

Biokatalízis

Horváth István Tamás

istvan.t.horvath@hit-team.net

Kémiai Intézet, ELTE, Budapest



www.hit-team.net

- készült Kalinovits Márk segítségével -

Biokatalízis

Kémiai reakciók sikeres lejátszódásához gyakran alkalmazunk magas hőmérsékletet és/vagy nagy nyomást.

A kémai folyamatokban sokszor alkalmazunk nagyon reaktív vegyületeket, amelyek lehetnek akár mérgezőek, rákkeltőek, és sok reakciót végzünk szerves oldószerekben.

Magas hőmérséklet és/vagy nagy nyomás különösen gyakran használatos a kőolajból vagy földgázból készült vegyi anyagok előállításánál.

A biokatalízis egész élőlények (általában mikroorganizmusok) vagy enzimek használatával lehetőséget ad termékek megújuló alapanyagokból való előállítására vízben közel szoba-hőmérsékleten.

Biokatalízis előnyei

Sokszor vízben játszódik le (nem szerves oldószerben) légköri nyomáson, közel szobahőmérsékleten (kevesebb energia).

Nem használ mérgező fémionokat, rákkeltő anyagokat, nincs veszélyes gáz kibocsátás vagy mérgező hulladék.

Sokszor szerves hulladékot használnak alapanyagnak.

Nagyobb a szelektivitás.

Előállíthatók királis vegyületek.

Nincs szükség védőcsoportokra a reakció során.

Biokatalízis korlátai

A reakció lassú lehet, különösen szerves közegben.

A reakciót lehet, hogy híg oldatban kell elvégezni.

Az enzim drága és visszanyerése nehézkes is lehet.

Az enzim túl gyorsan veszíthet aktivitásából (különösen magasabb hőmérsékletnél).

A termék kinyerése a híg vizes oldatból drága lehet.

A termék gátolhatja önmaga további képződését.

Biokatalízis korlátai

Előfordulhat, hogy az organizmus nem engedi el a terméket, így a termék kinyeréséhez el kell pusztítani a sejtet.

Nehézkes lehet a tiszta enzim előállítása (így a szennyeződésként jelenlévő más enzimek elbonthatják a szubsztrátumot és/vagy termelhetnek melléktermékeket).

Az organizmus optimális működési feltételeinek meghatározása nehézkes lehet.

A kívánt termék előállításához szükség lehet segédanyagok hozzáadására és/vagy a fejlődési körülmények módosítására.

Biokatalizissal előállított ipari termékek

Etanol	15,450,000 t/év
Nátrium glutamát	1,000,000 t/év
Citromsav	412,000 t/év
Lizin	118,450 t/év
Glükuronsav	51,500 t/év
Penicillin	15,450 t/év

Az összes többi vegyületet (laktosav, maleinsav, L-fenilalanin, L-asparaginsav, egyéb aminosavak, íz- és illatanyagok, szteroidok, vitaminok, antibiotikumok, xantán gumi, emberi növekedési hormon és sok enzim) kisebb mennyiségben állítják elő.

Ezek általában glükózból, keményítőből, melaszából készülnek növényi tápanyagok, szójaliszt, vérliszt hozzáadásával.

Biokatalizissal előállított ipari termékek

A világon körülbelül 1 milliárd dollányi pénzforgalom van évente az enzimek piacán.

Legnagyobb felhasználási területük a mosószerek – az alacsonyabb hőmérsékleten elvégezhető mosás csökkenti az energiafelhasználást.

Az élelmiszeriparban is hasznosíthatóak, például nagy fruktóz tartalmú kukorica szirup előállításánál.

Etanol gyártás - 1

A cukor alapú etanol gyártásban gyakran alkalmazott *Saccharomyces cerevisiae*t működését gátolhatja ha túl magas a cukro vagy az etalon koncentrációja (tipikusan 5,9 %-os etanol előállítása lehetséges).

A sejtek szilárdfázisú hordozóra való megkötésével, a glükóz és a tápanyagok óránkénti adagolásával 15%-os koncentráció is elérhető.

Egy olyan *Saccharomyces* törzset használnak Nigériában a pálmabor készítéshez, amely elviseli az 50%-os cukor koncentrációt és 21,5%-os etanol állítható elő vele.

Zeolitok hozzáadásával az etanol képződése növelhető 53%-ig (a mérgező fém ionokat természetesen el kell távolítani).

Az etanol folyamatos eltávolításával (n-dodekanollal történő extrakcióval, vákuumdesztillációval vagy membrán segítségével történő elválasztással) megszüntethető a termék gátló hatása.

