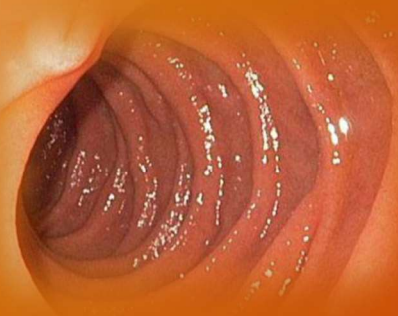


4.4. A TÁPLÁLKOZÁS AZ EMÉSZTŐRENDSZER FELEPÍTÉSE ÉS MŰKÖDÉSE

Készítette: Vizkivicz András



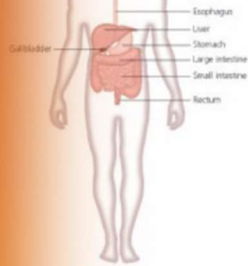
SCIENCEPHOTO LIBRARY

The Digestive System



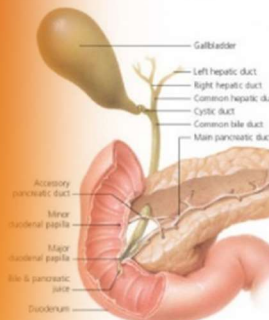
What is the digestive system?

The digestive system, or **gastrointestinal tract**, is essentially a muscular tube in which intake, digestion and absorption of nutrients takes place. Food, broken down mechanically in the mouth, is propelled through a series of different secretory and absorptive environments. Within these environments, food is broken down further by digestive enzymes into components small enough to be absorbed. The digestive system also stores unabsorbed components until they are ready to be expelled at the end of the gastrointestinal tract.

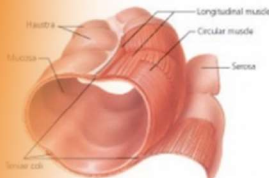


Liver, pancreas & gallbladder

After leaving the stomach, chyme moves into the duodenum, the first part of the small intestine, where it is mixed with bile produced by the liver and pancreatic juice produced by the pancreas. Bile acts as a soaping agent on the chyme while the pancreatic juice containing numerous digestive enzymes further breaks down fats, proteins and carbohydrates. Excess bile is stored in the **gallbladder**.

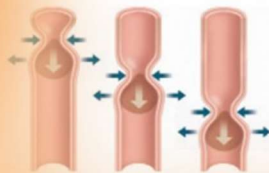


Layers of large intestine



Large intestine

The large intestine consists of the **cecum**, the **caecum** (ascending, transverse, descending and sigmoid) and the **rectum**. As undigested material enters the large intestine, water and electrolytes are absorbed. The remaining waste is stored, formed and expelled.



Peristaltic action

Food material is moved through the digestive system by a series of muscle contractions called **peristalsis**. The contraction of the muscle behind the material forces it into the next section, where the muscle has relaxed.

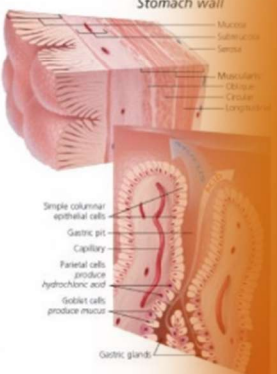
The mouth & salivary glands

Chewing, the mechanical action of the teeth and tongue, begins the breakdown of solid food. It greatly increases food's surface area and mixes the food with the secretions of the salivary glands, called **saliva**. Saliva acts like a solvent, cleaning the teeth and dissolving food molecules so they can be tasted. Its enzymes also begin the digestion of **starch**, a form of carbohydrate, and its mucus lubricates the pharynx for swallowing.



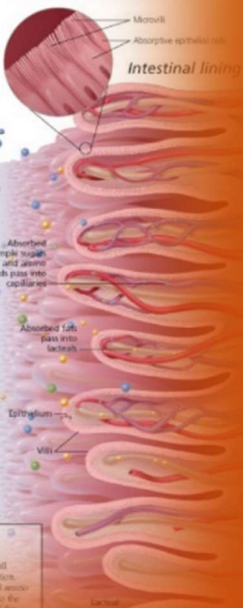
The stomach

Swallowed food reaches the stomach after being pushed through the esophagus by wavelike muscular contractions called **peristalsis**. Once in the stomach, food mixes with hydrochloric acid and mucus produced by the stomach lining to begin the digestion of proteins. This lining produces a layer of mucus to protect itself from the acid. The stomach also functions to store partially digested food, churning for processing later by the small intestine.



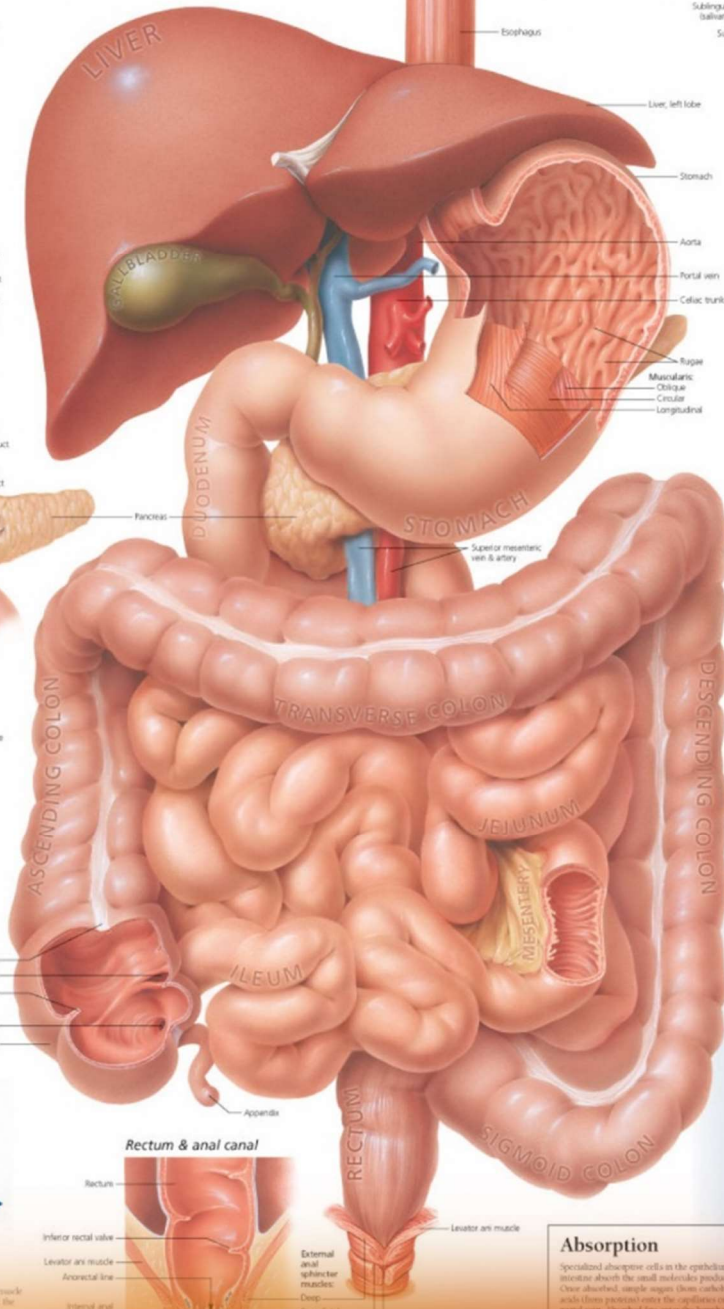
Small intestine

The small intestine consists of three areas: the **duodenum**, **jejunum** and **ileum**. Digestion occurs throughout the entire length of the small intestine, accompanied by the absorption of the resulting molecules by the intestinal wall. Villi, projections of the lining of the small intestine, greatly increase the surface area of the absorptive membrane called the **epithelium**. Each cell of the epithelium has microvilli which further increase this absorptive surface area.



Absorption

Specialized absorptive cells in the epithelium of the small intestine absorb the small molecules produced by digestion. Once absorbed, simple sugars (from carbohydrates) and amino acids (from proteins) enter the capillaries on their way to the general circulation. Absorbed fats enter the lymphatic vessels of the cells, called **lacteals**, before eventually entering the blood.



4.4. A táplálkozás

Készítette: Vizkievicz András

A fejezet a követelményrendszer 4.4. pontja alapján készült.

Az ember táplálkozási szervrendszerének felépítése és működése

A gerinces állatok és így az ember bélsőve **elő-, közép- és utóbéli** szakaszokra osztható. A tápcsatorna emberben kb. 8 m hosszú, erősen kanyarulatos lefutású, a szájnyílással kezdődő és a végbélnyílással végződő cső.

Az **előbél**, mely a szájüregtől a gyomorig terjedő bélszakasz, elsősorban a **táplálék**

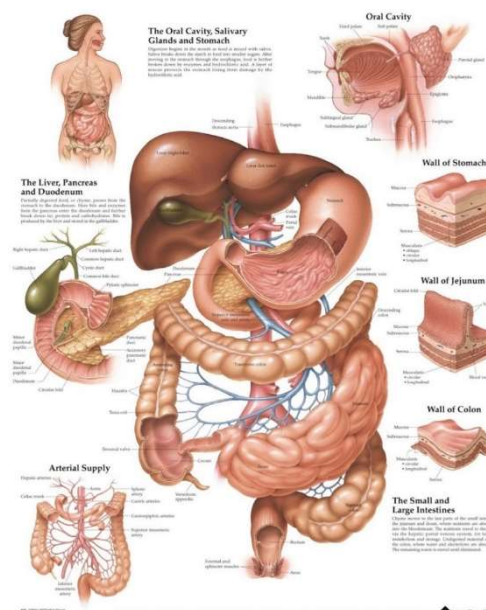
- felvételét,
- aprítását,
- puhítását,
- az emésztés megkezdését,
- a táplálék továbbítását végzi.

