

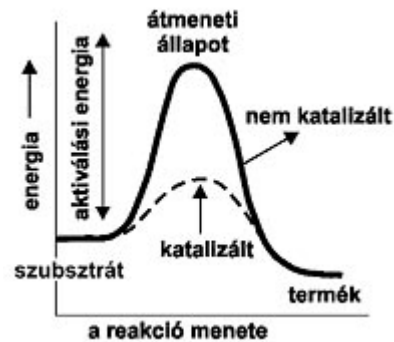
Enzimkinetika

A szervezetben működő biokatalizátorokat nevezik enzimeknek (ami görögül „élesztőből származó”-t jelent. A régebben szinonimaként használt fermentum szó ugyanazt jelenti latinul.

Csaknem minden a sejtben végbemenő reakciót enzimek katalizálnak. Az enzimek zöme fehérje, de egyes (ribo)nukleinsavak is rendelkeznek enzimaktivitással. Ez utóbbiakat **ribozimeknek** (ribonukleinsav-enzimeknek) nevezzük. Ribozimek mesterségesen, kísérleti úton is előállíthatók, de a természetben is előfordulnak, s olyan alapvetően fontos reakciókat katalizálnak, mint pl. az RNS-ek vágása ("splicing"), valamint újabb eredmények szerint a fehérjeszintézis során a peptidkötés létrejöttét.

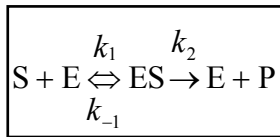
A termodinamika törvényei természetesen az enzimek által katalizált reakciókra is érvényesek:

- az enzimek termodinamikailag *előnyös* reakciók végbemenetelét segítik elő az által, hogy az **aktiválási energiát csökkentik**.
- Az enzimek által katalizált reakciók egyensúlyi állandója *azonos* a nem-katalizált reakció egyensúlyi állandójával, azaz az enzimek nem változtatják meg az egyensúly helyzetét, csak meggyorsítják annak beálltát. A biológiai rendszerekben azért van szükség enzimekre, mert az élethez szükséges reakciók egyébként nem következnenek be elég gyorsan.
- A szerves katalizátorokkal ellentétben az enzimek enyhe körülmények között, tehát vizes közegben, pH 7 körül, általában 20-40 °C-on lehetővé teszik a reakciók végbemenetelét.
- Rendkívül hatékonyak: 10^6 - 10^{16} -szorosra fokozzák a reakciók sebességét!



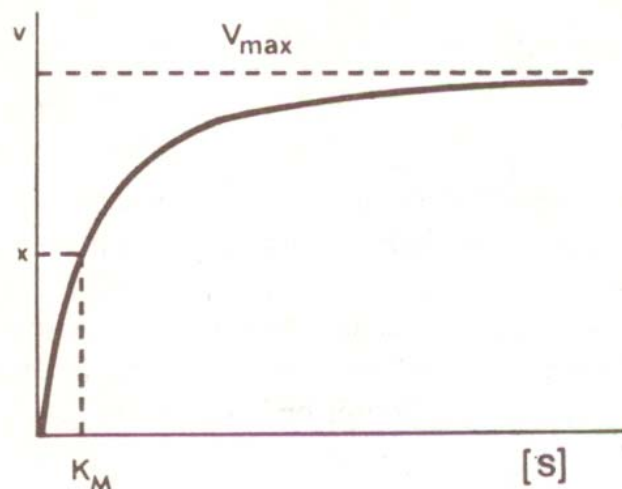
Az enzimek működését aktivitásnak nevezzük. Az aktivitás pontos és törvényes (SI) egysége a **kat**, azaz katalitikus aktivitás, ami egy másodperc alatt végbemenő 1 mol-nyi szubsztrát átalakítását jelenti ($\text{kat} [\text{mol}^{-\text{s}}]$). A klinikai kémiai gyakorlatban a nem hivatalos (nem SI), de nemzetközileg elfogadott nemzetközi egység **U** (unit) a használatos aktivitást jelző. Az **U** meghatározása nemzetközileg standardizált és egy literre vonatkoztatott (**U/L**) egység minden enzim esetében.

