

# Trávení

Všechny látky přijaté ústy do gastrointestinálního traktu (GIT), jsou označovány jako potrava. Potrava se skládá z živin, tekutin, minerálů a vitaminů. Jednotlivé živiny (cukry, tuky a bílkoviny), jsou v organismu využity jako stavební materiál. Proces **trávení** je nezbytný k tomu, aby mohly být tyto látky, obvykle přijímané v podobě složitých organických látek, vstřebány v tenkém střevě.

## Proces trávení

Trávením myslíme chemický proces štěpení pomocí specifických enzymů. Trávicí enzymy produkují žlázy buňky v dutině ústní a žaludku a exokrinní část pankreatu. Důležitou funkci v trávení má **tenké střevo**, ve kterém dochází k prostupu základních stavebních jednotek potravy, tedy aminokyselin, mastných kyselin a monosacharidů, přes jeho sliznici do krve nebo lymfy. Tomuto přestupu říkáme **resorpce**. Slizniční epitel tenkého střeva tvoří dva typy buněk:

- **Enterocyty** uplatňující se v trávení, resorpci a sekreci
- **Pohárkové buňky** produkující hlen, mucus, chránící povrch epitelu

Existuje několik mechanismů, které zajišťují přestup látek z lumen tenkého střeva do extracelulární tekutiny. Jedná se o difuzi, facilitovanou difuzi, aktivní transport a pinocytózu.

## Trávení sacharidů

**Sacharidy** jsou potravou přijímány hlavně jako **polysacharidy, disacharidy a monosacharidy**.

Hlavním polysacharidem je **roslinný škrob**, složený z amylopektinu a amylozy. Molekuly glukózy jsou v něm uspořádány v rovných či mírně rozvětvených řetězcích a jsou vázány 1,4  $\alpha$ -glykosidovými vazbami. Polysacharid **živočišného původu je glykogen**, který je tvořen molekulami glukózy s rozvětvenými řetězci spojené 1,6  $\alpha$ -glykosidovými vazbami. Mezi disacharidy patří **sacharóza** (řepný cukr) a **laktóza** (mléčný cukr). Mezi monosacharidy zařazujeme **glukózu a fruktózu**.

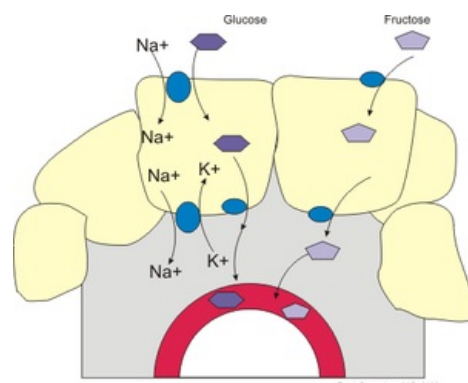
**Celulóza, hemicelulóza a pektin** patří mezi nestravitelné rostlinné polysacharidy, nemají tedy pro člověka nutriční význam, ale jsou **součástí vlákniny** v potravě. Vláknina je pro člověka nestravitelná, je však stravitelná bakteriemi tlustého střeva, snižuje také cholesterol a má význam v prevenci rakoviny tlustého střeva. Má význam v regulaci střevních funkcí.

Trávení škrobu **začíná v ústech** působením enzymu slinných žláz – **ptyalinu**. Jeho aktivita je utlumena v kyselém žaludečním obsahu a poté pokračuje v duodenu účinkem pankreatické  $\alpha$ -amylázy. Zásaditá pankreatická šťáva neutralizuje kyselý chymus přicházející do duodena ze žaludku a umožní tak činnost pankreatické amylázy, která dokončí štěpení škrobu a glykogenu na jednodušší sacharidy (maltóza, maltotrióza a oligosacharidy, především  $\alpha$ -dextrin).<sup>[1]</sup> Vlastní resorpce sacharidů probíhá pouze na úrovni monosacharidů, enzymy kartáčového lemu membrány enterocytů musí dokončit štěpení vzniklých oligosacharidů.

