

## REKOMBINÁNS FEHÉRJÉK GYÁRTÁSA

Lehet:

- Prokariótákkal (baktériumokkal)
  - Könnyen, gyorsan szaporíthatók, olcsó táptalaj, de:
  - a termék sokszor intracelluláris (zárványtest), és nincs poszttranszlációs 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

## REKOMBINÁNS FEHÉRJÉK

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

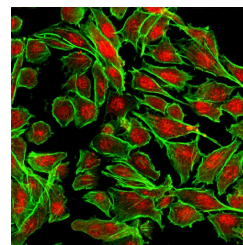
*E. coli*



*S. cerevisiae*



Chinese Hamster  
Ovary (CHO)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

2

## 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

## Therapeutic Protein Classes

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

Sales (\$ billion)							
Molecule type	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Difference in sales between 2009 and 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, PharmaVitae Explorer, January 2010, and company-reported information.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

4

## 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, mege-  
melkedik a vércukorszint.  
Inzulin: kettős peptidlánc, per os nem ad-  
ható, mert lebomlana → injekció, vagy in-  
halálás



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

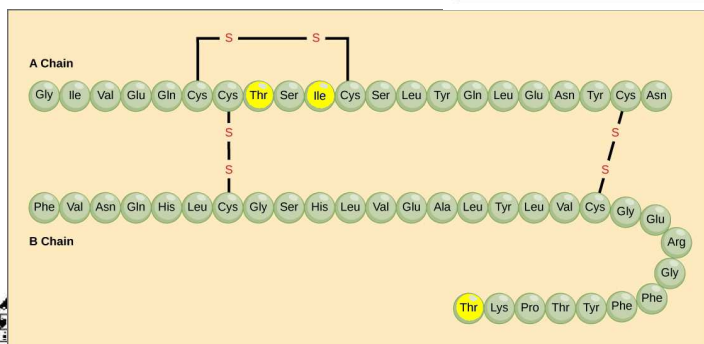
5

## 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



zék

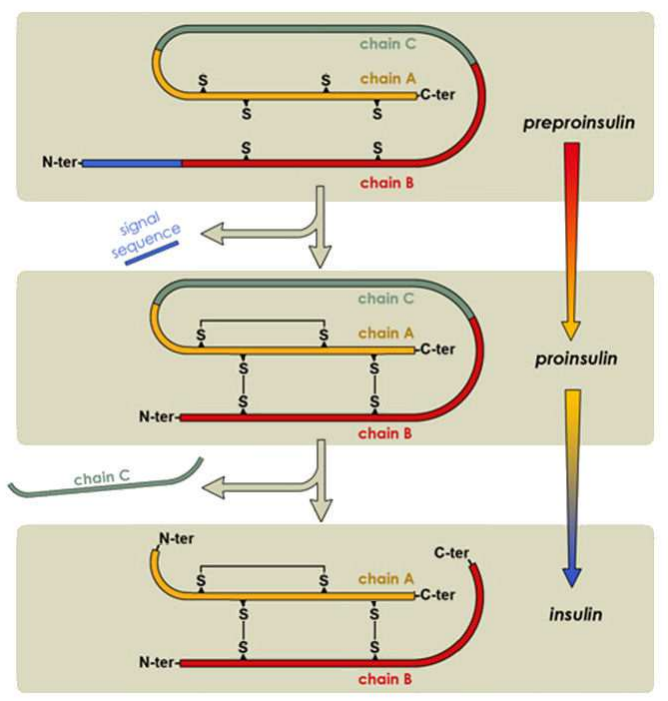
6

## 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

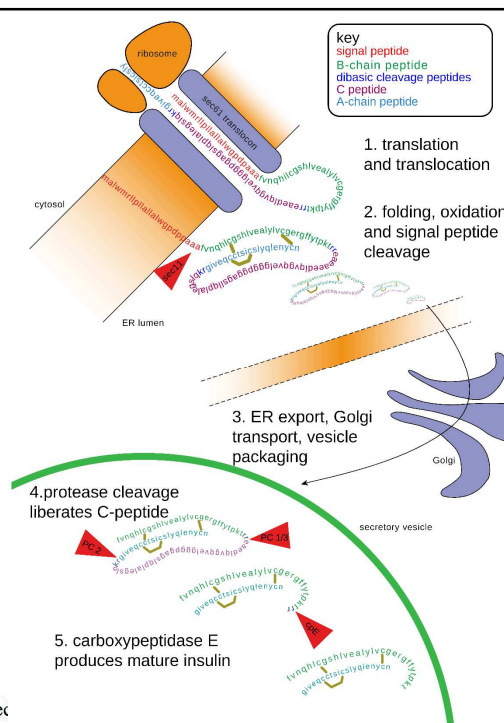


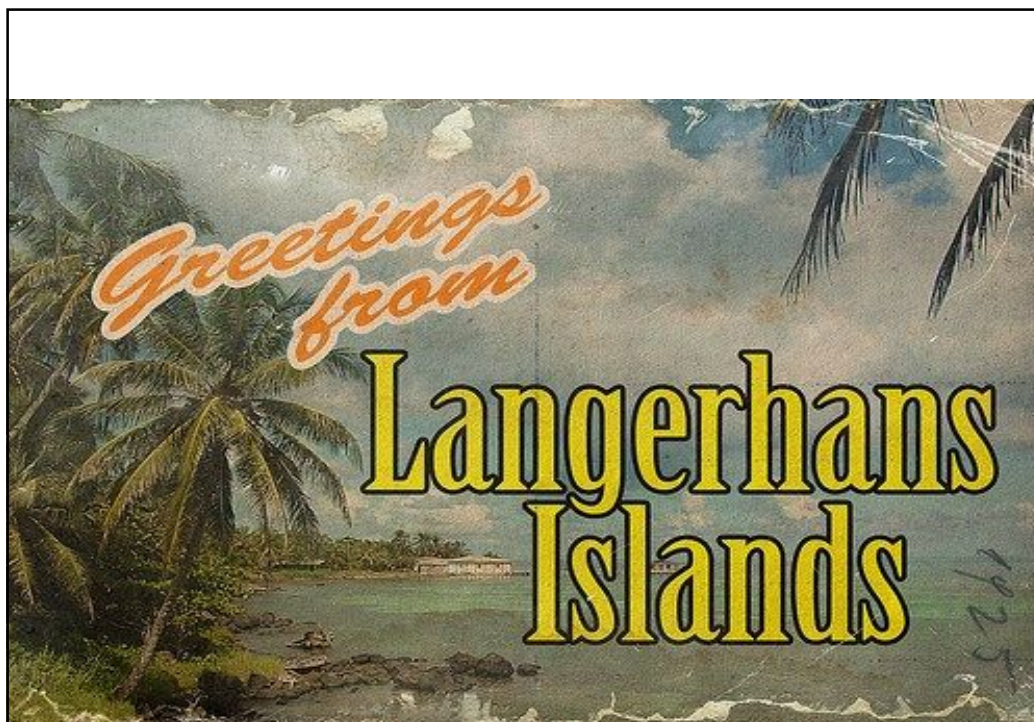
## Az inzulin érése

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 Biotec





## Az inzulin előállítása

1. Kémiai szintézis aminosavakból
2. Kivonás sertés hasnyálmirigyből és átalakítás humán inzulinná
