

## BIOMÉRNÖKI MŰVELETEK ÉS FOLYAMATOK (és labor is lesz)

Előadás: 4+0+0 v (5 kredit)  
labor (következő félév): 0+0+3 f (3 kredit)  
Zárvizsgatárgy

Előadók: Pécs Miklós docens (a félév első felében)  
F épület, FE lépcsőház földszint 1  
(463-) 40-31  
[pecs@eik.bme.hu](mailto:pecs@eik.bme.hu)  
Németh Áron docens (a félév második felében)  
F épület, FE lépcsőház földszint 1  
(463-) 25-95  
[naron@f-labor.mkt.bme.hu](mailto:naron@f-labor.mkt.bme.hu)



## Tananyag

Felkészülés: érdemes/célszerű előadásra járni

A neten: <http://oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/abet/BIM/>

Digitális jegyzet: Biomérnöki műveletek és folyamatok  
Ez képernyőn többet nyújt, mint a kinyomtatott .pdf, mert  
videók, animációk, interaktív diagramok vannak benne.

Diasorok (folyamatosan frissülnek) többféle nyomtatható  
formátumban



## KÖVETELMÉNYEK

Az aláírás feltétele egy házi feladat megoldása. Ez általában  
egy számítási feladat a tananyagból.

A vizsgaidőszakban: írásbeli vizsga, hetente egy alkalom

azután szóbeli záróvizsga.



## Nem kell az egész tankönyvet megtanulni!

**BSC-N NEM KELL TUDNI AZ ALÁBB KIJELÖLT ALFEJEZETEKET:**

### TARTALOMJEGYZÉK

#### 1. BEVEZETÉS, A BIOMÉRNÖK ÉS A BIOTECHNOLÓGIA

##### 1.1. A biotechnológia vázlatos története

##### 1.2. A biotechnológiai eljárások jellemzői

#### 2. ENZIMMÉRNÖKI ALAPISMERETEK

##### 2.1. Az enzimek működésének alapjai

##### 2.2. Az enzimek tulajdonságai, nevezéktanuk

##### 2.3. Egyszerű enzimes reakciók kinetikai leírása

##### 2.4. Enzimmoduláció, bevezetés, áttekintés

##### 2.5. Többszubsztrátos reakciók

##### 2.6. Egyéb hatások az enzimek aktivitására

##### 2.7. Heterogén fázisú enzimes reakciók viselkedése

##### a 2.50 EGYENLETTŐL KEZDŐ KINETIKA NEM KELL.

##### 2.8. Az enzimek alkalmazási területei és néhány enzim- technológiai alafoglalom

##### 2.9. Allosztérikus enzimek

##### 2.10. Transzportfolyamatok kinetikája



## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés: Történet. A biotechnológia, a biotechnológiai iparok, termékek. (Pécs Miklós)
2. Enzimmérnöki ismeretek (Pécs Miklós)  
Az enzim hatás alapjai, enzimek szerkezete, tulajdonságai, csoportjai.  
Homogén fázisú enzim reakciók  
Heterogén fázisú enzimes reakciók.
3. Enzimes és mikrobiális biokonverziók (alapfolyamatok) (Pécs Miklós)
4. Fermentációs folyamatok és műveletek (Németh Áron)  
A mikroba növekedés kinetikai leírása (fermentációs rendszerek matematikai modellezésének alapjai)  
A mikroba növekedéshez és termeléshez szükséges tápanyagok, Anyagátadási műveletek (oxigén)  
Sterilizáció  
Reaktorok
- (5. Biotermékek izolálása: külön tantárgy 2 szakirányon!)



## Mi az a biotechnológia?

A biotechnológia a biokémia, mikrobiológia és a mérnöki tudományok integrált alkalmazása mikroorganizmusok, állati és növényi sejtek/szövetek vagy ezek részeinek (pl. enzimeinek) technológiai felhasználása céljából.

Congress of the USA, 1984

Biotechnology is the integration of natural sciences and engineering in order to achieve the application of organisms, cells, parts thereof and molecular analogues for products and services.