Michaelis-Menten kinetika



A **katalitikus hatékonyság** mellett az enzimek fontos jellemzője a **specifitás**. Minden enzim csak egy bizonyos típusú reakció végbemenetelét és csak bizonyos vegyületek átalakulását serkenti. Azokat a vegyületeket, amelyek a katalizált reakció során megváltoznak **szubsztrátoknak (S)** nevezzük, a keletkező vegyületek a **termékek (produktumok, P)**. Az enzim specifitása lehet abszolút vagy részleges. Míg az első esetben az enzim egyetlen szubsztráttal reagál, a részleges specifitást mutató enzimek több, szerkezetileg hasonló vegyület átalakulását katalizálják

Az enzimek "jóságát" az **enzimkinetika** segítségével tudjuk jellemezni. Mint minden kinetika, az enzimkinetika is a reakció időbeli lefolyását írja le. Annyiban különbözik a kémiai kinetikától, hogy csak bizonyos reakció-feltételek mellett érvényes és olyan állandókat vezet be, amelyek az enzimreakciók jellemzésére különösen alkalmasak. Az első általánosan elfogadott leírás Michelis és Menten nevéhez fűződik, ezért beszélünk **Michaelis-Menten kinetikáról** ill. ennek feltételeiről. A legegyszerűbb enzimreakciónál az enzimnek csak egy katalitikus helye van, s az enzim egyetlen szubsztrát termékké való átalakulását katalizálja. Ha a reakció során az **enzimkoncentráció állandó**, akkor az **enzimreakció sebessége a szubsztrát koncentrációjától függ**: $V = f[S]$. Ha az enzimreakció sebességét a szubsztrát-koncentráció függvényében meghatározzuk és az eredményeket a koordináta-rendszerben ábrázoljuk, akkor egy hiperbolát kapunk. Azaz kezdetben a reakció sebessége a szubsztrát-koncentrációval arányosan nő, majd ez a növekedés lelassul, és nagyon magas (végtelen) szubsztrát-koncentrációnál aszimptotikusan tart egy maximum értékhez, amit V_{\max} -nak nevezünk. A szubsztrát koncentrációját koncentráció-egységekben, tehát [M]-ban (μM , mM) mérjük, a V reakciósebességet [mMól keletkezett termék/min/mól enzim]-ben adhatjuk meg, vagy ha nem ismerjük az enzim molekulatömegét, akkor mg enzimre vagy fehérjére vonatkoztatjuk.



9.4. ábra. A reakciósebesség (v) változása a [S] szubsztrát-koncentráció függvényében

Mit jelent a görbének az ilyen fajta lefutása szavakban megfogalmazva? Ha a szubsztrát koncentrációja nagyon magas, akkor minden enzim-molekula enzim-szubsztrát komplex formájában lesz jelen, hiszen amint a termék ledisszociál az enzimről, a szubsztrát azonnal hozzákötődik. Ebben az esetben a reakció eléri a lehetséges **maximális sebességet, a V_{\max} -ot**. A maximális sebesség egy adott enzimkoncentrációnál az átalakulás sebességi állandójától, a **k_{cat} katalitikus állandótól függ**. A k_{cat} -ot átalakítási számnak is nevezik, mert megmondja, hogy időegység alatt egy enzim-molekula hány molekula szubsztrátot alakít át terméké.

Általában ilyen végtelenül magas szubsztrát-koncentrációt nem érünk el. A Michaelis-Menten kinetika olyan körülmények között érvényes, amikor a szubsztrát az enzimhez képest feleslegben van jelen (sokkal több a szubsztrát mint az enzim), de nem végtelen feleslegben. Természetesen ha sokáig várunk, akkor az enzim a szubsztrát nagy részét átalakítaná, tehát a S-koncentráció alacsonnyá válhatna. De nem ezt tesszük, hanem a reakció ún. **kezdeti sebességét V -t** (szokták V_0 -nak vagy V_i -nek is nevezni, utalva ezzel a kezdeti, „iniciális” voltára) mérjük abban az időintervallumban, amikor a reakció kezdetén a S-koncentráció még csak olyan kevéssel csökkent, hogy a csökkenés a S teljes koncentrációjához képest elhanyagolhatóan kicsi. Ilyen körülmények között a reakcióelegybe bémért szubsztrát teljes koncentrációját azonosnak tekinthetjük a szabad szubsztrát koncentrációjával.

Még egy fontos feltételnek kell az enzimkinetikai mérések során teljesülnie: A reakció sebességét a dinamikus egyensúly (**steady-state**) állapotában kell mérnünk. Ebben az állapotban időegység alatt ugyanannyi enzim-szubsztrát komplex keletkezik, mint amennyi lebomlik, más szóval: az ES-komplex koncentrációja időben állandó. Ez akkor van így, ha a teljes enzimreakció sebesség meghatározó lépése az ES-komplex szabad enzimmé és terméké váló átalakulása és a szubsztrát az enzimhez képest nagy feleslegben van. Ekkor érvényes: $V = k_{\text{cat}} [\text{ES}]$. Mivel az enzim-szubsztrát komplex koncentráció nehezen lenne mérhető, az egyenletet a kiadott anyagban bemutatott módon matematikailag átalakítjuk, hogy jól meghatározható állandókat ill. független változót tartalmazzon. A fent felsorolt feltételek mellett az átalakítás korrekt és jogos. Az átalakítás után látjuk, hogy az enzimreakció sebessége V két állandótól, a V_{\max} -tól és a K_M -tól, valamint a szubsztrát teljes koncentrációjától $[S]$ -től függ az alábbi módon:

$$V = V_{\max} \cdot \frac{[S]}{[S] + K_M}$$

A V_{\max} jelentését már megbeszéltük. A **K_M az ún. Michaelis-Menten állandó**, ami formálisan annak a szubsztrát-koncentrációnak felel meg, amelynél a reakció sebessége a V_{\max} felével egyenlő. A K_M -et az egyenlet levezetésekor a kinetikai állandókkal definiáltuk:

$$K_M = \frac{k_2 + k_{\text{cat}}}{k_1}$$

Ha a reakcióban a katalitikus állandó k_{cat} sokkal kisebb, mint az ES-komplex visszaalakulásának a sebességi állandója k_2 , akkor $K_M = k_2 / k_1 = K_D$. Szóban: ebben az esetben a Michaelis-Menten állandó közel egyenlő lesz az ES-komplex disszociációs állandójával. Minél kisebb a disszociációs állandó annál kisebb a K_M és annál nagyobb az enzimreakció sebessége. **„JÓ” enzim: alacsony K_M** (persze nem ez az egyetlen kritérium!). Ha a szubsztrát-koncentráció sokkal nagyobb a K_M értékénél, akkor $V \cong k_{\text{cat}}$. Ez általában nem így van, inkább a K_M szokott nagyobb lenni. Az enzim „jóságát” ekkor a k_{cat} / K_M -érték jellemzi, aminek a határértéke a k_1 , az ES-komplex keletkezésének sebességi állandója. Ezzel

az értékkel akkor lesz egyenlő a k_{cat} / K_M , ha az ES-komplex szabad enzimmé és szabad szubsztráttá való visszaalakulásának sebessége nagyon alacsony, tehát $k_2 \ll k_1$, úgyhogy k_2 elhanyagolható. Mivel a k_1 nem lehet nagyobb, mint a diffúzió sebessége, a k_{cat} / K_M sem haladhatja meg ezt az értéket, tehát

$$k_{\text{cat}} / K_M \leq 10^8 - 10^9 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Enzimek általános jellemzői:

Az enzimfehérje molekula általában nagy, amihez általában kisebb szubsztrát kapcsolódik. A kapcsolódási hely az enzim aktív centruma. Itt a peptidláncok hajlatai miatt mintegy zseb van az enzimen, amelybe beleillik a szubsztrát.

Fajlagosak

Minden enzimre jellemző a fajlagosság (specifikusság). Ez azt jelenti, hogy vagy csak egyféle anyag átalakulását képes katalizálni, vagy hasonló szerkezetű anyagoknak ugyanazt a reakcióját mozdítja elő. Az előbbire a katalázt és a főleg a májsejtekben előforduló glükokinázt hozzuk fel példaként (a kataláz csak a hidrogén-peroxid bomlását idézi elő, míg a glükokináz csak a glükóznak - szőlőcukornak - glükóz-6-foszfáttá való átalakulását katalizálja, amelynek során foszfát-csoport kapcsolódik a glükóz hatodik szénatomjához). A szőlőcukor hatodik szénatomjának foszforilálására a hexokináz enzim is képes, ez azonban nem specifikus a glükózra, hiszen két másik hat szénatomos cukornak, a fruktóznak (gyümölcs-cukornak) és a mannóznak ugyanazt a reakcióját is előmozdítja.

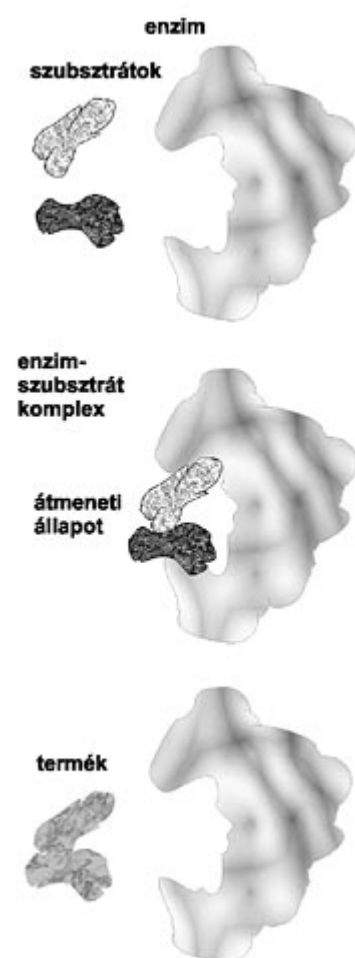
A fajlagossággal magyarázható, hogy a sejt több ezer kémiai reakcióját több ezer enzim katalizálja. Ezek a reakciók nem véletlenszerűen mennek végbe, ugyanis ez káoszra vezetne, hanem szabályozottan, egymáshoz igazodva. A szabályozásnak az is része, hogy az enzimek katalitikus aktivitása az igényeknek megfelelően hol megindul, hol leáll, hol fokozódik, hol gyengül.

