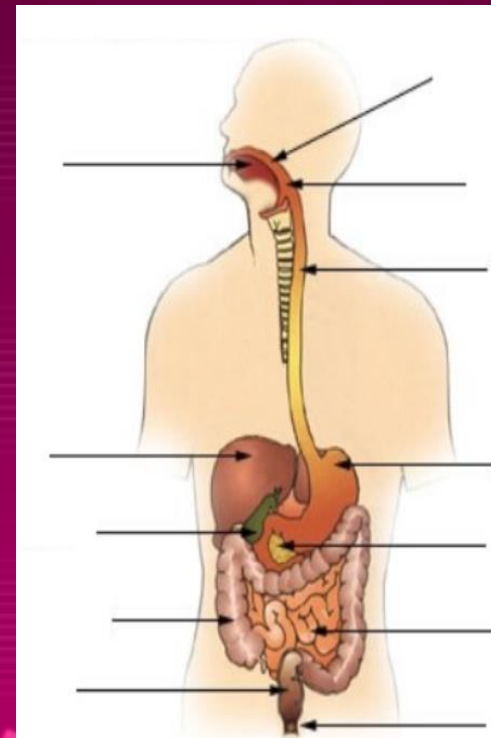




# **SISTEM ORGANA ZA VARENJE**

- Crevni kanal sačinjavaju :
  1. usna duplja,
  2. ždrello,
  3. jednjak,
  4. želudac i
  5. creva.



- Osnovna funkcija digestivnog sistema je degradacija unete hrane i snabdevanje organizma vodom, hranjivim materijama i elektrolitima neophodnim za život.
- Da bi hrana mogla da se koristi u organizmu, ona mora da se unese, svari i apsorbuje. Ova tri procesa zahtevaju koordinaciju pokreta u gastrointestinalnom traktu (GIT) i sekreciju u određenim njegovim delovima.

- **Ingestija** obuhvata unošenje hrane u usnu duplju, žvakanje i gutanje.
- **Digestija** podrazumeva dalje usitnjavanje hrane i degradaciju makromolekula uz pomoć enzima do jedinjenja male molekulske mase koja mogu da se transportuju u krv. Ugljeni hidrati se razlažu do monosaharida, proteini do aminokiselina, a masti do monoglicerida i slobodnih masnih kiselina.
- **Apsorpcija** uključuje transport svarenih hranljivih materija iz lumena GIT u krv ili limfu.

# AKTIVNOSTI U GIT-u

- Želudačni sok je produkt sekrecije nekoliko tipova egzokrinih žleza sluzokože želuca. G ćelije sluzokože luče i jedan hormon-gastrin.
- **Sastav:**
- Glavni sastojci želudačnog soka, pored vode, su:
  - Hloridna kiselina (HCl)
  - Pepsinogeni
  - Unutrašnji faktor
  - pH čistog sekreta je 1-2



- Mišićni sloj zida želuca izgradjen je od tri sloja longitudinalno, cirkularno i koso postavljenih glatkih mišićnih ćelija .
- **Zahvaljujući motilitetu:**
  - Želudac služi kao rezervoar hrane
  - Omogućeno je sitnjenje hrane i mešanje sa želučnin sokom
  - Pražnjenje želuca kontrolisanom brzinom.
- Hrana uobičajenog sastava zadržava se u želucu 2-6h. Za to vreme mehaničkim usitnjavanjem i delovanjem enzima pretvara se u masu konzistencije paste koja se zove **himus**.
- **Pražnjenje želuca** se vrši potiskivanjem male količine himusa (2-7 ml) kroz pilorusni sfinkter.

- **HCl** luče parijske ćelije žlezda sluzokože.
- **HCl** želudačnog soka ima višestruke **uloge**:
  - **Pomaže varenje proteina** na više načina: denaturiše proteine hrane i olakšava delovanje pepsina, vrši aktivaciju pepsinogena u pepsin i obezbeđuje optimalan pH za delovanje pepsina
  - Visoka koncentracija HCl deluje **baktericidno**.
  - HCl **rastvara** soli kalcijuma i gvožđa iz hrane i omogućava apsorpciju ovih elemenata.

