

# Sörgyártás mint biotechnológiai folyamat II.

Bedő Soma

Mezőgazdasági iparok

Dr. Kun- Farkas Gabriella előadása  
alapján

2019.03.27

# DEFINÍCIÓ

## MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV 2-702 IRÁNYELV

### ○ Sör

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



## 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 <sub>1</sub> -vitamin | 150-750 µ/l   |
| Nátrium       | 30 mg/l         | B <sub>2</sub> -vitamin | 300-500 µ/l   |
| Kalcium       | 35 mg/l         | B <sub>6</sub> -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 ( $\alpha$ -sav), komló olajok, polifenolok**





## A SÖRFŐZŐ VÍZ



## VÍZ A SÖRGYÁRTÁSBAN

| Felhasználás területe         | Vízfelhasználás<br>hl víz/hl kész<br>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) m<sup>3</sup>/ 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<br>(mg/l)       | Sörtípus              |                         |                        |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
|                               | Világos ale<br>Burton | Világos lager<br>Pilsen | Barna lager<br>München |
| Ca <sup>2+</sup>              | 268                   | 7                       | 76                     |
| Mg <sup>2+</sup>              | 62                    | 2                       | 18                     |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 280                   | 14                      | 152                    |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 638                   | 5                       | 10                     |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 31                    | -                       | -                      |
| Cl <sup>-</sup>               | 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.

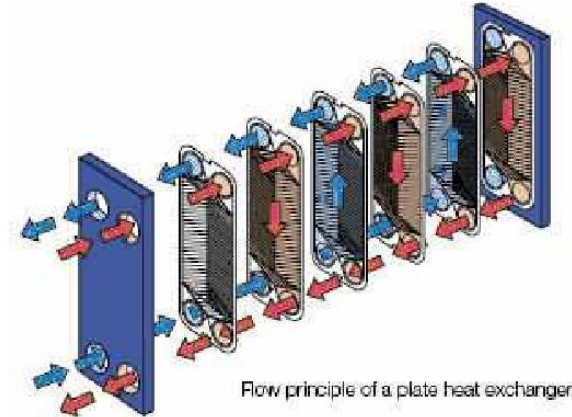
...szignifikánsan gyorsítja az erjedést.

...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

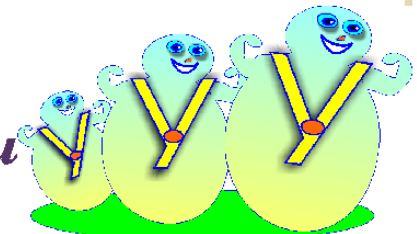
Taxonómia, jellemzés

# 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:

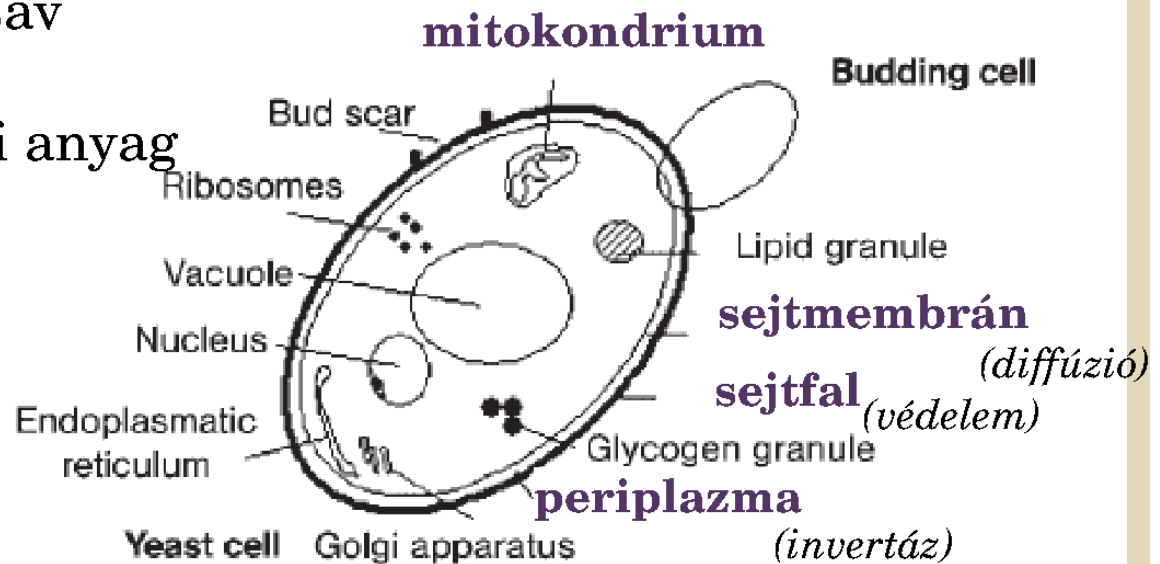
*S. cerevisiae* + *S. monacensis* v. *S. bayanus*

