

# Aminokyseliny, bielkoviny, enzýmy

# Osnova prednášky

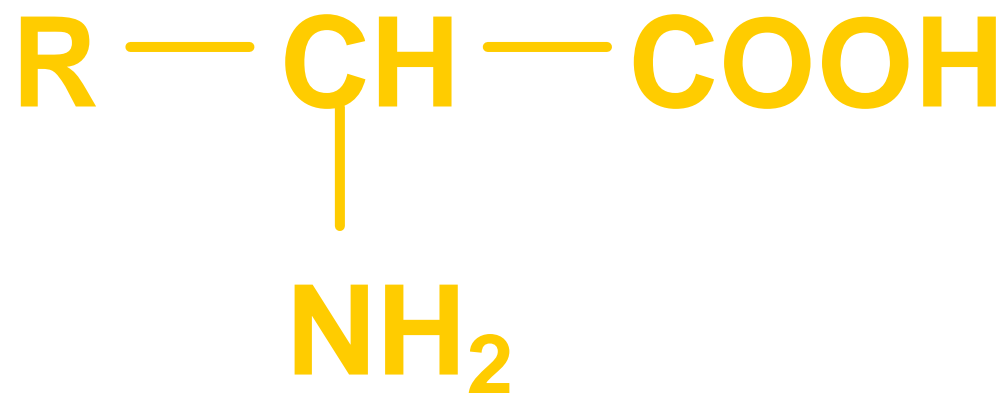
1. Aminokyseliny
2. Bielkoviny
3. Enzýmy
4. Kontrolné otázky

# 1. AMINOKYSELINY

- substituční deriváty karboxylových kyselin
- dve funkční skupiny:

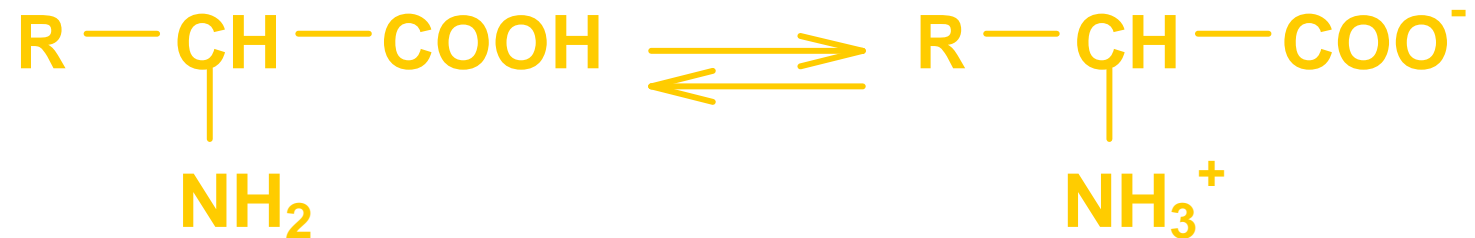
karboxylová skupina (-COOH)

aminoskupina (-NH<sub>2</sub>)



