

3. Aminosavak gyártása

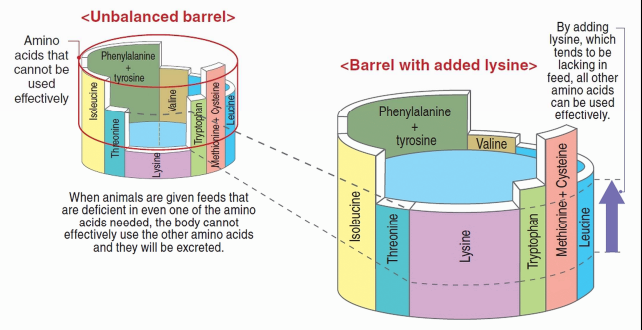


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

1

Táp(lálék)kiegészítés

Ugyanez igaz az állati takarmányozásra is:



4

Az aminosavak felhasználása

- nátrium-glutamát → ízfokozó (Delikat, Vegeta)
- lizin, metionin, treonin, triptofán → takarmány- és élelmiszerkiegészítő
- aszparaginsav és fenilalanin → aszpartám édesítőszer gyártásához
- cisztein és triptofán → antioxidáns (gyümölcslé, tejpor)
- tápszerek, infúziós oldatok, gyógyszerek



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

2

Táp(lálék)kiegészítés

- A növényi eredetű (gabona) takarmány nem teljes értékű fehérje – esszenciális aminosavakból kevés van benne. A hasznosulást mindig a legkisebb mennyiségben jelenlévő szabja meg (limitáló szubsztrát).
- A teljes értékű fehérje (hallszt, tejfehérje, szója) drága és kevés van belőle → a növényt kell aminosavakkal kiegészíteni.

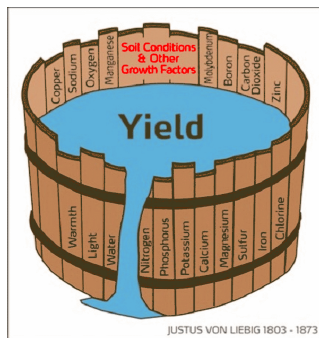


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

5

Liebig minimumtörvénye

Justus von Liebig (1873): ha egyetlen tápanyagkomponensből is hiány van, a növények növekedése korlátozott, még akkor is, ha az összes többi tápanyag megfelelő mennyiségben jelen van. A növények növekedése akkor fokozódik, ha a hiányos tápanyagot hozzáadjuk.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

3

Aminosavak előállítása

- Fehérje-hidrolizátumokból:** cisztein, leucin, aszparaginsav, tirozin, glutaminsav
- Kémiai szintézissel:** metionin, glicin, alanin, triptofán (reszolválás szükséges)
- Biotechnológiai úton:**
 - Direkt fermentációval: vad törzs, auxotróf és regulator-mutáns változatait használják pl: glutaminsav, lizin
 - Prekursor addíciós eljárással: + olyan vegyület, amelyet beépítve könnyen elő tud állítani aminosavat
 - Enzimes, sejtes biotranszformációval: egyetlen biokémiai lépés



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

6

Az aminosavgyártás története

1909: nátrium-glutamát siker, illetve szója hidrolízisével (Ajinomoto, Japán)
 1957: glutaminsav és nukleotidok fermentációja *Corynebacterium glutamicum* törzssel (Kinoshita, Japán)
 1981: a világon összesen 365.000 t aminosavat állítottak elő
 1998: évi 1,5 millió tonna = 1,7 milliárd USD
 A 17 nagy gyártó cégből 13 japán tulajdonú.
 2006-2007: az Ajinomoto a piac 60%-át uralja az éves nettó eladás ~10 mrd USD
 23 országban 121 gyár 30000 munkahely
 Magyarországon is: Evonik (Degussa), Kaba, 40.000 t/év



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

7

7

Anyagcsere mérnökség – metabolic engineering

A primer metabolitok előállításánál a génállományt úgy változtatják meg, hogy:

1. A bioszintézis út elágazásait lezárják, ezáltal minden anyag a céltermék irányába áramlik (auxotróf mutánsok)
2. A terméket továbbalakító reakciólépéseket eliminálják (auxotróf mutánsok).

Ha ezek létfontosságú molekulák előállítását érintik, akkor leaky (szivárgó) mutánsok, vagy tápoldatkiegészítés

3. Felfüggesztik a túltermelést megakadályozó mechanizmusokat (antimetabolit rezisztens mutánsok)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

10

10

Az aminosavgyártás megoszlása (2006)

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	Enzimes konverzió	Aszpartám
10.000	L-Fenilalanin	Fermentáció	Aszpartám
10.000	Glicin	Kémiai szintézis	Tápl.kiegészítő, édesítőszer
3.000	L-Cisztein	Cisztin-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	Nyugvoéjtes konverzió	Gyógyszergyártás
300	L-Izoleucin	Fermentáció	Gyógyszergyártás