3. 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



## Kivonás hasnyálmirigyből - átalakítás

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

- 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 → lecsípi a láncvégi alanint.

Egyensúlyi folyamat, visszafelé is megy, a lizinre ráköthet egy aminosavat.

Ha nagy fölöslegben treonint adunk a rendszerbe, akkor az alanin fokozatosan lecserélődik treoninra.

A mellékreakciók visszaszorítása érdekében Thr-észtert adnak.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

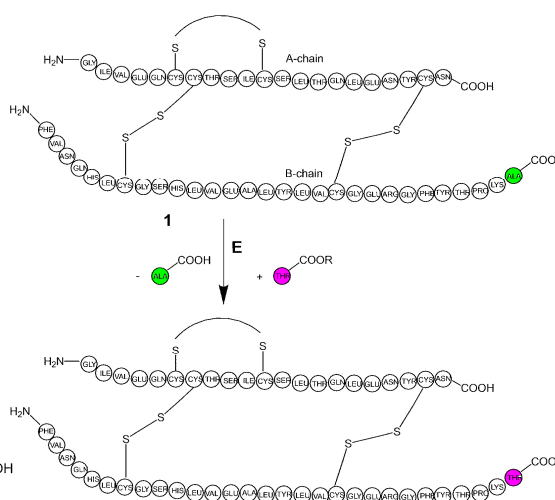
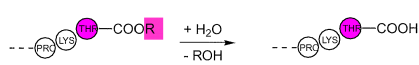
11

## 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

12

## 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 brómción hatására (70%-os HCOOH-ban) a Met elbomlik, és a fehérje lánc elszakad.

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

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

Összekapcsolás –SH vegyületekkel: (merkaptó-etanol, ditiotreitól)

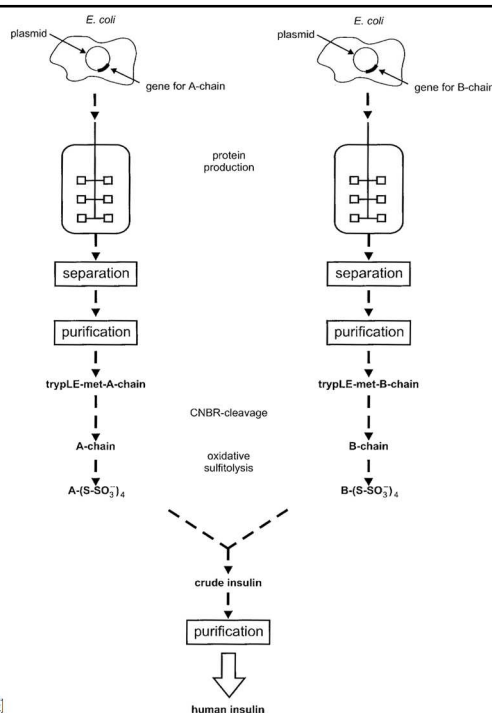


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

13

## Kettős fermentáció

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



BME Alkalmazott Biotec

## 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.

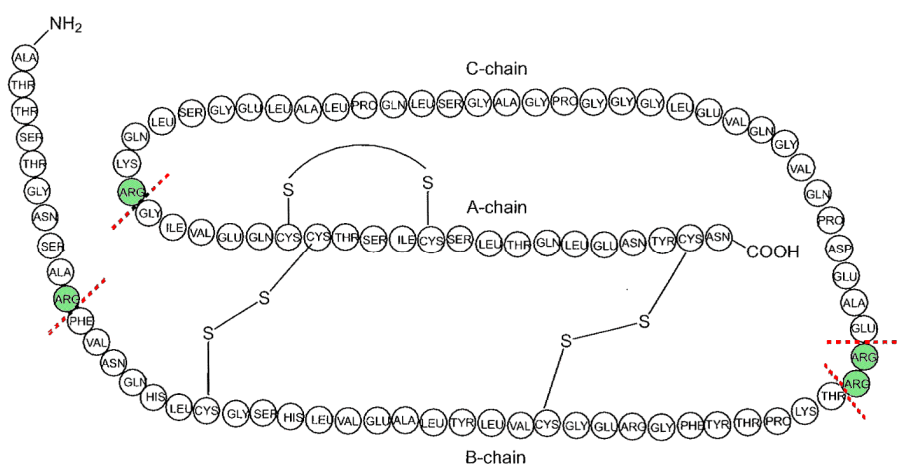
1. Szakaszos fermentáció (15 m<sup>3</sup>)
2. Sejteltárás (lízis), centrifugálás, szűrés
3. Refolding: a terciér szerkezet kialakítása megfelelő pufferben.
4. Hasítás három helyen Arg mellett (tripszin, sertés pancreasból)
5. A B és C lánc közötti két Arg lecsípése (karboxipeptidáz B, exopeptidáz, szintén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