EFB General Assembly, 1989

Sejt és molekuláris szintű folyamatok alkalmazása problémák megoldására vagy termékek előállítására.

Biotechnology Industry Organisation, 2003





Biotechnológia (EREKLY Károly, 1917) = minden munka, amellyel alapanyagokból termékeket állítunk elő élő organizmusok segítségével."

**Erekly Károly**

[Esztergom, 1878. okt. 20. - Vác, 1952.]; politikus, miniszter, gépészmérnök, közgazdasági szakember. Tanulmányait a Műegyetemen végezte. 1905-től az egy. adjunktusa. 1911-ben megalapította az állatértékesítő egyesületet, 1912-ben pedig a nagytérenyi sertéshizlaldát. Részt vett a Csilléry-Friedrich-féle ellenforradalmi(?) csoport szervezkedésében. A Friedrich-kormányban 1919. aug. 27-től 1919. nov. 24-ig közéleti miniszter. A Nemzetgyűlésbe a Keresztény Nemzeti Egyesülés Pártja programjával került be, az 1922-i választásokon megbukott és visszavonult a politikai élettől. Elnöke volt a Magyar Gyorsírók és Gyorsírás Barátai Budai Egyesületének (Bp., 1916).  
 Forrás: Életrajzi lexikon

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 7

## A BIOTECHNOLÓGIA KORSZAKAI

Ősi korszak - *nem tudatos biotechnológia* (élelmiszerek)

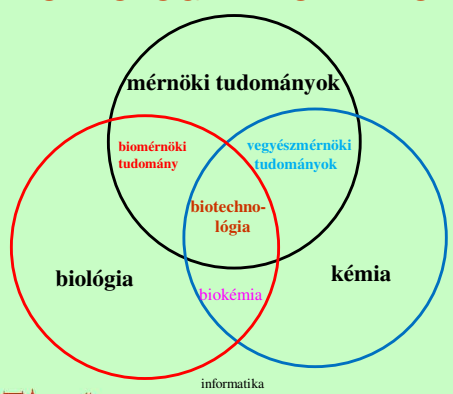
Nem steril korszak - *pre-antibiotikum éra* (aceton, butanol, glicerin, citromsav)

Steril korszak - *antibiotikum éra* (penicillin, tetraciklin, ....)

Modern biotechnológia - *antibiotikumok utáni korszak* (rekombináns fehérjék, pl. inzulin)

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 10

## BIOTECHNOLÓGIA - BIOMÉRNÖKSÉG



**mérnöki tudományok**

**biológia**

**kémia**

**biotechnológia**

**biomérnöki tudomány**

**vegyészmérnöki tudományok**

**biokémia**

**informatika**

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 8

## SÖRFÖZÉS ÉS SÖRÁLDOZAT NIN-HARRA ISTENNŐNEK



Momument Blau  
 Sumérok Kr.e. 2500  
 Babilónia Hammurábi (Kr.e 1727-1686)  
 Egyiptom

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 11

## BIOTECHNOLÓGIA - BIOMÉRNÖKSÉG

**BIOLÓGIAI TUDOMÁNYOK**

BIOLÓGIA  
 MIKROBIOLÓGIA  
 GENETIKA  
 BIOFIZIKA  
 BIKÉMIA  
 ENZIMOLÓGIA  
 IMMUNOLÓGIA

**MÉRNÖKI TUDOMÁNYOK**

KÉMIA  
 VEGYIPARI MŰVELETEK  
 GÉPTAN  
 MÉRÉS- ÉS SZABÁLYOZÁSTECHNIKA  
 ÜZEM-TERVEZÉS  
 ÜZEMSZERVEZÉS

**BIOTECHNOLÓGIA**  
 + bioinformatika

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 9

כ וַיִּחַל נֹחַ, אִישׁ הָאֲדָמָה; וַיִּטַע, כַּרְם.

