

# Biochemie trávení

# Trávení

U jednoduchých organismů (např. prvoci) probíhá v trávicích (fagocytárních) vakuolách.

U vyšších organismů v různě složitém trávicím systému.

Trávení = soubor mechanických a chemických procesů, při kterých je potrava rozkládána na jednodušší, rozpustné látky, které organismus dokáže vstřebat a využít.

Trávení má i obranný význam, neboť se jím mohou pozměnit některé toxické látky, cizorodé makromolekuly a buňky přítomné v potravě.

Trávicí šťávy obsahují potřebné enzymy na trávení jednotlivých složek potravy.

Vylučování trávicích šťáv není trvalé, ale je regulováno hormonálně ve spolupráci s centrální nervovou soustavou.

Jednoduché látky se vstřebávají přes stěnu střeva do krve a lymfy.

Vstřebávání látek začíná už v ústech, kde se vstřebávají některé nízkomolekulární látky, jako např. alkohol nebo léčiva.

Většina látek se však vstřebává až ve střevě (zejména tenkém), přičemž vstřebávání je selektivní (např. cholesterol se vstřebává, zatímco ergosterol ne).

Ze sacharidů se rychle vstřebává glukóza, galaktóza a fruktóza.

Maltóza se rychle rozkládá na glukózu, která se vstřebává, zatímco laktóza a sacharóza se nerozložené vstřebávají málo a rychle se vylučují ledvinami.

Proteiny jsou využitelné teprve po rozložení na aminokyseliny.

Lipidy se vstřebávají taktéž teprve po rozložení na složky, le některé lipidy se vstřebávají přímo.

# Ústní dutina a sliny

Vylučování slin je reflexní proces (1 – 1,5 l/den).

Sliny obsahují asi 0,58 % sušiny.

pH slin je asi 6,5.

Hlavní organickou složkou slin je mucin (směs glykoproteinů).

Z enzymů je nejdůležitější  $\alpha$ -amyláza (ptyalin), která štěpí  $\alpha$ -1,4-glykosidové vazby polysacharidů.

Vyskytuje se v množství 0,3 – 0,4 g/l.

Amyláza je aktivována ionty chloru a vápníku a rychle se inaktivuje při pH nižším než 4.

Kromě amylázy jsou ve slinách i další enzymy jejichž aktivita je však zanedbatelná (**Lysozym** je enzym, který se vyskytuje ve slinách, slzách, vaječném bílku, nosním hlenu, krevní plazmě, granulech neutrofilů a mateřském mléce. Díky schopnosti narušovat bakteriální stěnu má silné antibakteriální účinky. Označení pochází z řeckého slova *lysis* (rozpouštění).

Funkce slin:

- brání vysychání ústní sliznice
- zvlhčují sousto a obalují mucinem
- desinfekční funkce
- štěpení škrobu a glykogenu

# Žaludek a žaludeční šťáva

Žaludeční šťáva je velmi agresivní, proto je žaludeční stěna potažena vrstvou mucinózního hlenu, který má slabě alkalickou reakci.

V žaludeční sliznici se po pozření potravy vytváří velmi účinný hormon gastrin, který rychle přechází do krve a krví do buněk žaludku.

Gastrin podněcuje tvorbu kyseliny chlorovodíkové a trávicích enzymů (pepsinogen), zvyšuje motilitu žaludku, střev a žlučníku.

Tvorbu gastrinu stimulují zejména výtažky z masa a jater, některé aminokyseliny, etanol a pH vyšší než 2,5.

Žaludeční sliznice produkuje glykoprotein apoerytein, který s vitamínem B12 poskytuje erytein.

Erytein nepodléhá rozkladu trávením, což umožňuje vstřebat vitamin B12 v neporušeném stavu.

U lidí trpících zhoubnou anémií se apoerytein neprodukuje, proto vitamin B12 podávaný perorálně nemá účinek.

Žaludeční šťáva je čirá kapalina s pH 1 – 1,5, které se za den vytvoří asi 2 litry.

# Složení žaludeční šťávy

Kyselina chlorovodíková

Kyselina močová

Močovina

Pepsinogen

Lipáza

Ionty:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $(\text{PO}_4)^{3-}$ ,  $(\text{SCN})^-$

Žaludeční šťáva je vylučována pepsinogenními (hlavními) buňkami, krycími buňkami (HCl) a mucinózními (mucin) buňkami.

Pepsinogen se autokatalyticky a působením kyseliny chlorovodíkové aktivuje na pepsin (odštěpením 42-aminokyselinové části řetězce).

Pepsin je endopeptidáza, která hydrolyzuje peptidové vazby, zejména vazby, které tvoří svým karboxylem aromatické aminokyseliny, leucin anebo dikarboxylové aminokyseliny, ale neuvolňuje jednotlivé aminokyseliny.

Žaludeční šťáva mláďat savců obsahuje proteinázu chymozin (rennin), která zapříčiňuje koagulaci mléka a tak zabraňuje jeho rychlému vyloučení ze žaludku.

