

## REKOMBINÁNS FEHÉRJÉK GYÁRTÁSA

Lehet:

- Prokariótákkal (baktériumokkal)
  - Könnyen, gyorsan szaporíthatók, olcsó táptalaj, de:
  - a termék sokszor intracelluláris (zárványtest), és nincs posztranszlációs modifikáció (glikozilálás, metilezés)
- Élesztőkkel
  - Gyors szaporodás, jó hozam, olcsó táptalaj, de:
  - eltérő glikozilációs mintázat, nem mindig aktív a termék
- állati sejtenyésztéssel
  - Lassú szaporodás, drága tápoldat, kényes fermentáció, kisebb koncentráció, de:
  - termék biztosan biológiailag aktív.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

1

## Therapeutic Protein Classes

Combined global prescription sales for the top 50 pharmaceutical companies (excluding generic-drug companies) by molecule type (2009–2014).

Molecule type	Sales (\$ billion)						Difference in sales between 2009 and 2014
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Small molecule	411	414	415	405	394	394	-4%
Therapeutic protein	65	68	70	72	74	76	17%
Monoclonal antibody	38	43	48	53	58	62	63%
Vaccine	21	22	24	25	27	28	33%

Sources: Datamonitor, PharmaVita Explorer, January 2010, and company-reported information.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

4

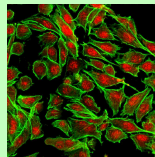
## REKOMBINÁNS FEHÉRJÉK

A jelenleg jóváhagyott technológiák 95%-a ezt a három gazdaszervezetet használja:

*E. coli*

*S. cerevisiae*

Chinese Hamster Ovary (CHO)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

2

## Inzulin

Az inzulin emlőshormon; ez volt első rekombináns módszerrel előállított fehérje. A gyógyászati célra történő humán inzulin éves termelése eléri a 20 tonnát. Az inzulint a hasnyálmirigy (pancreas) Langerhans-szigetei termelik. Antagonista párja a glukagon, a két hormon együtt biztosítja a vércukorszint megfelelő szabályozását. Az inzulint először 1922-ben izolálták kutya pancreasból. Az aminosavszekvenca meghatározását 1955-ben Sanger végezte el.

Nélkülözhetetlen a cukorbetegek számára. Diabetes: cukor anyagcsere zavar, megegyezik a vércukorszint. Inzulin: kettős peptidlánc, per os nem adható, mert lebomlana → injekció, vagy inhalálás



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

5

## REKOMBINÁNS FEHÉRJÉK

Funkció szerint:

- Hormonok (inzulin, eritropoietin)
- Enzimek (általában orvosi célra; VIII faktor, tPA, aszparagináz)
- Antitestek (terápia - analitika; Herceptin, ProstaScint)
- Vakcinák (aktív és passzív immunizálás)



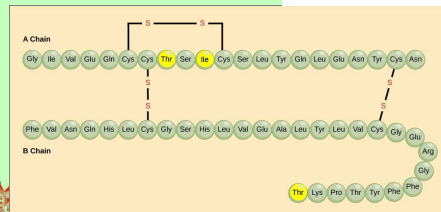
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

3

## Inzulin szerkezete

Két aminosavláncból áll (21 + 30 aminosav), amelyeket két diszulfid híd köt össze és egy stabilizál. A humán, marha és sertés inzulin között csak néhány aminosav a különbség:

	Aminosav		
	8.	10.	30.
Marha	Ala	Val	Ala
Sertés	Thr	ILeu	Ala
Ember	Thr	ILeu	Thr
	A lánc		B lánc



6

### Az inzulin érése

Az inzulin egy gén terméke. Két intron kivágása után egy fehérjeláncként keletkezik (pre-proinzulin, 110 AS), ebből két szakasz (pre: 23 AS, C: 34 AS) eltávolításával alakul ki az aktív szerkezet.

BME

### Az inzulin előállítása

- Kémiai szintézis aminosavakból
- Kivonás sertés hasnyálmirigyből és átalakítás humán inzulinná
- Fermentáció génmanipulált mikroorganizmusokkal
  - Az A és B lánc termelése külön-külön *E. coli*-val, majd összekapcsolás
  - pro-inzulin fermentációja *E. coli*-val, majd átalakítása
  - Pre-pro-inzulin fermentációja *E. coli*-val, hasítások
  - Pro-inzulin fermentáció *S. cerevisiae*-vel, átalakítás

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

### Az inzulin érése

Az endoplazmás retikulumban megy végbe szignálpeptid levágása, a diszulfid hidak és a folding kialakítása. A proinzulin transzport vezikulákban megy át a Golgi komplexbe, és ott történik a C lánc kivágása (PC-I és PC-II), valamint a két Arg levágása (karboxipeptidáz E).