# 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.

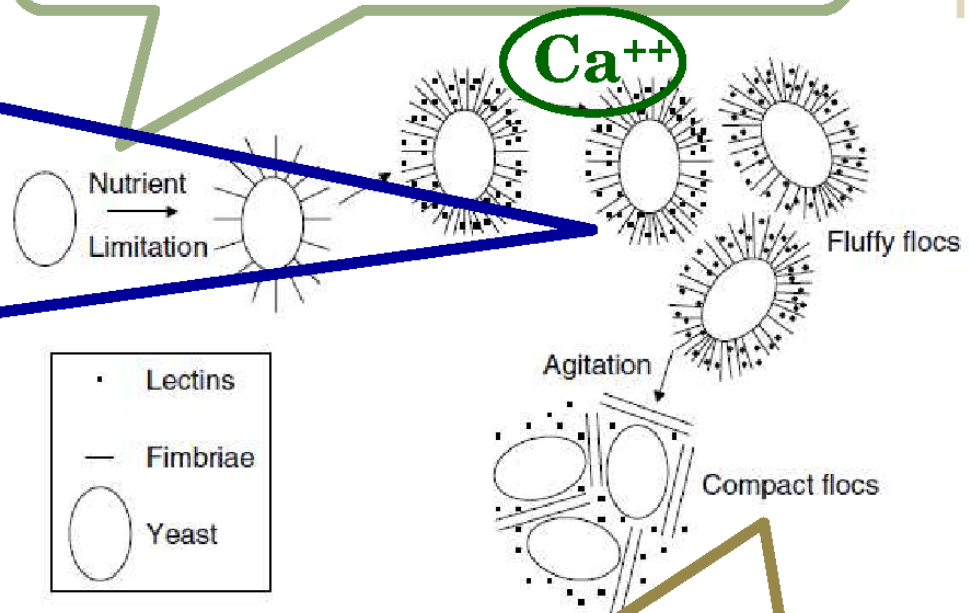
Nem flokkuláló (por-) élesztő: finoman eloszolva lebegnek



# 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
- triszachardiok: maltotrióz, raffinóz
- mannóz, galaktóz, xilulóz

*A sörélesztők nem erjesztik a laktózt!*

## ○ Nitrogén

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

*A sörélesztők nem hasznosítják a nitrítet és nitrátokat!*

## ○ Ásványi anyagok

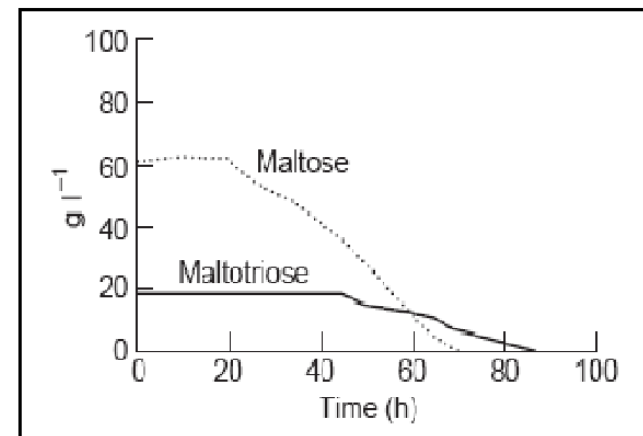
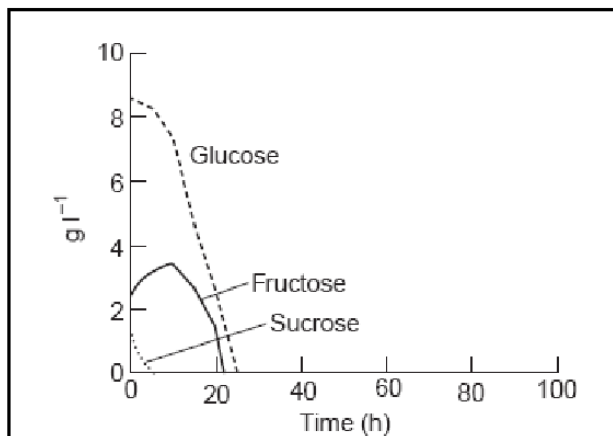
- Kén: szerves és szervetlen formában is
- Kálium, magnézium, vas, mangán, kalcium, réz, kobalt, bór, nikkel, molibdén, *cink*



