

## MIKROBNE ZAJEDNICE

U industrijskoj biotehnološkoj proizvodnji česta je uporaba čistih mikrobnih kultura (monokultura).

Međutim kod obradbe otpadnih voda mješovite mikrobne kulture su temelj njihova procesa.

Također, kod izluživanja ruda, kod proizvodnje silažnog materijala uporblijuju se mješovite mikrobne kulture.

Različitog su mikrobnog sastava određene mješovite kulture u biotehnološkoj proizvodnji, primjerice mješovite mikrobne kulture za proizvodnju kefira, kruha, kiselog tijesta ili proizvodnje biomase mikroorganizama kao proteina jednostaničnih mikroorganizama.

Različita međudjelovanja mikroorganizama u zajednicama (mješovitim mikrobnim kulturama) određuju koja će se vrsta mikroorganizama uporabiti za pripremu mješovite mikrobne kulture.

Spoznaje o ponašanju mikroorganizama kao pojedinačnih sojeva i u mješovitim kulturama omogućili su i primjenu mješovitih mikrobnih kultura, posebice u području mikrobne ekologije.

Nekoliko tipova mikrobnih zajednica u mikroboj ekologiji je poznato.

One se temelje na mikrobnom međudjelovanju određenom u modelnim sustavima.

<b>SIMBIOZA</b>	oba člana imaju koristi jedan od drugog
<b>NEUTRALIZAM</b>	odsustvo bilo kakvog međudjelovanja između članova populacije
<b>KOMENSALIZAM</b>	jedan član mješovite zajednice ima koristi od drugog člana, a drugi član nema ni štete ni koristi
<b>MUTUALIZAM</b>	oba člana mješovite populacije imaju koristi od njihovog međudjelovanja
<b>KOMPETICIJA</b>	svi članovi se natjeću za hranu, prostor ili neki drugi čimbenik što rezultira da svi članovi mješovite populacije imaju manji rast u usporedbi s rastom svakog člana pojedinačno
<b>AMENSALIZAM</b>	jedna populacija djeluje na rast druge populacije dok je sama inertna na djelovanje ostalih populacija
<b>PARAZITIZAM</b>	jedan organizam koristi drugi, uvijek u neštetnom odnosu
<b>PREDACIJA</b>	jedan organizam jede drugi, uvijek u nasilnom, destruktivnom odnosu

Većina mikrobnih zajednica se temelji na doprinosu svake pojedinačne vrste sa ciljem njenog opstanka.

Neke mikrobne vrste nepovoljno utjeću na druge vrste često sa ciljem da je potisnu iz prvotne zajednice.

U obradbi otpadnih voda opstanak mikrobne zajednice i međudjelovanje ovisiti će o vrsti sastojaka i mogućnosti njihove razgradnje.

## Komensalizam i kometabolizam

Uobičajeni primjer mikrobnog međudjelovanja je komensalizam u kojem jedna vrsta ima koristi od druge vrste kojoj učinak i prisustvo aktivne populacije niti pomaže niti štetno djeluje.

Kometabolizam je mikrobnog međudjelovanje pri čemu organizam raste na jednom supstratu, nakupljajući dovoljno enzima za razgradnju drugog «ciljanog» supstrata kojeg ne može uporabiti kao izvor hranjiva i energije.

U svezi s tim obvezatna definicija ko-metabolizma je da drugi «ciljani» supstrat nije asimiliran (utrošen) pomoću primarnog organizma već su biooksidacijski produkti primarnog supstrata-kosupstrat povoljni izvor ugljika za opstanak i aktivnost druge mikrobne vrste.

Komensalizam i kometabolizam imaju važnu ulogu u razgradnji alicikličkih ugljikovodika.

Primjerice, bakterija *Mycobacterium vaccae* je sposobna kometabolizirati cikloheksan rastom na propanu.

Isto tako, razgradnja polikloriranih bifenila (PCBs) je moguća u prisutnosti manje kloriranih analoga, primjerice diklorobifenila.

Aktivnost jedne mikrobne vrste može organske sastojke strukturno promijeniti te učiniti ih povoljnim supstratom za druge mikrobne vrste.

Kao primjer navodi se aktivnost gljiva koje proizvode ekstracelularne enzime pomoću kojih mogu vrlo složene polimerne organske spojeve prevesti u jednostavne strukture, primjerice celulozu u glukozu.