Aktív centrum

A kémiai reakciók - az enzimesek is - azzal kezdődnek, hogy a szubsztrát nagyobb energiájú, úgynevezett aktivált vagy átmeneti állapotba kerül (lásd az 1. ábrát). Ez ahhoz szükséges, hogy a megfelelő kémiai kötések elhasadjanak. Az aktiválási energia a környezetből is származhat (például hő formájában), az élő szervezetben azonban az enzimek általi csökkentése teszi lehetővé azt, hogy a kötések könnyen elhasadjanak, s a kívánt reakciók bekövetkezzenek. Ennek az a feltétele, hogy az enzim és a szubsztrát visszafordíthatóan (reverzibilisen) kapcsolódjon egymással. Erre a célra az enzim aktív helye szolgál, amelyet az aminosavláncának hajtogatódása (harmadlagos szerkezete) révén egymás közelébe kerülő néhány aminosav oldallánca hoz létre.

Az aktív centrum funkcionálisan különböző részekből alakul ki. A kötőhely kapcsolja magához mindazokat az anyagokat (szubsztrátokat, koenzimeket), amelyek a kémiai átalakításban részt vesznek, míg a katalitikus hely teszi lehetővé az enzimhez kapcsolt anyagok átalakulását. A kétfajta hely (és a koenzim) szabja meg rendszerint, hogy milyen

3. ábra. Enzimes molekulaegyesítés



típusú (hidrolízis, oxidoredukció, transzfer stb.) reakciót katalizál az enzim, míg a kötőhely határozza meg az enzimreakció kisebb nagyobb mértékű specificitását, vagyis azt, hogy az enzim egy vagy néhány hasonló felépítésű szubsztráttal reagál-e. Jóllehet a specificitás mértéke az enzimekre nem egyformán jellemző, van néhány olyan tulajdonság amely általános érvényű:

1. **az aktív centrum az enzimmolekula kis részét foglalja el.** Az enzimeket felépítő száz-néhány száz (olykor több ezer) aminosavrész többsége nem létesít kapcsolatot a szubsztráttal.

Enzimek méretének fontossága:

- Funkcionális csoportok megfelelő térbeli orientációjának biztosítása
- Szubsztrát hatékony begyűjtése- gyorsabb diffúzió
- Kötődés más struktúrákhoz
- Szabályozhatóság
- Szupramolekuáris

enzimkomplexumok

2. aktív centrumot alkotó fehérje oldalláncok **állandó mozgásban vannak**, nem merev képződmény.
3. a szubsztrátok megkötésének specificitása az aktív helyet felépítő atomcsoportok pontosan meghatározott térbeli elrendeződésének következménye
4. az esetek túlnyomó részében a szubsztrát az enzimhez nem nagy energiájú kötésekkel kapcsolódik.
5. az aktív centrum nem a fehérjemolekula felszínén, hanem **a felszín által kialakított mélyedésben, árokban („zsebben”) helyezkedik el.** A szubsztrátmolekulák tehát a közegtől (víztől) részlegesen elzárt környezetben kapcsolódnak a fehérjékhez. Az aktív centrum apoláros környezete elősegíti a szubsztrát kötődését, csökkenti a reakcióban részt vevő molekulák hidratációját. Ez által növeli a reakció bekövetkezésének lehetőségét, és hozzájárul ahhoz is, hogy a katalitikus működéshez szükséges poláros oldalláncok speciálisan szerzett sajátosságai kifejezettebben érvényesüljenek.

