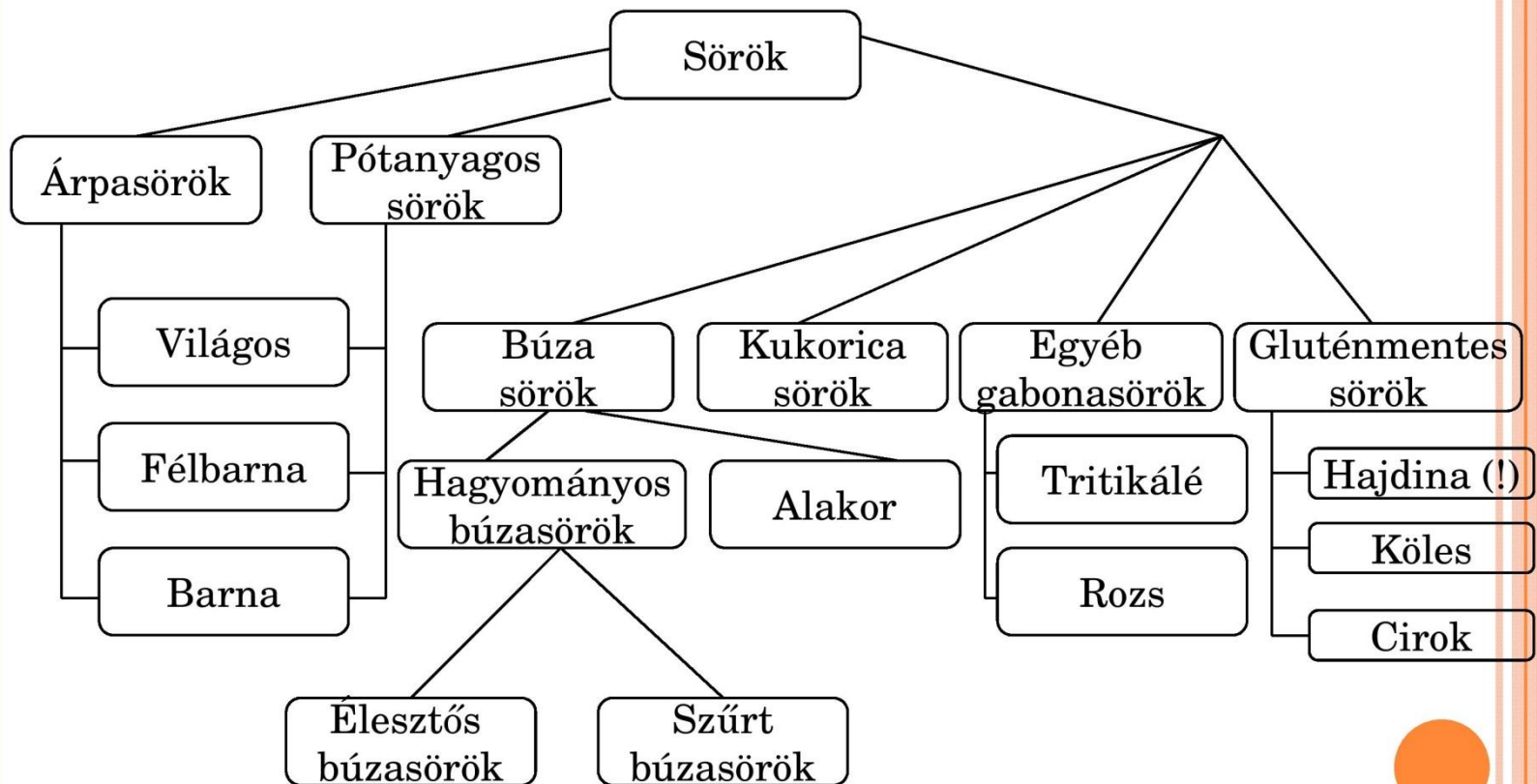
- Világos vagy pilseni maláta
világos színű, enzimekben gazdag
- Sötét vagy bajor maláta
sötét színű, aromás, a világosnál kevésbé enzimgazdag
- Különleges maláták: karamell, festő
aroma és szín kialakításhoz, enzimeket nem tartalmaz

PÓTANYAGOK

- Nagy keményítő tartalmú anyagok
- A sörlé szárazanyag tartalmának legfeljebb 30 %-a származhat pótanyagból, amelyek:
 - Sörárpa: malátához hasonló összetétel, de rontja a szűrhetőséget, íz és habzás romlik (enzimhasználat!)
 - Kukoricaórlemény (csíráatlanított): telt, édeskés íz (enzimhasználat!)
 - Rizs: világos sörökhöz
 - Szénhidrát tartalmú termékek: komlóforralásnál adagolják, nagy mennyiségben az erjesztést gátolhatja



SÖRFAJTÁK CSOPORTOSÍTÁSA AZ ALAPANYAG ALAPJÁN



A SÖRGYÁRTÁS MŰVELETI LÉPÉSEI

- Sörfőzés
 - Malátaórlés
 - Cefrőzés
 - Cefreszűrés
 - Komlóforralás
- A sörlé erjesztése
 - A sörlé kezelése
 - Főerjesztés
 - Utóerjesztés
- A sör fejtése
 - Szűrés, stabilizálás
 - Pasztőrözés
 - Üvegbe, dobozba, hordóba töltés



A MALÁTA ÓRLÉSE

- Célja:

a maláta aprítása a benne levő komponensek kinyerése érdekében

- Berendezései:

- száraz őrlés: kettő-, négy-, öt- és hathengeres malátamalmok
- nedves őrlés: kondicionálás vízzel, egy hengerpár



A SÖRFŐZŐ VÍZ

A söripar vízigénye igen nagy.

Vízzel kapcsolatos követelmények: megfelelő fizikai, kémiai és mikrobiológiai állapot, illetve összetétel.

A vízben oldott sók meghatározzák

- A sör ízét
- A cefrézés során lejátszódó enzimes folyamatokat
- A fermentáció lefolyását az anyagcsere-termékek összetételét

Vízkezelési eljárások

- Ioncsere
- Reverz ozmózis



CEFREZÉS

Célja:

- A maláta oldható komponenseinek oldatba vitele
- A nem oldható komponensek enzimes lebontása, oldása

Főbb enzimes lebontási folyamatok:

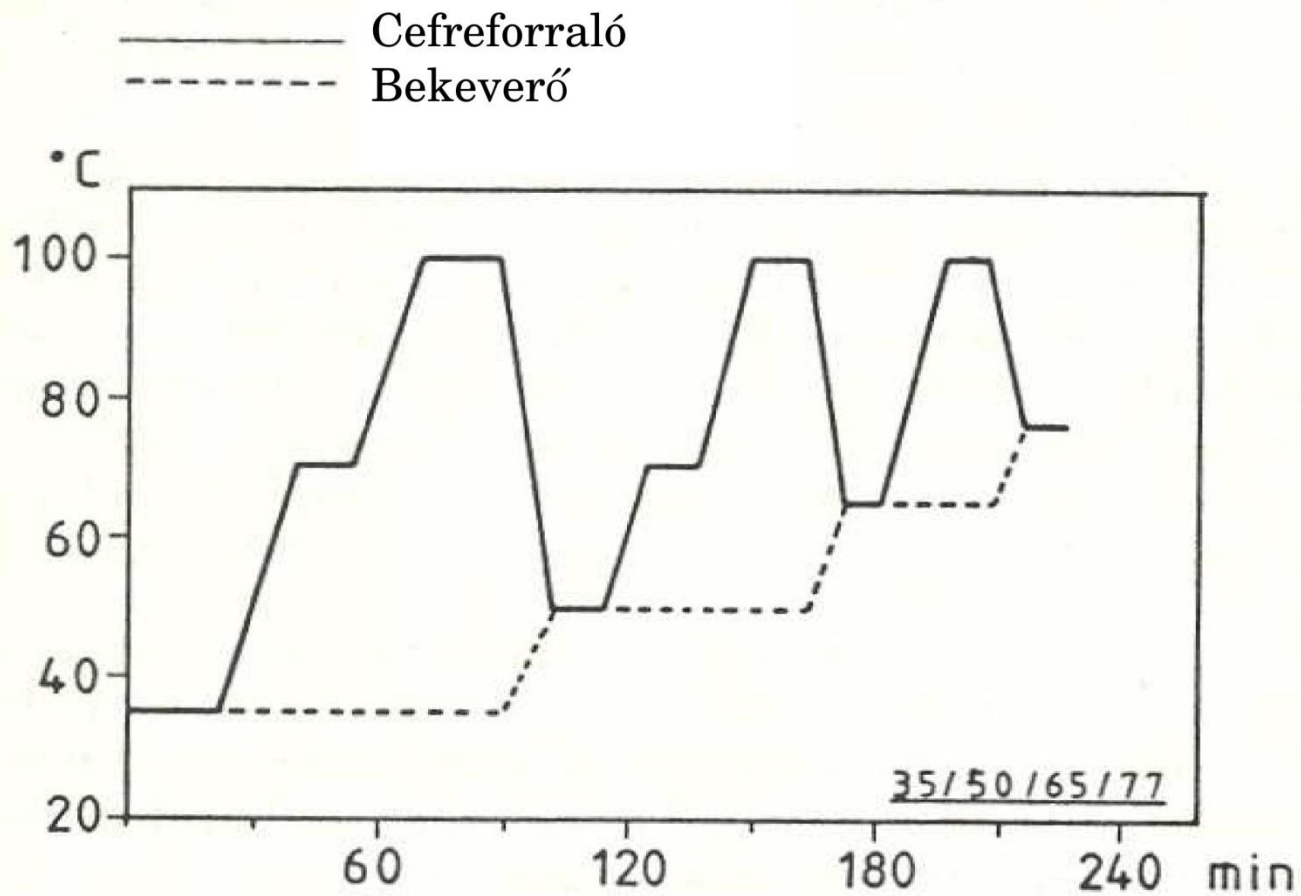
- Fehérjebontás: 50°C
- Keményítóbontás: 60-65°C, erjeszhető szénhidrátok képzése β -amiláz enzim által
- Keményítóbontás: 70-75°C, nem erjeszhető szénhidrátok képzése α -amiláz enzim által

