

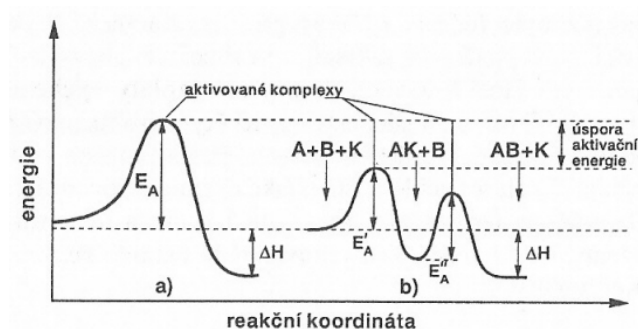
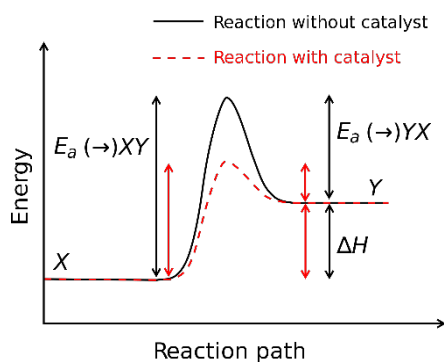
MO 23 BIODKATALYZÁTORY

- 1) Enzymy - klasifikace a názvosloví.
- 2) Mechanismus působení enzymů.
- 3) Vitamíny a jejich rozdělení.
- 4) Hormony.

BIODKATALYZÁTORY

- látky zúčastňující se **metabolických** dějů
- působí již v malých koncentracích

- a) **enzymy**
- b) **vitamíny**
- c) **hormony**

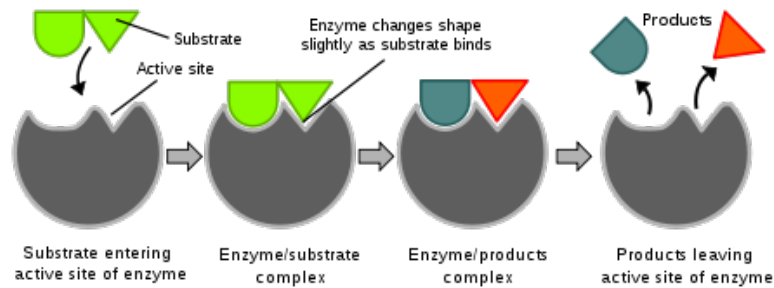


aktivační energie E_A

- čím je její hodnota vyšší → reakce pomalejší
- rozdíl mezi hodnotami **energií AK** (aktivovaného komplexu) a **VL**
- lze ji snížit pomocí **katalyzátorů** → více molekul přesáhne hodnotu energetického valu → reakce proběhne **rychleji**

ENZYMY

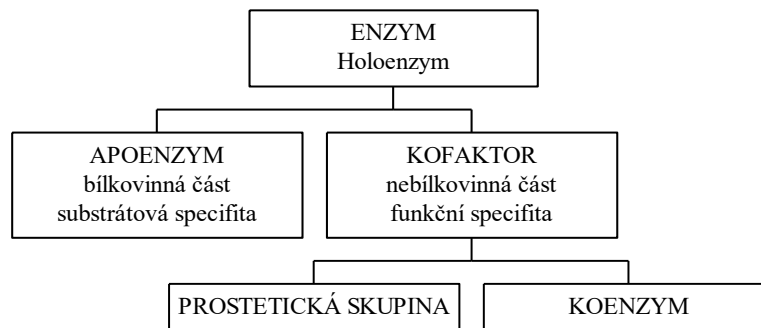
- **biokatalyzátory**
- všechny chemické reakce, které jsou součástí metabolismu, jsou řízeny pomocí biokatalyzátorů – **enzymů**
- tvoří **nejpočetnější** skupinu **bílkovin**
- nejjednodušší bakteriální buňky obsahují až 3 000 různých enzymů
- snižuje E_A reakce
- enzymologie (od 19. st. např. při trávení potravy)



stavba:

- ✓ **jednosložkové** enzymy
- ✓ **dvousložkové** enzymy – tvoří **holoenzym**

- enzymy patří mezi globulární bílkoviny a většinou mají povahu složených bílkovin



apoenzym

- **bílkovinná** složka enzymu
- určuje **substrátovou specifitu** !!!
- spolu s prostetickou skupinou tvoří výsledný a aktivní **holoenzym**
- složen z 20 proteinogenních α -L-aminokyselin

kofaktor

- **nebílkovinná** složka enzymu
- určuje **účinkovou specifitu** !!!
- pevně vázán či volně v buňce (i volné jsou součástí enzym-substrátového komplexu)
- účastní se též enzymové katalýzy
- funkční složkou bývá obvykle:
 - **vitamín** (většinou ve formě esteru kyseliny trihydrogenfosforečné)
 - **nukleotid**
- donor či akceptor elektronů či protonů (nebo atomových skupin)

1) prostetická skupina

- s bílkovinou je spojena **pevnou kovalentní** vazbou

2) koenzym

- vázán pouze **slabě** a může se od ní oddělovat – oddisociovat
- řada koenzymů jsou **deriváty vitaminů !!!**

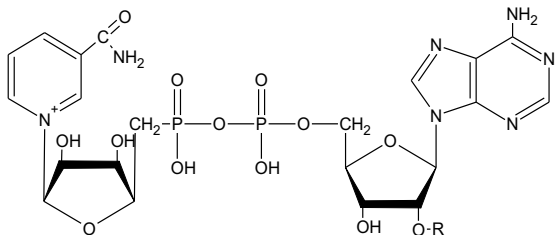
- a) koenzymy oxidoreduktáz
- b) koenzymy transferáz

koenzymy oxidoreduktáz

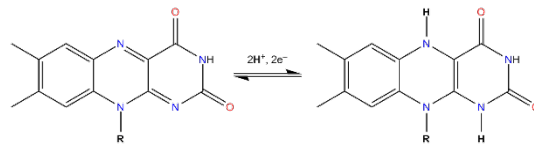
- účastní se **redoxních** dějů, při kterých se podílejí na přenosu **vodíku, elektronu** nebo **kyslíku**
- patří k nim:

- **pyridinové** (nikotinamidové) (di)**nukleotidy** (NAD⁺ a NADP⁺)
- flavinové „nukleotidy“ (FMN a FAD) (obr. flavinu – ox. a red. forma ↕)
- biopterin, lipoová kyselina, benzochinony (**CoQ** a plastochinon)
- **hem**
- glutathion

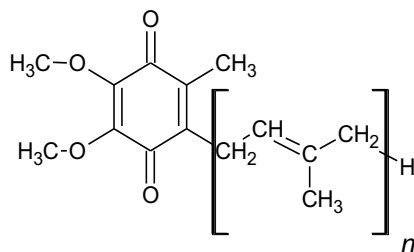
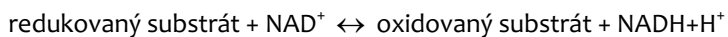
- mezi nejdůležitější patří:



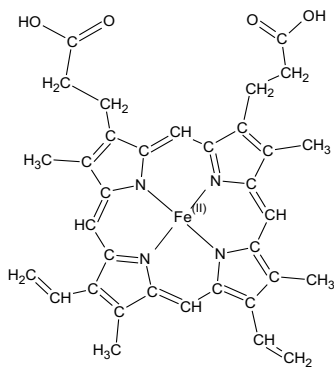
R = H NAD⁺ nikotinamidadeninukleotid
 R = fosfát NADP⁺ nikotinamidadeninukleotidfosfát



význam:



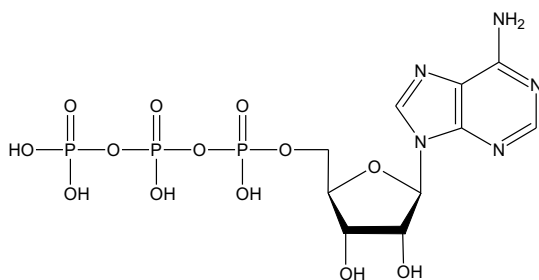
koenzym Q (n = 6 - 10)



hem

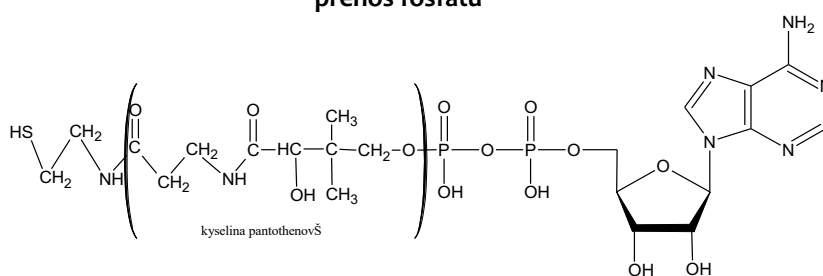
koenzymy transferáz

- přenáší skupiny i celé molekuly na dárce
- patří k nim známý **ATP**, **koenzym A**, biotin, UDP a CDP



ATP adenosinetrifosfát

přenos fosfátu



koenzym A CoA (CoASH)

přenos acylů

aktivní centrum enzymu

- místo v molekule enzymu, kam se navazuje **substrát**
- je součástí povrchu enzymu – zde **probíhá** i samotná katalyzovaná **reakce**
- obvykle **štěrbina** nebo prohlubeň, kde je substrát dostatečně uchráněn před okolním vodným prostředím (zde dochází ke katalýze)
- tvořeno charakteristickými skupinami **aminokyselinových zbytků polypeptidického řetězce enzymu**
- př.: volné aminové a karboxylové skupiny zásaditých či kyselých AA (AK), -SH skupina cysteinu, -OH skupina serinu
- specificky vázáno na reaktivní místo substrátu
- vznik **enzym-substrátového** komplexu

vlastnosti:

- stejně jako průmyslové katalyzátory ovlivňují rychlost reakcí, aniž by přitom ovlivňovaly výtěžek, ale liší se v několika významných bodech:

1) vyšší účinnost

- reakce katalyzované enzymy jsou **rychlejší** než katalyzované jinými chemickými katalyzátory

2) specifita

!!!

- tím se liší od ostatních katalyzátorů

funkční (reakční, účinková) specifita

- enzymy většinou katalyzují pouze **jednu reakci**

substrátová specifita

- enzymy se váží na jednu látku, nebo skupinu látek jednoho typu – substrát
 - absolutní - enzym katalyzuje přeměnu **1 substrátu**
 - skupinová - enzym katalyzuje přeměnu **skupiny substrátů** téhož typu (alkoholdehydrogenáza – enzymuje oxidaci skupiny alkoholů)
 - relativní skupinová - **nejméně specifické e.** (mohou působit napříč skupinami)

3) rychlost

- rychlosti enzymově katalyzovaných reakcí jsou vždy o **několik řádů vyšší**
- 1 molekula enzymu je schopna během 1s přeměnit až $5 \cdot 10^4$ molekul látky

4) mírné podmínky

- enzymově katalyzované reakce probíhají při teplotách do 20-40 °C
- při konstantním tlaku
- bez objemových změn
- na výjimky (trávicí enzymy) v téměř neutrálním prostředí

5) regulace

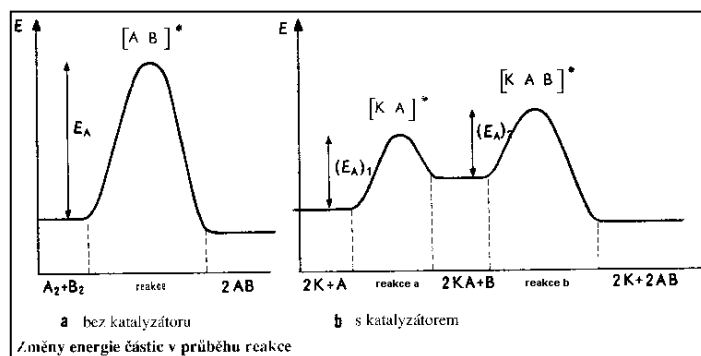
- enzymové reakce mohou být velmi citlivě regulovány pomocí několika různých mechanismů (např. u hormonů)

6) jsou netoxické

7) často působí v komplexech (katalyzují řadu po sobě jdoucích reakcí)

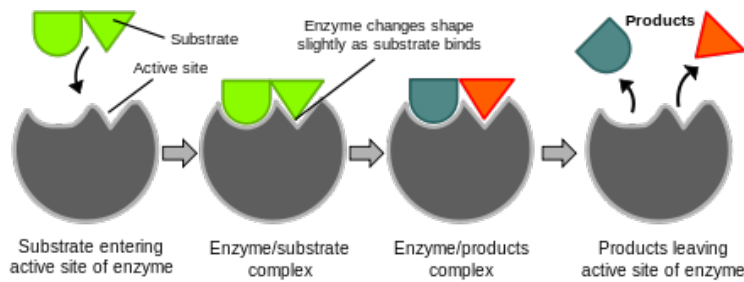
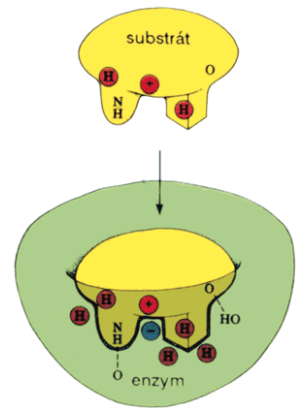
enzymová katalýza – mechanismus účinku:

- obecné poznatky z **kinetiky katalyzovaných reakcí** (viz MO 3) lze aplikovat i na enzymovou katalýzu



aktivní centrum enzymu (viz též stavba enzymu)

