

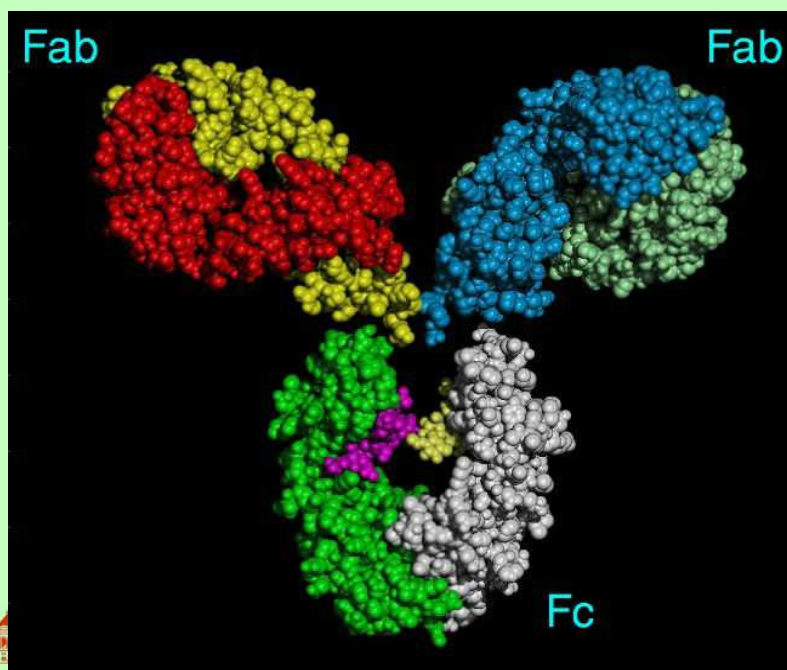
## Rekombináns termékek és technológiák

Az orvosi célú rekombináns fehérjék funkció szerint lehetnek:

- Hormonok (inzulin, eritropoietin)
- Hemosztázis fehérjék (VIII faktor, tPA)
- **ANTITESTEK** (parenterális - labor)
- Vakcinák (nem csak a rekombináns)



## Antitestek

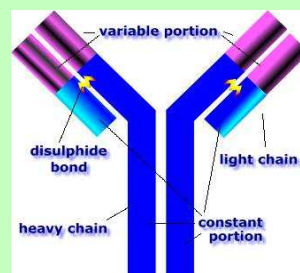
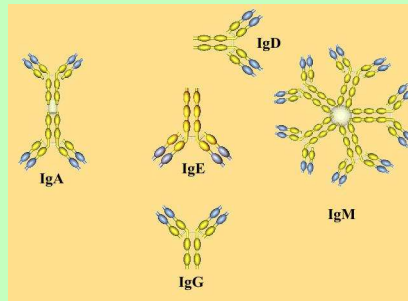


## Antitestek

Az ellenanyag molekulák nagy része az úgynevezett immunoglobulin (Ig) fehérjecsalád tagja. Feladatuk, hogy specifikusan az adott antigénhez kapcsolódva olyan folyamatokat indítsanak el ami az antigén hatástalanításához vezet:

- vírusinaktiválás
- baktériumok agglutinálása
- megjelölés fagocitózisra

Az antigén felületén a kapcsolódási rész: epitóp

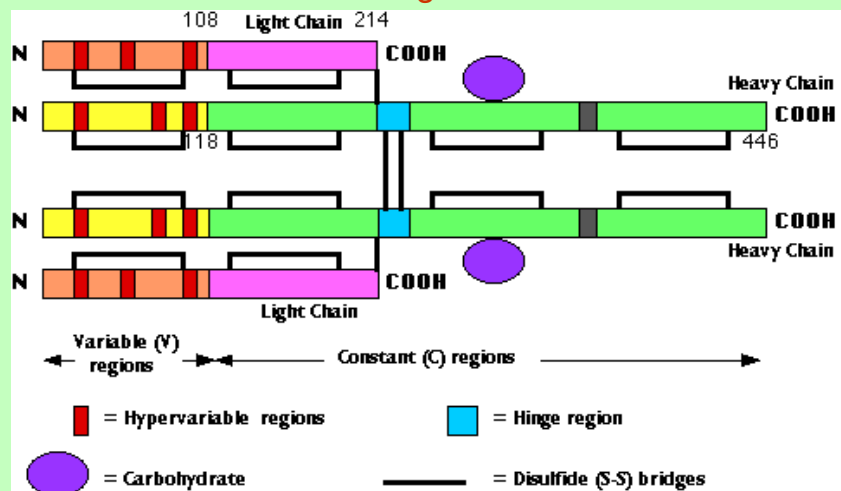


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

3

## Az antitestek fehérjeszerkezete

Két-két egyforma könnyű és nehéz láncból állnak, ezen belül állandó és variábilis régiókból.

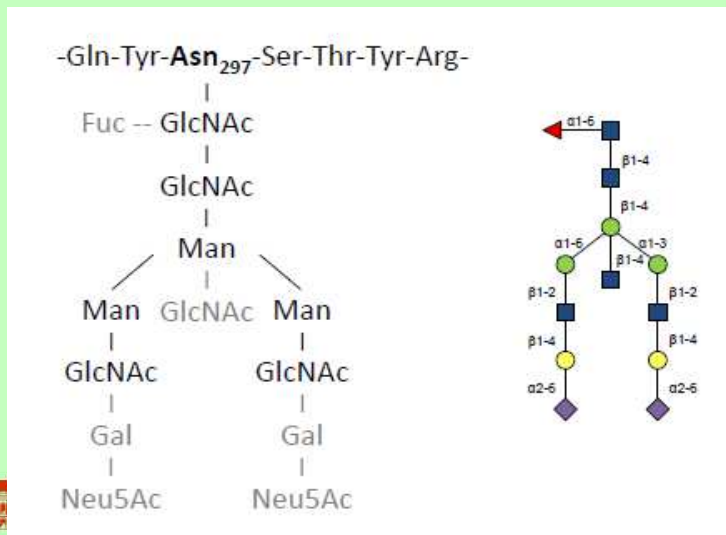


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

4

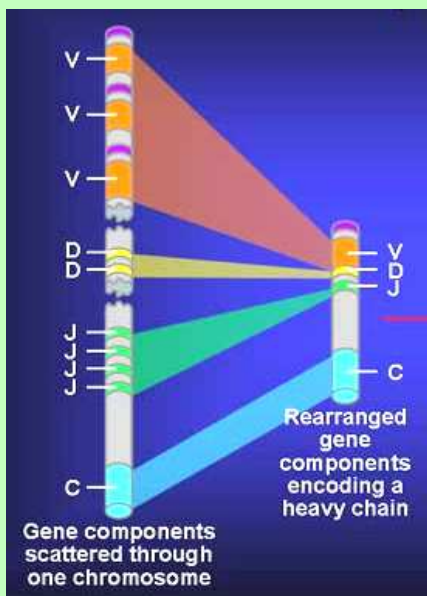
## Az antitestek glikozilálása

A nehéz láncokon egy-egy N-glikozilálási hely van (Asn-297). A galaktózok és a neuraminsavak száma szerint több izoforma létezik.



5

## Antitestek



A szervezet  $\sim 10^7$ - $10^9$  féle különböző antitest előállítására képes. Ennek alapja, hogy antitest doménjei sok változatban tárolódnak a génállományban, és a kiírás során ezek random módon kombinálódhatnak.