- **Pepsini** su proteaze želudačnog soka. Sintetišu se u glavnim (peptičnim) ćelijama želudačnih žlezda kao neaktivni prekursori pepsinogeni. Aktivaciju u pepsine vrši vodonikov jon u lumenu želuca. Pepsini započinju varenje proteina u digestivnom traktu i hidrolizuju ih do polipeptida različite dužine.
- **Unutrašnji faktor** sintetišu parijetalne ćelije. To je glikoprotein neophodan za apsorpciju vitamina B 12. Unutrašnji faktor je jedini produkt sekrecije želuca neophodan za život.
- Mukus debljine oko 1 mm, pokriva sluzokožu želuca i štiti je od mehaničkih oštećenja grubljom hranom ili hemijskog oštećenja sa HCl ili enzimima. Mukus luče mukozne (peharaste) ćelije žlezda i epitelne ćelije slobodne površine sluzokože. Epitelne ćelije luče i vodenastu tečnost bogatu i bikarbonatom koji daje alkalitet mukusu.

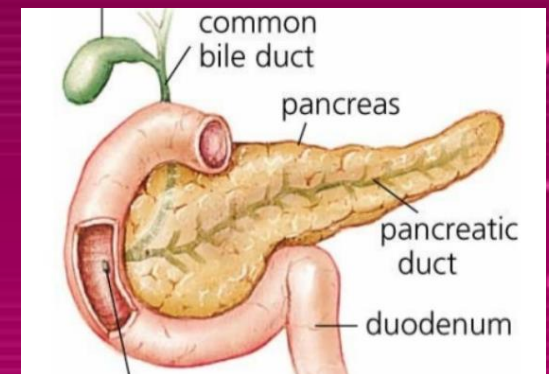


- Početni deo tankog creva je **dvanaestopalačno crevo** (duodenum), u koji se ulivaju odvodi jetre i pankreasa.
- U zidu tankog creva nalaze se žlezde koje luče velike količine sluzi i enzime. Sluz kao omotač štiti crevnu sluzokožu od dejstva enzima.
- Sekret tankog creva je vodeni rastvor elektrolita koji sadrži brojne enzime, ali oni najverovatnije potiču iz deskvamiranih enterocita.
- Tanko crevo ima važnu endokrinu ulogu. Peptidni hormoni koji proizvode endokrine ćelije njegove sluzokože imaju uloge u regulaciji motiliteta, sekrecije i rasta GIT.

## *Sastav pankreasnog soka*

- **Pankreasni sok je** tečnost alkalne reakcije koja je posledica velikog sadržaja bikarbonata. Dnevno se izluči 1-1.5 l pankreasnog soka.
- Vodenastu komponentu bogatu bikarbonatom proizvode epitelne ćelije zidova pankreasnih kanala.
- Enzimsku komponentu sintetiziraju acinusne ćelije. Enzimska komponenta sadrži enzime za varenje svih važnih sastojaka hrane.

- **Proteaze pankreasnog soka su:**
  - **Tripsin**
  - **Himotripsin**
  - **Karboksipeptidaza A i B**
  - **Elastaze**



- One se u soku nalaze u neaktivnom obliku, kao tripsinogen, himotripsinogen, prokarboksipeptidaze i proelastaze.
- Aktivacija se vrši u tankom crevu.
- Tripsinogen se specifično aktivira u tankom crevu pod uticajem enzima enterokinaze koji potiče iz enterocita.
- Nastali tripsin autokatalitički aktivira tripsinogen, a vrši i aktivaciju himotripsinogena i karboksipeptidaze.
- **Tripsin i himotripsin** su endopeptidaze koje skraćuju polipeptidne lance do manjih peptida, a
- **karboksipeptidaze** su egzopeptidaze koje odvajaju aminokiseline sa C-terminalnog kraja peptida.