A **középbél** (vékonybél)

- a táplálék emésztését és
- felszívását bonyolítja.

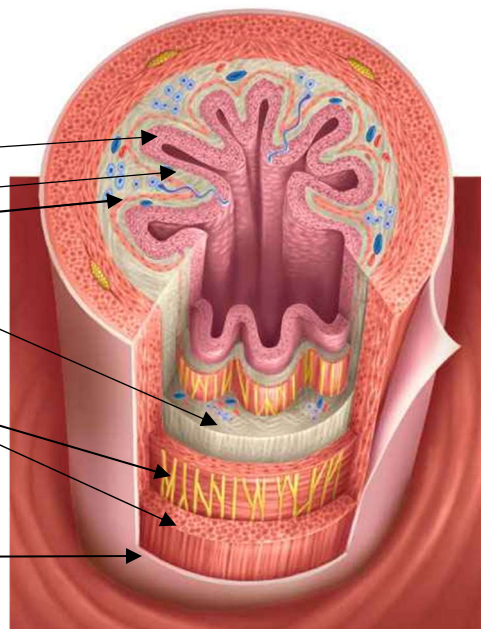
A tápcsatorna utolsó szakasza, az **utóbél**

- az emészthetetlen maradék, a bélsár – széklet – kialakítását,
- tárolását és
- kiürítését viszi véghez.



A bélsatorna falát belülről kifelé haladva többnyire a következő **rétegek** alkotják:

- **nyálkahártya**
 - hámréteg
 - kötőszöveti réteg
 - simaizomréteg
- **nyálkahártya alatti vastag kötőszöveti réteg**
- **simaizomrétegek**, melyek lehetnek
 - körkörös
 - ferde
 - hosszanti irányúak
- **savós hártya**
 - vékony kötőszöveti réteg
 - hámréteg (egyrétegű laphám)



A rétegek vastagsága, fejlettsége bélszakaszonként változik.

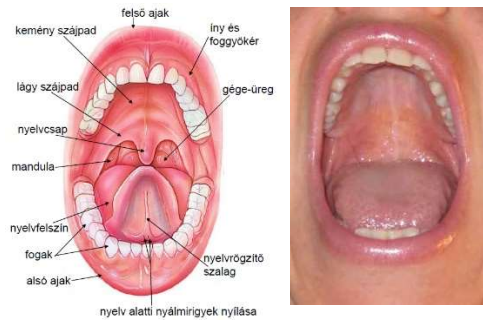
Az előbél

A bélső legelső része a szájnyílással kezdődő **szájüreg**. A szájüreg feladata

- a táplálék felvétele,
- felaprítása, puhítása,
- az emésztés megkezdése, és
- a táplálék továbbítása.

E feladatok ellátására alakultak ki a szájüreg képletei:

- a **fogak**,
- a **nyelv**, és
- a **nyálmirigyek**.

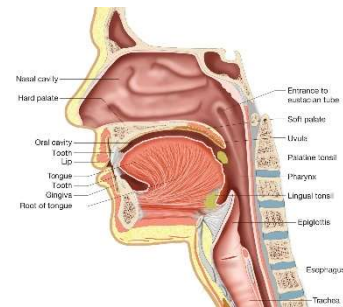
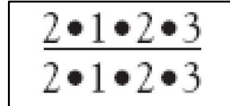


A szájüreget elől az **ajkak** zárják le, hátul folyamatosan, éles határ nélkül megy át a garatba. Felül, elől a kemény, ill. hátul a lágy **szájpad** határolja el az orrüregtől.

A szájüreget **nyálkahártya** béleli, felszínét nyálkaréteg fedi. A nyálka feladata a mechanikai és a kiszáradás elleni védelem.

Az emlősök, így az ember fogazata különböző alakú és rendeltetésű gyökeres fogakból áll, ún. **heterodont fogazat**. A fogazat 4 egyenlő, ún. kvadránsra osztható, egy kvadránsban 8 fog van, melyek a középvonaltól kezdve az alábbi módon helyezkednek el:

- 2 véső alakú metszőfog,
- 1 kúpos szemfog,
- 2 gumós felületű kisórló, ill.
- 3 nagyórló.



A fogképlet az egyik oldali felső és alsó kvadráns egyes fogtípusainak számát mutatja a középvonaltól kezdve.

Felnőtt korban összesen **32 maradó fogunk van**. Ezek előtt féléves kortól fokozatosan **20 szintén gyökeres tejfog** jelenik meg (2 metsző, 1 szemfog és 2 órló). A fogváltás kb. a 6. életévben kezdődik és az utolsó tejórló kihullásáig, kb. 11 éves korig tart. A fogváltás során a tejfogak gyökerei lassan felszívódnak és a fogak kiesnek. A tejfogaknak fontos szerepük van az állcsontok szimmetrikus fejlődésében, illetve a tejfogak túl korai elvesztése a maradó fogak rendellenes helyzetű előretöréséhez vezethetnek.

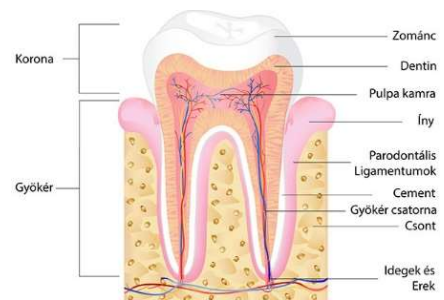
A fogak az ún. csontos **fogmederben** helyezkednek el. A fog főbb részei:

- a szabadon kiálló **fogkorona**,
- a fogmederben lévő **foggyökér**,
- a kettő határán a **fognyak**.

A fogkoronát kívülről a rendkívül kemény **zománcreteg** borítja. A zománcreteg a fog legkeményebb alkotórésze, **sejtmentes, élettelen**, regenerálódni nem képes réteg. 96%-ban szervetlen anyagokat tartalmaz, főként hatszögletű (Ca- és P-tartalmú) hidroxipatit-kristályokból áll.

A **fogak fő tömegét** a zománcréteg alatt található **dentin** adja. Ez szintén sejtmentes és érmentes réteg. 80%-ban szervetlen anyagokat (főként hidroxipatit), 20%-ban fehérjéket (pl. kollagént) tartalmaz.

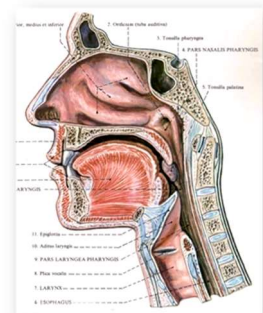
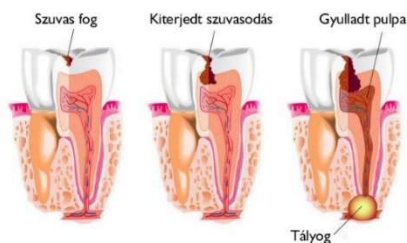
A foggyökeret kívülről az ún. **cementállomány** borítja. Szerkezete, felépítése **nagyon hasonló a lemezes csontszövetéhez**.



A fog szilárd állománya az ún. **fogüreget** fogja közre. Ezt a lágy **fogbél** tölti ki, ami erekben és idegekben, sejtekben (dentinképző sejtek, őssejtek) gazdag **lazarostos kötőszövet, táplálja és érzékennyé teszi a fogat**.

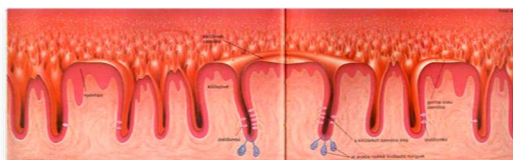
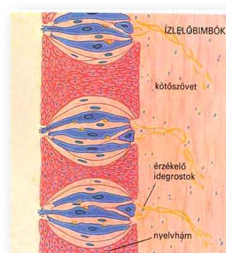
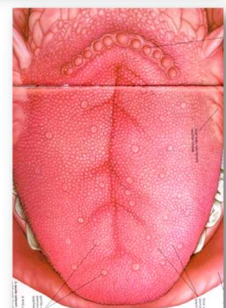
A **fogak feladata a táplálék felaprítása**, ez a **rágás** révén történik. A **rágómozgások reflexes úton nyáleválasztáshoz vezetnek**. A táplálkozással kapcsolatos motoros és elválasztási válaszreakciók, ún. nyálkahártyareflexek – a nyáleválasztás, rágás, nyelés, hányás – idegi központjai az agytörzsben találhatók.

A fogak felszínére ún. **foglepedék** rakódhat, amely a táplálék, ill. a nyál **szerves anyagmaradványaiból** alakul ki. Ebben a rétegben **baktériumok telepedhetnek meg**, amelyek az itt található szerves anyagokat – pl. cukrokat – bontják tovább. A lebontás eredményeképpen különféle **szerves savak keletkeznek**, amelyek **megtámadják a zománcréteget**. A zománcrétegen egyre mélyülő nyílás keletkezik, amely végül elérheti akár a fogbelet is, ahol a bejutó baktériumok miatt komolyabb **gyulladás** is keletkezhet. Ez a folyamat a **fogszuvasodás**. A lepedék fogmosással történő eltávolításával, illetve rostban gazdag, cukrokban szegény táplálkozással a károsodás megakadályozható.