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

15

## A pre-pro-inzulin enzimes hasításai



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

16



## 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.

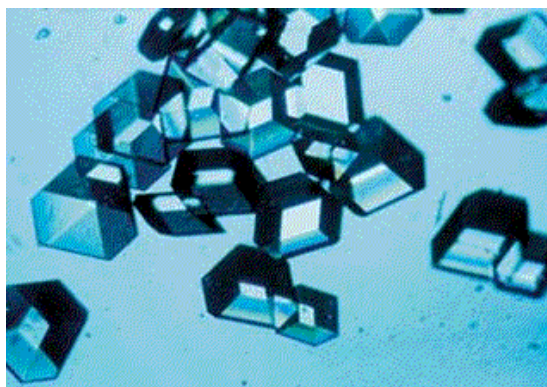


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

17

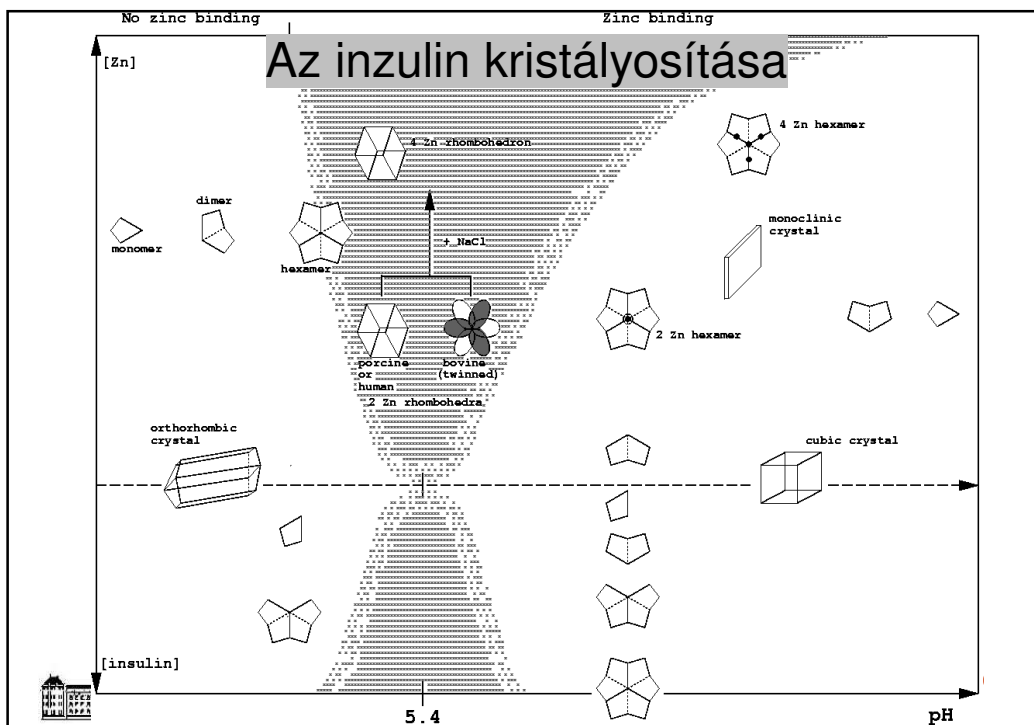
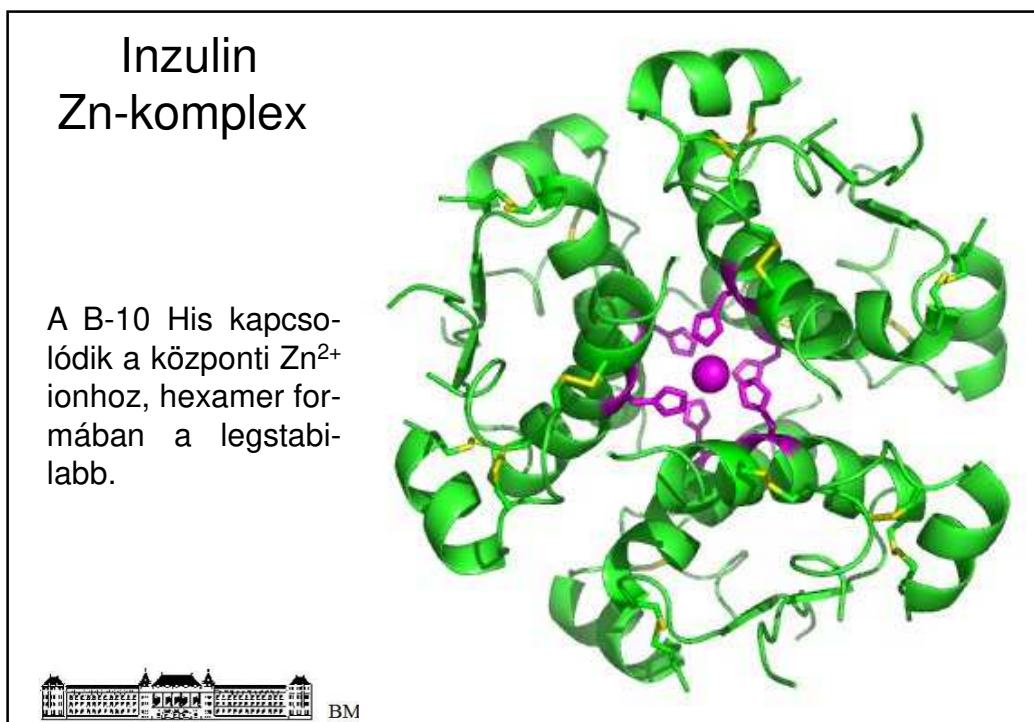
## Inzulin feldolgozás

