

SEC VIII.	Biochémia, látky v živých organizmoch
SEC VIII.4.1	Enzýmy

Cieľové požiadavky

Obsahový štandard- Enzým. Aktivačná energia. Biokatalyzátor. Aktívne miesto. Enzým–substrátový komplex. Kofaktor, koenzým, apoenzým. Špecifický katalytický účinok. Kompetitívna a nekompetitívna inhibícia. α -amyláza, pepsín, lipáza.

Výkonový štandard:

- Charakterizovať enzýmy z hľadiska ich významu pre organizmy a využitia v priemysle
- Vysvetliť podstatu vplyvu enzýmu na priebeh reakcie.
- Opísať zloženie a štruktúru enzýmov
- Vysvetliť funkčnú a substrátovú špecifickosť enzýmov.
- Vysvetliť význam enzýmov α -amylázy, pepsínu, lipázy a faktory ovplyvňujúce ich činnosť (čas pôsobenia, pH, koncentrácia enzýmu) pri trávení potravy.
- Vysvetliť význam bielkovinovej a nebielkovinovej časti enzýmov vo vzťahu ku špecifickosti.
- Klasifikovať enzýmy podľa typu katalyzovanej reakcie (hydrolázy, transferázy, oxidoreduktázy, lyázy, izomerázy, ligázy), podľa typu katalyzovaného substrátu (α -amyláza, pepsín, trypsín, lipázy).
- Vysvetliť vplyv faktorov ovplyvňujúcich rýchlosť enzýmových reakcií a ich praktický význam.

Enzýmy

- **Biokatalyzátory**- látky bielkovinovej povahy, ktoré v živých sústavách urýchľujú a regulujú priebeh chemických reakcií
- **proenzým (zymogén)**- neaktívna forma enzýmu (aktivácia napr. odštiepením polypeptidového reťazca, brániacemu naviazaniu substrátu)
- **holoenzým**- aktívna forma enzýmu

**Charakteristika enzýmových reakcií**

1. Účinok	<ul style="list-style-type: none"> • urýchľujú aj regulujú (znižujú hodnotu E_A), neovplyvnia rovnováhu • Pôsobia iba v mieste aktívneho centra • Funkciu si uchovávajú aj mimo bunky • Zriedka vznik vedľajších produktov
2. Vyššie reakčné rýchlosti	<ul style="list-style-type: none"> • niekoľkonásobne vyššie v porovnaní s anorganickými katalyzátormi • rýchlosť 10^6- 10^{12}x vyššia ako pri nekatalyzovanej reakcii
3. Miernejšie podmienky reakcie	<ul style="list-style-type: none"> • fyziologicky prijateľné teploty (do 50°C) • konštantný tlak • takmer neutrálne prostredie • bez objemových zmien
4. Vysoká špecifickosť	<ul style="list-style-type: none"> • substrátová alebo účinku
5. Schopnosť regulácie	<ul style="list-style-type: none"> • alosterická, enzýmová

Anorganický katalyzátor: nešpecifický účinok, iba urýchľujú, pôsobia celým povrchom

Zloženie enzýmov

1. jednozložkové	iba z bielkovinovej zložky (<i>apoenzým</i>)
2. dvojzložkové	apoenzým (<i>bielkovinová zložka</i>)
	kofaktor (<i>nebielkovinová zložka</i>)

Typy kofaktorov

1. anorganický	kovový ión	
2. organický	koenzým	viazaný na apoenzým slabou väzbou , v bunke aj voľné <i>napr. vitamíny a ich deriváty, NAD</i>
	prostetická skupina	pevne viazaná na apoenzým kovalentnou väzbou <i>napr. hém v hemoglobíne</i>

Aktívne centrum

- Väzbové miesto enzýmu, na ktoré sa viaže substrát (*popr. koenzým*)
- S vhodnými priestorovými a väzbovými podmienkami na naviazanie substrátu
 1. Hypotéza zámku a kľúča
 2. Hypotéza indukovaného prispôsobenia sa (*správna*)
- Obsahuje väčšinou funkčné skupiny $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{SH}$ z reťazca AMK
- Väzba substrát + aktívne miesto slabá (*vodíkové väzby, van der Waalsové, elektrostatické sily*)