A **nyelv** a **szájfenék izmos kiemelkedése**, felületét **nyálkahártya borítja, fő tömegét harántcsíkt izmok alkotják**. A nyelv hátának elülső 2/3-án **szemölcsök** találhatóak. Egyes szemölcsökben **ízérző sejtcsoportok**, ún. **ízlelőbimbók** vannak, amelyekben különböző anyagokra érzékeny **kemoreceptorok** vannak. A receptorok **5-féle alapízre** érzékenyek (újabban 6. alapízként emlegetik a zsírérzékelést).

Nem csak a nyelven, de a **szájpadlason, a torokban, a gégefedőn és a nyelőcsőben** is megtalálhatók **ízlelőbimbók** és mindegyik terület **érzékeli mindegyik ízt**. A nyelven van némi különbség abban, hogy a nyelv különböző részein található **ízlelőbimbók** melyik **alapízre** érzékenyebbek, de ez az eltérés **lényegében elhanyagolható**.



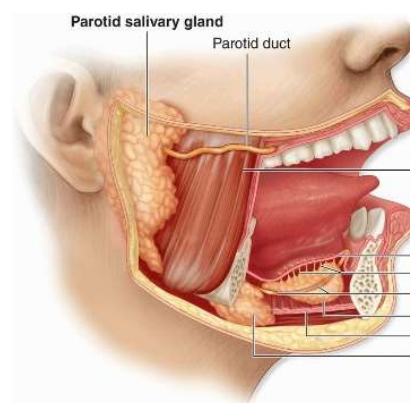
- A **savanyú** íz érzete a **H⁺-koncentráció** függvénye,
- a **sós** íz a kisebb pozitív töltésű kationok hatására (NaCl) alakul ki,
- míg ugyanezek az ionok nagy koncentrációban **keserű** ízt okoznak, de a nagyobb töltésű kationok, pl. Ca²⁺, Mg²⁺ szintén keserűek,
- az **édes** ízt a legkülönbébb szerkezetű vegyületek okozhatnak, de természetes módon a sok **-OH-csoportot tartalmazó vegyületek** felelősek az édes íz kialakításáért.
- Az ötödik alapíz az **umami** – ami japánul finom ízt jelent - előfordul pl. a paradicsomban, a parmezán sajtban és a japán konyhában használt kombu nevű barnamoszatban. Ezt az ízt kiváltó mesterséges adalékanyag a nátrium-glutamát, E 621.
- A **csípős** ételekben lévő anyagok, pl. a kapszaicin a szájüreg fájdalomérző receptoraira hatnak.

A nyelv feladata

- a **táplálék összekeverése a nyállal** rágás közben,
- az **ízérezékelés**,
- a **falat továbbítása** a garatba nyeléskor,
- a **hangképzés**.

A **nyálát** a szájüregbe nyíló 3 pár nagy nyálmirigy termeli:

- a **fültőmirigy**,
- a **nyelv alatti mirigy**,
- az **állkapocs alatti mirigy**.



Naponta kb. 500-600 ml nyál termelődik, **kémhatása semleges, ill. enyhén lúgos**. Fő összetevői:

- a **nyálamiláz** enzim, melynek feladata a **keményítő, glikogén maltózzá bontása**,
- a **mucin**, melynek feladata a táplálékpép összeragasztása, a falatképzés elősegítése, a nyál viszkozitásának növelése.
- A nyál ezen kívül még **anorganikus sókat** is tartalmaz: Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Cl⁻, PO₄³⁻. A foszfátok a **nyál fokozott lúgosodása esetén** kiválnak és **fogkővet** képeznek.
- (És nyállipáz.)



A nyál továbbá **védi a száj nyálkahártyáját a kiszáradástól, sérülésektől**, lúgos kémhatása révén **védi a fogakat a szuvasodástól**, lizozim enzimje antibakteriális hatású, ill. **immunglobulinjai** védenek a fertőzések ellen.

Kísérletek amilázzal

- Két kémcsőbe öntsünk 1-1 cm³ keményítőoldatot!
- Egyikbe tegyünk 2 cm³ nyálát, a másikba 2 cm³ vizet!
- Helyezzük mindkettőt 37 °C-os vízfürdőbe!
- Kb. 15 perc múlva cseppentsünk hozzájuk egy-egy csepp Lugol-oldatot (KI-os jódoldat)!



Az amilázt is tartalmazó kémcsőből vett minta a Lugol-oldat hozzáadását követően sárgásbarna színűvé válik, ez a Lugol-oldat színe, mivel az amiláz a keményítőt elbontotta.

A másik minta kékeslilas lesz, mert a keményítőbontás amiláz hiányában nem következik be.

A 37 °C-os vízfürdőre azért volt szükség, mert ilyenek a szájüregben mért hőmérsékleti körülmények, így ez optimális az enzimek számára.

Amilázt egyébként kinyerhetünk nyálból, hasnyálból, ill. csírázó magokból.

Az emberi nyál emésztő hatását vizsgálták a következő kísérletekben. A szükséges 4 db kémcső tartalmát az 1. táblázat tünteti fel. Ebben a 4 kémcsőben lévő anyagok minőségét és mennyiségét, valamint a kísérlet körülményeit (kémhatás és hőmérséklet) találjuk.

kémcső sorszáma tartalma	1. kémcső	2. kémcső	3. kémcső	4. kémcső
nyál	2 cm ³	2 cm ³	2 cm ³	2 cm ³ felforralt
keményítő-oldat	2 cm ³	2 cm ³	2 cm ³	2 cm ³
kémhatás	semleges	savas	semleges	semleges
hőmérséklet	37°C	37°C	10°C	37°C

A kémcsövekből 10 percenként 1-1 cseppet fehér csempére cseppentünk. Minden esetben a kivett csepphez 1-1 csepp Lugol-oldatot (KI-os I₂ oldatot) adunk. A tapasztalatokat a 2. táblázat összegzi.

idő (perc)	1. Kémcső	2. Kémcső	3. Kémcső	4. kémcső
0	S*	S	S	S
10	S	S	S	S
20	S	S	S	S
30	K*	S	S	S
40	V*	S	S	S
50		S	K	S
60		S	V	S

*A rövidítések magyarázata: „S”: sötét szín; „K”: közepes színintenzitás; „V”: világos szín

Tapasztalatok, következtetések

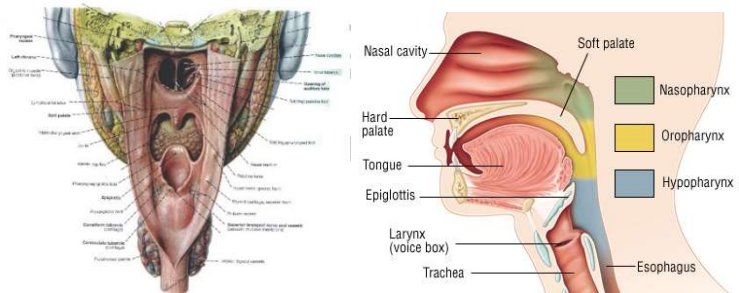
Az első mintavételkor (kiindulási állapotban) az 1-4. mintákban a Lugol-oldat hatására sötét szín megjelenését tapasztaljuk a keményítő jelenlétének köszönhetően. A tapasztalt eredmények magyarázata:

- Az 1. kémcső a kontrollvizsgálat.
- A 2. kémcsőben nem megfelelő a kémhatás.
- A 3. kémcsőben az alacsony hőmérséklet miatt lassabb a reakció.
- A 4. kémcsőben nem működik az enzim, hiszen forralás hatására az enzim denaturálódott, elveszítve az aktivitását.

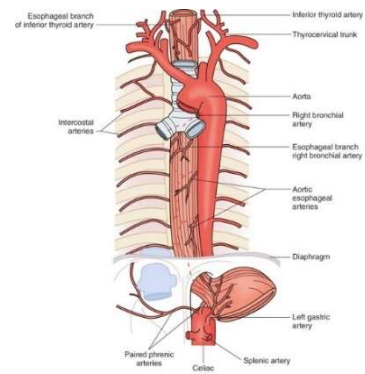
A 3. és 4. kísérletet elvégezve a kutató a nyálban levő amiláz enzim hőtűrő képességét szeretne volna megvizsgálni. E célból azonos töménységű keményítő oldatokból indult ki, melyekhez azonos mennyiségű nyálat adott és a reakciót különböző hőmérsékleteken vizsgálta, majd megmérte a Lugol-oldat hozzáadása után a szín elhalványulásához szükséges időt.

A szájüreg hátsó, elkeskenyedő része a **torokszoros**, amely a **garatban** folytatódik. A garatba nyílnak:

- a **fülkürt** (Eustach kürt), amely a középfülbe vezet,
- a **belső orrnyílások**,
- a **szájüreg**,
- a **gége**, és
- a **nyelőcső**.



A **garat hátsó fala** receptorokban gazdag, érintése **nyelési reflexet indít el**, folyamatos ingerlése hányást vált ki. A **garatban kereszteződik a levegő és a táplálék útvonala**. A táp- és a légutak kezdeti szakaszán, a száj- és orrgaratban különösképpen nagy mennyiségben található az immunrendszerhez tartozó **nyirokcsomók** és a nyálkahártyát kidomborító **nyiroktüszők**, melyeket **manduláknak** nevezünk. A garat tápcsatornai része a nyelőcsőben folytatódik.

