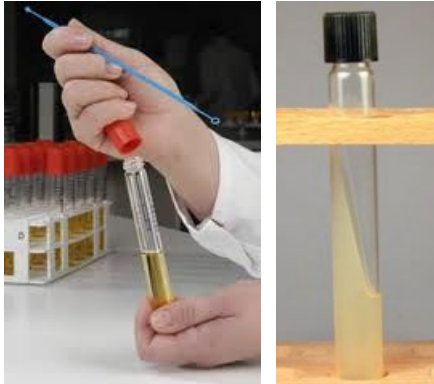
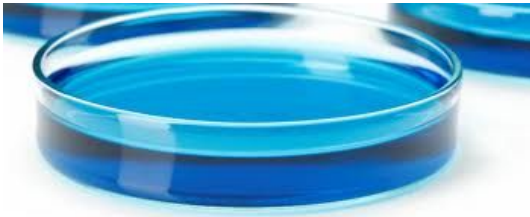


BIOTEHNOLOGIJA 2
akademska godina 2012/13.

IZVORI UGLJIKA I ENERGIJE

Dr.sc. Vlatka Petravić Tominac, docentica
vpetrav@pbf.hr





IZVORI UGLJIKA I ENERGIJE

- ❖ monosaharidi i oligosaharidi
- ❖ polisaharidi
- ❖ alkoholi
- ❖ karboksilne kiseline
- ❖ masti
- ❖ ugljikovodici
- ❖ ugljen
- ❖ plinoviti izvori ugljika i energije

PRIMARNE BILJNE SIROVINE

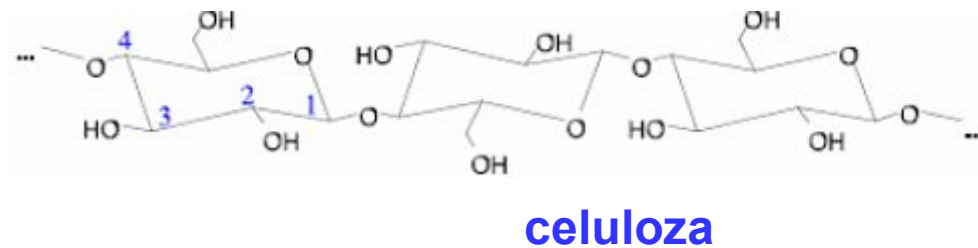
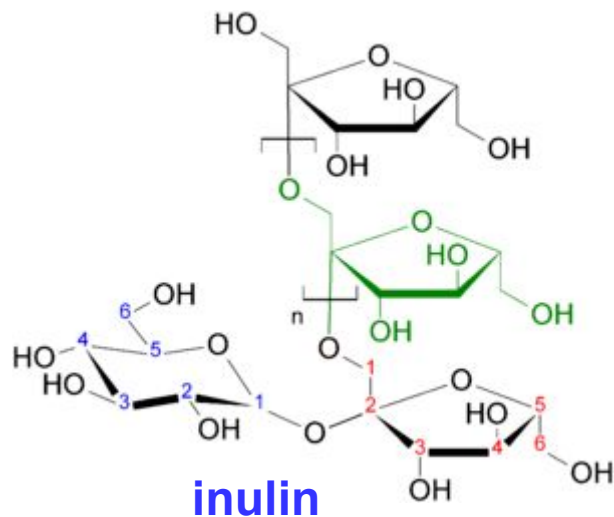
Primarne biljne sirovine su prije svega izvori energije i ugljika.



Grožđe i dr. voće sadrži: **monosaharide**, **disaharide**, druge **sastojke topljive u vodi**.

Nakon ukomljavanja → složene podloge koje podliježu alkoholnoj fermentaciji.

Polisaharidi (**škrob**, **inulin**, **celuloza**) - većina industrijskih mikroorganizama ne može ih koristiti kao izvore energije i ugljika → treba ih hidrolizirati do **mono - i oligosaharida**.



Provođenje hidrolize polisaharida



Kemijski
(pomoću kiselina ili lužina)



Biokemijski
(enzimski - prednost za
mikrobne procese!)



Enzimskoj hidrolizi prethodi priprema supstrata, tj. prevođenje polisaharida u vodotopljiv oblik ili priprema za ekstrakciju s vodom.

PRIPREMA ŽITARICA – 2 moguća načina:

ječam



1. Močenje i klijanje namočenog zrna

- u zrnu se sintetiziraju **hidrolitički enzimi**, a veći dio škroba prelazi u vodotopljiv oblik (proces **slađenja** ili **sladovanja**).
- prerada ječmenog, pšeničnog i prosenog zrna u slad (u proizvodnji piva i žitnih rakija).

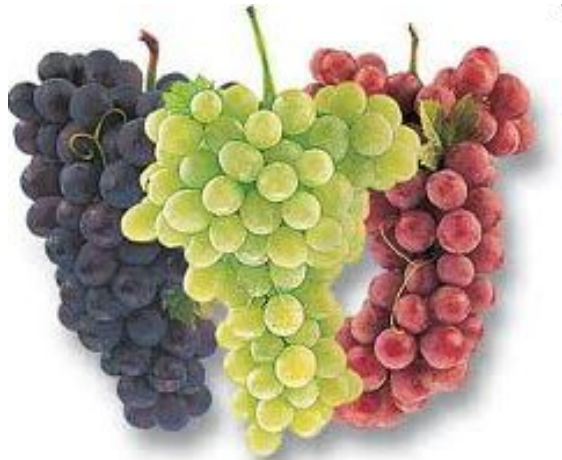
2. Močenje čitavog ili ukomljavanje usitnjenog zrna te zatim **toplinska obrada (kuhanje)** namočenog zrna ili komine

- škrob prelazi u škrobni lijepak (postupak **klajsterizacije**) i otapa se u vodi
- pri obradi svih neslađenih žitarica, gomoljika ili drugih biljnih sirovina koje sadrže škrob, inulin i celulozu (primjena za pripremu mikrobnih podloga ili za proizvodnju mono- i oligosaharida).

SEKUNDARNE BILJNE SIROVINE

- su **nusproizvodi dobiveni industrijskom preradom primarnih sirovina**, (poljoprivrednih proizvoda poput šećerne repe, kukuruza, soje, itd.)
- vrlo često mogu poslužiti ne samo kao **izvori ugljika** nego isto tako i kao **izvori dušika** i **drugih kemijskih elemenata** te nekih **faktora rasta**.
- obično su topljivi u vodi ili se njihovi vrijedni sastojci mogu ekstrahirati s vodom → mogu se primjeniti kao sastojci hranjivih podloga
- neke od njih (npr. melasa) ponekad zahtijevaju odgovarajući postupak obrade

- **Otpatci iz poljoprivredne i industrijske proizvodnje** - rijetko nalaze primjenu u mikrobnoj proizvodnji industrijskih proizvoda
- sadrže veliki broj različitih hranjivih sastojaka, pa su pogodni za samostalno odnosno kombinirano **siliranje** (biološki konzervirana krmiva), **kompostiranje** (biološka gnojiva) ili **proizvodnju bioplina** ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$).



MONOSAHARIDI | OLIGOSAHARIDI



MONOSAHARIDI I OLIGOSAHARIDI

D-glukoza

D-fruktoza

glukozni sirup

D-ksiloza

maltoza

saharoza

laktoza

složeni izvori glukoze, drugih šećera, dušikovih i mineralnih tvari

(sladni ekstrakt, drugi šećerni sirupi, hidrol, voće, grožđe, povrće, melasa, pulpa šećerne repe i trske, sulfitna lužina, hidrolizati drva, mlijeko, sirutka, ostali otpadni izvori ugljika)

glukoza
fruktoza
saharoza
maltoza



idealni izvori energije i ugljika za većinu biotehnoloških procesa



mikroorganizmi ih **lako asimiliraju i/ili fermentiraju**



Visoka cijena čistih šećera !

→ zato se češće primjenjuju:

- **prirodni izvori šećera** (voćne i groždane komine ili sokovi),
- **tekući šećeri** (šećerni sirupi iz kukuruza, ječma i krumpira, sladni ekstrakt),
- **sekundarni izvori** (melasa, hidrol, kukuruzna močevina) ili čak otpadni materijali (voćni trop, sulfitna lužina).



Glukoza i fruktoza su sastojci su svakog voća, a najviše ih ima u grožđu.

D-glukoza

DOBIVANJE:

- kiselinskom ili enzimskom hidrolizom škroba
- pojavljuje se na tržištu pod različitim nazivima

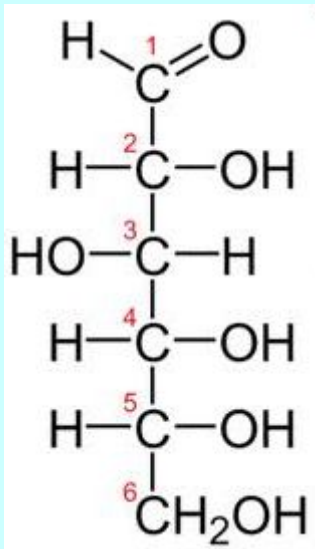
Glukoza i fruktoza su skuplje od saharoze! → čista glukoza ili glukozni sirup samo za proizvodnju skupljih proizvoda.

NAJČEŠĆE se koristi **glukoza-monohidrat**

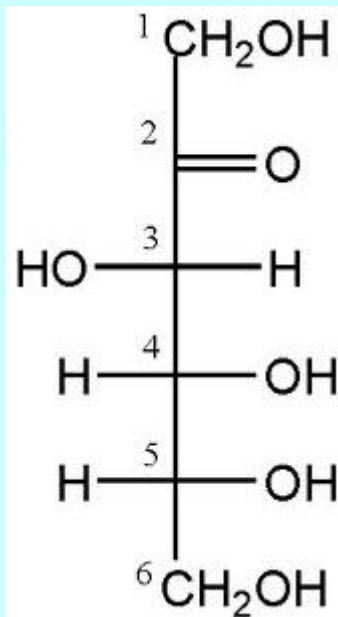
(stari naziv **dekstrozni monohidrat**).

Obratiti pažnju pri sterilizaciji glukoznih otopina koje sadrže **proteine, aminokiseline ili amonijeve ione te fosfate**

(nepoželjne reakcije - nastaju obojeni spojevi koje mikroorganizmi ne mogu asimilirati).



D-glukoza



D-fruktoza

D-fruktoza

DOBIVANJE: inverzijom saharoze
ili
izomerizacijom glukoze.

Čista fruktoza se ne primjenjuje kao sirovina u
industrijskim procesima,

ALI

u nekim slučajevima se koriste **visokofruktozni sirupi**
dobiveni izomerizacijom glukoznog sirupa (kada to
ekonomika procesa dopušta).