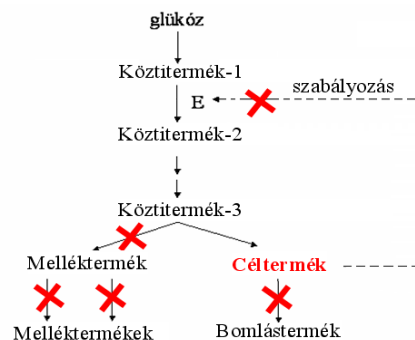


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

8

8

Anyagcsere mérnökség – metabolic engineering

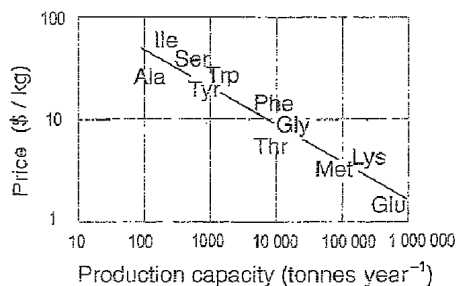


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

11

11

Itt is érvényes a mennyiség-ár kapcsolat



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

9

9

Ipari mutáns törzsek jellemzői

AS	Törzs	Genetikai jellemzők	Kihoz (g/l)	C-forrás		
Arg	<i>Brevibacterium flavum</i>	Gua ^r , Ta ^r	35	Glükóz		
			25	Ecetsav		
Glu	<i>Corynebacterium glutamicum</i>	Vad törzs	>100	Glükóz		
			<i>Brevibacterium flavum</i>	98	Ecetsav	
				<i>Arthobacter paraffineus</i>	82	n-paraffin
Lys	<i>Corynebacterium glutamicum</i>	Hom ^r , Leu ^r , AEC ^r	39	Glükóz		
			<i>Brevibacterium flavum</i>	AEC ^r	57	Szacharóz
				Hom ^{leaky} , Thr ^r	75	Ecetsav
Trp	<i>Corynebacterium glutamicum</i>	Phe ^r , Tyr ^r , 5MTrp ^r , 6FTrp ^r	12	Glükóz		



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

12

12

Tipikus fermentációs technológia

A fermentáció:

Nagy, levegőztetett fermentorok (50 - 500 m³)

Rátáplálásos technológia

pH szabályozás (karbamid, ammónia)

Steril körülmények

Fágok elleni védekezés

AS feldolgozás jellemző műveletei: izoelektromos ponton történő kicsapás, ioncserés adszorpció, elektrodiálízis, szerves oldószeres extrakció



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

13

13

GLUTAMINSAV (Glu) ELŐÁLLÍTÁSA

A későbbiekben

- *Corynebacterium* spp. (*C. glutamicum*; *C. lilium*)
- *Brevibacterium* spp. (*B. divericartum*; *B. alanicum*)
- *Microbacterium* spp. (*M. flavum* var. *glutamicum*)
- *Arthrobacter* spp. (*A. globiformis*; *A. aminofaciens*)

Ezek jellemzően: - Gram pozitív,

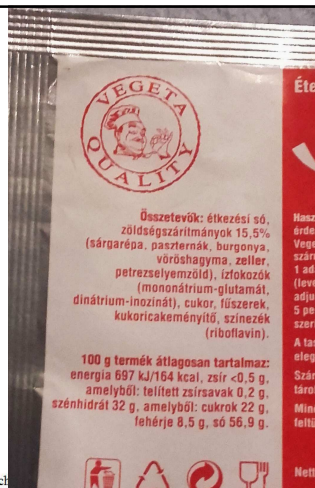
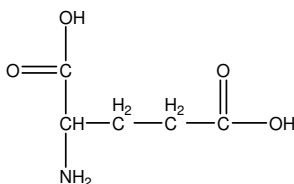
- nem mozgékony,
- biotin-igényes törzsek,
- az α-ketoglutarát-dehidrogenáz aktivitásuk kicsi, vagy hiányzik



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

16

GLUTAMINSAV (Glu) ELŐÁLLÍTÁSA

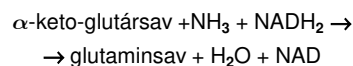


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

14

BIOSZINTÉZIS

A bioszintézis kulcs lépése egy redukív aminálás:



Az αKGS a citrátkörben keletkezik, onnan kell elvonni.

Ha sokat elveszünk, nem zárul körfolyamat – valahogyan vissza kell pótolni az elvett intermediereket → anaplerotikus (feltöltő) utak: piruvátból oxalacetátot termelnek. Nem általános, de a *Corynebacterium*-oknál és a *Brevibacterium*-oknál működik.

