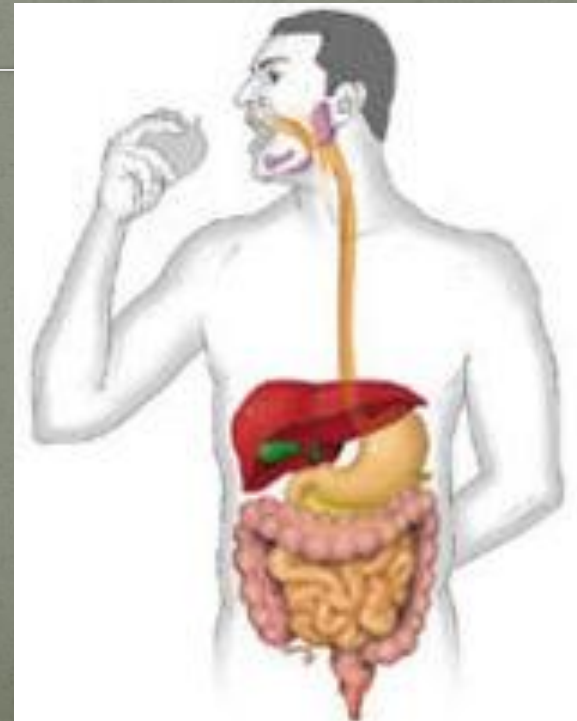
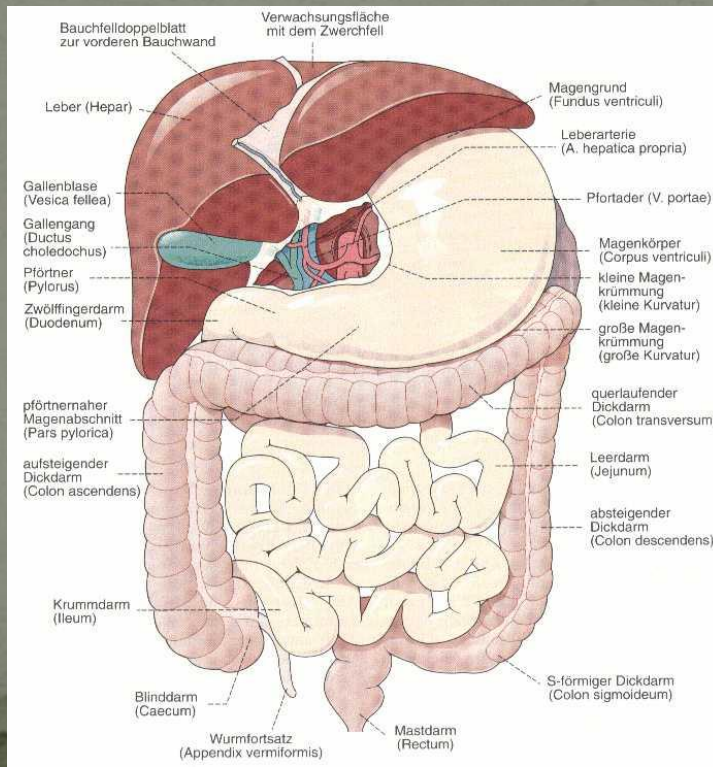


# SISTEM ORGANA ZA VARENJE

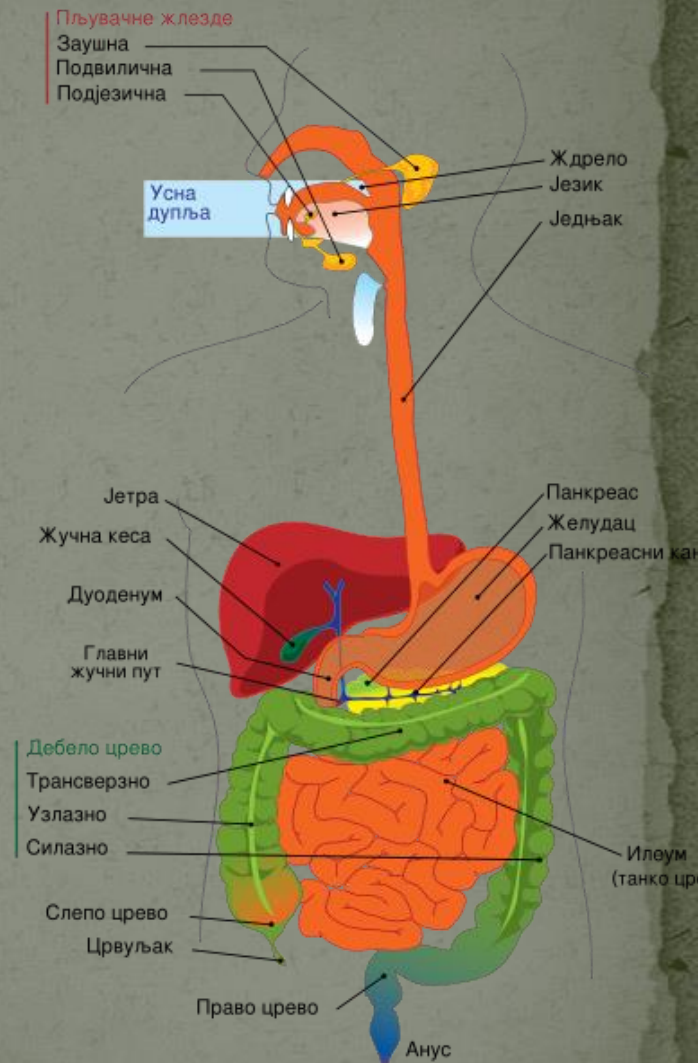
Prof dr M.Kezunovic



# Sistem organa za varenje

(digestivni sistem ili crijevni sistem) se sastoji iz niza uzastopnih dijelova u kojima se odvijaju pojedine faze varenja i apsorpcije.

Crijevo je pričvršćeno za tjelesni zid trbušnom maramicom – *mezenterijem*.





**Osnovna funkcija** digestivnog sistema je **degradacija** unijete hrane i **snabdjevanje** **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 zahtijevaju **koordinaciju pokreta** u gastrointestinalnom traktu (GIT) i **sekreciju** u odredjenim njegovim dijelovima.