## Vstřebávání sacharidů

Konečnými produkty trávení jsou jednoduché cukry – **glukóza, galaktóza a fruktóza**. Vzniklé monosacharidy jsou následně **transportovány do enterocytů**. Glukóza a galaktóza využívají sekundárně aktivního transportu s ionty  $\text{Na}^+$  pomocí přenašeče SGLT-1 a 2, fruktóza přechází do enterocytu facilitovanou difúzí pomocí přenašeče GLUT-5.<sup>[1]</sup>

Glukóza přechází z enterocytu facilitovanou difúzí pomocí přenašeče GLUT-2 dále do žil sbírajících se do veny portae, fruktóza je z větší části přes fruktóza-6-fosfát a glukóza-6-fosfát přeměněna na glukózu, menší část vstupuje do krve také pomocí přenašeče GLUT-2.<sup>[1]</sup>



Vstřebávání sacharidů

## Trávení lipidů

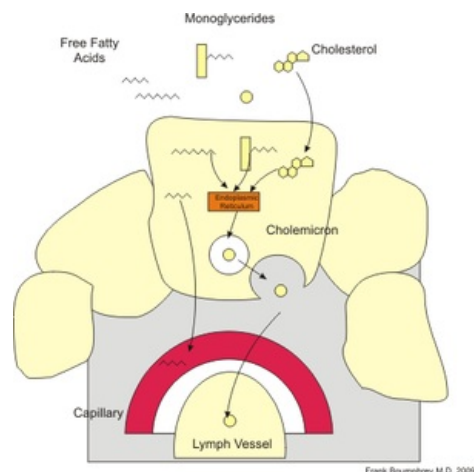
**Tuky** jsou potravou přijímány ve formě **triacylglycerolů** (až 90 %), **fosfolipidů a esterů cholesterolu**. Lipidy jsou špatně rozpustné ve vodě, takže jsou triacylglyceroly štěpeny lipázami, které jsou produkovány Ebnerovými žlázami kořene jazyka, žaludečními žlázami a acinárními buňkami pankreatu.

## Proces trávení lipidů

Přibližně 10–30 % triacylglycerolů je tráveno již v žaludku, kde kyselé pH představuje optimální podmínky pro činnost jazykové a žaludeční lipázy. Zbytek je štěpen pankreatickou lipázou v pH neutrálním prostředí duodena a jejuna. Pro optimální činnost lipáz je nezbytná **emulgace tuků**, která nabízí enzymům větší povrch pro štěpení. V žaludku jsou tuky emulgovány mechanicky motilitou aborální části žaludku, v tenkém střevě funkcí emulgátoru solí žlučových kyselin a lecitinu. Lipolytický účinek pankreatické lipázy je podmíněn přítomností kolipázy, která se jako enzym pankreatické šťávy navazuje na kapičky tuku. Výsledkem trávení triacylglycerolů jsou volné mastné kyseliny, mono- a diacylglyceroly. Vzniklé produkty trávení jsou přeměněny za spoluúčasti solí žlučových kyselin na **micely**, které jsou nezbytnou podmínkou pro normální vstřebávání tuků.

## Vstřebávání lipidů

**Micely** putují mezi mikrokly a jejich obsah se rozptýlí v pomalu se pohybující tekutině. Složky lipidů zde dosahují vysokých koncentrací a díky svým hydrofobním vlastnostem difundují přes luminální membránu enterocytů. Shromažďují se ve vezikulech hladkého endoplazmatického retikula, kde se z nich znovu vytvoří molekuly lipidů. Jejich povrch pokrývají fosfolipidy a  $\beta$ -lipoprotein vytvořený v ribosomech enterocytů. Takto vznikají **chylomikrony** (tukové kapénky), které opouštějí buňku exocytózou do bazolaterálního prostoru. Jelikož jsou chylomikrony příliš velké, neprošly by bazální membránou do krevních kapilár, a tak vstupují do lymfatických kapilár a s lymfou se dostávají do krve. Většina tuků se vstřebává v duodenu a jejunu. Zbývající žlučové kyseliny se vstřebávají v terminálním ileu, odtud difundují nebo jsou přenášeny aktivním transportem přes luminální membránu a nakonec přestupují přes bazolaterální membránu do krve. Portálním oběhem se dostávají do jater, kde jsou s nově vytvořenými žlučovými kyselinami vyloučeny do žluče.