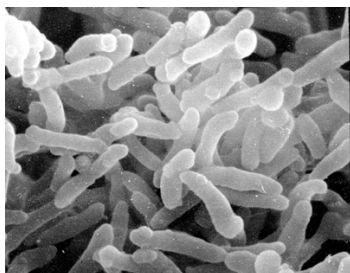


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

17

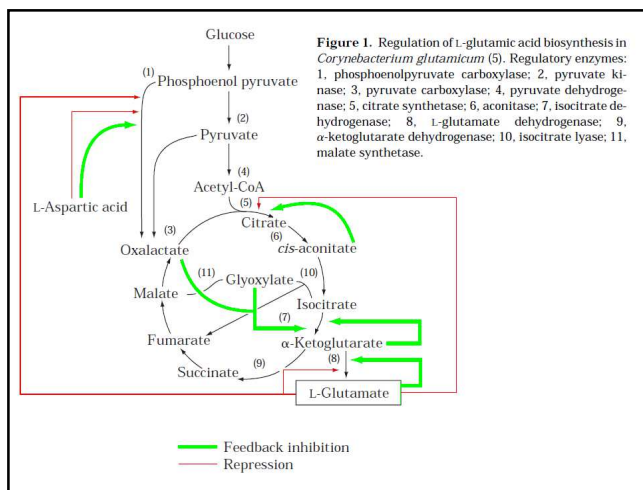
17

A fermentációt *Corynebacterium glutamicum* törzssel valósították meg először (1957)
Ez egy Gram+, nem spórás, nem csillós törzs



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

15



18

A BIOTIN SZEREPE

A törzs biotint igényel a szaporodáshoz.

Másfelől a biotin koncentrációja befolyásolja a sejt citoplazma-membránjának permeabilitását: magas biotin szint mellett a termelt glutaminsav a sejtben marad és feedback inhibíció lép fel, ami lefékezi a szintézist, valamint tejsav képződik.

Az optimális koncentráció alacsony, 3 - 5 $\mu\text{g/l}$.

A melaszban több a biotin, ezt ellensúlyozni lehet:

- nemionos detergenssek (Tween) (sejtmembrán)
- telítetlen zsírsav csökkentés (sejtmembrán)
- penicillin adagolás (sejtfal)



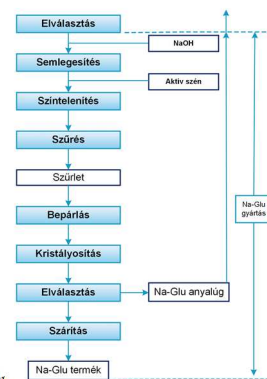
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

19

19

A FELDOLGOZÁS MENETE

A kristályos glutaminsavat nátrium hidroxiddal feloldják és közömbösítik. Aktív szén tisztítás után bekonzentrálják és kikristályosítják. A kristályosítás anyalúgját visszaviszik a glutaminsav feldolgozás folyamatába.



BME Alkalmazott Biotechn

22

A FERMENTÁCIÓS TECHNOLÓGIA

A C-forrás lehet szacharóz (melasz), glükóz, ecetsav, etanol, n-paraffin. Összesen ~16% cukor, rátáplálásos technológia, adagolás 36 óra után.

N-forrás: ammóniumsók, később ammónia gáz (pH szabályozáshoz). Rátáplálással kell adagolni, mert a túl sok N elviszi a folyamatot a glutamin (Gln) termelés irányába

pH: 7-8, T = 30-32 °C, 14 óra után felemelik 38-ra; t = 72 h

Kofaktorként: Fe²⁺, K⁺, Mn²⁺ szükséges

Biotin koncentráció: 2,5-3,5 $\mu\text{g/l}$

Konverzió: 50-60 %

Kétlépcsős folytonos technológiát is kidolgoztak

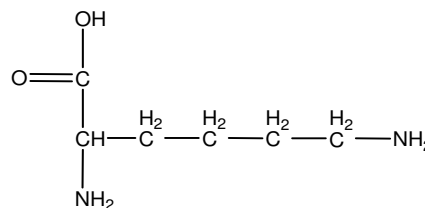


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

20

20

Lizin (Lys)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

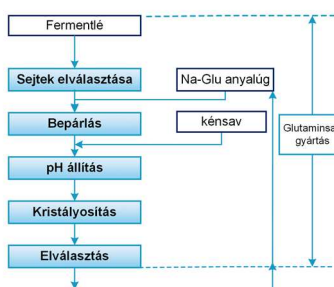
23

23

A FELDOLGOZÁS MENETE

A fermentálé feldolgozása két szakaszra bontható. Előbb a kristályos glutaminsavat állítják elő, majd ezt Na-glutamáttá alakítják.

Mindkét folyamat kulcs lépése a bepárlás, majd kristályosítás. A kénsav visszazorítja a Glu disszociációját, ezáltal oldhatósága romlik, jobban kristályosítható.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

21

21

A lizin felhasználása takarmányokban

A gabona alapú takarmányok feltűnően szegények lizinben.

Lizin (+ Met, Thr és Trp) hozzáadásával fehérje és szénhidrát tartalmuk sokkal jobban hasznosul.

A lizin termelés nyereségessége mindig függ a szójadara aktuális áratól.