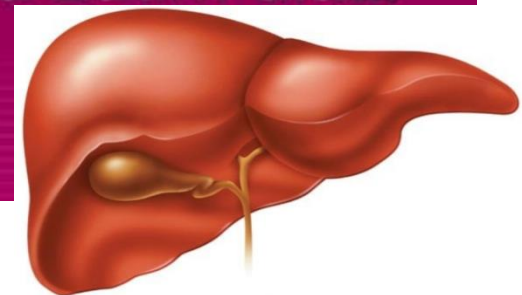
- Pankreasni sok sadrži i **alfa-amilazu** koja je identična ptijalinu pljuvačke. Ona cepa skrob do maltoze.
- U pankreasnom soku su prisutne **lipaze**, enzimi koji razgrađuju masti hrane i njihove degradacione produkte.

**To su:**

- Pankreasna lipaza
- Pankreasna esteraza
- Fosfolipaza A

# Jetra

- To je najveća žlezda u organizmu kičmenjaka. Jetrin sekret je žuč koja se sakuplja u žučnoj kesi, a odatle kroz žučni kanal izliva u duodenum.
- Žuč ne sadrži enzime, ali omogućava varenje masti tako što vrši njihovu emulgaciju (razbija ih na sitne kapljice).
- Pored toga jetra obavlja još niz značajnih funkcija: u njoj se glikoza pretvara u glikogen, predstavlja skladište vitamina i gvožđa, transformiše otrovne materije u neotrovne (sva krv iz creva prvo prolazi kroz jetru pa zatim ulazi u opšti krvotok) i dr



- Glavna uloga jetre u varenju ostvaruje se putem sekrecije žuči.
- Žuč stvaraju hepatociti i epitelne ćelije sluzokože zidova žučnih kanala.
- Žuč se iz jetre izlučuje kontinuirano, ali se između obroka deponuje u žučnoj kesi. U tanko crevo žuč se izliva samo tokom obroka.

# SASTAV ŽUČI

- Hepatociti produkuje žučne soli, holesterol, lecitin, žučne boje i izotonični rastvor elektrolita.
- **Žučne kiseline** su najzastupljeniji sastojak suve materije žuči. One nastaju oksidacijom holesterola. Molekul žučne kiseline je izrazito polaran i zato žučne kiseline već u žuči stvaraju agregate sa holesterolom i lecitinom koji se zovu **micelle**.
- **Osnovne uloge žučnih kiselina u varenju i apsorpciji masti su:**
  - Emulgovanje masti unetih hranom u sitne kapljice, čime se olakšava delovanje lipaza
  - Formiranje mešoviti micela rastvorljivih u vodi sa produktima varenja masti, čime se olakšava apsorpcija produkta varenja masti.



# Debelo crevo

- Do debelog creva dospeva nesvareni deo hrane, voda i soli.
- U njemu se nalazi mnoštvo bakterija koje imaju sposobnost sinteze vitamina koje organizam apsorbuje. U debelom crevu se vrši apsorpcija vode i soli i prikupljanje nesvarenih ostataka pre njihovog izbacivanja.
- **Glavna uloga** mu je da apsorbuje vodu i elektrolite i formira, transportuje i evakuiše feces. Sluzokoža debelog creva ima i sekretnu ulogu; u lumen se sekretiraju mukus, bikarbonatni i kalijumov jon.
- Pražnjenje debelog creva se vrši refleksnim putem (refleks defekacije).



# PUTEVI METABOLIZMA HRANJIVIH MATERIJA

# UGLJENI HIDRATI

- Ugljeni hidrati prisutni u ljudskoj ishrani su polisaharidi, disaharidi i monosaharidi. Od polisaharida se vare samo amilopektin (biljni skrob) i glikogen (životinjski skrob).
- Varenje skroba počinje u usnoj duplji pod uticajem alfa-amilaze pljuvačke, ptijalina, ali se prekida u želucu zbog inaktivacije enzima u kiseljoj sredini.

- Varenje ugljenih hidrata se nastavlja u tankom crevu pod uticajem pankreasne alfa amilaze.
- Ona, kao i ptijalin, razlaže skrob od maltoze, maltotrioze i alfa-graničnih dekstrina.
- Nastali monosaharidi, pre svega glukoza, apsorbuju se u početnim delovima tankog creva.