Vstřebávání lipidů

## Trávení proteinů

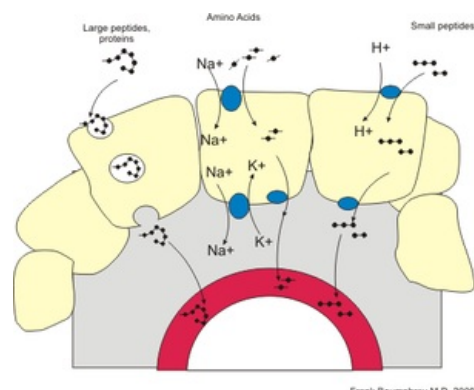
Trávení proteinů začíná v žaludku působením endopeptidázy pepsinu. **Pepsin** je secernován hlavními buňkami fundu a těla žaludku ve formě neaktivních proenzymů. Prekurzorem je **pepsinogen**, který je pomocí kyseliny chlorovodíkové přeměněn na pepsin. Kyselé žaludeční prostředí v rozmezí pH 1,8–4 vytváří optimální prostředí pro jeho činnost, která ustává v tenkém střevě, jakmile se žaludeční obsah smísí s alkalickou pankreatickou šťávou. V pankreatické šťávě se do duodena dostávají další proteolytické enzymy, které jsou zodpovědné za rozklad polypeptidů vzniklých trávením v žaludku. Jedná se o endopeptidázy (**trypsin, chymotrypsin a elastáza**), které štěpí vnitřní peptidové vazby a karboxypeptidázy (prokarboxypeptidázy A,B a neaktivní formy enzymů), které odštěpují jednotlivé aminokyseliny na karboxylovém konci peptidového řetězce. Štěpení na závěrečné produkty (**aminokyseliny**) probíhá buď ve střevním lumen, v kartáčovém lemu enterocytů, nebo až v cytoplasmě slizničních buněk.

## Vstřebávání proteinů

Trávením uvolněné aminokyseliny mají **specializované transportní systémy** na luminální i bazolaterální straně membrány, odkud jsou přenášeny do intersticia a poté do krevního oběhu. Na luminální straně probíhá resorpce pomocí specializovaných přenašečů pro jednotlivé typy aminokyselin. Na bazolaterální membráně probíhá resorpce pomocí difúze.

**Neutrální a kyselé aminokyseliny** jsou přenášeny do slizničních buněk pomocí sekundárně aktivních  $\text{Na}^+$  symportů a poté se pasivně nebo na nosiči dostávají do krve.

**Bazické aminokyseliny** (arginin, lysin, ornitin) mají vlastní transportní systémy. Část aminokyselin se vstřebá v podobě dipeptidů nebo tripeptidů sekundárním aktivním transportem s využitím kotransportu se sodíkem. Resorpce di- a tripeptidů probíhá rychleji. V enterocytech jsou dipeptidy a tripeptidy štěpeny cytoplazmatickými enzymy na jednotlivé aminokyseliny.



Vstřebávání proteinů

## Vstřebávání vody a elektrolytů

Člověk denně přijme asi 2 litry vody. Mimo to je do gastrointestinálního traktu vylučováno slinami, žaludeční šťávou, pankreatickou šťávou, žlučí a střevní šťávou asi 7 litrů denně. Stolicí je vyloučeno jen 100–200 ml vody a musí být téměř **98 % této tekutiny vstřebáno**.

**Voda** se pohybuje přes stěnu gastrointestinálního traktu pasivními procesy v obou směrech. Resorpce probíhá hlavně v jejunu a ileu. Pohyb vody střevní cestou je podmíněn **osmoticky**. Tenké střevo je relativně propustné pro vodu a vstřebávaná tekutina je **izotonická**. Tlusté střevo je méně propustné a vstřebávaná tekutina je **hypertonická**. Účinnost vstřebávání můžou ovlivnit poruchy vstřebávání látek. Přítomnost nevstřebatelných,

osmoticky aktivních látek zvyšuje rychlost pasáže střevního obsahu a absorpční procesy nemají dostatek času. Tyto látky působí jako projímadlo, výsledkem je tekutá stolice. Účinnost vstřebávání vody také klesá při zvýšeném krevním tlaku v portálním oběhu.

**Na<sup>+</sup> ionty** jsou vstřebávány po celé délce střev. Na lumenální straně vstupují ionty třemi způsoby vždy za účasti Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPázy:

1. Kotransportem Na<sup>+</sup> na nosiči s dalšími látkami (AK, glukóza).
2. Difúzí iontů Na<sup>+</sup> na základě elektrochemického gradientu. Hlavně v tlustém střevě.
3. Paralelním transportem Na<sup>+</sup> a Cl<sup>-</sup>. V ileu je Na<sup>+</sup> vyměňován za H<sup>+</sup> a současně Cl<sup>-</sup> za HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. H<sup>+</sup> a HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> se spojí za vzniku vody a CO<sub>2</sub>, který difunduje do buněk. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ionty pocházejí ze žluči a pankreatické šťávy.

Stolice je chudá na ionty Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> a vodu, ale je v ní vyloučeno přibližně 1/3 přijatého Ca<sup>2+</sup>.

## Vstřebávání vitaminů a minerálů

**Vitaminy** jsou organické nízkomolekulární látky nezbytné v malých množstvích pro správné fungování organismu. Tělo si je neumí (až na některé výjimky) samo vytvořit, a proto je musíme přijímat v potravě. Jejich hlavní funkcí je látková přeměna a regulace metabolismu.