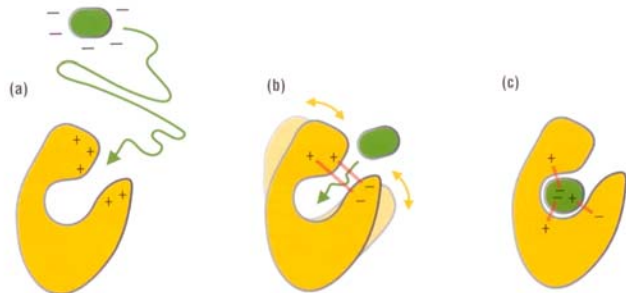


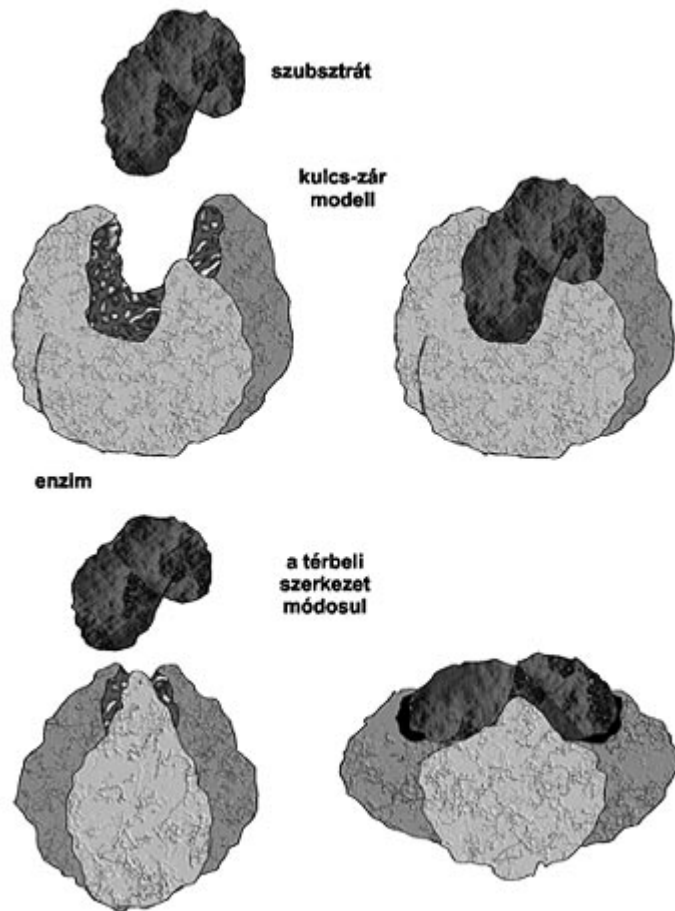
Figure 2-23 Schematic diagram showing some of the ways in which electrostatic interactions can influence the binding of a ligand to a protein. (a) Electrostatic forces and torques can steer the ligand (green) into its binding site on the protein (shown in yellow). (b) Some binding sites are normally shielded from the solvent and can be kept "closed" by salt links between groups on the protein surface. If the correct substrate disrupts these salt links it can gain access to the binding site. This is known as "gated" binding. Alternatively, the dynamics of the protein may open and close such a site transiently (as indicated by the yellow arrows). (c) Electrostatic interactions, particularly salt links and hydrogen bonds, between ligand and protein can contribute to the affinity and specificity of binding and to the orientation of the ligand in the binding site and the structure of the complex formed. All three of these ways of exploiting electrostatic interactions can be used by a single enzyme. Adapted from Wade, R.C. et al.: *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 1998, **95**:5942-5949.

Nagyfokú specificitás különböző módokon érhető el:

- **A zár-kulcs modell** szerint az enzim egy merev kötőhelyet képez (zár), amibe csak az annak pontosan megfelelő szubsztrát (kulcs) tud bekötődni. Léteznek olyan enzimek, amelyek specificitása e modell alapján magyarázható.

- Napjainkra úgy tűnik, hogy általában inkább a másik modell, az **indukált illeszkedés modellje** az érvényes. Ez is az enzim és a szubsztrát közötti szerkezeti megfelelésből indul ki, de itt a megfelelés nem perfekt, hanem csak arra elég, hogy a két komponens egymással kölcsönhatásba lépjen. Az elsődleges kölcsönhatás után az enzimben és/vagy a szubsztrátban konformáció változást indukál. Erre jó példa a hexokináz amely, a glükózt alakítja át ATP felhasználásával glükóz-6-foszfáttá. A szabad enzim nyitott konformációban van, és két domén között egy mély szubsztrátkötő zsebet tartalmaz, amelynek fenekén az ATP megkötődik. A glükóz megkötése egy nagyfokú konformáció változást indukál. Ennek során a két domén összezáródik, s a glükóz az ATP közvetlen közelébe pozicionálódik.

4. ábra. Az enzim és a szubsztrát kapcsolódási módjai



Koenzimek

Sok enzimnek a katalitikus működéséhez egy kis társatomra vagy -molekulára, úgynevezett proszтетikus csoportra vagy koenzimre van szükség, amely elektron vagy kémiai csoport szállításában vesz részt. A proszтетikus csoport gyakran valamilyen fémion (vas, cink), míg a koenzimek szerves molekulák (fehérjék, vitaminszármazékok). Például a B-csoportbeli vitaminok közé tartozó folsav származéka, a tetrahidrofolsav metilcsoportot szállít számos enzim reakcióban, míg az ugyanezt a vitamin-csoportot képviselő nikotinsav származéka, a nikotinamid-adenin-dinukleotid (NAD) hidrogéniont és két elektront vesz fel a szubsztráttól (eközben NADH-vá válik), s miután továbbadta őket egy másik szubsztrátnak, visszaáll az eredeti szerkezetére. Rájuk kívül a B₁-, a B₂- és a B₆-vitamin, valamint a biotin és a pantoténsav származéka is koenzimként működik közre enzim reakciókban.

Proteázok

Proteázok fajtái:

- Szerin
- Cisztein
- Aszpartát
- Metallo proteáz - Fém ion van a központjában.