BME Alkalmazott Biotech

### Kivonás hasnyálmirigyből - átalakítás

A klasszikus eljárás. Vágóhidakon összegyűjtött hasnyálmirigyből extrahálják az sertés inzultint.

- Nincs elég belőle
- Az egy aminosav különbség immun-problémákat okozhat

Ezért inkább átalakítják, lecserélik a láncvégi alanint. A tripszin szintén a hasnyálmirigyből nyerhető peptidáz, ami a bázikus aminosavak (Arg, Lys) melletti peptidkötést bontja → lecseréli a láncvégi alanint. Egyensúlyi folyamat, visszafelé is megy, a lizinre ráköthet egy aminosavat. Ha nagy főlőslagben treonint adunk a rendszerbe, akkor az alanin fokozatosan lecserélődik treoninra. A mellékreakciók visszaszorítása érdekében Thr-észtert adnak.

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék



### Kivonás hasnyálmirigyből - átalakítás

Mellékreakció: az enzim a 22 Arg mellett is hasítana.  
Lefékezése: 6-12 °C !  
oldószeres közeg (etanol, DMF, DMSO) + <50% acetát puffer.

A treonin észter hidrolízisével alakul ki a hu-

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## Inzulin fermentációs előállítása

Prokariótákkal is megoldható, mert:

Viszonylag rövid láncok, nincs glikozilezés, metilezés, de:

Két lánc, három diszulfid híd – nehezebb jól összepárosítani

Megoldották a két lánc külön-külön bevitelét és fermentációját, majd összekapcsolását is – és az egészet egyben is.

Az *E. coli* törzsbe a pBR322 plazmiddal viszik be a géndarabot. A Trp-operonból származó szakaszt (121 aminosav) egy Met-nal választják el az inzulint kódoló szakasztól. Ennek az a szerepe, hogy brómcian hatására (70%-os HCOOH-ban) a Met elbomlik, és a fehérje lánc elszakad.

Az –SH csoportokat szulfitolízissel ( $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ , pH>9)

–S–SO<sub>3</sub> csoporttá alakítják → diszulfid hidak felbontása.

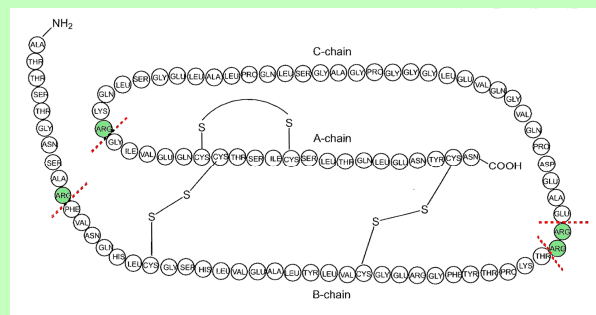
Összekapcsolás –SH vegyületekkel: (merkapto-etanol, ditiotreitol)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

13

## A pre-pro-inzulin enzimes hasításai

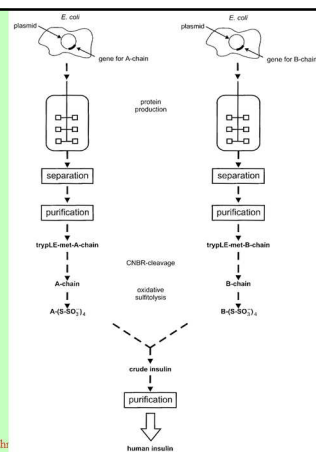


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

16

## Kettős fermentáció

A két láncot két külön plazmidba vitték be. Két *E. coli* törzs, két külön fermentáció, aztán összekapcsolás.



BME Alkalmazott Biotech

## Inzulin fermentációs előállítása

Az inzulin rekombináns előállítása *Saccharomyces cerevisiae*-val egyszerűbb, mert:

1. Az ER-ben megtörténik a szignálpeptid levágása és a folding
2. A Golgiban pedig a hasítások (PC-I,II helyett a Kex2-proteázok)
3. → a kész inzulin molekulát kell kinyerni és tisztítani.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

17

## Inzulin fermentációs előállítása

Az egész lánc előállítása génmanipuláció szempontjából nem nehezebb, mert a teljes inzulin gén (pre-pro-inzulin) befér egy *E. coli* plazmidba. Nem-patogén coli törzs.