Tápanyag/ takarmány	Lizin (%)
Kukorica	0.21
Zab	0.5
Árpa	0.4
Búza	0.6
Szója	2.9
Élesztő	3.4
Tejpor	2.5
Húsliszt	2.6



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

22

24

Bioszintézis

A lizin kétféle anyagcsereúton képződhet, mindkettő aszparaginsavból indul:

- > Diamino-pimelinsav út
- > Aszparaginsav-szemialdehid út

A *Corynebacterium* és *Brevibacterium* törzsek ez utóbbi utat használják. Anyagcsere-mérnökileg a következő mutációs változásokat hozták létre:

Hom^r illetve Hom^rleaky, Met^r, Thr auxotrófia, illetve AEC^r és ML^r regulációs mutánsok

Egyes organizmusokban a lizin dekarboxilezéssel kadaverinné alakul, de ezekből a baktériumokból ez hiányzik.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

25

25

Fermentációs technológia

C-forrás: glükóz, melasz, alternatív megoldásokban ecetsav vagy paraffin

A nitrogénforrás ammónia, ammónium-só vagy karbamid
 A homoszerin, treonin és metionin kis koncentrációban jelen kell hogy legyen (szója, kukoricalekvár adagolás), de ha leaky a mutáns, akkor nem kell adagolni, ezzel is csökken az önköltség.

Biotinból minimum 30 µg/l szükséges (cukornádmelasz)

Opt: pH= 7, T= 28°C t(ferm)= 60 óra

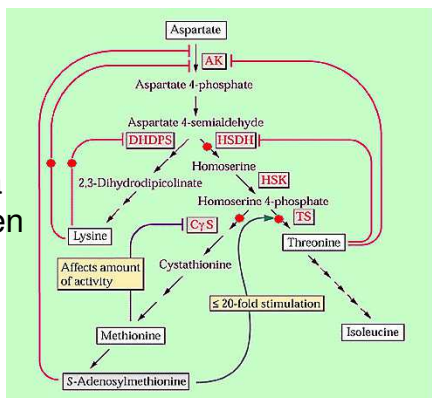


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

28

28

Mutációs változások a bioszintézisben



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

26

27

Fermentációs technológia

100-120 g/l végső lizin koncentráció, a produktivitás $Y_p=40-50\%$.

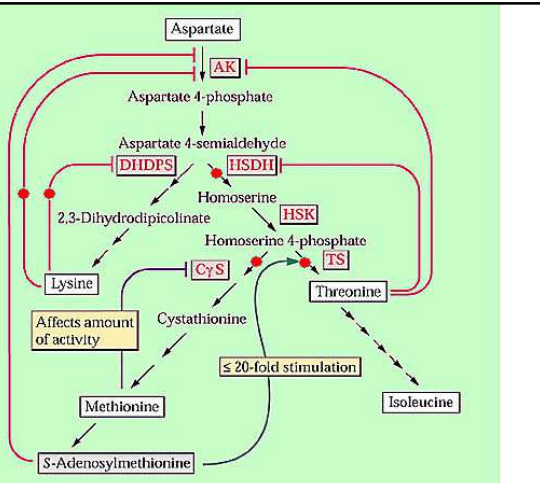
Speciális fertőzésveszély: lizin-dekarboxiláz termelők – kadaverin termelődik (hullaméreg). Ilyen törzsek az *Escherichia coli*, *Clostridium welchii*, *Aerobacter aerogenes* → tetraciklin adagolásával a befertőződés veszélye csökkenthető



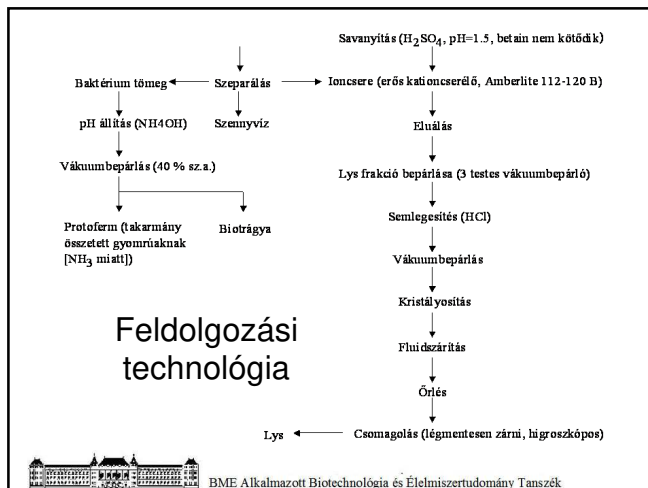
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

29

29



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

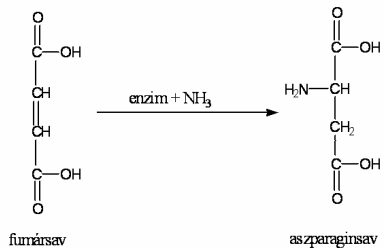


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

30

Aszparaginsav (Asp) előállítása

Régen fermentációval, ma egy lépéses biotranszformációval (sejtes vagy enzim) állítják elő.