# Digestivni sistem

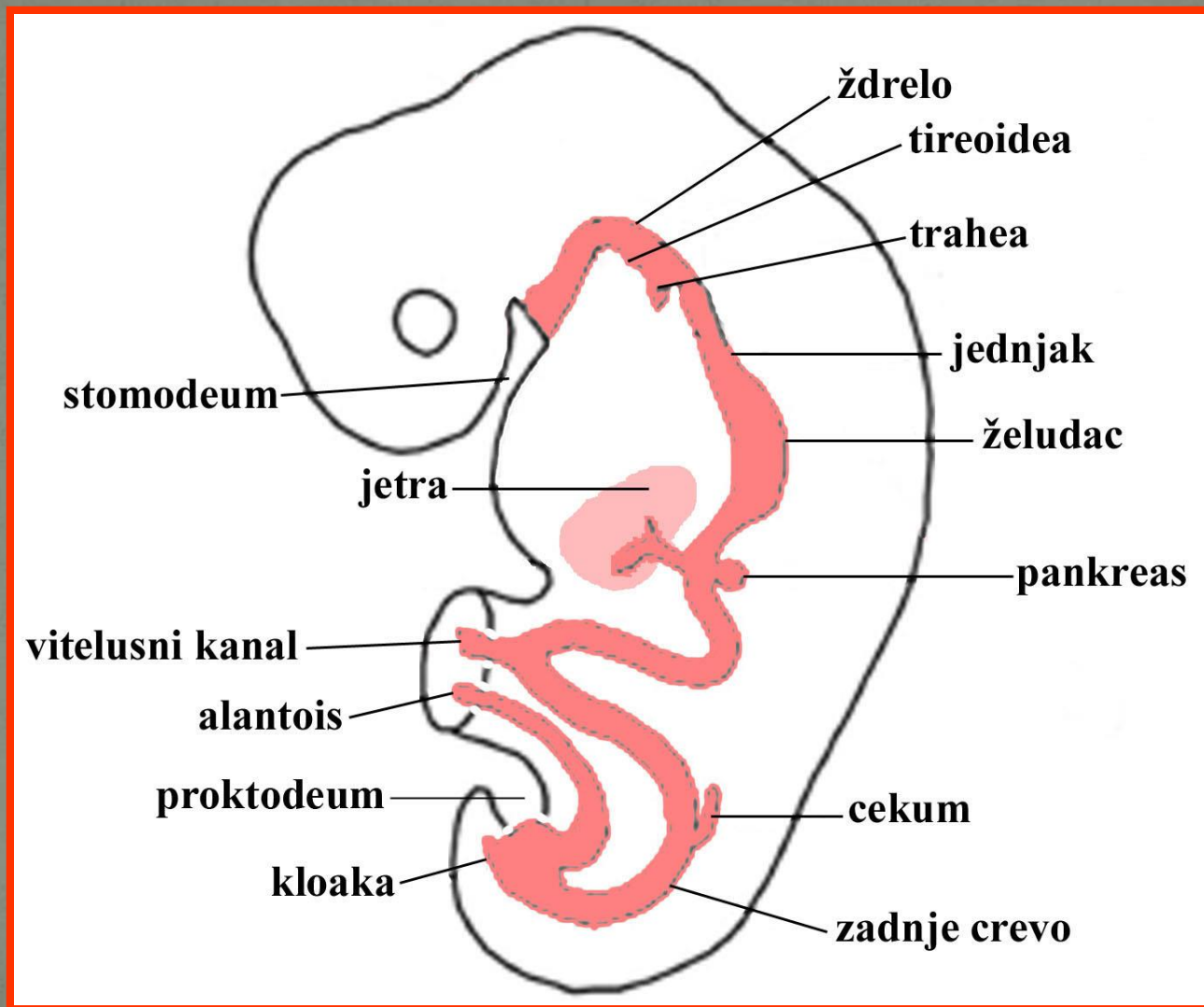
---

## funkcionalna događanja

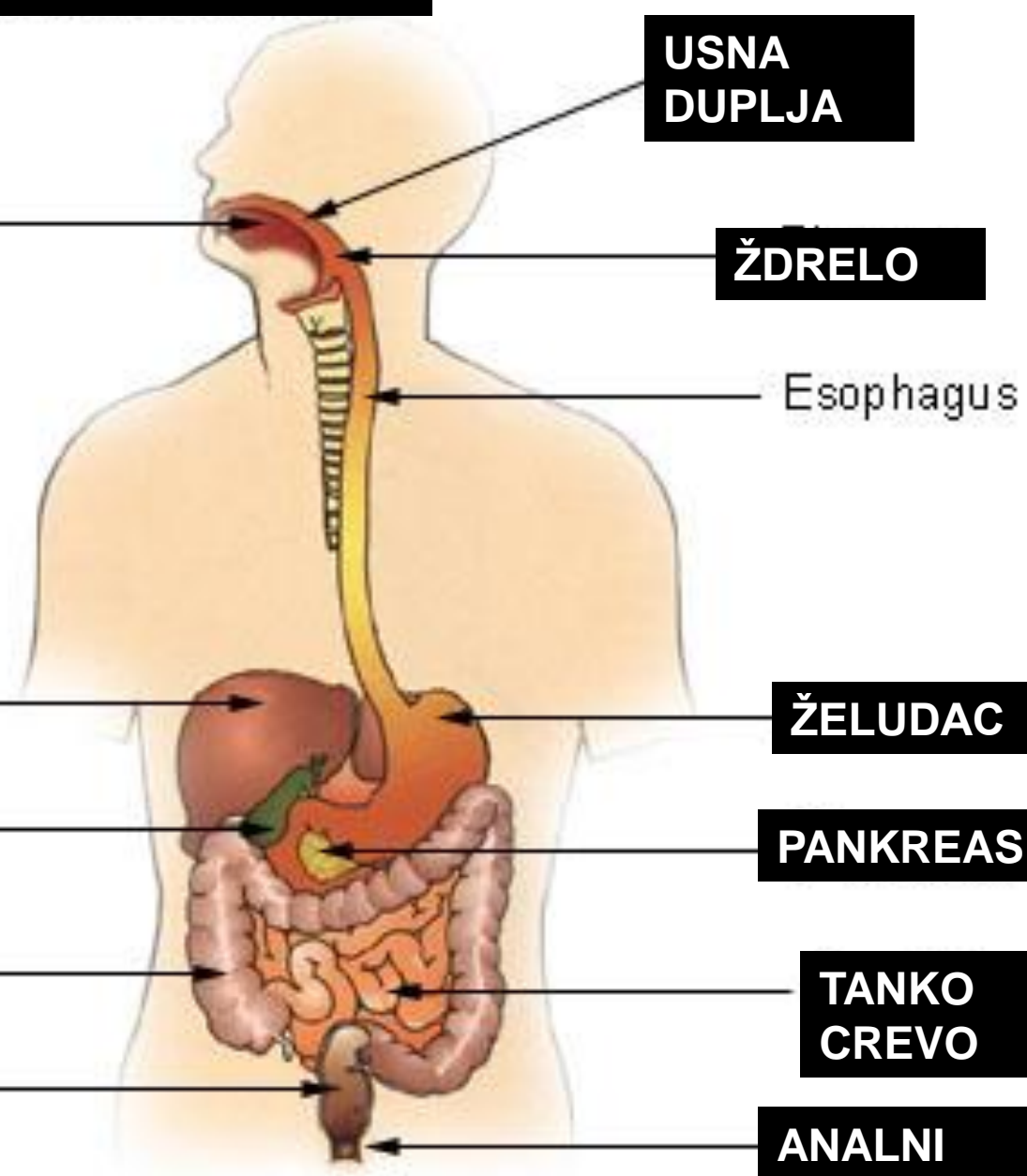
- **ingestija** (unošenje hrane),
- **digestija** (fizičko i hemijsko razlaganje hrane);  
žvakanje, natapanje pljuvačkom i ostalim enzimima  
duž crevnog trakta
- **apsorpcija** (apsorbovanje produkata razlaganja  
hrane) u tankom crijevu
- **egestija** (odstranjivanje iz tijela neapsorbovanih  
dijelova hrane u obliku fecesa)



# Digestivni sistem - ontogenetsko razviće



# ORGANI DIGESTIVNOG SISTEMA



USNA  
DUPLJA

JEZIK

ŽDRELO

Esophagus

JETRA

ŽELUDAC

ŽUČNA KESA

PANKREAS

DEBELO  
CREVO

TANKO  
CREVO

PRAVO  
CREVO

ANALNI  
OTVOR

Oral cavity

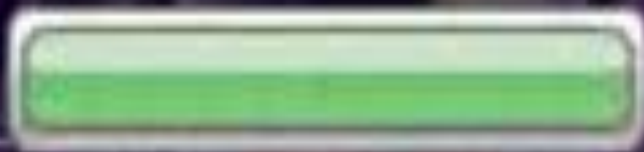
# Digestion

Esophagus

Stomach

Large intestine

Small intestine



0% of 3349 KB



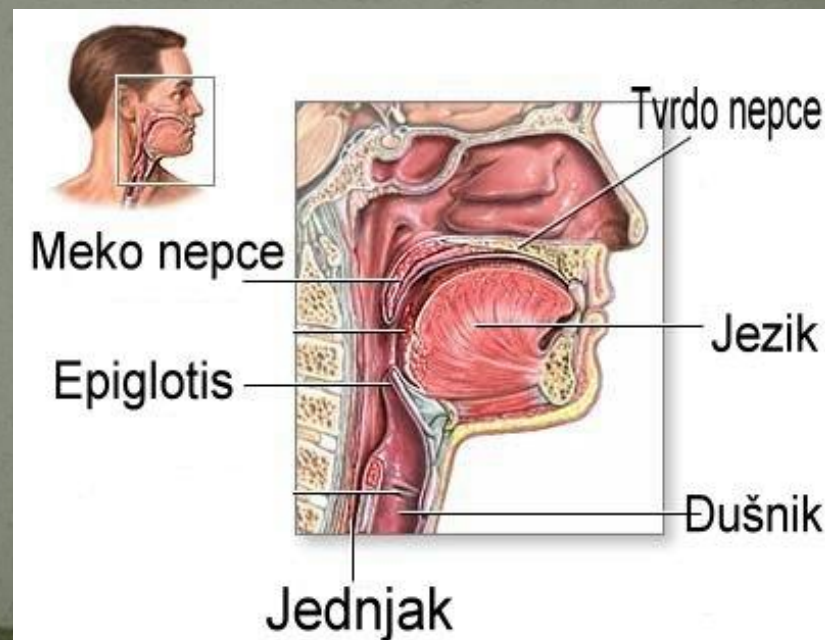
# Usna duplja (*usna šupljina*)

Usta su otvor kroz koji se uzima hrana i voda.

U probavi, **usta su prvi** dio probavnog sistema kroz koji hrana ulazi u probavni sistem.

U ustima se nalaze:

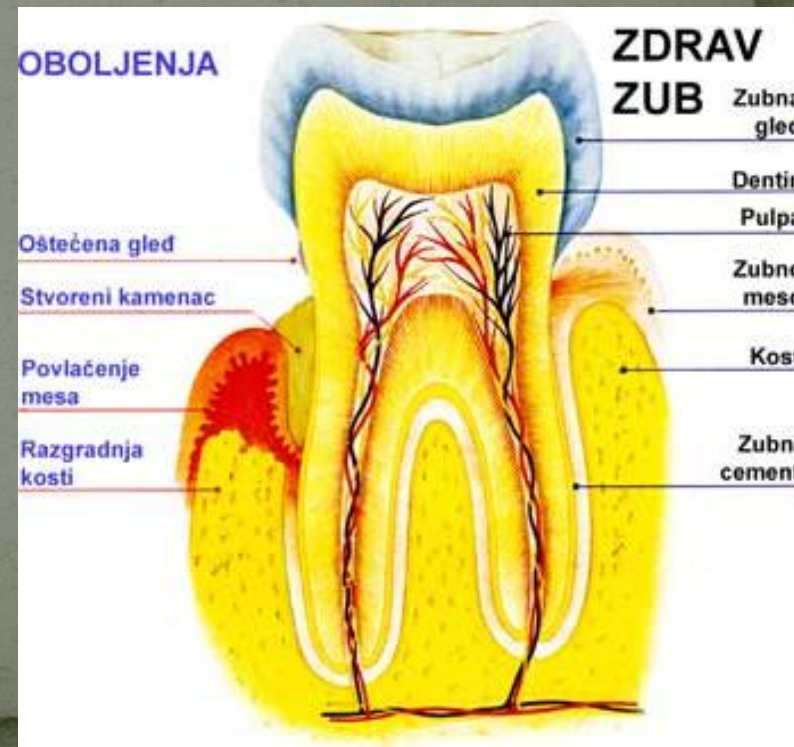
- zubi,
- jezik,
- pljuvačne žlezde,
- krajnici.



**Zubi** se sastoje od organske materije **dentina**, a spolja su pokriveni slojem tvrde **gleđi**.

Unutrašnjost zuba je ispunjena **zubnom pulpom** (vezivno tkivo) u kojoj se nalaze **krvni sudovi** (ishranjuju zub) i **nervi**.

Korjen zuba je pokriven slojem **cementa** (koštano tkivo).





Postoje samo dvije generacije zuba (**mliječni i stalni**).

**Zubi** koji drobe i sitne hranu tako što ih pritišće **mandibula**, jedina pomična kost koja stišće čeljust

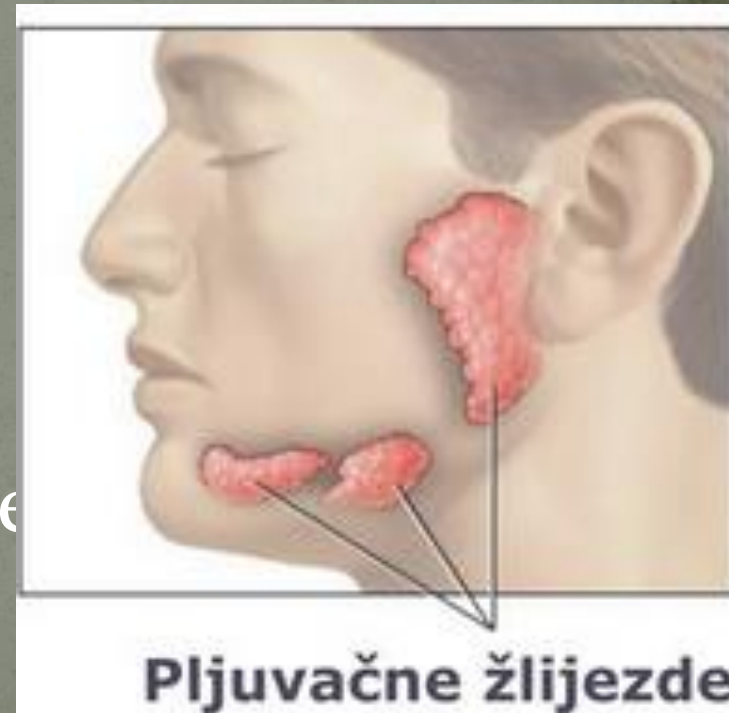




**Pljuvačne žlijezde** su sa primarnom funkcijom vlaženja hrane.

Kod čovjeka su razvijene:  
**podjezične,**  
**podvilične i**  
**zaušne.**

Njihov sekret sadrži enzim **ptijalin** koji razgrađuje ugljene hidrate.