1. Szakaszos fermentáció (15 m<sup>3</sup>)
2. Sejteltárás (lízis), centrifugálás, szűrés
3. Refolding: a terciér szerkezet kialakítása megfelelő pufferben.
4. Hasítás három helyen Arg mellett (tripszin, sertés pancreasból)
5. A B és C lánc közötti két Arg lecsípése (karboxipeptidáz B, exopeptidáz, szintén sertés pancreasból)
6. Tisztítás →

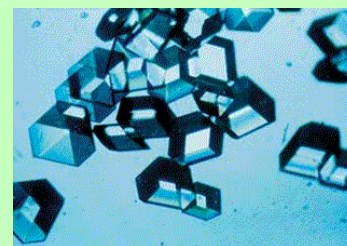


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

15

## Inzulin feldolgozás

1. Gélszűrés (hasítási termékek és egyéb, kis peptidok kiszűrése)
2. Ioncsere kromatográfia,
3. Lehet: amorf csapadék vagy kristályos: Zn ionnal. A kristályforma függ a Zn koncentrációtól és a pH-tól (ld. tavaly). Így lassabban szívódik fel. → +5 °C, IEP = 5,4 (inzulin)<sub>6</sub>Zn<sub>(1-2-4)</sub>

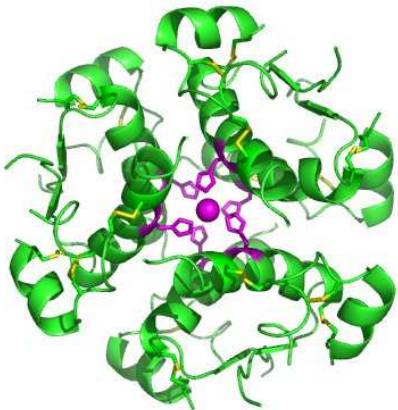


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

18

## Inzulin Zn-komplex

A B-10 His kapcsolódik a központi  $Zn^{2+}$  ionhoz, hexamer formában a legstabilabb.



BME

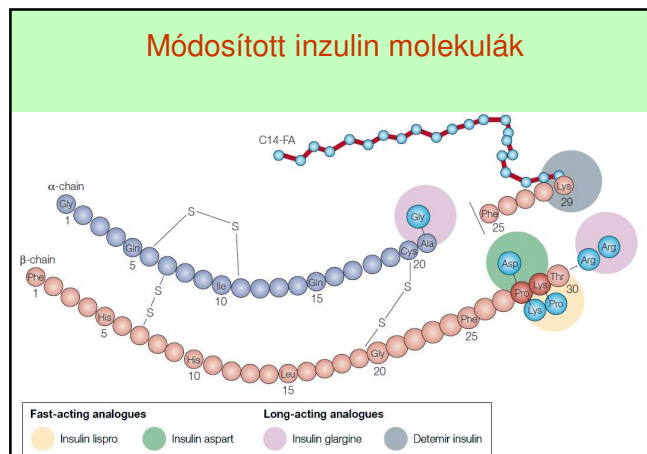
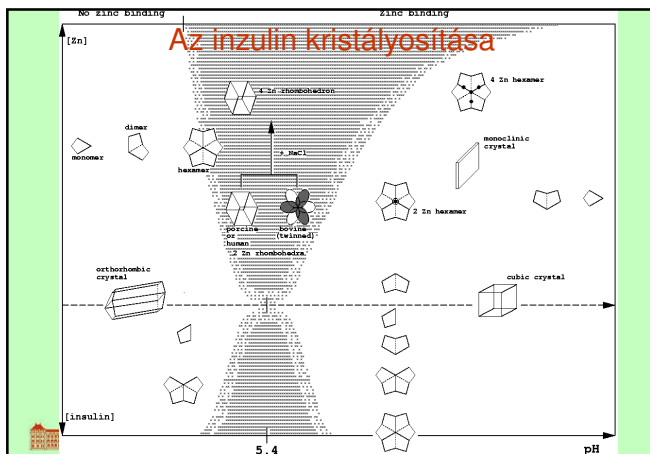
## Módosított inzulin molekulák

Gyors hatású inzulinok:

**Lispro** inzulin: a B28 Pro és 29 Lys sorrendjét megcserélték. Gyorsabban felszívódó anyag, ~15 perc alatt hat a szokásos 45-60 perc helyett. Eli Lilly, Humalog néven.