6

## Antitestek

A könnyű lánc kétféle izoformában létezik, ezek mindkét doménje is több változatban létezik, ami további kombinációkat tesz lehetővé:

	Domének	Génváltozatok	Lehetséges kombinációk	Lehetséges kombinációk	Lehetséges kombinációk
Könnyű lánc	V <sub>κ</sub>	40	200 féle κ lánc	324 féle könnyű lánc	2.5 x 10 <sup>6</sup> féle antitest
	J <sub>κ</sub>	5			
	V <sub>λ</sub>	31	124 féle λ lánc		
	J <sub>λ</sub>	4			
Nehéz lánc	V <sub>H</sub>	51	7650 féle nehéz lánc		
	D <sub>H</sub>	25			
	J <sub>H</sub>	6			

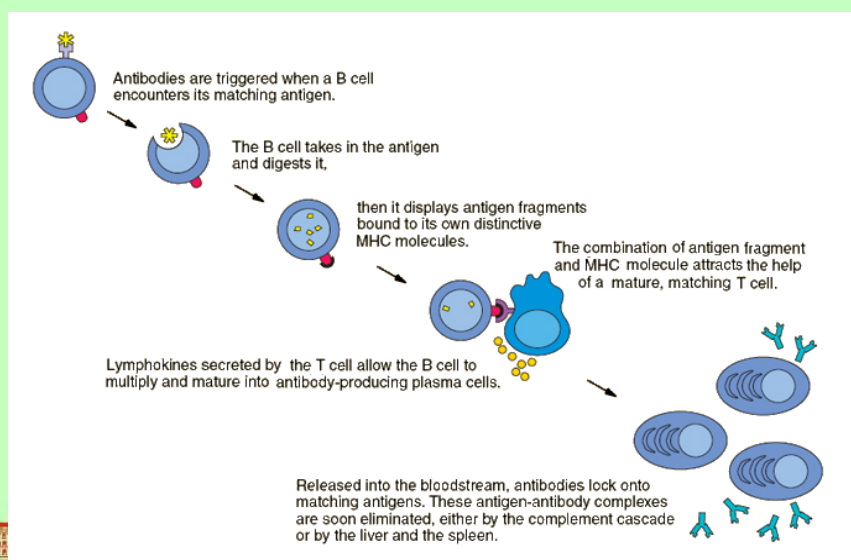


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

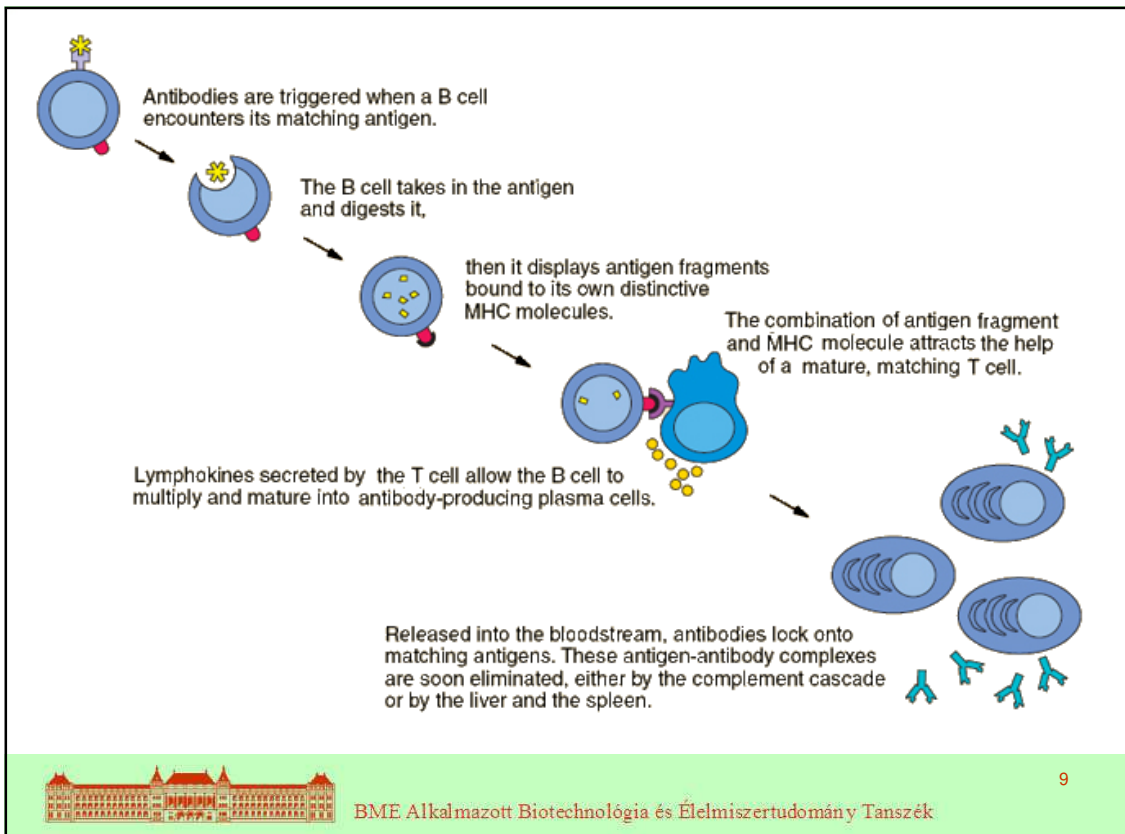
7

## Antitestek

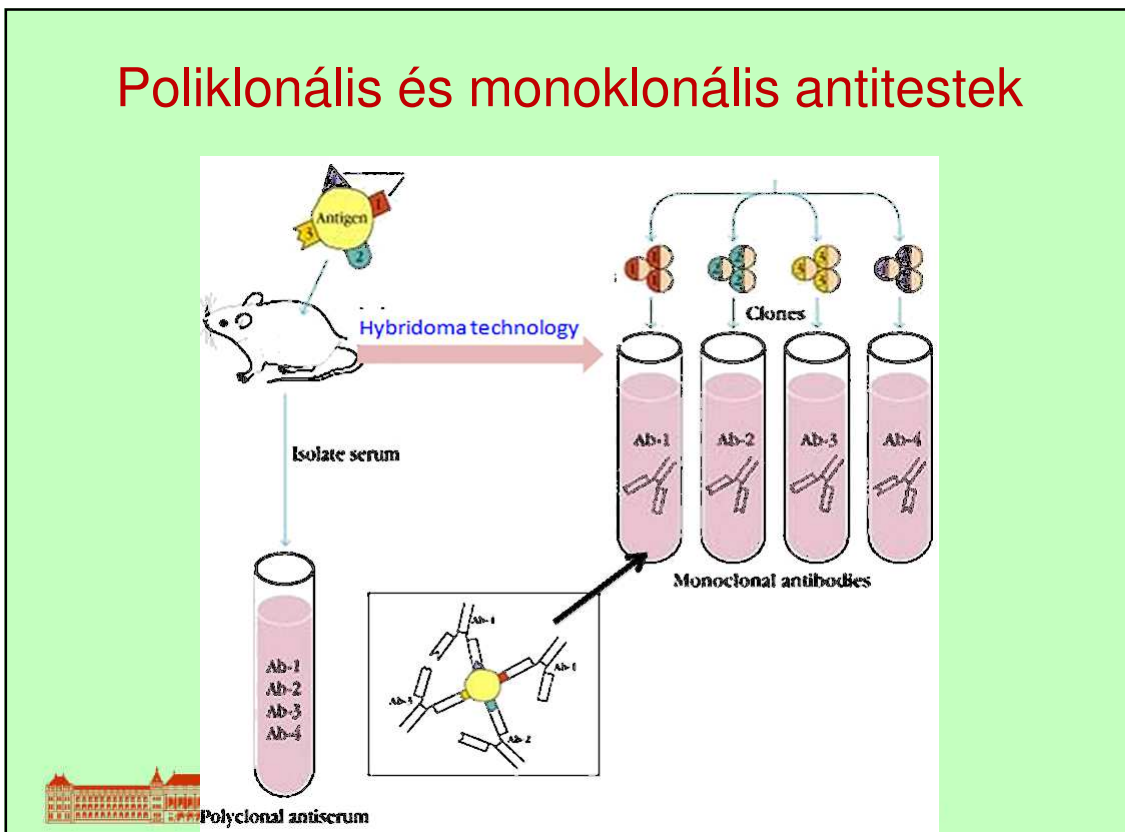
A szervezetben egy adott antitest tömeges termelését a plazmasejtje alakult B sejtek végzik.