Drugo tumačenje komensalizma temelji se na brzini rasta i produktima metabolizma. Neke mikrobne vrste tijekom rasta proizvode vitamine i aminokiseline koje kao faktore rasta upotrebljuje druga vrsta.

Temelj opstanka mješovite mikrobne populacije na zakonitostima komensalizma je uklanjanje toksičnih tvari iz vodenog okoliša kako bi opstala jedna od vrsta mikroorganizama u zajednici, a odgovorna je za opstanak zajednice.

Kao primjer navodi se toksično djelovanje  $H_2S$ , kojeg redukcijom u sulfat može prevesti bakterija iz roda *Beggiatoa*, kako bi u mješovitoj populaciji opstale druge vrste.

Prevođenje žive i njeno taloženje kao živa-sulfat, također je proces uklanjanja toksičnog metala čime je omogućen opstanak drugih vrsta mikroorganizama u mikrobnoj zajednici.

Kao primjer komensalizma navodi se rast fakultativnih anaeroba sa utroškom kisika ( $O_2$ ), što omogućuje stvaranje uvjeta za anaerobiozu odnosno aktivnost metanogena kao važnijih i odgovornijih vrsta u mješovitoj mikrobnoj zajednici.



## Sinergizam

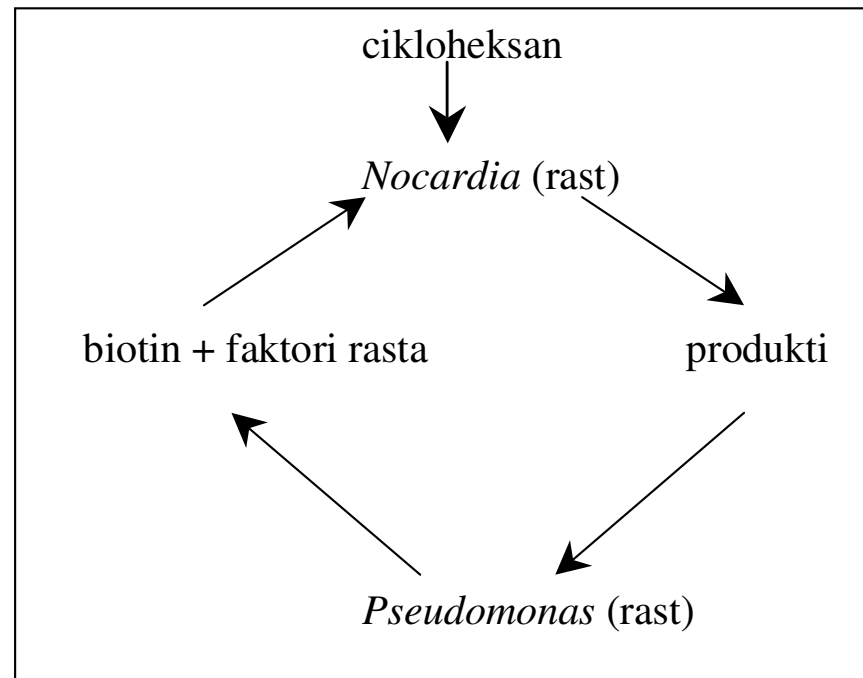
To je zajednica temeljena na takvom međudjelovanju da svaka mikrobna vrsta ima koristi od zajednice.

Primjerice, jedna je sposobna metabolizirati sastojak-A prevodeći ga u sastojak-B. Druga vrsta mikroorganizama koristi sastojak-B kao izvor energije proizvodeći sastojak-C kojeg mogu uporabiti ostale vrste mikroorganizama prisutnih u mješovitoj populaciji.

Povezivanje mikroorganizama u mikrobnu zajednicu temelji se na zakonitostima biorazgradnje različitih organskih spojeva koji ne mogu biti razgrađeni s pomoću jedne vrste mikroorganizama.

Kao primjer navodi se razgradnja cikloheksana.