# PROTEINI

- Za razliku od ugljenih hidrata, proteini moraju da se unose hranom. Normalno se celokupna količina hranom unetih proteina svari i apsorbuje.
- Varenje započinje u želucu pod uticajem pepsina koji cepa molekule proteina do peptida različite dužine.

- Glavnu ulogu u varenju proteina imaju proteaze pankreasnog soka: tripsin, himotripsin, karboksipeptidaze i elastaze.
- One razgrađuju proteine i peptide do malih peptida.
- Postoje i peptidaze koje dalje razgrađuju male peptide do aminokiselina, dipeptida, tripeptida i tetrapeptida.

- Završna digestija proteina odigrava se u:
  - lumenu tankog creva,
  - četkastom pokrovu enterocita i
  - citoplazmi enterocita.
- Za aminokiseline postoji nekoliko transportnih mehanizama, ali za sve je zajedničko da se kotransportuju sa natrijumovim jonom.

# MASTI

- Glavne masti u prosečnoj ishrani su trigliceridi.
- **Masti se vare u duodenumu** pod uticajem lipolitičkih enzima pankreasnog soka.
- Da bi ovi enzimi mogli da deluju, masti moraju da se emulguju pomoću žučnih kiselina.
- Najvažniji lipolitički enzim je *pankreasna lipaza* koja hidrolizuje trigliceride do dve slobodne masne kiseline i monoglicerida.



- Iz produkata digestije masti i micela žučnih kiselina formiraju se **mešovite micide**.
- Micide su hidrosolubilne i ulaze u nepokretni vodeni sloj između crevnih resica. Sastojci micela difunduju u vodeni sloj, a onda, kao liposolubilni, lako difunduju kroz membranu četkastog pokrova.

- U enterocitu produkti varenja masti odlaze na glatki endoplazmin retikulum gde se vrši reesterifikacija monoglicerida do triglicerida. Iz novosintetisanih lipida se obrazuju **hilomikroni**.
- To su sferne lipidne kapljice različite veličine
- Hilomikroni se procesom egzocitoze izbacuju iz enterocita u intersticijelni prostor i ulaze u limfne kapilare čiji endotel ima dovoljno velike međucelijske prostore.

# VODA I ELEKTROLITI

- U normalnim uslovima 99% vode i jona se apsorbuje iz lumena digestivnog trakta.
- Dnevno se u creva unese oko 2 l vode u obliku tečnosti i hrane, a još 7 l se izluči u obliku sekreta egzokrinih žlezda digestivnog trakta i iz jetre.
- Ako se fecesom eliminiše oko 200 ml, oko 8800 ml se reapsorbuje pasivno na osnovu osmotskog gradijenta.

- **Natrijumov jon** se apsorbuje celom dužinom creva, ali najintenzivnije u tankom crevu. Apsorpciju u tankom crevu stimuliše hormon aldosteron.
- **Kalijumov jon** se apsorbuje u tankom crevu, dok se u debelom crevu i apsorbuje i sekretira, pri čemu je sekrecija intenzivnija. Sekreciju stimuliše aldosteron.
- **Bikarbonatni jon** koji potiče iz pankreasnog soka i žuči do kraja jejunuma se uglavnom reapsorbuje. U ileumu i kolonu bikarbonatni jon se sekretira u zamenu za hloridni jon koji se apsorbuje.
- **Kalcijumov jon** se apsorbuje u proksimalnom delu tankog creva. Transport kroz luminalnu membranu se vrši olakšanom difuzijom preko nosača čiju sintezu stimuliše vitamin D hormon.

# VITAMINI

- **Vitamini su** organska jedinjenja koje sintetišu biljke i mikroorganizmi.
- U organizmu čoveka nastaju samo vitamini D3 i PP.
- Izvor vitamina su namirnice biljnog i životinjskog porekla.
- Hrana sadrži ili vitamine ili njihove prekursorne oblike provitamine koji se u organizmu pretvaraju u vitamine.

- Podela vitamina je izvršena na osnovu njihove rastvorljivosti na:
  - **liposolubilne vitamine:**
    - A, D, E i K i
  - **hidrosolubilne:**
    - vitamin C i vitamine B grupe.