8



## Poliklonális és monoklonális antitestek



## Monoklonális ellenanyagok

- egyetlen B-limfocita klón termékei
- homogének (antigénspecifitás, affinitás, izotípus)
- kiszámítható hatás, kevés mellékhatás
- előnye a poliklonális ellenanyaggal szemben, hogy a meghatározott specificitású és izotípusú ellenanyagok **nagy mennyiségben** és **azonos minőségben** („pharmacology-grade”) állíthatók elő
- jelentős a szerepük a gyógyászat, az immunanalitika, az affinkromatográfia területein



## Miért hibridóma?

Az antitesteket termelő plazmasejtek nem képesek osztódni, nem lehet sejtenyészetben szaporítani és termeltetni.

Csak a tumorsejtek képesek korlátlanul osztódni (immortality).

E két tulajdonság egyesítésével kaphatunk olyan sejtvonalat, amely:

- monoklonális antitestet termel
- korlátlanul szaporítható



## Monoklonális ellenanyag előállítás menete

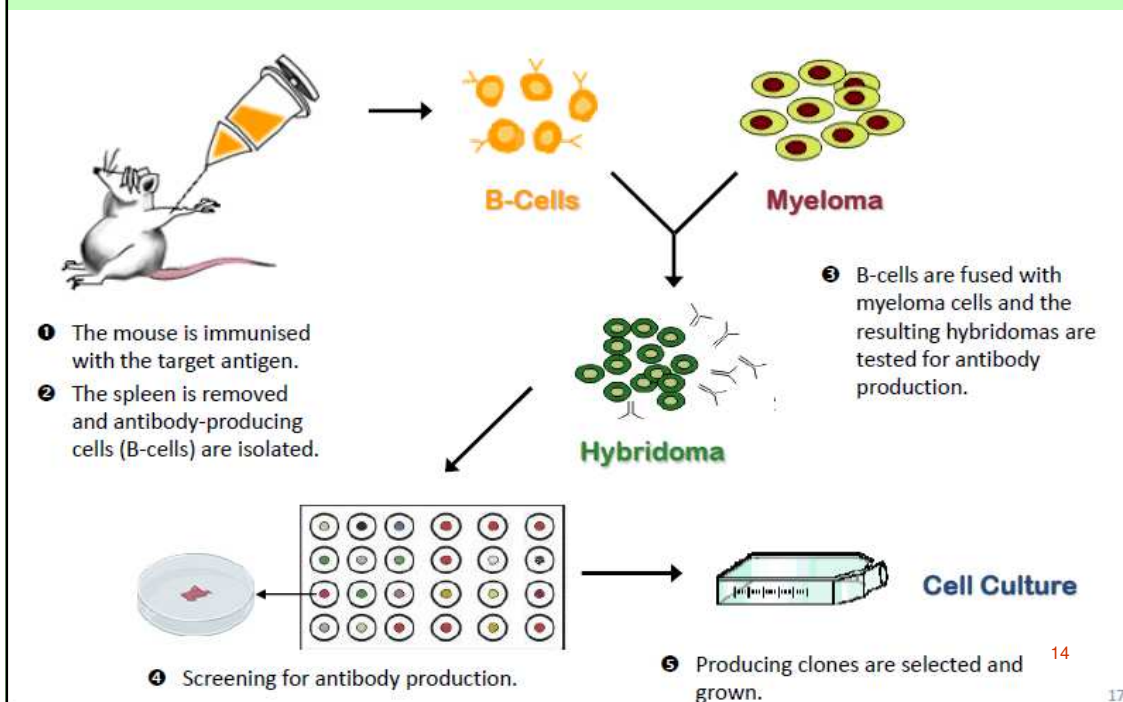
- egér/patkány beoltása antigénnel (több lépcsőben)
- lép vagy nyirokcsomó eltávolítása, homogenizálása
- lépből származó plazmasejtek + egér tumorsejtek (plazmacitóma/mielóma sejtek) fúziója
- Az ellenanyag termelő klónok azonosítása, izolálása
- A termelő hibridómák folyamatosan szaporodnak és ellenanyagot termelnek, ami a tápoldatban feldúsul



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

13

## Hibridóma technológia



14

17

## Hibridóma szelekció, a “HAT Trick”

A fúzió után többféle sejt van jelen:

- fuzionálatlan plazmasejtek
- fuzionálatlan tumorsejtek
- hibridómák

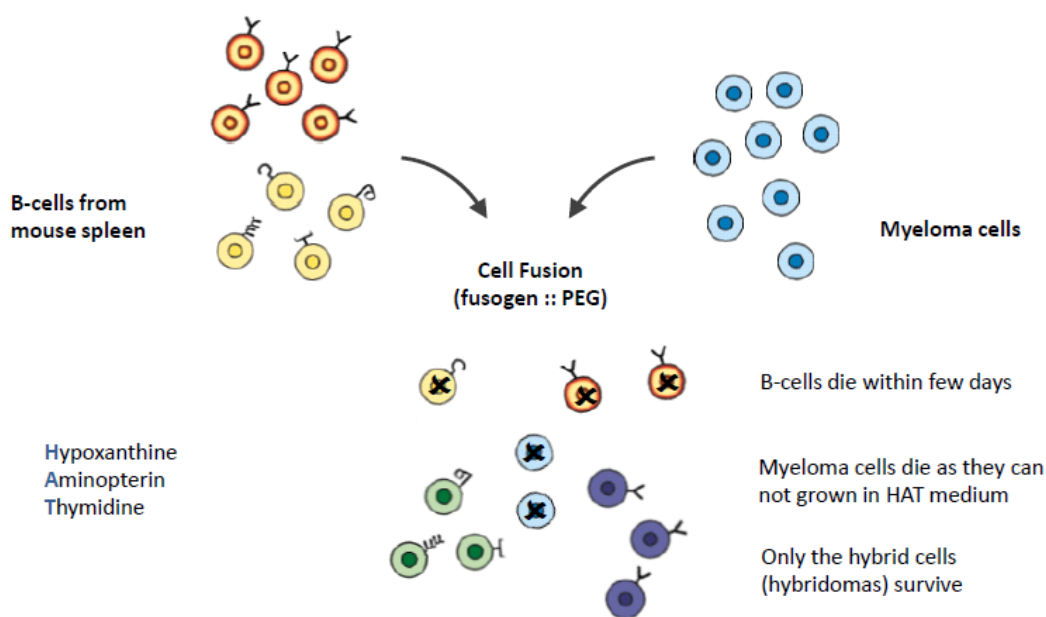
ezek közül kell izolálni a hibridómákat.

A szelekció azon alapul, hogy a tumorsejtekbe még a fúzió előtt két anyagcsere markert építenek be (két enzim hiánya) →

HAT médiumon (hipoxantin, aminopterin, timidin) csak a fuzionált sejtek képesek szaporodni. →