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. táblázat). 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 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



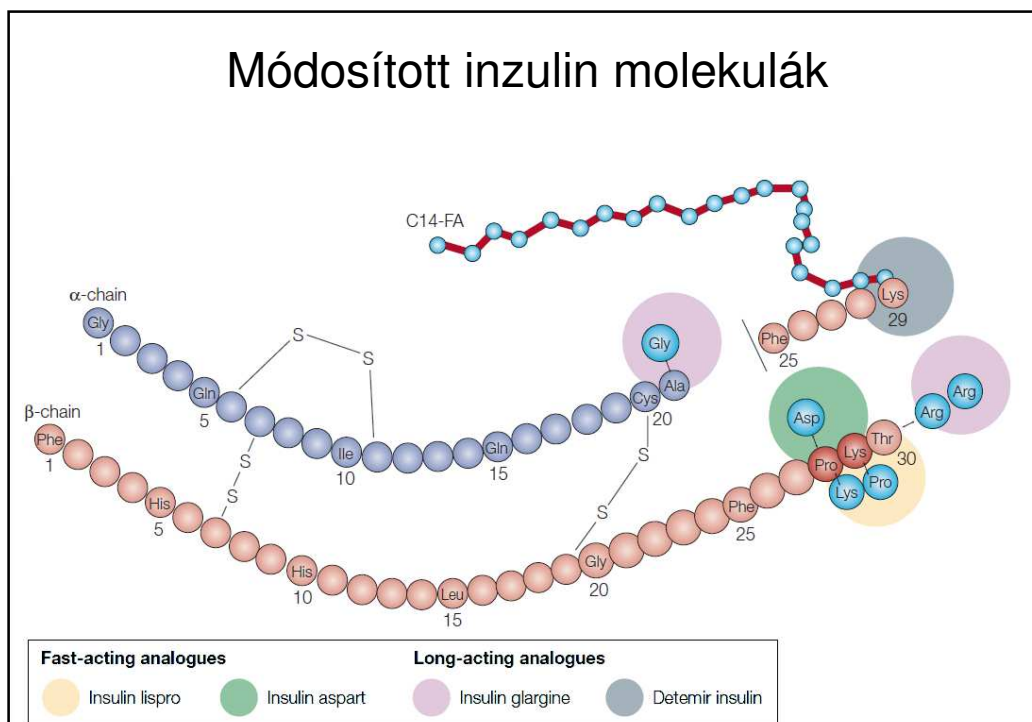
## Módosított inzulin molekulák

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, NovoLog néven





## Módosított inzulin molekulák

Elnyújtott hatású inzulinok:

**Glargin** inzulin: (Gly + Arg) mindkét lánc C terminálisát átalakították: az A21 Asp helyére glicint kapcsoltak, 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 amino csoportját C14 zsírsavval (mirisztilsav) acilezték. A gyártásnál rövidebb láncot termelnek (Insulin B1-29-Ala-Ala-Lys-Insulin A1-21), ezt enzimesen bontják, majd acilezik. Novo-Nordisk, Levemir néven



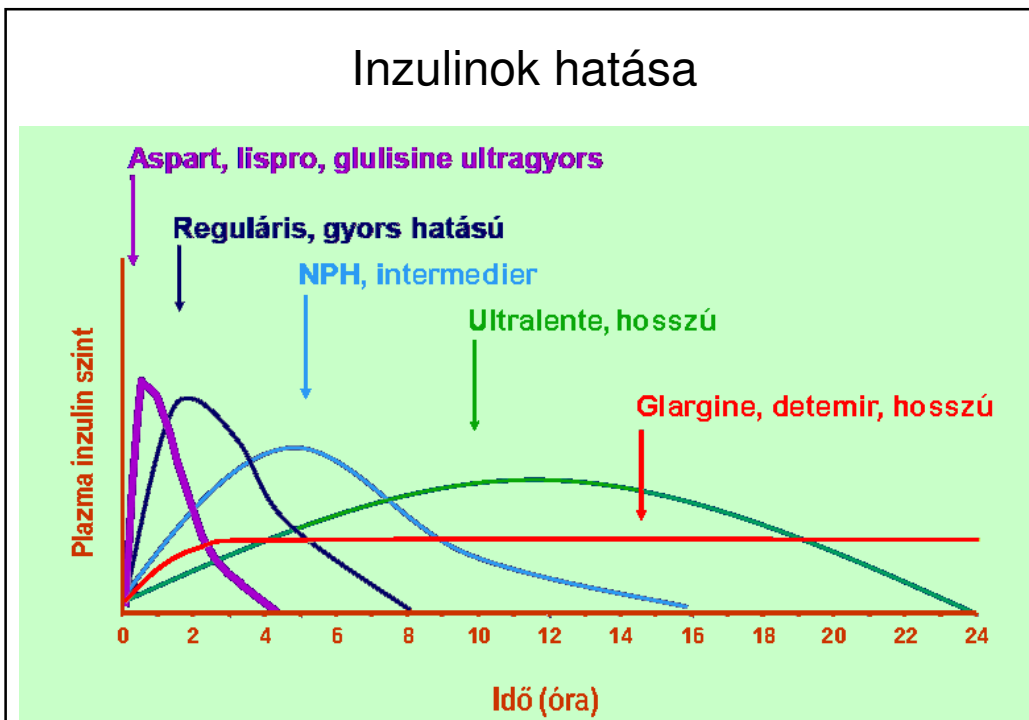
## Módosított inzulin molekulák

Amino Acid Substitutions						
	A- chain Position	B- chain Position				
Source/ Type	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