# A SÖRÉLESZTŐ SZÉNHIDRÁT ANYAGCSERÉJE I.

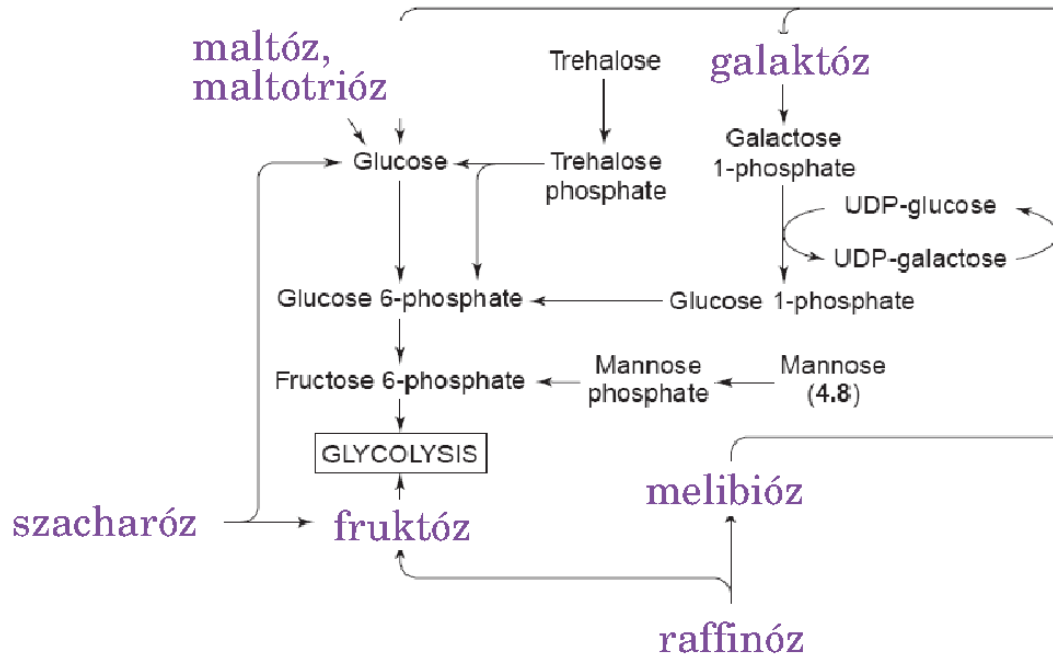
## Szénhidrátok felvétele

- 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:

- B<sub>1</sub> vitamin (tiamin)
- p-aminobenzoésav

### ○ Szigorúan anaerob körülmények között szükséges:

- ergoszterin

### ○ Egyes sörélesztő törzseknek szükséges:

- inozit

### ○ Nem szükséges:

- nikotin sav, B<sub>2</sub> vitamin (riboflavin), B<sub>6</sub> 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.

| <b>A csoport</b>  | <b>B csoport</b> | <b>C csoport</b> | <b>D csoport</b> |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| 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 $\alpha$ -AminoNitrogén

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.