- Liposolubilni vitamini mogu da se deponuju u većoj količini, naročito u jetri.
- Hidrosolubilni vitamini su prisutni u ECT i brzo se izlučuju preko bubrega.
- Od hidrosolubilnih vitamina deponuje se uglavnom vitamin B12.
- U cirkulaciji se liposolubilni vitamini nalaze kompleksovani sa proteinima plazme, što im povećava rastvorljivost i stabilnost.

- Količina vitamina u organizmu određena je intenzitetom:
  - apsorpcije u digestivnom traktu,
  - konverzije provitamina,
  - aktivacije i
  - ekskrecije.



# LIPOSOLUBILNI VITAMINI

## VITAMIN A

- Vitamin A se u organizmu nalazi u obliku **alkohola** (retinol), **aldehida** (retinal) i **kiseline** (retinoinska kiselina).
- Svi oblici su aktivni.
- U digestivnom traktu vitamin A se apsorbuje olakšanom difuzijom, a u enterocitima se ugrađuje u hilomikrone, pa preko limfe prelazi u cirkulaciju. U krvi se vezuje za retinoil-vezujući protein.

## • **Vitamin A je neophodan za:**

- Normalan rast organizma
- Formiranje kostiju
- Obnovu epitelnih tkiva
- Normalno funkcionisanje retine
- Normalnu reproduktivnu sposobnost oba pola
- Sintezu kortikosteroida
- Sintezu mukopolisaharida mukoznih sekreta epitela.

- Mehanizam delovanja vitamina

A:

- modulacija genske aktivnosti, slično steroidnim hormonima
- Ekstranuklearna delovanja, odnosno deluje kao red-oks sistem.

- Avitaminoza

- Kokošije slepilo
- kseroftalmija

## VITAMIN D

- Vitamin D obuhvata grupu srodnih **steroidnih jedinjenja** od kojih najveći značaj imaju vitamini D2 i D3.
- Oni nastaju iz provitamina pod uticajem UV zraka. Konverzija provitamina D3 u vitamin D3 vrši se u koži.
- Deponuje se u masnom tkivu i mišićima. U plazmi se nalazi vezan za globuline plazme.

- Vitamin D se u organizmu konvertuje u vitamin D hormon.
- Njegova glavna uloga da pomaže transport kalcijuma u organizmu.
- Vitamin D hormon deluje na brojna tkiva, ali glavna delovanja su mu u
  - tankom crevu, gde pomaže apsorpciju kalcijuma i
  - u kostima, gde deluje na osteoblaste i osteocite i stimuliše sintezu transportera za kalcijumov jon.
- Ako se vitamin D, što je slučaj i sa vitaminom A, unosi u velikim dozama ima toksične efekte.

- Avitaminoza
  - rahitis

## VITAMIN K

- Vitamin K je neophodan za koagulaciju krvi jer učestvuje u sintezi protrombina, VII, IX i X faktora koagulacije.

## VITAMIN E

- Vitamin E je zajedničko ime za grupu jedinjenja **tokoferola**, od kojih je najvažnije alfa-tokoferol.
- **Delovanje vitamina E:**
- Kao antioksidans sprečava oksidaciju masnih kiselina, vitamina A i C i tiolske grupe određenih enzima
- Ima dokaza o njegovoj ulozi u metabolizmu nukleinskih kiselina, eritropoezi i sintezi koenzima Q.

# HIDROSOLUBILNI VITAMINI

## VITAMIN C

- Vitamin C je najčešće redukciono sredstvo u organizmu i na toj osobini mu se zasniva uloga.
- Nalazi se u svim tkivima i telesnim tečnostima, ali ga najviše ima u nadbubrežnoj žlezdi, hipofizi, žutom telu jajnika i timusu.
- Ovako široka rasprostranjenost ukazuje na njegov izuzetan fiziološki značaj.

- Vitamin C deluje kao kofaktor u brojnim biološkim procesima:
  - značajan za očuvanje strukturnog integriteta vezivnih tkiva, kostiju i bazalnih membrana.
  - Potreban je za nastajanje noradrenalina.
  - Potreban je za sintezu steroida kore nadbubrega.
  - Potreban je za sintezu purina i timina, odnosno DNK.
  - Neophodan je za inkorporaciju gvožđa u feritin.
  - Redukuje gvožđe i prevodi ga u oblik koji se lakše apsorbuje iz digestivnog trakta.
  - Potreban je za integritet celularnog trakta.