Taj spoj može se razgraditi s pomoću dvije vrste mikroorganizama, i to bakterija iz roda *Nocardia* i *Pseudomonas*. Bakterija iz roda *Nocardia* tijekom razgradnje cikloheksana nakuplja produkt kojeg bakterija roda *Pseudomonas* može razgraditi, pri tome proizvodeći biotin koji je kao faktor rasta potreban za održavanje aktivnosti bakterija roda *Nocardia*

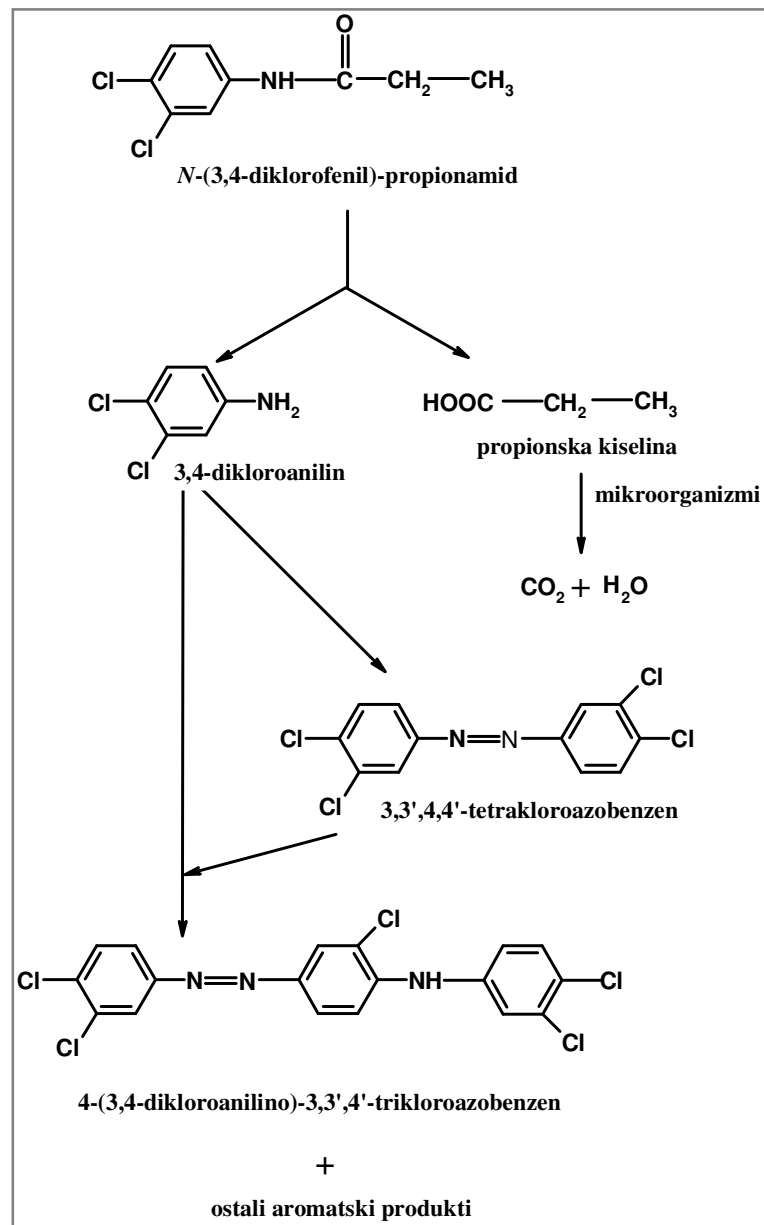


Razgradnja cikloheksana sinergističkim međudjelovanjem bakterija roda *Pseudomonas* i *Nocardia*