Glukoзни sirup

- komercijalni proizvod

SASTAV: 70 do 74 % suhe tvari, od toga **99 % glukoze**
(ovisno o proizvođaču i tipu proizvoda).

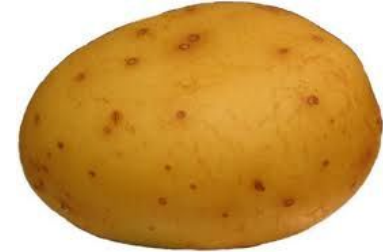
DOBIVANJE: kiselinskom, enzimskom ili
kiselinsko-enzimskom hidrolizom **kukuruznog** ili **krumpirovog škroba**.

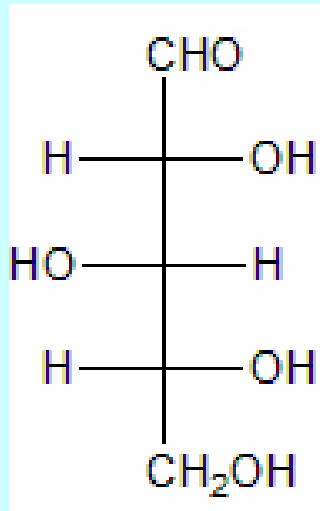
Udio glukoze u suhoj tvari sirupa ovisi o **dekstroznom ekvivalentu**
(tzv. **DE vrijednost** sirupa).

Dekstrozni ekvivalent je stupanj depolimerizacije škroba odnosno
redukcijska snaga glukoze u 100 g suhe tvari sirupa.

DE vrijednost čiste glukoze je 100.

Prema tome, što je DE vrijednost sirupa viša to znači da je udjel glukoze u
njemu veći.





D-ksiloza

D-ksiloza

- pentozni šećer

Gdje se može naći?

- u prirodi kao sastojak **hemiceluloze** (obnovljivi izvor ugljika!)
- u **sulfitnoj lužini** (otpad pri dobivanju celuloze).

U čistom obliku koristi se u hranjivim podlogama sa škrobom ili glukozom (služi kao induktor pri proizvodnji enzima glukoza-izomeraze).

Kluyveromyces marxianus

Pichia stipitis

Candida shehatae

Ovi kvasci mogu fermentirati ksilozu do etanola !

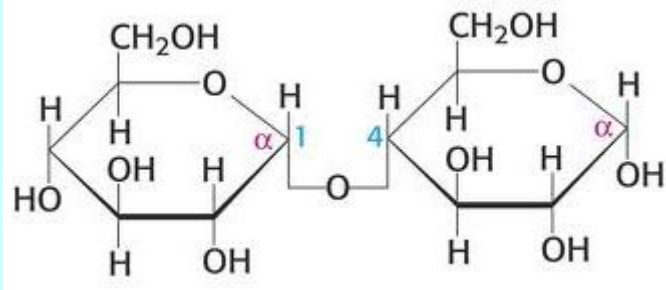
Saccharomyces cerevisiae

Candida tropicalis

Za ove kvasce potrebna je prethodna enzimska konverzija ksiloze u ksilulozu.



Maltoza



- reducirajući disaharid,
- sastavljen od dvije jedinice **D-glukoze** vezane **α -1,4-glikozidnom vezom**

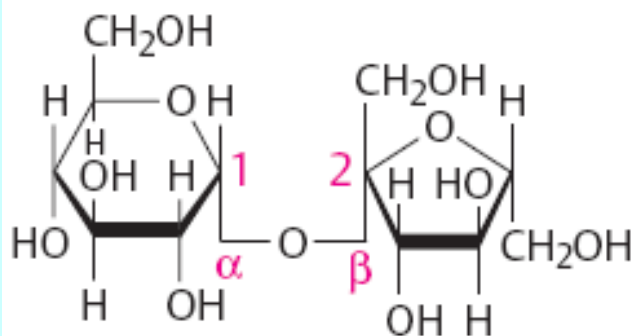
DOBIVANJE:

- proizvod enzimske razgradnje škroba
- može se dobiti u čvrstom ili tekućem obliku

Gdje se može naći?

- prisutna u svim šećernim sirupima i hranjivim podlogama čija priprema uključuje hidrolizu škrobnih sirovina

U biotehnološkoj proizvodnji ne primjenjuje se u čistom obliku (ekonomski razlozi !)



Saharoza

Nereducirajući disaharid,
D-glukoza i **D-fruktoza** spojene
 glikozidnom vezom između C-1
 glukoze i C-2 fruktoze.



DOBIVANJE: industrijskom preradom šećerne repe i šećerne trske, različitog stupnja čistoće.

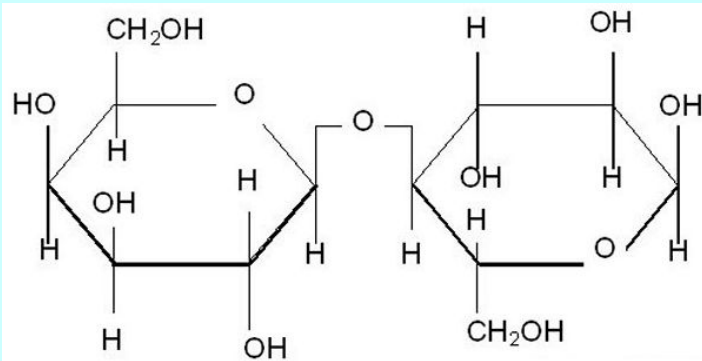
Za biotehnoške procese može se koristiti:

- sirovi (žuti),
- rafinirani (konzumni) šećer
- melasa (nuzproizvod šećerne industrije)



O stupnju čistoće saharoze ovisi za koji tip biotehnološkog proizvoda se ona može primjeniti.

Primjenom konzumne saharoze u submerznoj proizvodnji (npr. limunske i mliječne kiseline) lakši je postupak izdvajanja i pročišćavanja ovih kiselina za prehrambene svrhe.



Laktoza - reducirajući disaharid

- **D-glukoza i D-galaktoza** spojene **β -1,4-glikozidnom vezom**
- prirodni sastojak mlijeka sisavaca (3 - 8 %).



DOBIVANJE:- iz slatke sirutke, koja je nusproizvod pri proizvodnji sira
 - iskorištenje 70 % obzirom na laktozu prisutnu u sirutki, čistoća 90 do 95 %



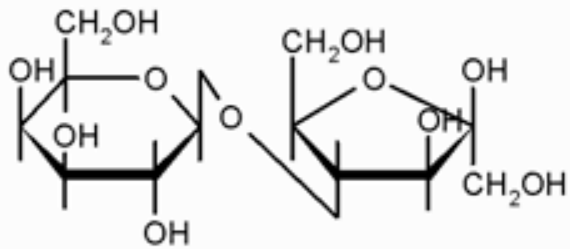
Noviji postupci: iz sirutke se prethodno izdvajaju proteini reverznom osmozom.

LAKTOZU MOGU ASIMILIRATI:

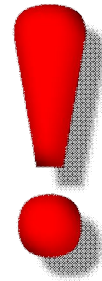
- samo neki **prokariotski mikroorganizmi** (**bakterije mliječne kiseline**, *Enterobacteriaceae* i nekoliko drugih)
- odabrani **kvasci** (*Kluyveromyces fragilis*) i **plijesni** (*Penicillium*).

Kao izvor ugljika u hranjivim podlogama laktoza pokazuje **minimalnu represiju** → može se primjenjivati u višim koncentracijama nego drugi šećeri !

Relativno se sporo asimilira → pogodan je izvor ugljika za proizvodnju sekundarnih metabolita (npr. penicilina, ili enzima, npr. alkalne proteaze).



laktuloza



Prilikom sterilizacije u složenim podlogama, laktoza djelomice prelazi u **laktulozu**, koja se ne može asimilirati → značajan gubitak (do 30 %).

SLOŽENI IZVORI GLUKOZE, DRUGIH ŠEĆERA, DUŠIKOVIH I MINERALNIH TVARI

Složeni prirodni supstrati

- koriste se često kao izvori ugljika za hranjive podloge (umjesto čistih monosaharida i oligosaharida)
- osim glukoze i drugih šećera sadrže dušične i mineralne tvari

sladni ekstrakt
grožđe
voće
povrće
mlijeko

potpune složene prirodne podloge
(pokrivaju sve potrebe mikroorganizama)

šećerni sirupi
melasa
hidrol
sulfitna lužina
hidrolizati drveta
sirutka itd.

upotrebljavaju se kao osnovni sastojci
također složenih, ali ipak na umjetni način
sastavljenih, hranjivih podloga

SLADNI EKSTRAKT (vodeni ekstrakt ječmenog slada)

- izvrstan složeni izvor ugljika za mnoge mikroorganizme

SASTAV suhog sladnog ekstrakta:

- **90 - 92 % ugljikohidrata:** heksoze (glukoza, fruktoza)
 - disaharidi (maltoza, saharoza)
 - trisaharidi (maltotrioza)
 - dekstrin
- **spojevi s dušikom:** proteini, peptidi, aminokiseline, purini, pirimidini
- vitamini
- faktori rasta

Hranjive podloge na bazi sladnog ekstrakta moraju se **pažljivo sterilizirati!**

Pregrijavanje → nepoželjne Maillard-ove reakcije:

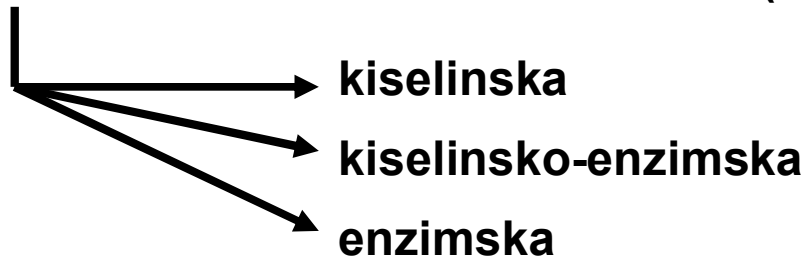
amino-skupine + karbonilne -skupine → smeđi kondenzacijski spojevi

(nepogodan supstrat za rast mikroorganizama → smanjenje prinosa).

DRUGI ŠEĆERNI SIRUPI

DOBIVANJE ŠEĆERNIH SIRUPA:

1. **hidroliza** različitih škrobnih sirovina (kukuruz, ječam, krumpir)



2. **uparavanje** dobivenih ekstrakata do 75 % suhe tvari ili više.

Udjel šećera (glukoza, maltoza, maltotrioza) ovisi o stupnju konverzije škroba u šećere.

S porastom stupnja konverzije odnosno DE vrijednosti raste fermentabilnost sirupa, a opada viskoznost.