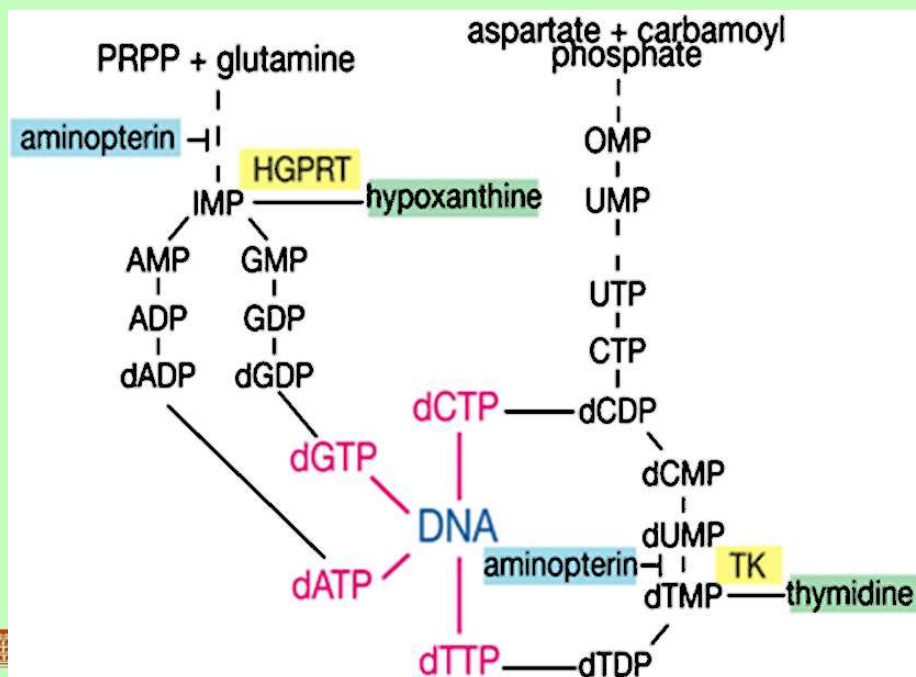


## Hibridóma szelekció, a “HAT Trick”





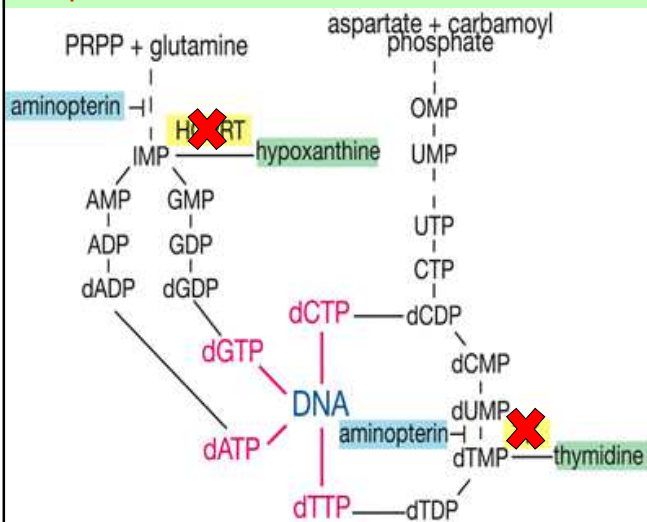
## Hibridóma szelekció, a "HAT Trick"



17

## Hibridóma szelekció, a "HAT Trick"

HGPRT és TK hiányos mutánsok hiába kapnak segítséget (hipoxantin, timidin), nincs nukleotid szintézis – a mielóma sejtek elpusztulnak.



A hibridómákban ezek az enzimek megvannak (a plazmasejtekből) és képesek szaporodni.

PRPP: phosphoribosyl-pyrophosphate,  
HGPRT: Hypoxanthine-guanine phosphoribosyl-transferase,  
TK: thymidine-kinase

18

és Élelmiszertudomány Tanszék

## A monoklonális antitestek felhasználása

Az antitestek több célra is felhasználhatók:

### 1. *In vitro* felhasználás:

- Biokémiai kutatások
- Immun-analitikai eljárások
- Feldolgozási műveletekben (pl. affinkromatográfia)

### 2. Humán (*parenterális*) felhasználású antitestek:

- Diagnosztikában (pl. Proscint)
- Terápiában (elsősorban tumorok ellen)



## Mi a különbség?

Az egérben termelt antitestek az egérre jellemző aminosav-szekvenciákat és glikozilálást tartalmaznak, tehát emberbe adva fajidegen fehérjeként immunválaszt indukálnak

→ allergia (HAMA: Human Anti-Mouse Antibodies)

Hogyan kerülhető meg a probléma?

→ a terápiás antitestek humanizálása



## Murine típusú antitestek

A kezdeti antitestek murine (= rágcsáló) fehérjék voltak - in vitro működött, a terápiában nem.

A kudarc okai: rövid felezési idő (in vivo), limitált bejutás a tumorba, elégtelen funkció = kicsi a citotoxikus stimuláló hatás  
Anyaga az ismételt beadás után gyakran erős allergiás rohamot, rosszabb esetben anafilaxiás sokkot okozott.

Ezért rekombináns DNS manipulációs technikákkal fokozatosan lecserélték az állati génszakaszokat emberire.