31

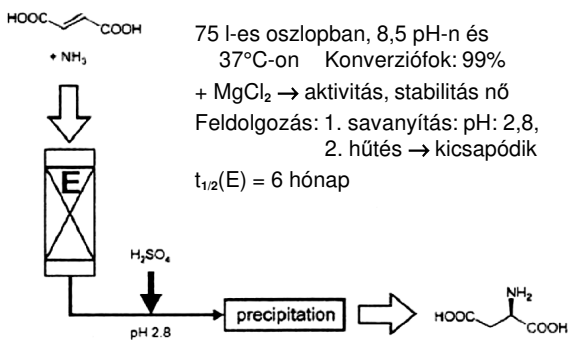
SZERIN ELŐÁLLÍTÁSA

A metanol-hasznosítás egyik biokémiai útja a „szerin út”, ahol a Gly-hez kapcsolódik az aktív C1 egység.

A MeOH olcsó, a kérdés az, hogy honnan vegyük a glicint:

- szintetikusán (amino-ecetsav, nincs aszimmetria-centruma)
- biokémiai úton, megfelelő anyagcseréjű törzsekkel (glikoxilát termelők)

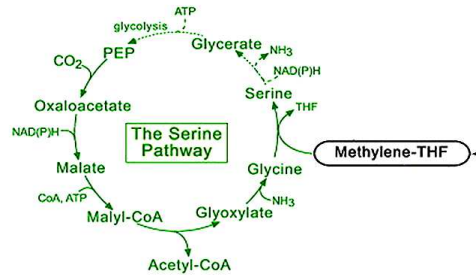
34



32

SZERIN ELŐÁLLÍTÁSA

A glicin fermentáció és a szerin bioszintézis kapcsolata:



35

Az aszparaginsav felhasználása

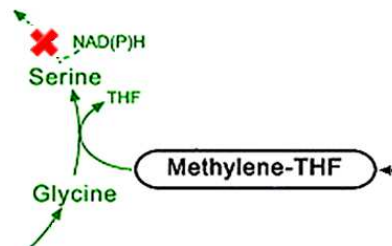
Mesterséges édesítőszer (aszpartám) egyik összetevője

Gyógyszeriparban összetevő, illetve alapanyag

33

A SZERIN KÖRFOLYAMAT

Ha a folyamatot a szerin után megállítjuk, felhalmozódást érhetünk el:



36

SZERIN ELŐÁLLÍTÁSA

A glicin fehérje-alkotó aminosav, nagyobb koncentrációban mégis toxikus → toleráns mutánsokat izoláltak.

Ipari eljárás:

Törzs: metilotróf (pl. *Pseudomonas*), Gly toleráns

Szaporítási szakasz: pH ~ 4,5, hőmérséklet ~ 30 °C

Termelési szakasz: glicin adagolás indul, a hidroxí-piruvát-reduktázt gátolják:

- Hőmérséklet emelés 40-42 fokra
- pH emelés 8,5 – 9,5 -ig
- Co²⁺ vagy Ni²⁺ adagolása

Végző koncentráció: 20-24 g/l, konverzió ~50 % (mól/mól)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

37

37

A TRIPTOFÁN ELŐÁLLÍTÁSA

2. Prekurzoros bioszintézis: indol, vagy indol+glicin adagolásával.

Indol alapon: szerin termelő törzsek tenyésztéséhez indolt adnak:

metilotrófok: glicin + indol

élesztők (*Candida*, *Hansenula*): indol

Az indol nagyobb koncentrációban károsítja a sejteket, ezért folyamatos mérések alapján adagolják (0,5 – 1,0 g/l)

Triptofánra el lehet érni az oldhatósági határt (~12 g/l)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

40

40

SZERIN ELŐÁLLÍTÁSA

A szerint kinyerhetjük még melaszából is, ioncserélő gyantával, pH = 5,7-nél.

Vagy:

A szintetikusan gyártott racém szerin oldatot 35%-ra bepárolva a D-szerin frakció kiválik, szűréssel elválasztható, az L-szerin oldatban marad.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

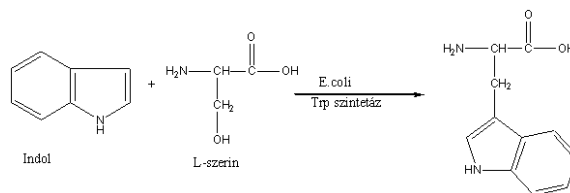
38

38

A TRIPTOFÁN ELŐÁLLÍTÁSA

3. Biokonverzió: a szerin + indol összekapcsolása egy lépéses enzim reakció.

Megvalósítható nyugvó sejtekkel, vagy izolált, esetleg immobilizált enzimmal.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

41

41

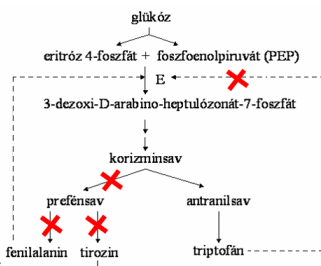
A TRIPTOFÁN ELŐÁLLÍTÁSA

Lehetőségek:

1. De novo bioszintézis: szénhidrátokból sok lépéssel. A japánok ezt is megoldották a *Corynebacterium* és *Brevibacterium* törzsekkel, de ezek keveset termelnek.