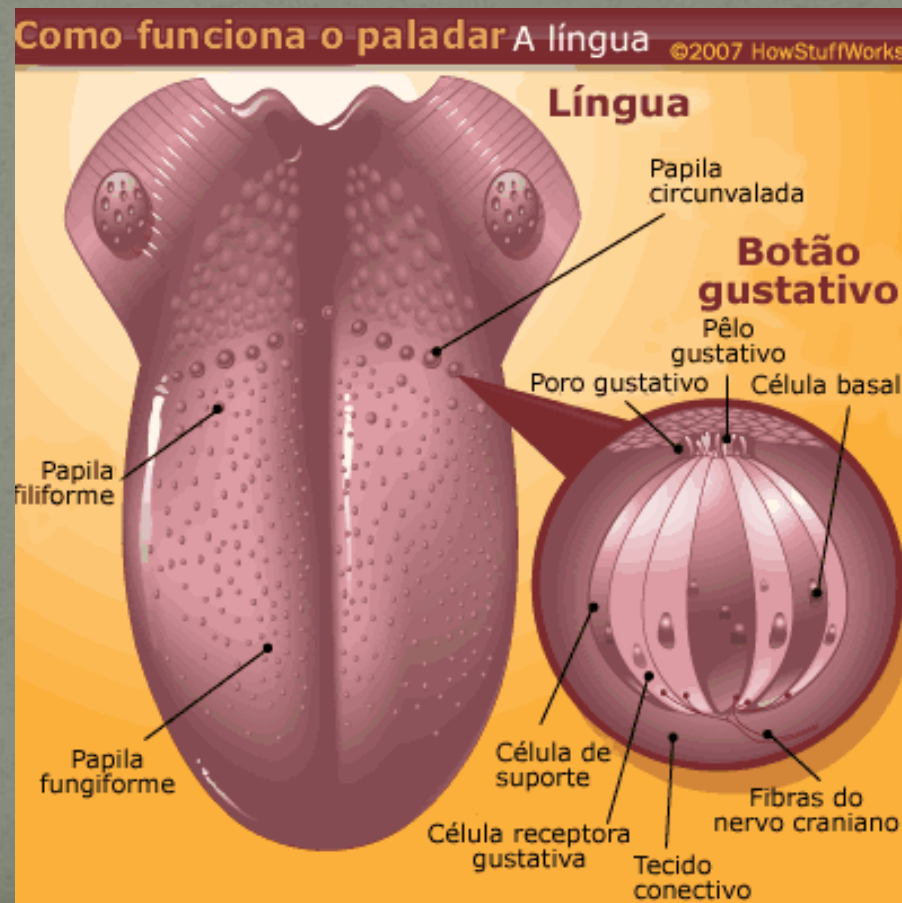


Šta bi se dogodilo kada se **pljuvačka ne bi lučila** u ustima.

U tom slučaju ne bismo bili u stanju da bilo šta **progutamo**, pa čak ni da **govorimo** zbog suvih usta.

Ne bismo mogli da **jedemo** ništa tvrdo, već bismo jeli samo ono što je tečno ili nešto nalik tome.

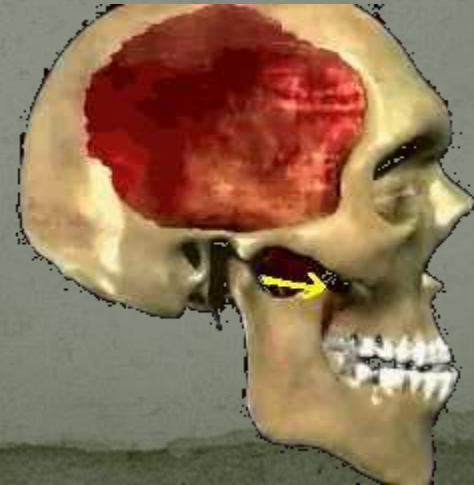
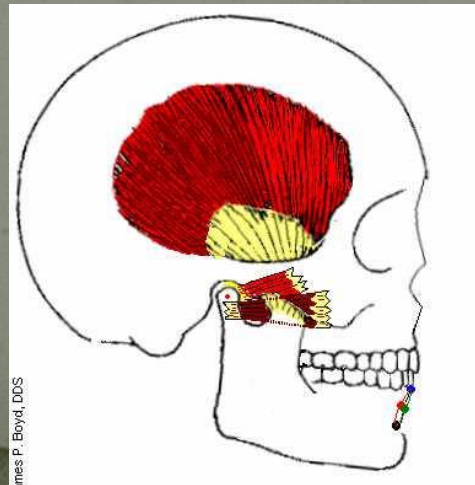
**Jezik** je vrlo pokretan i dobro razvijen, prevrće i namješta hranu u pogodan položaj za žvakanje





# Hemijski i mehanički procesi probave -Usna šupljina

- **Mehanička probava** (žvakanje, usitnjavanje, trganje-puno vlakana) i **hemijska**: slinovnice 1-1,5 litara sline: amilaza i mukozni sekret
- **Gutanje** - potiskivanje bolusa kroz ždrijelo i jednjak-transport



# ŽVAKANJE

Žvakanjem se hrana u usnoj duplji **sitni i melje**.

Žvakanje se sastoji u **kombinovanom djelovanju poprečno prugastih mišića vilica, obraza i jezika**.

# ŽVAKANJE

Ono je najvećim dijelom **refleksna radnja** koordinisana signalima iz centra u produženoj moždini.

Pokreti žvakanja **traju sve dok se ne formira** kompaktna zalogaj hrane (**bolus**) koji može da se proguta.



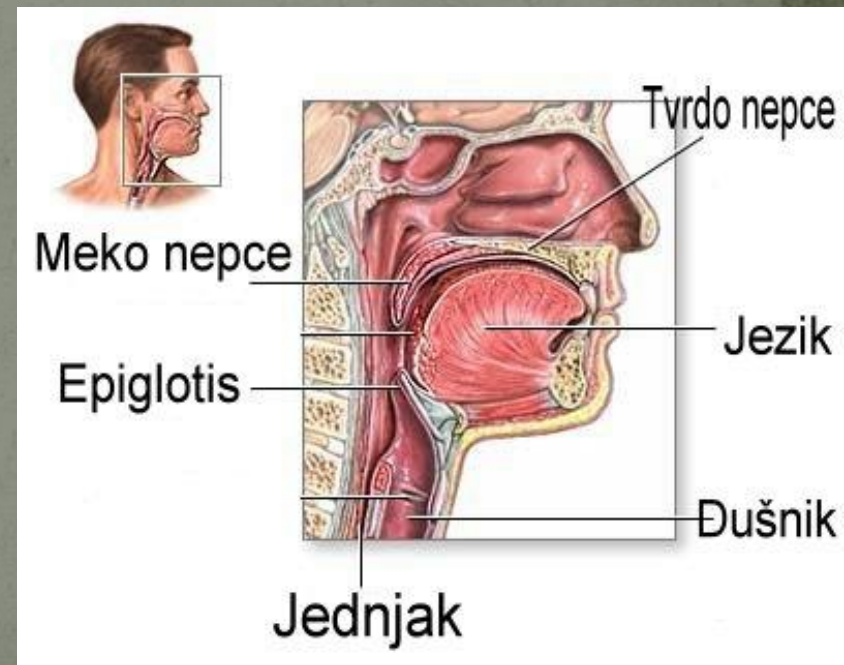
## Žvakanje ima nekoliko uloga:

- **Usitnjavanje** hrane i olakšavanje gutanja
- **Miješanje** hrane sa pljuvačkom, čime započinje varenje skroba, a pljuvačka deluje i lubrikantno
- **Dovođenje** hrane u kontakt sa receptorima za ukus i miris.

# Ždrijelo

Usna šupljina se nastavlja na ždrijelo koje prelazi u jednjak.

Slabije je razvijeno i preko pukotinastog otvora u **vezi** sa dušnikom, preko Eustahijeve tube sa **srednjim uhom** i preko unutrašnjih nosnih otvora (hoana) sa **nosnom šupljinom**.



# GUTANJE

- Gutanjem se sažvakan i pljuvačkom natopljen **zalogaj** hrane brzo **sprovodi** iz usne duplje kroz ždrelo u jednjak i želudac.
- Gutanje može da se **izazove voljno**, međutim kad se hrana nađe u blizini ždrijela, nastaje refleksni odgovor koji ne može da se kontroliše.



# GUTANJE

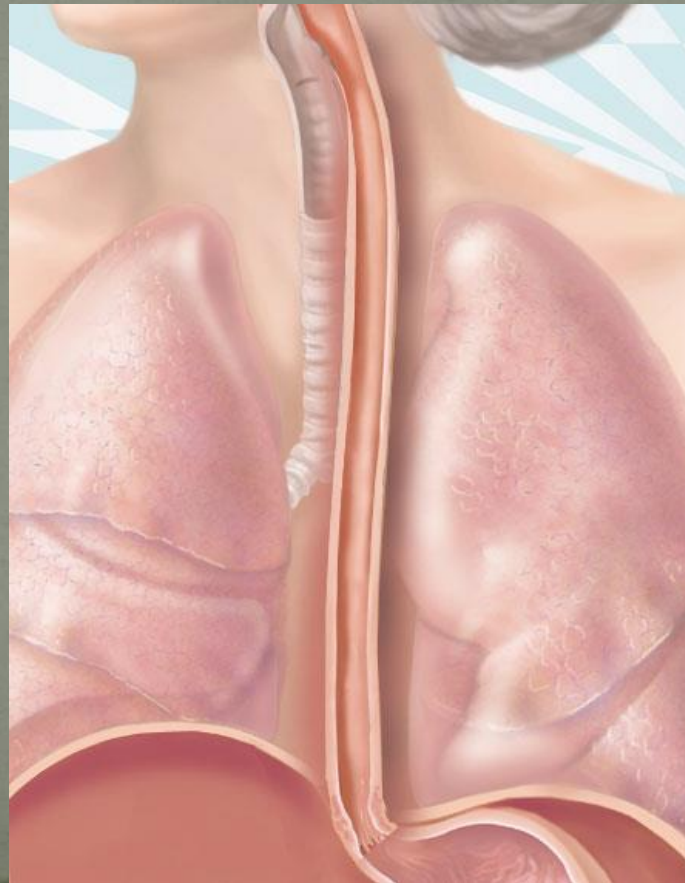
- Tokom gutanja, **disanje** je nakratko inhibirano, a ulaz u grkljan zatvoren, da bi se spriječio prelazak hrane u dušnik.
- Hrana se kroz jednjak **potiskuje peristaltičkim pokretima** čija je snaga srazmerna veličini zalogaja.
- Hrana kroz jednjak **putuje** oko 10 sekundi, a tečnost znatno brže.