**Aspart** inzulin: a B28 helyen lévő Pro-t kicserélték Asp-ra. Emiatt nem alkot hexamert → jobban oldódik, gyorsabban felszívódik. *Saccharomyces cerevisiae*-vel termelik. NovoNordisk, Novo-Log néven

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék



## Inzulin analitika

A rec inzulin azonosítása (azonos-e mindenben a humánnal):

Kémiai analízis: HPLC

- egészben
- enzimesen (V8 proteáz) ötfelé hasítva (fingerprinting)
- aminosav-analízis (teljes hidrolízis után)

Biológiai hatás: - vércukorszint csökkenés nyúlban (lassú, drága)

Immunanalízis: - reakció specifikus ellenanyagokkal

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## Módosított inzulin molekulák

Elnyújtott hatású inzulinok:

**Glargin** inzulin: (Gly + Arg) mindkét lánc C terminálisát átalakították: az A21 Asp helyére glicint kapcsoláltak, a B lánc végére pedig két arginint. Ez megváltoztatja az izoelektromos pontot (5,4 → 6,7) emiatt a szöveti pH-n aggregálódik → lassabban szívódik fel (>24 óra). Sanofi-Aventis, Lantus néven.

**Detemir** inzulin: a B30 Thr-t elhagyták, és a B29 Lys aminos csoportját C14 zsírsavval (mirisztinsav) acilezték. A gyártásnál rövidebb láncot termelnek (Insulin B1-29-Ala-Ala-Lys-Insulin A1-21), ezt enzimesen bontják, majd acilezik. NovoNordisk, Levemir néven

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék



## Módosított inzulin molekulák

Source/ Type	Amino Acid Substitutions					
	A- chain Position	B- chain Position				
	A21	B3	B28	B29	B30	B31 And B32
Human	Asn	Asn	Pro	Lys	Thr	
Aspart	Asn		Aspartic acid	Lys	Thr	
Lispro	Asn		Lys	Pro	Thr	
Glulisine	Asn	Lys	Pro	Glu	Thr	
Glargine	Gly		Pro	Lys	Thr	Arg
Detemir				Lys	Myristic acid	

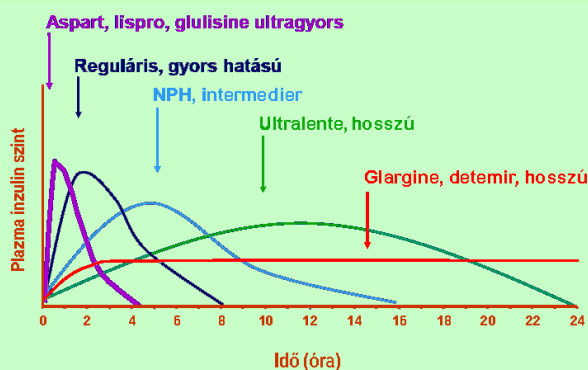
25

## Az EPO gyógyászati felhasználása

- vesekéreg-károsodás
  - anaemia tumor illetve kemoterápia következtében (csontvelő)
  - anaemia (veseelégtelenség, művese kezelés következtében)
  - A dialízissel 10-20 év után anaemia alakul ki, ekkor transzfúzió szükséges. Panaszok: gyengeség, hideg intolerancia, alvászavar, agyelégtelenség, stb. Az EPO javítja a beteg életminőségét.
  - akut vérzések
  - akut véresejt-pusztulás (HIV betegek, fertőzések, malária)
- Doppingszerként is használják az állóképességi sportokban (hosszútávfutás, sífutás, kerékpározás, néha labdarúgók is)

28

## Inzulinok hatása



## Az EPO szerkezete

Glikoprotein: 34 kDa, 165 aminosav, 55 szénhidrát egység  
A szénhidrát rész a molekulatömeg közel 40 %-át teszi ki.

1 O-glikozid rész (Ser 126).

3 N-glikozid rész (Asn 24, 38, 83).

A cukorrész variábilis, a szialsavak mennyiségével arányos a biológiai aktivitás és a felezési idő.

A cukorrész felelős a molekula stabilitásáért is: hőmérséklet, pH, „carbohydrate engineering”

Bioszintézise: mRNS: 5 exon, 4 intron, eredetileg 193 aminosav

Posztranszlációs módosulások: az N-terminálisról 28 AS (szignálpeptid), a C-terminálisról Asp hasad le.

29

## Eritropoietin, EPO

Hormon, glikoprotein, a citokinek közé tartozik.

Emberi szervezetben: 85-90%-a a vesében képződik, 10-15%-a a májban.

Az EPO-t kódoló gén a 7-es kromoszómán található (7q21-7q22)

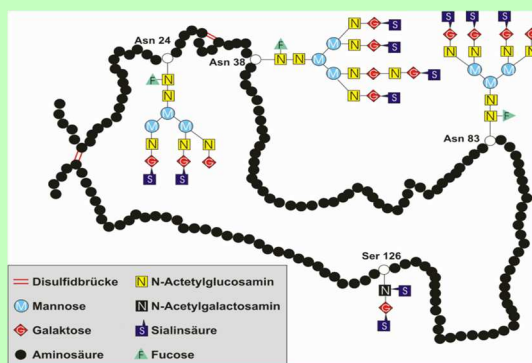
Képződését a vér alacsony oxigénkoncentrációja (hipoxia) indukálja (érzékelő: a vese kéregállományában)

A hormon normális koncentrációja a szérumban 19 mU/ml körüli.