Technológiái:

- Infúziós: hőmérséklet fokozatos növelése, egyszerű, de kisebb kihozatal
- Dekokciós: nagyobb kihozatal, 2 edény használatát igényli



HÁROM CEFRÉS DEKOKCIÓS CEFRÉZÉSI ELJÁRÁS



CEFRESZÚRÉS

○ Célja:

az oldott komponenseket tartalmazó **sörlé** és az oldhatatlan komponenseket tartalmazó **törköly** szétválasztása

○ Fő lépései:

- Színsörlé elválasztás
- Másolás

○ Berendezések:

- Szűrőkád
- Szűrőprés



KOMLÓÜLTETVÉNY ÉS KOMLÓTOBOZ



A KOMLÓ FŐBB KOMPONENSEI

- Keserű anyagok:
 - α –savak (vízoldhatatlanok, hő hatására izomerizálódnak)
- Aromaanyagok (illékonyak)
- Cseranyagok: polifenolok



KOMLÓTÍPUSOK ÉS -KÉSZÍTMÉNYEK

- Keserű komló – nagy α -sav tartalom
- Aromakomló – sok aromaadó vegyület
- Komlókészítmények
 - Natúr komló
 - Préselt komló
 - Komlópor
 - **Komlópellet**
 - **Komló kivonat**



KOMLÓFORRALÁS

Célja:

- A komló értékes komponenseinek kioldása: α -savak izomerizálódnak
- A sörlé összetételének rögzítése: enzimek inaktiválódnak
- A sörlé sterilizálása
- A koagulálható fehérjék kicsapása: fehérje-polifenol komplexek képződése
- A koncentráció beállítása: a sörlé 10% párolog el a komlóforralás során



A SÖRLÉ KEZELÉSE ÉS BERENDEZÉSEI I.

Forró seprő elválasztás

- célja: a forralás során kivált csapadék eltávolítása
- berendezése: örvénykád, szeparátor

Hűtés az erjesztési hőmérsékletre

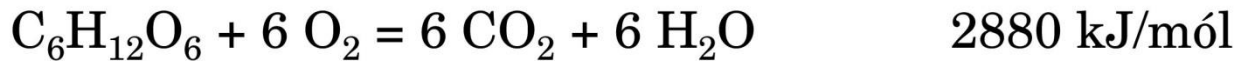
- célja a sörlé lehűtése az erjesztés optimális hőfokára
- berendezése: lemezes hőcserélő



SÖRÉLESZTŐ

- *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces pastorianus*
- Sarjadzással, ritkán spórázással szaporodnak
- Az élesztők fakultatív anaerob szervezetek

- Aerob anyagcsere:



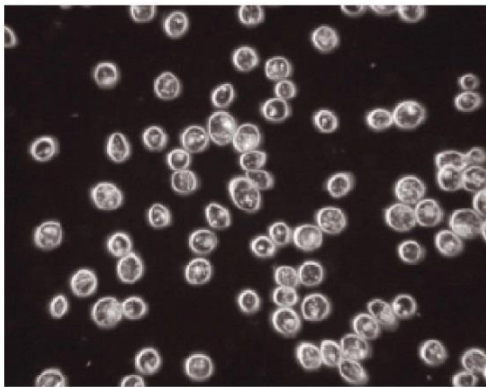
- Anaerob anyagcsere:



A SÖRÉLESZTŐ TÍPUSAI

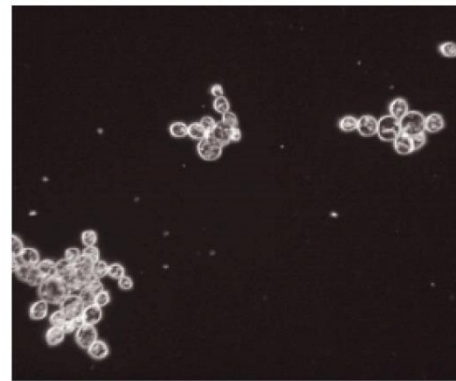
Felsőerjesztésű

- erjesztés végén a felszínen gyűlnek össze a sejtek
- 15-25°C-on erjesztenek
- melibiózt nem bontják



Alsóerjesztésű

- erjesztés végén az erjesztő tank aljára kiülepszik
- 5-10°C-on erjesztenek
- melibiózt bontják



A SÖRLÉ KEZELÉSE ÉS BERENDEZÉSEI II.

○ Levegőztetés

- célja: az élesztő szaporodásához az oxigén biztosítása
- megoldás: steril levegő vagy oxigén bevitele a sörlébe levegőztető gyertyán

○ Hideg seprő elválasztás

- Célja: a hűtés során kivált csapadék eltávolítása
- Berendezése: kovaföldes szűrő vagy flotációs tank



ERJESZTÉS

Beélesztőzés: 20 millió sejt/ ml koncentrációban

o **Főerjedés**

- Jellemző változás az erjeszthető szénhidrátok alkohollá alakulása
- Berendezés: nyitott vagy zárt, hőfokszabályzással ellátott berendezés

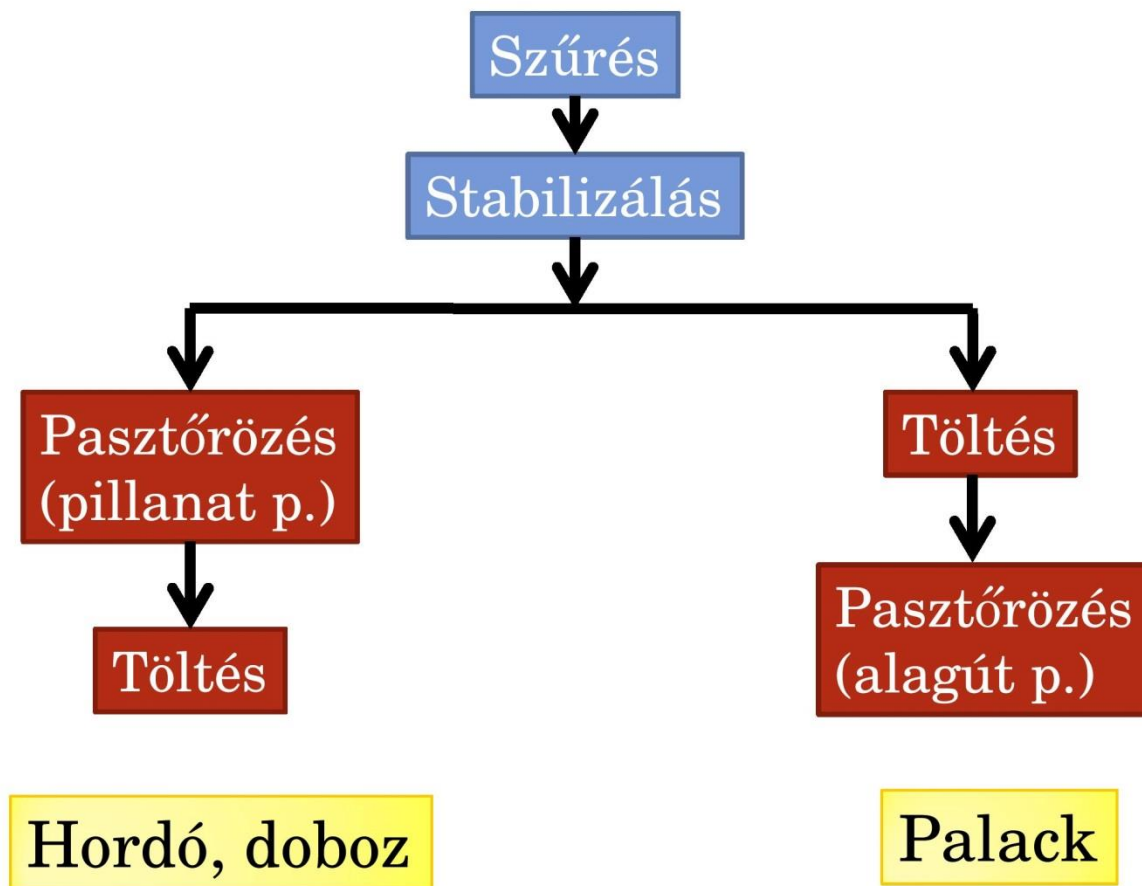
o **Utóerjedés, ászokolás, kondicionálás**

- A sör érése, az íz finomodása, szén-dioxid elnyeletés, tisztulás
- Berendezés: nyomástartó, hőfokszabályozással ellátott berendezés

Modern erjesztési technológia: unitankos erjesztés



A SÖR KEZELÉSÉNEK LÉPÉSEI



SZŰRÉS

- Célja:
a sörben lévő szennyeződések (élesztő, fehérje stb.) eltávolítása

Berendezései:

kovaföldes szűrők (gyertyás, keretes, tányéros)

STABILIZÁLÁS

- Ízstabilizálás
 - Az oxigén mennyiségének csökkentése
- Kolloidstabilizálás
 - Fehérjestabilizálás – tannin, bentonit, enzim
 - Polifenolok csökkentése – poliamidok, PVPP (polivinil-polipirrolidon)
- Mikrobiológiai stabilizálás
 - (Steril szűrés)
 - Pasztőrözés (pillanat vagy alagút pasztőrözés)



SÖR FEJTÉSE

Ellennyomásos töltőberendezéseken

- Palack: egy- és kétutas
- Hordó: többutas
- Doboz: egyutas
- Műanyag palack: egy- és kétutas



Sörgyártás mint biotechnológiai folyamat II.