V přítomnosti  $\text{Ca}^{2+}$  a při pH 4 odštěpuje chymozin z kaseinu kyselinu fosforečnou z její fosfoamidové vazby a mění tak ireverzibilně rozpustný kasein a na nerozpustnou vápenatou sůl parakaseinu, kterou potom štěpí pepsin.

Žaludeční šťáva obsahuje také lipázu, která se však snadno inaktivuje, navíc tuky v této části TS nejsou ještě dostatečně emulgované.

V žaludku se inaktivuje amyláza slin a proto se zde trávení škrobu a glykogenu zpomaluje.

Působením pepsinu se maso rozplétá na vlákna, kasein se degraduje a z glutenu obsaženého v pečivu se uvolňují škrobová zrna.

Žaludeční šťáva působí také rozpad rostlinných pletiv.

# Dvanáctník, pankreatická šťáva, žluč

Do dvanáctníku ústí pankreas a žlučník.

Pankreatická šťáva je čirá kapalina s pH 7,5 – 8,8 a denně se jí vyprodukuje 500 – 800 ml.

Obsahuje asi 13 % sušiny, z toho polovinu tvoří anorganické látky.

Organický podíl tvoří vícere enzymy:

➤ peptidázy,  $\alpha$  – amyláza, lipáza, chlesterolesteráza, fosfolipázy, ribonukleázy, deoxyribonukleázy

Některé enzymy jsou produkovány ve formě zymogenů:

➤ tripsynogen, chymotripsynogen, prokarboxypeptidázy

Trypsin je vytvářen jako trypsinogen a je aktivován enteropeptidázou (proteolyticky působící glykoprotein dvanáctníku) za účasti  $\text{Ca}^{2+}$  iontů.

Trypsin je endopeptidáza, která hydrolyzuje především peptidové vazby vytvořené karboxylem lyzinu a argininu.

Chymotrypsinogen se aktivuje odštěpením dvou dipeptidů působením trypsinu.

Chymotrypsin má podobnou specifčnost jako pepsin.

Pankreatické prokarboxypeptidázy jsou rovněž aktivovány trypsinem a patří mezi exopeptidázy.

Karboxypeptidáza B odštěpuje arginin a lyzin.

Karboxypeptidáza A ostatní aminokyseliny kromě prolinu.

Amyláza pankreatické šťávy je podobná amyláze slin.

Žlučové kyseliny emulgují lipidy a tak je zpřístupňují působení lipáz.

Tvorba pankreatické šťávy je regulována hormonálně a prostřednictvím CNS.

Endokrinní buňky horní části tenkého střeva produkují sekretin, cholecystokinin a pankreozymín.

Sekretin je peptid složený z 27 aminokyselin.

Působením sekretinu se zvyšuje množství vody a hydrogenuhličitanů v pankreatické šťávě, zintenzivňuje se tvorba žluči a zvyšuje se koncentrace žlučových hydrogenuhličitanů.

Na sekreci žaludeční sliznice a žaludeční motilitu působí sekretin inhibičně.

Cholecystokinin (pankreatozymín) je peptid složený ze 33 aminokyselin.

Stimuluje vylučování pankreatických enzymů a kontrakce žlučníku.

# Tenké střevo, střevní šťáva

Trávení v tenkém střevě trvá 5 – 8 hodin a následuje proces vstřebávání.

Ve střevě pokračuje působení enzymů pankreatické šťávy + působení enzymů střevní šťávy.

Střevní šťáva obsahuje 1 – 2 % sušiny.

pH střevní šťávy je 7 – 8.

Střevní šťáva obsahuje velké množství mucinu a enzymy:

➤ aminopeptidáza, prolidáza, dipeptidázy, sacharáza, maltáza, laktáza, fosfatáza, polynukleotidáza, nukleosidáza, fosfolipáza.

V tenkém střevě jsou téměř všechny biopolymery rozloženy na nízkomolekulární jednotky, které jsou vstřebávány přes stěnu teného střeva do krve.

Ke vstřebávání je v tenkém střevě člověka přibližně 5 milionů klků.

Vstřebává se zde také většina vody.

Nestrávené a nestravitelné zbytky pokračují do tlustého střeva, kde je část z nich potravou symbiotických bakterií.

Symbiotické bakterie tlustého střeva produkují spektrum životně důležitých vitaminů, které hostitelský organismus aktivně využívá.

# Trávení a vstřebávání sacharidů

Ústní dutina –  $\alpha$ -amyláza štěpí škrob a glykogen přes dextriny až na maltózu.

Jedná se pouze o částečné trávení, neboť  $\alpha$ -amyláza se v kyselém prostředí žaludku inaktivuje.

Pankreatická amyláza a enzymy střevní šťávy (maltáza, izomaltáza, laktáza, sacharáza, a další) rozloží polysacharidy a oligosacharidy až na monosacharidy.