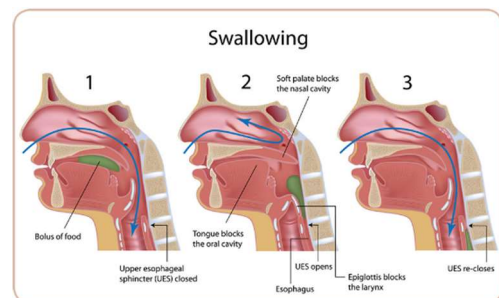


A nyelés során a falat a nyelőcsővön keresztül a gyomorba jut. A **nyelőcső** emberben kb. 20-30 cm hosszú, és kb. 2 cm átmérőjű, a rekeszizmot átfúrva, alul az ún. **gyomorszájhoz** kapcsolódik. A nyelőcső nyálkahártyája – ennek hámja **többrétegű gyengén elszarusodó laphám** – hosszanti redőket vet, amelyek elsimulnak, ahogy a falat áthalad és kitágítja a csövet. Izomzata körkörös és hosszanti rétegekből áll, ez a **felső harmadban harántcsíkolt, lejjebb simaizom**.

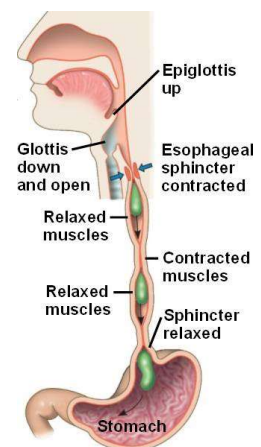


Nyeléskor

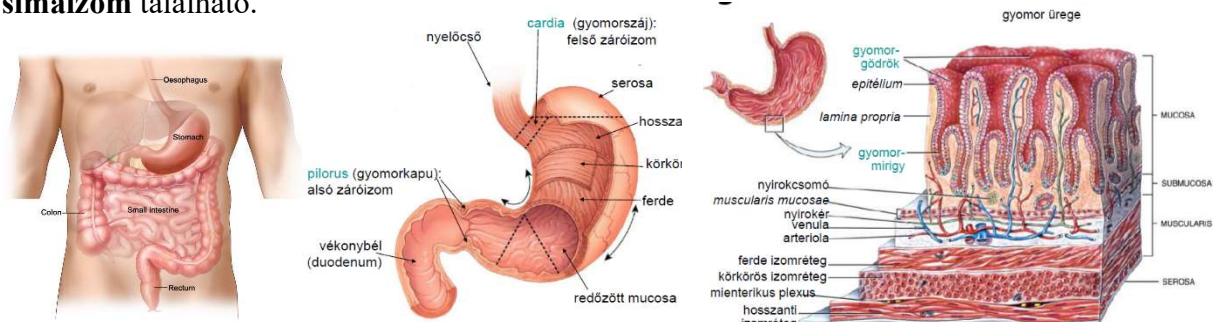
- az ajkak zárulnak,
- a **nyelv előlről hátrafelé felemelkedik**, így a falatot a garatba juttatja,
- a **lágyszájpad elzárja az utat az orrüreg felé**,
- a garatot a garat izmai felemelik,
- a **falat a gégefedőhöz nyomódik, ami megakadályozza, hogy a táplálék a légcsőbe kerüljön**,
- a falat a nyelőcsőbe jut, melynek izmai ún. **perisztaltikus** mozgással továbbítják a falatot a gyomorba.



Amikor a falat a gyomorhoz ér, a gyomorszáj gyűrű alakú záróizma elernyed és a falat bejut a gyomorba. Ezután a záróizom újra összehúzódik, s így megakadályozza, hogy a gyomortartalom visszajusson a nyelőcsőbe. **A falat továbbítása tehát nem passzív, hanem aktív izomműködés, az ún. perisztaltikus mozgás eredménye**, melynek során a szájüreg felé eső **körkörös izmok összehúzódnak, majd elernyednek, és az addig elernyedett körkörös izmok húzódnak össze lefelé haladva**, így a falatot a gyomor felé nyomják.



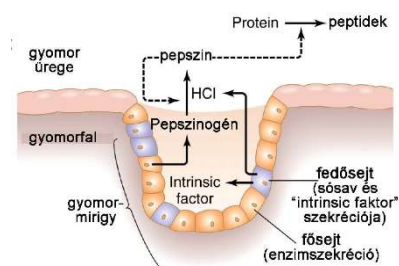
A **gyomor** az **előbél** nyelőcső után következő **utolsó szakasza**, amely a **rekeszizom** alatt, a **bal oldalon** helyezkedik el. Álló testhelyzetben a gyomor függőleges állású tömlő, melynek alsó része horogszerűen visszakanyarodik. Felül a **gyomorszájjal** kezdődik, visszaforduló kampószerű része a **gyomorkapu**. A gyomorszájban és a gyomorkapuban erős, **gyűrűszerű simaizom** található.



A gyomorfal rétegződését tekintve tipikus felépítésű, redőzött nyálkahártya, nyálkahártya alatti kötőszövet, izomrétegek (körkörös, hosszanti, ferde) és savós hártya építik fel.

A nyálkahártya hámja egyrétegű hengerhám, melynek felületi rétege mucinszerű anyagot termel. E nyákszerű anyagnak fontos szerepe van a gyomorfal védelmében. A **nyálkahártya kötőszöveti rétege csöves mirigyeket** tartalmaz. A mirigyek

- nyaki szakaszában találjuk a **mucinózus nyálkát termelő melléksejteket**,
- a középső régióiban helyezkednek el a **H⁺- és Cl⁻ ionokat termelő, ún. fedősejtek**,
- az alsó részben vannak a **pepszinogént** (és gyomorlipázt) **termelő, ún. fősejtek**.

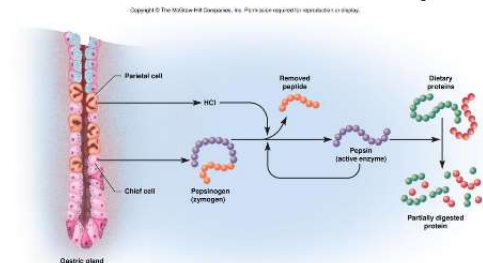


Ezen váladékok összessége a **gyomornedv**.

A magas H⁺-koncentráció következtében a **gyomornedv pH-ja 0,9 és 1,5 között van**, amely **optimális feltételeket biztosít a pepszin számára**.

A **pepszin** fehérjeemésztő enzim, amely **inaktív formában, mint pepszinogén kerül elválasztásra**. A pepszinogén részben az alacsony pH hatására, részben autokatalízissal aktiválódik. A **pepszin a fehérjéket adott aminosavaknál hasítja, így darabolva oligopeptidekre bontja őket**.

Production and Action of Pepsin



A gyomor

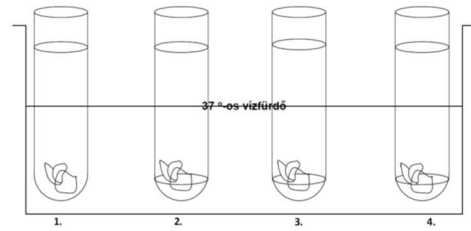
- **megkezdi a fehérjék emésztését**,
- **tárolja az elfogyasztott táplálékot**, szakaszossá teszi annak belépését a vékonybélbe,
- továbbá a **víz, az alkohol és egyes gyógyszerek felszívódását** teszi lehetővé.



A gyomor erőteljes, izmos fala spontán mozgásokat mutat, melynek szerepe a táplálék szétosztása, az emésztőnedvekkel való összekeverése, és a patkóbélbe való továbbítása. A gyomor mozgására is jellemzők a perisztaltikus hullámok, amelyek a táplálék továbbításáért felelősek.

Gyomor emésztőműködésének vizsgálata

Vegyünk négy kémcsövet. Főtt tojásfehérjéből vágjunk kis darabokat és rakjunk ezekből minden kémcsőbe. Az egyes kémcsövek tartalmát az alábbi módon állítjuk össze:



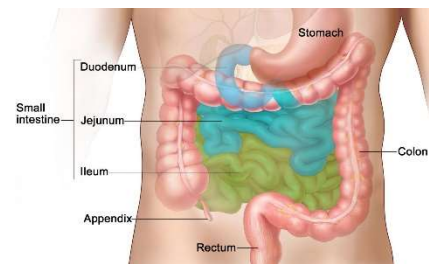
1. 10 ml 0,2%-os sósav (kontroll)
2. 1 ml 1%-os pepszin és 9 ml víz
3. 1 ml 1%-os pepszin és 9 ml 0,2 %-os sósav
4. 1 ml 1%-os pepszin és 9 ml 0,2 %-os nátrium-hidroxid

A kémcsöveket ezután helyezzük 37°C-os vízfürdőbe és hagyjuk egy óráig állni.

Az 1. a 2. és a 4. kémcsőben nem történt változás, míg a 3. kémcsőben a tojásfehérje feloldódott.

A vékonybél, középbél

A **vékonybél** a tápcsatorna középső szakasza – ezért lehet **középbélnek** is nevezni –, az **emésztés befejezésének és a tápanyagok felszívásának fő helye**. Az itt ható emésztőnedveket a középbélhez kapcsolódó máj és hasnyálmirigy termelik. Emberben kb. 6-7 m hosszú, és 3 fő szakaszra osztható:



- **epésbél vagy patkóbél** (duodeum),
- **éhbél** (jejunum) a nevét onnan kapta, hogy a nagymértékű felszívás miatt a halál beállta után nem található benne ételmaradék,
- **csípőbél** (ileum).