Špecifita enzýmovej katalýzy

1.Substrátová špecifita	2.Špecifita účinku
katalyzuje premenu iba určitého substrátu	katalyzuje iba jednu z premien substrátu
zabezpečuje apoenzým	zabezpečuje koenzým

Mechanizmus enzýmovej reakcie

Podstata: zníženie aktivačnej energie E_A

Priebeh- nepriamo cez enzým- substrátový komplex



1. Tvorba enzým- substrátového komplexu
2. Aktivácia enzým- substrátového komplexu
3. Tvorba komplexu enzým- produkt
4. Uvoľnenie produktu z enzýmu

Priebeh katalyzovanej a nekatalyzovanej reakcie

Názvoslovie

1. **Triviálne**- podľa výskytu a funkcie v organizme, *napr. ptyalín, pepsín*
2. **Systémové**- názov substrátu (alebo reakcie) + typ katalyzovanej reakcie+ prípona áza
napr. lipáza, amyláza

Triedy enzýmov

názov triedy	Účinok (katalyzujú...)	Typ koenzýmu
1.Oxidoreduktázy	oxidačno- redukčné procesy, prenosy elektrónov medzi substrátmi	NAD ⁺ , FMN
2.Hydrolázy	hydrolytické štiepenie väzieb	Bez koenzýmov, obsahujú kovové ióny
3.Lyázy	nehydrolytické štiepenie- adičné, eliminačné reakcie alebo štiepenie väzieb C-C, C-N, C-O	ATP, koenzým A,
4.Izomerázy	izomerické reakcie, vnútromolekulové zmeny v substráte	Väčšinou bez koenzýmov
5.Ligázy (syntetázy)	syntézu dvoch molekúl, za spotreby ATP a uvoľnenia energie	ATP, koenzým A,
6.Transferázy	prenos skupín medzi substrátmi	ATP, koenzým A, acetylkoenzým A

Faktory vplývajúce na enzýmové reakcie

1. Koncentrácia substrátu	<ul style="list-style-type: none"> • Rýchlosť stúpa lineárne so zvyšujúcou sa koncentráciou substrátu • Do saturačného bodu- stav obsadenia všetkých aktívnych centier enzýmu
2. Koncentrácia enzýmu	<ul style="list-style-type: none"> • Rýchlosť reakcie stúpa lineárne s množstvom enzýmu • Podmienka- dostatočné množstvo substrátu
3. Teplota	<ul style="list-style-type: none"> • Aktivita enzýmov stúpa v teplotnom rozpätí 10-40°C • Vyššie teploty- hodnota kritického bodu 40-60°C- aktivita enzýmov prudko klesá(<i>denaturácie bielkovín, strata biologickej funkcie</i>) • Nižšie teploty- aktivita klesá, až zastavuje sa • <i>Napr. chladenie a zmrazovanie potravín</i>
4. pH	<ul style="list-style-type: none"> • veľmi citlivé na zmenu pH (<i>denaturácia bielkovín vplyvom kyselín a zásad</i>) • Fyziologické pH= 7,4 • <i>Napr. pepsín potrebuje v žalúdku pH=1-2, trypsín zásadité prostredie</i>
5. Prítomnosť aktivátorov/ inhibítorov	<ul style="list-style-type: none"> • Nízkomolekulové látky alebo katióny kovov • Spomaľujú alebo aktivujú účinok enzýmu <ol style="list-style-type: none"> 1. Aktivátory- Urýchľujú účinok enzýmu, napr. Mg²⁺ 2. Inhibítory- Spomaľujú účinok enzýmu

Aktivácia enzýmov

1. Premena neúčinnnej formy na účinnú	<ul style="list-style-type: none"> • Odštiepenie časti polypeptidového reťazca a uvoľnenie prístupu substrátu k aktívnemu miestu • Aktivácia na inom mieste ako je miesto vzniku enzýmu (<i>ochrana rozkladu materských buniek- pepsinogén-pepsín</i>) • <i>Napr. kovové ióny Zn^{2+}, Mg^{2+}</i>
2. Alosterická aktivácia	<ul style="list-style-type: none"> • Naviazanie aktivátora na alosterické miesto. • Zmena konformácie enzýmu a tvorba vhodných podmienok na naviazanie substrátu na aktívne miesto