**HIBRIDÓMA** → génmanipuláció → **SEJTENYÉSZET**

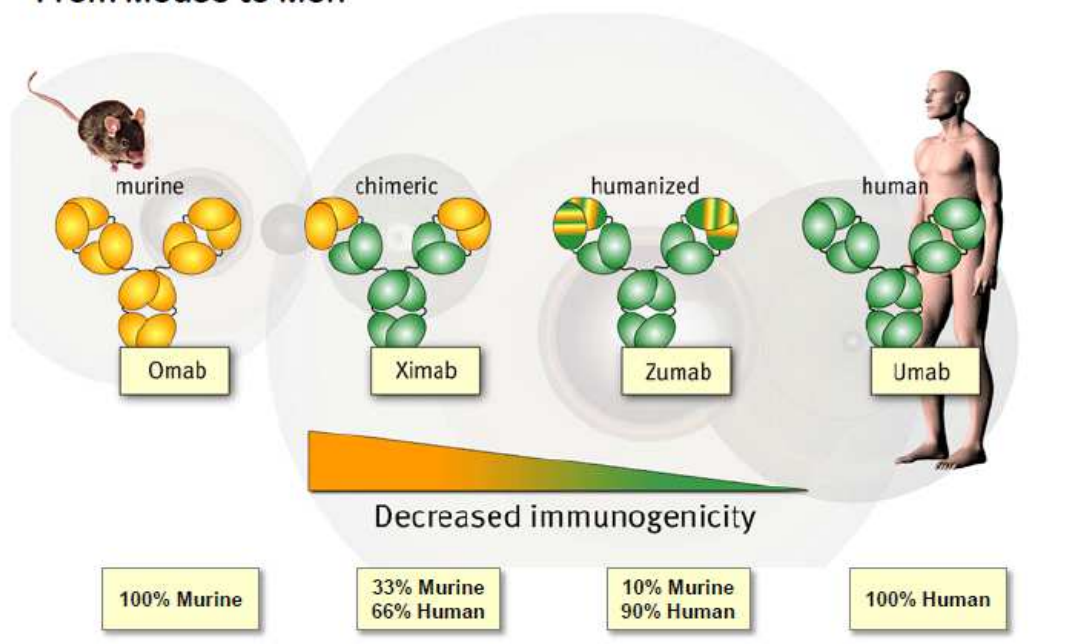


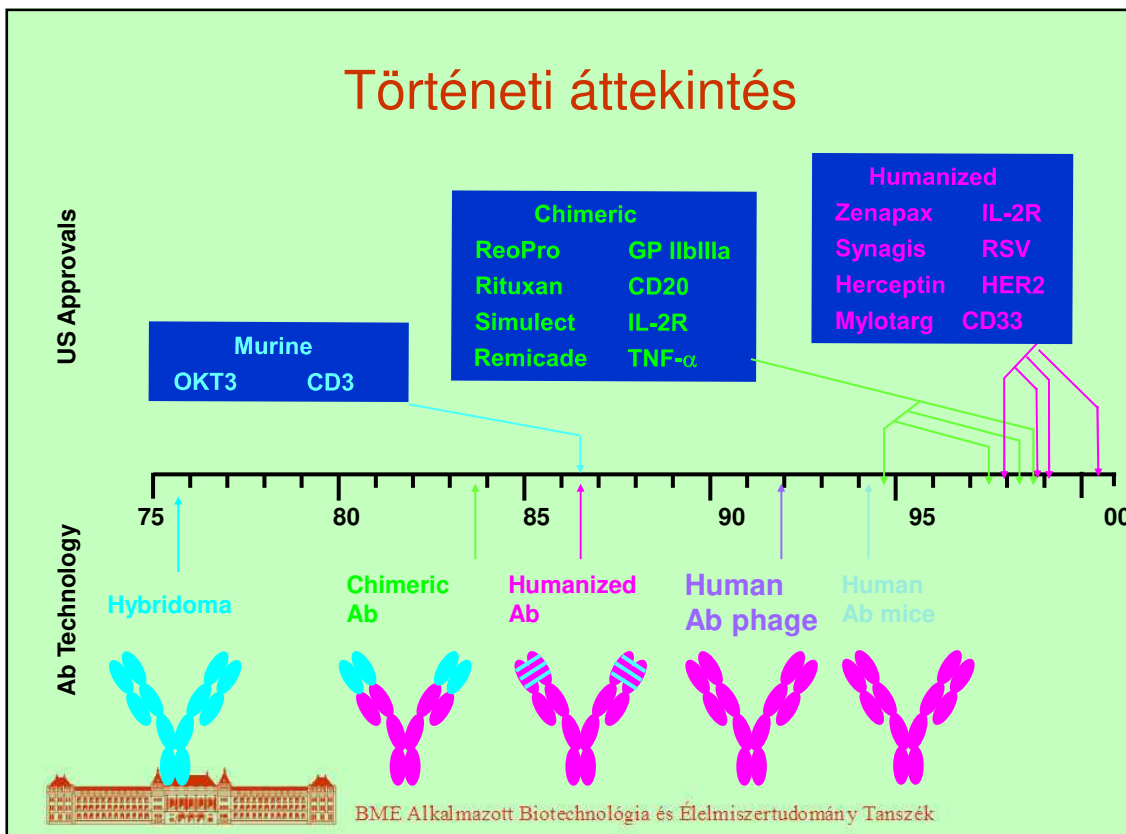
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

21

## A monoklonális antitestek fejlesztése

### From Mouse to Men



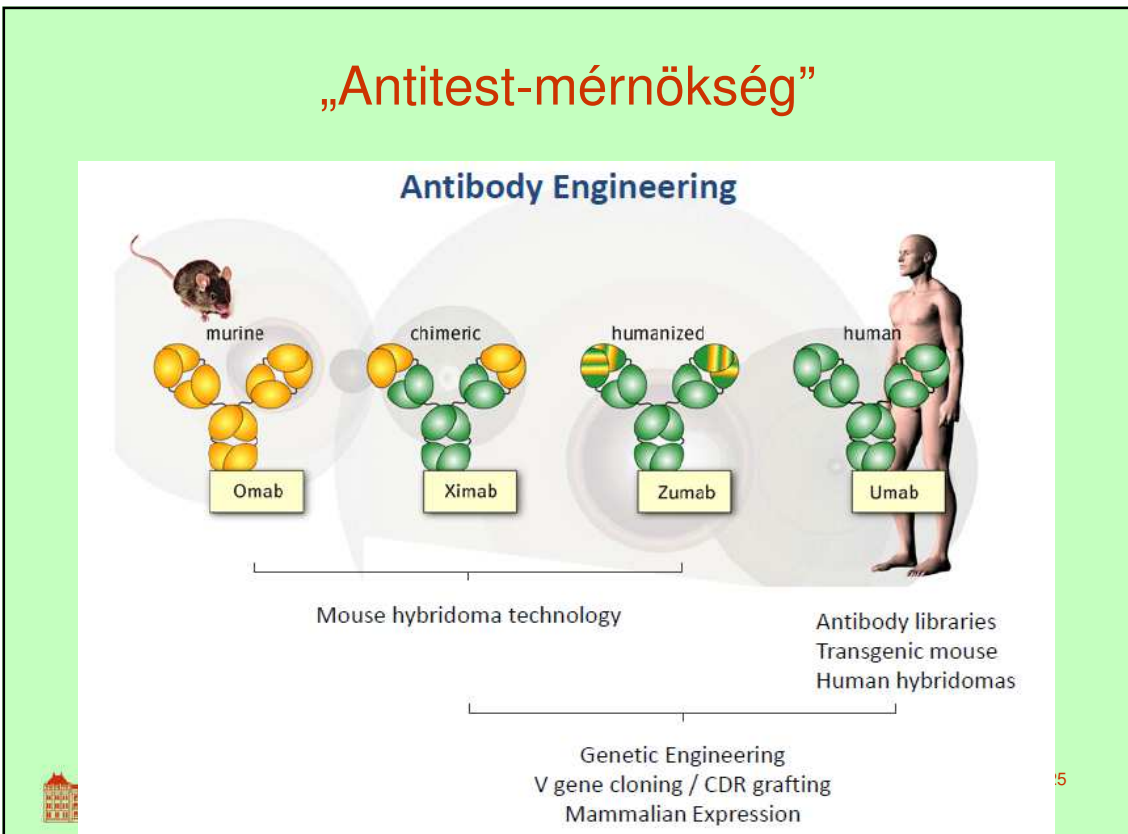


## Kiméra és humanizált monoklonális antitestek

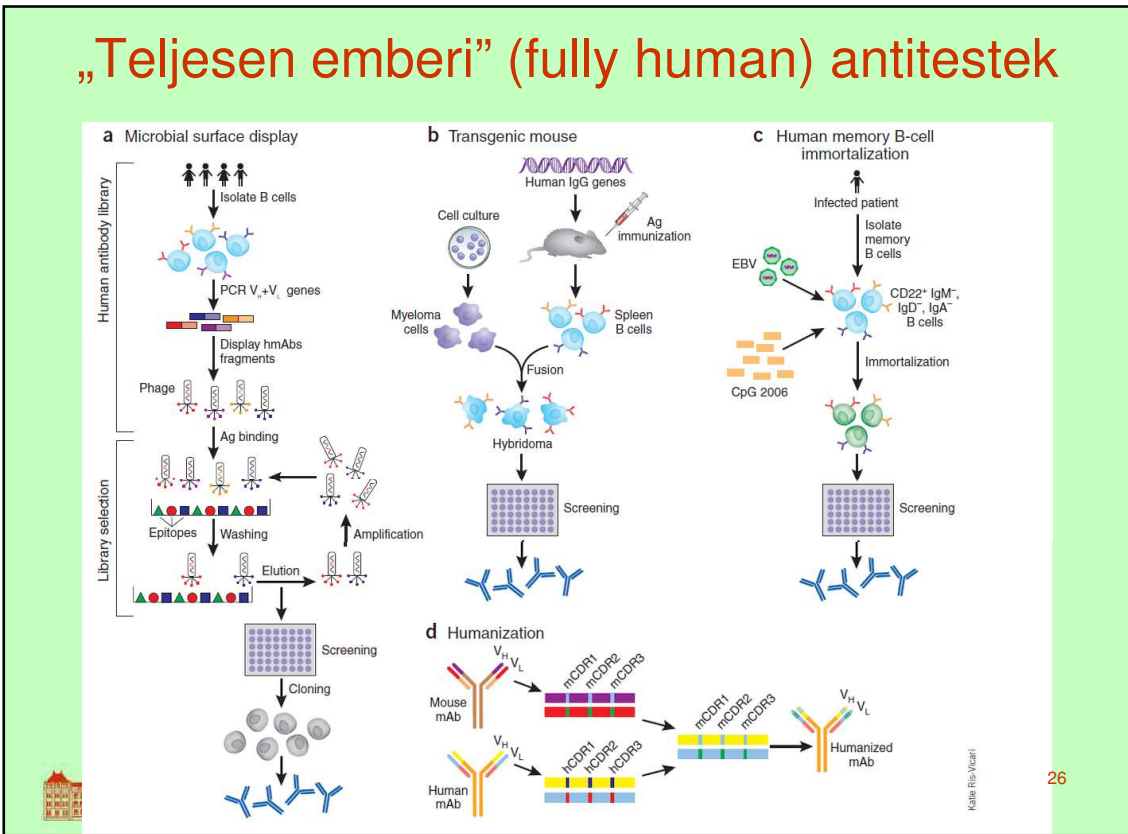
- A kiméra antitestek: murine antitest variábilis régióját egyesítették a humán konstans régióval. Az eredmény 65% humán antitest ( $\kappa$  könnyűlánc + nehézlánc)
- Humanizált antitesthez akkor jutunk a murine antitestből "átvisszük" a hipervariábilis domént a humán antitestbe. 95%-a humán eredetű, de valamiért a kötődés az antigénnel gyengébb, valamint az affinitása is kisebb, mint a kiindulási murine antitestnek