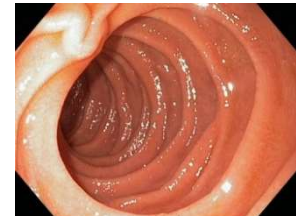


A **patkóbél** nevét alakjáról, illetve arról kapta, hogy ide nyílik a máj és a hasnyálmirigy közös vezetéke, tehát **ide ömlik az epe és a hasnyál**. A **patkóbél kanyarulatában foglal helyet a hasnyálmirigy**. A középbél szélesen kanyargó hurkokat vet, ezeket **bélkacsoknak** nevezzük.

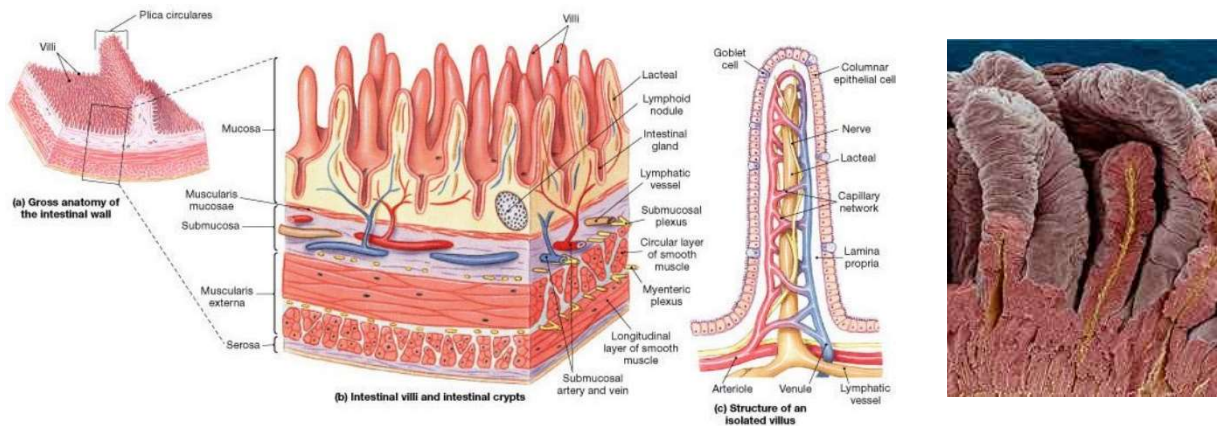
A **vékonybél nyálkahártyája** az alatta fekvő réteggel együtt sűrűn álló, magas **redőket** vet. A hámréteget **egyrétegű mikrobolyhos hengerhám alkotja**. A középbél legjellegzetesebb képződményei a felületnövelő **bélbolyhok**, amelyek **kesztyűujjszerű kiemelkedései a nyálkahártyának**. A bélbolyhok tengelyét



- laza **kötőszövet**,
- **simaizomsejtek**,
- **hajszalérhálózat**,
- **idegfonat**,
- és egy, a csúcs közelében vakon kezdődő centrális **nyirokér** tölti ki.



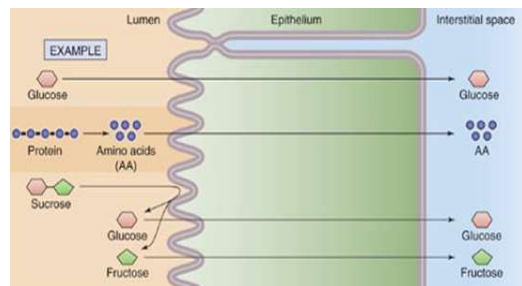
A hosszanti irányú simaizomsejtek összehúzódásukkal hol harmonikaszerűen megrövidítik a bolyhot, hol megengedik, hogy eredeti hosszukra kiugorjanak. Ez a nyirokér vonatkozásában szivattyúszerűen pumpáló mechanizmusként működik.



A vékonybél falának mirigyei termelik a **bélnedvet**, amely emberben napi 1000 ml térfogatú, enyhén lúgos, pH-ja 7,6. A bélnedv nem tartalmaz elválasztott emésztőenzimeket, lényegében izotóniás NaCl- és NaHCO₃-oldatnak felel meg, szerepe a béltartalom hígítása. (Fonyó)

A vékonybélben a tápanyagok makromolekuláinak monomerekre való végső bontását a bélhámsejtek felszínéhez kötött enzimek végzik. A bélhámsejtek mikrobolyhainak felszínén számos enzim jelenlétét lehet kimutatni a sejthártyához kapcsolatosan:

- **membránpeptidázok**, ilyenek az **aminopeptidáz** és a **dipeptidáz**, melyek oligopeptidek hidrolízisét végzik, így **befejezik a fehérjék aminosavakká történő hidrolízisét**.
- A **maltáz**, a **szacharáz**, a **laktáz** diszacharidok monoszacharidokra bontásáért felelősek.

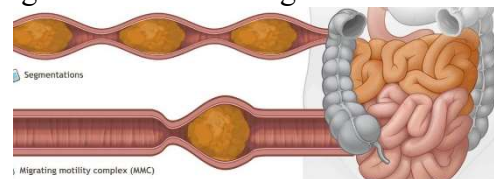


A bélcsatorna falában **szöveti hormonokat**

(gasztrin, **ghrelin**, szekretin, kolecisztokinin, szomatosztatin, hisztamin) termelő sejtek is találhatóak, amelyek olyan szabályozó anyagokat választanak el, melyek **befolyásolják az emésztési folyamatokat**. Ezek a sejtek igen sokféle anyagot termelnek, melyek feladata, hogy a bélüreg felől származó kémiai és mechanikai ingerek hatására megváltoztassák az emésztőrendszer működését.

A vékonybél mozgásainak egyik jellemző típusa az ún.

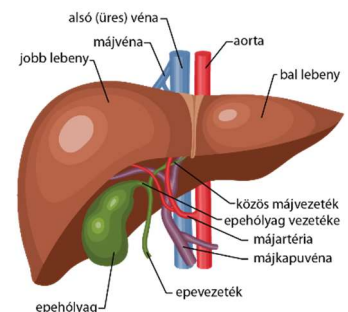
szegmentális mozgás. Ennek során a vékonybélben 5-10 cm-es távolságokban a körkörös izomzat összehúzódik, ami a belet szakaszokra, szegmentumokra osztja. Majd az összehúzódott részek elernyednek, s az eddig elernyed állapotban levő részek húzódnak össze. **Ez a mozgás biztosítja a táplálék összekeveredését**. A mozgást kiváltó inger a bélfal feszülése.

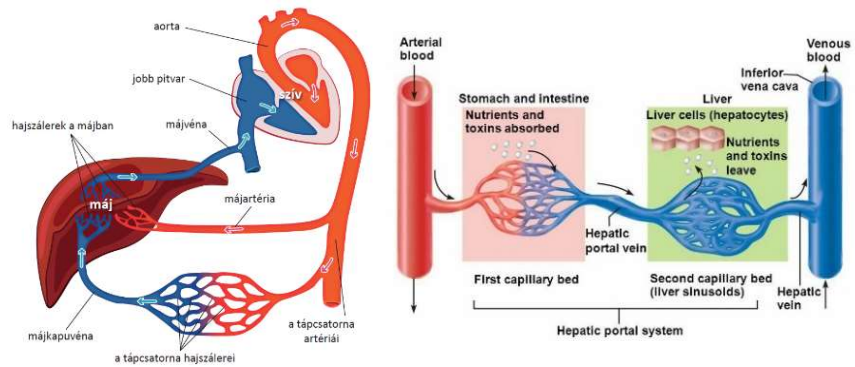
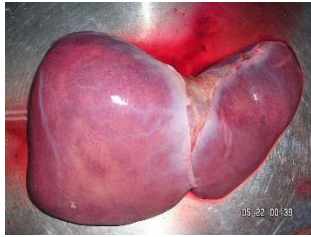


A vékonybél mozgásának másik típusa a **perisztaltikus mozgás**, amely a **táplálék továbbításáért felelős**.

A máj

A középbél nagy emésztőmirigyei a máj és a hasnyálmirigy. A **máj** emberben közel másfél kilogramm tömegű, vörösbarna színű szerv. A **rekeszizom jobb kupolájába illeszkedik be**. Felső része domború, alsó része lapos. Jobb és bal lebenyre osztható.

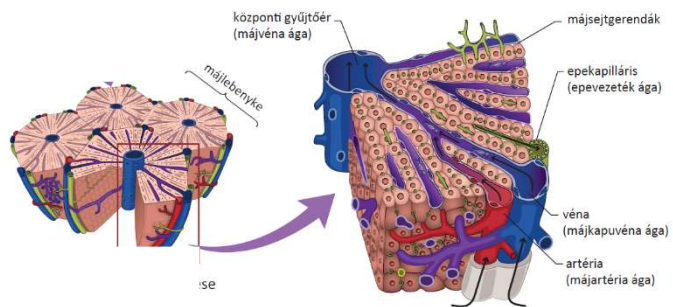




A májba két ér hozza a vért:

- a **májartéria**, mely az **aortából** ered, és **friss, oxigéndús vért szállít**, valamint
- a **májkapuvéna**, ami a máj funkcionális ere, a **bélcsatorna felől** – kivéve a végbél alsó kétharmadát, a hasnyálmirigyet és a lépet – **szállít tápanyagokban gazdag vért**.