# GUTANJE

- Refleks gutanja je **složeni refleks** koji započinje stimulacijom mehanoreceptora usne duplje i ždrijela prisutnom hranom.
- Centar se nalazi u **produženoj moždini**.

# Jednjak

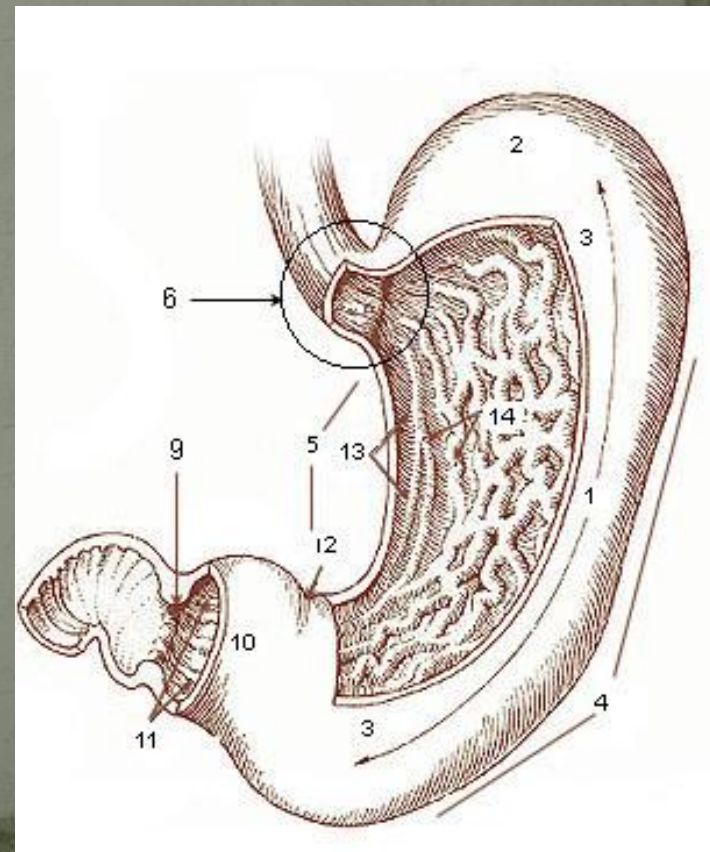
Jednjak je cijev duga ~25 cm koja služi za odvođenje hrane iz usta do **želudca**.





Hrana putuje pomoću stezanja **mišića** valovito (**peristaltikom**) kako bi prošla kroz cijelu probavnu cijev.

**Proces peristaltike** u probavnoj cijevi ponavlja se više puta.

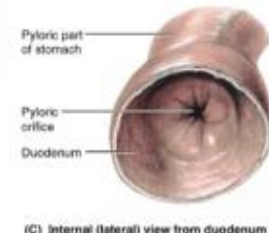
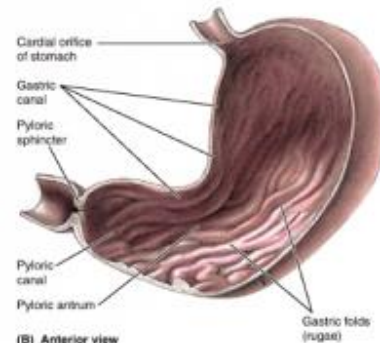
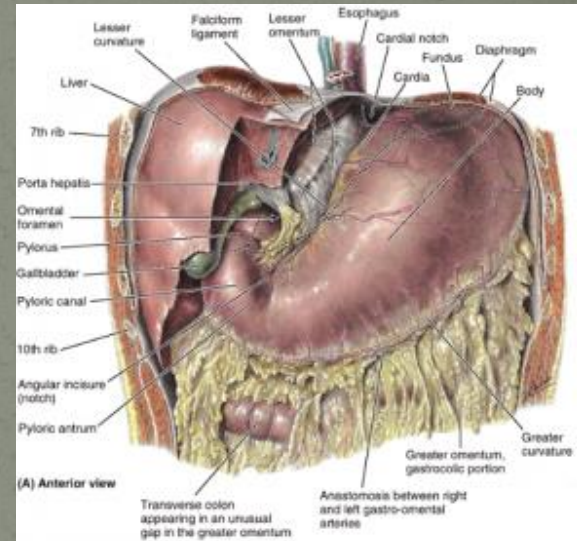






# Želudac

Želudac predstavlja prošireni dio crijeva u kome se hrana nagomilava i započinje varenje da bi se zatim postepeno propuštala u crijevo.



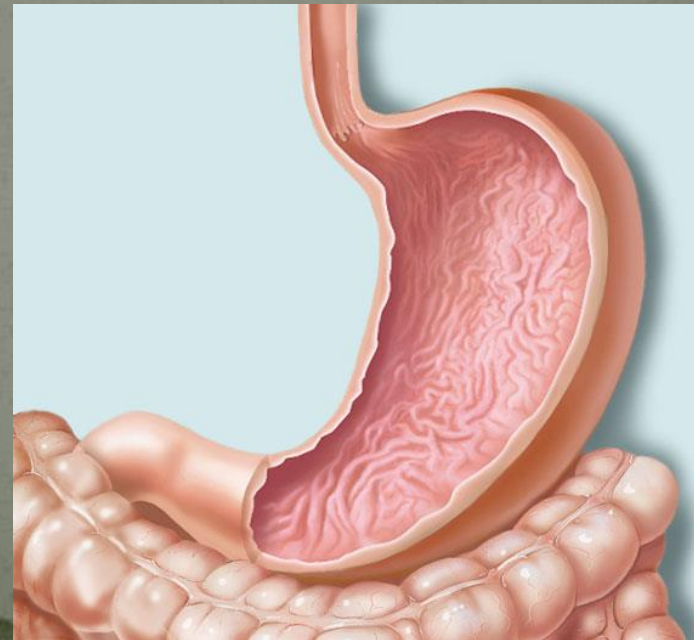


Na želudcu se razlikuju dva dijela:

**kardijalni** (dio gdje jednjak prelazi u želudac)

i

**pilorični** (graniči se sa crijevom).

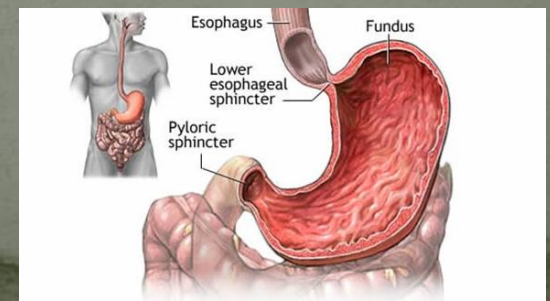


# Motorne funkcije želuca

3 funkcije:

**I Smještanje velikih količina hrane:** hrana se slaže u želudcu u vidu koncentričnih krugova.

Kada **hrana** uđe u želudac vagusni refleks smanji tonus mišićnog zida trupa, pa se želudac može širiti i primiti veću količinu hrane do približno 1,5 l.



**II Miješanje hrane sa želučanim sekretima:** pri čemu nastaje polutekuća masa – **himus.**

Miješanje omogućuju slabi peristaltički talasi i talasi miješanja, koji polaze duž želudca prema antrumu jednom u 20 sec.



**III** Pored peristaltičkih kontrakcija, postoji **kontrakcija zbog gladi** (kad je želudac prazan).

**Uzrok** je nizak nivo šećera u krvi.

Glavni faktor koji određuje **brzinu želučnog pražnjenja** je intenzitet antralne peristaltike.

## antralna peristaltika

Ona je **najčešće slaba i služi miješanju**, ali otprilike 20% vremena koje hrana provodi u želudcu, te postaje vrlo snažna i širi se u vidu prstenastih kontrakcija.

Stvara **pritisak od 5-7 kPa** i postepeno otkida najniže djelove pohranjene hrane i pridodaje antralnom himusu.

## Faktori koji podstiču pražnjenje su:

**povećana količina hrane** – uzrokuje rastezanje zida i stimulise pojavu vagusnih lokalnih refleksa, što pojačava aktivnost pilorične pumpe i blago inhibira pilorus.

**rastezanje i prisustvo određenih vrsta hrane** – podstiče oslobađanje gastrina, koji povećava želudčanu motornu aktivnost.



# Faktori koji inhibišu pražnjenje su:

**Nervni reflexi iz duodenuma** – usporavaju ili prekidaju želudčano pražnjenje.

## Različiti faktori podstiču te reflexe:

- stepen rastegnutosti duodenuma
- bilo kakvo podraživanje sluznice duodenuma
- stepen kiselosti himusa
- stepen himusne osmolarnosti
- prisustvo određenih razgrađenih produkata hrane