Bedő Soma

Mezőgazdasági iparok

Dr. Kun- Farkas Gabriella előadása
alapján

HOGYAN TUDJUK ELÉRNI A CÉLUNKAT?

Megfelelő (kedvező) körülményeket és közeget biztosítunk a sörélesztőnek.

Közeg: sörlé

A sörlé kiváló tápközeg mindenféle mikroorganizmusnak!

Körülmények: Hááát....

(Sör)élesztő optimális szaporodási hőmérséklete: 30°C.

Erjesztési hőmérséklet: 10-12°C/20-22°C/0-1°C





A SÖRLÉ

Összetétel, alapanyagok, előállítás

SÖRLÉ ÖSSZETÉTEL (12 % EXTRAKT TARTALMÚ)

Komponens	koncentráció	Komponens	koncentráció
Fruktóz	3,9 g/l	Foszfát	575 mg/l
Glükóz	14,7 g/l	Klorid	45 mg/l
Szacharóz	4,6 g/l	Citromsav	170 mg/l
Maltóz	57,8 g/l	Glükonsav	50 mg/l
Maltotrióz	14,6 g/l	Almasav	60 mg/l
Össz nitrogén	700-1000 mg/l	Piruvát	< 10 mg/l
Lipid	10-80 (140)mg/l	D- és L-laktát	< 10 mg/l
Kálium	550 mg/l	B ₁ -vitamin	150-750 µ/l
Nátrium	30 mg/l	B ₂ -vitamin	300-500 µ/l
Kalcium	35 mg/l	B ₆ -vitamin	150-200 µ/l
Magnézium	100 mg/l	Niacin (PP)	1500-2500 µ/l
Réz, vas	0,1 mg/l	Folsav	50-100 µ/l
Mangán, cink	0,15 mg/l	Biotin	5-10 µ/l
Kén	90 mg/l	Pantoténsav	150-250 µ/l



SÖRLÉ KOMPONENSEK EREDETE

- **Sörfőző víz:**
- **Maláta:**

- **Pótanyag:**

- **Komló:**



SÖRLÉ KOMPONENSEK EREDETE

- **Sörfőző víz: ásványi anyagok**
- **Maláta: ásványi anyagok, szénhidrátok** (erjeszthető és nem erjeszthető), **nitrogén tartalmú vegyületek, lipidek**, polifenolok, **vitaminok**
- **Pótanyag: ásványi anyagok, szénhidrátok** (erjeszthető és nem erjeszthető), **nitrogén tartalmú vegyületek**
- **Komló:** keserűanyag (α -sav), komló olajok, polifenolok





A SÖRFŐZŐ VÍZ

VÍZ A SÖRGYÁRTÁSBAN

Felhasználás területe	Vízfelhasználás hl víz/hl kész sör
Főzőház	1,80 – 2,20
Erjesztő és élesztő kezelés	0,50 – 0,80
Ászokpince	0,30 – 0,60
Szűrés	0,10 – 0,50
Palackfejtő (70%)	0,90 – 2,10
Hordófejtő (30%)	0,08 – 0,24
Takarítás (adminisztráció is)	1,00 – 3, 00
Gőzfejlesztők	0,10 – 0,30
Légkompresszorok	0,12 – 0,50
Összesen	4, 90 – 12,64

A söripar
vízigénye igen
nagy!

- Alapanyag
- Üzemi víz

plusz:

malátagyártás
3,1 (3,8) m³/ 1
tonna maláta

A SÖRFŐZŐ VÍZ

A víz minősége meghatározza a sör minőségét!

A vízben oldott sók meghatározzák

- a sör ízét
- a gyártás során lejátszódó folyamatokat:
 - a cefrőzés enzimes folyamatait,
 - a fermentáció lefolyását,
 - az anyagcsere-termékek összetételét



KÜLÖNBÖZŐ SÖRFŐZŐ VIZEK ÖSSZETÉTELE

Ionösszetétel (mg/l)	Sörtípus		
	Világos ale Burton	Világos lager Pilsen	Barna lager München
Ca ²⁺	268	7	76
Mg ²⁺	62	2	18
HCO ₃ ⁻	280	14	152
SO ₄ ²⁻	638	5	10
NO ₃ ⁻	31	-	-
Cl ⁻	36	5	2





A MALÁTA ELŐÁLLÍTÁSA

MIÉRT A KÉTSOROS, TAVASZI ÁRPA?

- Nagy keményítőtartalom
- Alacsony fehérjetartalom
- Nagy, telt, szabályos szemek
- Vékony héj:
 - Védi az árpaszemet
 - szűrőréteg
- Nem alkalmas kenyér készítésre
- (Jól oldható, nagy enzimaktivitás)

DE!

Az újonnan nemesített őszi árpa fajták esetében is teljesülnek a feltételek.





A SÖRLÉ ELŐÁLLÍTÁSA

A SÖRGYÁRTÁS MŰVELETI LÉPÉSEI

○ **Sörfőzés**

- **Malátaörlés**
- **Cefrőzés**
- **Cefreszűrés**
- **Komlóforralás**

○ A sörlé erjesztése

- A sörlé kezelése
- Főerjesztés
- Utóerjesztés

○ A sör fejtése

- Szűrés, stabilizálás
- Pasztórozás
- Üvegbe, dobozba, hordóba töltés



A SÖRGYÁRTÁS MŰVELETI LÉPÉSEI

- Sörfőzés
 - Malátaórlés
 - Cefrőzés
 - Cefreszűrés
 - Komlóforralás
- **A sörlé erjesztése**
 - **A sörlé kezelése**
 - **Főerjesztés**
 - **Utóerjesztés**
- A sör fejtése
 - Szűrés, stabilizálás
 - Pasztórozás
 - Üvegbe, dobozba, hordóba töltés



A SÖRLÉ HÚTÉSE

A sörlé hűtése az erjesztés hőmérsékletére

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

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

Hidegseprő keletkezése!

Berendezések: (hűtőbárka), csörgedező hűtő, lemezes hőcserélő

A HIDEGSEPRŐ...

...hasznos, mert stimulálja az élesztő szaporodását Zn hiányos vagy rosszul levegőztetett sörlében.

... káros, mert túl nagy mennyiségben (1) ízhibákat eredményezhet a sörben, (2) szennyezi az erjesztés végén elvett élesztő tömeget és (3) gyengíti a derítés hatékonyságát.

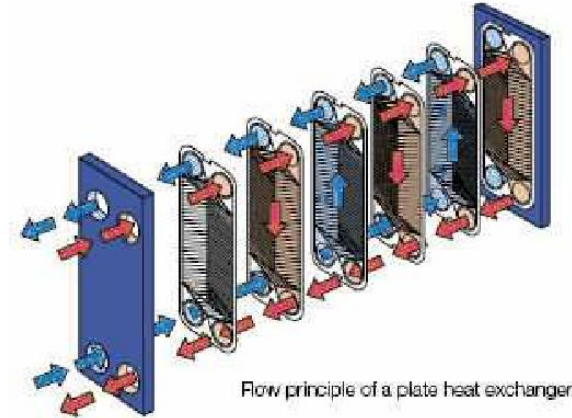
...szignifikánsan gyorsítja az erjedést.

...nincs hatással az erjedési sebességre.

...eltávolítása jó hatással van a világos, friss, „tisztá” ízvilágú sörökre.

A sörüzemek nagy része nem választja el a hidegseprőt.

Lemezes hőcserélő



A SÖRLÉ LEVEGŐZTETÉSE

8 – 9 mg/l oxigén elnyeletése szükséges,
amihez elméletileg 3 liter levegő / hl sörlé, gyakorlatilag
ennek 10-szerese kell (nem nyelődik el, illetve
egyenetlen az eloszlása).

A sörlé hűtése után!

(Forró sörlé levegőztetése → oxidáció=szín mélyül,
nemkívánatos ízanyagok keletkezése)

Cél: élesztő szaporodásának elősegítése.

Levegő sterilizálása szűréssel, kontamináció kizárására.