Anyagcsere-mérnöki szelekció:

- Phe; Tyr,
- 5-Me-Trp



BME Alkalmaz

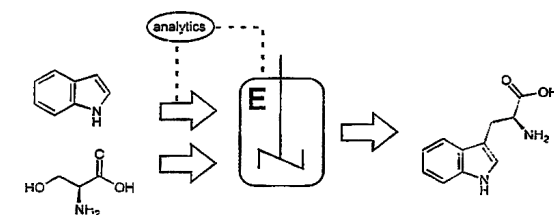
39

A TRIPTOFÁN ELŐÁLLÍTÁSA

Ipari konverziós eljárás (Amino GmbH, D, 1988 óta)

Törzs: *Escherichia coli* nyugvósejtes tenyésztete

Körülmények: pH = 8 – 9, t = 40 °C, vizes közeg, fed batch piridoxál foszfát szükséges, az indolt on-line HPLC méri



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

42

42

A TRIPTOFÁN ELŐÁLLÍTÁSA

Tartózkodási idő: 6 óra
Termékkoncentráció: 12,25 g/l (telítési, a Trp kiválik és a sejtekkel együtt elválasztható)
Feldolgozás: a csapadékból forró vízzel feloldják a triptofánt, majd elválasztják a sejtektől. Többszöri kristályosítás.
Konverzió: 95 % (indolra)
Éves termelés: 30 t/év

A TRIPTOFÁN FELHASZÁLÁSA:

- aktív gyógyszerkomponens (az agyi szerotonin szintre hat, nyugtat, altat, antidepresszáns)
- tápanyag-kiegészítő (essenciális)
- intermedier



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

43

43

L-FENILALANIN ELŐÁLLÍTÁSA

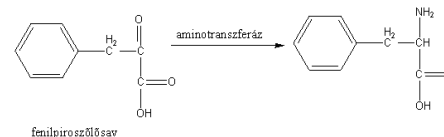
2. Biokonverzió:

2.1. Fenil-piroszölősavból transzaminálással

Törzsek: *E. coli*, *Pseudomonas fluorescens*

Amino-donor: L-aminosavak, Glu, Asp. Az NH_4^+ ion nem alkalmas.

Aktív anyag: nyugvó, vagy immobilizált sejtek.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

46

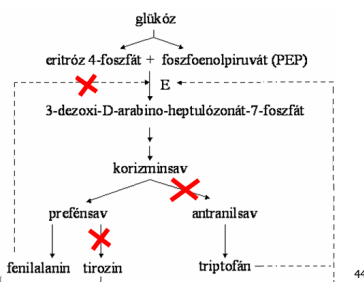
46

L-FENILALANIN ELŐÁLLÍTÁSA

Lehetőségek (közös szintézisút a triptofánnal):

1. De novo bioszintézis: szénhidrátokból sok lépéssel. A japánok ezt is megoldották a *Corynebacterium* és *E. coli* törzsekkel.

Anyagcseremérnöki szelekció:
Trp, Tyr



BME AI

44

44

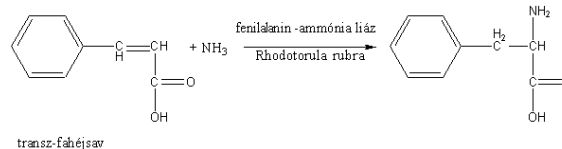
L-FENILALANIN ELŐÁLLÍTÁSA

Biokonverzió:

2.2. transz-fahéjsavból addícióval

Törzs: *Rhodococcus rubra*, *Rhodotorula rubra*

Körülmények: mind a szaporítás, mind a konverzió szigorúan anaerob körülmények között megy végbe, N_2 atmoszférában. pH = 10,6(!) t = 25 °C, vizes közeg, de: 15% NH_3 (!!) Mert különben balra tolódik az egyensúly.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

47

47

FERMENTÁCIÓS ELŐÁLLÍTÁS

Törzs: *E. coli* és *Corynebacterium* mutánsok

Technológia:

- 3 db 150 m³-es fermentor,
- a fermentációs idő 2,5 nap
- a végső fenilalanin koncentráció ~20 g/l.
- Kapacitás: 1000 t/év



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

45

45

L-FENILALANIN ELŐÁLLÍTÁSA

Körülmények:

Adagolások: ammónium-cinnamát, a pH szabályozáshoz NH_3 , illetve CO_2 .

Keverés: N_2 befúvatásával

Phe koncentráció: 43 g/l

Kihozatal: 85,7 %

Feldolgozás: centrifugálás, bepárlás.