Tzv. **visokofruktozni sirupi** dobivaju se izomerizacijom glukoze u fruktozu.

- visokofruktozni sirup sadrži do 50 % fruktoze i isto toliko glukoze
- primjena u pivarstvu (djelomična zamjena za slad)

HIDROL

- sirupasti ostatak pri proizvodnji glukoze iz škrobnih sirovina (žitna melasa)
- ima 50 do 55 % suhe tvari od čega je 68 do 78 % glukoze, a ostatak su nefermentabilni sastojci, uglavnom dekstrini i genciobioza
- primjena hidrola (fermola) u proizvodnji proteaza, penicilina i pekarskog kvasca



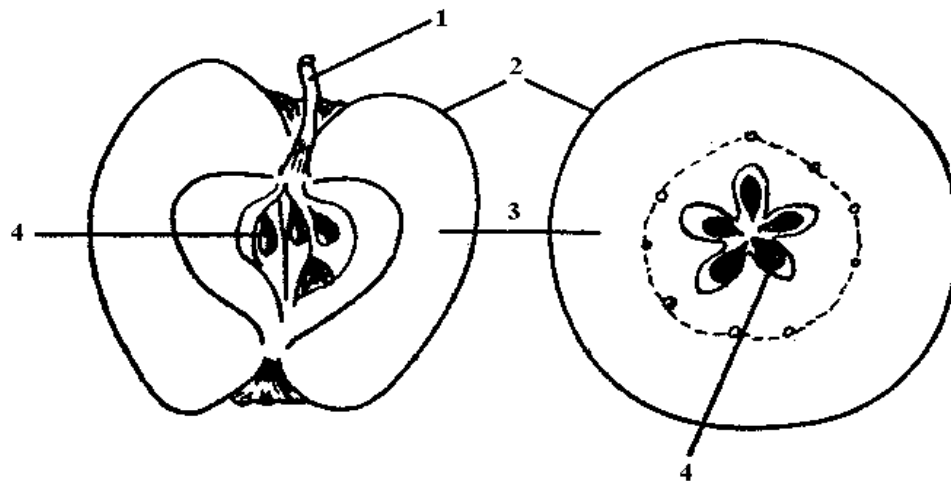


VOĆE

Plodovi različitog voća - dobar izvor ugljika i energije u hranjivim podlogama.

Sastav ploda voća (s tehnološkog stajališta):

peteljka, pokožice, meso i sjemenke ili koštice (slika 6.1.).



Građa ploda jabuke: 1 - peteljka,
2 - pokožica,
3 - meso,
4 - sjemenke

Najkorisniji je njegov mesnati dio, meso (mezokarp) koji se sastoji od rastresito povezanih stanica parenhima.

Stanice parenhima su obavijene staničnom stijenkom od pektinskih tvari i hemiceluloze, a ispunjene su sokom.

Kemijski sastav ploda voća:

anorganski i organski sastojci

najznačajniji
anorganski
sastojci

voda 75 - 90 % (ovisno o vrsti voća, klimatskim uvjetima u vrijeme berbe)

Velik udjel vode → ograničena trajnost voća

mineralni sastojci 0,15 do 80 %

- pretežno prisutni u obliku soli organskih kiselina

- **makroelementi** (K, P, Ca, S, Mg, Fe),

- **mikroelementi** (B, Mn, Zn, Cu, Mo, Co)

Šećeri (uglavnom **fruktoza**, **glukoza** i manje **saharoza**)

- voće je bogato šećerima, a njihov udjel i vrsta ovisi o vrsti, sortnim karakteristikama i tehnološkoj zrelosti voća.

Stupanj zrelosti plodova - povezan s udjelom organskih kiselina ili odnosom ukupnih šećera i ukupnih kiselina.

Voćni plodove sadrže najviše **limunske** i **jabučne kiseline**.

Voćni sok

(dobiva se tiještenjem čitavog ili usitnjenog voća)

Voćna kaša

(dobiva se a pasiranjem)

Potpune hranjive
podloge za mikrobnu
proizvodnju voćnih
vina i voćnih rakija!



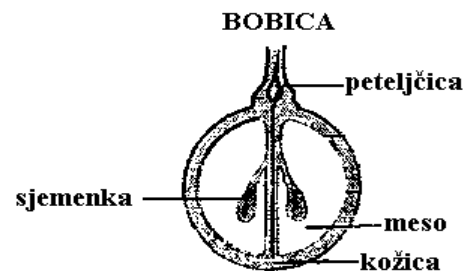
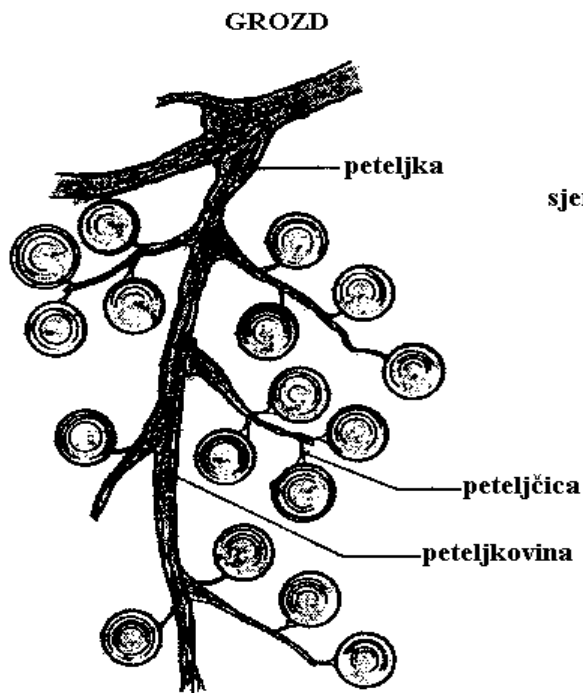
Volumen soka, tj. kaše ovisi o vrsti i
tehnološkoj zrelosti voća.

Nakon tiještenja voća dobivaju se voćni
sokovi i voćni trop.

Npr. tiještenjem jabuka dobiva se jabučni trop (do 80 % vode) - zbog povoljnog kemijskog sastava suhe tvari može se iskoristiti kao sirovina za dobivanje biotehnoloških proizvoda (npr. krmna biomasa, etanol, enzimi).

GROŽĐE

- bobičasti plod vinove loze (*Vitis vinifera*) u obliku grozda.
- Grozd - 2 dijela – peteljkovina i bobice (jagode) u različitim udjelima.



PETELJKOVINA

- čine ju **peteljka** i **peteljčice** (dio peteljke koji nose bobice).
- značajni udjeli **polifenola** i **tanina**

BOBICE

- sastoje se od **kožica**, **mesa** i **sjemenki**;
- njihovi udjeli i kemijski sastav variraju, ovisno o sorti i zrelosti grožđa.

MESO BOBICA - velike stanice;

- fina **celulozno-pektinska membrana** (0,3 do 0,5 % težine bobice);
- ispunjene su groždanim sokom - moštom.

KOŽICA

- na površini : **mikroflora grožđa** (kvasci, bakterije, plijesni);
- kemijski sastojci kožice: **kiseline**, **polifenoli**, ostale **obojene**, **mineralne i aromatične tvari** (odgovorni za boju, okus i miris proizvoda iz grožđa).

Aromatični sastojci (eterična ulja i esteri)

- svojstveni pojedinim sortama vinove loze
- obično više zastupljeni u kožici nego u mesu bobice
- kožica crnih sorti je bogatija **polifenolima** i bojom nego kožica bijelih sorti
- boja crnih / crvenih sorti potječe od **antocijana**, a bijelih od **flavona**.

SJEMENKE

- vinske sorte grožđa - različit broj sjemenki u bobicama.

Dijelovi sjemenke: masna jezgra, drvenasta ljuska obavijena taninskom pokožicom.

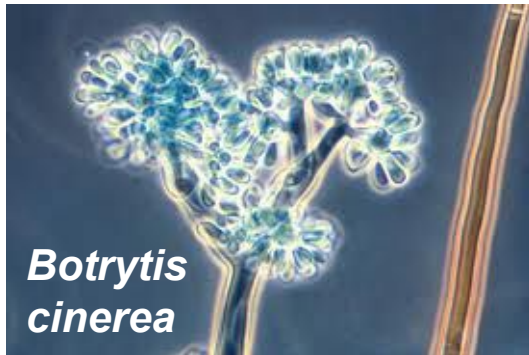
- Kemijski sastav sjemenki:**
- 25 - 50 % vode
 - 30 - 35 % ugljikohidrata
 - 12 - 20 % ulja
 - 3 - 6 % tanina
 - 2 - 5 % mineralnih sastojaka



GLAVNI SASTOJCI GROŽĐANOG SOKA:

Šećeri (ukupno 170 – 190 g/L, može do 250 g/L): prisutne su podjednako **glukoza** i **fruktoza** (u zreloom je grožđu nešto više fruktoze od glukoze), vrlo malo saharoze (1-3 g/L).

Organske kiseline: prevladavaju **vinska**, **jabučna**, **limunska** i **jantarna** kiselina.



Ako je prisutna plemenita plijesan ***Botrytis cinerea*** (grožđe kasne berbe):

- pojavljuje se i **glukonska kiselina**,
- koncentracija limunske može biti znatno veća .

Dušik: 500 - 1500 mg dušika/kg bobica (25 - 30 % od toga su proteini)
- taj dušik najvećim dijelom prelazi u mošt

Vitamini: **C-vitamin**, vitamini **B-skupine**.

Mineralni sastojci : preko 30 različitih kemijskih elemenata
(najviše kalija, kalcija, magnezija i fosfora)

Mošt se može smatrati složenom prirodnom podlogom, koja pokriva sve hranidbene potrebe kvasca.



POVRĆE



Povrće i povrtni sokovi

- nisu česta sirovina za pripremu hranjivih podloga.
- gotovo sve vrste svježeg povrća mogu se prevesti u **probavljiviji i trajniji oblik** pomoću **bakterija mliječne kiseline (BMK)** koje prevode **šećere** u **mliječnu kiselinu**.

Sokovi korjenastog i zeljastog povrća - dovoljno hranjivih sastojaka za potrebe BMK (ne rastu bez faktora rasta, tj. mnogih vitamina i slobodnih aminokiselina).



mrkva



pastrnjak



cikla



kupus



MELASA - nusproizvod šećerne industrije;

- sadrži **80 do 83 % suhe tvari** u kojoj prevladavaju šećeri (oko **50 %** od ukupne mase melase).
- gusta, vrlo viskozna,
- tamno obojena (zbog **melanoidina**, **karamelnih sastojaka** i **proizvoda alkalne razgradnje šećera**)
- česta sirovina u biotehnološkoj proizvodnji (npr. za pekarski kvasac, etanol, organske kiseline, antibiotike i enzime)
- najviše se koristi obična ili tzv. normalna repina i trščana melasa.