**Hormoni koji se oslobađaju iz gornjeg dijela crijeva** (holecistokinin i sekretin).

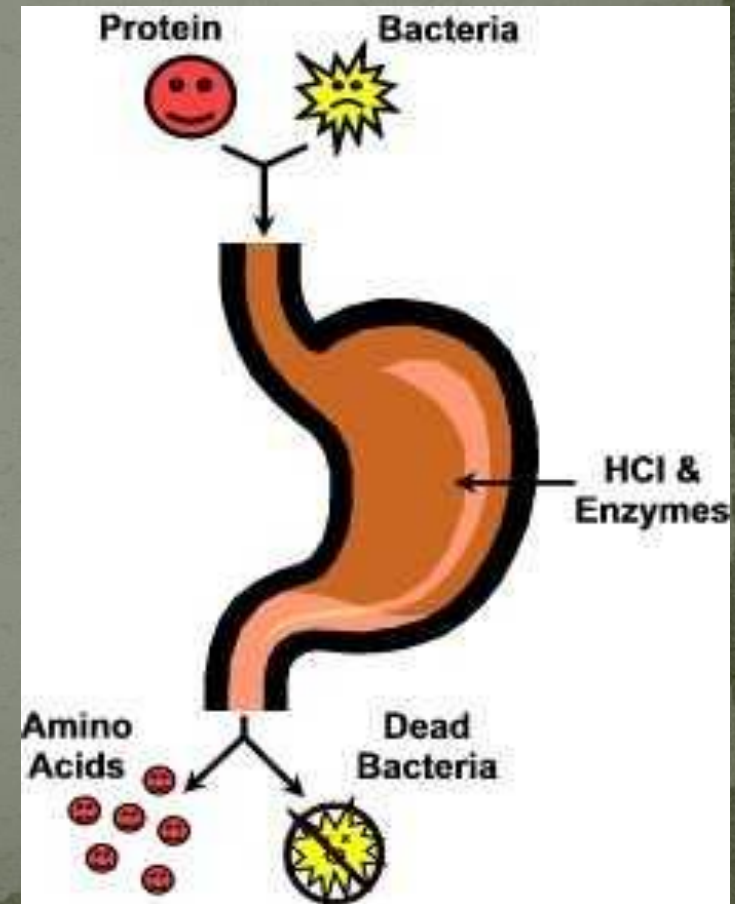
# Želudac

- Pokriven nabranom sluznicom - rasteže s dolaskom hrane
- Želučane žlijezde luče
  - pepsinogen
  - želučanu kiselinu-HCl (mikroorganizmi i aktiviranje enzima, priprema nutritienata za probavu) veže hranu u himus = lakše kretanje – zaštitnu sluz: (pH~ 1-2)

# Hemijski i mehanički procesi probave- Želudac

## Enzimi

- Pepsinogen u pepsin - bjelančevine
- Lipaza (pretvaranje hrane u kašu - nepovoljan pH)





# Želudac – nadražaji

- Psihička faza, emocije:

- strah, depresija smanjuju sekreciju,
- pomisao na hranu povećava sekreciju

## Želudac – nadražaji

- **Gastrična faza**, unešena hrana=lučenje soka
  - **Ljuta** povećava sekreciju
  - **Bjelančevinaste namirnice** (mesne supe) **podstiču sekreciju** = sekretagogi-uzimamo kao prvo jelo HCl, kod pH 2 povratni (štiti od prevelike kiselosti) mehanizam zaustavlja lučenje

## Želudac – nadražaji

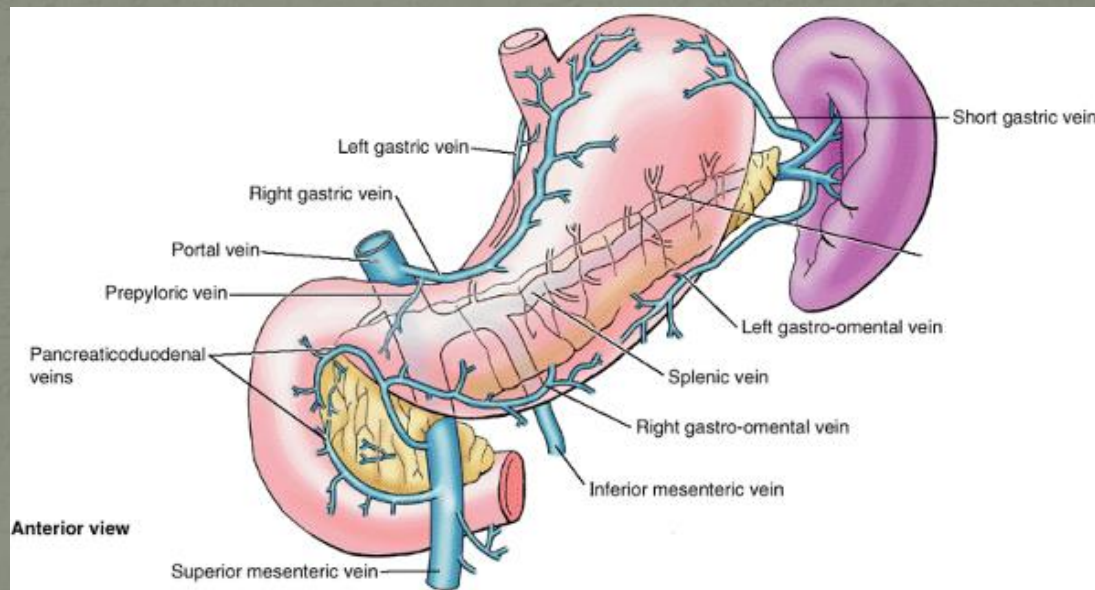
- **Hormonalni nadražaji:** hormon + unesena hrana (kofein, alkohol, ekstrakt mesa), pojačava lučenje lokalnih, mukoznih ćelija-**gastrin**



Enzim pepsin (kojeg luče želučane glavne ćelije) služi za degradaciju **bjelančevina** u peptide,

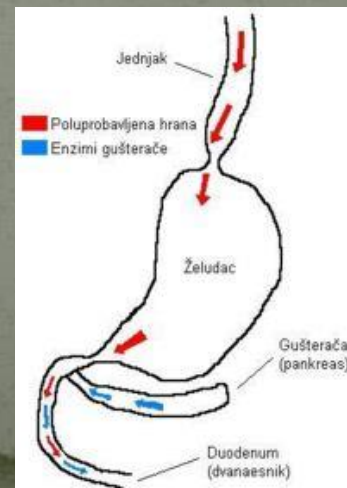
HCL razgrađuje **masti**, a želučana sluz je razrijeđuje kako ne bi oštetila zid i sluznicu želuca.

Nakon probave u želucu, hrana putuje u **tanko crijevo** (dvanaestopalačno).



Zajedno sa poluprobavljenom hranom, u prvi dio tankog crijeva (duodenum) ulaze i **pankreasni enzimi i žuč** kroz tanki otvor papilu vateri.

**Pankresni enzimi** u tankom crijevu **hemijski** razgrađuju hranu prije nego što se resorbuje u krv, a **žuč** razgrađuje masti na masne kiseline i glicerol.

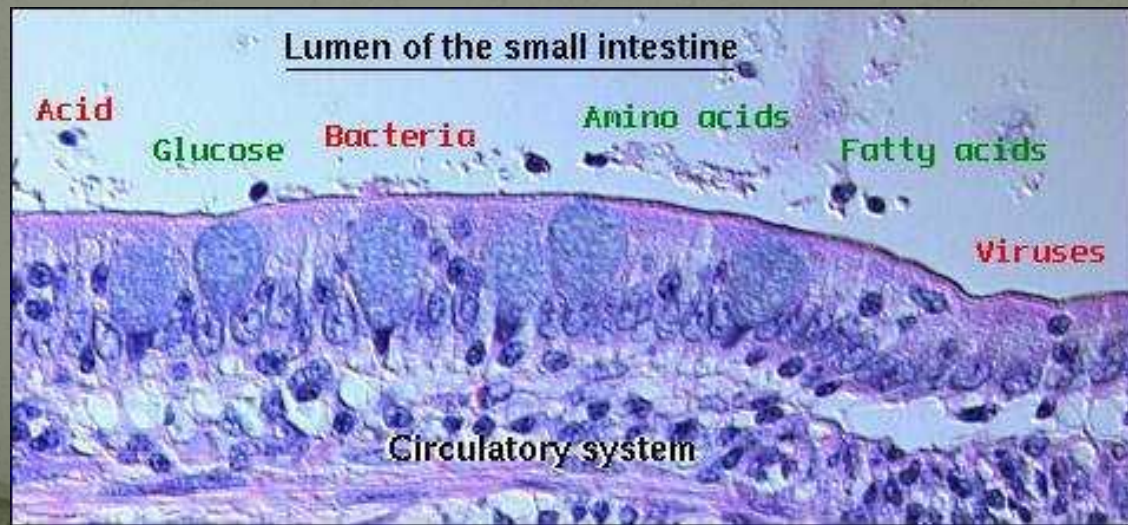




# Crijevo

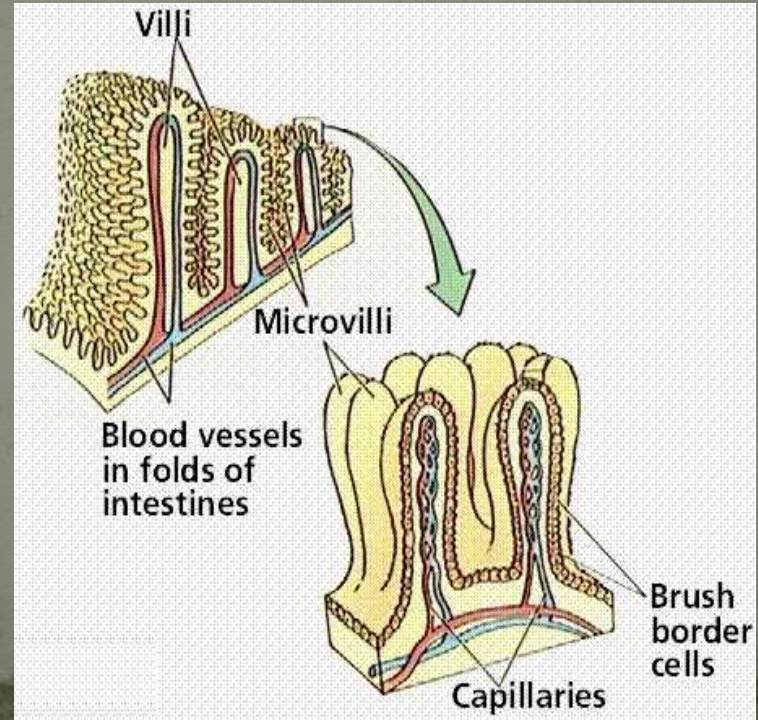
Najvažnija faza procesa varenja odvija se u crijevu u kome se vrši i apsorpcija svarenih hranljivih materija.

U vezi sa tim dolazi do povećanja njegove površine na različite načine.



Ono je manje ili više izduženo i obrazuju se sitni izraštaji koji su označeni kao **vili intestinalias** (crijevne resice).

Kod čoveka, površina resica iznosi  $10 \text{ m}^2$  ili 5 puta više od površine kože.