## VITAMIN B1

- Vitamin B1 sadrži sumpor u svom molekulu. Lako se resorbuje u tankom crevu. U crevnoj sluzokoži se pretvara u aktivan oblik tiamin pirofosfat ( TPP).
- **Uloge vitamina B1:**
- TPP učestvuje u velikom broju metaboličkih procesa kao koenzim najmanje 24 enzima. Kofaktor je u reakcijama dekarboksilacije alfa-keto kiselina (pirogroždana, alfa-ketoglutarina kiselina), prenošenja fragmenata od 2 ugljenikova atoma sa jednog ugljenog hidrata na drugi, u reakcijama pentozofosfatnog puta i dr. Iz ovoga proizilazi da je TPP neophodan za normalan metabolizam ugljenih hidrata i ishranu svih tkiva.
- TPP ima važnu ulogu u mehanizmima uključenim u sprovođenje akcionih potencijala u perifernim nervima i u nervno-mišićnoj transmisiji.

## VITAMIN B2

- Vitamin B2 ulazi u sastav koenzima **FMN** i **FAD**, aktivnih grupa flavoproteina koji su važni enzimi tipa dehidrogenaza.
- Vitamin B2 je uključen u procese oksidativne fosforilacije koji su od vitalnog značaja.

## VITAMIN PP

- Vitamin PP se nalazi u obliku **nikotinske kiseline** (niacin) i njenog amida, **nikotinamida** (niacinamid).
- Aktivni oblici su NAD i NADP koji su koenzimi ili kosupstrati brojnih dehidrogenaza.
- Kao sastavni delovi ovih koenzima učestvuju u biološkim oksidacijama.

## VITAMIN B6

- Vitamin B6 se javlja u tri oblika: **piridoksin, piridoksamin i piridoksal.**
- Vitamin B6 je koenzim u velikom broju metaboličkih procesa:
  - U obliku piridoksal fosfata koenzim je enzima koji katalizuju oko 40 tipova enzimskih reakcija u koje spadaju: dezaminacije, transaminacije, dekarboksilacije, desulfhidracije i dr.
  - Piridoksal fosfat je koenzim nekoliko enzima uključenih u metabolizam triptofana.
  - Neophodan je za sintezu GABA u CNS.

## FOLNA KISELINA

- Folna kiselina ima ključnu ulogu u metabolizmu jer je kofaktor enzima uključenih u biosintezu prekursora nukleinskih kiselina.
- Potrebna za sintezu timina; baza koja ulazi u sastav DNK, za sintezu purinskih baza i za redukciju ribonukleotida u deoksiribonukleotide.

# VITAMIN B12

- Ovaj vitamin se resorbuje u terminalnom delu ileuma.
- U digestivnom kanalu se vezuje za unutrašnji faktor koji ga štiti od degradacije. Pri resorpciji se vitamin odvaja od unutrašnjeg faktora.
- U cirkulaciji se vitamin B12 nalazi vezan za proteine transkobalamine.
- Deponuje se u jetri. Kao i većina vitamina B grupe i B12 se aktivira u tkivima
- **Vitamin B12 je neophodan za:**
  - Normalnu eritropezu
  - Održavanje integriteta mijelinskog omotača nervnih vlakana
  - Obnavljanje epitela u digestivnom kanalu
  - Direktno ili indirektno je uključen u metabolizam nukleinskih kiselina, proteina i ugljenih hidrata.

## VITAMIN H

- Funkcioniše kao koenzim u reakcijama karboksilacije.

## PANTOTENSKA KISELINA

- Pantotenska kiselina je zastupljena u svim biljnim i životinjskim tkivima.
- Ulazi u sastav koenzima A (CoA).
- Ovaj koenzim ima ključnu ulogu u metabolizmu ugljenih hidrata, masti i proteina.
- U obliku acetil-CoA uključen je u sintezu masnih kiselina, holesterola, steroida, Ach i dr. jedinjenja.