Udjel suhe tvari i kemijski sastav melase može jako varirati, ovisno o:



šećerna repa



šećerna trska

- porijeklu (repina ili trščana),
- tipu melase,
- tijeku kampanje prerade sirovina (posebno šećerne repe),
- načinu i trajanju skladištenja melase.

Tablica 6.11. Kemijski sastav repine i tršćane melase (Grba, 1999.)

Sastojci (%)	Repina melasa	Tršćana melasa
Suha tvar	75 - 85	77 - 86
Ukupni šećer	46 - 55	50 - 60
Invertni šećer	0,5 - 1,0	10 - 30
Rafinoza	0,6 - 1,0	-
Dušik	0,8 - 2,5	0,4 - 1,5
Pepeo	5 - 10	7 - 11
P ₂ O ₅	0,02 - 0,07	0,6 - 2,0
CaO	0,3 - 0,7	0,1 - 1,1
K ₂ O	2,2 - 4,5	2,6 - 5,0
Na ₂ O	0,8 - 1,5	0,5 - 2,0
MgO	0,01 - 0,4	0,3 - 1,0
Talog izdvojen centrifugiranjem (%)	0,5 - 1,0	1,0 - 1,5

Sastojci (%)	Repina melasa	Tršćana melasa
Oligoelementi (mg/kg)		
Cink	30 - 50	5 - 20
Bakar	3 - 7	5 - 25
Željezo	50 - 100	150 - 500
Mangan	3 - 12	-
Vitamini (mg/kg)		
Tiamin	1 - 3	3 - 4
Riboflavin	0,1 - 0,7	2 - 3
Piridoksin	3 - 6	6 - 7
Nikotinamid	37 - 51	20 - 30
Ca-pantotenat	40 - 120	20 - 120
Folna kiselina	0,2 - 0,3	0,03 - 0,1
Biotin	0,01 - 0,12	0,8 - 1,8
Inozitol	5000 - 8000	5000 - 6000

Tablica 6.12. Usporedni prikaz razlika između repine i tršćane melase

Sastojci	Repina melasa	Tršćana melasa
Šećeri	prevladava saharoza, malo inverta i rafinoze	2/3 saharoza, 1/3 invert, nema rafinoze
Organski spojevi s N	oko 15 % od ukupnog N; isti udjel aminokiselnog i betainskog dušika	oko 6 % od ukupnog N, uglavnom aminokiseline bez betaina
Ukupni N (%)	1,0 - 1,5	0,7 - 1,2
Razgradljivi N (%)	0,4 - 0,6	0,1 - 0,2
Organski nešećerni spojevi bez N (%)	4 – 5 (hemiceluloza, organske kiseline, melanoidini)	4 - 5 (slični sastojci kao kod repine melase)
Mineralni spojevi	variraju, prevladava K, manje P i Mg	slično, još manje P
Bitni faktori rasta (mg/kg)	<i>myo</i> -inozitol (5000 - 8000) pantotenska kiselina (50 - 100) tiamin (26 - 75) biotin (0,02 - 0,01)	<i>myo</i> -inozitol (2500 - 6000) pantotenska kiselina (15 -20) tiamin (manje) biotin (1 - 3)
pH	blago lužnat	slabo kiselo (4,4 - 6,0)
suspendirane čestice (%)	0,3 - 0,5	oko 1 i više

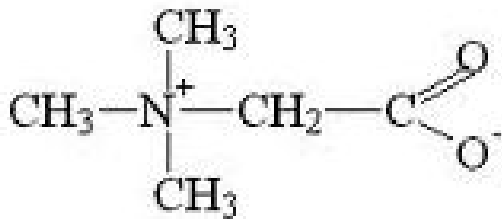
RAZLIKE REPINE I TRŠČANE MELASE:

- ne toliko po udjelu ukupnih šećera koliko po vrsti šećera i drugih sastojaka

Što je, osim izvora ugljika, odlučujuće za primjenu melase kao sirovine u mikrobnim procesima? (npr. za pekarski kvasac, etanol i limunsku kiselinu)

VAŽNO: udjeli aminokiselina i ukupnog dušika, betainski dušik, stupanj čistoće, hlapljive organske kiseline, kalcij i puferski kapacitet melase.

NEPOŽELJNO: betain, hlapljive organske kiseline, kalcij, koloidi nastali od pektina i karamelnog pigmenta, teški metali, nitrati i nitriti, SO₂, pesticidi i preveliki broj životno sposobnih mikroorganizama.



betain

KVALITETA MELASE varira tijekom kampanje prerade šećerne repe - najbolja se melasa dobiva od svježe repe.

Skladištenjem iskopane repe prije prerade → promjene u repi → to se odražava i na pad kvalitete melase (naročito se smanjuje udio aminokiselinskog, a povećava udjel betainskog dušika).

SASTAV MELASE iz suvremenih šećerana može se dosta razlikovati od sastava melase iz starih šećerana, a razlozi su:

- **povećana primjena gnojiva** pri suvremenom uzgoju repe (→ melasa sadrži više dušikovih spojeva, pepela, kalcija i elektrolita)
- **optimizacija tehnološkog procesa proizvodnje šećera** u novije vrijeme (poboljšani postupci ekstrakcije šećera iz repe → manji udjel saharoze u melasi → pad prinosa i slabije iskorištenje melase u mikrobnim procesima).



PULPA ŠEĆERNE REPE I TRSKE

Šećerna repa i trska mogu se **izravno koristiti** kao šećerne sirovine u nekim mikrobnim procesima (npr. industrijska proizvodnja etanola, pektinolitičkih i celulolitičkih enzima te proteinskih krmiva).

To su složeni supstrati čiji kemijski sastav može zadovoljiti hranidbene potrebe mikroorganizama.

Postupci pripreme hranjivih podloga iz njih se ne razlikuju od postupaka ukomljavanja voća:

usitnjavanje sirovina → pulpa → prešanje ili ekstrakcija šećernog soka

Ovisno o tipu proizvoda, kao hranjiva podloga se može koristiti **pulpa**, odnosno **isprešani ili ekstrahirani sok**.

SULFITNA LUŽINA

- otpadak sulfitnog postupka prerade drveta u celulozu:

Kuhanje usitnjenog drveta u prisutnosti bisulfita, vodika i kalcijevih iona u vodenoj otopini da bi se ekstrahirala celuloza te uklonio lignin i dio hemiceluloze.

Pritom **sulfitna kiselina** (vodena otopina bisulfita) reagira s **ligninom** tvoreći topljivu **ligninsulfonsku kiselinu** pa gotovo polovica suhe tvari drveta prelazi u otopinu koja se naziva sulfitna lužina.

KEMIJSKI SASTAV SULFITNE LUŽINE

- ovisi o vrsti drveta i tehnološkom postupku

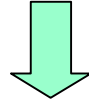
- varira u ovim granicama (g/L): **reducirajući spojevi** 19,8 - 39,0

**inhibiraju
rast
mikroorganizama** {

- slobodni SO₂** 0,096 - 0,912
- ukupni SO₂** 0,416 - 1,888
- slobodni furfural** 0,144 - 0,768
- hlapljive kiseline** (kao octena) 0,537 - 6,15
- pentoze** 5,5 - 20,0

hlapljive kiseline
SO₂
furfural

inhibiraju rast mikroorganizama,
utječu na upotrebljivost sulfitne lužine kao izvora C



Obrada sulfitne lužine
prije upotrebe
(propuhivanje vrućim zrakom,
uvođenje vodene pare i
neutralizacija s NH₄OH)

→ smanjuje udjel nepoželjnih
sastojaka
→ manji inhibicijski učinak



Sulfitna lužina dobivena preradom četinara sadržava više heksoza (oko 30 % od ukupno prisutnih šećera) - glukoze, manoze i galaktoze.
- pretežno se koristi kao supstrat za proizvodnju etanola.



U sulfitnoj lužini lisnjača prevladavaju pentoze.
- povoljniji supstrat za proizvodnju biomase krmnih kvasaca (*Candida sp.*)



KAKO POVEĆATI EKONOMIČNOST MIKROBNOG PROCESA NA SULFITNOJ LUŽINI?

U sulfitnoj lužini je relativno mali udio asimilativnih šećera
i ponekad ga treba **povisiti**, npr.:

- a) **dodatno razgraditi lignosulfonate** (glavni sastojak sulfitne lužine) do manjih, asimilativnih jedinica (obrada ozonom);
- b) sulfitna lužina se **hidrolizira sumpornom kiselinom** → **povećava udjel šećera koje mikroorganizmi mogu asimilirati**;
- c) sulfitnu lužinu kombinirati s drugim izvorima ugljika - melasa, kukuruzna močevina, biljni hidrolizati ili sokovi (npr. sok lucerne).



Sulfitne lužine su još uvijek najveći ekološki problem svih pogona za proizvodnju celuloze!

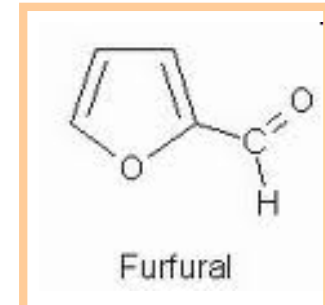
HIDROLIZATI DRVETA

Dobivanje: kiselinskom hidrolizom **drvenih otpadaka**, do **monosaharida**.



Hidrolizati četinjača: do 80 % **heksoza** i oko 20 % **pentoza**

Hidrolizati lisnjača: nešto više **pentoza** (do 28 %).



Udjel ukupne suhe tvari u hidrolizatima je relativno mali (%):

reducirajući spojevi (šećeri) 2,1

dekstrini 0,2

furfural 0,04

mineralne kiseline 0,63

organske kiseline 0,31

koloidi 0,44

suspendirane čestice 3,24.

Visoki udjel **furfurala** limitira primjenu u mikrobnim procesima (**inhibira** rast kvasca pri proizvodnji etanola i proteinske biomase).
→ **Obrada hidrolizata** raznim metodama radi smanjenja udjela furfurala! → veća cijena.

Ponekad se hidrolizati ne koriste sami nego se razrijeđuju vodom tj. primjenjuju kao jedan od sastojaka hranjivih podloga.



MLIJEKO - složena prirodna podloga

Svježe mlijeko različitih životinja - osnovna sirovina za proizvodnju fermentiranih mliječnih proizvoda.