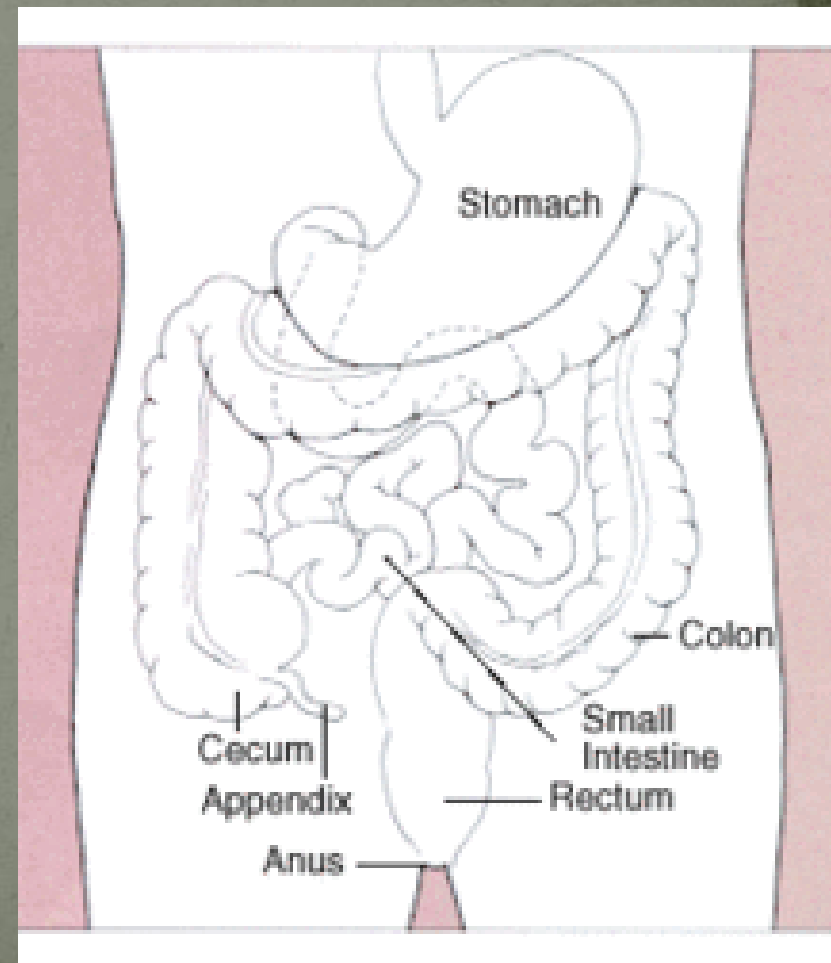




Crijevo se sastoji od dva dijela:

- Prednjeg, tankog creva
- Zadnjeg, debelog creva.

Granica između njih je obilježena slijepim izraštajem – **slijepim crijevom**.



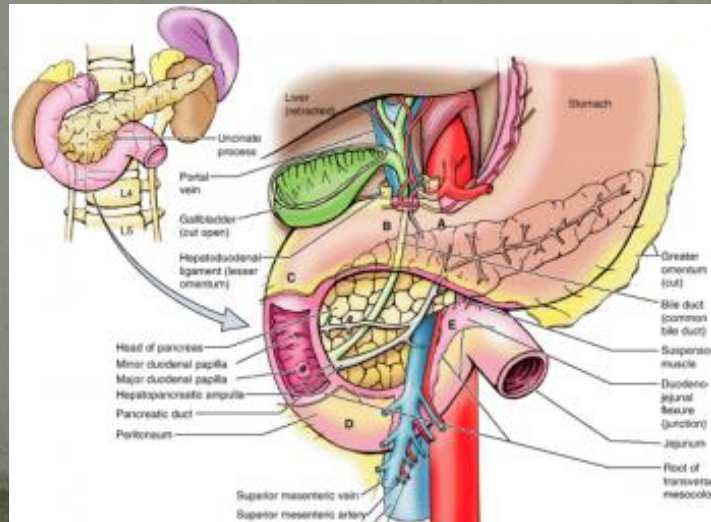


# Tanko crijevo

**Početni dio** tankog crijeva je **duodenum**, u koji se ulivaju odvodi jetre i pankreasa.

U **zidu tankog crijeva nalaze se žlezde** koje luče velike količine sluzi i enzime.

**Sluz kao omotač** štiti crijevnu sluzokožu od dejstva enzima. Dužine je 25 cm.



Kroz tanko crijevo hrana **putuje valovitim stezanjem mišića** – peristaltikom

**jejunum**, dužine 2-8 m, u kojem se **završava razgradnja hrane**

**ileuma**, dužine oko 4 m, u kojemu se razgrađeni **sastojci hrane upijaju u krv** .

Iz tankog se crijeva probava nastavlja na **debelo crijevo**.

**Probava proteina** u peptide i aminokiseline uglavnom se pojavljuje u **želudcu**, ali katkad i u tankom crijevu.

Tamo se događa većina hemijskih reakcija:

**peptidi** se degradiraju u aminokiseline;

**lipidi** (masti) degradiraju u masne kiseline i glicerol;

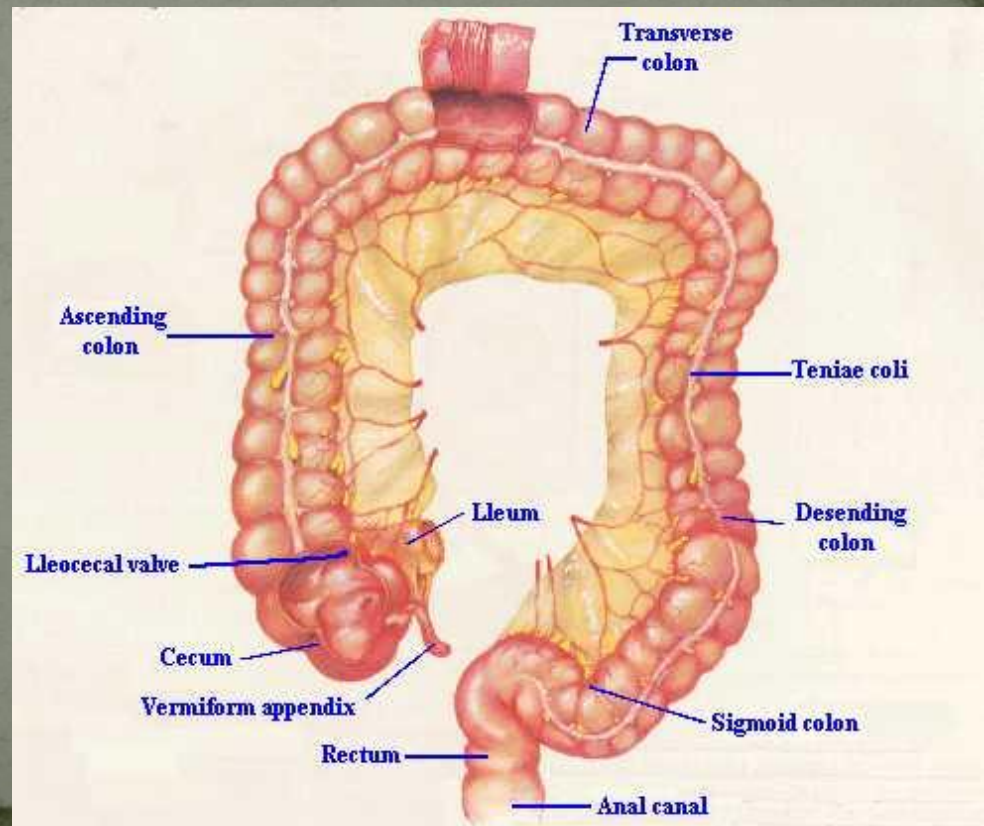
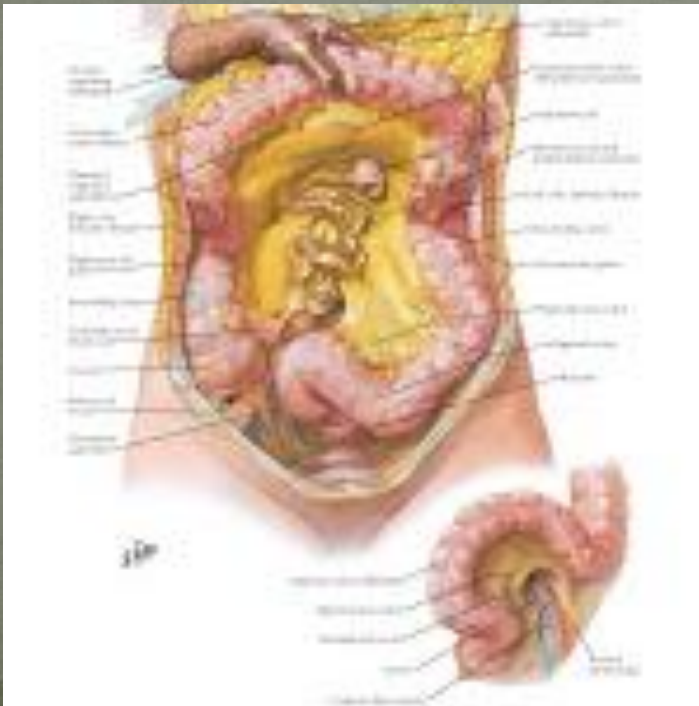
**ugljeni hidrati** degradiraju u jednostavnije šećere (npr. glukozu)



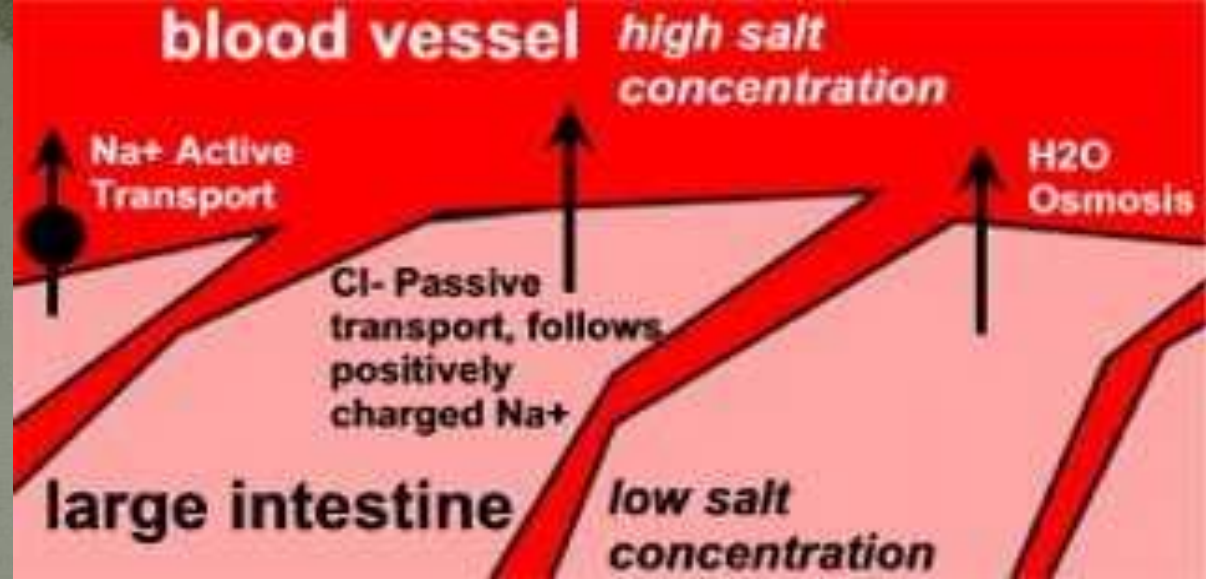
# Debelo crijevo

Do debelog crijeva dopijeva **nesvareni dio hrane**, voda i soli.