A hormon funkciója: stimulálja a vörösvértestek (erytrociták) képződését a csontvelőben.

27

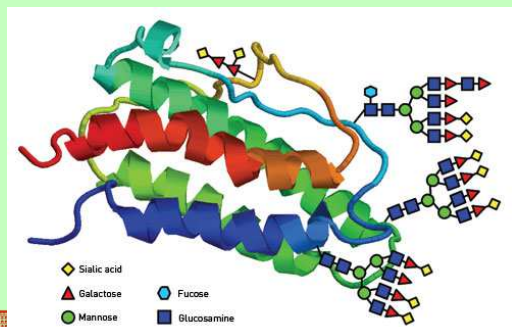
## Az EPO szerkezete



30

## Az EPO harmadlagos szerkezete

... 4 antiparalel lefutású  $\alpha$ -hélixből áll:



31

## Az állati sejtenyésztés tápoldatai

Tápoldatok: reprodukálni kell a természetes környezetet: vér, sejtközi folyadék (sokkomponensű, drága)

Szénforrás: glükóz (mint a vércukor), + glutaminsav

15 - 20 féle aminosav, vitaminok, koenzimek, lipidek, ionok (pontos összetétel, ozmózis nyomás)

SZÉRUM: a sejtvonalak nagy része igényli a vérfehérjék jelenlétét is → ezt újszülött állatok (borjú) vérszérumával biztosítják (5-15%). Ez szörnyű drága (és nehezen reprodukálható), ezért töreksenek a minimalizálására, helyettesítésére vagy teljes elhagyására.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

34

## Az EPO előállítása

Ki lehetne vonni vérből és vizeletből, de nagyon kicsi a koncentráció és korlátozott az alapanyag. Ezért:

rekombináns fehérjeként célszerű termeltetni.

De ez nem megy prokariótákkal, mert:

- nem működik az intronok kivágása (ez még megoldható a kész mRNS reverz transzkripciójával)
- nem képesek a glikozilálásra

Ezért állati sejtekben, sejtenyésztésben kell megoldani.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

32

## Módosított Eagle médium (MEM)

Component	D5546 [+] g/L	D5648 g/L	D5546 [+] g/L	D5648 g/L
<b>Dulbecco's Modified Eagle's Medium</b>				
<b>INORGANIC SALTS</b>				
Calcium Chloride	0.2	0.2	L-Tyrosine • 2Na • 2H <sub>2</sub> O	0.10379
Ferric Nitrate • 9H <sub>2</sub> O	0.0001	0.0001	L-Valine	0.094
Magnesium Sulfate (anhydrous)	0.09767	0.09767	<b>VITAMINS</b>	
Potassium Chloride	0.4	0.4	Choline Chloride	0.004
Sodium Bicarbonate	3.7	—	Folic Acid	0.004
Sodium Chloride	6.4	6.4	myo-Inositol	0.0072
Sodium Phosphate Monobasic (anhydrous)	0.109	0.109	Niacinamide	0.004
<b>AMINO ACIDS</b>				
L-Arginine • HCl	0.084	0.084	p-Pantothenic Acid (hemicalcium)	0.004
L-Cystine • 2HCl	0.0626	0.0626	Pyridoxal • HCl	—
L-Glutamine	—	0.584	Pyridoxine • HCl	0.004
Glycine	0.03	0.03	Riboflavin	0.0004
L-Histidine • HCl • H <sub>2</sub> O	0.042	0.042	Thiamine • HCl	0.004
L-Isoleucine	0.105	0.105	<b>OTHER</b>	
L-Leucine	0.105	0.105	D-Glucose	1.0
L-Lysine • HCl	0.146	0.146	HEPES	—
L-Methionine	0.03	0.03	Phenol Red • Na	0.0159
L-Phenylalanine	0.066	0.066	Pyruvic Acid • Na	0.11
L-Serine	0.042	0.042	<b>ADD</b>	
L-Threonine	0.095	0.095	Glucose	—
L-Tryptophan	0.016	0.016	L-Glutamine	0.584
			Sodium Bicarbonate	—
				3.7

## Állati sejtenyésztés

Egészen más, mint a mikroorganizmusok tenyésztése.