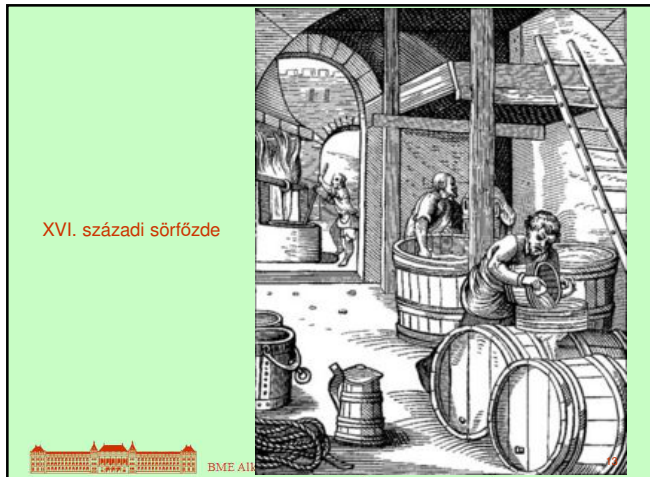
כא וַיִּשֶׁת מִן-הַיַּיִן, וַיִּשְׁכָּר; וַיִּתְגַּל, בְּתוֹךְ אֹהֶל־הָאֵלֶּה.

(Genesis 9,20-21.)

20. And Noah began to be a husbandman, and he planted vineyard  
 21. And he drank of vine, and was drunken and he was uncovered within his tent

20. és Noé megházasodott és szőlőt ültetett,  
 21. és ivék a borból és lerészegedék és meztelen vala sátrának közepén

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 12



### Fermentált élelmiszeripari termékek-1

**alkoholos italok**  
**nem alkoholos élelmiszerek:**

- > ecet
- > savanyúkáposzta
- > olivabogyó
- > savanyú kovász

**sütőipari termékek**  
**élvezeti termékek**

- > kakaó
- > kávé
- > tea, dohány
- > szójaszós

**Zöld**

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 16

### A biotechnológia „színei”

**Piros: egészség, orvosi, diagnosztika**  
**Sárga: (élelmiszer és táplálkozás)**  
**Kék: vízkultúrák, tengeri biotech**  
**Fehér: Bioipar**  
**Arany: bioinformatika, nanobiotechnológia**  
**Zöld: mezőgazdaság, (élelmiszer és táplálkozás)**  
**környezet: bioüzemanyag, biotrágya, bioremediáció, szennyvíztisztítás, geomikrobiológia**  
**Barna: száraz, sivatagi**  
**Fekete: bioterrorizmus, biofegyver...**  
**Bíbor: szabadság, publikálás, újítás...**  
**Szürke: klasszikus fermentáció és biofolyamat technológia**

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 14

### Fermentált élelmiszeripari termékek-2

**tejtermékek**

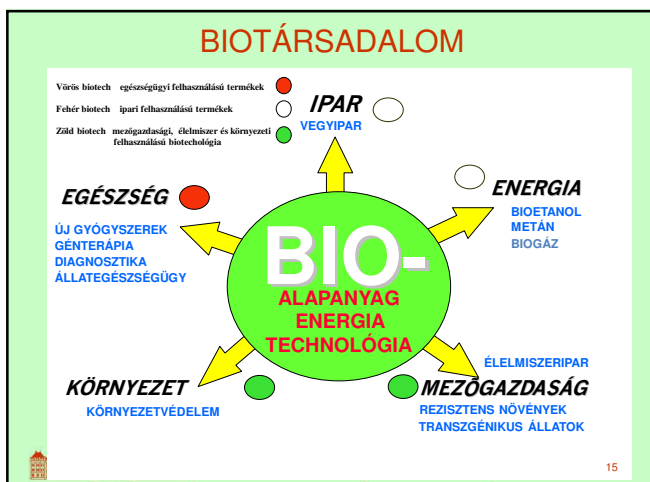
- > tejföl
- > joghurt
- > kefir
- > "lágy sajtok"
- > "kemény sajtok"