ERJESZTÉS

AZ ERJESZTÉS SZAKASZAI

- Főerjedés
 - Jellemző változás az erjeszhető szénhidrátok alkohollá alakulása
- Utóerjedés, ászokolás, kondicionálás
 - A sör érése, az íz finomodása, szén-dioxid elnyeletés, tisztulás



AZ ERJEDÉS LEFOLYÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

- A sörlé összetétele ✓
- A levegőztetés mértéke ✓
- **Az élesztőadag nagysága**
- Élesztőtörzs
- Erjesztési és ászokolási hőmérséklet



AZ ÉLESZTŐADAG HATÁSA

Erjesztési idő	Élesztőadag	Élesztő szaporulat
9 nap	0,5 l/hl *	4-szeres
7 nap	1,0 l/hl	2-3-szoros
4 – 5 nap	2,0 l/hl	1,5-szeres

*„normál” adag; $15-20 \times 10^6$ sejt/ml



A NAGYOBB ÉLESZTŐADAG ELŐNYEI, HÁTRÁNYAI

- Gyorsabb erjedés
- Kisebb élesztőszaporulat
- Nagyobb keserűanyag veszteség
- Nagyobb acetolaktát képződés
- Kevesebb erjedési anyagcsere-termék
- Megnövekedett élesztő autolízis: élesztős mellékíz



AZ ERJEDÉS LEFOLYÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

- A sörlé összetétele ✓
- A levegőztetés mértéke ✓
- Az élesztőadag nagysága ✓
- **Erjesztési és ászokolási hőmérséklet**



ERJESZTÉSI TECHNOLOGIÁK 1.

Hagyományos erjesztési technológiák

- Főerjedés: nyitott erjesztőkádákban
 - Erjesztési idő: 8 -10 nap
 - Hőmérséklet: 5 – 9°C
- Utóerjesztés, ászokolás: zárt, nyomástartó tankokban
 - Ászokolási idő: 6 – 8 hét
 - Hőmérséklet: 0°C



ERJESZTÉSI TECHNOLOGIÁK 2.

Korszerű erjesztési technológiák

- Cilinderkónikus erjesztőberendezések
- Unitankos vagy két tankos eljárás
 - **Főerjesztés** hőmérséklete: 12 - 16°C
 - Időtartama: 5 – 6 nap, diacetil redukció
 - **Kondicionálás**
 - Változó hőmérsékletvezetés és időtartam



AZ ERJEDÉS LEFOLYÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

- A sörlé összetétele ✓
- A levegőztetés mértéke ✓
- Az élesztőadag nagysága ✓
- Erjesztési és ászokolási hőmérséklet ✓
- **Élesztőtörzs**





A SÖRÉLESZTŐ

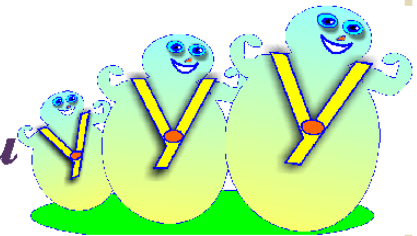
Taxonómia, jellemzés

A SÖRÉLESZTŐ RENDSZERTANI BESOROLÁSA

Osztály: *Ascomycetes*
Rend: *Endomycetales* = taxonómia
Család: *Saccharomycetaceae*
Nemzetség: *Saccharomyces* (14 faj)
Faj: *Saccharomyces cerevisiae*
Saccharomyces pastorianu

‘Saccharomyces’ = cukor gomba

‘cerevisiae’ = ceres + vise = gabona/sör + erő



A sörgyártó taxonómiája

Felsőerjesztésű (ale) sörélesztő: *S. cerevisiae*

Alsóerjesztésű (lager) sörélesztő: *S. carlsbergensis*

- hibridizációval jött létre:

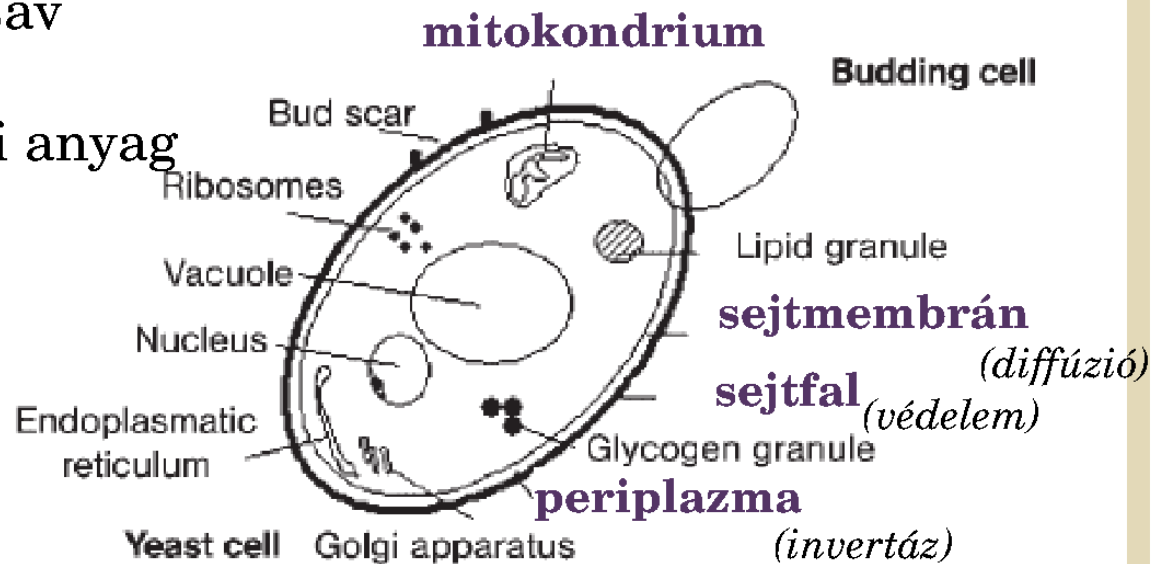
S. cerevisiae + *S. monacensis* v. *S. bayanus*

AZ ÉLESZTŐSEJT ÖSSZETÉTELE

Az élesztősejt kb. **80% víz**

A **20% szárazanyag** összetétele:

- 40-45% - fehérje
- 30-35% - szénhidrát
- 6-8% - nukleinsav
- 4-5% - lipid
- 5-10% - ásványi anyag



FLOKKULÁCIÓ

A flokkuláció az élesztősejtek azon képessége, hogy csomókká összeállnak és az erjesztő tartály alján kiülepednek.

Flokkuláló (csomósodó) élesztő:erjedés vége előtt agglutinálódnak.

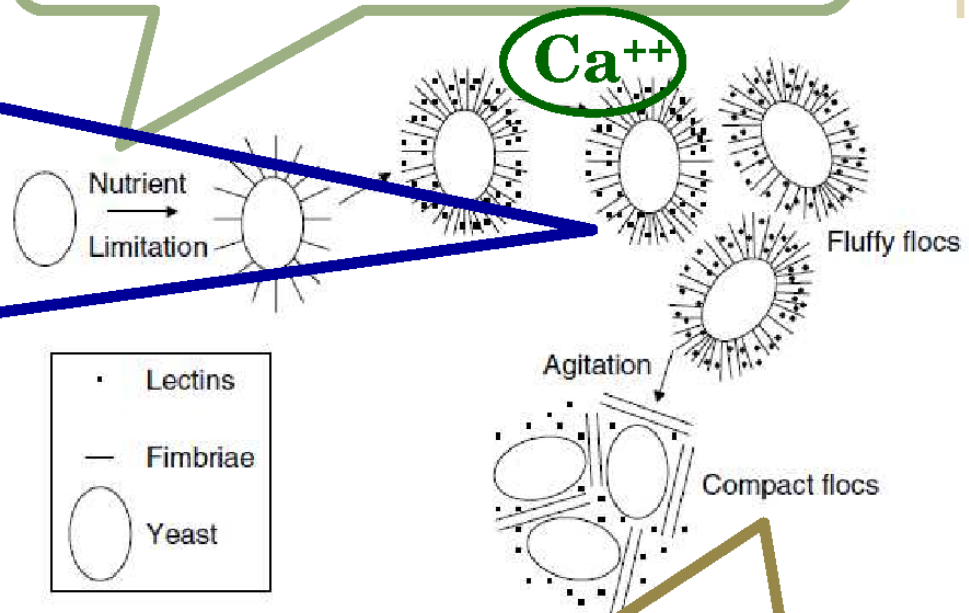
Nem flokkuláló (por-) élesztő: finoman eloszolva lebegnek



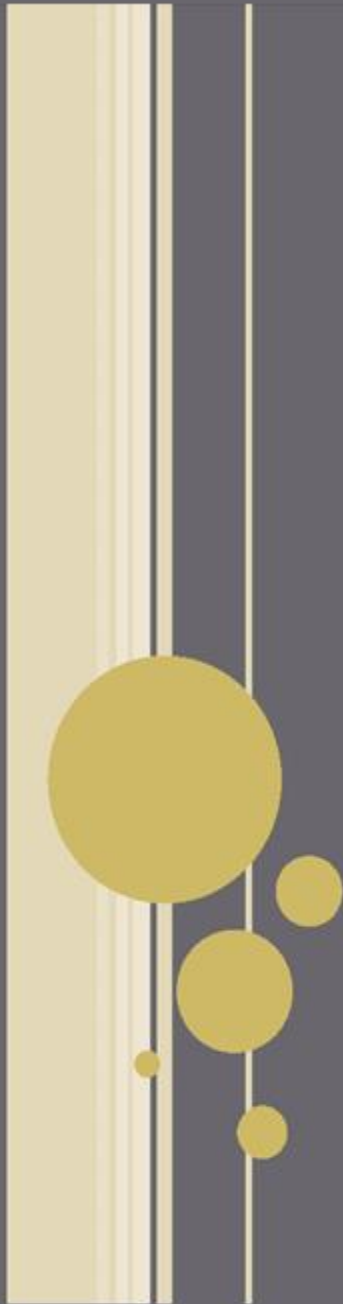
FLOKKULÁCIÓ

1. Fimbria-szerű képletek megjelenése a sejtek felszínén
2. Flokkulinok (fehérjék) szintézise (FLO01 gén)
3. Lektinek (mannán-specifikus) felszabadulása a sejtől

Flokkuláció kiváltója: oxigén és tápanyagok korlátozott jelenléte.