A májba lépő erek az ún. **májkapun** lépnek be a máj állományába. A máj szöveti szerkezete rendkívül bonyolult. A máj szövettani és működési egysége a **májlebenyke**, mely egy **hengeres test**, sugarasan futó **májsejtgerendák** építik fel. A **májba futó erek** – a májartéria ill. a májkapuvéna – egyre kisebb erekre ágaznak, végül a májlebenyke szélén egymás mellé kerülnek és **vértartalmuk keveredik**.

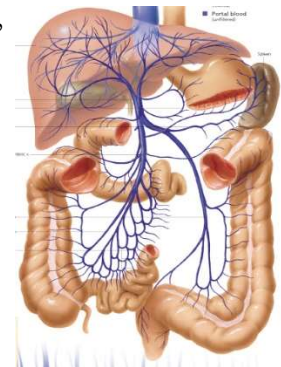


Belőlük erednek az egyes **májsejtgerendák** között futó **májkapillárisok**, amelyek a májlebenyke közepén a **centrális vénában egyesülnek**. A centrális vénák egyre **nagyobb vénákká folynak össze**, végül **májvéna** hagyja el a májkapun keresztül a májat, módosított összetételű vért szállítva a testvénába (alsó üres véna).

Az **epeutak** a májsejtek közötti epekapillárisokkal kezdődnek, melyek egyre nagyobb vezetékékké egyesülnek, végül az **epevezetékbe** torkollva ugyancsak a májkapun át hagyják el a májat.

A máj a **szervezetszintű anyagcsere központja**, működése rendkívül szerteágazó. Röviden,

- **minden szerves tápanyag** (szénhidrát, zsír, fehérje) **anyagcseréjében részt vesz**.
- A **vércukorszint szabályozója**,
- az izomban keletkező **tejsavat glükózzá alakítja** (glükoneogenezis),
- szénhidráthiány esetén **aminosavakból szénhidrátokat állít elő**,
- **zsírokat szintetizál** pl. glükózból (inzulin hatásra),
- **koleszterint, lipoproteineket** (HDL, LDL stb.) állít elő,
- **glikogént raktároz**,
- **vérfehérjéket** (albuminok, protrombin, fibrinogén) **termel**,
- **termeli az epét**,
- egyes **vitaminokat raktároz** (A, B₁₂, D, K),
- **karotinból A-vitamint készít**,
- **méregtelenít**,
 - **az alkoholt lebontja** két enzim (az alkohol-dehidrogenáz (ADH) és az aldehid-dehidrogenáz (ALDH)) segítségével. Az ADH az alkoholmolekulákat acetaldehiddé



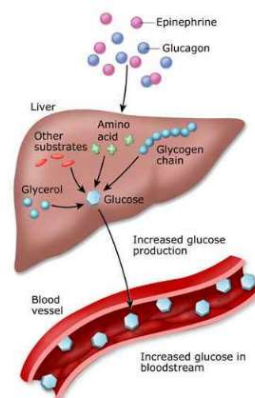
oxidálja, míg az ALDH ezt a vegyületet oxidálja tovább acetátiónná, ami majd acetilsoporttá alakulva a citrátkörben bomlik le.

- **más vegyületekhez – bilirubin –OH-csoportokat építve vízoldhatóvá tesz, segítve kiürülésüket,**
- **nehézfémeket felhalmozza, akkumulálja.**
- **Részt vesz a vörösvértestek lebontásában, a hemoglobin anyagcseréjében.** Ezt a feladatot a májsejtekhez kapcsolódó, fagocitáló képességű ún. **Kupffer-sejtek** végzik.
- A lebontott aminosavak nitrogéntartalmából **karbamidot**, a purinbázisokból **húgsavat** állít elő.

Kicsit részletesebben a szervezetszintű anyagcseréről

A májsejtekben zajló anyagcserefolyamatok során **az egyes vegyületek a szervezet mindenkori szükségleteinek megfelelően egymásba átalakulnak**, pl.

- szénhidrátok zsírokká (inzulin hatására),
- aminosavak glükózzá (kortizol hatására, glükoneogenezis),
- tejsav glükózzá (kortizol hatására, glükoneogenezis),
- ill. raktározódnak glikogén és zsír formájában (inzulin hatására).

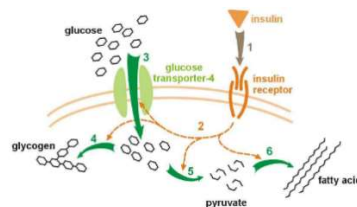


A máj a szervezet **szénhidrátforgalmának legfontosabb szabályozója:**

- a vérből szénhidrátokat – glükózt – vesz fel (magas vércukorszint esetén)
- és ad le (alacsony vércukorszint esetén) a szükségleteknek megfelelően.
- Továbbá szénhidráthiány esetén a máj nemszénhidrát előanyagokból (tejsav, glicerin, bizonyos aminosavak (pl. alanin és glicin)) glükózt tud előállítani kortizol hatására.

A máj szénhidrátforgalommal összefüggő, egyik igen fontos feladata a **vércukorszint szabályozása**.

- **Táplálkozást követően, amikor a vércukorszint megnő,** a vérből felvett szénhidrátok
 - a májban vagy lebomlanak energiát szolgáltatva,
 - vagy átalakulnak pl. zsírokká,
 - vagy átmenetileg raktározódnak glikogénként.
- **Éhezéskor,** vagy hosszan tartó izommunka esetén, **ha a vércukorszint csökken,** a raktározott glikogén lebontása útján a keletkezett glükózt a vérbe juttatja.



A máj szénhidrátforgalmát egyrészt **idegi,** másrészt **hormonális tényezők** befolyásolják.

- Az **inzulin** - magas vércukorszint esetén - serkenti a máj glükózfelvételét, a glikogén, ill. zsírok szintézisét.
- Az **adrenalin, glukagon** – ill. **szimpatikus** aktivitás - hatására pedig fokozódik a máj glikogénbontása, a keletkező glükóz leadása.

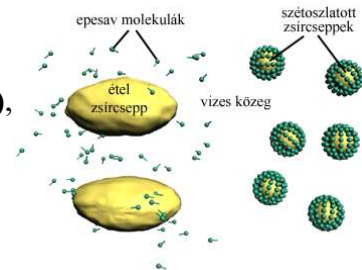
A lúgos kémhatású **epe** a **májban termelődik**, a vékonybél egyik igen fontos **emésztőnedve**, azonban **emésztőenzimeket nem tartalmaz**. A képződött epe az **epehólyagban raktározódik**, s közben jelentősen bekonzentrálódik. Az **epevezeték** a hasnyálmirigy vezetékével egyesülve közösen nyílik a patkóbélbe.

A máj az epe termelésével

- egyrészt **elválaszt**, mivel az epe több olyan anyagot szállít, melyek az **emésztésben játszanak lényeges szerepet** (epesavak),
- ugyanakkor **kiválasztást is végez** a máj, mivel az **epe bomlástermékeket** – epefestékeket – is tartalmaz.

Az epében mások mellett találhatóak

- **epesavak (epesavas sók, kialakítják a lúgos kémhatást),**
- **epefestékek,**
- koleszterin,
- ásványi sók, víz.



Az amfipatikus **epesavak feladata kettős:**

- **egyrészt aktiválják a zsírbontó lipázokat,**
- másfelől a bélmozgások miatt felaprózódott zsírcseppek felületén elhelyezkedve **csökkentik az emulgeált zsírgolyócskák felületi feszültségét**, stabilizálják azokat, és **fajlagos felületüket nagyobbítva** kedvezőbb feltételeket teremtenek a lipázemésztés számára (hatásuk a szappanokéhoz hasonló).

Az **epefestékek** a **hemoglobin** prosztetikus csoportjának a hemnek a **bomlásából származnak**. A bilirubin vöröses, a biliverdin zöldes színárnyalatot ad az epének. Jelentőségük az emésztésben nincs, bomlástermékek, az **epén keresztül választódnak ki**. Ha a májsejtek károsodnak, a **bilirubin** egy része **bekerülhet a vérkeringésbe**, a bőr alatti kötőszövetben felhalmozódik és a bőrnek sárgás színt ad (**sárgaság**). A sárgaság hátterében a máj elégtelensége, működési zavara, gyulladása, a májsejtek károsodása áll, illetve az epevezeték elzáródása, a bilirubin csökkent kiválasztása vagy a vörösvértestek szétesése áll.



A **koleszterint** az epesavak tartják oldatban, s ha mennyiségük valamilyen okból csökken, a koleszterin **epékövek** formájában kiválik az epehólyagban. Az **epékövek** anyaga lehet még **bilirubin** (20 százalékban) is. A bilirubinkövek a fokozott hemoglobin-lebomlás során képződhetnek.

Amennyiben különféle **károsító tényezők** – **vírusok, alkohol, mérgezők, nehézfémek, gyógyszerek** – érik a májat, azok a májsejtek elhalását okozzák. A **májzsugorodás** során a **máj működő szövetének mennyisége lecsökken**, a májsejtek helyét heges, zsíros kötőszövet foglalja el (zsírmáj). A máj vérellátása egyre romlik, feladatait egyre kevésbé lesz képes ellátni. A májzsugort nem lehet gyógyítani. A májzsugorodás rendszerint folyamatosan romló (progresszív) betegség, **késői szövődménye a májrák**.