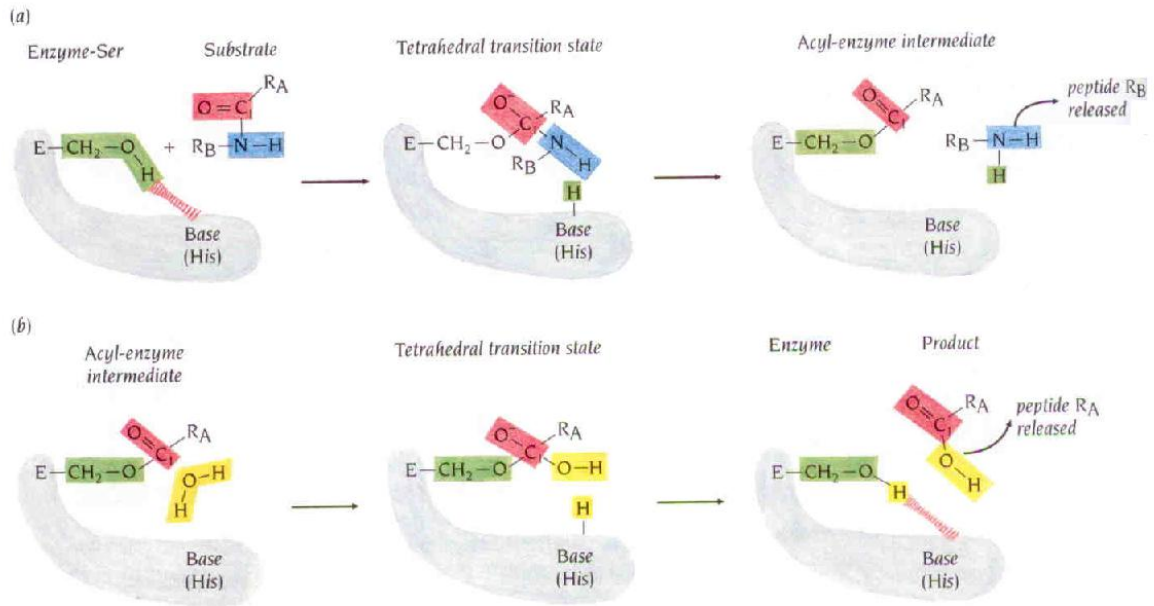
A fehérjebontó, idegen szóval proteolitikus enzimeket általában röviden proteázoknak szoktuk nevezni. A proteázok tkp. hidrolázok, tehát a kötések hasítását víz felhasználása mellett végzik, azaz hidrolizálják a peptidkötést. Sok proteáz az észterkötések hidrolízisét is katalizálja, más szóval észteráz (észterbontó) aktivitással is rendelkezik.

Szerin proteázok enzimei:

- Tripszin
- Kemotripszin
- Elasztáz
- Szubtilicin

Bár minden proteáz ugyanazt a kötést, a peptidkötést hasítja, a proteázok mind specifitásukban, mind aktív centrumukban különbségeket mutatnak. Egyes proteázok, így pl. a mosóporokban általánosan használt *szubtilizin*, nem mutatnak különösebb specifitást, tehát a fehérje különböző részein, tetszőleges aminosavak szomszédságában hasítanak. A szubtilizin egyébként azért különleges, mert nagyon stabil, így hosszan tárolható és magas hőmérsékleten és erősen lúgos pH-n is csak viszonylag lassan denaturálódik. Egy másik proteáz, az emberi emésztésben fontos szerepet játszó *tripszin* mindig egy lizin vagy arginin után hasítja el a fehérje láncot. A véralvadásban fontos *trombin* szintén arginin után hasít, de csak akkor, ha a következő aminosav glicin.

Mindhárom említett proteáz és még további enzimek is az ún. szerin-proteázok családjába tartoznak. Jellegzetességük, hogy a szubsztrát kovalens intermediert képez az aktív centrumban elhelyezkedő szerinnel és hogy egy "katalitikus triádot" tartalmaznak, azaz a katalízisben három aminosav, egy szerin, egy hisztidin és egy aszparaginsav játszik döntő szerepet.



1. ábra: szerin-proteázok hatásmechanizmusa

a; acil-enzim intermedier kialakulásának mechanizmusa.

Első átmeneti állapotnál a szubsztrát hozzáragad az enzimhez, majd így létrejön a tetraédres átmeneti állapot. Eközben a peptid kötés hasítódik, az egyik peptid termék kötődik az enzim intermedierhez, a másik gyorsan eldiffundál.

b; acil-enzim intermedier hidrolizációja. A víz hatására kiszabadul a peptid termék valamint visszaalakul az enzim.