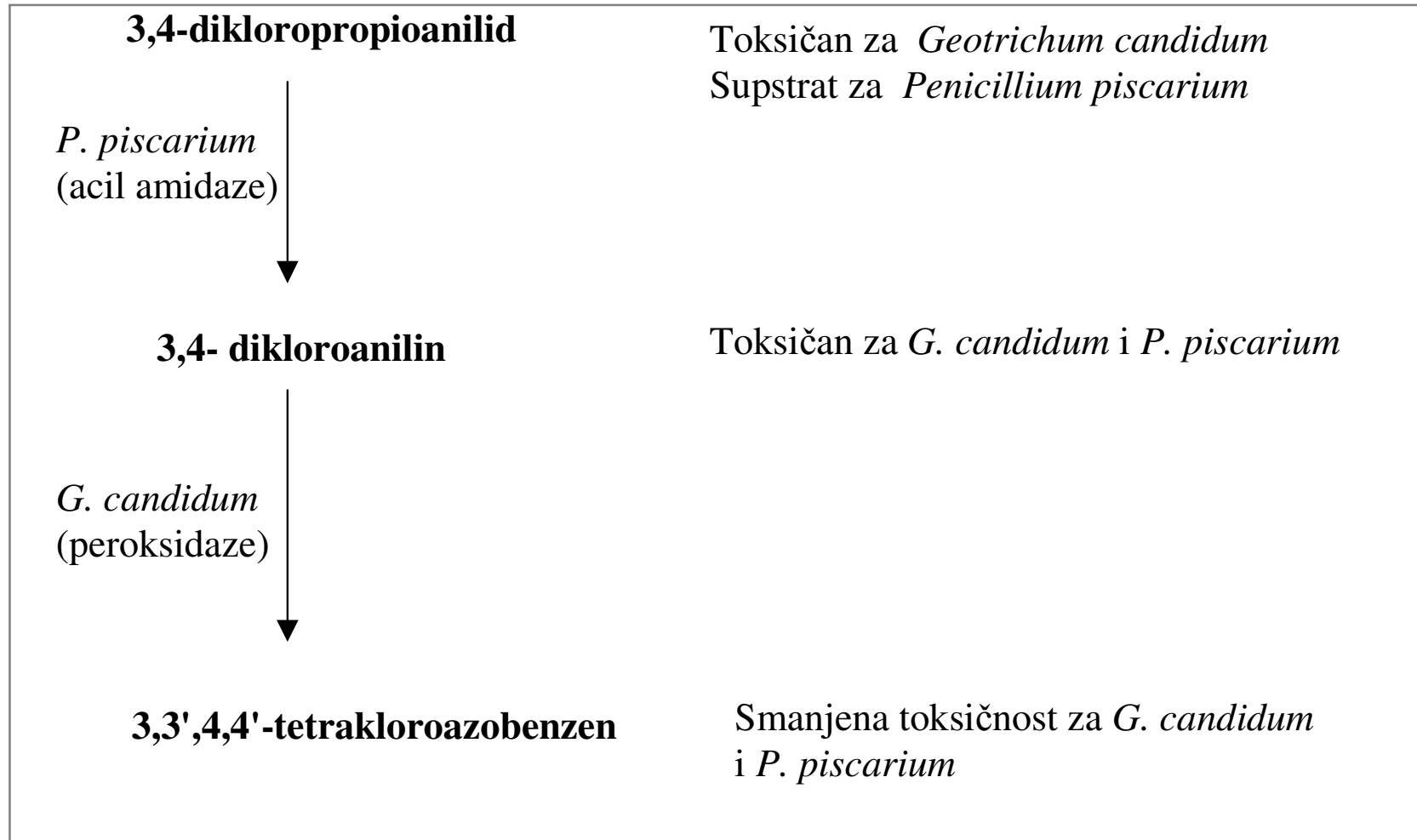
Nitroaromati, primjerice *p*-nitrofenol može biti razgrađen pomoću dvije vrste bakterija iz roda *Pseudomonas* i to *P. stutzeri* i *P. aeruginosa*.

Sinergističkim djelovanjem dva soja bakterija iz roda *Arthrobacter* i *Streptomyces* postiže se potpuna razgradnja organofosfatnog insekticida diazinona.

Dva soja gljiva, *Penicillatum piscarium* i *Geotrichum candidum*, sinergističkim međudjelovanjem mogu razgraditi i detoksificirati herbicid 3,4-dikloropropionanilid, komercijalnog naziva «Propanil»



Put razgradnje i detoksifikacije herbicida komercijalnog naziva «Propanil»  
 sinergističkim međudjelovanjem gljiva *Penicillatum piscarium* i *Geotrichum candidum*



Put razgradnje i detoksifikacije herbicida komercijalnog naziva «Propanil» sinergističkim međudjelovanjem gljiva *Penicillatum piscarium* i *Geotrichum candidum* i učinak međuprodukata na aktivnost gljiva

## Kompeticija

Često su u mikrobnoj zajednici prisutni različiti mikroorganizmi sa složenim međudjelovanjem. Ipak, sve vrste se natjeću za isti supstrat što rezultira manjim rastom u mješovitoj populaciji u usporedbi sa rastom svakog pojedinačnog soja (vrste).