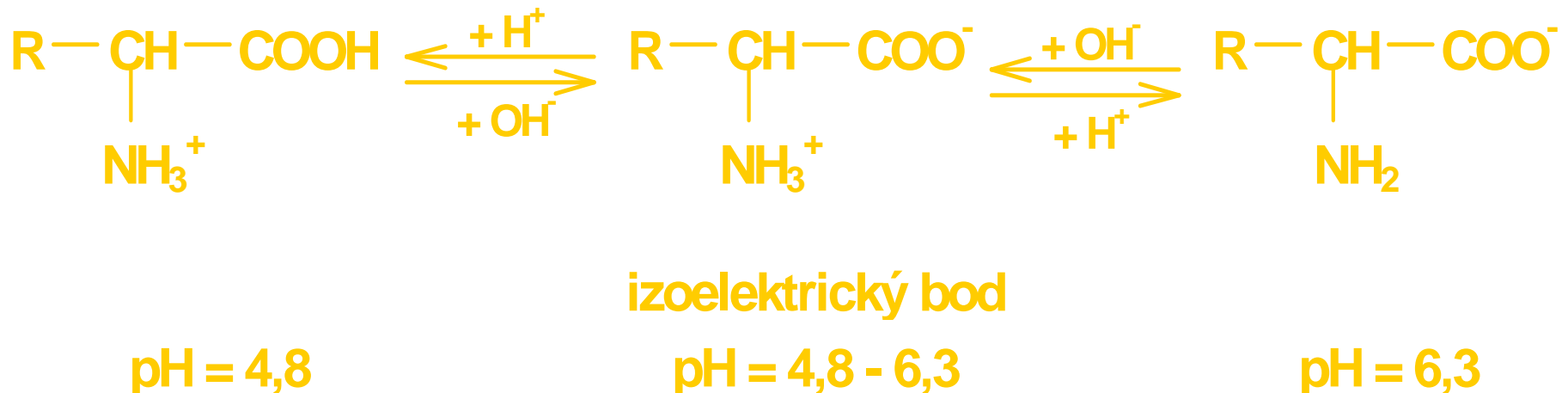
# 1. AMINOKYSELINY

Aminokyseliny obsahujú kyslú (-COOH) a zásaditú (-NH<sub>2</sub>) skupinu, môžu vznikat' **vnútorné soli**



# 1. AMINOKYSELINY

**Izoelektrický bod** - pH, pri ktorom je maximum molekúl vo forme vnútornej soli, najmenšia rozpustnosť AMK



# 1. AMINOKYSELINY

## Rozdelenie aminokyselín:

- podľa uhľikového zvyšku (alifatické, aromatické)
- podľa funkčných skupín (mono-, di- a viackarboxylové, mono- a diamínové)
- podľa reakcie v roztoku (kyslé, neutrálne, zásadité)
- z výživového hľadiska (nahraditeľné, nenahraditeľné – esenciálne)

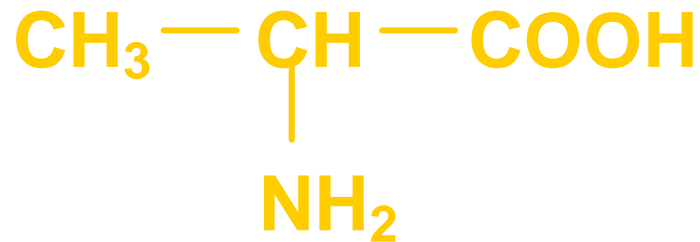
# 1. AMINOKYSELINY

- niektoré aminokyseliny si organizmus dokáže prebudovať na iné potrebné AMK
- *esenciálne aminokyseliny* - majú vo svojej molekule rozvetvený reťazec, aromatický kruh alebo heterocyklus (Val, Leu, Ile, Met, Thr, Phe, Trp, Lys), potrebuje organizmus prijímať výlučne z potravy (nevie ich vyrobiť sám)
- 20 proteínogénnych aminokyselín

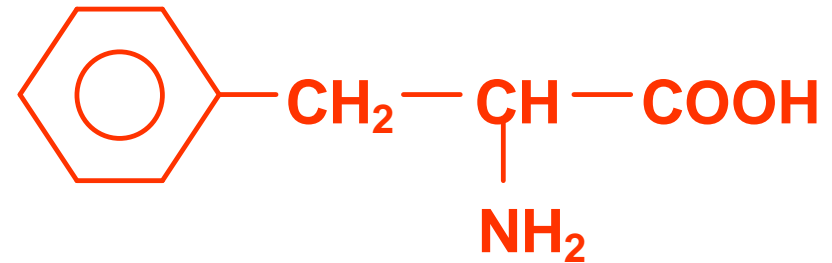
## *Význam aminokyselín:*

- významné stavebné jednotky bielkovín ( $\alpha$ -aminokyseliny, L-aminokyseliny),
- obranná funkcia organizmu