## Vitaminy rozpustné v tucích

**Vitaminy rozpustné v tucích** (A, D, E, K) vstupují difúzí ve formě micel do enterocytů, kde se stávají součástí chylomikronů.

## Vitaminy rozpustné ve vodě

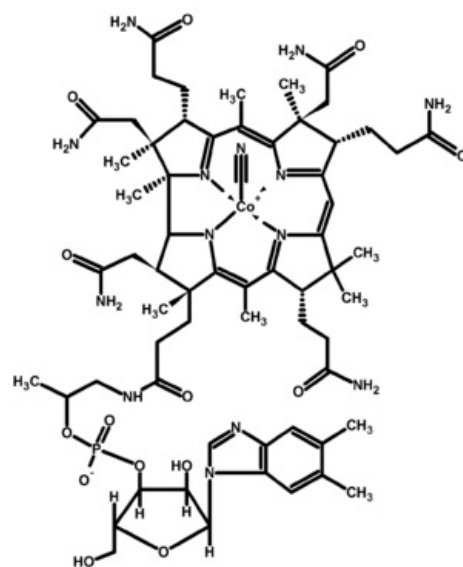
**Vitaminy rozpustné ve vodě** jsou vstřebávány v proximální části tenkého střeva. Jsou aktivně resorbovány symportem s Na<sup>+</sup>. Jen vitamin **B<sub>6</sub>** prostupuje střevní stěnu difúzí. **Vitamin B<sub>12</sub>** (kobalamin) musí člověk přijímat stravou. Nejdůležitějšími produkty živočišného kobalaminu jsou játra, ledviny, maso, ryby a vejce. Váže se v žaludku a duodenu na glykoprotein tvořený parietálními buňkami žaludeční sliznice (vnitřní faktor). Navázaný na vnitřní faktor se vstřebává endocytózou. V cytoplasmě je oddělen od vnitřního faktoru a vitamin B<sub>12</sub> je aktivně přenesen přes bazolaterální membránu do krve. A odtud je odveden navázaný na bílkoviny do jater.

## Vápník

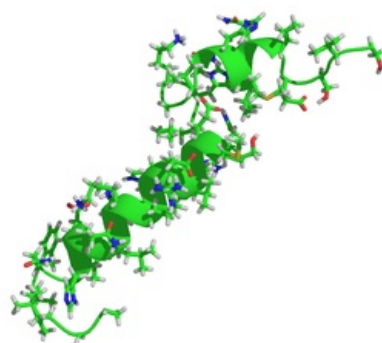
**Vápník** se vstřebává ve všech oddílech střeva, hlavně ale v jejunu a ileu. Ionty Ca<sup>2+</sup> jsou přeneseny do cytoplazmy navázané na specifické proteiny na lumenální straně enterocytů. V cytoplasmě se vážou na cytoplazmatický kalcium-vážíci protein nebo vstupují do mitochondrií. Vstřebávání vápníku řídí **vitamin D a parathormon**.

## Železo

**Železo** přijaté potravou se vstřebá jen v malém množství. Denně se přijme potravou okolo 15–20 mg. Dospělí muž i žena vstřebá denně 1–1,5 mg, těhotné ženy a děti více. Nejlépe se vstřebává **železo hemu**. Lépe se také vstřebává **Fe<sup>2+</sup>** než Fe<sup>3+</sup>, protože netvoří nerozpustné sloučeniny. Ve střevě je železo vázáno na transferin, který se váže na specifický receptor lumenální strany enterocytů a je přenesen do cytoplazmy endocytózou. V cytoplasmě je železo uvolněno a naváže se na cytoplazmatický feritin. Část zásoby železa je od feritinu oddělena (množství potřebné pro organismus) a je transportována do krve, kde se váže na plazmatický transferin. Zbytek železa se dostává do střevního obsahu a je vyloučeno stolicí.



Molekula vitaminu B12 (kobalamin)



3D struktura parathormonu

## Odkazy

### Související články

- Trávicí soustava
- Tenké střevo

- Slinivka břišní
- Sacharidy v potravě
- Bílkoviny v potravě
- Tuky v potravě

## Použitá literatura

- KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. 1. vydání. Praha : Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.
  - SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS. *Atlas fyziologie člověka*. 6. vydání. Praha : Grada, 2011. ISBN 978-80-247-0630-6.
  - GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vydání. Praha : Galén, 2005. 890 s. ISBN 80-7262-311-7.
1. GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vydání. Praha : Galén, 2005. 890 s. ISBN 80-7262-311-7.