Etanol gyártás - 2

A költségek csökkenthetők olcsóbb alapanyagok (cukorrépa, mezőgazdasági hulladék, papír hulladék, stb.) alkalmazásával.

A jó hozam érdekében mind a cellulózt mind a hemicellulózt hasznosítani kell papír hulladék alkalmazása esetén.

Egy *Klebsiella oxitoca* törzs génjeit sikerült úgy megváltoztatni, hogy mind a cellulóz mind a hemicellulóz hidrolíziséhez termeljen enzimeket. Így 83%-os hozam vált elérhetővé irodai papírhulladékból (a papírt 140°C-os vízben 30 percig volt előkezelve, hogy a polimereket elhidrolizálják)

Időnkénti ultrahangos kezeléssel 20%-kal javítható az irodai papírhulladékból kapott hozam.

A bio-termékekért kapott állami támogatás tovább csökkentheti a költségeket.

Az etanol gyártáshoz felhasznált kukorica maradéka adalékként szolgálhat haleledel gyártásához.

Az enzimek megkötése

Az Altus Biologics (<http://www.altus.com/>) cég glutáraldehiddel kapcsol egymáshoz enzimkristályokat azért, hogy növelje a hővel, extrém pH-val, más fehérje bontó enzimekkel és szerves oldószerekkel szembeni stabilitást.

Az ilyen módon kapott katalizátorok alkalmazhatók alkoholok és aminok regio szelektív acilezésére, peptidok szintézisére, savak és alkoholok meghatározására, észterek és amidok szelektív hidrolízisére és módosított cukrok és penicilinek előállítására.

10-20 alkalommal kiszűrhetők és újra használhatók.

Az ezekkel az enzimekkel katalizált szerves fázisban történő hidrolízisek sebessége elérheik vagy meg is haladhatják a vízben lejátszódók mértékét.

Teljes sejteket sokszor kalcium gél gyöngyökön kötik meg.

Tetrametoxiszilánnal való kezeléssel szilikátba zárhatók, ami kiváló fehérje megtartó és hőálló képességet, valamint többhónapnyi élettartamot ad.

Enzimek megkötése

Néhány esetben a kötött enzimnek nagyobb lehet az aktivitása, mint a szabad formának.

Például egy szilikára (alkiltrimetoxiszilán segítségével) felvitt lipáz kétszer nagyobb aktivitású, mint a szabad formában lévő és ezt az aktivitást jóval tovább (63%-kal) meg is képes tartani. Mechanikailag elég stabilnak bizonyultak fluidizált ágyakban való alkalmazáshoz.

Az enzimek akril kloriddal való kezelése olyan monomereket eredményez, amelyek felületaktív anyagok jelenlétében metil metakriláttal, sztirollal vagy vinil acetáttal kopolimerizálhatók biokatalitikus műanyag termékekké. Ezek megfelelő aktivitást mutatnak szerves közegben, és több hónapos szobahőmérsékleten való tárolás után sem veszítenek aktivitásukból.

Nagy koncentrációknál történő biokatalízis

A biokatalízis egyik korlátja, hogy a legtöbb reakciónak híg oldatban kell lejátszódnia. Az alapanyag lépésenkénti adagolása és a termék folyamatos eltávolítása segíthet.

Néhány esetben működik a nagy koncentráció használata is. Az akrilonitril enzimátikus hidrolízise 390g/l akril savat produkál.

Sok enzim előállítható szilárd fázisú fermentációval olyan anyagokon, mint a nedves kukorica dara, búza dara, kukorica dara, cukorrépa pép, kukoricacsó, kivi héj és ananász hulladék.

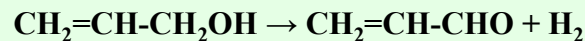
Ezekkel a folyamatokkal 9-22-szer annyi enzim állítható elő, mint amennyit ugyan az az organizmus sejtkultúrában termelne.

Nagy koncentrációknál történő biokatalízis

A szilárd fázisú fermentáció lehetővé teszi a nagyobb volumenű enzintermelést, egyszerű eljárást, kisebb energia befektetést, kevesebb hulladékot és a termék könnyebb visszanyerését. Citromsavat is így állítanak elő.

Egyes esetekben az enzimet csak vízzel extrahálják ki.

A szilárd enzimeket állandó ágyas katalizátorként lehet használni gázfázisú reakciókhoz, mint pl. *Aldehid Dehidrogenáz*



Enzimek alkalmazása szerves oldószerekben

Olyan kiindulási anyagok esetében, amelyek víz érzékenyek vagy nem oldhatóak vízben, az enzimeket használhatók szerves fázisban is.