Kako svaka mikrobna vrsta troši supstrat za svoj rast, to su za veći rast potrebni i drugi čimbenici, primjerice veća koncentracija faktora rasta, veća koncentracija otopljenog kisika i više hranjiva.

## Predacija

U procesu obradbe otpadne vode pomoću aktivnog mulja, razgradnja organskih sastojaka odvija se pomoću bakterija mulja, a nagomilana biomasa bakterija u nedostatku supstrata biva uklonjena kao hrana pomoću protozoa mulja.

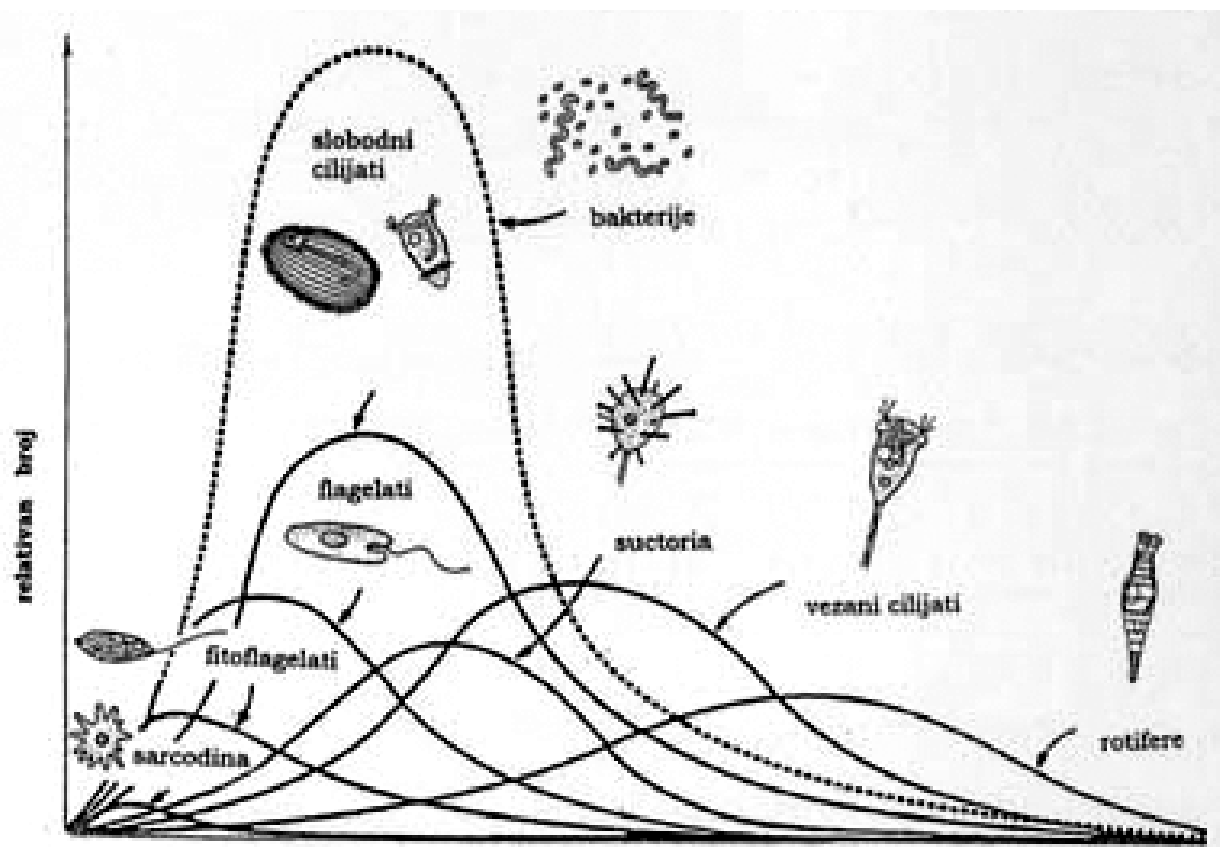
Brojne vrste bakterija mulja mogu uporabiti različite sastojke kao izvore ugljika (energije).

Navode se bakterije iz rodova: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Zoogloea*, *Micrococcus*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, *Nocardia*, *Mycobacterium* i *Sphaerotilus* i proždrljivci, protozoe, i drugi viši organizmi.

Cilijatne protozoe su posebice važne kao predatori jer održavaju «nivo» aktivnih bakterijskih stanica.