- místo v bílkovinné části molekuly enzymu, kam se navazuje **substrát**
- tvořeno charakteristickými skupinami **aminokyselinových zbytků polypeptidického řetězce enzymu**
- probíhají zde **enzymatické reakce** (poměrně malá oblast enzymu)
- vznik **enzym-substrátového komplexu** !!!



enzym a substrát enzym-substrátový komplex enzym + produkty

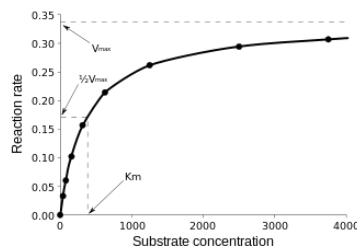
teorie vzniku substrátového komplexu:

- **Fischerova teorie komplementarity** = teorie zámku a klíče
 - aktivní centrum má pevnou strukturu (zámek) a substrát (klíč) do něj zapadá
- **Kohlsandova teorie indukovaného přizpůsobení** = teorie ruky v rukavici
 - Aktivní centrum se přizpůsobí substrátu

podmínky enzymové aktivity:

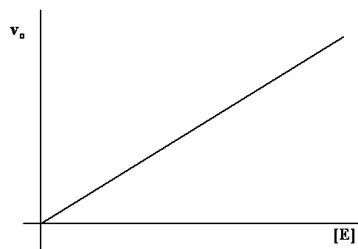
▪ **vliv koncentrace substrátu**

- koncentrace enzymu E je konstantní
- koncentrace substrátu S se zvyšuje do doby, než se **obsadí** všechna **aktivní centra** → rychlost se již **nezvyšuje**



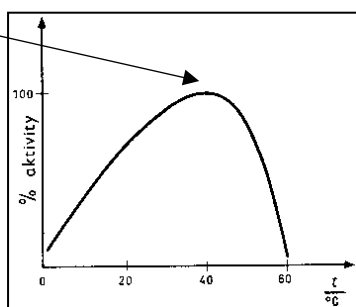
▪ **vliv koncentrace enzymu**

- koncentrace substrátu S je konstantní
- koncentrace enzymu E se zvyšuje → rychlost se **zvyšuje** stále



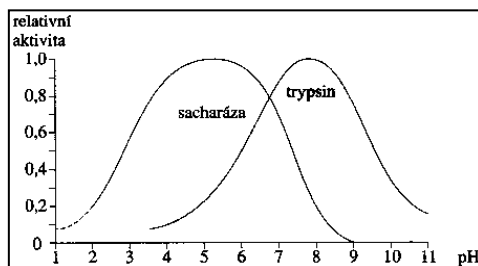
▪ **vliv teploty**

- s \uparrow teplotou rychlost enzymové reakce \uparrow (v rozmezí 10-50°C – při vyšších či nižších t je aktivita utlumena (mrazák))
- po dosažení určité teploty... **teplotního optima**... začne aktivita enzymu poměrně rychle klesat následkem **tepelné denaturace bílkovinné** části enzymu (většina enzymů ztrácí aktivitu při teplotě kolem 55-60°C)



▪ **vliv pH**

- pH prostředí má výrazný vliv na enzymovou aktivitu; většina enzymů katalyticky působí jen v určité **úzké** oblasti pH... **pH optimum**



▪ **vliv aktivátorů**

- řada enzymů je produkována v **neaktivní formě**, v podobě tzv. **proenzymů (zymogenů)**
- přechod proenzymů do aktivní formy je podmíněn vlivem reakčního prostředí a přítomností **aktivátorů** (až $\frac{1}{4}$ enzymů)
- proenzymy (pepsinogen, protrombin, trypsinogen)
- aktivita řady enzymů závisí na přítomnosti některých iontů Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Cl^-

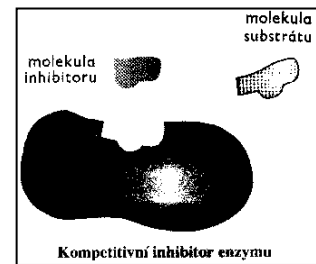
▪ **vliv inhibitorů**

- inhibitory jsou látky, které **tlumí** aktivitu enzymu

druhy inhibice:

- kompetitivní inhibice** (soutěživá)

- **inhibitor** je strukturně **podobný** se **substrátem** - naváže se na enzym a vytvoří se neaktivní komplex enzym-inhibitor
- inhibitor a substrát soutěží o téže vazebné místo
- na enzym se naváže látka s **vyšší koncentrací**
- tvorba je **vratná** (reverzibilní)
- při **zvýšení koncentrace substrátu** je inhibitor vytlačen
- př.: chemoterapika

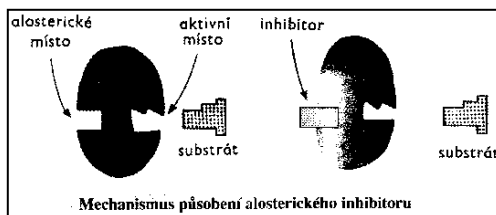


b) **nekompetitivní inhibice** (nesoutěživá)

- **inhibitor** se váže mimo aktivní centrum enzymu a zabrání tvorbě produktu
- inhibitor a substrát nesoutěžily o téže vazebné místo
- tvorba je **nevratná** (irreverzibilní)
- při **zvýšení koncentrace substrátu** je inhibitor vytlačen
- př.: katalytické jedy (ionty těžkých kovů (Pb, Ag))

c) **allosterická inhibice**

- inhibitor se naváže jinam (do alosterického centra) než substrát a tím **mění konformaci aktivního centra** na neaktivní (znemožnění navázání substrátu)

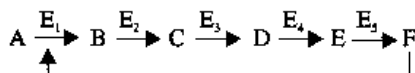


d) **inhibice produktem reakce**

- jestliže probíhá enzymatická reakce a hromadí se produkty, které nejsou využity v následné reakci, dosáhne rovnovážného stavu

e) **zpětnovazebná inhibice** (feedback control)

- zvláštní případ alosterické inhibice, umožňuje řízení celých metabolických drah



názvosloví enzymů:

- nejdéle známé enzymy mají **triviální názvy** (pepsin, ptyalin, trypsin)
- později se k **názvu substrátu** jehož přeměnu katalyzují přidala koncovka **-áza** (sacharáza)
- dnes se k názvu substrátu přiřazuje i **druh reakce**, kterou enzym katalyzuje (alkoholdehydro-genáza)

název S + název typu reakce + -ÁZA

- všechny známé enzymy jsou rozděleny do šesti tříd:

třídy enzymů:

1) **oxidoreduktázy**

- katalyzují **intermolekulové oxidačně-redukční procesy** spojené s přenosem **elektronů** nebo **atomů H** od jejich donorů k jejich akceptorům
- např. **alkoholdehydrogenáza**: $\text{ethanol} + \text{NAD}^+ \rightarrow \text{acetaldehyd} + (\text{NADH} + \text{H}^+)$
- např. **laktátdehydrogenáza**:

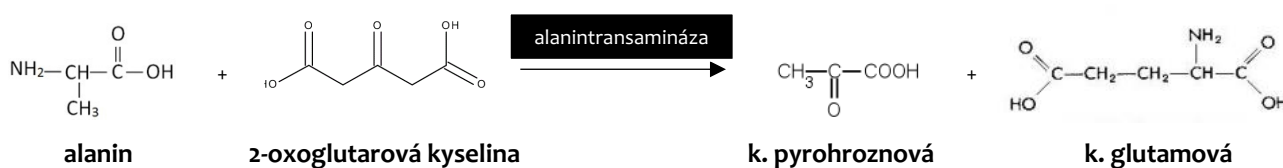


2) transferázy

- katalyzují přenos skupin i celých molekul v aktivované formě z dárců → příjemce
- vznik neesenčních kyselin z ketokyselin transaminací (viz MO 20)



- např. hexokináza: D-hexáza + ATP → D-hexóza-6-fosfát + ADP
- např. alanintransamináza:

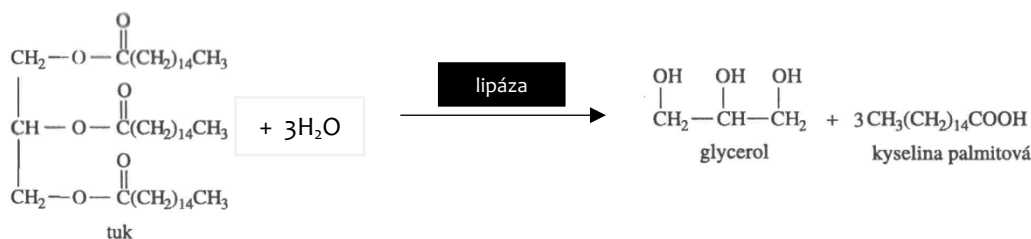


3) hydrolázy

- katalyzují hydrolytická štěpení vazeb, které vznikly kondenzací, např. peptidové vazby bílkovin, glykosidové vazby sacharidů, esterové vazby lipidů a NK

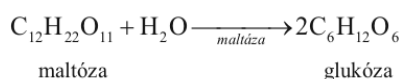
a) štěpení esterových vazeb (tuky)

- např. 1,2,3-tripalmitoylglycerol se lipázami štěpí na glycerol a palmitovou kyselinu (MK)



b) štěpení glykosidických vazeb (sacharidy)

- např. maltóza se maltázou štěpí α-D-glukopyranózu



α -1, 4-glykosidická vazba

poloacetalový hydroxyl

c) štěpení peptidových vazeb (bílkoviny)

- např. trávicí enzymy *trypsin* a *pepsin* štěpí některé peptidové vazby uvnitř bílkovinných řetězců



4) lyázy = syntázy

- složené bílkoviny
- katalyzují **nehydrolytická** štěpení a vznik vazeb C-C, C-O, C-N
- dekarboxylace, dehydratace
- např. *pyruvátdekarboxyláza*



5) izomerázy

- jednoduché bílkoviny
- nejméně početná třída
- umožňují **vnitromolekulové přesuny atomů** nebo **skupin**, tzn. vzájemné přeměny **izomerů**
- např. *triózafosfátizomeráza*: D-glyceraldehyd-3-fosfát → dihydroxyacetonfosfát
- např. *alaninracemáza*



6) ligázy = syntetázy

- katalyzují vznik **energeticky náročných vazeb** za současné **spotřeby ATP** (adenosin trifosfát)
- např. *pyruvátkarboxyláza*: pyruvát + CO₂ + ATP + H₂O → oxalacetát + ADP + P
- např.:



CV:

1. Uveďte **třídy** enzymů, ve kterých se nacházejí enzymy katalyzující níže uvedené reakce.

U reakcí e),f),g) uveďte vazbu, která se štěpí:

- a) k. mléčná (2-hydroxopropanová) → k.pyrohroznová + 2 H
- b) alanin + k.2-oxobutandiová → k.pyrohroznová + 2-aminobutandiová
- c) D-glukóza-6-fosfát → D-fruktóza-6-fosfát
- d) glycin - → oxid uhličitý + methylamin
- e) sacharóza + voda → D-glukóza + D-fruktóza
- f) bílkovina + voda → aminokyseliny
- g) 1,2,3-tripamitoylglycerol + 3H₂O → 3 k.palmitová + glycerol

2. Do které ze šesti hlavních tříd enzymů lze zařadit enzym:

!!!

- a) katalyzující reakci mezi alaninem a kyselinou oxaloctovou za vzniku pyrohroznové kyseliny a kyseliny asparagové
- b) katalyzující přeměnu D-glukosa-6-fosfátu na D-fruktosa-6-fosfát
- c) katalyzující přeměnu kyseliny mléčné na pyrohroznovou
- d) katalyzující dekarboxylaci kyseliny pyrohroznové
- e) katalyzující vznik L-glutaminu z kyseliny L-glutamové a amonného kationtu za současného štěpení ATP

3. Přiřadte příkladům uvedeným v otázce 2. tyto názvy enzymů :

!!!

alfa-maltáza
alaninaminotransferáza
glutaminsyntetáza
fosfohexózaizomeráza
laktátdehydrogenáza
dekarboxyláza

4. Přiřadte enzym k procesu, kterého se účastní:

- a) laktátdehydrogenáza
 - b) NADH dehydrogenáza
 - c) acyl-CoA-synthetáza
 - d) ornithintranskarbamoyláza
 - e) sukcinyl-CoA-syntetáza
- 1) dýchací řetězec
 - 2) Krebsův cyklus
 - 3) metabolismus glukózy
 - 4) β-oxidace mastných kyselin
 - 5) močovinový cyklus

(a-0, b-1, c-3, d-5, e-0)

VITAMINY

- vitaminy = životadárné **aminy**
- esenciální = nezbytné složky
- chemicky různorodé
- tělo si je **nevytváří**
- jméno vitamin vzniklo jako původní název pro vitamin B₁ (**vita** – život a **amin** – dusíkatá látka), který se podařilo izolovat polskému chemikovi Funkovi roku 1911 (0,4 g látky z 50 kg rýžových otrub); tento název se později vžil pro všechny látky podobných účinků, i když s aminy nemají nic společného
- vitaminy nedodávají organismu energii, ale jsou nutné pro **normální fungování** organismu – mnohé z nich jsou **koenzymy** řady důležitých enzymů
- člověk během vývoje **ztratil schopnost** jejich **syntézy**, ale protože se vitaminy běžně ve vyvážené **potravě** vyskytují, nebyly tyto mutace ničivé
- z jejich nedostatku vznikají specifické nemoci – **avitaminózy** (při úplném nedostatku vitaminů) a vyskytují se velmi vzácně; častější jsou **hypovitaminózy** jako následek nedostatečného zásobování organismu některým vitaminem
- již ve starém Řecku (v 5 stol. př. n. l.) bylo známo, že požíváním jater lze léčit šeroslepost
- s rozvojem dlouhých plaveb pak vznikl nový problém; námořníci pobývající dlouho na moři trpěli kurdějemí (skorbutem); lodní lékaři vynalezli velké úsilí nejen na nalezení vhodné terapie, ale i na poznání podstaty této velice nepříjemné choroby
- ukázalo se, že příčinou choroby je skladba stravy, která byla na lodích velice jednotvárná; proto se již v roce 1761 doporučovalo, aby na jídelním lístku lodí Východoindické společnosti byly citrony a pomeranče; od roku 1804 platilo na lodích anglického válečného námořnictva nařízení, že mužstvo musí dostávat alespoň jednu lžičku citrónové šťávy denně
- ruský lékař Lunin zjistil, že strava složená z čistých bílkovin, tuků a cukrů a minerálních látek není pro pokusné krysy dostatečná; zvířata přestala hynout teprve, když do diety zařadil i mléko – z toho vyplynul závěr, že přírodní strava obsahuje některé látky, které – i když jsou v ní přítomny v minimálním množství – jsou pro organismus nezbytné

vitaminy se dělí do dvou skupin:

- a) vitaminy rozpustné ve vodě
- b) vitaminy rozpustné v tucích

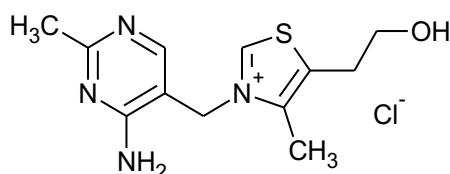
VITAMINY ROZPUSTNÉ VE VODĚ - hydrofilní

- v těle se **neukládají** do zásoby, ale musí být stále **přijímány**
- **nehrozí** u nich možnost **předávkování** (přebytek se vyloučí **močí**)

!!!

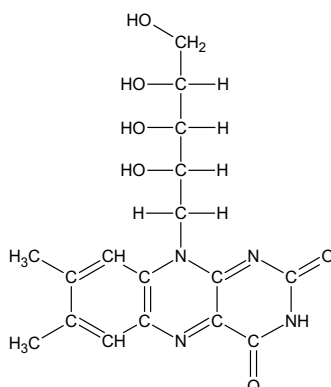
komplex vitaminu B

- **vitamin B₁ – thiamin**



- zasahuje do metabolismu tuků
- vyskytuje se hlavně v obilných klíčcích, neloupaném rýži, celozrnné mouce a chlebu, žlutku, droždí, játrech, srdci, ledvinách a vepřovém mase
- nedostatek se projevuje jako nemoc **beri-beri**

▪ **vitamin B₂ – riboflavin**

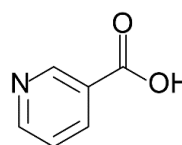


- **koenzym** důležitých enzymů **oxidoreduktáz** (přenáší H⁺) – **FMN** (flavinmononukleotid) a **FAD** (flavinadenindinukleotid)
- nedostatek se projevuje různými poruchami růstu a vadami na pokožce, praskání koutků úst
- růst a obnova buněk
- je obsažen v mléce

▪ **vitamin B₃**

▪ **vitamin B₃ - kyselina nikotinová**

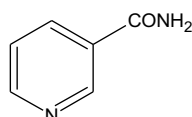
- **niacin** (angl.zkr. **Nicotinic ACid** vitam**IN**)
- 3-pyridinkarboxylová kyselina
- deriváty hrají klíčovou roli v energetickém **metabolismu** buňky



!!! (vzorec)

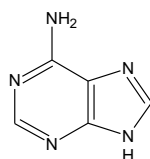
▪ **vitamin B₃ - nikotinamid**

- **vit. PP** (pelagra preventive factor)

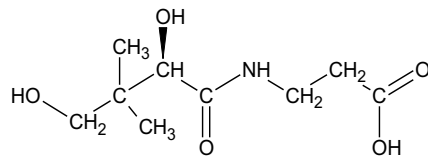


- další forma vitamínu B₃
- nedostatek vede k onemocnění zvanému **pelagra** (zánět kůže, průjem)
- součást koenzymu **oxidoreduktáz** (**NAD** – nikotinamidadenindinukleotid a **NADP** – nikotinamidadenindinukleotidfosfát)
- ta byla rozšířena hlavně v oblastech, kde základní složkou potravy byla kukuřice; ta obsahuje složky bránící biosyntéze z některých aminokyselin

▪ **vitamin B₄ – adenin**

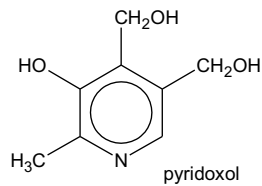


▪ **vitamin B₅ – kyselina pantothenová**



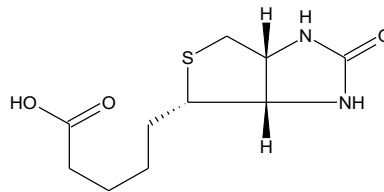
- nedostatek způsobuje choroby růstu a šedivění
- v přírodě často rozšířena, nejvíce v droždí

▪ **vitamin B₆**



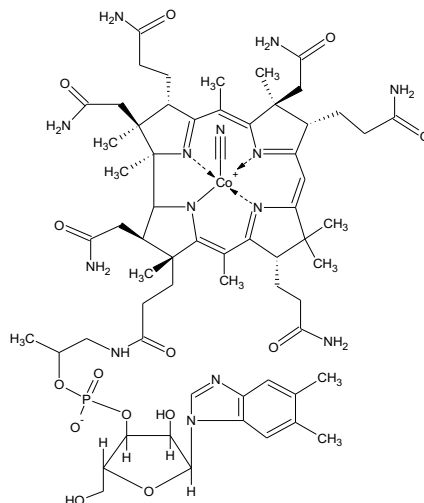
- tři podobné látky
- jejich nedostatek způsobuje záněty kůže

▪ **vitamin B₇ – biotin (vitamin H)**



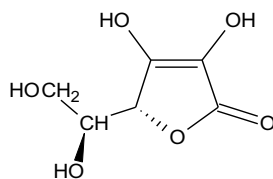
- jeho nedostatek způsobuje poruchy kůže

▪ **vitamin B₁₂ – (kyano)kobalamin**



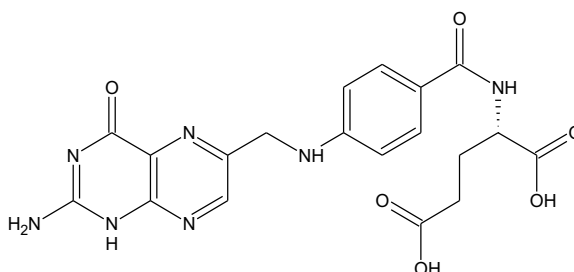
- nedostatek – **zhoubná anémie**
- je syntetizován mikroorganismy střevní mikroflóry
- jeho nedostatek se projevuje zhoubnou chudokrevností

vitamin C – kyselina L-askorbová



- redukční činidlo
- podílí na hydroxylaci kolagenu, syntéze karnitinu, metabolismu tyrosinu, působí jako **antioxidant**
- **antiskorbutický** vitamín (proti **kurdějím**)
- podporuje **imunitu**, resorpci **železa**, má vliv na **beta-oxidaci** mastných kyselin, urychluje **detoxikaci** cizorodých látek
- jeho denní spotřeba (DDD) se pohybuje okolo 75 mg
- je vitamínem pro **lidoopi**, **lidi** a **morčata** (neumí syntetizovat)

vitamin M – kyselina listová - folát

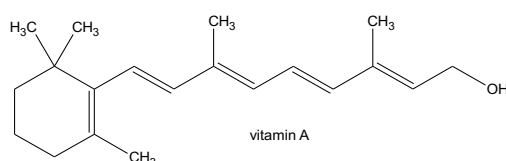


- má vliv na **regeneraci červených krvinek**
- při nedostatku - **anémie**
- příznivě ovlivňuje tvorbu genetické informace
- důležitá pro normální **vývoj dětí** (především v prenatálním období, zvláště pak 1. trimestr)