## Inzulinok hatása



## 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.



## 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 transfúzió szükséges. Panaszok: gyengeség, hideg intolerancia, alvászavar, agyelégtelenség, stb. Az EPO javítja a beteg életminőségét.
  - akut vérzések
  - akut vérsajt-pusztulás (HIV betegek, fertőzések, malária)
- Doppingszerként is használják az állóképességi sportokban (hosszútávfutás, sífutás, kerékpározás, néha labdarúgók is)



## 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 variabilis, 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

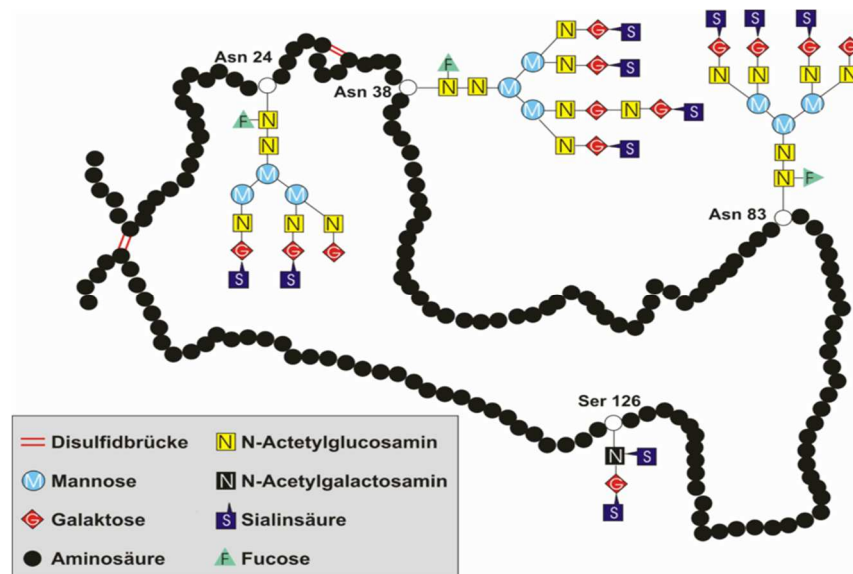
Posztranszlációs módosulások: az N-terminálisról 28 AS (szignálpeptid), a C-terminálisról Asp hasad le.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

29

## Az EPO szerkezete

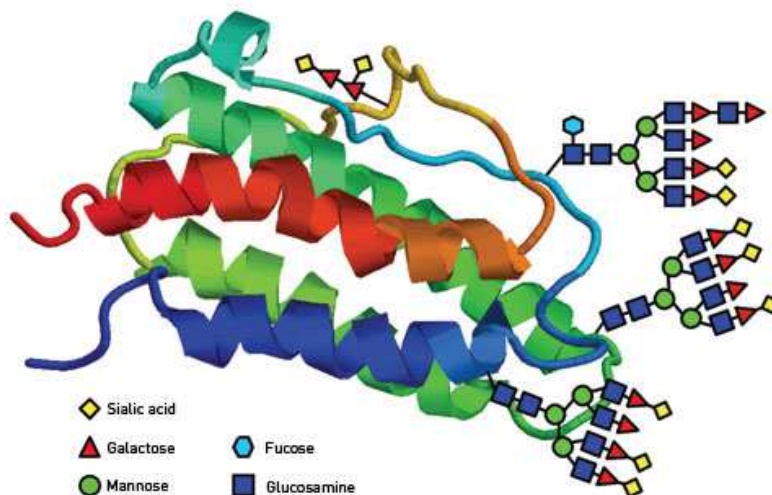


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

30

## Az EPO harmadlagos szerkezete

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



31

## 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



## 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 tenyészet előregszik (szenescencia).

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.



## 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 törekszenek a minimalizálására, helyettesítésére vagy teljes elhagyására.



## Módosított Eagle médium (MEM)

Dulbecco's Modified Eagle's Medium					
Component	D5546 [1x] g/L	D5648 g/L		D5546 [1x] g/L	D5648 g/L
<b>INORGANIC SALTS</b>					
Calcium Chloride	0.2	0.2	L-Tyrosine • 2Na • 2H <sub>2</sub> O	0.10379	0.10379
Ferric Nitrate • 9H <sub>2</sub> O	0.0001	0.0001	L-Valine	0.094	0.094
Magnesium Sulfate (anhydrous)	0.09767	0.09767	<b>VITAMINS</b>		
Potassium Chloride	0.4	0.4	Choline Chloride	0.004	0.004
Sodium Bicarbonate	3.7	—	Folic Acid	0.004	0.004
Sodium Chloride	6.4	6.4	myo-Inositol	0.0072	0.0072
Sodium Phosphate Monobasic (anhydrous)	0.109	0.109	Niacinamide	0.004	0.004
<b>AMINO ACIDS</b>					
L-Arginine • HCl	0.084	0.084	o-Pantothenic Acid (hemicalcium)	0.004	0.004
L-Cystine • 2HCl	0.0626	0.0626	Pyridoxal • HCl	—	0.004
L-Glutamine	—	0.584	Pyridoxine • HCl	0.004	—
Glycine	0.03	0.03	Riboflavin	0.0004	0.0004
L-Histidine • HCl • H <sub>2</sub> O	0.042	0.042	Thiamine • HCl	0.004	0.004
L-Isoleucine	0.105	0.105	<b>OTHER</b>		
L-Leucine	0.105	0.105	o-Glucose	1.0	4.5
L-Lysine • HCl	0.146	0.146	HEPES	—	—
L-Methionine	0.03	0.03	Phenol Red • Na	0.0159	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