A szövetekből elkülönített, diszpergált sejtek szaporítása in vitro. A gerincesek legtöbb sejtje csak korlátozott számban osztódik az izolálást követően, a tenyésztet elöregszik (szeneszcencia).

Csak a tumorsejtek osztódnak korlátlanul (immortality).

Szinte minden szövet szaporítható, az izom és ideg kevésbé.

A sejtvonalak nagy része csak felülethez kötve növekszik (monolayer, kontakt gátlás) → speciális tenyésztő edények. Van néhány, ami szuszpenzióban is szaporodik (CHO, BHK, VeRo, HeLa), mint a mikrobák → fermentorszerű készülékek.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

33

## A szérum aktív komponensei

Important Components of Serum and Their Probable Role in Cell Culture	
Component	Probable function
<b>Proteins</b>	
Albumin	Osmotum and buffer
Fetuin	Lipid, hormone, mineral carrier
Fibronectin	Cell attachment
$\alpha_2$ -Macroglobulin	Cell attachment
Transferrin	Trypsin inhibitor
	Binds iron
<b>Polypeptides</b>	
Endothelial growth factor (ECGF)	Mitogen*
Epidermal growth factor (EGF)	Mitogen
Fibroblast growth factor (FGF)	Mitogen
Insulin-like growth factors (IGF1 and IGF2)	Mitogen
Platelet-derived growth factor (PDGF)	Mitogen and major growth factor
<b>Hormones</b>	
Hydrocortisone	Promotes attachment and proliferation
Insulin	Promotes uptake of glucose and amino acids
Growth hormones	Mitogen—present in fetal sera
<b>Metabolites and nutrients</b>	
Amino acids	Cell proliferation
Glucose	Cell proliferation
Keto-acids (e.g., pyruvate)	Cell proliferation
Lipids (e.g., cholesterol)	Membrane synthesis
<b>Minerals</b>	
Iron, copper, zinc, and selenium	Enzymes and other constituents
<b>Inhibitors</b>	
$\gamma$ -globulin	
Bacterial toxins from prior contaminants	
Chalones (tissue-specific inhibitors)	



B3

## Az állati sejtenyésztés tápoldatai

Törekednek a szérumentes, kémiai komponensekből össze-mért tápoldatok használatára, mert ezek olcsóbbak, állandó az összetételük, és reprodukálhatóbbak az eredmények, kisebb a fertőzés kockázata, könnyebb a fehérje termékek izolálása.

Pl. próbálkoznak a szérum részbeni vagy teljes pótlására hidrofili polimerekkel pl. dextránnal.

A sejtek érzékenyek a szerves ionok pontos koncentrációjára, pl az üveg edényekből kioldódó anyagokra, ezért vagy műanyag edényeket, vagy víztöltéssel többször autoklávozott üveget használnak tenyésztésükhöz.

A víznek is különlegesen tisztának kell lennie (ionmentes, szerves anyag-mentes, endotoxin-mentes, pirogén-mentes) és ezt is műanyag edényben tárolják.



## Laboratóriumi tenyésztő edények (felületi)



## Az állati sejtenyésztés körülményei

A sejtek nagyon érzékenyek pl. a nyírásra:

- nagyon kíméletes keverés,
- sok sejtvonal érzékeny a buborékokra

Az oxigénigény nagyon kicsi, rendszerint elég a fejtérfogatot át-öblíteni levegővel. Sok sejtvonal kedveli a CO<sub>2</sub> jelenlétét (2-5%)

Hőmérséklet: emlős sejteknél 37°C, madársejteknél 41°C



## Laboratóriumi tenyésztő edények (felületi)

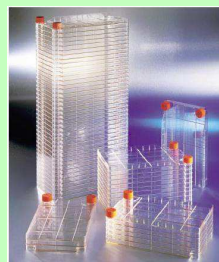


## Laboratóriumi tenyésztő edények (felületi)



## Felület növelése

Multitray



roller bottles



### Forgó palackok/roller bottles



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

43

### Kevert reaktorok

Általánosan szuszpenziós tenyésztéshez, de mikrokarrierekkel felületi tenyészetekhez is használható.  
 Max. 10.000 liter (pl: interferon, tPA)

Energiabevitel kisebb, kevesebb O<sub>2</sub> kell, így kevésbé károsodik a sejt, néha elegendő a felületi levegőztetés, a cél csak a homogenizálás és szuszpenzióban tartani a sejteket/mikrokarriereket  
 Diffúziós levegőztetés: szilikon csövek falán át, nincs károsodás  
 Keverő: propeller, hajócsavar, lekerekített formák, 25-250rpm





Fig. 11 (a) An ARCC 'elephant ear' impeller (used down-pumping); (b) Hayward Tyler up-pumping B2 hydrofoil

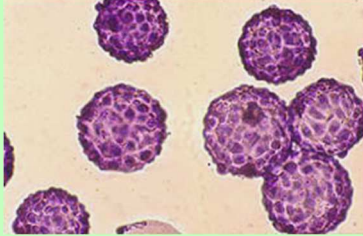
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

### Mikrokarrires tenyésztés

Inokulálási/tapadási fázis



kialakult monolayer



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

44

### Sterilitás

A baktériumok gyors szaporodási képességük miatt igen hamar túlnövik a tenyészetet (a savasodást az indikátor kimutatja). Gyakran tesznek a tápoldatba antibiotikumot (prokarióták ellen).