VITAMINY ROZPUSTNÉ V TUCÍCH - lipofilní

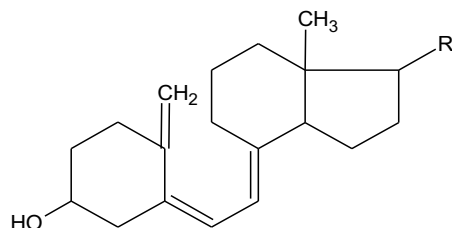
- možnost ukládání do zásoby, ale nebezpečí předávkování

vitamin A (retinol)



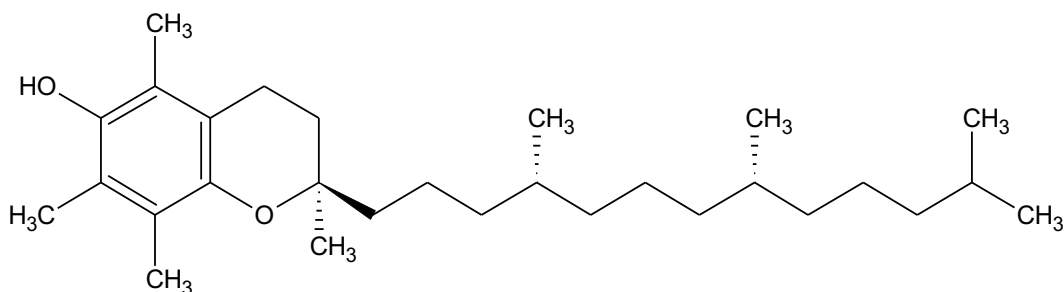
- prevence **šerosleposti**
- na **předpis** (hrozí předávkování)
- vitamínu A jsou velmi blízká rostlinná barviva se skupiny polyterpenů – karotenoidy
- provitamin A je betakaroten
- má významnou úlohu v biochemii **zrakového** vnímání (má schopnost **regenerovat** oční pigment **rodopsin**)

vitamin D - kalciferoly



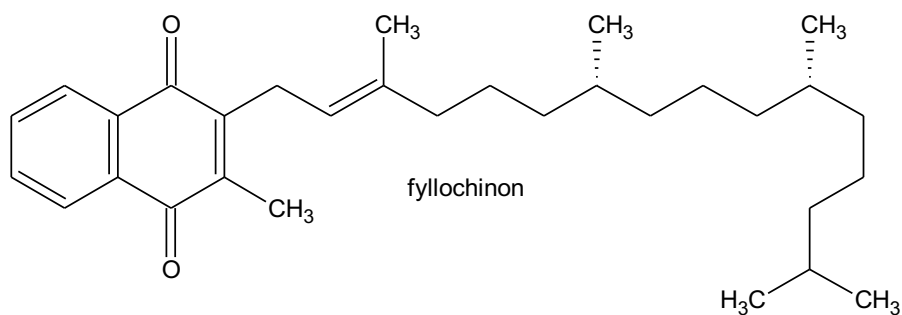
- vytváří se v těle pobytem na souši
- nedostatek v dětství způsobuje **křivici** – **rachitis** (antirachitický vit.)
- zasahuje do metabolismu **vápníku**
- dnes se obohacuje tímto vitaminem mléko
- provitamin D = **ergokalciferol** (fytoosterol)
- vzniká účinkem **UV záření**

vitamin E – tokoferol



- důležitý pro správnou funkci pohlavních orgánů
- účastní se spolu s vitaminem C likvidace volných radikálů v těle (antioxidanty)

vitamin K



- dnes 6 látek nejznámější vitamin K₁ - **fyllochinon**
- syntetizován **střevní flórou** – porušují ji ATB
- jejich nedostatek se projevuje **zvýšenou krvácivostí**

vitamin F

- mezi vitaminy se často řadí i nenasycené mastné kyseliny – linolová a linoleová – vit. F

přehled nejdůležitějších vitaminů

název	denní doporučená dávka	zdroj	význam	projevy nedostatku
vitamin A (retinol)	1,8 – 2 mg nebezpečí předávkování!	mléčný tuk, vaječný žloutek, játra, rybí tuk a maso; provitaminy - karoteny	zajišťuje vidění - obnovu očního pigmentu; tvorba bílkovin kůže a sliznic	šeroslepost až slepota, rohovatění kůže a sliznic, postižení zubů; ucpávání vývodů žláz
vitamin B ₁ (thiamin)	1,5 mg	obiloviny (především klíčky), kvasnice, játra, vepřové maso	zasahuje do metabolismu sacharidů, podporuje činnost trávicí soustavy	zvýšená únava, sklon ke křečím, srdeční a trávicí potíže, záněty nervů až onemocnění beri-beri
vitamin B ₂ (riboflavin)	1,8 mg	mléko, maso, kvasnice	účastní se oxidace živin	palčivost jazyka, bolavé koutky, poruchy sliznic
vitamin B ₅ (kyselina pantothenová)	7 – 10 mg	játra, kvasnice, hrách, maso, ryby, mléko, vejce	součást koenzymu A → tím představuje ústřední postavení v metabolismu	různé degenerace, pálení chodidel
vitamin B ₆ (pyridoxin)	2 mg	kvasnice, obilné klíčky, mléko, luštěniny	podporuje účinek vitamínu B ₁ a B ₂	pomalé hojení zánětů, zhoršení regenerace sliznic
vitamin B ₃ (PP - niacin)	15 – 20 mg	játra, ledviny, maso, kvasnice, houby	syntéza RNA a bílkovin	záněty kůže, celková sešlost, poškození mozku
vitamin M (kys. listová)	0,5 – 1 mg	listová zelenina, játra	metabolismus aminokyselin, tvorba červených krvinek	chudokrevnost
vitamin B ₁₂ (kobalamin)	0,001 mg	játra, maso; tvoří se i činností bakterií	nutný k udržení normální krevtvorby	„zhoubná“ chudokrevnost
vitamin C (kyselina askorbová)	50 – 75 mg	syrové ovoce a zelenina	katalyzuje oxidaci živin, udržuje dobrý stav pojivové tkáně, podporuje tvorbu protilátek, antioxidant	únava, snížená odolnost, krvácení, vypadávání zubů, až kurděje
vitamin D	400 m. j.	rybí tuk, po ozáření UV vzniká v malém množství i v kůži	ovlivňuje metabolismus vápníku a fosforu	za vývoje vzniká křivice, v dospělosti měknutí kostí
vitamin E (tokoferol)	5 – 30 mg	obilné klíčky	podporuje činnost pohlavních žláz a správný průběh těhotenství, antioxidant	poruchy činnosti pohlavních orgánů
vitamin H (B ₇ - biotin)	0,15 – 0,3 mg	kvasnice, játra, ledviny; biosyntéza ve střevech	podporuje růst a dělení buněk	záněty kůže a jazyka, únavnost, deprese, svalové bolesti, nechutenství
vitamin K	1 mg	listová zelenina, kvasnice; biosyntéza ve střevech	oxidoreduktáza, tvorba protisrážlivých látek	krvácení do tkání a tělesných dutin