**húsáruk**

- > töltelkes áruk (kolbász, felvágottak)
- > sonkafélék

**Zöld**

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 17



### Biotechnológiai termékek az élelmiszeriparban-1

**szerves savak**

- > Citromsav
- > Itakonsav E330-333
- > Glükonsav E350-352
- > fumársav E335-337
- > almasav
- > borkósav
- > borostyánkősav
- > tejsav
- > cianokobalamin, B12

**vitaminok**

- cianokobalamin, B12
- riboflavin, B2 E101
- aszorbinsav, C E300

**Zöld**

**500 ml** Narancs szénas üdítőital cukorral és édesítőszerrel. Összetevők: víz, fruktóz-oligoszacharid, nárciszlé koncentrátumból (5%), szén-dioxid, étkezési sav: citromsav és almasav, savanyúságot szolgáltató anyag: nátrium-glükonát, természetes aromák, édesítőszer: nátrium-ciklamát és nátrium-szacharin, antioxidáns: aszkorbinsav, stabilizátor: guargumi, színezék: béta-karotin. Minőségét megőrzi (nán/hó/év).

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## Biotechnológiai termékek az élelmiszeriparban-2

### gélesítő anyagok

- xantán E415
- pektin E440

### enzimek

- glükóz izomeráz
- β-glukanáz
- β-glükozidáz
- β-galaktozidáz
- α-amiláz
- glükóamiláz
- pektináz
- rennin
- proteázok
- lipázok

Zöld



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

19

## Antibiotikumok

Antibiotikum	Típus	Termelő törzs
Bacitracin	ciklopeptid	<i>Bacillus licheniformis</i>
Cefalosporin C	laktám	<i>Cephalosporium acremonium</i>
Klórtetraciklin		<i>Streptomyces aureofaciens</i>
Griseofulvin	spirociklohexén	<i>Penicillium griseofulvum</i>
Gentamicinek	aminoglikozid	<i>Micromonospora purpurea</i>
Streptomycin	aminoglikozid	<i>Streptomyces griseus</i>
Nistatin	polién	<i>Streptomyces aureus</i>
Oleandomicin	makrolid	<i>Streptomyces antibioticus</i>
Penicillin G	laktám	<i>Penicillium chrysogenum</i>
Tirocidin	ciklopeptid	<i>Bacillus brevis</i>
Vankomicin	glikopeptid	<i>Streptomyces orientalis</i>

Piros



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

22

## ENZIMEK A VILÁGPIACON

Enzim	Árbevétel megoszlása %
<i>Bacillus</i> proteázok	45
Glükamilázok	13
<i>Bacillus</i> amilázok	5
Glükóz izomerázok	6
Rennin (mikrobiális)	10
Amilázok (penész)	4
Pektinázok	3
Proteázok (penész)	2
Egyéb	12



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

20

## Rekombináns fehérjék

### TERMÉK

Humán inzulin  
 Humán interferonok (α-, β-, γ-IFN)  
 HGH (emberi növekedési hormon)  
 Hepatitisz B vírusprotein  
 Urokináz  
 α-amiláz  
 Állati növekedési hormonok  
 Száj- és körömfájás vírusprotein  
 E.coli K-88 és K-99 protein

Véralvadás VIII és IX faktora  
 Eritropoietin (EPO)  
 Humán szérumalbumin  
 A herpesz, a malária és az influenza fehérje-antigénjei  
 Immunglobulinok  
 Limfokinek, elsősorban interleukin-2

Szöveti Plasminogen Aktivator (TPA)  
 Tumor Nekrózis Faktor (TNF)  
 Borjú oltóenzim (rennin)

### FELHASZNÁLÁS

cukorbetegség kezelése  
 antivírus/antitumor terápia  
 törpenövés ellen  
 vírusellenes vakcina előállítására  
 trombolitikus hatás  
 keményítőhidrolízis  
 tej/hústermelés fokozása  
 állatgyógyászati vakcina  
 vakcina a borjú és malacneveléshez (toxin okozta hasmenés ellen)  
 hemofília kezelése  
 anémia, krónikus veseelégtelenség esetén  
 vérkiesztő anyag  
 vakcinák  
 monoklonális antitestek  
 az immunrendszer serkentése (baktérium/vírusfertőzések, antitumor-terápia)  
 trombolitikus hatás  
 autoimmun gyulladások ellen  
 sajtygyártás