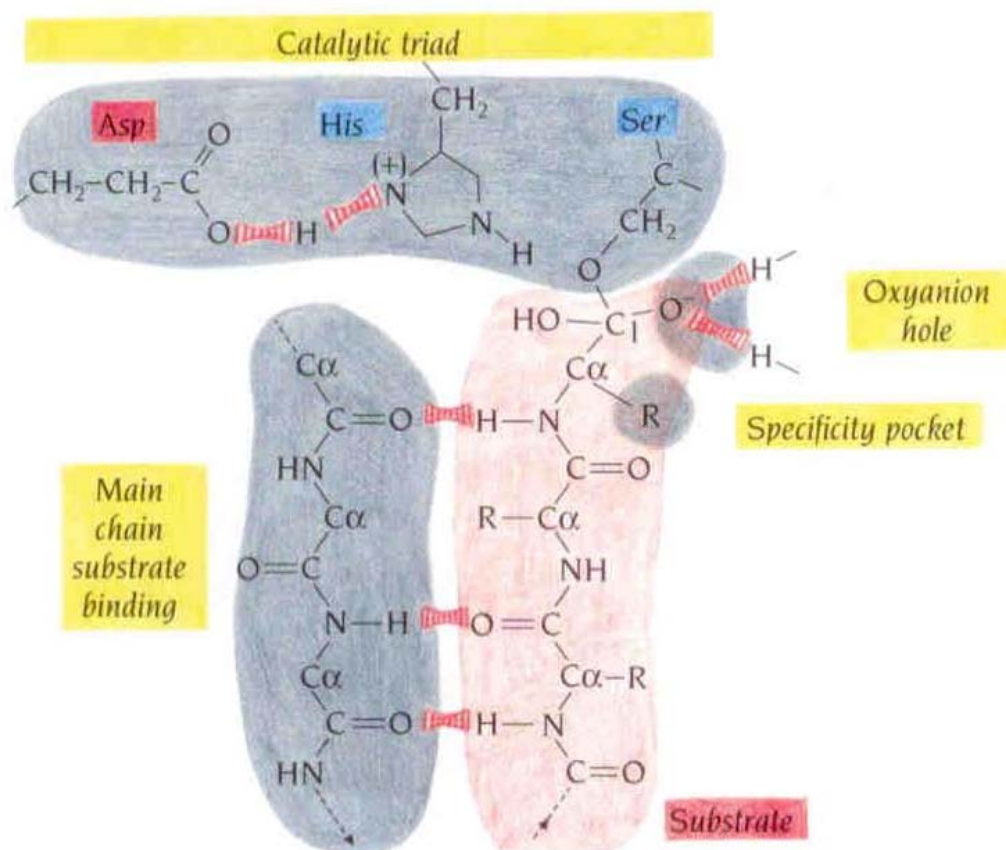
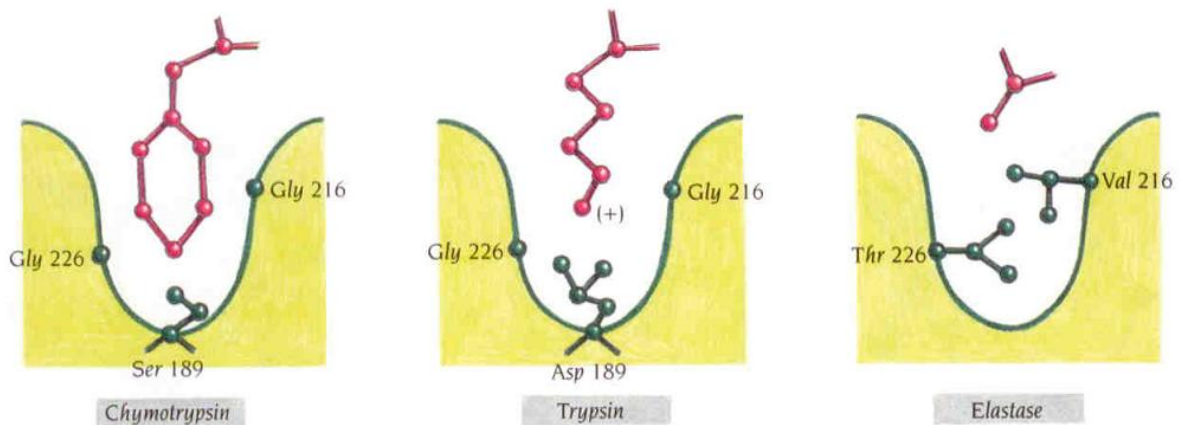


Figure 11.6 A schematic view of the presumed binding mode of the tetrahedral transition state intermediate for the deacylation step. The four essential features of the serine proteinases are highlighted in yellow: the catalytic triad, the oxyanion hole, the specificity pocket, and the unspecific main-chain substrate binding.

2. ábra: Szerin proteáz aktív centrum. A feltételezhető kötési rendszereket mutatja a tetraédres átmeneti állapotnál. Négy alapvető jellegzetességet mutat a szerin-proteázok esetében: a katalitikus triád, az oxyanion üreg, a specifikus zseb és a nem specifikus fő szubsztrát kötőhely.