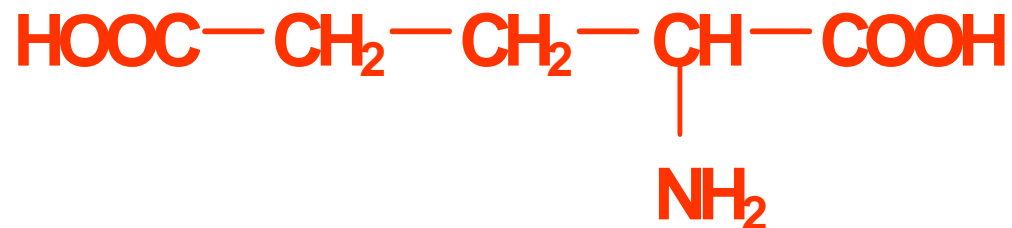
# 1. AMINOKYSELINY



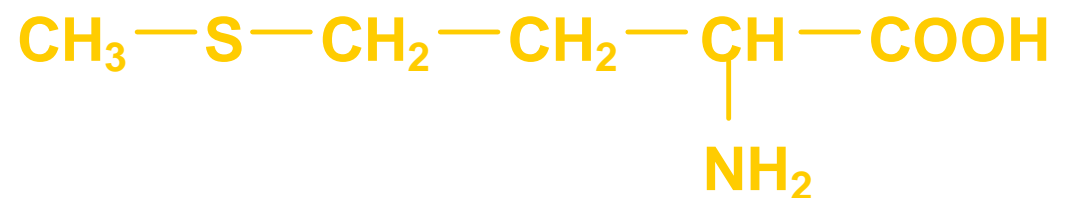
alanin



fenylalanin



kys. glutamová



methionin

# 1. AMINOKYSELINY

- **Peptidová väzba** – vzniká spojením karboxylovej skupiny a  $\alpha$ -aminoskupiny



## 2. BIELKOVINY (proteíny)

- základné zlúčeniny živej hmoty

### Význam

- stavebná (kolagén – kosti, keratín – pokožka)
- katalytická (enzýmy)
- regulačná (hormóny)
- obranná (protilátky)
- transportná (hemoglobín)
- nutričná.

## 2. Bielkoviny

- **Zloženie** – z aminokyselín (AMK)
- (aminokyseliny → oligopeptidy (2-10 AMK) → polypeptidy (>10 AMK) → makropeptidy (bielkoviny, proteíny) (relatívna molekulová hmotnosť > 10 000))

### Bielkoviny:

- **fibrilárne** (skleroproteíny) – nerozpustné vo vode – intermolekulové H-väzby;
- **globulárne** (sféroproteíny) – rozpustné vo vode - intramolekulové H-väzby.

## 2. Bielkoviny

Bielkoviny:

**jednoduché** (proteíny) – skladajú sa len z aminokyselín;

**zložené** (proteidy) – aminokyselina + tzv. prostetická skupina:

**fosfoproteíny** (+ kyselina fosforečná);

**lipoproteíny** (+ lipidy);

**nukleoproteíny** (+ nukleové kyseliny);

**metaloproteíny** (+ kovový prvok);

**glykoproteíny** (+ sacharidy).

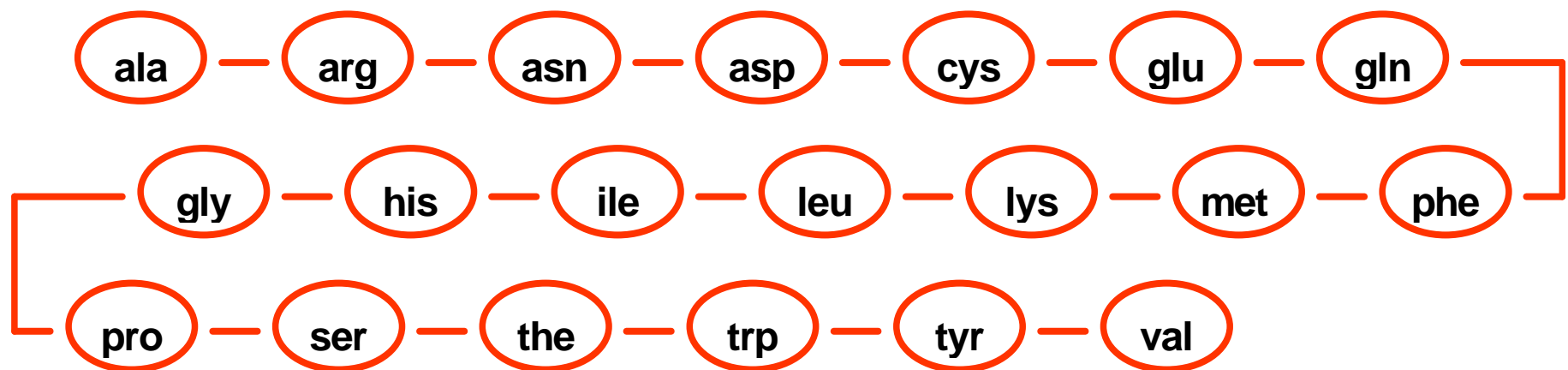
# 2. Bielkoviny

## Štruktúra bielkovín

- **primárna** – poradie aminokyselín, charakter základných väzieb v reťazci



**n** rozličných AMK môže vytvoriť  **$n^m$**  rôznych polypeptidov



## 2. Bielkoviny

- **sekundárna** štruktúra – geometrické usporiadanie reťazcov v priestore
- ovplyvňuje fyzikálne vlastnosti (pevnosť, pružnosť)

**$\alpha$ -helix** – pravotočivá závitnica;

**$\beta$ -štruktúra** – štruktúra skladaného listu

# $\alpha$ -helix

- Závitnica: ľavotočivá, pravotočivá
- Nízka rozpustnosť
- Všetky skupiny –CO a –NH- sú navzájom viazané H-väzbami
- Proteínové vlákna (svaly)
- väčšinou globulárne bielkoviny

# $\beta$ -štruktúra

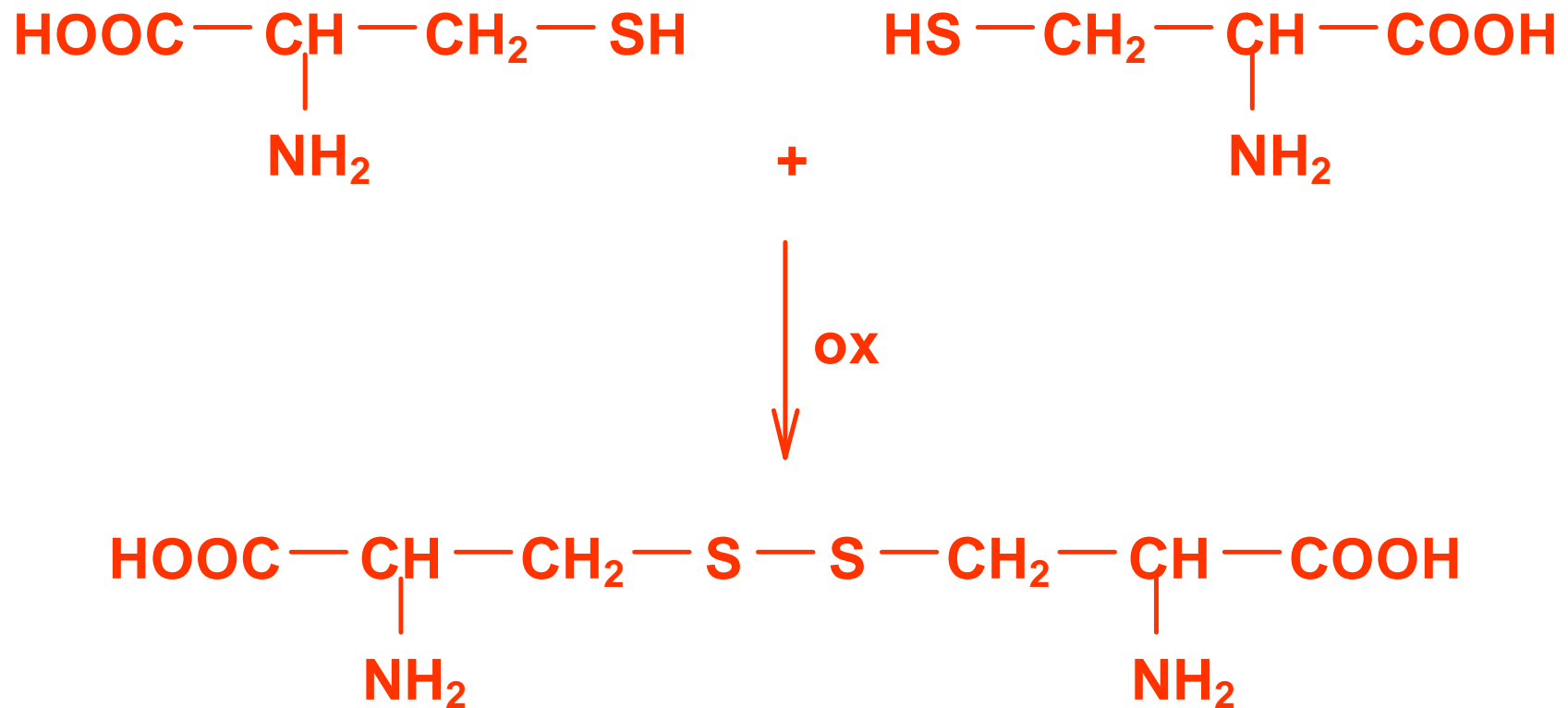
- vodíkové väzby medzi reťazcami
- paralelné alebo antiparalelné usporiadanie
- hlavný proteín v hodvábe
- bielkovina keratín v nechtoch