Mivel a fehérjék nem nagyon oldhatóak szerves oldószerekben, az enzimek aktivitása jelentősen lecsökkenhet a vízhez képest. A probléma kikerülésének több lehetséges módját is vizsgálják.

A keresztkötött enzim kristályok közel azonos katalitikus tulajdonságokkal rendelkezhetnek a szerves fázisban.

Az enzim és polietilén glikol összekapcsolásával egyszerre növelhető a hővel szembeni ellenállás és az oldhatóság szerves oldószerekben.

Felületaktív anyagokat használva az enzimek oldhatóvá tehetőek szerves közegben és ennek következtében aktivitásuk is növelhető.

Extremofilek

Az extremofilek olyan élőlények, legtöbbször *Archaea* baktériumok, melyek extrém meleg vagy hideg, nyomás, só koncentráció, pH érték vagy oxigén hiányos körülmények között is normális növekedést mutatnak. Tengermélyi hőforrásokban, melegvízi forrásokban, az Antarktiszon, sós tavakban, szulfid ásványokban, szennyvíz iszapban találhatóak.

Hőálló enzimek használatával sok reakció felgyorsulhatna. Az alacsony hőfokon működő enzimek megmaradnának a háztartásban.

Egyes hipertermofil enzimeket melyek 95-110 C° között működnek megfelelően, már elválasztottak. Ezek többek között hidrolázok, oxidoreduktázok, dehidrogenázok, DNS polimeráz és glükóz izomeráz.

A *Thermotoga maritima* rekombináns xilanáz enzime 100C°-on több órán át lignint és cukrot tud eltávolítani 3.5-10 közötti pH tartományban. Ez hasznos lehet az enzimátikus fa pépesítési eljárásban.

A *Pyrococcus furiosus*-ból kinyert β -glükozidázzal 95C°-on 15 óra hosszan glükokunjugátokat állítottak elő.

Katalitikus antitestek

A kívánt reakció átmeneti állapotához hasonló modellvegyületre válaszként keletkező állati antitest katalizátorként használható.

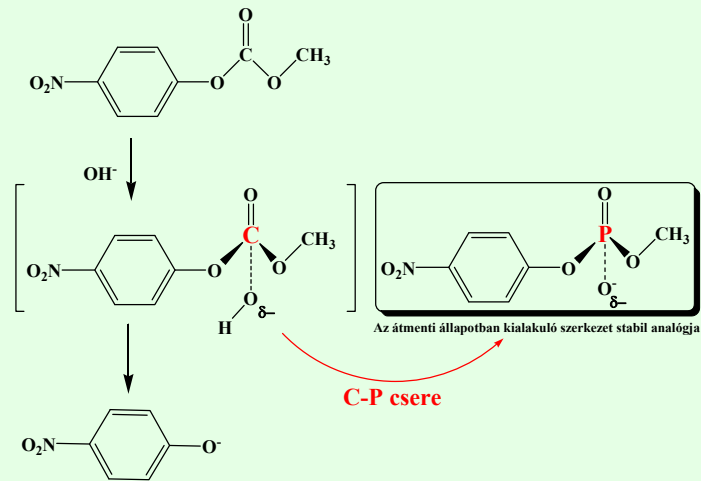
Az észterek hidrolízise, Diels-Alder reakció, oxi-Cope reakció, kationos gyűrűzáródás és aldol reakciók lehetnek antitest által katalizált folyamatok.

Ezek a reakciók ez enzim katalizáltakhoz képest általában lassúak.

Egyetlen esetben, a p-nitrofenil galaktopiranozid hidrolízise tízezerszer gyorsabb, mint a katalizátor nélküli reakció.

A katalitikus hatású antitestek jelentősége az olyan reakciók esetében lehet nagy ahol nincs megfelelő természetes enzim.