Inhibícia enzýmov

1. Kompetitívna (konkurenčná)	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibítor s podobnou štruktúrou ako substrát • Naviaže sa na aktívne miesto (<i>bráni naviazaniu substrátu a vzniku ESK</i>) • reverzibilná (<i>zvýšením množstva substrátu</i>)
2. Nekompetitívna (nekonkurenčná)	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibítor nemá podobnú štruktúru ako substrát • Naviazanie inhibítora mimo aktívne miesto (<i>na reaktívne skupiny enzýmu -SH, -OH, čím spôsobí zmenu štruktúry enzýmu a bráni naviazaniu substrátu</i>) • ireverzibilná (<i>napr. ťažké kovy</i>)
3. Alosterická inhibícia	<ul style="list-style-type: none"> • naviazanie inhibítora na alosterické miesto • zmena konformácie enzýmu, znemožnenie naviazania substrátu

Alosterická regulácia buniek

- prirodzená regulácia činnosti enzýmov a vlastného metabolizmu v bunke
- alosterické aktivátory a inhibítory bunka tvorí sama- medziprodukty metabolizmu
- viažu sa mimo aktívneho miesta (*alosterické miesto*)
- spôsobujú zmenu konformácie enzýmu (*terciárnej a kvartérnej štruktúry*) aj aktívneho miesta
- znemožňujú/ umožnia naviazanie substrátu

Enzymová regulácia

- Ovplyvňovanie aktivity enzýmov pomocou rôznych zlúčenín, ktoré vznikajú v bunkách (*napr. hormónmi*)

1. Inhibícia spätnou väzbou	<ul style="list-style-type: none"> • Hromadiaca sa zlúčenina brzdí aktivitu enzýmu, ktorý katalyzuje jej tvorbu alebo zvýšené množstvo substrátu sa zníži tak, že substrát aktivuje enzým katalyzujúci premenu substrátu (<i>aktivácia smerom dopredu</i>) • <i>napr. alosterické enzýmy</i>
2. indukcia	<ul style="list-style-type: none"> • Zvýšenie tvorby enzýmu v prípade potreby • <i>Napr. zásahom do proteosyntézy</i> • Účinok dlho pretrváva
3. represia	<ul style="list-style-type: none"> • zníženie tvorby enzýmu v prípade potreby • <i>Napr. zásahom do proteosyntézy</i> • Účinok dlho pretrváva

Tráviace enzýmy

- Podieľajú sa na trávení potravy prijatej človekom
- Funkciu vykonávajú mimo bunky v ktorej boli syntetizované
- Patria do typu enzýmov- hydroláz
- Pre aktivitu potrebné kyslé prostredie (trypsín zásadité)

názov	Význam v tele
amyláza	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrolytické štiepenie škrobu na jednoduchšie sacharidy • Tvorená slinnými žľazami a pankreasom • rôzne druhy, napr. α- amyláza(ptyalín)- v slinách, štiepi α (1→4) glykozidovú väzbu
pepsín	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrolyticky štiepi peptidové väzby v bielkovinách v žalúdku • Vzniká v sliznici žalúdku
trypsín	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrolyticky štiepi peptidové väzby v bielkovinách v tenkom čreve • Vzniká v pankrease
lipáza	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrolytický rozklad lipidov • Vzniká v pankrease ale aj iných tkanivách

Využitie enzýmov

1. potravinárstvo (*pivo, pečivo, syry, ocot, etanol*)
2. textilný priemysel (*vyhladenie, odžmolkovanie, zvýšenie lesku, odstránenie škrobového obalu na tkanine, zošúchanie rifľoviny*)
3. medicína (*stanovenie α -amylázy v krvi, moči- zápal pankreasu, obličiek*)
4. trávenie v tráviacej sústave
5. spracovanie papiera a celulózy
6. zmäkčovanie kože
7. poľnohospodárstvo- prísady do krmív pre zvieratá
8. súčasť pracích práškov (*pri nízkych teplotách*)