## 2. Bielkoviny

- **terciárna** štruktúra– priestorové usporiadanie jednotlivých reťazcov, definitívny priestorový tvar (fibrilárny, globulárny);
- **väzby:**
  - vodíkové väzby
  - iónové väzby
  - van der Waalsove sily
  - disulfidické mostíky
- vplyv na biologickú aktivitu (terciárna štruktúra spôsobuje tvar aktívneho centra enzýmov)

## 2. Bielkoviny

- vznik disulfidových mostíkov



## 2. Bielkoviny

- ***kvartérna*** štruktúra– priestorové usporiadanie opakujúcich sa podjednotiek molekuly
- definitívne usporiadanie v priestore pomocou slabých nekovalentných väzieb

## 2. Bielkoviny

**Denaturácia** bielkovín – porušenie sekundárnej a terciárnej štruktúry;

- **reverzibilná** – niektoré soli
- **ireverzibilná** – silné minerálne kyseliny, alkálie, teplo, soli ťažkých kovov

**Koagulácia** – zhlukovanie molekúl (vyzrážanie)

- **tepelná úprava** (napr. var) denaturuje bielkoviny v potravinách; bielkoviny sa stávajú stráviteľnejšie, pričom si zachovávajú biologickú hodnotu a organizmus ich môže ľahšie rozložiť a AMK využiť podľa svojich potrieb

## 2. Bielkoviny

- **HEMOGLOBÍN** - dýchacie farbivo - veľmi rozšírené v prírode
- Zložený chromoproteid, ktorého kvartérna štruktúra je tvorená bielkovinovou zložkou - *globínom* a prostetickou zložkou - *hemom*.
- Molekula globínu je tvorená štyrmi *polypeptidovými podjednotkami* (dve  $\alpha$  a dve  $\beta$  podjednotky), pričom každá podjednotka obsahuje jednu molekulu hemu. Hem je tvorený *porfyrínom*, ktorý je zložený zo štyroch *pyrolových jadier* spojených metínovými mostíkmi, v strede ktorého sa nachádza molekula *dvojmocného železa Fe(II)*. Celkovo sa molekula hemoglobínu skladá z jednej molekuly globínu, štyroch molekúl hemu so štyrmi molekulami železa, ktoré môžu viazať celkovo štyri molekuly kyslíka.