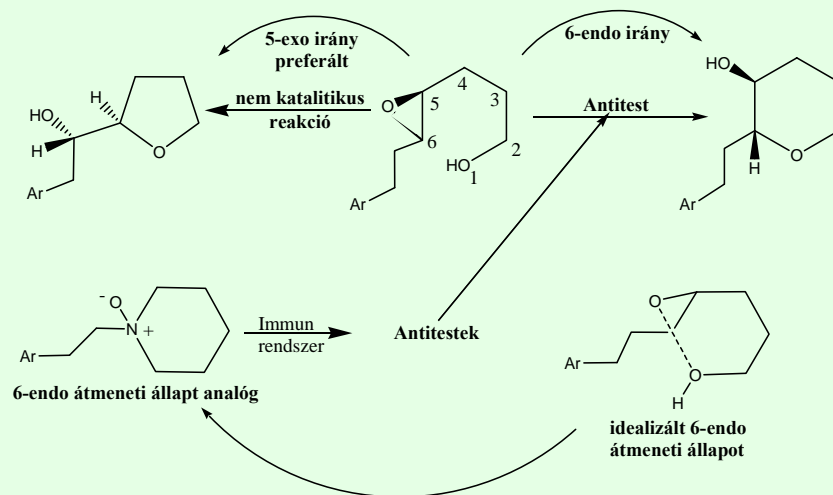
Katalitikus hatású antitestek előállítása



Az állatban a model vegületre kialakuló antitest katalizálja a kémiai reakciót.

Katalitikus hatású antitestek előállítása

Egy nem kedvezett kémiai átalakulás antitest katalízise

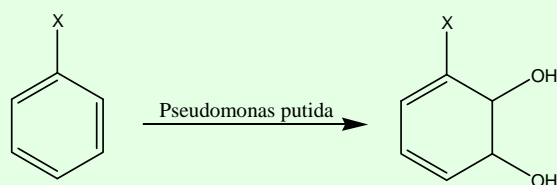


Az antitest katalizátor megváltoztatja a reakció lefutásának irányát.

A biokatalízis alkalmazási köre

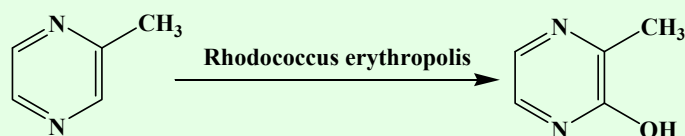
Enzimek és mikrobák használhatók oxidációhoz, redukcióhoz, acilezéshez, észterezéshez, halogénezéshez, hidrolízishez, savak, amidiok és nitrilek előállításához, gyakran nagyobb szelektivitással mint a hagyományos szintetikus eljárások.

Aromás vegyületek átalakíthatóak vicinális diolokká.

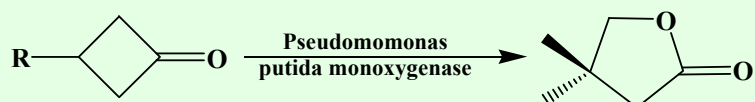


A biokatalízis elterjedési köre

Néhány aromás vegyület hidroxilezhető az aromacitás elvesztése nélkül.



Lehetséges az enzimátikus Baeyer-Villager reakció.

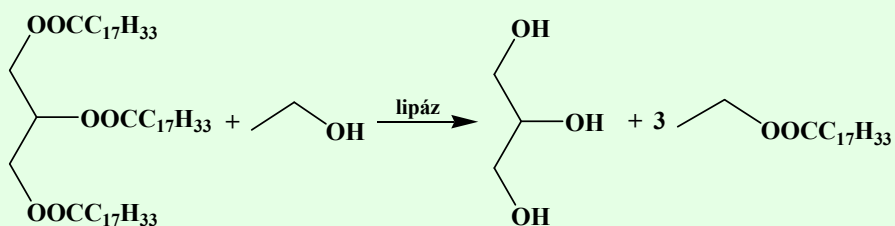


Észterek előállítása és hidrolízise

Az olajokat és zsírokat 150-260°C-os hőmérsékletre melegítve hidrolizálják 3-24 órán keresztül.

A lipázok ugyan ezt sokkal enyhébb körülmények között hajtják végre, így az eljárás kisebb költségű.

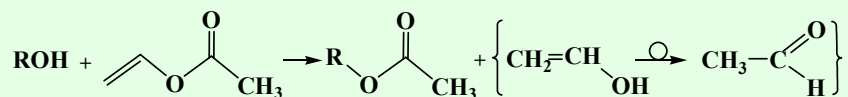
Biodízel üzemanyag repcemag olaj 90%-os konverziójával előállítható lipáz-katalizált alkoholízis útján.



Észterek előállítása és hidrolízise

A kötött lipázzal történő zsírsav észterítés (96-98%-os hozam) esetében 4A molekuláris szűrővel vagy részleges vákumdesztillációval távolítják el a keletkező vizet. Ilyen reakciók membrán reaktorban is végezhetőek. Egy *Pseudomonas putida* észterázát dimetil adipát félészterének >99%-os hidrolíziséhez használták. Ezt a reakciót nehéz lett volna kémiai úton ezzel a szelektivitással végrehajtani.