86 - 89 % **vode**

11 - 14 % **suhe tvari** (otopljenih te emulgiranih / suspendiranih sastojaka)

Udjel i kemijski sastav suhe tvari - ovise o:

- pasmini i zdravstvenom stanju životinja
- stadiju laktacije
- načinu hranidbe
- sastavu krme za hranidbu životinja
- načinu mužnje (ručna, strojna)
- specifičnim svojstvima pojedinačnih životinja (starost, tjelesna masa) itd.

Dio otopljenih sastojaka nalazi se u **pravoj**, a dio u **koloidnoj otopini**.

U PRAVOJ OTOPINI:

- prevladavaju {
- mliječni šećer (**laktoza**),
 - **soli makroelemenata** (Ca, P, Mg, Na, K, Cl, S)
 - **soli mikroelemenata** (Zn, Br, Ru, Se, Al, Fe, B, Cu, itd).
 - vrlo niski udjeli drugih tvari: **mali peptidi, slobodne aminokiseline, aminošećeri, kreatin, kreatinin, urea, mokraćna kiselina ...**

Proteini se uglavnom nalaze u **koloidnoj otopini**, a **masti** su **suspendirane** odnosno **emulgirane**.

Kravlje mlijeko – ima ga najviše → najznačajnije kao biotehnološka sirovina.



Sastav suhe tvari kravljeg mlijeka:

37,5 % **laktoze**

28,9 % **masti**

26,6 % **proteina**

5,5 % **pepela**

1,5 % **neproteinskih dušikovih spojeva**



PROTEINI MLIJEKA

2 potpuno različita tipa proteina u proteinima mlijeka:

kazein i proteini sirutke (omjer 80 : 20 %)



Kazein se lako taloži iz mlijeka djelovanjem **kiselina** ili **enzima** → Na tome se temelji njihovo izdvajanje iz mlijeka (proizvodnja sira i kazeina).

Nakon izdvajanja kazeina u sirutki zaostaju **proteini sirutke** (uglavnom **globulini** i **albumini**), koji su **termolabilni** (koaguliraju pri 90- 95°C/10-20 min).

MLIJEČNA MAST - najpromjenjiviji sastojak mlijeka.

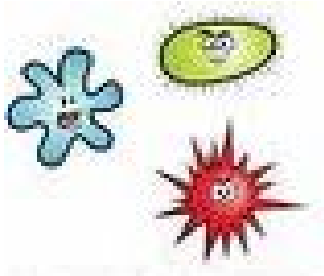
- u mlijeku se nalazi u obliku finih **globula** (**kapljica**) suspendiranih ili emulgiranih u otopini ostalih sastojaka
- izdvaja se iz mlijeka pomoću centrifugalnih separatora
- sadrži **triacil glicerole** (97- 98 %).



- Prema udjelu masti:**
- **punomasno** mlijeko (min. 3,6 % masti),
 - **djelomično obrano** mlijeko (min. 1,6 % masti)
 - **obrano** mlijeko (< 1,6 % masti).

VITAMINI: bogato vitaminima B_2 i B_{12}

- neznatni udjeli ostalih vitamina (A, D, E, K, C) ili su prisutni u obliku provitamina (β -karoten, ergosterol).



MIKROORGANIZMI U SIROVOM MLIJEKU: $10^5 - 10^6 / \text{mL}$

Podjela: primarna i sekundarna mikroflora mlijeka.

- nekoliko stotina do nekoliko desetaka tisuća mikroorganizama u svježe pomuženom mlijeku

- tijekom manipulacije i transporta broj mikroorganizama se povećava (onečišćenje s drugim bakterijama, kvascima i plijesnima)
- brzo se umnažaju → sirovo mlijeko treba pasterizirati ili sterilizirati

PRIMJENA MLIJEKA:

- proizvodnja fermentiranih mliječnih proizvoda i sira.
 - dobar izvor laktoze i organskih dušikovih spojeva, ali rijetko je sastojak hranjivih podloga za druge biotehnološke proizvode (zbog velikog udjela vode i biološke nestabilnosti).
- **Preporuka:** umjesto sirovog mlijeka koristiti mlijeko u prahu, sirutku i peptonizirani kazein

SIRUTKA

- nusproizvod pri proizvodnji sira.
- **slatka** ili **kisela** - razlika u udjelu laktoze i mliječne kiseline, ovisno o postupku grušanja mlijeka (enzimski ili kiselinski)

Kiselinski postupak - uključuje rast bakterija mliječne kiseline, djelomična pretvorba laktoze u mliječnu kiselinu.

Najvažniji **proteini sirutke**:

β -laktoglobulin,
 α -laktoalbumin,
imunoglobulini,
albumin krvnog seruma.

Aminokiseline

sirotke:

alanin,
valin,
leucin,
izoleucin,
treonin,
prolin,
histidin

njihove
koncentracije
jako variraju



Vitamin A i **kolin** su također značajno prisutni u sirutki.

Primjena sirutke:

- **svježa sirutka kao krmivo**
- **u biotehnologiji: prerada u proteinska krmiva i etanol**
- **za ostale namjene: uparavanje i sušenje sirutke u integralnom obliku**
- **ili se prije sušenja deproteinizira termičkom odnosno kemijskom obradom, prevodi u permeat ultrafiltracijom i reverznom osmozom, odnosno demineralizirani permeat preko ionskog izmjenjivača.**
- **3 - 4 puta manje proteina odnosno minerala, ovisno o provedenoj predobradi.**

OSTALI OTPADNI IZVORI UGLJIKA

- otpadne vode prehrambene industrije
- otpadni sok zelene lucerne (lat. *Medicago sativa*) iz pogona za proizvodnju krmiva
- tekuća faza dobivena prešanjem pivskog tropa (prije sušenja).

OTPADNE VODE PREHRAMBENE INDUSTRIJE

- sadrže dovoljno hranjivih sastojaka za rast mikroorganizama → pročišćavaju se biološkim putem.
- nastoje se iskoristiti kao supstrat za proizvodnju krmne biomase ili etanola (npr. otpadne vode iz pogona za preradu krumpira i povrća)

Problemi:  veliki volumen,

 relativno mali udjel fermentabilnog izvora ugljika.

OTPADNI SOK ZELENE LUCERNE (lat. *Medicago sativa*)



mehaničko usitnjavanje
i prešanje lucerne

Industrijsko sušenje lucerne
(važno zeleno krmivo)

Nusproizvod: do 30 % **sirovog soka** (5 - 8 % s.tv.)
> 2/3 s.tv. su **organski sastojci**
(prevladavaju **proteini** i **šećeri**)

toplinska obrada
(→ koagulacija i taloženje proteina)

djelomično deproteinizirani sok (manje ukupne s.tv.)

- dobar izvor **ugljika**, a i djelomice **dušika** za uzgoj krmnih kvasaca.

Glavni nedostaci:



promjenjivost sastava,



relativno niski udjel šećera



biološka nestabilnost.

U kombinaciji s melasom postižu se veći prinosi kvašćeve biomase.



POLISAHARIDNI IZVORI UGLJIKA



škrob
dekstrini
slad
inulin
celuloza
hemiceluloza
lignin
treset

bit će tema
zasebnog
predavanja



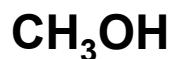
To Alcohol!



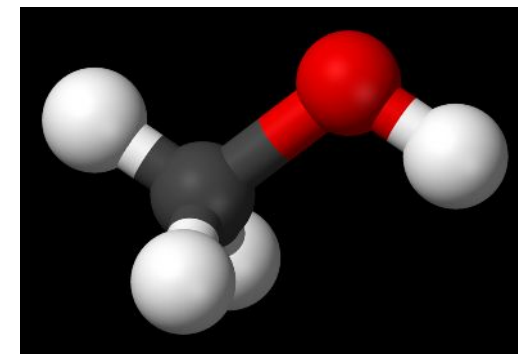
ALKOHOLI kao izvor ugljika i energije

Mnogi mikroorganizmi mogu kao izvor ugljika i energije koristiti

alkohole: metanol
 etanol
 glicerol
 manitol
 sorbitol



METANOL



Vrlo otrovan!

- bezbojna tekućina, niskog vrelišta (**64,5 °C**)
- dobro se miješa s vodom, etanolom i drugim organskim otapalima
- **Proizvodnja nekada:** suhom destilacijom drveta
- **Proizvodnja danas:** iz zemnog plina katalitičkom oksidacijom

Neki mikrororganizmi mogu ga koristiti kao jedini **izvor ugljika i energije**.

PRIMJENA metanola u proizvodnji :

- **proteini jednostaničnih mikroorganizama** (single cell proteins, SCP), npr. *Methylophilus methylotrophus*, *Candida boidinii*, *Hansenula polymorpha*
- **vitamina B₁₂** (*Pseudomonas sp.*),
- **nekih aminokiselina** (lizin, glutaminska, treonin, serin),
- **organskih kiselina** (limunska, fumarna, α -ketoglutarina)
- **polihidroksi-maslačne kiseline** (biorazgradivi polimer).



Toksičnost spriječava širu primjenu metanola!



Zbog toga se dodaje u hranjivu podlogu postupno, u odgovarajućim obrocima ili kontinuirano

→ mikrobni proces mora se voditi s pritokom supstrata (fed-batch) ili kontinuirano, što može biti prepreka za proizvodnju sekundarnih metabolita čije nastajanje je uvjetovano viškom supstrata u podlozi.



Velika hlapljivost metanola → gubitak isparavanjem (> 10 %)

ETANOL (etilni alkohol, rafinada ili rafinirani špirit)

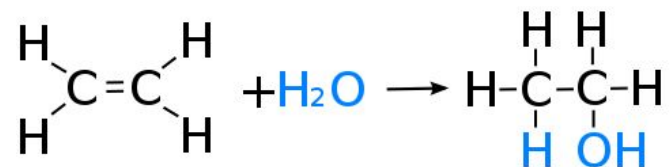
- bezbojna tekućina ugodna mirisa i okusa koji pali.
- miješa se s vodom u svakom omjeru → pritom zagrijavanje i smanjivanje volumena

DOBIVANJE ETANOLA

alkoholnim vrenjem
razrijeđenih šećernih
otopina



petrokemijskim putem tj. izravnom
hidratacijom etena (etilena) pri visokoj
temperaturi i tlaku uz prisutnost katalizatora:

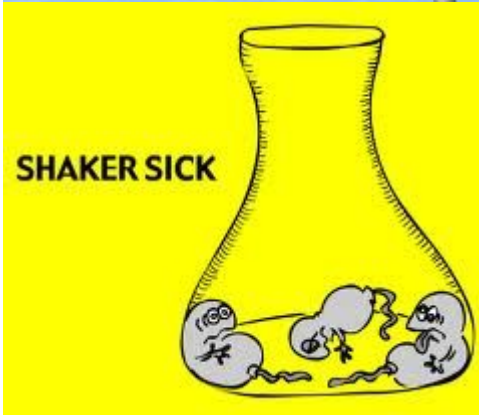


Fermentacijom se dobivaju različiti etanolni proizvodi

(pivo, vino, jabučnjak, žestoka pića, rafinirani špirit), koji se koriste za:

- mikrobnu proizvodnju octene kiseline (octa) pomoću bakterija octene kiseline;
- proizvodnju krmiva s pomoću kvasaca iz roda *Candida*.