# Enzýmy



# 3. Enzýmy

## Vlastnosti enzýmů:

- znižujú hodnotu aktivačnej energie, čím urýchľujú priebeh chemickej reakcie,
- zúčastňujú sa chemickej reakcie, ale po jej skončení zostávajú v nezmenenom stave,
- sú špecifické pre daný typ reakcie,
- pôsobia len v mieste aktívneho centra (nie celým povrchom),
- chemickú reakciu nielen urýchľujú, ale aj regulujú.

# **Aktívne centrum** – časť povrchu enzýmu, kde prebieha vlastná katalýza (2 teórie – Fischer, Koshland)

[http://www3.interscience.wiley.com:8100/legacy/college/boyer/0471661791/animations/enzyme\\_binding/enzyme\\_binding.swf](http://www3.interscience.wiley.com:8100/legacy/college/boyer/0471661791/animations/enzyme_binding/enzyme_binding.swf)

**Aktívne centrum** –  
podľa Fishera–kľúč a zámok (hore)  
podľa Koshlanda –indukované prispôsobenie (dole)

# 3. Enzýmy

## NÁZVOSLOVIE ENZÝMOV

- **triviálne**: názov substrátu + koncovka **-áza**
- **systemové**: názov + poradové číslo na princípe desiatinného triedenia

Rozdelenie enzýmov do tried:

1. **oxidoreduktázy** - prenos elektrónov a protónov  $H^+$  pri redoxných reakciách (etanol  $\rightarrow$  acetaldehyd),
2. **transferázy** - prenos charakteristickej skupiny medzi dvoma substrátmi (ATP + glukóza),
3. **hydrolázy** - hydrolýza substrátov (triacylglyceroly  $\rightarrow$  glycerol + mastné kyseliny),
4. **lyázy** - nehydrolytické štiepenie väzieb (dekarboxylácia aminokyselín),
5. **izomerázy** - vzájomné premeny izomérov (glukóza-6-fosfát  $\rightarrow$  fruktóza-6-fosfát),
6. **ligázy** (syntetázy) - syntéza dvoch substrátov v prítomnosti ATP.

# MECHANIZMUS ENZÝMOVÝCH REAKCIÍ

Mechanismus:

enzým + substrát → meziprodukt → produkt + enzym

# MECHANIZMUS ENZÝMOVÝCH REAKCÍ



# 3. Enzýmy

## FAKTORY OVPLYVNĚJÍCÍ AKTIVITU ENZÝMŮV

- Koncentrace substrátu - vyplývá z rovnice Michaelisa a Mentenovej
- Teplota – optimálna, pre väčšinu enzýmov 25-45°C
- Hodnota pH – ovplyvňuje vznik väzby medzi E a S
- Iónová sila prostredia – ovplyvňuje rozpustnosť a tvar enzýmov
- Efektory – modifikátory enzýmovej aktivity (aktivátory, inhibítory)

# 3. Enzýmy

Rovnica Michaelisa a Mentenovej

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{[S] + K_m}$$

# 3. Enzýmy

Rovnica Lineweavera a Burka

$$\frac{1}{v_0} = \frac{K_M}{v_{\max}} \frac{1}{[S]} + \frac{1}{v_{\max}}$$

# 3. Enzýmy

Vplyv teploty a pH na rýchlosť enzýmových reakcií

# 3. Enzýmy

- **Inhibítory** - znižujú rýchlosť enzýmovej reakcie, alebo ju úplne zastavujú.
- **Inhibícia:**
  - *vratná* – po odstránení inhibítora enzým obnoví svoju aktivitu,
  - *nevratná*, keď inhibítor spôsobí trvalú zmenu enzýmu a jeho aktivitu už nemožno obnoviť.
- **Typy inhibície:**
  - kompetitívna
  - nekompetitívna
  - alosterická

# 3. Enzýmy

- *Kompetitívna* (konkurenčná) *inhibícia* - inhibítor a substrát si navzájom konkurujú o naviazanie sa na aktívne centrum enzýmu (majú podobnú štruktúru). Tento typ inhibície je vratný, pretože nadbytkom substrátu inhibíciu odstránime.