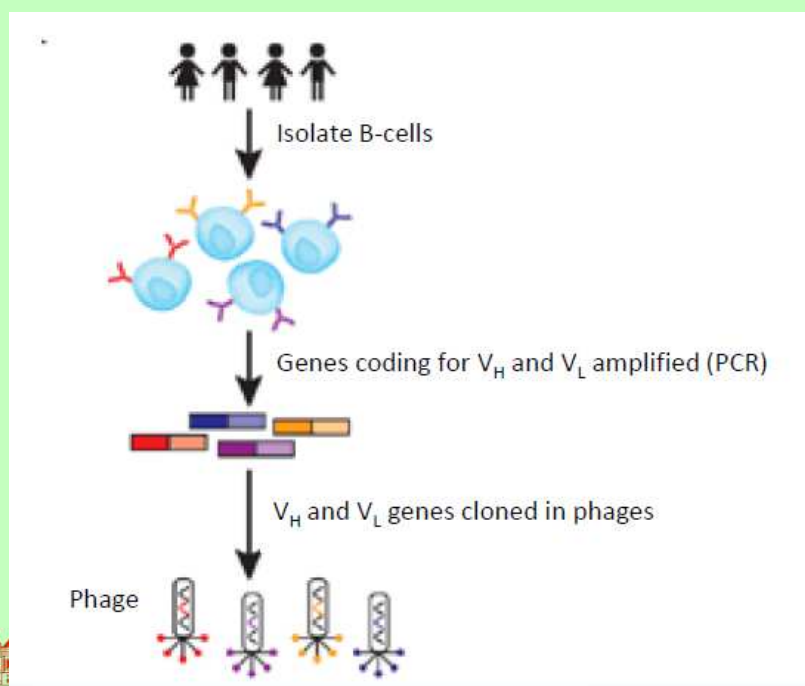
# „Antitest-mérnökség”



# „Teljesen emberi” (fully human) antitestek

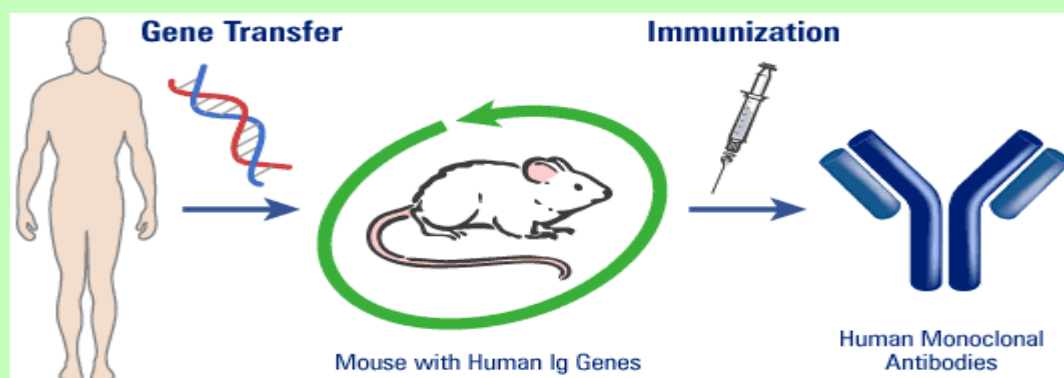


## Fág-display könyvtár humán antitestekből



27

## UltiMAb platform (transzgénikus egér)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## In vitro antitest-kutatás

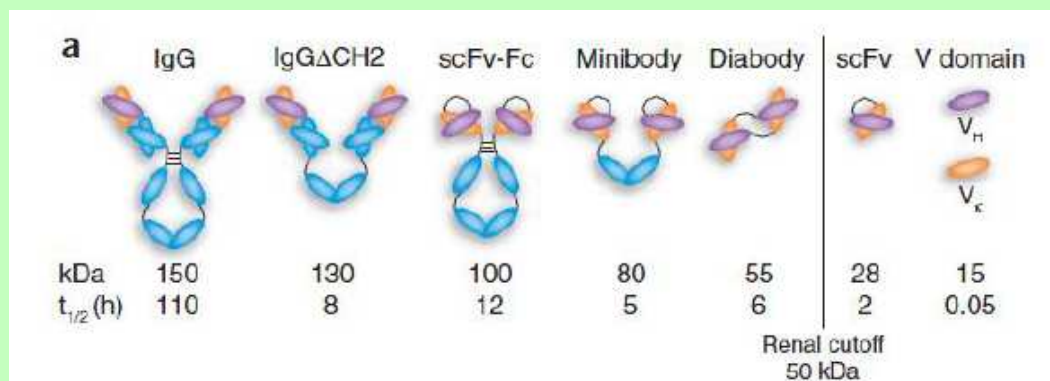
Számítógépes antitest-könyvtárak - fontos az antitest-molekulák részletes szerkezeti és funkcionális ismerete. Típusaik:

- természetes: az ellenanyag-gének adat formájába történő konvertálásával alakítják ki, s az így kapott repertoárt használják fel az aktuális vizsgálatokhoz.
- szintetikus könyvtárak: precízen megtervezett, mesterségesen megalkotott DNS-molekulákat (a mesterséges antitestek génei) építenek fel. A természetes immunrepertoárt meghaladó diverzitás is létrehozható, illetve az ellenanyag-molekulák specifikálásában is hihetetlen pontosság érhető el.
- szemi-szintetikus könyvtárak: amelyekben egyes mesterségesen kialakított antigénkötő oldalakat természetesekkel kombinálnak.



## Töredék-antitestek

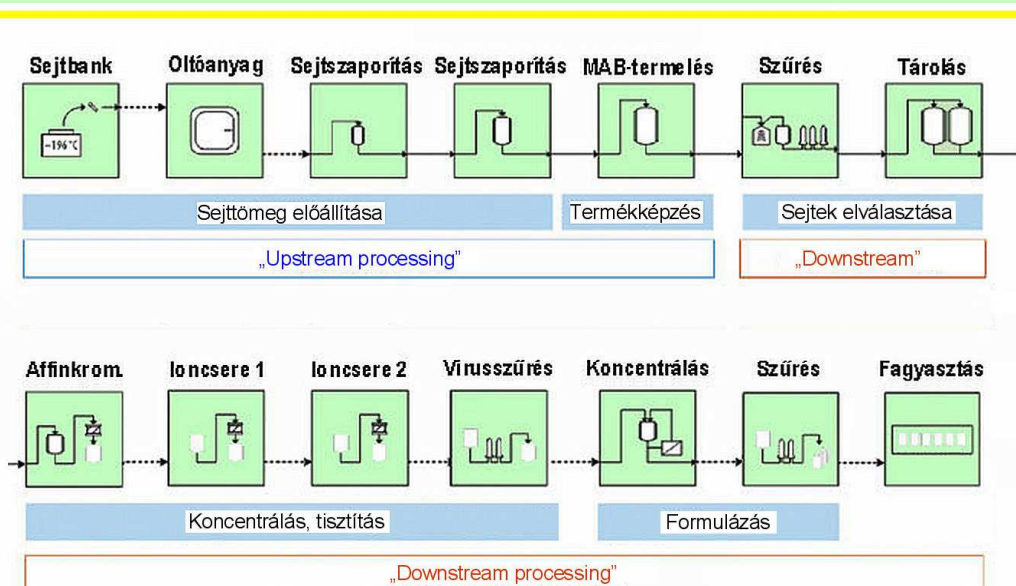
Az epitópok felismerésére elegendő a variábilis régió, nem kell az egész antitest. A kis fragmentumok (Minibody, Diabody) sokkal jobban behatolnak a tumorokba.