Mivel az észteresítés egy reverzibilis folyamat, a szerves oldószerben történő enzimátikus észteresítéshez vinil észtereket használnak az ellenkező irányú reakciót megelőzésére (mivel a vinil alkohol átalakul acetaldehiddé).



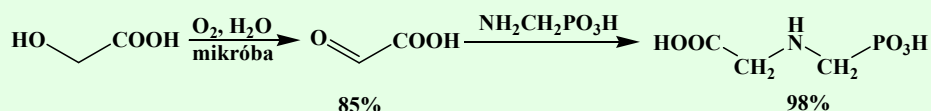
Acil karbonát és 2,2,2-trifluoetil észter is használható a vinil észter helyett.

Savak előállítása

Az ecetsav jelentős mennyisége, a citromsav, a tejsav és a maleinsav fermentációval előállítható.

Génkezelt *Escherichia coli*-t használva a kukorica cukortartalmának borostyánkőssavvá való átalakítása 20-50%-kal olcsóbb mint más eljárásokkal.

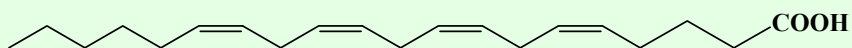
A glikolsav oxidálható glikoxisavvá 85%-os kitermeléssel. A mikroba katalizátor 30-szor használható újra.



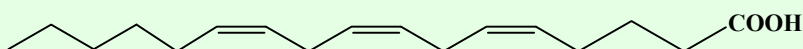
Savak előállítása

A jó egészséghez fontos hosszú szénláncú zsírsavak is előállíthatók mikrobákkal.

Arachidinsav a *Mortierella alpina* nevű gomba glükózon és burgonyán történő növesztésével előállítható.



Γ -linolsavat előállíthatunk *Cunninghamella echinulate* keményítőn való növesztésével kálium nitrát vagy karbamid hozzáadásával.



Amidok és nitrilek előállítása

A trigliceridek átalakíthatók a megfelelő amidokká ammóniás terc-butil alkohol hozzáadásával *Candida antarctica* felhasználásával.

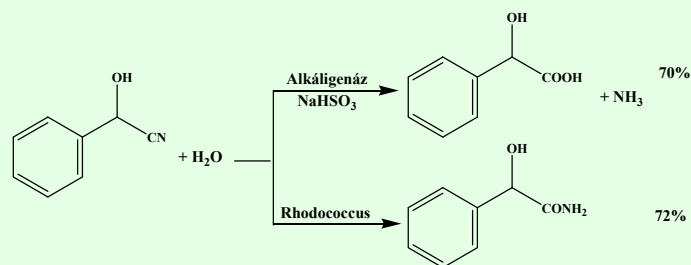
Oliva olaj 60°C-on 72 óra alatt 90%-ban **oleamid**dá alakul.

Amidok szintén előállíthatóak nitrilek enzimatisz hidrolízisével.

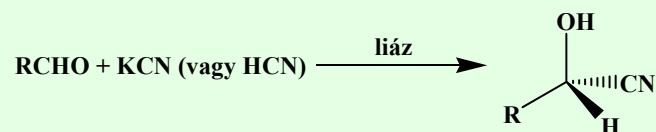
A japán Nitto Chemical Industry a *Rhodococcus rhodocrous*-t használja akrilonitrilből akrilamid előállításához.

Amidok és nitrilek előállítása

A nitril hidrolíziséhez felhasznált mikroorganizmustól függően lesz a termék amid vagy karbonsav.



Hidroxinitril enzimek felhasználásával 80-100%-os hozammal cianohidrinek állíthatók elő.

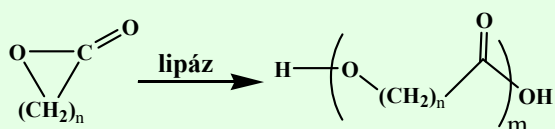


Enzimatiskus polimerizáció

Az enzimatiskus polimerizációval és oligomerizációval előállíthatók poliészterek és polipeptidek fenolból és polimerek anilinból, stb.

Ez a módszer kevesebb mellékreakciót, magasabb régió- és sztereo-szelektivitást nyújt enyhébb körülmények között.

Gyűrűs laktonok, mint a kaprolakton, nagy tömegben polimerizálhatók lipázokkal.



Enzimatiskus polimerizáció

A közepes (legfeljebb 12,900) molekula tömegű polimerek diolokból (pl: 1,6-hexándiol) borkósav, adipinsav, fumársav és maleinsav dimetil észterével lipázok felhasználásával előállíthatók. A keletkező metanol, molekuláris szűrővel, nitrogén átbuborékolatással eltávolítható.