HORMONY

- látky s výraznými regulačními účinky, jejich funkce je řídicí, indukující a mají schopnost potlačovat enzymy
- cílovým orgánům se hormony šíří krví a tkáňovým mokem
- buňka musí mít receptor na příjem hormonu, každý hormon tedy působí jen na určité orgány a tkáňě
- u člověka se jako hormony projevují asi 60 sloučenin

funkční působení hormonů na buňku

neurohumorální regulace

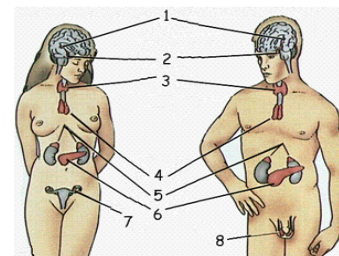
- systém hormonální regulace je spojen s nervovým systémem
 - v **adenohypofýze**, tedy předním laloku hypofýzy a na hypotalamu dochází k **regulaci endokrinních žláz**
 - hypotalamus pod vlivem vyšších mozkových center produkuje hypothalamické faktory, které můžeme podle funkce rozdělit na stimulační, které zajišťují **liberiny** a inhibiční, jež jsou zajišťovány **statiny**
 - tyto jdou krví do adenohypofýzy, kde ovlivňují vylučování tropních hormonů, zvaných **tropinů**
 - ty ovlivňují žlázy s vnitřní sekrecí
 - celému souboru reakcí a center, které ovlivňují jednotlivé žlázy se říká **hypothalamo-hypofyzární řídicí systém**
- hormonální regulace je relativně pomalá - trvá sekundy až dny, zatímco nervová regulace je dosti rychlá, pohybuje se v milisekundách

produkce hormonů

- žlázy s vnitřní sekrecí = endokrinní žlázy produkující hormony

- epifýza** (šišinka)
- hypofýza** - podvěsek mozkový
- štítná žláza**, neboli *glandula thyreoidea* s přilehlými **příštítnými tělísky**, zvanými *glandulae parathyreoideae*
- atrofovaný orgán zvaný brzlík neboli **thymus**
- nadledviny**, tedy *glandulae suprarenales*
- pankreas** - slinivka břišní a to především její specifické buňky zvané **Langerhansovy ostrůvky**
- gonády** tedy vaječníky (*ovaria*) a varlata (*testis*)

- nadvěsek mozkový (epifýza)
- podvěsek mozkový (hypofýza)
- štítná žláza (*glandula thyreoidea*) a příštítná tělíska (*glandulae parathyreoideae*)
- brzlík (*thymus*)
- nadledviny (*glandulae suprarenales*)
- slinivka břišní (Langerhansovy ostrůvky)
- 7,8) gonády – vaječníky (*ovaria*), varlata (*testes*)



rozdělení hormonů

dle jejich chemické struktury:

- steroidní**
- aminokyselinové – deriváty tyrosinu - katecholaminy**
- proteohormony** = peptidové či proteinové hormony

1) steroidní

- steroidní hormony jsou lipofilní
- obsahují ve své struktuře steranový cyklus
- tyto hormony jsou produkovány kůrou nadledvin a pohlavními žlázami

2) aminokyselinové

- aminokyselinové hormony jsou **deriváty tyrosinu (katecholaminy)** i jiných aminokyselin
- takové hormony vylučuje například dřeň nadledvin nebo štítná žláza
- tyto hormony jsou hydrofilní

3) proteohormony = peptidové či proteinové hormony

- peptidové jsou složeny z peptidů, tedy bílkovin
- takové hormony produkuje například hypofýza, slinivka břišní, příštítná tělíska a nebo sem patří tkáňové hormony
- jejich společnou vlastností je jejich hydrofilnost

další typy hormonů

- specifické hormony, zvané **feromony u živočichů**
- mají stejnou funkci jako naše hormony
- příkladem je svlékácí hormony **ekdyson** nebo jeho antagonistu **neotenin**

hormony, které nemůžeme přesně zařadit do těchto tří tříd

- lokální mediátory, parakrinní hormony a tkáňové hormony jako histamin, serotonin, oxid dusný, epidermální růstový faktor, sekretin nebo erythropoetin

1) steroidní hormony

- produkovány buď kůrou nadledvin a nebo gonádami

nadledvinky (glandulae suprarenales)

- = párové orgány, uložené na horním pólu ledvin
- lze rozlišit korovou a dřeňovou část

kůra nadledvin:

- sekrece kůry je řízena **kortikotropinem** vylučovaným adenohypofýzou

glukokortikoidy (gluko – glukosa; kortikoidy – tvořené kůrou (kůra – kortex))

- nejdůležitější je hormon **kortizol** (dále kortikosteron)
- udržuje **hladinu glukózy** v krvi – syntéza glukózy z glykogenu
- příznivý účinek při léčbě zánětů (reumatoidní artritida)
- ve vyšších dávkách – **imunosupresivní** účinky → využití při **transplantacích**
- využití při **alergiích**
- **zvyšuje celkovou pohotovost organismu** při zátěžových situacích (stresech, infekcích, velké tělesné námaze)

mineralokortikoidy

- nejdůležitější je hormon **aldosteron**
- řídí **zpětné vstřebávání Na⁺** a současné **vylučování K⁺** v ledvinových kanálcích
- zpětným vstřebáváním iontů Na se zvyšuje i **zpětné vstřebávání vody**

pohlavní žlázy

- varlata a vaječníky

testosteron

- podílí se na funkci pohlavních orgánů, konkrétněji na vzniku sekundárních pohlavních znaků, tvorbě spermií, ale i na syntéze bílkovin
- ve větším množství přítomen u mužů, ale i ženy jej produkují

estrogeny

- ve větším množství zastoupeny v ženském těle, ale muži je mají taky
- mezi ně patří, které ovlivňují průběh menstruace, vývoj pohlavních orgánů a řídí distribuci podkožního tuku a růst, tedy proliferaci děložní sliznice
- estrogeny jsou produkovány **Graafovým folikulem**
- nejznámějším estrogenem je **estradiol**

gestageny

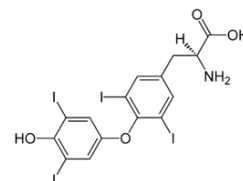
- produkovány v těhotenství, a to vaječníky, konkrétně corpus luteum, tedy žlutým tělískem a placentou
- řídí průběh těhotenství a sekreční fázi menstruace
- příkladem je **progesteron**