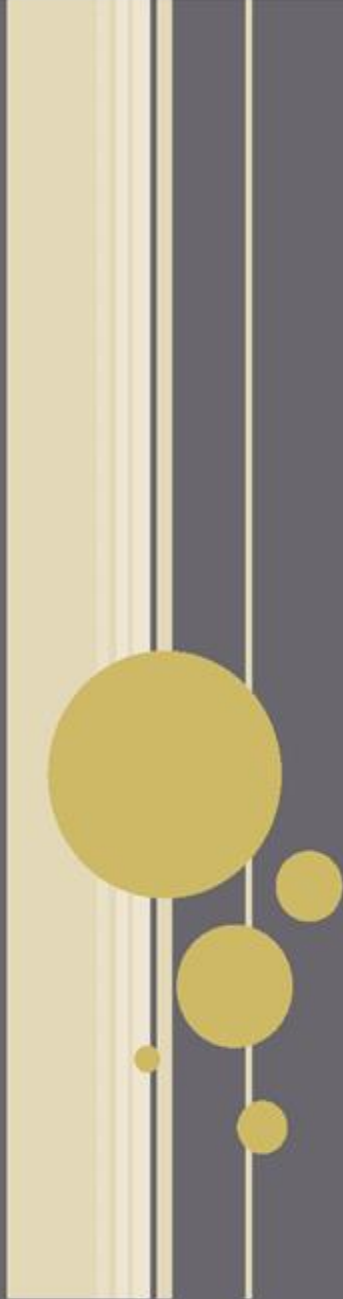
Lassú felvétel → hiány a sejten belül →  $\text{SO}_4^{2-}$  -t használ a sejt → redukálódik:  $\text{S}^{2-}$  → visszakerül a sörlébe → **H<sub>2</sub>S** keletkezik belőle

5 µg/l: módosítja a sör aromáját

100 µg/l: záptojás szag/íz

Meraptánok, DMS





## A SÖRÉLESZTŐ 2.

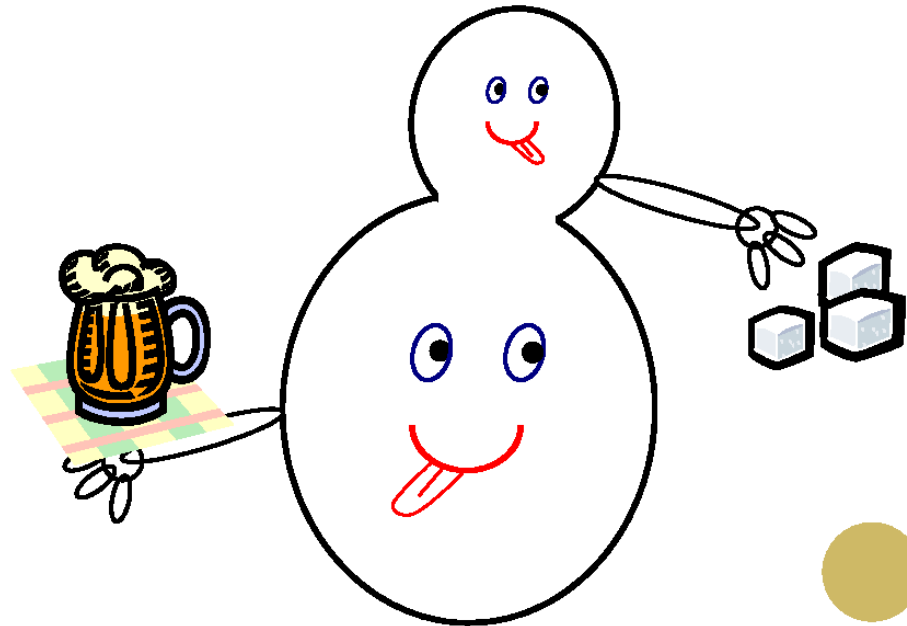
Aromatermelés a fermentáció során



## 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**

$\alpha$ -acetolaktát,  $\alpha$ -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