Njih kao predatori uklanjaju rotifere i drugi viši organizmi.

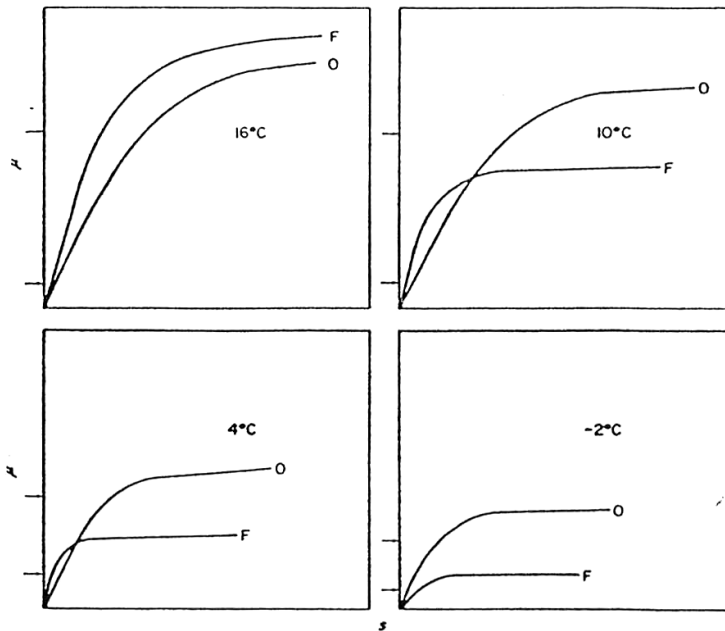
Većina mikrobnih zajednica temelji se na zakonitostima brzine selekcije, a to je ona brzina kojom mikroorganizmi postaju dominantni nad drugim vrstama prisutnim u mikrobnjoj zajednici.



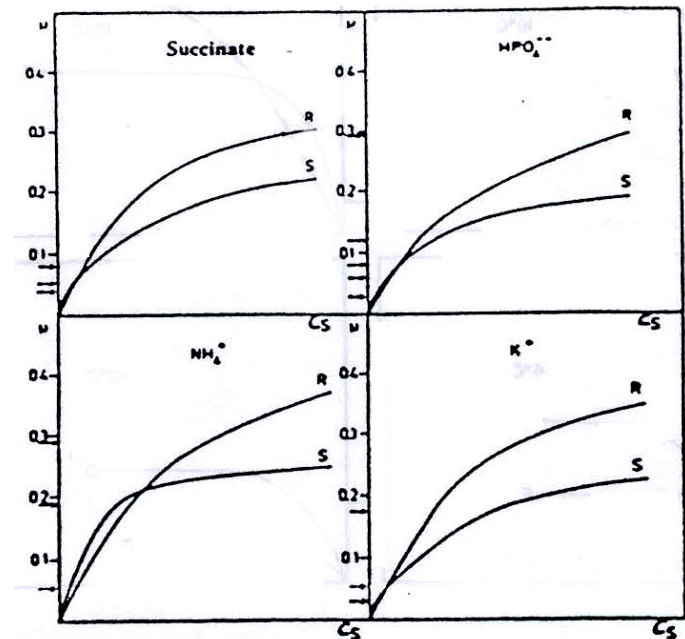
Zastupljenost pojedinih vrsta mikroorganizama u aktivnom mulju



Jedan od važnih čimbenika okoliša za opstanak članova mješovite mikrobne kulture (mikrobne zajednice, mikrobnog konzorcija) je temperatura te koncentracija i vrsta supstrata



Specifična brzina rasta obligatno psihofilne vrste *Pseudomonas* sp. (O) i fakultativno psihofilne vrste *Spirillum* sp. (F) kao funkcija koncentracije laktata pri različitim temperaturama