Szacharóz és vinil acetát reakciójában szacharóz-1'-akrilátot lehet előállítani. Ez keresztkötött diakriláttal kopolimerizálható vízben egy olyan polimerré, amely saját tömegének ezerszeresét képes fölvenni vízből, anélkül hogy a sók hatással lennének rá.

Enzimatiskus polimerizáció

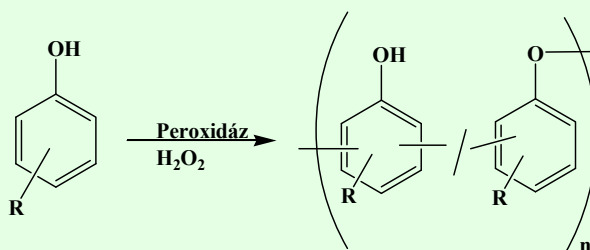
Poli(hidroxi-alkanoátok)-at baktériumokkal termelik raktározási célokra.

A volt Monsanto cég évente ezer tonna 3-hidroxi-butirát és 3-hidroxi-valerát véletlenszerű kopolimerét állította elő *Alcaligenes eutrophus* glükóz és propionsav keverékén való tartásával. Noha a termék egy jó tulajdonságokkal rendelkező műanyag, jelenleg többszörösen drágább mint a konkurens poliolefinok.

A poli(hidroxi-alkanoátok)-at szintén génmanipulált növények termelik, ez a módszer olcsóbb termékkel kecsegtet, lévén be lehet takarítani mint a szójababot.

Enzimatiskus polimerizáció

A fenolokat polimerekké lehet alakítani peroxidázok segítségével hidrogén peroxid jelenlétében (90-95%-os hozam). A cél fenol gyanták előállítása formaldehid (rákkeltő) használata nélkül.



Az enzim katalizált polimerizáció legnagyobb értéke abban rejlik, hogy megújuló alapanyagokból enyhe körülmények között mérgező katalizátorok és reagensek nélkül tudunk előállítani megfelelő fizikai tulajdonságokkal rendelkező biológiailag lebontható polimereket.

Aromás molekulák előállítása

Biológiai rendszerek elő tudnak állítani aromás molekulákat (fenilalanin, triptofán) megújuló alapanyagokból mérgező melléktermékek nélkül.

Kukoricából kinyert glükózból katechin, hidrokinon, adipinsav és galleinsav (3,4,5-trihidroxibenzoésav) állítható elő.

Különféle felhasználások

A pamut és fa termékeknél vegyszerek helyett cellulázokat és proteázokat használnak kiálló részek eltávolítására.

A szén bio-kénmentesítéséhez *Rhodococcus rhodocrous* vagy *Agrobacterium* törzseket használnak, és nincs szén-atom veszteség. A *Thiobacillus denitrificans* képes az olajból kivonni a ként.

A bioszűrés alkalmazható módszer az illékony szerves molekulák eltávolításához, szintén képes a szagok eltávolítására kibocsátott gázokból. Általában ez a legolcsóbb megoldás erre.

Génmanipuláció

A génmanipuláció nélkülözhetetlen szerepet játszik a jobb biokatalizátorok fejlesztésében.

A szubtilizin enzim stabilitását ezerszeresére lehetett növelni, azzal, hogy a kalcium iont kötő részt törölték. Ezután direkt mutagenézist és szelekciót alkalmaztak.

Anyagcsere utak gátlásával lehetővé lehet tenni a kívánt termék felhalmozódását (pl: L-glutaminsav, citromsav).

A laurén savat általában kókuszdióból nyerik ki. A kaliforniai öböl egyik fájának (*Umbellularia californica*) tioészteráz génjét repcemagba ültetve az génmanipulált növényből közel 40%-os laurát nyerhető ki.

Génmanipuláció

A *Bacillus thuringiensis* természetes rovarölő fehérjéért felelős génnel rovaroknak ellenálló kukorica és pamut állítható elő.

A növények biológyszerek előállításához is használhatók reaktorokként. Ha rekombinációs antitesteket sikerül termelni a növények magjaiban, akkor nagyléptékű termelést lehet elérni alacsony áron.

Ez szintén megszüntetheti azt a problémát, hogy bizonyos oltóanyagokat hűtőszekrényben kell tárolni (kevesebb energia igény).