Piros



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

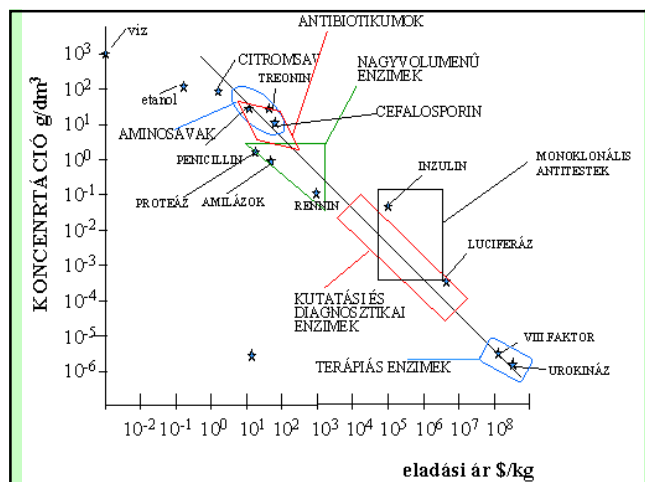
## Aminosavgyártás

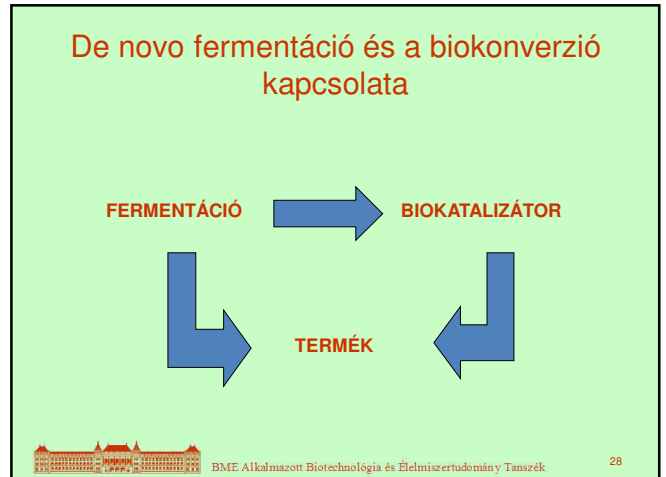
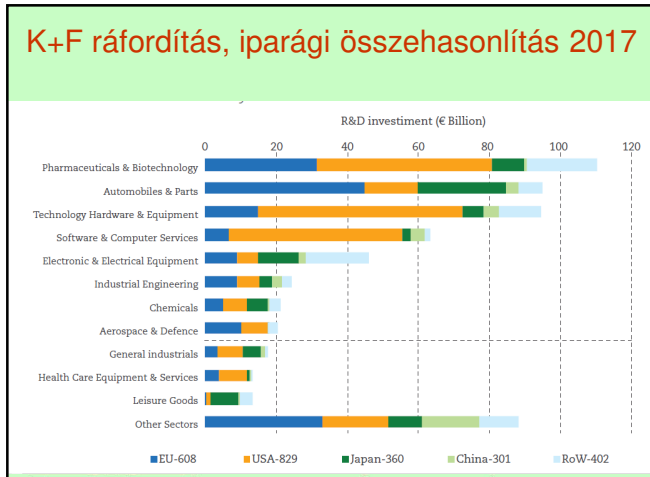
Mennyiség t/év	Aminosav	Alkalmazott eljárás	Felhasználás
1.000.000	L-Glutaminsav	Fermentáció	Ízfokozó
350.000	L-Lizin	Fermentáció	Tak.kiegészítő
350.000	D,L-Metionin	Kémiai szintézis	Tak.kiegészítő
75.000	L-Treonin	Fermentáció	Tak.kiegészítő
10.000	L-Asparaginsav	Enzim konverzió	Aszpartám
10.000	L-Fenilalanin	Fermentáció	Aszpartám
10.000	Glicin	Kémiai szintézis	Tápl.kiegészítő, édesítőszer
3.000	L-Cisztein	Cisztim-redukció	Tápl.kiegészítő, gyógyszer
1.000	L-Arginin	Fermentáció, extrakció	Gyógyszergyártás
500	L-Leucin	Fermentáció, extrakció	Gyógyszergyártás
500	L-Valin	Fermentáció, extrakció	Gyógyszergyártás
300	L-Triptofán	Nyugvósejtes konverzió	Gyógyszergyártás
300	L-Izoleucin	Fermentáció	Gyógyszergyártás