Kristályosítás

A FENILALANIN FELHASZNÁLÁSA

aszpartám (édesítőszer) gyártására
gyógyszeripari alapanyag



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

48

48

L-FENILALANIN ELŐÁLLÍTÁSA

A technológiák összehasonlítása:

	Fermentáció	Prekurzoros	Biokonverzió
Nyersanyag	glükóz	fenilpirosuló sav	transz-fahéjsav
Produktivitás (g/l/h)	0.6	3.5	1
Reakcióidő (óra)	24	8	15
pH	7	7.5	10
Hőmérséklet (°C)	35	35	35
Sejtömég konc. (g/l)	20	10	70
Aminodonor	-	L-aminosav	NH ₃
Önköltség (\$/kg)	13	35	32

Technológiailag (a felső két sor) a konverziós eljárások a jobbak.
 Gazdaságilag a fermentáció.
 Ok: az alapanyagok ára nagyon eltérő.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

49

49

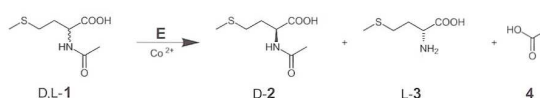
ASZIMMETRIKUS HIDROLÍZIS

A metionin rezolválása (Degussa eljárás).

Körülmények: pH = 7,0 t = 37 °C Co²⁺ effektor
 Oldott enzim.

Feldolgozás: az L-Met kristályosítható, az enzimet ultraszűréssel lehet visszanyerni.

Ugyanez az eljárás alkalmazható még: Ala, Phe, Val, Leu, Trp, Tyr-ra is.



1 = N-acetyl-methionine 3 = methionine
 2 = N-acetyl-methionine 4 = acetic acid



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

52

52

RESZOLVÁLÁS

Általánosan: a racém (DL) elegyek komponenseinek szétválasztása. Azért itt tárgyaljuk, mert az aminosavaknál csak a L-forma biológiailag aktív, ezt kell előállítani, használni.

Két fő út (ld. Biomérnöki alapfolyamatok):

- aszimmetrikus szintézis,
- aszimmetrikus hidrolízis

Ezek közül a hidrolízissel foglalkozunk, mert az egyedüli szintetikus előállított aminosav, a Met esetében ezt alkalmazzák.

A racém aminosav keverékre olyan funkciós csoportot kötünk, aminek eltávolítására van sztereoselektív enzim.

Típusreakció: N-acilezés, majd hidrolízis aminosacilázzal.



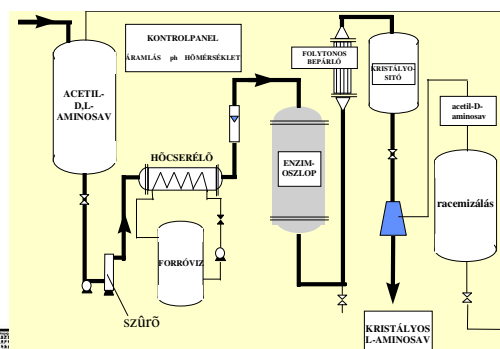
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

50

50

TANABE ELJÁRÁS

Immobilizált enzimmel



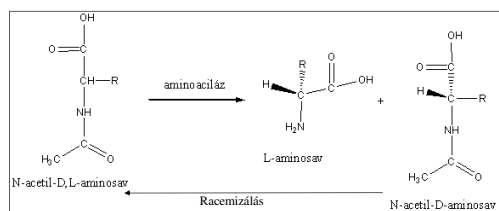
53

53

ASZIMMETRIKUS HIDROLÍZIS

Az aminosaciláz csak az L-aminosavakat szabadítja fel, a D-származék megmarad. Ez utóbbit lúgos főzéssel racemizálják, újra acilezik, és visszaviszik a folyamat elejére.

Az enzimet az *Aspergillus oryzae* termeli, sokféleképpen immobilizálják (Sephadex, acetilcellulóz, gélbezárás).



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

51

51

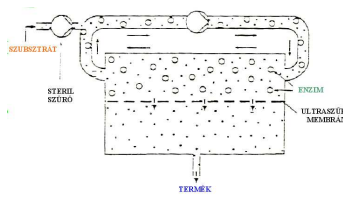
ASZIMMETRIKUS HIDROLÍZIS

Membrános eljárás: az oldott enzimet egy ultraszűrő membrán tartja vissza, míg a termék szabadon áthalad.

A keringetés során az enzim lassan elveszti az aktivitását a nyíró hatások miatt.