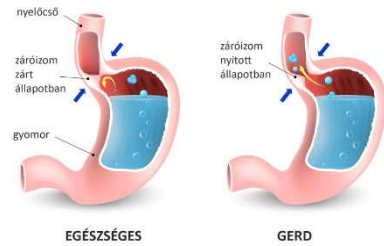


A **túlzott alkoholfogyasztás** nem csak májbetegségekhez – májgyulladás, májzsugor, májrák – vezet, hanem **oka lehet a gyomorfekély, nyombélfekély, ill. reflux betegség kialakulásának**.

Fekélybetegségek akkor alakulnak ki, ha a **bélfal nyálkahártyája** változó mélységben, kisebb-nagyobb területen **felmaródik**. Fekélyek kialakulásának további kockázati tényezői a **stressz, bizonyos gyógyszerek, ill. a gyomorfekély esetén a Helicobacter pylori baktérium**.



Reflux (visszafolyás) akkor alakul ki, amikor a **gyomorszáj záróizmának elégtelen működése miatt a gyomortartalom visszajut a nyelőcsőbe és azt felmarja**. A betegség kialakulásában szerepet játszik még a **túlsúlyosság**, a **stressz**, egyes **gyógyszerek**, amelyek csökkentik a záróizom tónusát, bizonyos **élelmiszer-összetevők**, mint pl. szénsav, zsír, csokoládé, alkohol stb.



Mérgezésnek nevezzük a **mérgező anyag által okozott kóros állapotát a szervezetnek**. A különféle okok miatt kialakult mérgezések **májkárosító hatásúak**.

Alkoholmérgezés: etil-alkohol/etanol által okozott mérgezés, mely **enyhébb esetben** nem igényel orvosi beavatkozást, elegendő a megfelelő **folyadékpótlásról gondoskodni**. **Súlyosabb esetben** fontos, hogy az érintett személyt ne hagyjuk magára, mivel a mélyülő tudat- és eszméletzavar komoly veszélyeket jelenthet (pl. fulladás, a légzés és keringés zavara, vagy akár azok leállása). Ilyen esetekben a **mérgezettet** a szabad légutak biztosításához **az oldalára kell fordítani**, ha szükséges, meg kell kezdeni az újraélesztést, továbbá mindenképp mentőt kell hívni.

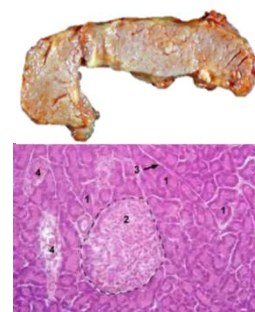
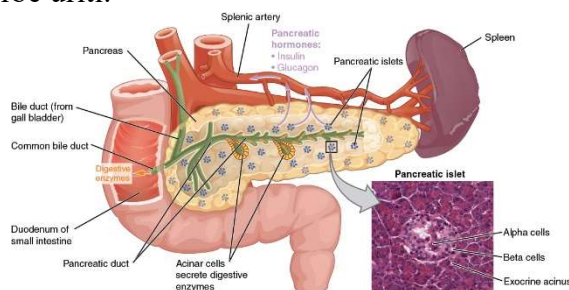
Ételmérgezés: olyan élelmiszer elfogyasztása okozza, melyben különféle kórokozók által termelt mérgező anyagok halmozódtak fel. Tünetei többek között a **hányás, hasmenés, hasi panaszok, vagy akár a láz**. **Kezelése** többnyire tüneti, így a legfontosabb **az elveszített folyadék és ionok (sók) pótlása, diéta, pihenés**. Mindenképp kerülendő a hasmenés csillapítása, mivel az lassítja a toxinok kiürülését a szervezetből.

Gyógyszermérgezés: a megengedettnél nagyobb mennyiségű gyógyszer bevétele okozza, gyakran öngyilkossági kísérlet áll a háttérben. **Kivétel nélkül szakorvosi ellátást igényel!** A legtöbb gyógyszer esetén egy órán belül érdemes meghánytatni a mérgezett személyt, ám bizonyos gyógyszereknél (pl. szívgyógyszerek) ez kifejezetten tilos.

A hasnyálmirigy

A **hasnyálmirigy** – mely a patkóbél kanyarulatában, merőlegesen a test hossz tengelyére helyezkedik el - anatómiai és működési értelemben egyaránt két részre tagolódik.

- Az **emésztőenzimeket termelő külső elválasztású részre**, amely a váladékát, a hasnyálat a patkóbélbe juttatja, ill.
- a **hormonokat (inzulin, glukagon) termelő belső elválasztású részre**, amely váladékát a vérbe üríti.



Az endokrin sejtszoptok a külső elválasztású részek végkamrái között a mirigyállományban szigetszerűen helyezkednek el, nevüket leírójukról kapták, **Langerhans-féle szigeteknek** nevezzük őket. Számuk emberben kb. 1 millió. Vérellátásuk igen gazdag, tekintve, hogy a sejtek váladékukat a vérbe juttatják.

A szigetek kétféle sejtből állnak:

- kisebb, világosabb béta-sejtekből, melyek az **inzulint** termelik,
- nagyobb, sötétebbre festődő alfa-sejtekből, ezek pedig a **glukagont** választják el. A **Langerhans-szigetek működését elsősorban a vércukorszint szabályozza.**

A hasnyálmirigy **külső elválasztású** része termeli a **hasnyálat**, amely emberben napi 1,2-1,5 l, **pH-ja 8** körül van. A hasnyál tartalmaz

- **tripszint**, amely **inaktív tripszinogén formájában választódik el**, a **polipeptideket oligopeptidekre bontja** adott helyen (peptidkötéseket hidrolizál, endopeptidáz),
- **lipázt** – kezdetben inaktív, epesavak hatására válik aktívvá –, amely a **lipidek észterkötéseit hidrolizálja**, így a neutrális zsírokat monogliceridekre és zsírsavakra bontja,
- hasnyál**amilázt**, amely a nyálamilázhoz hasonló, ezért szintén a **keményítőt és a glikogént hasítja maltózegységekre**,
- **nukleázt**, amely a **nukleinsavakat nukleotidokra hidrolizálja**.

A hasnyál zsírbontó hatását bemutató kísérlet

Állítsuk össze az alábbi 3 kémcső tartalmát.

1. kémcső: 0,5 ml étolaj + 2 ml hasnyálkivonat + 0,5 ml epe.
2. kémcső: 0,5 ml étolaj + 2 ml hasnyálkivonat.
3. kémcső: 0,5 ml étolaj + 0,5 ml epe + 0,5 ml víz.



A kémcsövek tartalmát rázzuk össze. Ezután minden kémcsövet 1%-os NaHCO_3 – oldattal lúgosítjuk. Mindegyik kémcsőhöz cseppentsünk 2 csepp fenolftalein indikátort. Majd helyezük a kémcsöveket 37°C -os vízfürdőbe.

A 1. kémcsőben a lipáz és az epe emulgeáló és aktiváló hatásának köszönhetően lezajlott az emésztés, a második kémcsőben csak kis mértékben, a harmadik kémcsőben nem tapasztaltunk változást.

Az **emésztés** során a **tápanyagok makromolekulái a tápcsatorna üregében monomerekre hasadnak, hidrolizálnak**, melyek aztán felszívódással többnyire a vérbe kerülnek.

Az emésztőnedveket (**nyál, gyomornedv, hasnyál, epe**)

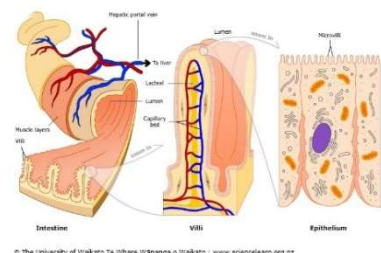
- részben a **tápcsatorna nagy mirigyei** (nagy nyálmirigyek, hasnyálmirigy, máj),
- részben a **nyálkahártyában kisebb mirigyek választják el** (gyomornedv).

A bontást

- **az emésztőcsatorna üregébe elválasztott enzimek** indítják el (luminalis emésztés),
- majd a monomerekre való végső bontást a **bélhámsejtek felszínéhez kötött enzimek** végzik (celluláris emésztés). A **trigliceridek kizárólag luminalisan bomlanak.**

A **felszívódásnak** több, a nyálkahártya felületét nagyobbító tényező kedvez.

- A **nyálkahártya redői** háromszorosára,
- a **bélbolyhok** harmincszorosára,
- a **mikrobolyhok** hatszázszorosára növelik a felszívó felületet, amely elérheti akár a 200 m^2 -t.

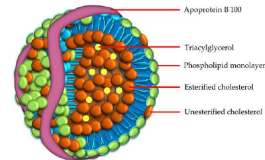


A felszívódás többféle módon történik,

- a **víz** és a 4 szénatomnál kisebb vízoldható vegyületek **diffúzióval**, passzív transzporttal,
- a nagyobb poláris molekulák – pl. **glükóz, aminosavak többsége** – és az **ionok aktív transzporttal** szívódnak fel. (Egyes aminosavak facilitált diffúzióval szívódnak fel.)

A **felszívódó molekulák** kémiai természetüknek és molekulatömegüknek megfelelően szelektálódnak.

- A **vízben oldódó molekulák** inkább a **vérkeringési rendszerbe**,
- a **nagyobb hidrofób molekulák** – pl. a zsírok, mivel vízben oldhatatlanok – **lipoproteinek** formájában a **nyirokkeringésbe** jutnak.