Cijena etanola (uključuje troškove destilacije koji su viši što je koncentracija etanola u prevreloj podlozi niža), **najveći nedostatak** fermentativnog ili mikrobiološki proizvedenog etanola !

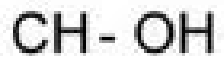


Visoka hlapljivost etanola (gubitak zbog isparavanja) - zajednički nedostatak sintetskog i fermentativnog etanola.



Sintetski etanol tehničke čistoće može sadržavati različite **nusproizvode** koji su **otrovni** za mikroorganizme → treba provjeravati njihove udjele i ukloniti ih.

PRIMJENA ETANOLA U BIOTEHNOLOGIJI: izvor ugljika u proizvodnji prehrambenog kvasca, aminokiselina (glutaminska), trikarboksilnih kiselina, vitamina, polisaharida, ergosterola i cefalosporina.



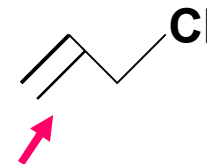
GLICEROL

GLICEROL

- trovalentni alkohol,
- topljiv u vodi i alkoholu,
- bez mirisa, bezbojan, sirupasta tekućina slatkasta okusa,
- među polialkoholima je najčešći izvor C za mikrobne podloge.

Dobivanje:

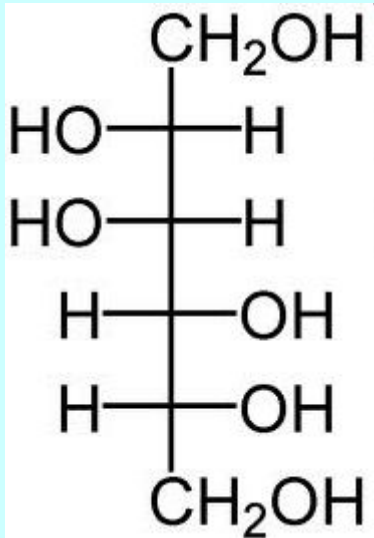
- glicerinskim vrenjem,
- saponifikacijom ulja i masti
- sintetskim putem iz propena (propilena) preko alil-klorida i triklorpropana.



sirovi glicerol $\xrightarrow{\text{destilacija u vakuumu}}$ čisti glicerol

Primjena:

izvor ugljika u biosintezi nekih antibiotika, aminokiselina, enzima i steroida.



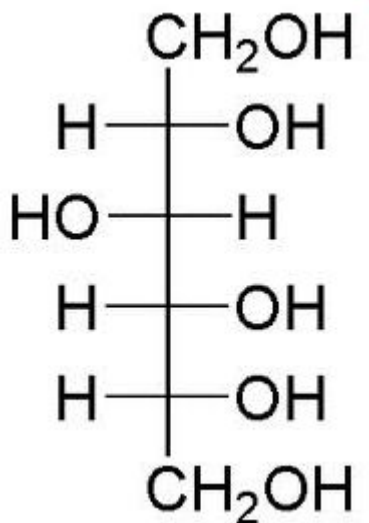
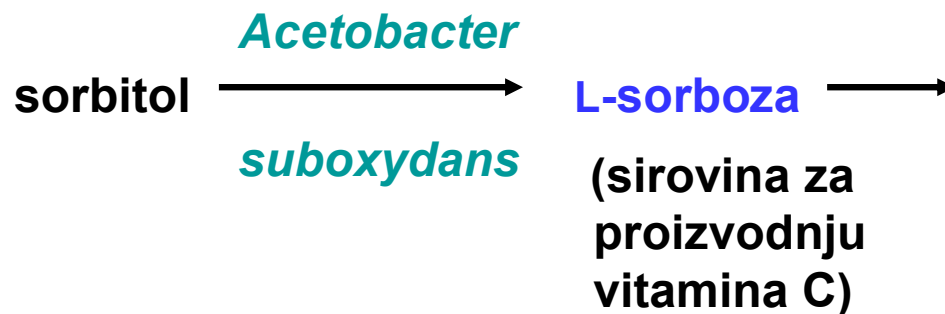
MANITOL

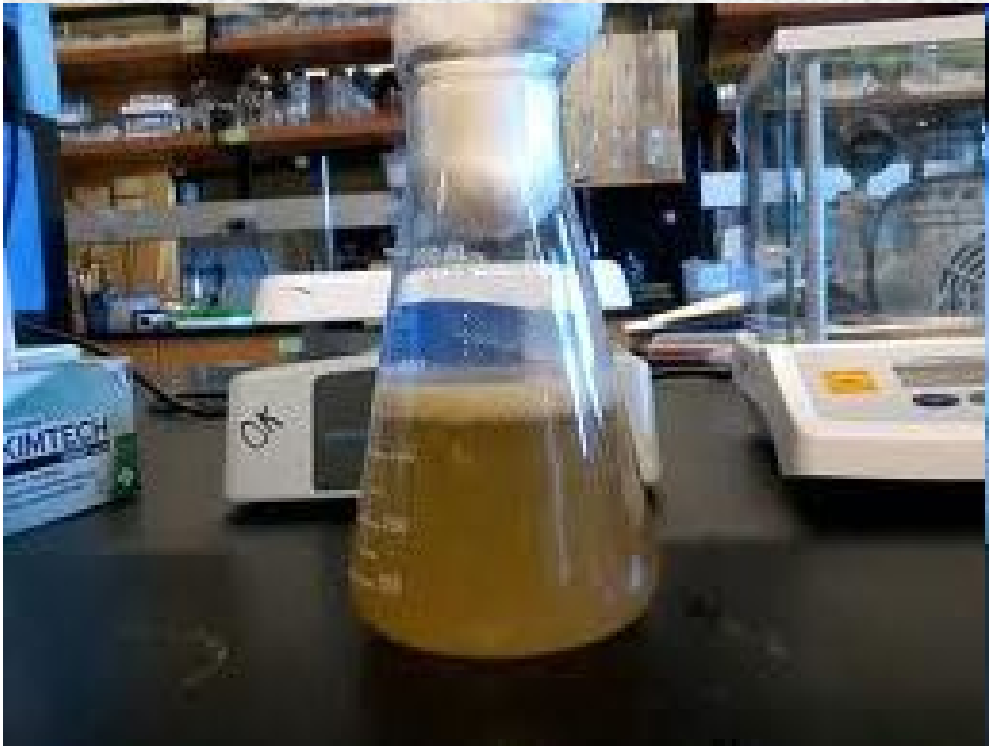
- šesterovalentni alkohol
- bijeli igličasti kristali topljivi u vodi
- proizvodi se iz glukoze
- izvor C u biosintezi ergot-alkaloida, antibiotika, insekticida



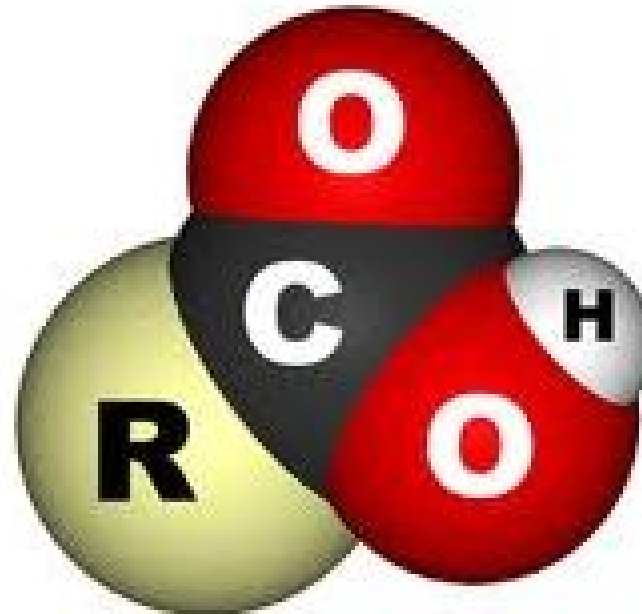
SORBITOL (GLUCITOL)

- šesterovalentni alkohol
- dobiva se redukcijom glukoze

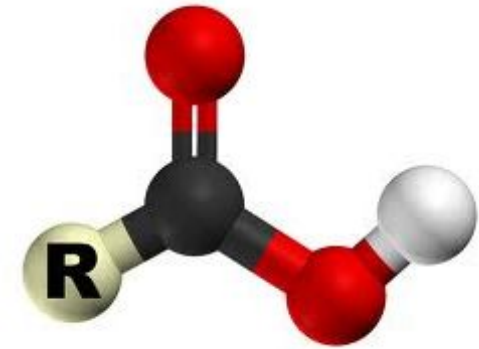




**KARBOKSILNE
KISELINE
kao izvor
ugljika i energije**

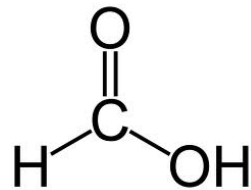


KARBOKSILNE KISELINE

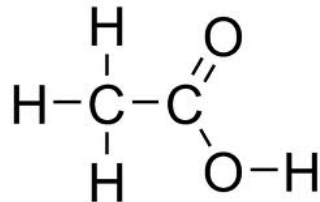


- organske kiseline s karboksilnom skupinom –COOH
- slabe kiseline
- prema broju karboksilnih skupina: mono-, di- i polikarboksilne kiseline.

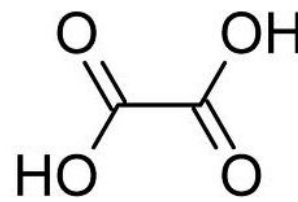
Prisutnost: u biljnom i životinjskom materijalu u obliku **sol**, **estera** ili kao **slobodne kiseline**.



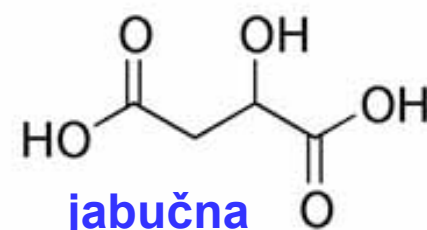
**mravlja
kiselina**



**octena
kiselina**



**oksalna
kiselina**



**jabučna
kiselina**

Većina karboksilnih kiselina su nusproizvodi, međuproizvodi ili proizvodi mikrobnog metabolizma pa ih mikroorganizmi mogu koristiti kao izvore ugljika.