Agitáció hatására a fimbriák leszakadnak a sejtekről és újrarendeződnek, így tömörebb csomók képződnek.



A SÖRÉLESZTŐ TÁPANYAG IGÉNYE

MIRE VAN SZÜKSÉGE A SÖRÉLESZTŐNEK?



○ Szénhidrátok

- monoszacharidok: glükóz, fruktóz
- diszacharidok: maltóz, szacharóz
- triszacharidok: maltotrióz, raffinóz
- mannóz, galaktóz, xilulóz

A sörélesztők nem erjesztik a laktózt!

○ Nitrogén

- szerves: aminosavak, peptidok, aminok, pirimidinek, purinok
- szervetlen: ammónium sók

A sörélesztők nem hasznosítják a nitrátokat és nitriteket!

○ Ásványi anyagok

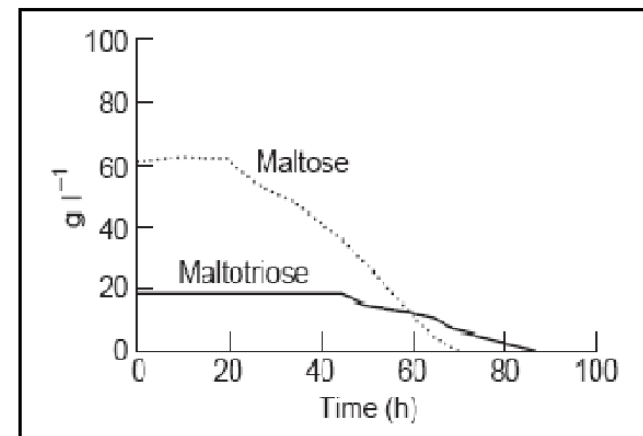
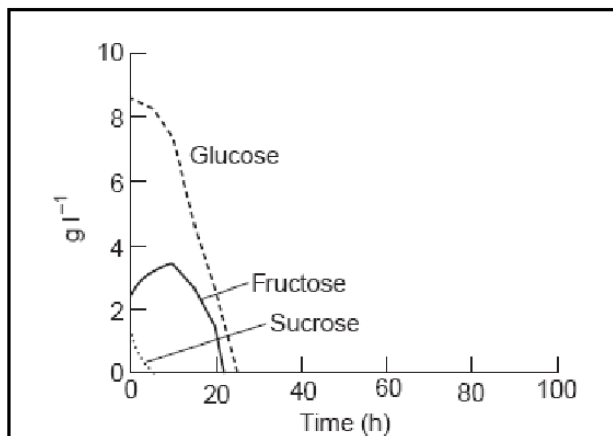
- Kén: szerves és szervetlen formában is
- Kálium, magnézium, vas, mangán, kalcium, réz, kobalt, bór, nikkel, molibdén, *cink*



A SÖRÉLESZTŐ SZÉNHIDRÁT ANYAGCSERÉJE I.

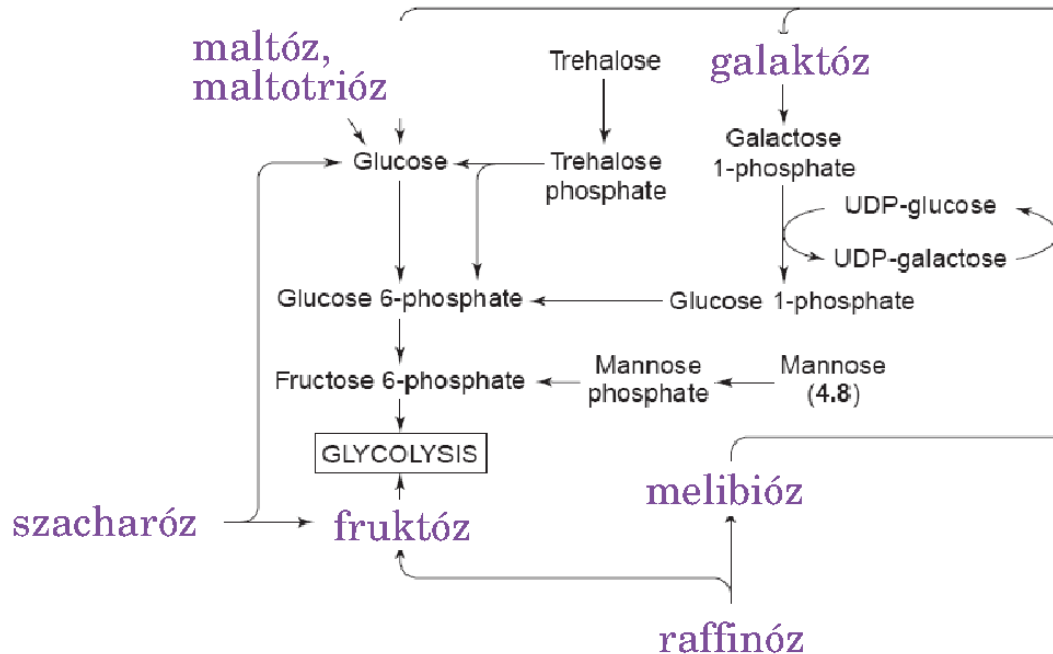
Szénhidrátok felvétele

- Monoszacharidok
 - glükóz, fruktóz: **diffúzióval**
- Diszacharidok
 - szacharóz: invertáz hidrolizálja a sejtfal közelében glükózzá és fruktózzá
 - maltóz: **maltózpermeáz szállítórendszerrel**
- Triszacharid
 - maltotrióz: **maltotriózpermeáz szállítórendszerrel**



A SÖRÉLESZTŐ SZÉNHIDRÁT ANYAGCSERÉJE

Különböző szénhidrátok belépési pontja a glikolízisbe



MIRE VAN SZÜKSÉGE A SÖRÉLESZTŐNEK?



Növekedési faktorok

○ Minden sörélesztő törzsnek szükséges:

- biotin
- pantoténsav

○ Felsőerjesztésű sörélesztő törzseknek szükséges:

- B₁ vitamin (tiamin)
- p-aminobenzoésav

○ Szigorúan anaerob körülmények között szükséges:

- ergoszterin

○ Egyes sörélesztő törzseknek szükséges:

- inozit

○ Nem szükséges:

- nikotin sav, B₂ vitamin (riboflavin), B₆ vitamin (piridoxin), folsav

A SÖRÉLESZTŐ NITROGÉN ANYAGCSERÉJE I.

Először a könnyen asszimilálható nitrogénforrásokat veszik fel a sejtek → *nitrogén katabolit represszió*

Ammónium ion: általában előnyt élvez a szerves nitrogén forrásokkal szemben.


- kis és nagy affinitású transzport rendszer

DE! sörélesztők esetében **egyes aminosavak** élveznek előnyt!

Urea: legtöbb törzs képes hasznosítani

- kis és nagy affinitású transzport rendszer

Aminosavak: többféle transzporter segítségével veszik fel a sejtek

- GAP: közös aminosav permeáz széles specificitással
 - Ammonium ionok, aszparagin és glutamin gátló hatású lehet!
 - 12 konstitutív és 4 nitrogén által gátolt aminosav szállító
- 

A SÖRÉLESZTŐ NITROGÉN ANYAGCSERÉJE II.

A csoport	B csoport	C csoport	D csoport
arginin	hisztidin	alanin	prolin
<i>aszparagin</i>	<u>izoleucin</u>	<i>ammónia</i>	
aszparaginsav	<u>leucin</u>	glicin	
glutaminsav	metionin	fenilalanin	
<i>glutamin</i>	<u>valin</u>	triptofán	
lizin		tirozin	
szerin			
treonin			



A SÖRÉLESZTŐ NITROGÉN ANYAGCSERÉJE

SZAN: SZabad α -**Amino**Nitrogén

A sörlé asszimilálható nitrogén tartalmához nagyobb mértékben járulnak hozzá az aminosavak, mint a polipeptidek, ezért a sörlevek SZAN tartalmát tartják meghatározónak az erjesztés zavartalan lezajlása szempontjából.



A SÖRÉLESZTŐ LIPID ANYAGCSERÉJE I.

A sörélesztő **zsírsavakat** és **szterineket** is hasznosít:

- sejtalkotók felépítéséhez: pl. *sejtmembrán*
- anyagcsere köztes termékek
- sejten belüli „kommunikációban”

Zsírsavak felvétele: diffúzióval

○ **Telítetlen zsírsavakra** nézve anaerob körülmények között auxotróf a sörélesztő! A fermentáció aerob fázisában szintetizálódnak. Membrán bioszintézisben van szerepük.