# 3. Enzýmy

- *Nekompetitívna inhibícia* sa nedá odstrániť nadbytkom substrátu. Inhibítor sa naviaže na aktívne centrum enzýmu a vytvorí neaktívny komplex enzým-inhibítor.

# 3. Enzýmy

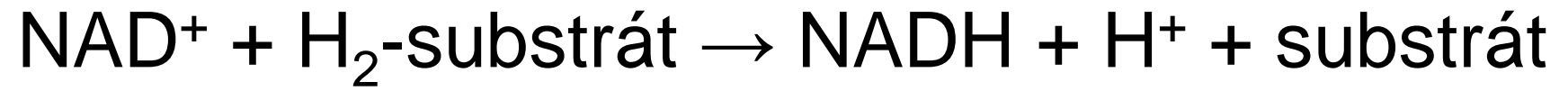
## KOFAKTORY

- **Kofaktory** (koenzýmy a prostetické skupiny) – malé molekuly nebielkovinovej povahy, potrebné pre funkciu enzýmov. Zvyčajne obsahujú heterocyklus.

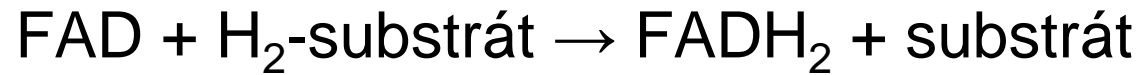
### **Kofaktory:**

- **oxidoreduktáz** (NAD, NADP, FMN, FAD, CoQ)
- **transferáz** (AMP, ADP, ATP, CoA, CoF)
- **lyáz a ligáz** (kyanokobalamín, biotín, UDPG)

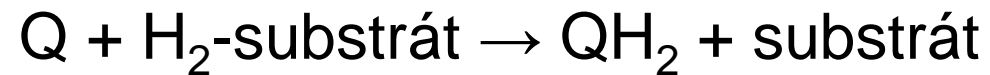
- ***Nikotínamidové nukleotidy*** – nikotínamid, ribóza, adenín, 2 alebo 3 zvyšky kyseliny fosforečnej.  
Najdôležitejšie prenášače vodíka v systéme bunkového dýchania (biologické oxidácie)
- NAD – nikotínamidadenín dinukleotid
- NADP - nikotínamidadenín dinukleotidfosfát



- ***Flavínové nukleotidy*** – kofaktory tzv. žltých enzymov; izoaloxazínové jadro; prenos vodíka
- FMN - flavínmononukleotid
- FAD - flavínadeníndinukleotid



- **Ubichinón** (koenzým Q) – p-chinónové jadro; vedľajší reťazec má izoprénový charakter; transport elektrónov v dýchacom reťazci



## KOFAKTORY TRANSFERÁZ

- **Adenozínfosfáty** – základné donory a akceptory zvyškov kyseliny fosforečnej v živých systémoch
- AMP – adenzínmonofosfát
- ADP – adenzíndifosfát
- ATP – adenzíntrifosfát

- *Koenzým A* (CoA, KoA) – prenos zvyškov karboxylových kyselín
- *acetylkoenzým A* (aktívna kyselina octová)
- *Koenzým F* (formylačný) - - prenos jednouhlíkatých zvyškov (metabolizmus aminokyselín, biosyntéza purínových a pyrimidínových nukleotidov)

## KOFAKTORY LYÁZ A LIGÁZ

- *Kyanokobalamín* – prenos karboxylovej skupiny
- *Biotín* (vitamín H) – prenos oxidu uhličitého (karboxylačné procesy)
- *Uridíndifosfoglukóza* (UDPG) – biosyntéza sacharidov

## 4. Kontrolné otázky

1. Aminokyseliny – štruktúra, rozdelenie, význam, peptidová väzba.
2. Bielkoviny – význam, rozdelenie, zloženie, štruktúra.
3. Enzýmy – zloženie, rozdelenie, vlastnosti, štruktúra, aktívne centrum, mechanizmus enzýmových reakcií, faktory ovplyvňujúce rýchlosť enzýmových reakcií, kofaktory.