Ezek a fehérje szekvenciában egymástól távol helyezkednek el, de az enzim összerendezése során egymás közvetlen közelébe kerülnek. Ez az elrendezés a katalízis szempontjából rendkívül fontos, korrekt összerendezés nélkül az enzim nem mutat aktivitást. Ez általánosságban is igaz: Az enzimek aktív centrumát a lineáris szekvenciában egymástól távol álló aminosavak alkotják, ezért a katalitikus tulajdonságok szempontjából a fehérje szerkezetének rendkívül nagy a jelentősége.



3. ábra: Szubsztrátkötő zseb. Ez az ábra a szubsztrát kötő zsebekből eredő specifitást mutatja be a kimotripszin, a tripszin és az elasztáz esetében.

A katalízis mechanizmusában mutatott nagyfokú megegyezés ellenére a szerin-proteázok specifitása eltér egymástól. Ennek azaz oka, hogy a szubsztrát megkötésében és korrekt pozicionálásában az enzim más csoportjai is részt vesznek s ezekben eltérés mutatkozik. A kimotripszin pl. egy nem-poláris kötőzsebet tartalmaz, ami aromás vagy nagy hidrofób fehérje oldalláncok megkötésére alkalmas, így a kimotripszin ezen aminosavak mellett hasít preferenciálisan. A tripszin esetében a kötőzsebben egy aszparaginsav helyezkedik el, ami lizin vagy arginin oldalláncokkal erős elektrosztatikus kötést tud kialakítani. Más proteázoknál ennek a kötőzsebnek a bejáratát hidrofób aminosavak zárják el, tehát **de facto** nincs használható kötőzsebük.

Fentebb említettük, hogy a a szerin-proteázokon kívül más típusú fehérjebontó enzimek is vannak. Ebből azt az általános következtetést vonhatjuk le, hogy **ugyanazt a feladatot, tehát ugyanannak a kötésnek a hidrolízisét más-más katalitikus stratégiákkal is meg tudják oldani az élőlények.**

Enzimreakciók szabályozása

A szabályozott enzimreakciók sorozata eredményezi szervezet biokémiai reakcióinak a többségét. Ez nem más, mint az anyagcsere-folyamatok láncolata, idegen szóval metabolizmus.

Inhibitorok - gátló reakciók

- **Kovalensen kötődő inhibitorok** –irreverzibilis gátlás

Az enzim valamelyik oldalláncával a reagens kovalens kötést hoz létre. A kötés kialakításának két következménye lehet:

1. a reagens több, azonos kémiai felépítésű oldalláncsal kapcsolódik, befolyásolja az enzim konformációját. A konformáció változás következtében inaktíválódik (gátlódik) az enzim.

2. a reagens a katalitikus működésben részt vevő, specifikus oldallánccal reagál, annak kémiai módosítása útján akadályozza meg, hogy az enzim hatékonyan működjön.

Egyes enzimek katalitikus hatásának kifejtésében rendszerint kisszámú aminosav – oldallánc vesz közvetlenül részt. Bármelyikük kémiai módosítása lehetetlenné teszi az enzim működését.

- **Nem kovalensen kötődő inhibitorok**- reverzibilis gátlás

1. aktív centrumba kötődnek
2. enzim molekulán más helyre köt, allesztérikusan megváltoztatják az aktív centrum térbeli szerkezetét

- **A nem kovalensen kötődő inhibitorok csoportosítása:**

1. **Kompetitív inhibitorok:** az inhibitor és a szubsztrát „verseng” egymással az enzimhez való kötődésben, ettől függ, hogy az enzimből milyen arányban keletkezik ES. A kompetitív inhibitor hatását úgy értelmezhetjük, hogy az enzimhez kötődve akadályozza a szubsztrátmolekulák kötődését. Ilyen körülmények között csökken az enzim affinitásaa szubsztráthoz (a K_m érték nő), és a v reakciósebesség csökken.
2. **Nem kompetitív inhibitorok:** a szubsztárt kötődését nem közvetlenül akadályozzák, hanem valamilyen más mechanizmus szerint gátolják az enzimet a katalitikus működésben. Hatásuk a szubsztrát koncentráció növelésével nem függeszthető fel, másrészt az inhibitor jelenlétében mért K_m érték változatlan. A reverzibilis, nem kompetitív gátlás esetén a hatóanyag eltávolítása esetén az eredeti aktivitás helyreáll.

Irodalomjegyzék

Elődi Pál: Biokémia, Akadémia kiadó, Budapest 1980, 266-277.o.

http://www.sulinet.hu/cgi-bin/db2www/ma/et_tart/lst?kat=Ahac&url=/eletestudomany/archiv/2002/0203/d3.html

<http://www.kee.hu/novenybiologia/docs/enzimkatal.doc>