U vodenoj otopini disociraju, a djelovanjem baza tvore soli kao i mineralne kiseline.

Masne kiseline - jednobazične zasićene alifatske kiseline
- opća formula $C_nH_{2n+1}COOH$

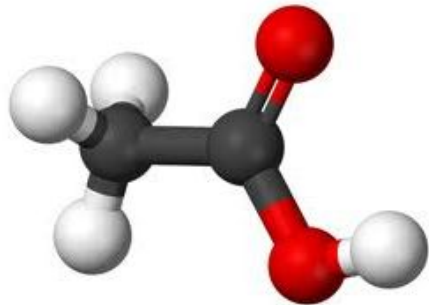
Homologni niz masnih kiselina: metanska (mravlja), etanska (octena), propanska (propionska), butanska (maslačna) itd.

palmitinska kiselina } Viši članovi niza, nisu topljive u vodi i često se
stearinska kiselina } nalaze vezane na glicerol u prirodnim mastima

U širem se smislu u masne kiseline ubrajaju i nezasićene jednobazične alifatske kiseline: oleinska, $C_{18:1}$
linoleinska (linolna), $C_{18:2}$
linolenska, $C_{18:3}$ } vezane s glicerolom, također dolaze u biljnim mastima i uljima

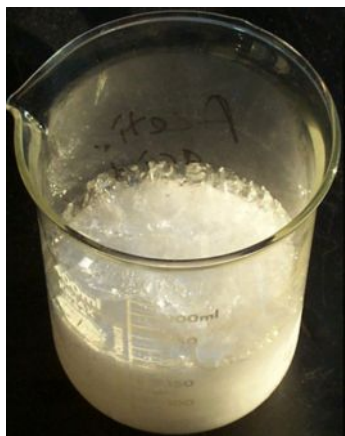
KORIŠTENJE u biotehnološkoj proizvodnji kao izvor ugljika:

- najčešće octena
- druge (npr. propionska, maslačna, oleinska i linoleinska) znatno rjeđe.



Octena kiselina

- bezbojna tekućina oštra mirisa
- miješa se s vodom i organskim otapalima



- ← - pri 16,7 °C u čistom stanju prelazi u kristalnu masu sličnu ledu (ledena octena kiselina)

Dobivanje nekad: suhom destilacijom drveta

Dobivanje danas:

- kemijskom oksidacijom etanola ili acetaldehida odnosno mikrobnim putem
- anaerobnom preradom celuloznih supstrata s pomoću homoacetogene termofilne bakterije *Clostridium thermoaceticum*



Spada među jeftinije izvore ugljika!

PRIMJENA: - sama ili u kombinaciji s drugim izvorima ugljika

- za proizvodnju različitih biotehnoloških proizvoda (L-lizina, L-glutaminske kiseline, L-izoleucina, L-treonina, limunske kiseline, proteinskih krmiva).



MASTI
kao izvor
ugljika i energije

MASTI

Ulja i masti biljnog i životinjskog podrijetla - primjena u mikrobnj proizvodnji:

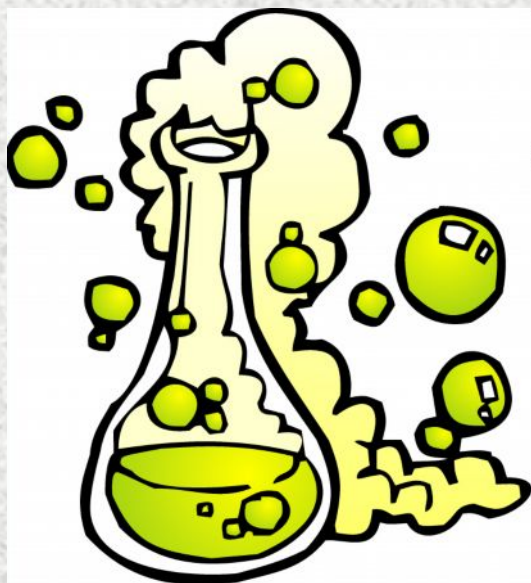
- kao dodatni **izvor ugljika**
- kao biološki razgradljivo **sredstvo protiv pjene (SPP)**

Upotrebljivost nekog ulja za mikrobnj proces određuju:

- njegova kiselost
- udjel peroksida
- udjel glicerida
- udjel nezasićenih masnih kiselina

Previsoka kiselost (kiselinski broj iznad 10) i udjel peroksida, koji se povećavaju tijekom skladištenja, mogu inhibirati biosintezu proizvoda (npr. antibiotika i L-lizina).

Gliceridi u obliku ulja ili brašna uljarica nalaze primjenu u podlogama za proizvodnju steroida, antibiotika i nekih enzima (lipaza, amilaza i proteaza).



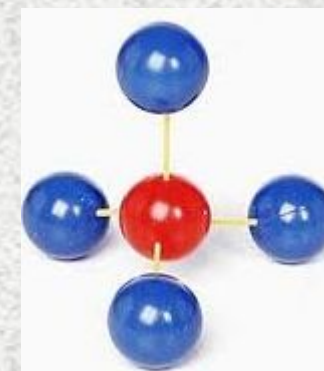
UGLJIKOVODICI kao izvor ugljika i energije

- sastavljeni samo od ugljika i vodika.
- mogu biti **plinoviti**, **tekući** i **čvrsti**, a dijele se na **zasićene** i **nezasićene**.

Glavne grupe ugljikovodika:

- **alifatski** - alkani (parafini), alkeni (olefini) i alkini (acetileni)
- **aromatski** - benzen i homolozi
- **nafteni** - cikloparafini
- **terpeni** - sastojci biljnih eteričnih ulja

Kao izvori ugljika u hranjivim podlogama među ugljikovodicima su najznačajniji **n-alkani (n-parafini)** i to osobito **metan**.



metan

n-alkani (n-parafini)

- zasićeni alifatski ugljikovodici, opća formula: C_nH_{2n+2}

- netopljivi u vodi, slabo su reaktivni

Danas se umjesto imena parafini koristi naziv **alkani** !!! Ime parafin je ostalo i kao naziv se koristi za vosak „umjetnih“ svijeća i parafinsko ulje.

Dobivanje: kao nusproizvodi naftne industrije.

Homologni niz: prva 4 su **plinovi** (metan, etan, propan i butan)

- alkani s 5 do 17 ugljikovih atoma su **tekućine**,

- oni više molarne mase (18 i više ugljikovih atoma) su u **čvrstom** stanju

Mikroorganizmi ih lako razgrađuju → kao izvori ugljika (najčešće $C_{10} - C_{20}$)

Niske cijene → 60-ih godina 20. stoljeća postali zanimljivi:

- proizvodnja **krmnog kvasca** (*Candida lipolytica*) - frakcije alkana $C_{15} - C_{17}$

- dobar supstrat za proizvodnju **glutaminske kiseline** (ne sadrže betain, koji nepovoljno utječe na izlučivanje glutaminske kiseline iz stanica).

Mikroorganizmi rastu bolje na **smjesi alkana** nego na pojedinačnim alkanima! → kao izvor ugljika korištena je čak i parafinska nafta odnosno teško plinsko ulje.

- porast cijene nafte i nusproizvoda naftne industrije u drugoj polovici 70-ih godina
- prigovori da alkani i iz njih dobiveni biotehnološki proizvodi mogu sadržavati tragove **aromatskih ugljikovodika** (neki kancerogeni)

Zato su mnogi biotehnološki pogoni temeljeni na n-alkanima kasnije zatvoreni.

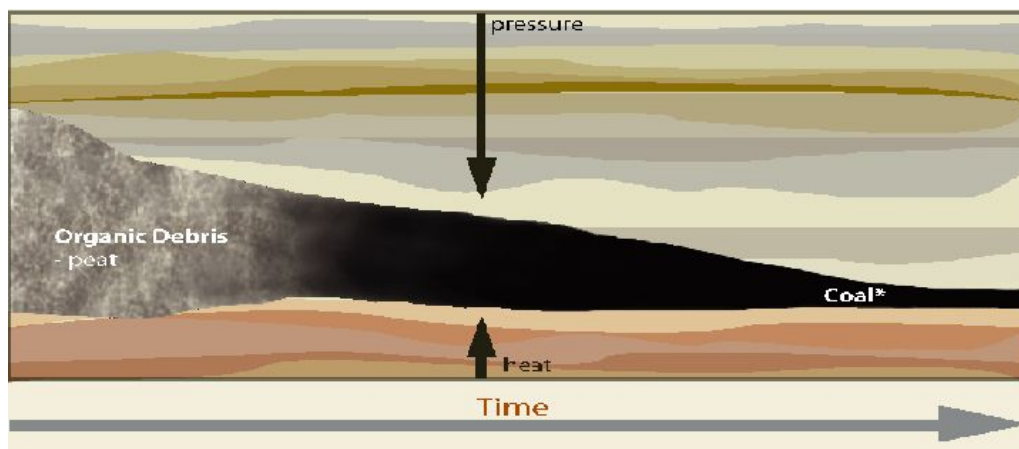
Mikroorganizmi dobro rastu na **srednjelančanim n-alkanima** (C_{10} - C_{20})
Razlike u brzini i uspješnosti asimilacije su jače izražene u n-alkana s parnim nego neparnim brojem C atoma.

Niželančani alkani (C_2 - C_8)
višelančani alkani (C_{20} i više) } manje su pogodni izvori ugljika (teže se razgrađuju, daju niže prinose proizvoda)



UGLJEN

Ugljen je smjesa **ugljika** i različitih **ugljkovih spojeva s vodikom, kisikom, dušikom i sumporom**.



Nastaje kao rezultat postepenog raspadanja i pougljenjivanja biljnih ostataka u unutrašnjosti Zemlje, bez dovoljnog pristupa zraka.

Kao izvor ugljika može se upotrijebiti **vodeni ekstrakt dobiven ekstrakcijom ugljena u lužnatom mediju** – sadrži: **masne kiseline,**
alkohole,
ketone,
ugljikovodike,
huminske kiseline.



PLINOVITI IZVORI UGLJIK I ENERGIJE

metan (CH_4)

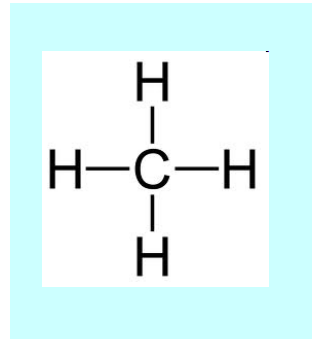
ugljikov(IV) oksid (CO_2)

ugljikov(II) oksid (CO)

sumporovodik (H_2S)

vodik (H_2)





Metan



Explosion risk

- najjednostavniji ugljikovodik i organski spoj.
- plin, bez boje i mirisa, lakši od zraka s kojim tvori eksplozivnu smjesu.