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

21





### A modern fermentációs ipar palettája

- SEJTTÖMEGTERMELÉS**  
pékélesztő, SCP
- SEJTKOMPONENSEK ELŐÁLLÍTÁSA**  
intracelluláris enzimek, nukleinsavak, poliszacharidok, rDNS termékek...
- METABOLITERMELÉS**  
primer metabolitok: etanol, tejsav...  
szekunder metabolitok: antibiotikumok
- EGYSZERŰ SZUBSZTRÁT KONVERZIÓ:**  
glükóz → fruktóz  
penicillin → 6-NH<sub>2</sub>-penicillánsav
- MULTISZUBSZTRÁT-KONVERZIÓ:**  
biológiai szennyvíztisztítás

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 26

### Milyen esetben használjunk biotechnológiai eljárást?

- Olyan komplex molekulák felépítései, amikor nincs más alternatíva: antibiotikumok, fehérjék, monoklonális antitestek előállítása
- Izomerek egyikének célzott előállításakor (pl L-aminosav)
- Amikor a tenyészet képes több(sok) konzekutív reakció végrehajtására
- Amikor a sejtek(enzimek) nagyobb hozammal alakítanak át.

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 29

### BIOTECHNOLÓGIAI ELJÁRÁSOK

**De novo FERMENTÁCIÓK**

$$\Sigma S_i + X \xrightarrow{\text{mikroorganizmus, növényi sejttenyészet, állati szövettenyészet}} \Sigma P_j + (X + \Delta X)$$