- A hiány másodlagos hatása: nagy mennyiségű észter termelése

Szterinek felvétele: csak anaerob körülmények között

A SÖRÉLESZTŐ LIPID ANYAGCSERÉJE II.

Telítetlen zsírsavak: szükségesek a zavartalan erjesztéshez.

- (1) Alacsony hőmérséklet befolyásolja a sejtmembrán fluiditását → nagyobb mennyiség lehet szükséges
- (2) Mitokondriumok megfelelő működéséhez kell.
- (3) Befolyásolja az észterek képződését.

Szterinek: sejtmembrán alkotói, befolyásolják annak fluiditását.



A SÖRÉLESZTŐ ION ANYAGCSERÉJE I.

Ion felvétel:

1. fázis: Bioszorpció: passzív folyamat; ionok koncentrálnak és megkötődnek a sejt felszínén (1) komplex képzéssel, (2) ioncserével, (3) adszorpcióval vagy (4) kicsapódással.

2. fázis: Bioakkumuláció: ionok transzportja a sejtmembránon keresztül a sejtbe. Aktív folyamat, ami proton szimporttal és K^+ kiáramlással jár.

A sejtbe bejutás után a fémionok (toxikus is lehet!) a vakuolumokba kerülnek.



A SÖRÉLESZTŐ ION ANYAGCSERÉJE II.

Kálium: szénhidrát anyagcserében és a sejt homesztázisának fenntartásában vesz részt, számos enzim kofaktora

Magnézium: sejtnövekedéshez szükséges, részt vesz a szénhidrát anyagcserében, több, mint 300 enzim kofaktora, szerepe van a stresszválaszokban (etanol)

Foszfátok: nagy jelentőséggel bírnak, mint pl. az ATP és ADP alkotói.

Vas, réz: kis mennyiségben is képesek fiziológiailag serkentően hatni, szerepük van a légzésben.

Cink: elősegíti a fehérjeszintézist és a sejtszaporodást, alkohol-dehidrogenáz kofaktora (4 Zn!), elősegíti a maltóz és maltotrióz felvételét, valamint a flokkulációt.



A SÖRÉLESZTŐ KÉN ANYAGCSERÉJE

A kén a kén-tartalmú aminosavak szintéziséhez kell.

- A sörlében jelen van, de felvétele a sejtbe nem elégséges az erjesztés elején.

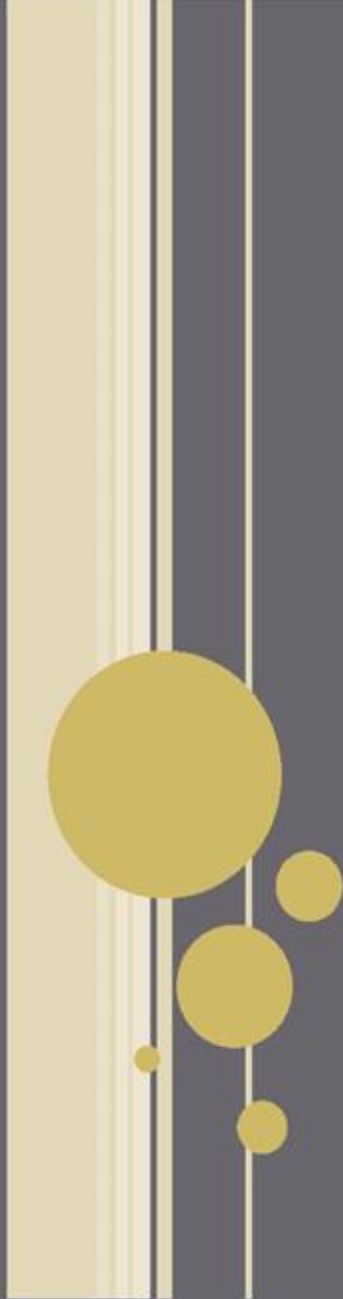
Lassú felvétel → hiány a sejten belül → SO_4^{2-} -t használ a sejt → redukálódik: S^{2-} → visszakerül a sörlébe → **H₂S** keletkezik belőle

5 µg/l: módosítja a sör aromáját

100 µg/l: záptojás szag/íz

Meraptánok, DMS





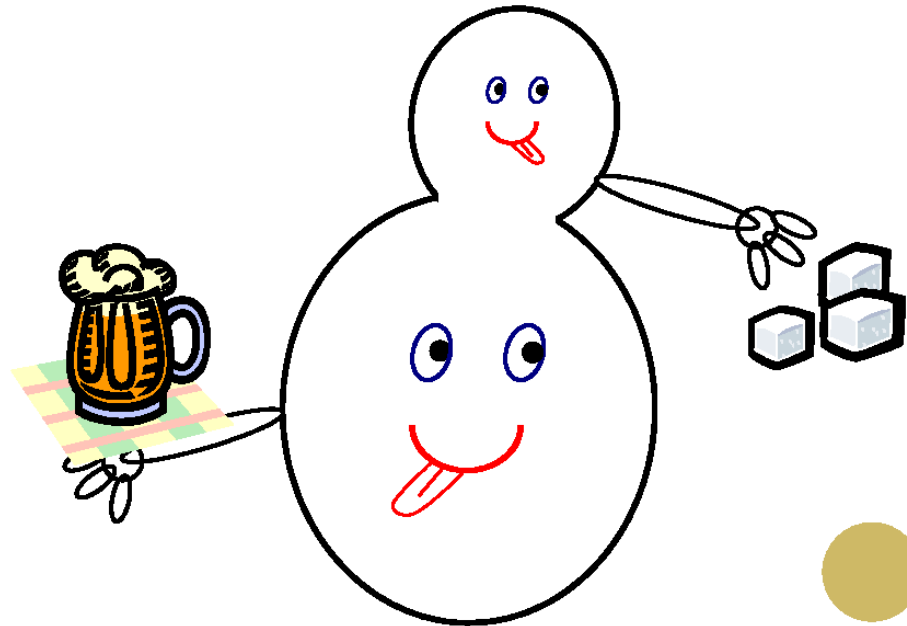
A SÖRÉLESZTŐ 2.

Aromatermelés a fermentáció során

A SÖRÉLESZTŐ „FELADATA”



- savak
- észterek
- kozmaolajok
- „egyebek”



AROMAANYAGOK EREDETE

Meghatározó: *maláta-* és *komló*eredetű vegyületek

Legfontosabb: **sörélesztő** tevékenységéből eredő vegyületek.

- etanol: „melegítő, felmelegítő”
- szén-dioxid: „nyelv bizsergető, szúrós”
- **élesztő anyagcsere-termékek,**

amelyek *észlelhető koncentrációban* vannak jelen (=„ízaktív”)

Képződő aroma vegyületek egyensúlyát az **élesztő törzs típusa** és a **sörlé összetétel** kombinációja adja.

Hozzájárulnak az erjesztési körülmények is.



AROMAANYAGOK A SÖRBE

Több száz detektált vegyület.

Ízérzékelési küszöb: az a koncentráció, amit az esetek 50%-ban detektálnak.

Értéke 13 g/l (etanol) és 0,07 ng/l (amil merkaptán) is lehet.

Pozitív vegyületek

1. etanol
2. komló keserűség
3. szén-dioxid
4. izoamil acetát („banán” észter)
5. etil acetát („alma” észter)
6. kozmaolajok (magasabb rendű alkoholok)

Negatív vegyületek

1. kénes (dimetil szulfid+hidrogén szulfid)
2. vajkaramellás (diacetil)
3. állott (transz-2-nonenal)

Fontossági sorrend!

SZERVES SAVAK

- Savanyú és sós ízt kölcsönöznek a sörnek
- Hozzájárulnak a pH csökkenéshez
- Forrásuk: citrát kör vagy az aminosavak lebontása

Szerves savak a sörben

Piroszólósav: 100-200 ppm

Citromsav: 100-150 ppm

Almasav: 30-50 ppm

Borkósav: 50-150 ppm

Tejsav: 50-300 ppm

Oxo-savak

α -acetolaktát, α -acetohidroxi sav: diacetil és 2,3-pentándion elővegyületei!



ZSÍRSAVAK

- Kellemetlen ízt okoznak és gátolják a habképződést
- Sörlében a közepes szénláncú zsírsavak (C_{16} - C_{18}) vannak jelen, amit felváltanak a rövidebb szénláncúak (C_6 - C_{10}) a sörben.
- Alkohol stressz vagy sejthalál, autolízis eredményeként kerülhetnek a sörbe.



KOZMAOLAJOK = MAGASABB RENDŰ ALKOHOLOK*

A sörben több, mint 40 féle kozmaolajat azonosítottak. Érzékszervileg fontos kozmaolajak, ízérzékelési küszöb feletti 100-200 ppm – koncentrációban vannak jelen:

- n-propanol,
- izo-butanol,
- optikailag aktív amil-alkohol (2-metilbutanol)
- izoamil-alkohol (3-metilbutanol)

Az alkohol ízét és aromáját teszik intenzívebbé, különösen a „melengető” hatást.