Important Components of Serum and Their Probable Role in Cell Culture		
Component	Probable function	
<b>Proteins</b>		
Albumin	Osmoticum and buffer	
Fetuin	Lipid, hormone, mineral carrier	
Fibronectin	Cell attachment	
α <sub>2</sub> -Macroglobulin	Cell attachment	
Transferrin	Trypsin inhibitor	
	Binds iron	
<b>Polypeptides</b>		
Endothelial growth factor (ECGF)	Mitogen <sup>a</sup>	
Epidermal growth factor (EGF)	Mitogen	
Fibroblast growth factor (FGF)	Mitogen	
Insulin-like growth factors (IGFI and IGFI)	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>		
γ-globulin		
Bacterial toxins from prior contaminants		
Chalones (tissue-specific inhibitors)		

## A szérum aktív komponensei



B I

## Az állati sejtenyésztés tápadatai

Törekednek a szérummentes, 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 hidrofil 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.



## Az állati sejtenyésztés körülményei

A sejtek nagyon érzékenyek pl. a nyírásra:

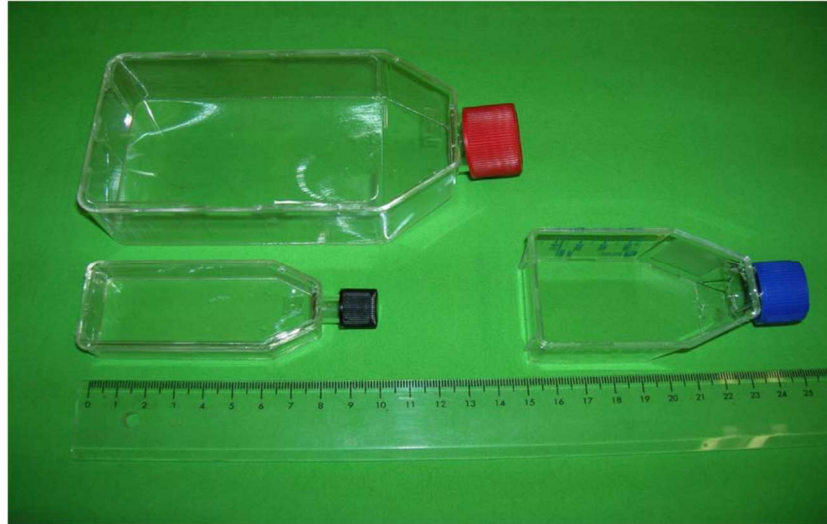
- nagyon kíméletes keverés,
- sok sejtvonal érzékeny a buborékokra

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)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

39

## Laboratóriumi tenyésztő edények (felületi)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

40

## Laboratóriumi tenyésztő edények (felületi)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

41

## Felület növelése

Multitray



roller bottles



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

42

## Forgó palackok/roller bottles



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

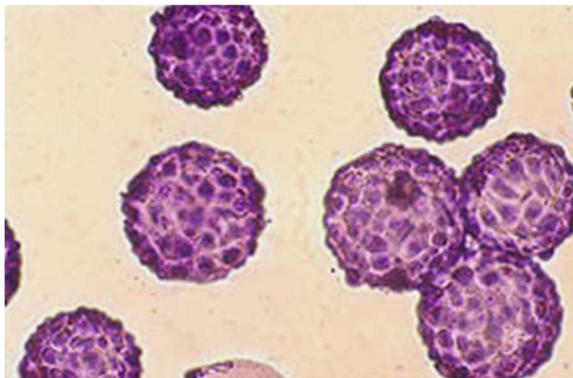
43

## Mikrokarrires tenyésztés

Inokulálási/tapadási fázis



kialakult monolayer



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

44

## „Spinner flask”

Mágneses keverő, lassú fordulat  
Mikrokarrieres és szuszpenziós tenyésztés



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

45

## Keverő reaktorok

Általánosan szuszpenziós tenyésztéshez, de mikrokarrieres felületi tenyészetekhez is használható.

Max. 10.000 liter (pl: interferon, tPA)

Energiabevitel kisebb, kevesebb  $O_2$  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

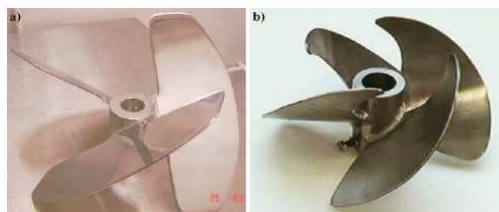


Fig. 13 (a) An ABEC 'elephant ear' impeller (used down-pumping); (b) Hayward Tyler up-pumping B2 hydrofoil



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

46

## 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

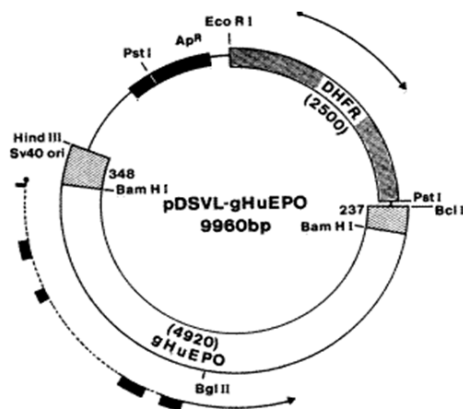
47

## 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, majomvírusból).

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 % szérumban + 10% Bacto tryptose foszfát közegen.

4 nap után tápoldatot cserél: termelő közegen 1,5% szérumban tartalmaz.

3 naponként lefejtés.