## MAB termelési technológiák

Product	Culture system	Bioreactor Train Scale
ReoPro	Continuous/Perfusion (spin-filter)	10 – 500 L
Zenapax	Fed-batch (stirred tank)	Not disclosed
Simulect	Continuous/Perfusion (membrane)	Not disclosed
Synagis	Fed-batch (stirred tank)	400 – 10000 L
Remicade	Continuous/Perfusion (spin-filter)	10 – 500 L
Herceptin	Fed-batch (stirred tank)	80 – 12000 L
MyoScint	Continuous/Perfusion (spin-filter)	10 – 500 L
Humaspect	Continuous/Perfusion (hollow-fibre)	Not disclosed

## Teljes technológia (upstream+downstream)





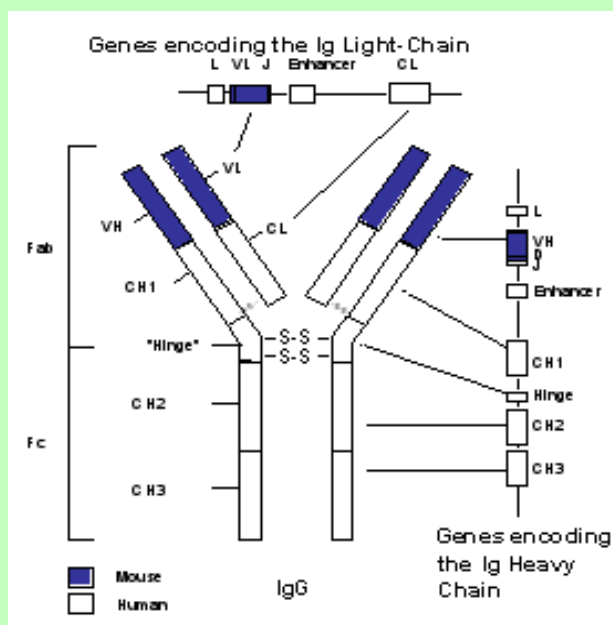
## Esettanulmány: Simulect

Immunszupresszáns, szervátültetéseknél 30-40 napra kiüti a limfocitákat.

Humanizált, a génszerelvényt SP2/0 sejtvonalba építették be.

Szuszpenziós tenyészet, folytonos, sejtviataratással → nagy sejtűrűség

Novartis  
basiliximab

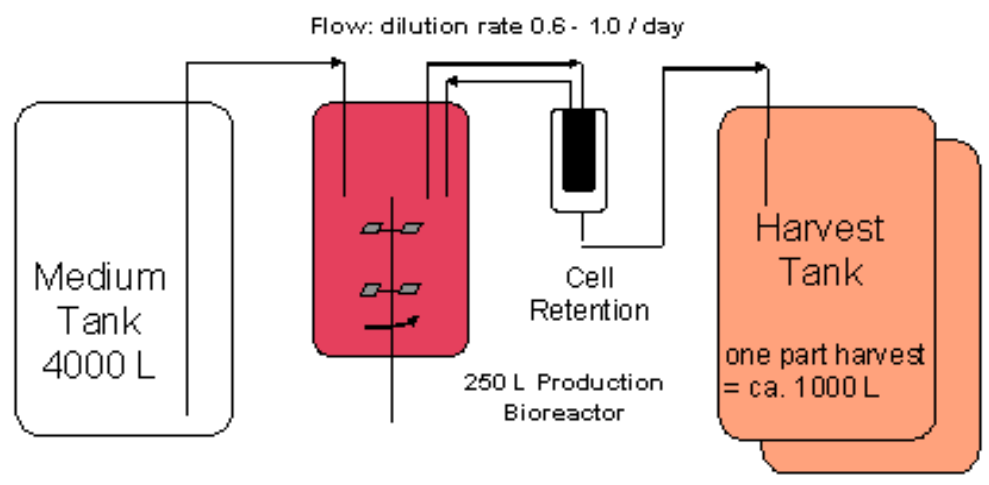


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

33

## Esettanulmány: Simulect

- stirred tank, suspension, continuous cell cultivation with cell retention:



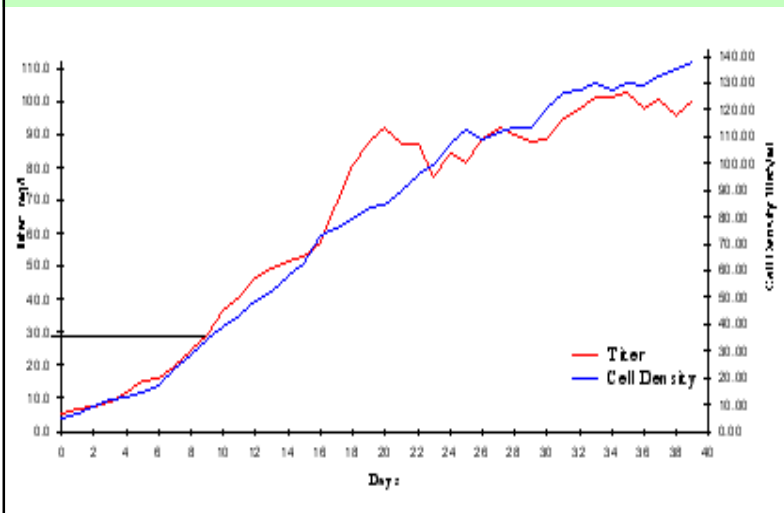
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

34

## Esettanulmány: Simulect

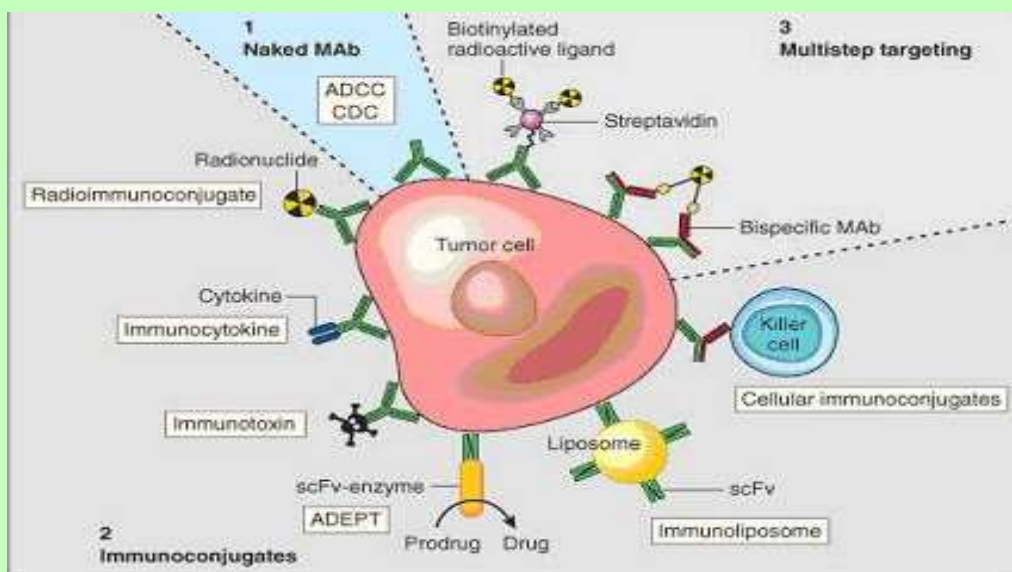
A fermentáció lefutása

A forgó szita szűrő



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## Monoklonális ellenanyagok a tumor-terápiában



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## Radio-immunterápia

A monoklonális antitest terápia hatásosságának fokozás volt a cél a monoklonális antitesthez konjugált radioizóp kezelés kifejlesztésének

Módszer alapja: a lymphoid daganatok sugárzásérzékenyek, így a monoklonális antitesthez kötött radioizotóp CÉLZOTT sugárterápiát tesz lehetővé.

Emelett a MAB és az izotóp B-sejt károsító hatása összeadódik  
Ma 2 radioizotóppal konjugált anti CD-20 készítmény áll rendelkezésre.