Biosokféleség

Az őslakos növények és állatok új ételek és gyógyszerek forrásai, ugyan úgy, mint új ötleteket adhat a kémikusnak, ami nélkülük nem alakulhatott volna ki.

Nagyjából az 50 legfontosabb receptre kapható gyógyszer 80%-a természetes eredetű természetes anyagok származéka vagy természetes alapanyagokból készül.

Számos növényt mentett meg annak a lehetősége, hogy visszatérünk az őserdőbe új genetikai anyagokért.

A klasszikus példa a 19. századi ír burgonya éhínség, amikor az üszög megtámadta a burgonya termést. Egy millió ember meghalt, másik egy millió kivándorolt a 6 milliós lakosságból.

Biosokféleség

Sok növényben és állatban kialakultak azok a kémiai védekező mechanizmusok, amik megvédik őket attól, hogy megtámadják vagy a legrosszabb esetben, hogy megegyék, vagy hogy más növények kiszorítsák.

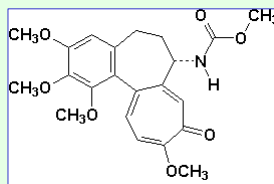
Az új gyógyszerek keresésének egyik módja az, hogy megvizsgáljuk azokat az élőlényeket a mezőn, erdőben, tengeren amelyek feltűnőek és úgy tűnik hogy könnyen fogyaszthatóak.

Másik módszer ha utánanéznünk mit használnak a törzsi gyógyászatban.

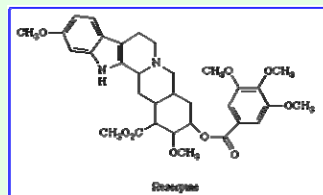
Annak az esélye, hogy egy növényből gyógyszert állítsunk elő kb. 1 a 125-höz, míg ez 1 a 10.000-hez szintetikus vegyületeknél.

A biosokféleség értéke

A kolchinin felfedezését megelőzően a héttagú szén gyűrűket ritkának gondolták.

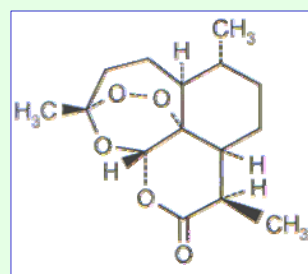


A rezerfin (indián borban lévő *Rauwolfia serpentina*) felfedezése előtt nem gondolták volna, hogy a szellemi betegségeket kémiai úton kezelni lehet.

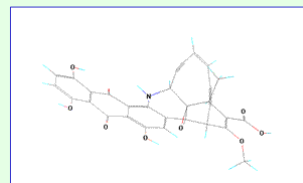


A biosokféleség értéke

Az arthemisinin (*Artemisia annua*, kínai gyógynövény) hatásos a maláriával szemben.

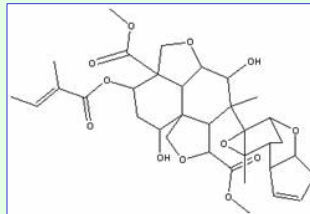


Az enediyne (enediynes, calicheamicin, dynemicin, stb), amikről nem gondolták volna hogy gyógyszerek lehetnek, kiderült hogy hatásosak a rák ellen.

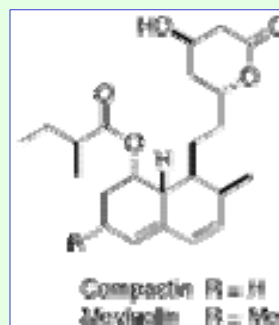


A biosokféleség értéke

Az azadirachtin (*Azadirachta indica*) erős rovaríró hatású, amitől azt várják, hogy számos ártalmas vegyszert helyettesíthet.

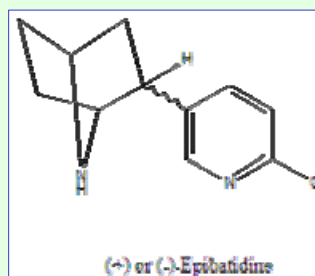


A kompaktin hatásosan csökkenti a vér koleszterin tartalmát.

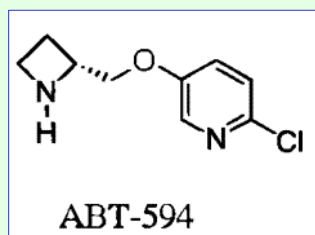


A biosokféleség értéke

Az epibatidin hatásos fájdalomcsillapító, az ekvádori mérgező békából (*Epipedobates tricolor*) nyerik ki.