Dobar je izvor ugljika za specifične bakterije (*Methylomonas sp.*).

Zemni plin (prirodni plin):

90 do 92 % metana,

1,5 % etana,

1 do 2 % butana,

tragovi CO₂, argona, dušika, a često i

sumporovih spojeva.



Tijekom **anaerobne razgradnje organskog materijala** u pogonima za preradu poljoprivrednih i komunalnih otpadaka nastaje i metan:

- plinovita smjesa sadrži **30 do 40% CO₂** te također **sumporove spojeve** (koje treba ukloniti iz smjese prije primjene u mikrobnim procesima).

Ipak, **metan se ne može smatrati važnim izvorom ugljika za industrijske procese**, zbog:



- malog broja bakterija koje ga metaboliziraju, a ne rastu na konvencionalnim izvorima ugljika, poput glukoze ili acetata



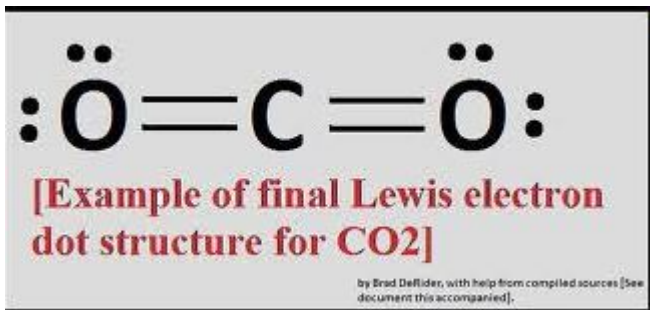
- specifičnog metabolizma i ograničenog broja metabolita



- opasnosti od eksplozije (eksplozivna smjesa metana i zraka).



Metan se lako oksidira u **metanol** koji mogu asimilirati mnogi mikroorganizmi.



Ugljikov(IV) oksid (ugljični dioksid, CO₂)

- bezbojni plin

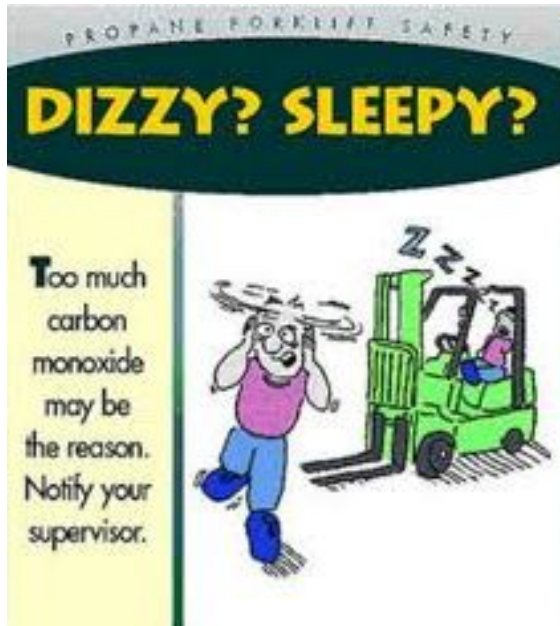
- nastaje sagorijevanjem ugljika i organskih spojeva u uvjetima dovoljne prisutnosti kisika

Prisutnost: u zraku (0,03 %), u mineralnim vodama, izbija i iz zemlje.

Dobivanje: - kao nusproizvod alkoholnog vrenja
- žarenjem kalcijevog karbonata

Biotehnološka primjena:

- neke **fototrofne bakterije** mogu ga koristiti kao izvor ugljika (proizvodnja sumpora, vodika i nekih pigmenata)
- kao izvor ugljika za umjetni uzgoj biomase **algi**



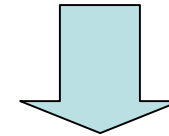
Ugljikov(II) oksid (ugljični monoksid, CO)

- otrovan plin, bez boje i mirisa
- nastaje sagorijevanjem ugljika i ugljena pri nedostatku kisika

bakterije iz roda *Bacillus*

bakterije iz roda *Pseudomonas*

} mogu rasti na
CO kao jedinom
izvoru ugljika



zanimljivo sa stajališta zaštite okoliša i
moguće proizvodnje bakterijske biomase
bogate proteinima

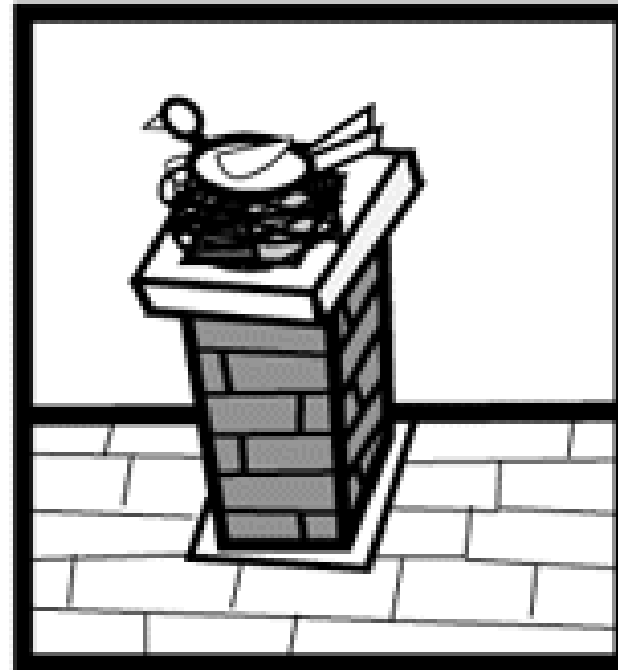
The Flu or Your Flue?

Flu-like symptoms may not be the flu at all, but indication there is a carbon monoxide (CO) problem in the home. Carbon monoxide is known as the "Great Imitator" because early stages of poisoning often mimic the flu.



Common symptoms of carbon monoxide poisoning:

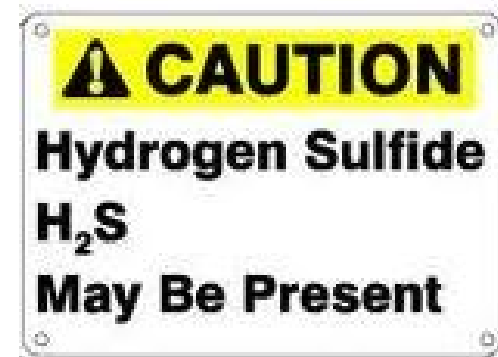
- Headaches
- Fatigue
- Disorientation
- Nausea
- Dizziness



Common sources of carbon monoxide include:

- Blocked Chimney
- Cracks in a flue or venting system
- Malfunctioning fuel burning appliance
- Car left running in an attached garage

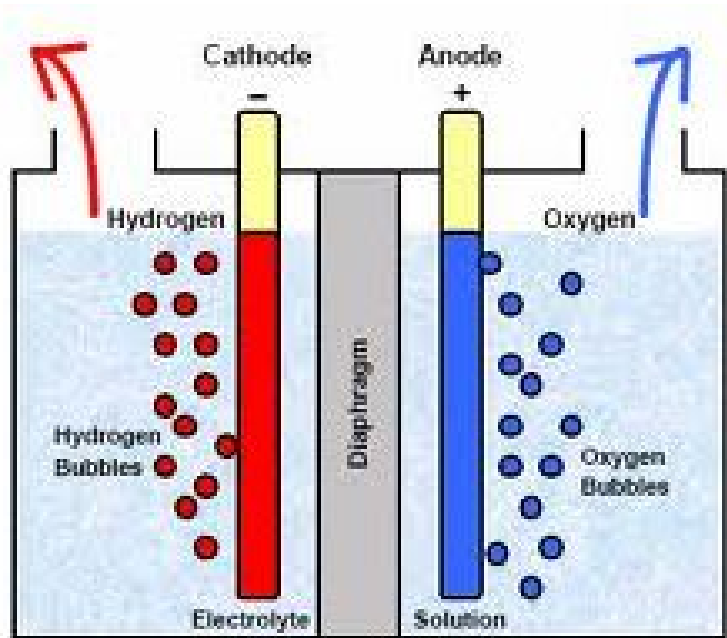
Sumporovodik (H_2S)



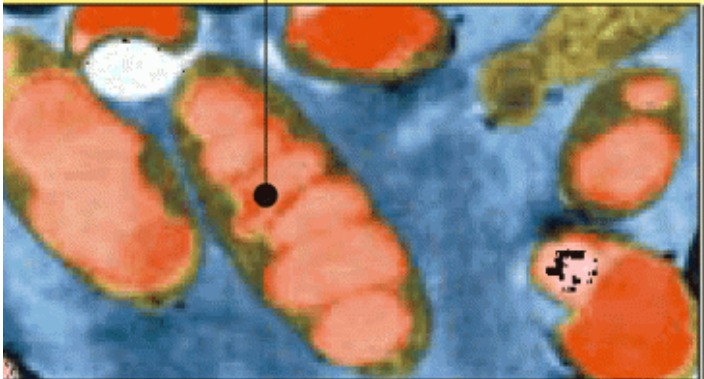
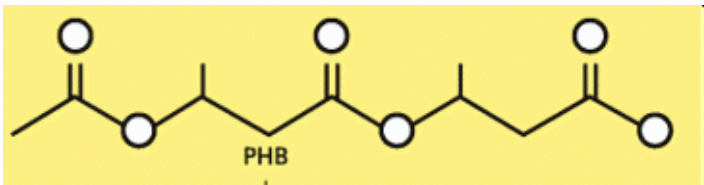
- bezbojan, otrovan plin karakterističnog mirisa na pokvarena jaja
- sastojak je vulkanskih i sagorjevnih plinova, zemnog plina, bioplina, nekih mineralnih voda i otpadnih plinova kemijske industrije

Bakterije iz roda *Chlorobium* (npr. *Chlorobium thiosulphatophilum*) koriste ga kao izvor energije.

H_2S se može mikrobnim putem ne samo ukloniti nego preraditi u sumpor i organske kiseline.



Standard Electrolysis



Vodik (H₂)

Proizvodnja: elektrolizom vode (skupo!)

- nije isplativ izvor energije za industrijski uzgoj mikroorganizama, iako se može primjeniti.

*bakterija **Alcaligenes eutrophus***

aerobno,

smjesa plinova

(70 % H₂ + 20 % O₂ + 10 % CO₂)

biomasa (> 20 g L⁻¹ s. tv.) koja sadrži
 poli-β- hidroksimaslačnu kiselinu (do 80 %)
 - biorazgradlivi polimer!