A vírusok elpusztítják a sejteket (forrása: a szövet izolátum vagy a savó). (HEPA szűrők)

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

47

### „Spinner flask”

Mágneses keverő, lassú fordulat  
 Mikrokarrieres és szuszpenziós tenyésztés



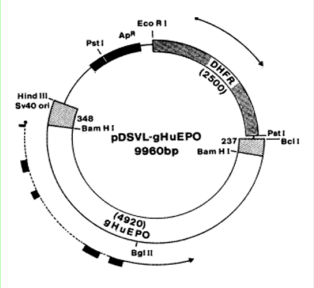

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

45

### Az EPO génbevitel vektora

Az alap egy *E. coli* plazmid, ami tartalmazza a humán EPO gént.  
 Ahhoz, hogy ez emlős sejtekben szaporodni tudjon, kell egy replikációs origó (SV40, majom-vírusból).

A szelekcióhoz DHFR = dihidrofolát-reduktáz markergén (metotrexát rezisztencia)  
 Ez Ca-foszfáttal bevihető a CHO (= chinese hamster ovary) sejtbe



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

48



## Eritropoietin

Upstream:

A BHK/CHO sejt vonal felületi tenyésztése Eagle alap közegen +10 % szérum + 10% Bacto tryptose foszfát közeg.  
4 nap után tápoldat csere: termelő közeg 1,5% szérumot tartalmaz.  
3 naponként lefejtés.



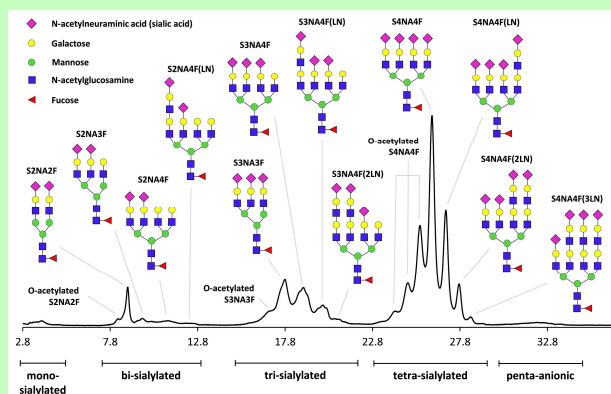
EPO fermentációs üzem



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

49

## Eritropoietin izoformák - kapELFO



## Az eritropoietin feldolgozása

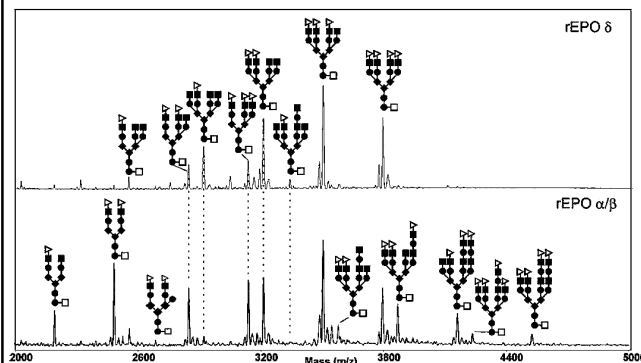
- 100 l koncentrációja 2 l-re hollow-fiber ultraszűrővel
- Immunoszorbens EPO megkötés (MAB-affinitás krom.)
- Elúció: Na-acetáttal (2800x tisztítás). Az aktivitás 84 %-a megmarad. A MAB oszlop ~30x használható.
- Gélszűrés Sephadex G-100 oszlopon (3200x tisztítás). Az aktivitás 66 %-a megmarad.
- Adszorpció hidroxipatiton, (3260x tisztítás) Az aktivitás 52 %-a megmarad.
- A gyógyszert ampullázzák pufferben és stabilizálják humán szérum albuminnal.
- A termék tisztaságát SDS-PAGE-sel, HPLC-vel, és MAB-ELISA-val ellenőrzik.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

50

## Eritropoietin izoformák - MS



## Eritropoietin készítmények

Az alábbi rekombináns EPO-k ugyanazon szénhidrát-izoformák eltérő összetételű keverékei:

EPO $\alpha$ : CHO sejt vonalal termeli az Amgen.