Lidský trávicí systém však nedokáže rozložit celulózu.

Monosacharidy se vstřebávají v tenkém střevě.

Rychlost vstřebávání je pro jednotlivé monosacharidy různá:

- nejrychleji se vstřebává galaktóza a glukóza
- o polovinu pomaleji fruktóza
- nejpomaleji manóza, xylóza a arabinóza

Disacharidy se v tenkém střevě běžně nevstřebávají.

# Trávení a vstřebávání lipidů

U člověka začíná trávení tuků v žaludku účinkem žaludeční lipázy, která je aktivní v kyselém prostředí.

Hydrolýza tuků zde však není nijak výrazná, protože tuky v žaludku ještě nejsou dostatečně emulgovány.

Ve větší míře se zde štěpí pouze mléčný tuk, jelikož se při srážení kaseinu adsorbuje na jeho povrch, čímž je na velké ploše přístupný žaludeční lipáze.

Intenzivní hydrolýza tuků začíná teprve ve dvanáctníku působením pankreatické lipázy aktivní v slabě alkalickém prostředí (pH 8 – 8,8).

Do dvanáctníku se rovněž vlévá žluč ze žlučníku po jeho kontrakci působením hormonů tenkého střeva cholecystokyninu a hepatokryninu.

Na emulgaci tuků se účastní především žlučové kyseliny. Další lipázy pro hydrolýzu tuků jsou obsaženy ve střevní šťávě.

Při trávení nenastává úplná hydroláza všech lipidů.

Trávením vzniká směs lipidů, jejich složek a meziproduktů hydrolýzy lipidů, která se vstřebává v tenkém střevě přímo nebo pomocí žlučových kyselin.

Vstřebávání lipidů je výběrové (např. ze sterolů se cholesterol vstřebává, zatímco fytosteroly nikoliv).

V buňkách tenkého střeva se ze vstřebaných lipidů tvoří lipoproteinové částice tzv. chylomikrony.

Jsou to kuličky o průměru 0,1 – 1  $\mu\text{m}$ , v jejichž středu jsou tuky (triacylglyceroly), estery cholesterolu a část volného cholesterolu.

Na povrchu chylomikronů jsou fosfolipidy, proteiny a volný cholesterol. Chylomikrony procesem připomínajícím obrácenou pinocytózu prostupují ze střevních buněk do krve a mízy.

Krví se lipidy a jejich složky dostávají do jater, kde jsou dále štěpeny nebo resyntetizovány.

# Trávení a vstřebávání proteinů

Proteiny přijaté v potravě jsou v trávicí soustavě štěpeny proteolytickými enzymy trávicích šťáv.

Trávení proteinů začíná v žaludku účinkem pepsinu.

Keratin se pepsinem neštěpí, elastin pouze částečně.

Kasein se sráží na parakaseinát vápenatý a v této podobě podléhá štěpení pepsinem.

V žaludku se proteiny pouze částečně natráví, jejich intenzivní štěpení začíná teprve ve dvanáctníku účinkem endopeptidáz trypsinu a chymotrypsinu, které pokračují v rozkladu proteinů natrávených pepsinem.

Exopeptidázy jako jsou karboxypeptidázy A a B, aminopeptidáza a dipeptidázy hydrolyzují peptidové vazby na konci peptidových řetězců, případně v dipeptidech, čímž vznikají volné aminokyseliny.

Ve střevní šťávě jsou obsaženy také exopeptidázy, které dokončují štěpení peptidových řetězců.

Savci štěpí pouze peptidy složené z L-aminokyselin.

Pouze tento typ aminokyselin se vstřebává v tenkém střevě.

Pouze výjimečně se přes stěnu tenkého střeva vstřebá peptid složený kromě L-aminokyselin i z D-aminokyselin.

Takové peptidy většinou působí toxicky (např. faloidin a

Aminokyseliny jsou vstřebávány v tenkém střevě.

Předpokládá se, že přes stěnu tenkého střeva se mohou vstřebávat také velmi jednoduché peptidy.

Krev pak rozvádí vstřebané aminokyseliny a peptidy v organismu jakožto živiny.

# Trávení a vstřebávání nukleových kyselin

V trávicí soustavě se štěpí také nukleové kyseliny a nukleoproteiny přijaté v potravě.

Proteinová složka nukleoproteinů je štěpena již v žaludku a její trávení se dokončuje v tenkém střevě.

Nukleové kyseliny (polynukleotidy) se ve dvanáctníku pankreatickou ribonukleázou a deoxyribonukleázou a v tenkém střevě pak polynukleotidázami (fosfodiesterázami) mononukleotidázami (fosfomonoesterázami a fosfatázami) a nukleosidfosforylázami postupně štěpí na nukleotidy, nukleosidy, kyselinu fosforečnou, dusíkaté báze a pentózafosfáty.

Nukleotidy a nukleosidy se vstřebávají v tenkém střevě do krve a jsou transportovány k metabolickým přeměnám do jater.