EPO fermentációs üzem



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

49

## Az eritropoietin feldolgozása

1. 100 l koncentrációja 2 l-re hollow-fiber ultraszűrővel
2. Immunoszorbens EPO megkötés (MAB-affinitás krom.)
3. Elúció: Na-acetáttal (2800× tisztítás). Az aktivitás 84 %-a megmarad. A MAB oszlop ~30× használható.
4. Gélszűrés Sephadex G-100 oszlopon (3200× tisztítás). Az aktivitás 66 %-a megmarad.
5. Adszorpció hidroxipatiton, (3260× tisztítás) Az aktivitás 52 %-a megmarad.
6. A gyógyszert ampullázzák pufferben és stabilizálják humán szérumban albuminnal.
7. A termék tisztaságát SDS-PAGE-sel, HPLC-vel, és MAB-ELISA-val ellenőrzik.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

50

## Eritropoietin készítmények

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

EPO $\alpha$ : CHO sejtvonallal termeli az Amgen.

EPO $\beta$ : CHO sejtvonallal termeli a Roche

EPO $\omega$ : BHK sejtvonallal termeli az Elamex/Baxter

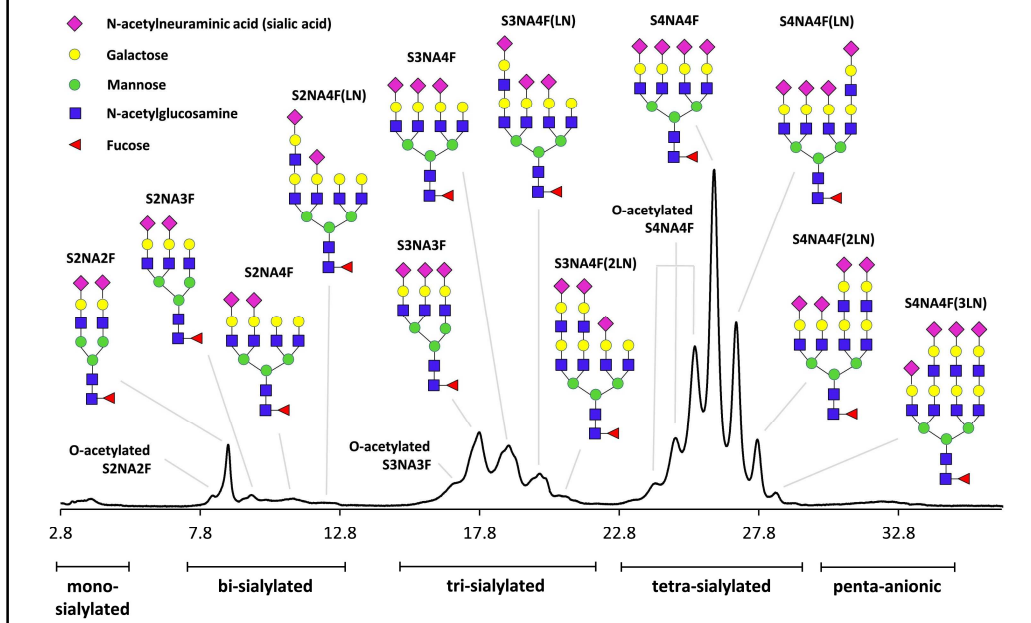
A különböző variánsok között kis különbségek vannak az izoforma arányban, ezek KapEfo-val, IEF-sal szétválaszthatók és azonosíthatók. Az eltérés a cukromonomerekben, illetve a cukorlán-cok elágazásaiban van, a sziálsavak elhelyezkedése is eltérő. Emiatt a biológiai hatás, illetve ennek időbeli lefutása is különbözik.