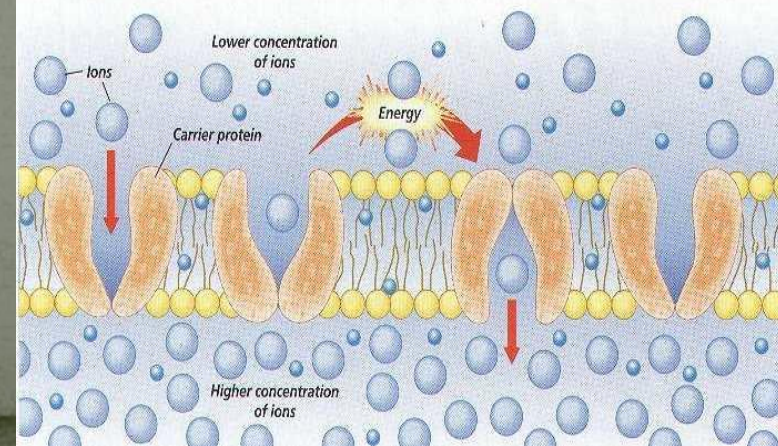
U njemu se nalazi mnoštvo **bakterija** koje imaju sposobnost sinteze **vitamina** koje organizam apsorbuje.



U debelom crijevu se vrši  
apsorpcija vode i soli i  
prikupljanje nesvarenih  
ostataka pre njihovog  
izbacivanja.



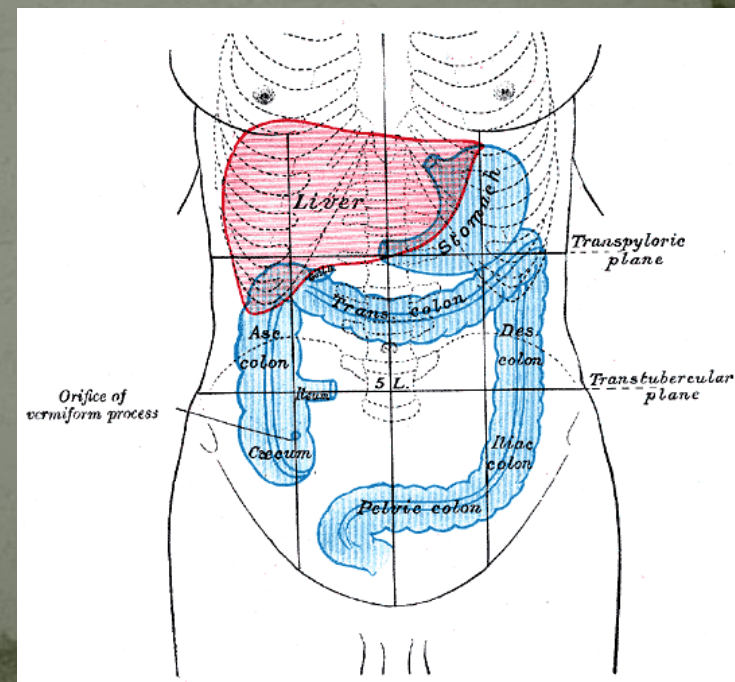
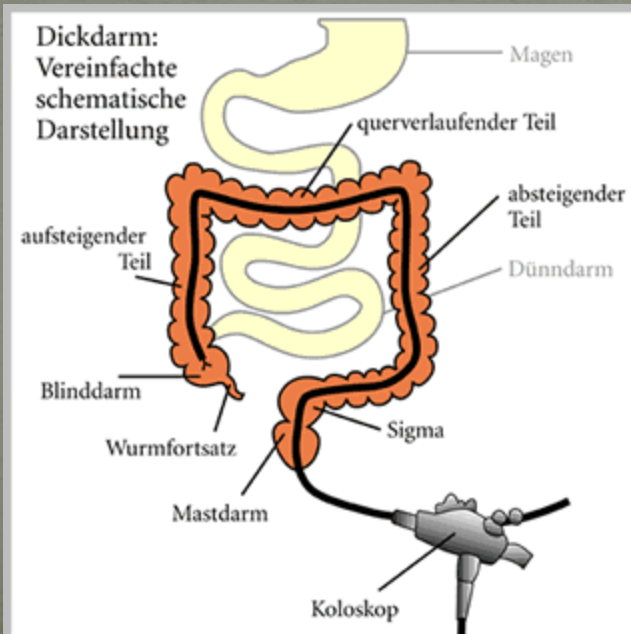
Carrier proteins are used in active transport to pick up ions or molecules from near the cell membrane, carry them across the membrane, and release them on the other side. Active transport requires energy.





Debelo crijevo dijeli se na: uzlazno, poprečno i silazno; tu su još i slijepo crijevo te rektum.

**Otpadne materije** iz debelog crijeva prelaze u njegov završni dio, a to je anus (crijevni otvor) kroz koji se redovito izbacuju izmetine.





An anatomical illustration of the human digestive system, showing the esophagus, stomach, and intestines in pink and red, overlaid on a semi-transparent human skeleton. The background is dark grey.

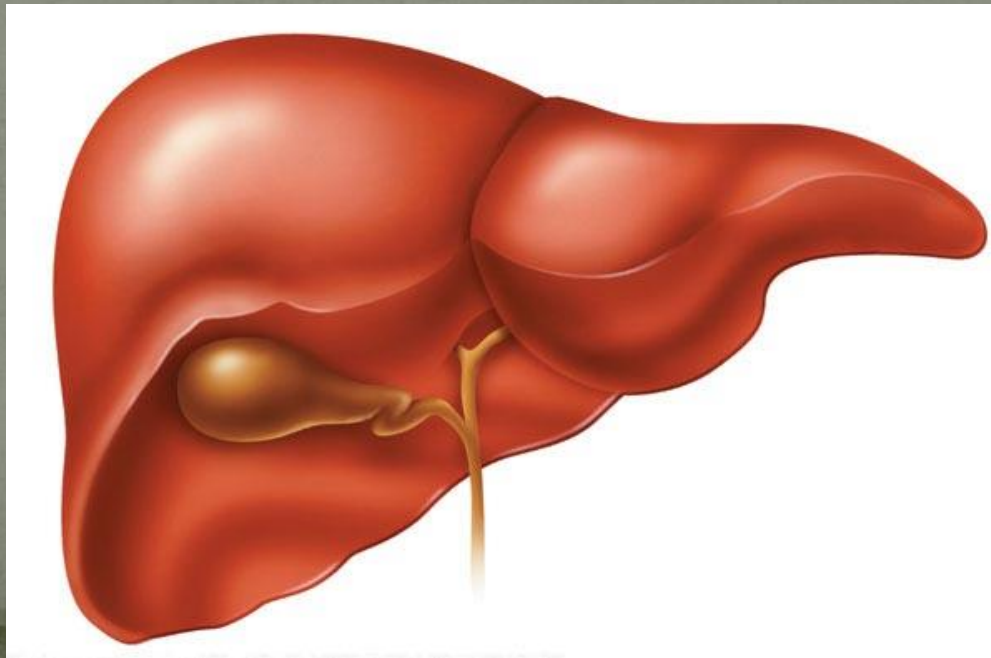
građa, funkcija  
i bolesti  
probavnih organa

[www.eduvizija.hr](http://www.eduvizija.hr)

# Jetra

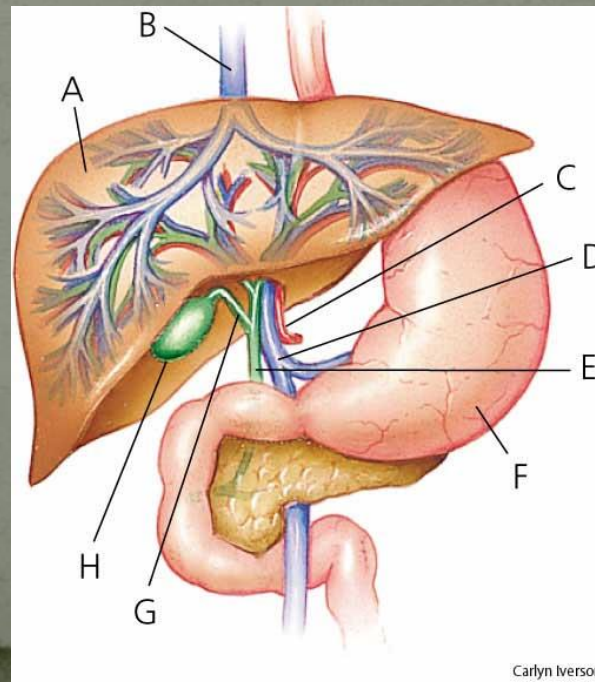
*Jetra (hepar)* je **najveći organ** u ljudskom tijelu. Njena **težina** iznosi oko 1500 grama odnosno 2% celokupne telesne težine.

Jetra ima **veliku regenerativnu** moć i veliku **otpornost** na razne poremećaje.



Jetra ima dvostruki krvotok.

**Vena porte** dovodi vensku krv iz crijeva i slezine, a **hepatična arterija**, odvajajući se od celijačnog stabla, snabdijeva jetru arterijskom krvlju.





*Peran*himske ćelije – **hepatociti** čine najveći deo organa jetre.

Oni su najodgovorniji za brojne metaboličke procese u jetri – omogućavaju centralnu ulogu jetre u metabolizmu.

# Funkcija jetre

Uloga jetre u organizmu od izuzetnog je značaja.

Posebno je od značaja **metabolička i hemodinamska uloga.**

Od **metaboličkih funkcija** od posebnog je značaja:

*sintheza bjelančevina plazme,  
detoksikaciona funkcija jetre i  
funkcija stvaranja žuči.*

## *Sinteza bjelančevina plazme.*

U jetri **se stvara** najveći dio bjelančevina plazme:

- cjelokupni serumski albumin i 80% alfa i beta globulina,
- gama globulini se stvaraju u ekstrahepatičkom retikuleonderskom sistemu.