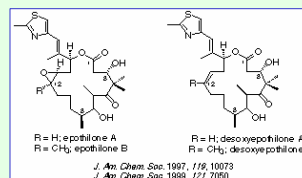


Egy kevésbé mérgező analóg már a piacon van, melynek hatása a morfiúméhoz mérhető, ám nem okoz függőséget.



A biosokféleség értéke

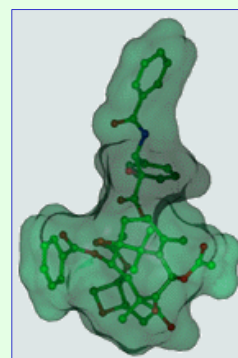
Az epotilon A és B olyan rák elleni hatóanyagot ígér amelyek mikrotubulusokhoz kötődnek ugyan úgy mint a pacilitaxel (Taxol[®])



A Taxol[®]-t eredetileg egy amerikai tiszafa (*Taxus brevifolia*) kérgéből izolálták.

A hatékony elválasztás lehetővé tette a hatóanyag meghatározását.

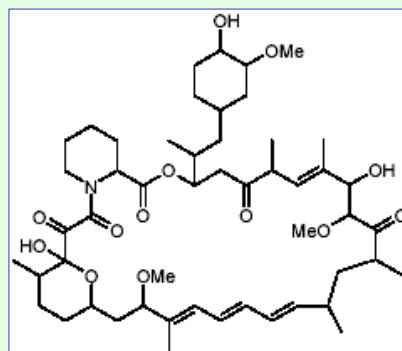
Szerencsére, ma már más, elterjedtebb tiszafafélékből vagy sejt tenyészetekből is elő lehet állítani.



A biosokféleség értéke

Bizonyos, a gyógyszerekhez szükséges élőlények elterjedése meglehetősen korlátozott.

A *Streptomyces hydroscopicus* (melyből rapamicint állítanak elő) csak a Húsvét szigeteken honos.



A biosokféleség megőrzése

Az ember földhasználata sok változást hozott, aminek következtében megnőtt a fajkihalások száma.

Az édesvízi halak egy ötöde kihalt, fenyegetett vagy veszélyeztetett.

A folyók átalakulása, iszaposodása, a hulladék és a betelepült fajok miatt a kagylók 67%-a, a rákok 64%-a, a halak 36%-a és a kételtűek 35%-a halt ki vagy fenyegeti a kihalás veszélye az Egyesült Államokban.

A biosokféleség megőrzése

A világon, az emlősök egy negyedét fenyegeti kihalás; a majmok és emberszabásúak 46%-át, a hárpiák és vakondok 36%-át, a disznófélék, antilopok, szarvasmarhák 33%-át, a madarak 11%-át, a kételtűek 25%-át és a halak 3%-át.

A más kontinensekről áttelepülő gyors szaporodású állatok és növények az egyik okai a biosokfélség csökkenésének főleg a sziget-társulások esetében, mint Hawaii.

Mindenkinek észre kell vennie, hogy a természet sokfélsége kincset ér.

Növényi sejtek és sejt kultúrák

Minden olyan állatot és növényt amelyeket értékes gyógyszerek előállításához fel lehet használni, külön farmokon kell tenyészteni, termesztani vagy sejt kultúrákban, hogy megbízható forrást adjanak a termeléshez, és hogy nem kelljen a vadont károsítani.

Olyan esetekben amikor a növekedési feltételeket nehéz biztosítani, egyszerűbb a teljes géneket átvinni más olyan élőlényekbe ahol ezek a feltételek megoldhatók.

Növényi sejtek és sejt kultúrák

Vízi tenyészetekben nem csak halat vagy rákot lehet termelni de egyéb tengeri állatokat is.

Lehetséges helytűlő élőlények tenyésztése is, mondjuk úsztatott fán egy öbölben, ezt a módszert Japánban osztrigákkal próbálták ki.

A növényi sejtek és sejttenyészetek egy jól megtervezett technikát képviselnek ami hasznos lehet a gyógyszerek, színezőanyagok, íz és illatanyagok, rovarölő szerek előállításához.

Növényi sejtek és sejt kultúrák

Egy példa a ginseng, a Távol Kelet egyik kedvenc gyógyszere.

Japánban, egyetlen hatalmas sejt kultúra egy tonnányi új sejtet hoz létre, ugyan annyit mint 600 hektárnyi farm!



Növényi sejtek és sejt kultúrák

A növényi sejtek és sejttenyészetek jelentős sikereket értek el szikonin, berberine és rosmaringsav előállításában.

Shikonin(Alkannin)