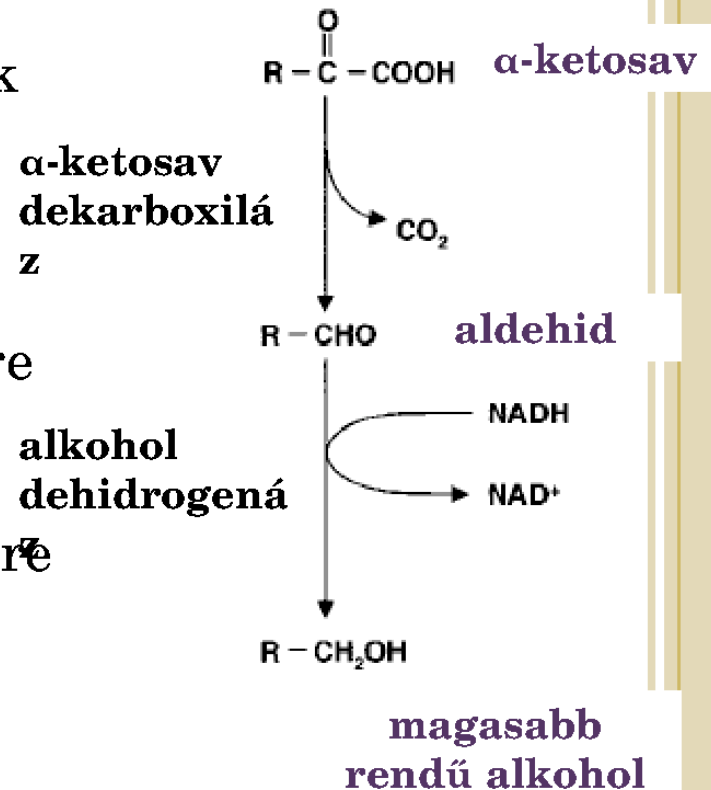
# KOZMAOLAJOK = MAGASABB RENDŰ ALKOHOLOK

## 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





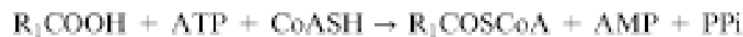
# ÉSZTEREK

## 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:**

- cefrőzés 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.

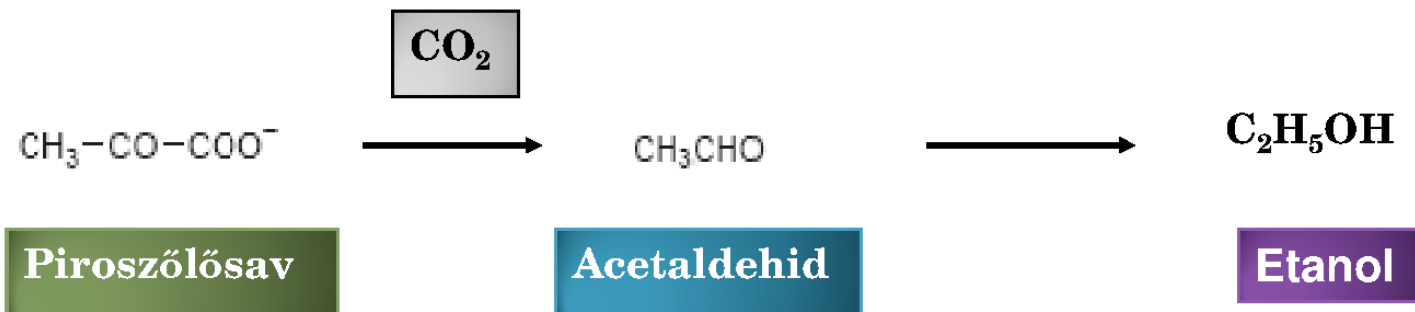
### **Lebontásuk:**

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 kiülepedő 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.

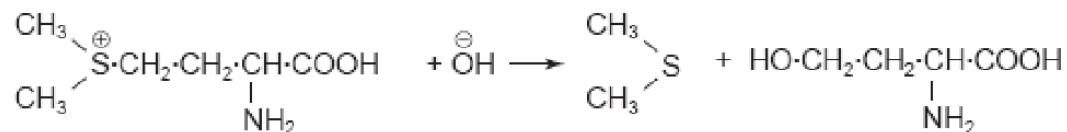


# KÉNTARTALMÚ VEGYÜLETEK - DMS

DMS: illékony

DMSO: hőstabil, nem változik a cefrézés és komlóforralás alatt

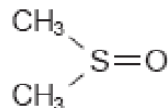
Sörlében az SMM, DMS és DMSO keveréke van, arányuk függ az alapanyagtól és a sörlé előállítás körülményeitől.