## *Uloga u koagulaciji krvi.*

Jetra ima jednu od **najvažnijih uloga** u procesima koagulacije krvi.

Smatra se da su **hepatociti** odgovorni za sintezu čak 11 proteina neophodnih hemostaznom mehanizmu.

To su: fibrinogen, protrombin, faktori V, VII, IX i XII, prekalikrein i kininogen, antitrombin III i plazminogen. Prema novim podacima iz literature moguća je i sinteza faktora VIII (antihemofilni faktor) od strane retikuloendoteleskog sistema jetre.

## *Detoksikaciona funkcija jetre.*

Jetra ima **najveću ulogu** u odbrani organizma od mnogobrojnih toksičkih materijala koje se stvaraju u endogenom metabolizmu.

U egzogene toksičke materijale ubrajaju se i brojni lijekovi čiji se metabolizam obnavlja u jetri.

U procesu oslobađanja organizma od hemijskih supstanci razlikuju se **dva puta**:

**eliminacija**, kojom se hidrosolubilni molekuli izlučuju preko bubrega i

**„detoksikacija“** – metabolizam liposolubilnih molekula koja se obavlja u hepatocitima.



## *Uloga u stvaranju žuči.*

**Ekstretorna funkcija** - označava lučenje žuči u digestivni kanal.

**Žuč** se **stvara u jetri** kao izoosmotski rastvor žučnih kiselina, elektrolita, bilirubina, holesterola i fosfolipida.

Jetrine ćelije **neprekidno stvaraju i izlučuju žuč** u početne žučne puteve (800-1000 ml u roku od 24 časa).

Žuč se izlučuje u duodenum samo onda kada je neophodna u varenju hrane.

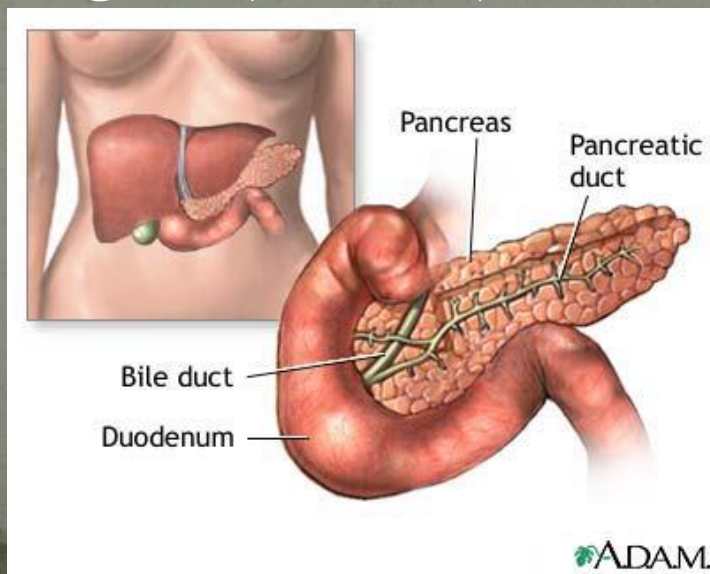
Izlučivanje žuči u duodenum podstiču specifični stimulansi.

# Pankreas (Gušterača)

veoma **važna** žlijezda u sistemu organa za varenje.

Dugačka je otprilike 15 cm, duguljastog oblika i pljosnata.

Težine je između 50 i 150 g. Dobro je zaštićena i smeštena duboko u gornjem dijelu stomaka





# Funkcija

Gušterača obavlja dvostruku ulogu:

izlučuje sokove potrebne za preradu hrane u crijevima, koji se miješaju sa zučí iz jetre (**EGZOKRINA FUNKCIJA**),

u krv luči hormone, koji djeluju u drugim dijelovima tijela, a to je

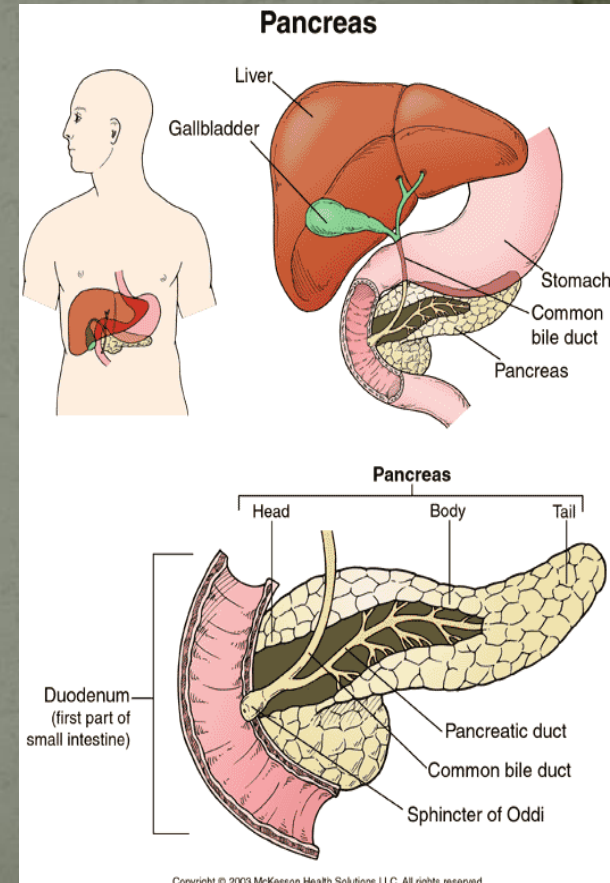
**(ENDOKRINA FUNKCIJA).**

Dnevno pankreas čoveka izluči oko **2000 ml soka.**

Osnovni sastojci pankreasnog soka su:  
enzimi za varenje hrane :

**Tripsin,  
Hemotripsin,  
Lipaza i  
Amilaza**

**Tripsin i hemotripsin** učestvuju u varenju proteina pa se izlučuju u neaktivnom obliku kao **tripsinogen i hemotripsinogen**, da bi se **aktivirali tek kad dospiju u tanko crijevo**.





# Egzokrina funkcija

Postoje tri faze u regulisanju lučenja pankreasnog soka:

- Cefalična faza
- Želudčana faza
- Crijevna faza

## Cefalična faza:

miris hrane

ukus hrane

izgled jela - vizuelna komponenta izaziva

lučenje pankreasnog soka preko dejstva

n.vagusa ali i hormon **holecistokinin**

utiče na ove procese

**Želudčana faza** - širenje zida želudca pod

uticajem hrane aktivira vagus, a takođe i

pokrece peristaltičku reakciju .

**Crijevna faza**

# Endokrina funkcija

- Oglada se u radu endokrinih ćelija grupisanih u tzv. **Largenhansova ostrvca**



Ova ostrvca se sastoje iz tri tipa ćelija:  
alfa, beta i delta.

Beta ćelije izlučuju **hormon**

# VARENJE I APSORPCIJA



- **Varenje glavnih sastojaka hrane se sastoji u čitavom nizu hemijskih procesa** koji se odigravaju određenim redoslijedom i uključuju veliki broj enzima porjeklom iz **sekreta pljuvačnih žljezda, želuca i egzokrinog pankreasa.**



- Djelovanje enzima **potpomažu** HCl iz želudačnog soka i žuč iz jetre.
- Varenje je **najintezivnije** u **tankom crijevu**.

# UGLJENI HIDRATI

- Ugljeni hidrati (UH) prisutni u ljudskoj ishrani su **polisaharidi, disaharidi i monosaharidi.**

Od polisaharida se vare samo **amilopektin** (biljni skrob) i **glikogen** (životinjski skrob).

# UGLJENI HIDRATI

**Varenje skroba** **počinje** u usnoj duplji pod uticajem alfa-amilaze pljuvačke, ptijalina, ali se **prekida u želucu** zbog inaktivacije enzima u kiseloj sredini.



- Varenje UH se **nastavlja** u tankom crijevu pod uticajem pankreasne alfa amilaze.
- Ona, kao i ptijalin, **razlaže skrob** od maltoze, maltotrioze i alfa-graničnih dekstrina.
- Nastali monosaharidi, prije svega glukoza, **apsorbuju** se u početnim dijelovima tankog crijeva.

# PROTEINI

- Za razliku od ugljenih hidrata, proteini moraju da se unose hranom.
- Normalno se cjelokupna količina hranom unijetih proteina svari i apsorbuje.
- **Varenje** započinje u želudcu pod uticajem **pepsina** koji cjepa molekule proteina do peptida različite dužine.

## PROTEINI

- **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 crijeva,
  - četkastom pokrovu enterocita i
  - citoplazmi enterocita.
- Za **aminokiseline** postoji **nekoliko transportnih mehanizama**, ali za sve je zajedničko da se kotransportuju sa  $\text{Na}^+$ .

# MASTI

- Glavne masti u prosječnoj ishrani su trigliceridi.
- Masti se vare u duodenumu pod uticajem lipolitičkih enzima pankreasnog soka.

- Da bi ovi enzimi mogli da djeluju, masti moraju da se **emulguju pomoću žučnih kiselina**.
- Najvažniji lipolitički enzim je *pankreasna lipaza* koja hidrolizuje trigliceride do dvije slobodne masne kiseline i monoglicerida.



- Iz produkata digestije masti i micela žučnih kiselina formiraju se **mješovite micidele.**
- Micidele su hidrosolubilne i ulaze u nepokretni vodeni sloj između crijevnih resica.

# VODA I ELEKTROLITI

- U normalnim uslovima 99% vode i jona se **apsorbuje iz lumena digestivnog trakta.**

## VODA I ELEKTROLITI

- **Dnevno** se u crijeva 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.



## VODA I ELEKTROLITI

- **Na<sup>+</sup>** se **apsorbuje** cijelom dužinom crijeva, ali najintenzivnije u tankom crijevu.

**Apsorpciju** u tankom crijevu stimulira **hormon aldosteron.**

## VODA I ELEKTROLITI

**K<sup>+</sup>** se apsorbuje u tankom crijevu, dok se u debelom crijevu 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 zamjenu za hloridni jon koji se apsorbuje.



$\text{Ca}^{2+}$  se apsorbira u **proksimalnom dijelu tankog creva.**

Transport kroz luminalnu membranu se vrši olakšanom difuzijom preko nosača čiju sintezu stimulira vitamin D hormon.

# VITAMINI



- **Vitamini su** organska jedinjenja koje **sintetišu biljke i mikroorganizmi.**
- Izvor vitamina su **namirnice** biljnog i životinjskog porekla.
- Hrana **sadrži** ili **vitamine** ili njihove **provitamine** koji se u organizmu pretvaraju u **vitamine.**



**Hvala na pažnji !**