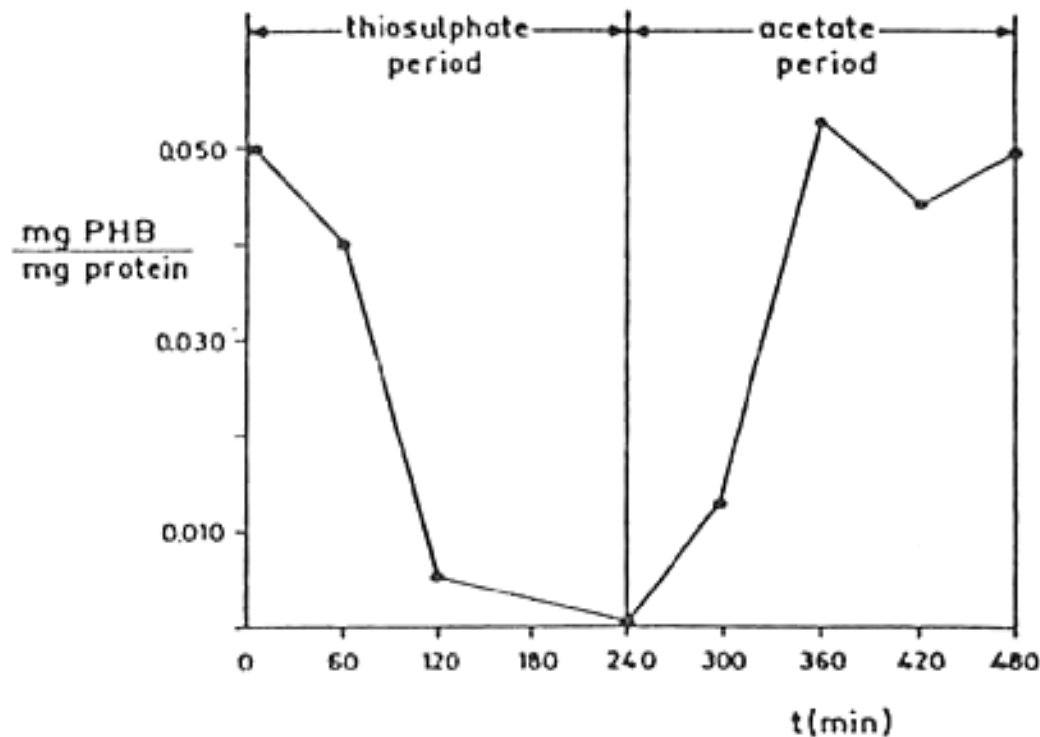
Specifična brzina rasta spiralnih (S) i kuglastih bakterija (R) kao funkcija rasta uz limitirajući supstrat. Laktat je izvor ugljika i energije.

«Ekološka niša» koju čine fakultativni kemolitotrofi (znani i kao miksotrofi) bila je dugo nepoznanica sve dok se nije razjasnio pojam heterotrofnih i autotrofnih mikroorganizama.

U prisutnosti viška supstrata neke vrste mikroorganizama su u prednosti zbog veće specifične brzine rasta ( $\mu_{max}$ ), a prilagodljivost mikroorganizama nije česta jer ne mogu rasti miksotrofno.

Ako supstrat nije limitiran rasti će mikroorganizam sekvencionalno pokazujući disuksijski rast.

Preživljavanje pojedinih vrsta mikroorganizama u mješovitoj kulturi ovisi o svojstvima pohranjivanja rezervnih tvari u stanicu, primjerice polihidroksi butirata



Promjene količine poli-β-hidroksibutirata kod vrste *Thiobacillus* sp. uzgajane u kemostatu uz 4-satni period hranjenja sa tiosulfatom, a potom acetatom ( $D=0,05 \text{ h}^{-1}$ )

Spoznaje o mikrobnim zajednicama i njihovom međudjelovanju u modelnim sustavima ukazuju da:

- ❑ miksotrofan rast ima prednost u određenim uvjetima
- ❑ metabolička fleksibilnost tj. prilagodljivost nepovoljnija je za organizme koji imaju znatno veću specifičnu brzinu rasta
- ❑ prilagodljive vrste mogu imati kompetitivnu prednost u slučaju kompetitivnog rasta na mješovitom supstratu limitiranom hranjivom
- ❑ u okolišu koji podliježe brzim i nepravilnim kolebanjima ekoloških čimbenika prednost pripada vrstama koje se mogu prilagoditi na okolišne uvjete, i koje mogu «preživjeti» uporabljajući povremeno vrlo niske koncentracije organskog i anorganskog supstrata
- ❑ sposobnost za pohranjivanjem ili nakupljanjem rezervnog materijala može imati značajnu ulogu u preživljavanju pojedinih vrsta u mješovitoj kulturi tj. njihovom održavanju kad su u kompeticiji s drugim organizmima, posebice pri promjenjivim uvjetima okoliša