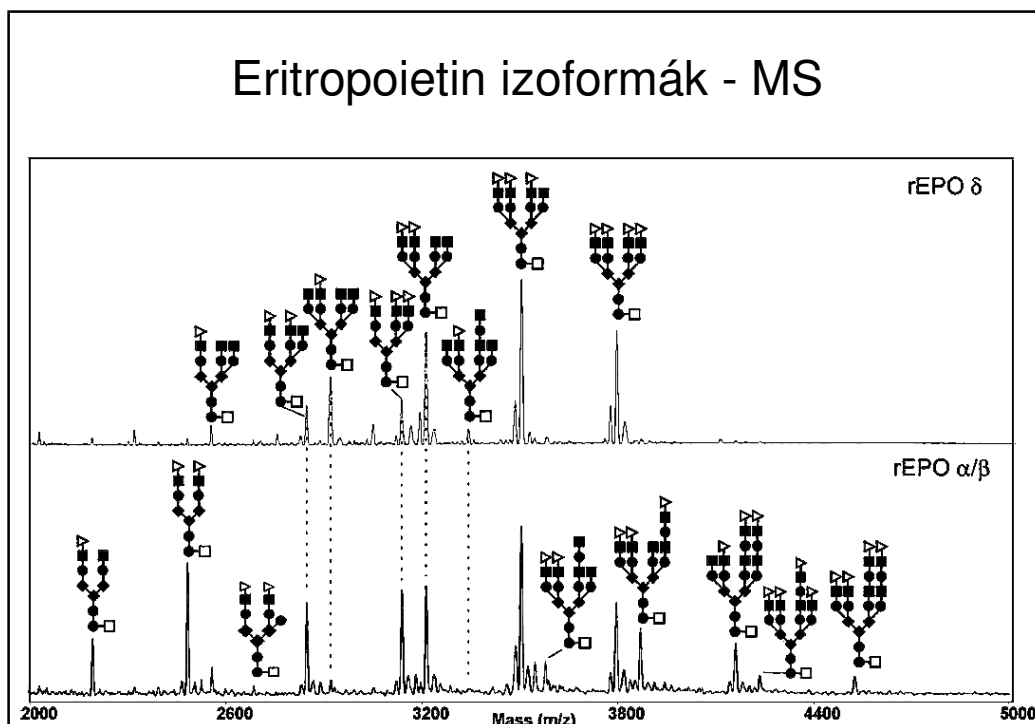


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

51

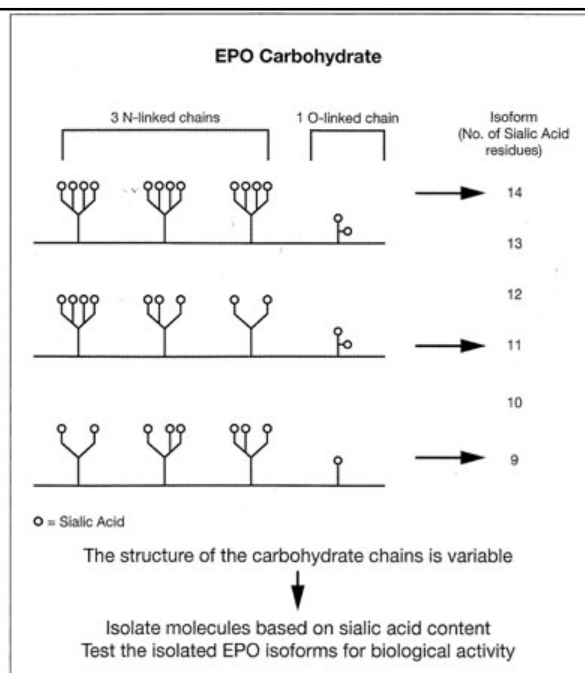
## Eritropoietin izoformák - kapELFO





## EPO izoformák

Az EPO molekulák maximumán 14 szialsavat tartalmazhatnak. Ezek száma szerint többféle izoformát különböztethetünk meg:



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

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

## EPO izoformák

A különböző EPO izoformák hatékonysága (a hematokrit növekedése) arányos a szialsavak számával.

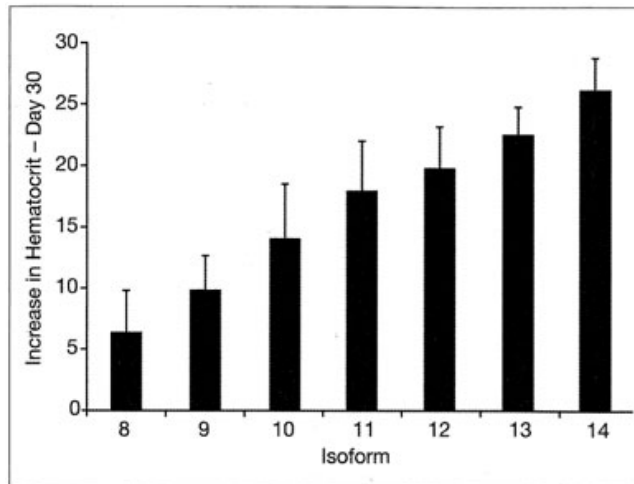


Figure 2: In Vivo Efficacy of Isolated EPO Isoforms—CD-1 mice (n = 20/55)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## 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.

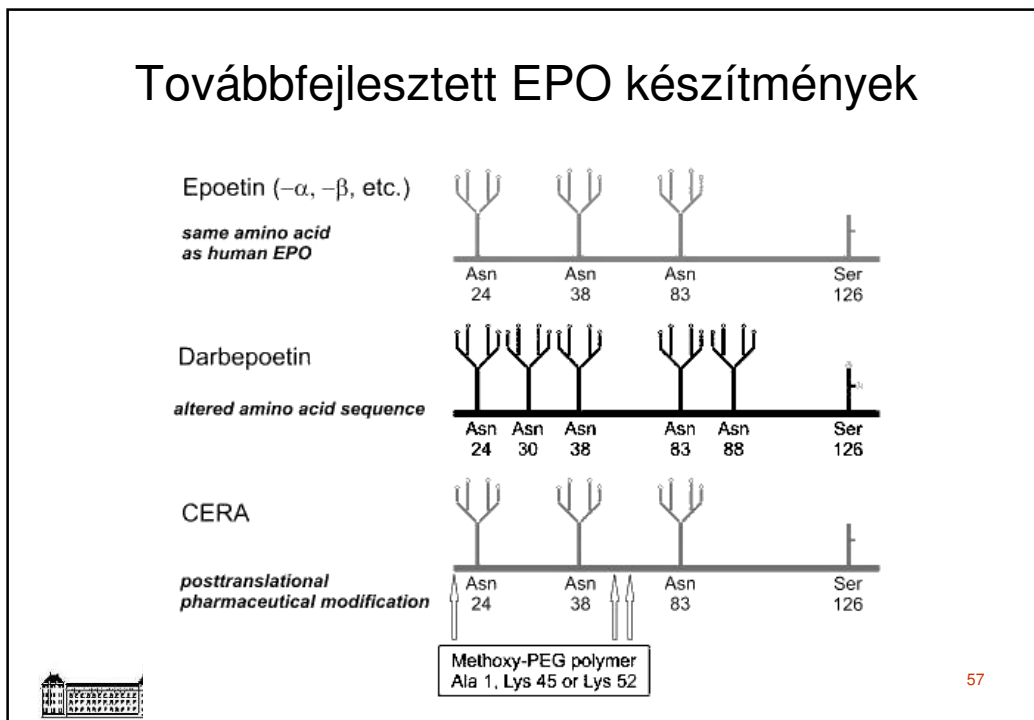
A 24 Asn lecserélése Gln-ra → +29% hatás

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



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

56



57

## Továbbfejlesztett EPO készítmények

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