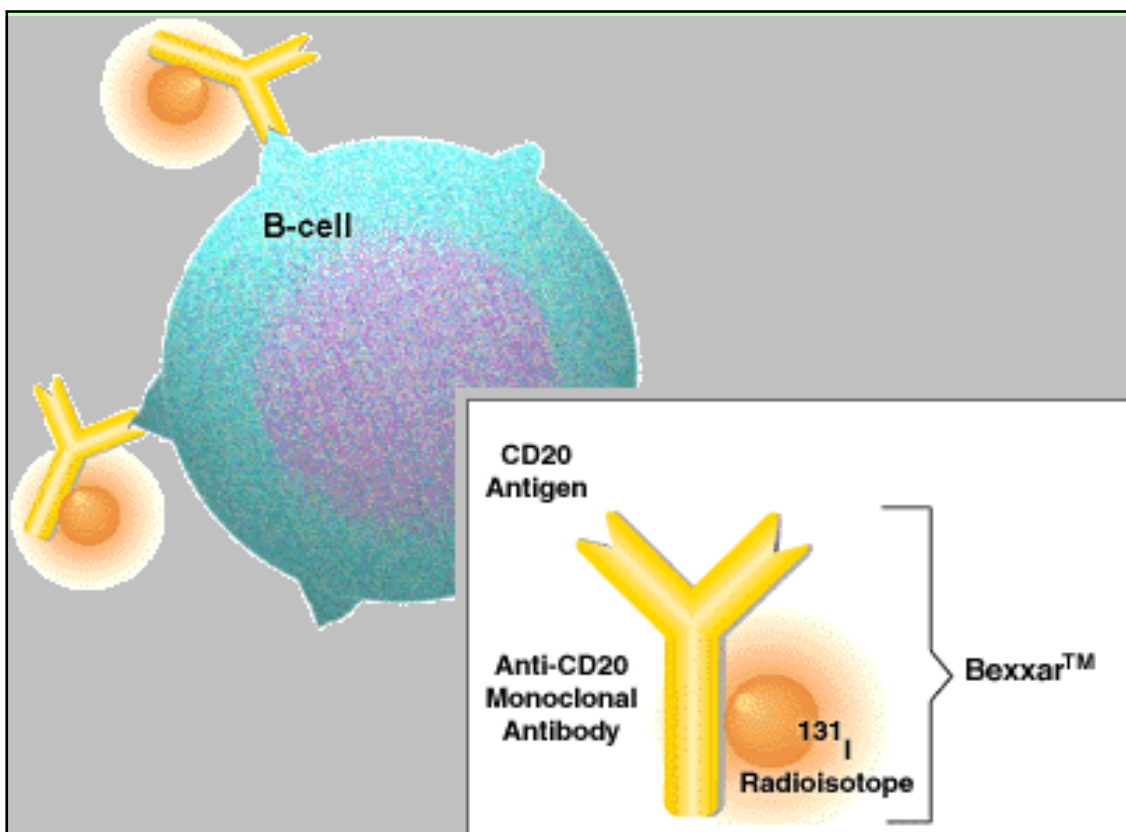
A tositumomab (Bexxar) monoklonális anti-CD-20 antitest és  $^{131}\text{I}$  konjugátum (75-80 % remisszió)

A másik készítmény az ibritumomab (Zevalin), ami monoklonális anti CD-20 antitest és  $^{90}\text{Y}$  konjugátum (67% remisszió)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

37

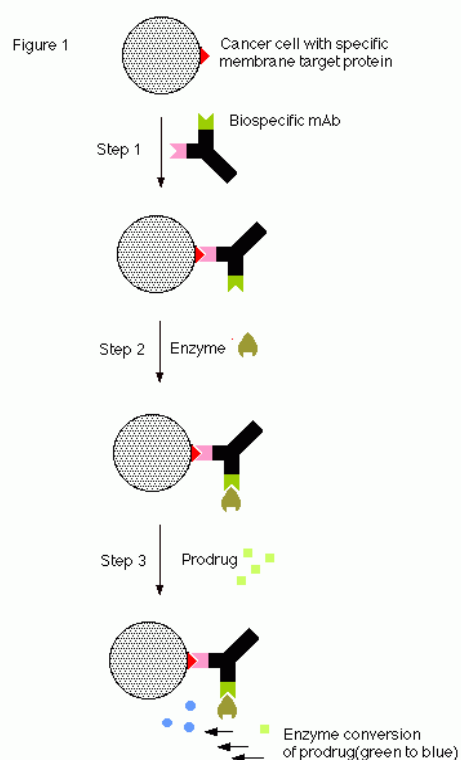


## Antibody-directed enzyme prodrug therapy (ADEPT)

Az antitesthez enzimet kötnék, mely a később szisztémásan bevitt, ártalmatlan prodrug vegyületet lokálisan alakítja a citotoxikus, hatékony metabolittá



BME Alkalmazott Biotechnológia



## Immuno-liposzómák

Az immuno-liposzómák antitest és liposzóma összekapcsolását jelenti.

A liposzómák képesek gyógyszerek vagy terápiás nukleotidszár-  
mazékok szállítására →

így ezek a szerek célzottan hatnak a tumorsejtekre.

Ez a technológia még gyerekcipőben jár, de már sikeresen alkalmazták in vivo körülmények között tumorsejt növekedés gátlásra.

Agytumor és a mellrák kezelésére már használják.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

40

## Herceptin

Az antitest hatása

- egyrészt aktiválja a természetes ösztönzők morsejt osztását
- másrészt megakadályozza a tumorsejtet az immunrendszer számára.

Immune cells targeting cancerous cells bound by Herceptin

Herceptin is the only approved HER2 therapy designed to bind to HER2+ tumor cells and flag them for destruction by the immune system

Without Herceptin

With Herceptin

Dimerized HER2 receptors signal tumor cells to proliferate

Herceptin blocks downstream HER2 signaling to inhibit proliferation of cells.

ALLVQICES

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

41

## Monoklonális antitestek nevezéktana

Prefix	Target		Source		Suffix
<i>variable</i>	<i>-o(s)-</i>	bone	<i>-u-</i>	human	<i>-mab</i>
	<i>-vi(r)-</i>	viral	<i>-o-</i>	mouse	
	<i>-ba(c)-</i>	bacterial	<i>-a-</i>	rat	
	<i>-li(m)-</i>	immune	<i>-e-</i>	hamster	
	<i>-le(s)-</i>	infectious lesions	<i>-i-</i>	primate	
	<i>-ci(r)-</i>	cardiovascular	<i>-xi-</i>	chimeric	
	<i>-mu(l)-</i>	musculoskeletal	<i>-zu-</i>	humanized	
	<i>-ki(n)-</i>	interleukin	<i>-axo-</i>	rat/murine hybrid	
	<i>-co(l)-</i>	colonic tumor			
	<i>-me(l)-</i>	melanoma			
	<i>-ma(r)-</i>	mammary tumor			
	<i>-go(t)-</i>	testicular tumor			
	<i>-go(v)-</i>	ovarian tumor			
	<i>-pr(o)-</i>	prostate tumor			
	<i>-tu(m)-</i>	miscellaneous tumor			
<i>-neu(r)-</i>	nervous system				
<i>-tox(a)-</i>	toxin as target				

## Monoklonális antitestek nevezéktana

Az előtag nem hordoz semmiféle információt, csak egyedinek kell lennie, általában utalás a gyógyszer nevére.

A második tag utalás a gyógyszer célpontjára (pl *-ci(r)*- keringési rendszerre ható)

A következő tag a forrásról, illetve az antitest típusáról nyújt információt

Végül pedig a *-mab* utótag következik = monoclonal anti-body)

Ellenőrző kérdés:

Melyik gyógyszerről lehet szó, és mit lehet tudni róla?

*tras- + -tu(m)- + -zu- + -mab.???*



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

43

## A „top 20” gyógyszerből 10 biotech termék



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

44