További alkoholok:

- 2-feniletanol (aromás alkohol): rózsás, virágos aroma
- glicerin (1-2 g/l): sör testességéhez járul hozzá

*4-10 szénatomot tartalmazó alkoholok

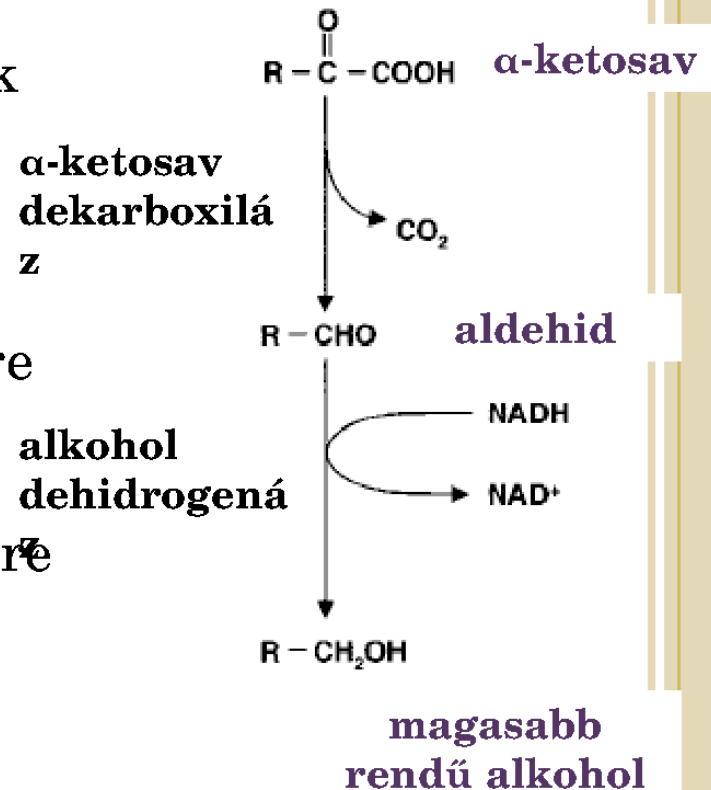
KOZMAOLAJOK = MAGASABB RENDŰ ALKOHOLOK

Szerepük

1. Sör ízéhez, aromájához járulnak hozzá
2. Észterek elővegyületei

Szintézisük

1. Felépítő (anabolikus) anyagcsere úton: *de novo* szénhidrátból piroszőlősavon keresztül
2. Lebontó (katabolikus) anyagcsere úton: aminosavak asszimilációjának melléktermékeként



ÉSZTEREK

A sör fő aromahordozói. Gyümölcsös, oldószeres ízük-aromájuk van.

Több, mint 100 féle észter vegyületet azonosítottak sörből.

- etil-acetát: gyümölcs, oldószeres (8-12 ppm)
- izoamil acetát: banán, alma (1-1,5 ppm)
- izobutil acetát: banán, gyümölcs (0,03-0,05 ppm)
- etil kaproát: alma, ánizs
- 2-feniletil acetát: rózsa, méz, alma



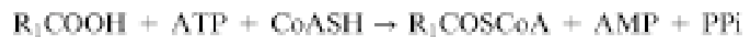
ÉSZTEREK

Képződésük

Elméletileg: etanol/magasabb rendű alkohol + szabad zsírsav

Gyakorlatilag: alkohol + zsírsav acil KoenzimA észter vagy észterbontó enzimek (észterázok) reverz reakciója

Szintézisük energiafelhasználással jár a sejt szempontjából, ami fontosságára utal.



acil KoenzimA szintetáz



alkohol acil transzeráz



KARBONIL VEGYÜLETEK: ALDEHIDEK ÉS VDK

Mintegy 200 féle karbonil vegyületet azonosítottak sörökből.

Főbb képviselői:

- acetaldehid
- egyéb aldehidek
- vicinális diketonok

Kellemetlenek a sör minőségének szempontjából, ezért fontos szabályozni a képződésüket és elősegíteni a redukciójukat.



ALDEHIDEK

Az aldehidek ízérzékelési küszöbe lényegesen alacsonyabb, mint az azonos szénatom számú alkoholé.

Kellemetlen ízt okoznak: fű jellegű, gyümölcsös, zöld levél, kartonpapír. A sörlé aromájára jellemző az aldehides jelleg, ezért az alkoholmentes és –szegény sörök egyik jellegzetessége.

Képződésük:

- cefrézés és komlóforralás során
- magasabb rendű alkohol képződésének felépítő (anabolikus) és lebontó (katabolikus) anyagcsere útjai során
- kén-dioxiddal képezhetnek vegyületeket, melyek enzimes úton nem bonthatók le.

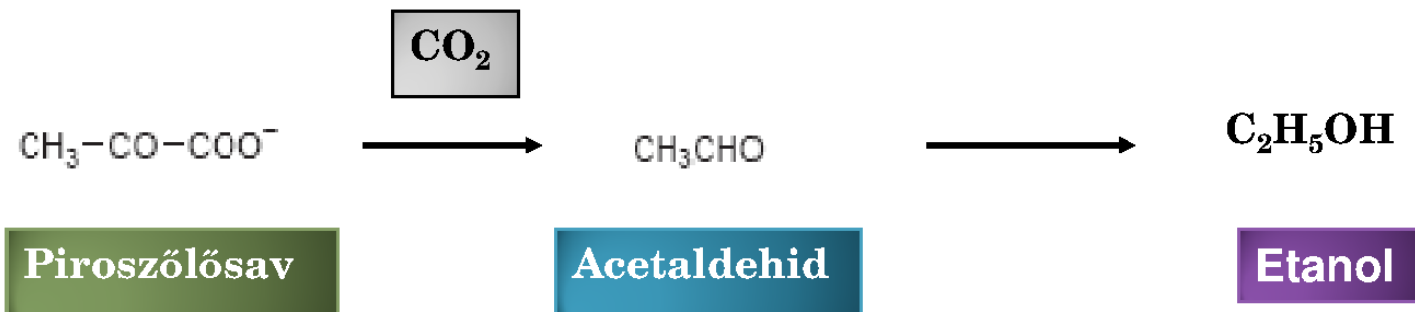
Lebontásuk:

Összetett, több enzimes folyamat. Alkohol dehidrogenáz a fő résztvevő enzim. Az erjesztő anyagcserét folytató élesztő hatékonyabban bontja, mint a légzést folytató.

ACETALDEHID

A sör szempontjából legfontosabb aldehid. Az etanol és az acetát képződés köztes anyagcsere terméke. A fickósör jellegzetes aromáját adja.

Az élesztő aktív növekedési szakaszában termelődik, az erjesztés elején, annak középső szakaszáig. Amikor a sejtek elérik a stacionárius fázist, csökken az aktivitása.



ACETALDEHID

Sörben előforduló nagy acetaldehid koncentráció okai:

- (1) a nagy élesztőadag
- (2) a magas erjesztési hőmérséklet és
- (3) az elégtelen levegőztetés
- (4) rossz minőségű, stresszes élesztő
- (5) korán kiülepülő élesztősejtek
- (6) elakadt erjesztés, mert a sejteket is mérgezi az acetaldehid

Az etanol toxikusságának egy részéért is valószínűleg az acetaldehid felel. Bizonyíték: tápközeghez adott etanol kevésbé toxikus, mint a sejt által termelt.



KÉNTARTALMÚ VEGYÜLETEK

Számos szerves és szervetlen kéntartalmú vegyület található a sörben, melyek közvetlenül és közvetve is befolyásolják az ízt.

Legtöbbjük a sörléből származik, de néhányra az élesztő anyagcseréje is hatással van.

H_2S : kénhidrogén, SO_2 : kén-dioxid

Alacsony koncentrációban elfogadható egyes sörökben, de nagyobb mennyiségben kellemetlenek.

Pozitív hatás is ismert. SO_2 hozzákapcsolódhat olyan karbonil vegyületekhez, melyek az állott sör ízt okozza (acetaldehid, transz-2-nonenal), ezáltal hozzájárul a termék ízstabilitásához. Természetes antioxidánsként is hat.

KÉNTARTALMÚ VEGYÜLETEK - DMS

Nagy koncentrációban kellemetlen főtt kukorica ízt eredményez, de kisebb mennyiségben elfogadható.

Ízérezékelési küszöbe 30 ppb.

Felsőerjesztésű sör: nincs jelentősége.

Alsóerjesztésű sör: 30-100 ppb. Hozzájárul a jellegzetes „lager” aromához.

Hogyan kerülhet a sörbe?

- 1) Hő hatására S-metil-metioninból (SMM).
- 2) Redukcióval dimetil-szulfoxidból (DMSO), az élesztő által

Az SMM a malátából származik. DMS és DMSO is képződik a zöldmaláta aszalása során, de jelentősebb mennyiségben csak akkor, 60°C alatt történik.

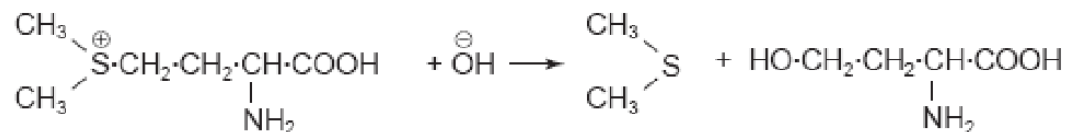


KÉNTARTALMÚ VEGYÜLETEK - DMS

DMS: illékony

DMSO: hőstabil, nem változik a cefrézés és komlóforralás alatt

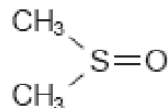
Sörlében az SMM, DMS és DMSO keveréke van, arányuk függ az alapanyagtól és a sörlé előállítás körülményeitől.