EPO $\beta$ : CHO sejt vonalal termeli a Roche

EPO $\omega$ : BHK sejt vonalal termeli az Elamex/Baxter

A különböző variánsok között kis különbségek vannak az izoforma arányban, ezek KapELfo-val, IEF-sal szétválaszthatók és azonosíthatók. Az eltérés a cukormonomerekben, illetve a cukorláncok elágazásaiban van, a szíalsavak elhelyezkedése is eltérő. Emiatt a biológiai hatás, illetve ennek időbeli lefutása is különböző.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

51

## EPO izoformák

Az EPO molekulák maximálisan 14 szíalsavat tartalmazhatnak. Ezek száma szerint többféle izoformát különböztethetünk meg:

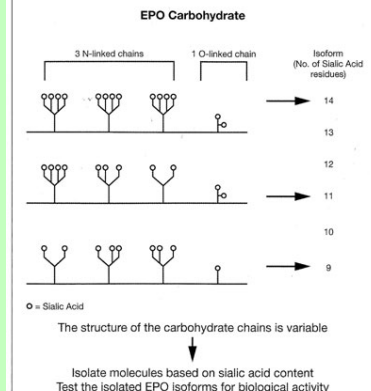
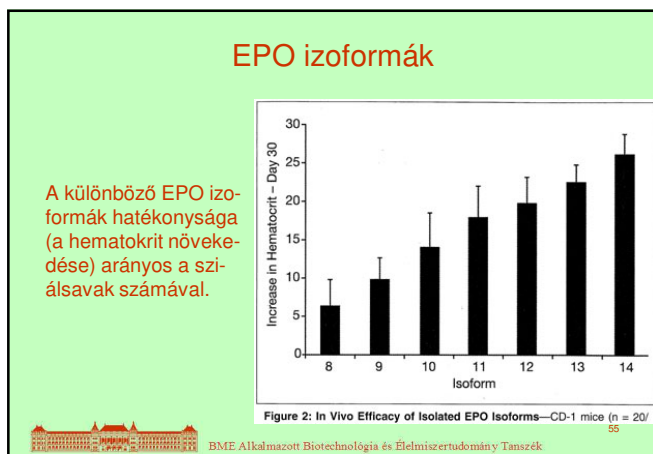


Figure 1: Schematic of EPO Carbohydrate Structure and EPO Isoform Designation. EPO = erythropoietin.



### Továbbfejlesztett EPO készítmények

	Epoetin alpha	Epoetin beta	epoetin omega	Epoetin delta (Discont.)	Epoetin theta (stand-alone product)	Epoetin zeta	Darbepoetin	Methoxy-PEG-Epoetin beta
Clinical use (Brand names)	Epogen (Amgen), Procrit (Janssen-US), Eprex (Janssen-US), Erypo, ESPO (Kirin)	Recormon (Roche-US), Neo-Recormon (Roche-non-US), Epogin (Chugai-non-US)	Repotin (Bioclines), EPOMAX (Baxter)	Dynepo (Shire)-unfavorable market conditions	Biopoin (CT Arzneimittel), Eporatio and Ratioepo (Ratiopharm)	Silapo (Stada)	Aranesp (Amgen)	Mircera (Roche)
Cell substrate of origin	Chinese hamster ovary Cell	Chinese hamster ovary Cell	baby hamster kidney cells	Human cell line	Chinese hamster ovary Cell	Chinese hamster ovary Cell	Chinese hamster ovary Cell	Chinese hamster ovary Cell
Terminal half life	6-9 hr	6-9 hr	6-9 hr	6-9 hr	6-9 hr	6-9 hr	25hr	130-140 hr
Mass (Dalton)	30.4	30.4	<30	<30	30.6	~30.4	37.10	60.4

### Továbbfejlesztett EPO készítmények

**Darbepoetin alfa/Aranesp (Amgen):** módosított EPO, amelyben öt aminosavat cseréltek ki: Asn-57, Thr-59, Val-114, Asn-115 és Thr-117, ezzel újabb két N-glikozilációs helyet alakítottak ki, → +két cukorláncot tartalmaz, ettől a szialsav-tartalma nagyobb → 3-szorosára nőtt a molekula felezési ideje.

A 24 Asn lecserélése Gln-ra → +29% hatás

**CERA (Continuous erythropoietin receptor activator):** az EPO-ra PEG láncot kötöttek → a felezési idő a húszszorosára nőtt (Roche)