**S-metil  
metionin**

**Dimetil szulfid Homoszerin**

oxidáció  $\rightleftharpoons$  redukció



**Dimetil  
szulfoxid**

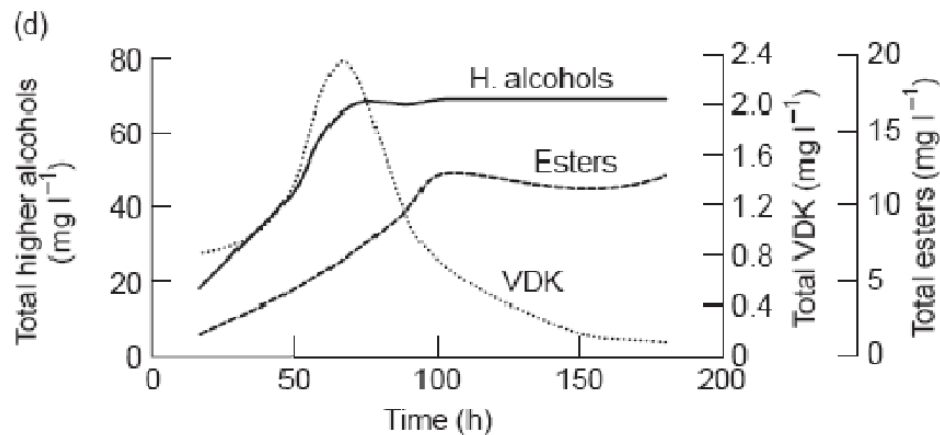




## VICINÁLIS DIKETONOK: DIACETIL ÉS 2,3-PENTÁNDION

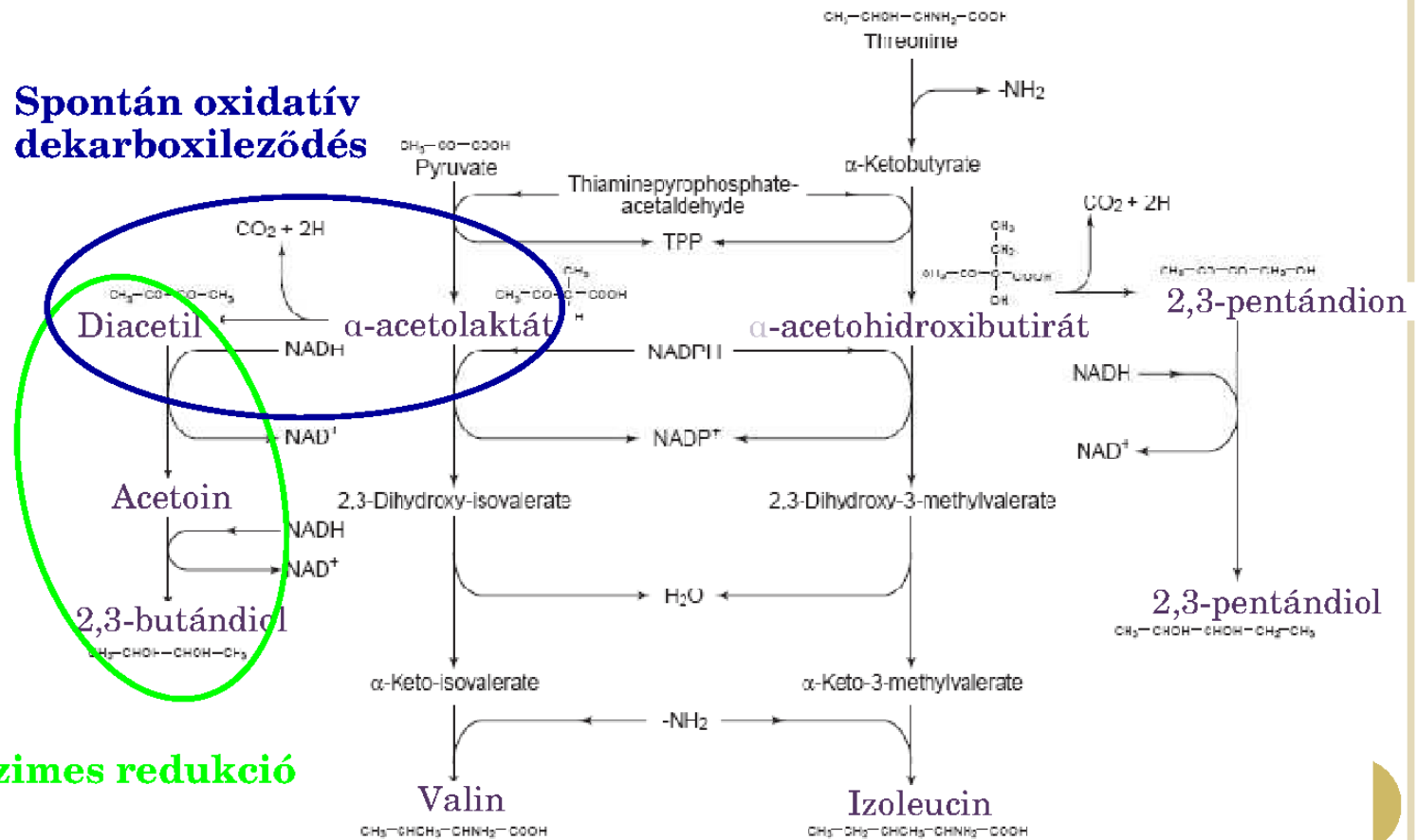
Kellemetlen édes, vajkaramellás ízt adnak, ami rendkívül idegen a sör ízétől.