**S-metil
metionin**

Dimetil szulfid Homoszerin

oxidáció \rightleftharpoons redukció



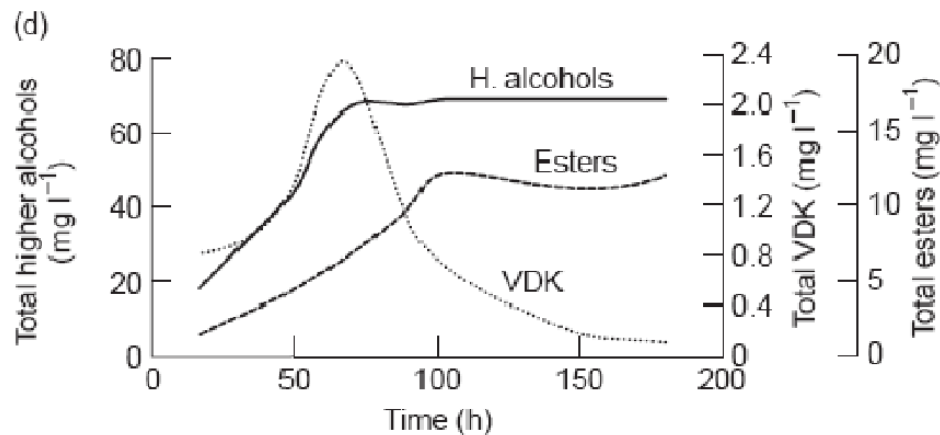
**Dimetil
szulfoxid**



VICINÁLIS DIKETONOK: DIACETIL ÉS 2,3-PENTÁNDION

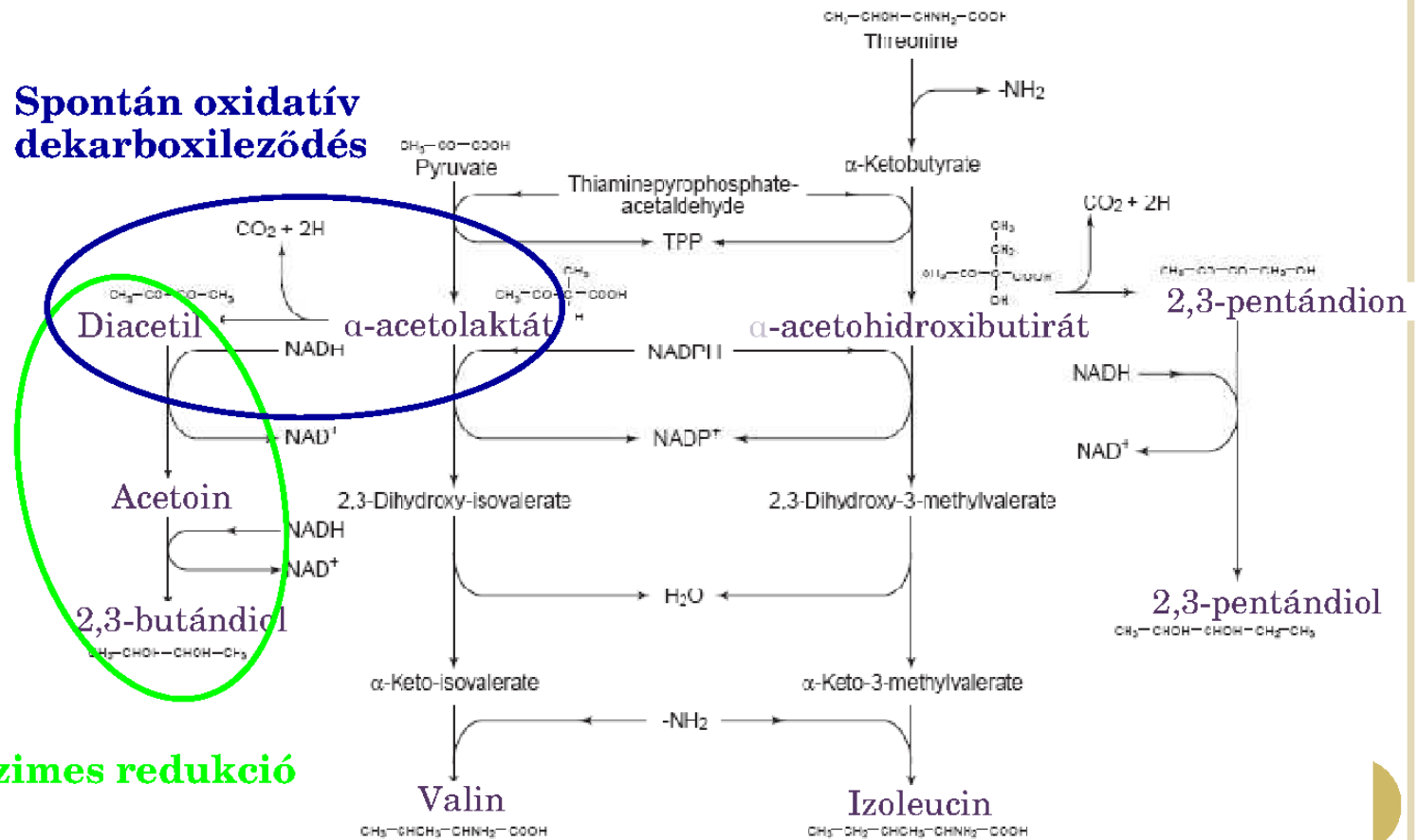
Kellemetlen édes, vajkaramellás ízt adnak, ami rendkívül idegen a sör ízétől.

Alacsony az ízküszöb értékük: 0,15 és 0,9 ppm



VDK KÉPZŐDÉS ÉS REDUKCIÓ

Spontán oxidatív dekarboxileződés

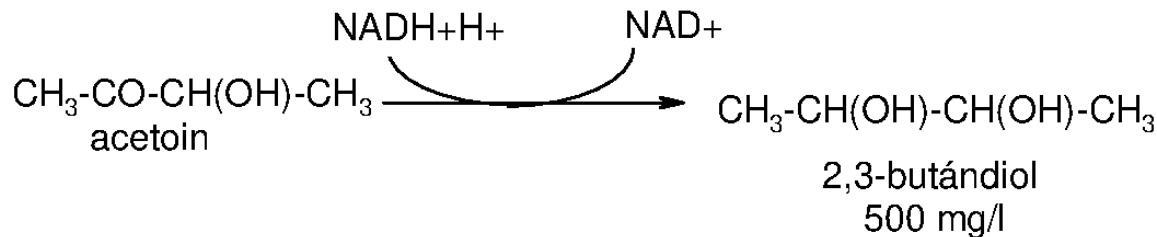
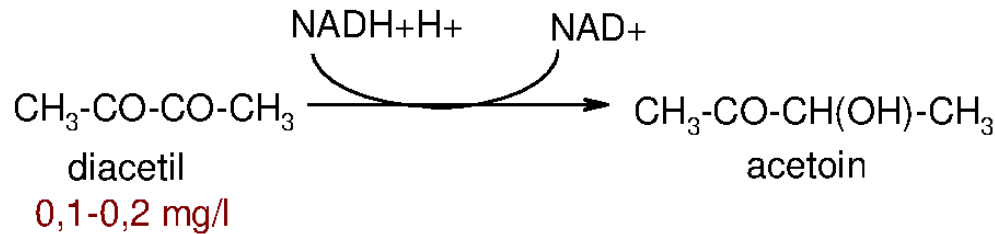
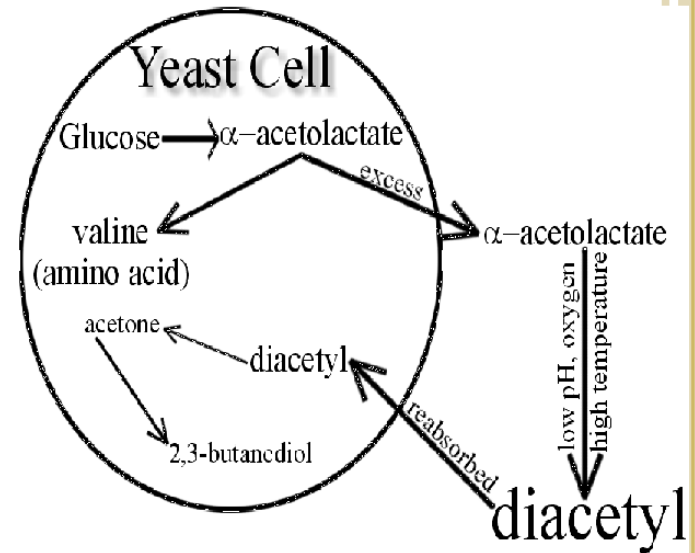


Enzimes redukció

DIACETIL LEBONTÁS

Diacetil redukciója:

- o diacetil reduktáz (DR)
- o alkoholdehidrogenáz (ADH)





Köszönöm szépen a figyelmet!