2) aminokyselinové hormony

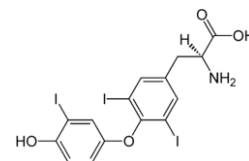
- aminokyselinové hormony jsou produkovány především dřeň, tedy medula nadledvin a štítná žláza

*štítná žláza (glandula thyroidea)***thyroxin**

- reguluje růst a vývoj mladého organismu
- nedostatkem dochází k chorobě zvané kretenismus (prevence jodidovaná sůl kamenná)
- zároveň povzbuzuje látkovou přeměnu živin, podporuje tvorbu oxidoreduktas a zvyšuje bazální metabolismus

**trijódthyronin (T3)**

- je hormon štítné žlázy, který vzniká převážně dejodací thyroxinu (T4)



dřeň nadledvin:

- vylučování je ovládáno prostřednictvím **nervových vláken sympatiku**

adrenalin

- vylučuje se při fyzické a psychické zátěži
- vyvolává rozšíření cév
- podporuje srdeční činnost
- zvýšení přítoku krve k činným orgánům
- zvyšuje sílu srdečního svalu
- rozšiřuje průsvit průdušek
- zlepšuje ventilaci plic
- zvyšuje štěpení glykogenu v játrech a tuků v tukové tkáni => **glukosa a MK**
- **připravuje organismus na zvýšenou zátěž**

noradrenalin

- vyvolává celkové zúžení cév, zvyšuje se krevní tlak
- *oba hormony*: zvyšují odbourávání tuků a glykogenu, zvyšuje obsah glukózy v krvi, zvyšují pohotovost organismu a metabolismus při zátěžových reakcích (strach, hlad, infekce)

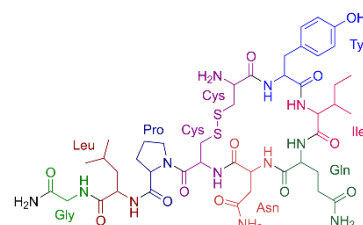
3) proteinové a peptidové hormony

neurohypofýza

- proteinové hormony produkuje například **neurohypofýza** - zadní lalok podvěsku mozkového
- ovlivňování neurohypofýzy tropiny je řízeno přímo z hypothalamu
- př.: oxytocin a ADH

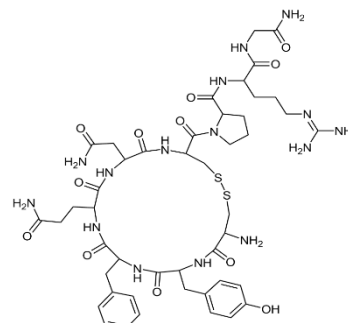
oxytocin

- produkuje jej neurohypofýza
- složen z 9 aminokyselin
- podílí se na kontrakcích hladkého svalstva dělohy při porodu a koitu a řídí činnost mléčných žláz



ADH

- **antidiuretický hormon**, neboli **vasopresin**
- hormonem neurohypofýzy je, který je také složen z 9 aminokyselin
- zajišťuje zpětnou resorpci vody z moči a zároveň zvyšuje krevní tlak
- jeho vyplavování podporuje horko, naopak jeho útlum podporuje alkohol a chlad



adenohypofýza

- hormony proteinové povahy produkuje i **adenohypofýza**
- hormony adenohypofýzy pak ovlivňují a řídí tvorbu a exkreci ostatních žláz
- těmto hormonům se říká tropní hormony, neboli **tropiny**
- př.: ACTH, FSH, LH, STH, prolaktin....

příklady:

kortikotropin

- ACTH, který je tvořen 39 aminokyselin
- stimuluje vylučování kortikoidních hormonů

gonadotropiny

- tvořeny 90 až 120 aminokyselin a ovlivňují gonády, resp. jejich sekreci
- například FSH, LH, tedy folikulostimulační a luteinizační hormon

thyreotropin

- ovlivňuje štítnou žlázu

STH

- somatotropin, složený ze 191 aminokyselin, který se podílí na tvorbě bílkovin a stimuluje růstové chrupavky
- bývá označován jako růstový hormon

prolaktin

- řídí produkci mléka

endorfiny a enkefaliny

- opioidní peptidy, které tlumí bolest a způsobují emoce

choriogonadotropin

- hCG - humánní choriový gonadotropin
- stanovení koncentrace hCG v krvi nebo moči se uplatňuje především v diagnostice těhotenství a sledování jeho průběhu
- již několik dní po oplodnění dochází ke zvýšení koncentrace hCG v krvi matky natolik, že toto zvýšení lze stanovit
- hCG je nezbytný pro udržení žlutého tělíska v prvních 4 až 6 týdnech těhotenství a tedy i pro úspěšný průběh těhotenství
- zvýšené hodnoty koncentrace hCG signalizují vícečetné těhotenství

*štítná žláza***kalcitonin**

- snižuje hladinu vápníku v krvi a podporuje jeho ukládání v kostech
- obrovský význam hlavně v období růstu a v těhotenství

*příštítná tělíska***parathormon**

- působí vyplavování Ca a P z kostí, čímž zvyšuje hladinu Ca a P v krvi

pankreas

- **smíšená žláza** – s vnitřní i vnější sekrecí (produkuje také trávicí enzymy)
- **Langerhauserovy ostrůvky** jsou částí s vnitřní sekrecí
- produkuje dva významné antagonistické hormony

inzulín

- funguje jako regulátor metabolismu sacharidů a bílkovin, a to tím, že podporuje vstřebávání glukosy do buněk a oxidaci glukosy
- při jeho nedostatek nastává onemocnění *diabetes melitus*, tedy cukrovka, která se projevuje vysokou koncentrací cukru v krvi
- inzulín je produkován β buňkami na Langershauserových ostrůvcích

glukagon

- antagonist inzulínu a má tedy opačné účinky
- podporuje rozklad glykogenu v játrech a ve svalech, čímž zvyšuje množství v krvi
- glukagon je produkován α buňkami na Langershauserových ostrůvcích

CV:

!!!

Podle chemické povahy se hormony dělí do tří skupin

proteohormony
steroidní hormony
deriváty tyrosinu (hormony odvozené od aminokyselin)

Zařadte dále uvedené hormony do těchto skupin:

kortikosteron
 adrenalin
 Insulin
 thyroxin
 aldosteron
 parathormon
 somatotropin
 testosteron

Vyberte z hormonů v předešlé otázce hormony s typicky anabolickým účinkem.