**BIOTRANSZFORMÁCIÓK**

$$S + X \xrightarrow{\text{sejt(alkotórész)}} P + X$$

$$S + E \xrightarrow{\text{enzim}} P + E$$

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 27

### Bio-eljárások előnyei a konvencionális kémiai módszerekkel szemben

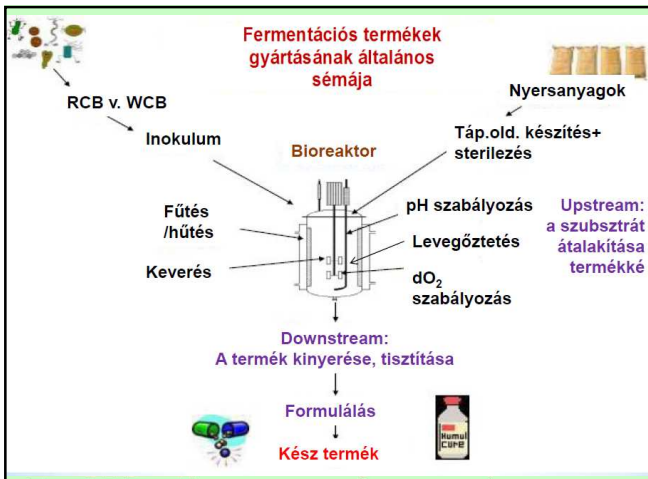
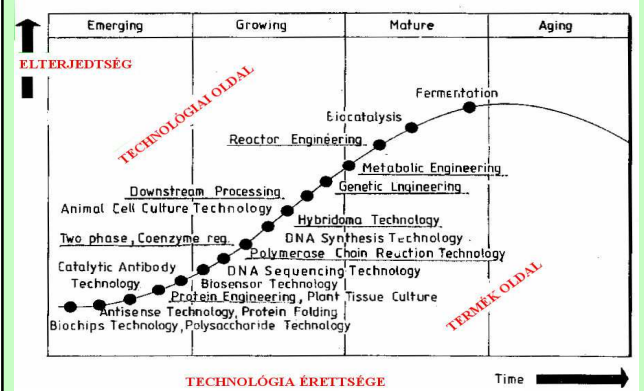
- ☉ Enyhe reakciókörülmények (pH, nyomás, hőmérséklet...)
- ☉ Megújuló alapanyagok felhasználhatósága (mind a C-váz mind az energia forrás tekintetében) : Cukor ← keményítő, Cukor ← cellulóz
- ☉ Olcsóbb és nagy mennyiségben hozzáférhető alapanyagok (cukrok, ásványi sók)
- ☉ Kevésbé veszélyes reakciókörülmények és kisebb környezeti ártalom
- ☉ A biokatalizátor (sejt, enzim) nagyobb specifikussága (szubsztrát-, csoport-, régió-, sztereo-specifikusság)
- ☉ Sokoldalú, többcélú készülépark & Kevésbé komplex készülékek: kisebb beruházási költség.
- ☉ Nagyobb hozam, rendszerint kisebb energia igény
- ☉ rDNS technológiák beláthatatlan lehetőségei (Idegen fehérjék, biokatalizátor tervezés...)

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék 30

### Bio-eljárások lehetséges hátrányai

- ⊗ Ma sokszor még a fosszilis alapanyagokon alapuló kémiai eljárások produktivitása és gazdasági eredményessége felülmúlja a bioeljárásokét (fehér biotechnológia elterjedésének gátja)
- ⊗ A bonyolult szerkezetű termékek, amelyek rendszerint híg oldatokban vannak jelen, kinyerése és tisztítása bonyolult és drága.
- ⊗ Nagy mennyiségű és nagy BOD tartalmú szennyvíz keletkezik (amely azonban általában könnyen tisztítható.)
- ⊗ Fertőzés veszély idegen (mikro)organizmusok által: idegen mikrobák, vírusok.
- ⊗ Fertőzés veszély. Szigorú előírásokat kell betartani a biológiai biztonság garantálására (containment szempontok betartása). Különös szigorúság az GMO-k felhasználása esetében.
- ⊗ Kétoldali változékonyság. Megújuló alapanyagok és természetes eredetű kiegészítők (melasz, kukoricalekvár, élesztő kivonat, stb) minősége és a felhasznált organizmusok tekintetében (mikroba reverzió, sejtvonal-degenerálódás, stb)
- ⊗ Társadalmi idegenkedés, elutasítás a mikroorganizmusokkal és különösen a genetikai manipulációval kapcsolatban.

### FEJLŐDÉSI TERÜLETEK



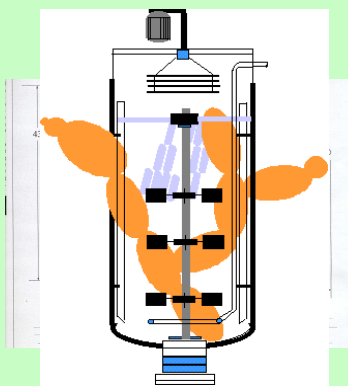
Microorganism is always right  
 your friend  
 a sensitive partner.  
 There are no stupid microorganisms.

Microorganisms can do anything  
 will do anything  
 Microorganisms are smarter  
 wiser  
 more energetic  
 than chemists, engineers, etc.

If you take care of your (microbial) friends they will take care of your future/income (and you will live happily everafter).

(PERLMAN)

### BIOREAKTOROK



### Háziasítottuk a mikroorganizmusokat!

De ehhez kiszolgáljuk minden igényüket.....

..... akkor tulajdonképpen  
 ki is dolgozik kinek???