Kapacitás: 200 t/év,

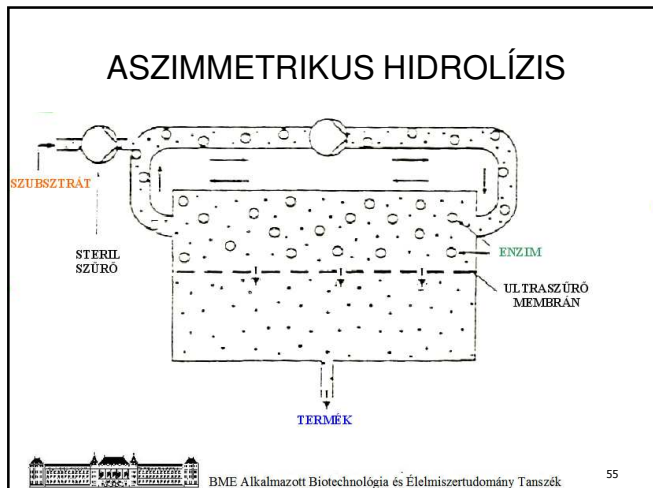
Met, Val, Phe gyártás



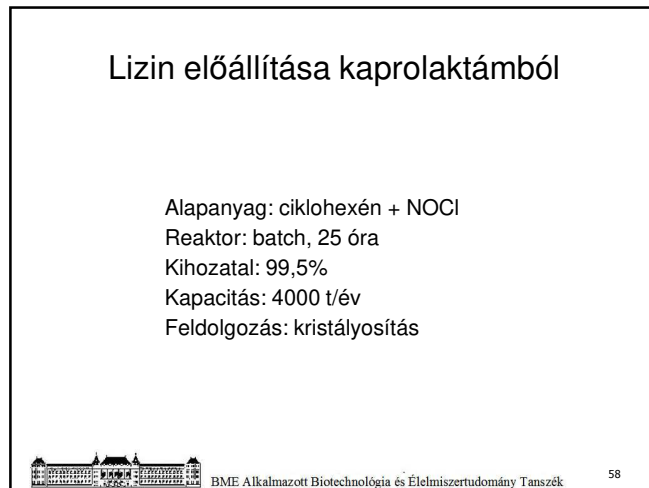
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

54

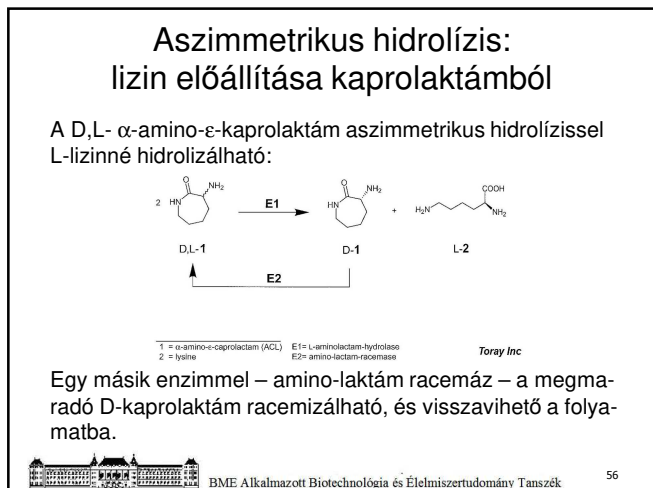
54



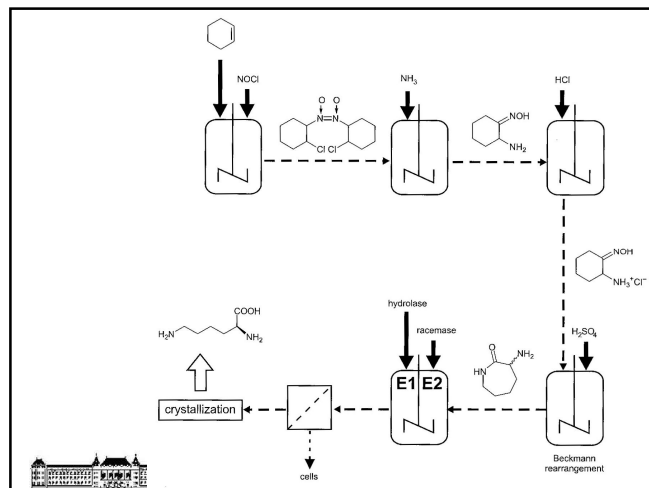
55



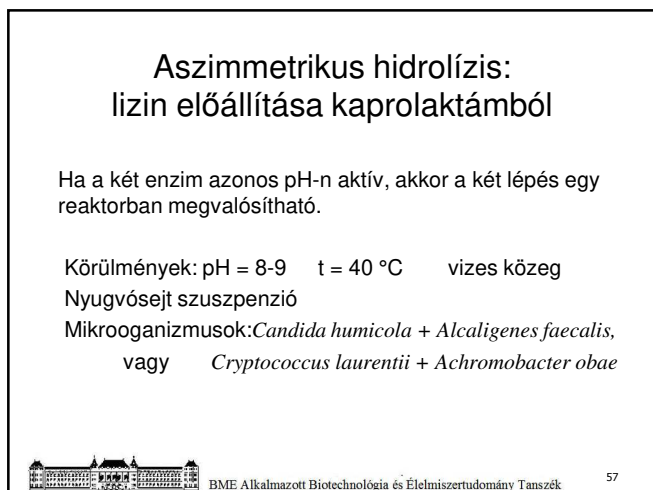
58



56



59



57