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



# VDK KÉPZŐDÉS ÉS REDUKCIÓ

**Spontán oxidatív dekarboxileződés**

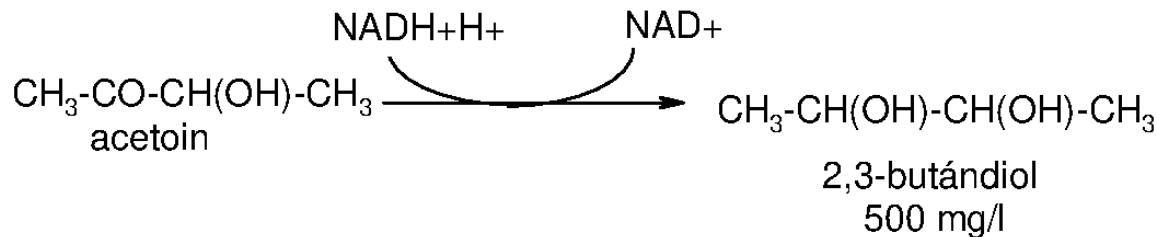
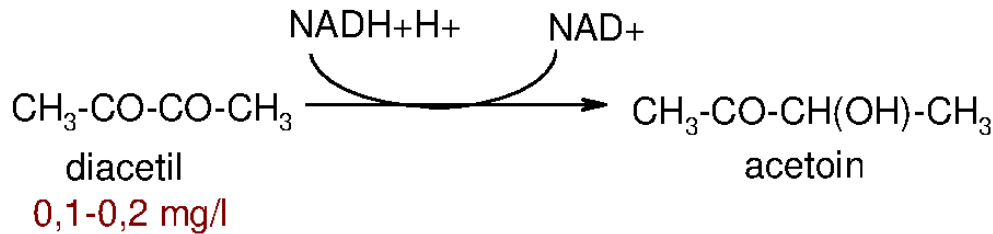
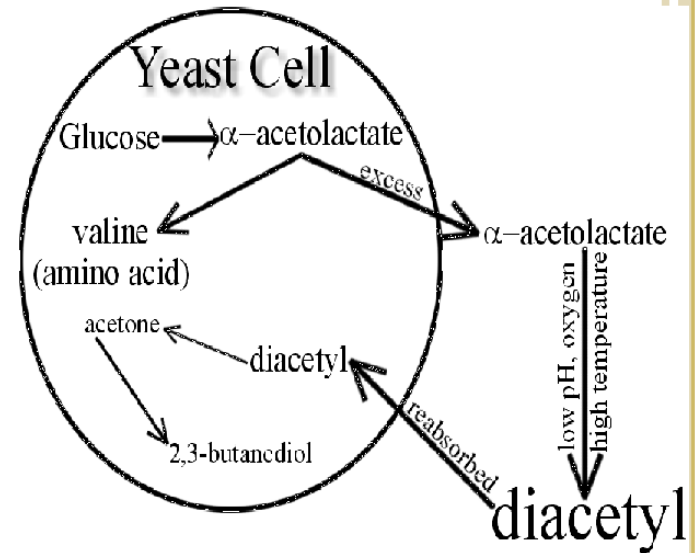


**Enzimes redukció**

# DIACETIL LEBONTÁS

Diacetil redukciója:

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





Köszönöm szépen a figyelmet!