A felszívódás helyszínei

- A szájban és a nyelőcsőben nincs jelentős felszívódás, míg
- a **gyomorból víz, egyes ionok, alkohol, gyógyszerek, kevés glükóz szívódik fel.**
- **A felszívódás fő helye a vékonybél.**
- A ragadozók és a mindenevők vastagbele a tápanyagok felszívásában nem játszik fontos szerepet. Itt főleg **víz, ionok**, és esetleg kis tömegű szerves anyagok, mint pl. **B- és K-vitaminok** szívódnak fel.
- A növényevők vastagbelében levő jelentős mikrotömeg egyszerű szénhidrátokat, aminosavakat, zsírsavakat és B-vitaminokat képez, melyek itt még felszívódnak.

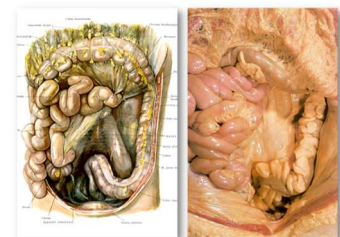
A vér a tápcsatornából a monomereket elszállítja a szövetekig, ahol bejutva a sejtekbe különféle átalakuláson mennek keresztül,

- vagy **tovább bomlanak** energiát szolgáltatva a **biológiai oxidáció** folyamatában, pl. a glükóz, ill. a zsírsavak az izomszövetekben,
- vagy **felépítő folyamatokban vesznek** részt, így az aminosavak fehérjékké alakulnak,
- ill. **raktározódnak** egyes szövetekben, szervekben, mint a glükóz a májban, vázizomszövetben glikogén formájában, a zsírok a zsírszövetekben.

Az **emésztőrendszer működése összességében energiaigényes folyamat**, mivel a tápcsatorna mozgásai, az emésztőnedvek termelése, aktív transzportfolyamatok a felszívás során energiát igényelnek.

Az **utóbél** részei:

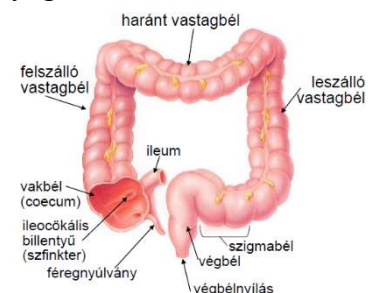
- a **vastagbél (vakbél és remesebél),**
- a **szigmabél,**
- a **végbél.**



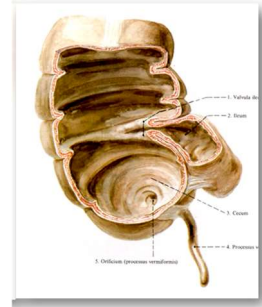
A **vastagbél** a hasüreg vékonybél-tömegét képkerszerűen veszi körül, igen **tág üregű**. A vékonybél és a vastagbél határán billentyű akadályozza meg az anyagok visszafelé áramlását.

A **vastagbél**

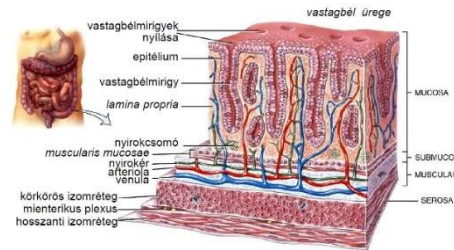
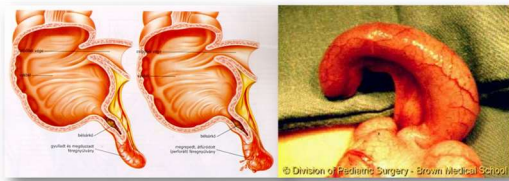
- jobb csípőtányéri tájékban **kezdődik a vakbéllel,**
- majd felfelé folytatódik a **remesebéllel.**
- A vastagbél a **szigmabélbe** torkollik,
- ami a **végbélbe** megy át.



A **vakbél** a vastagbél kezdeti, lefelé vakon végződő tág szakasza, amely a **jobb csípőtányérban** fekszik. A vakbélből egy **csökevényes bélszakasz**, a **féregnyúlvány** indul ki. A féregnyúlvány nyálkahártya alatti kötőszövetében rendkívül nagy mennyiségű **nyiroktüsző** található, aminek következtében a féregnyúlvány a mandulákéval azonos funkciójú **nyirokszerv**.



Amennyiben egy **székletdarabka elzárja a féregnyúlvány nyílását**, az elzárt részben baktériumok felszaporodása miatt különféle **gyulladásos folyamatok indulnak be**. Mivel a **féregnyúlvány fala** rendkívül vékony, a gyulladás következtében **könnyen átszakad**, azaz a vakbél perforálódik. A nyíláson keresztül baktériumok kerülhetnek a hasüregbe, melynek következményeként életveszélyes hashártyagyulladás alakulhat ki. A helyzet súlyosságának megfelelően feltétlen műtéti beavatkozás szükséges.



A **vastagbél** fala **bélbolyhokat már nem tartalmaz**, az általa elválasztott csekély, enyhén lúgos váladékban **enzimek nincsenek**. A vastagbél a **széklet kialakításában fontos**, amely

- egyrészt a **nagy mennyiségű víz és ion felszívódásnak**,
- másrészt a **bakteriális lebontásnak köszönhető**.

Míg a gyomor és a vékonybél gyakorlatilag baktériummentes, a **vastagbélben dús baktériumflóra van**, mely a béltartalomban **erjedési folyamatokat** indít meg. A széklet kialakításának elősegítésén túl igen fontos funkciója a vastagbél baktériumflórájának bizonyos vitaminok termelése, pl. **emberben K-vitamin és B-vitaminok termelődnek**. A bélflóra szimbióta baktériumai ezek mellett gátolják a kórokozó mikroorganizmusok szaporodását.

A bél-baktériumflóra háromféle mechanizmus segítségével védekezik a kórokozók ellen:

- közvetlen gátlással, **antibiotikumok termelésével**,
- tápanyagelvonással és az **élőhely elfoglalásával**,
- valamint az **immunrendszer folyamatos stimulációjával**, aktivációjával.

A bélflorát a bélnyálkahártyán megtelepedett, zömében oxigénhiányos környezetben szaporodó mikroorganizmusok összessége képezi. Számuk egészséges emberben trilliós nagyságrendű, tömegük együttesen eléri a másfél-két kilogrammot, és becslések szerint akár ezer faj is képviselhető magát. A velünk élő hasznos baktériumoknak azonban eddig csak a legnagyobb számban jelen lévő képviselőit azonosították (mintegy 30-40 fajt), mert laboratóriumi tenyésztésük rendkívül nehéz. Az anyaméhben a magzat bélrendszere még steril. A bélflóra betelepülése és kialakulása a szüléskor kezdődik meg. Elsőként az anya hüvelyében élő baktériumok jutnak be a magzatba, és megkezdik a normális bélflóra kialakítását. A további baktériumok a szoptatás folyamán, a tárgyak szájba vételekor, illetve a lélegzetvétellel jutnak be a csecsemő emésztőrendszerébe. A normális bélflóra kialakulása és fennmaradása nélkülözhetetlen az egészség megőrzéséhez. Nagyon sok emberi betegség kapcsolódik az egészséges bélflóra - és ezzel együtt az immunrendszer működésének - megbomlásához. E betegségek közé tartoznak a gyulladásos bélbetegségek, az irritábilis bélszindróma, sőt egyes rosszindulatú daganatok is. A baktériumflóra összetétele egyénenként különböző, befolyásolja a nem, testtömegindex, a nemzetiség, a táplálkozási szokások.

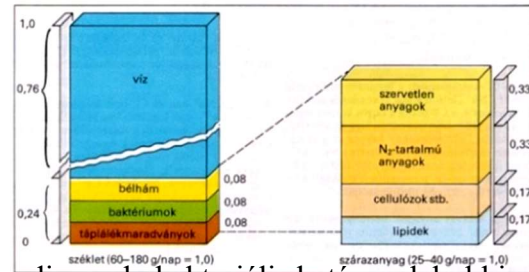
A **végbél** oldalról nézve gyengén S alakú cső. A **végbélnyílást** erős végbélzáróizom-rendszer zárja le. Ez két részből áll:

- a bélesatorna **körkörös simaizomzatának** megerősödéséből,
- és az ezt kívülről körülvevő **harántcsíkolt izomgyűrűből**.

A **végbélnyílás** **faggyúmirigyeket és illatmirigyeket is tartalmaz** nagyobb mennyiségben.

Az emberi széklet fő tömegét

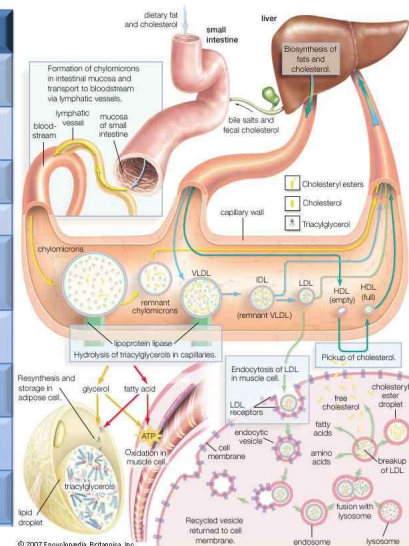
- a **táplálék emészthetetlen részei** (cellulóz),
- **emésztőnedvek** maradványai,
- **fehérvérsejtek**, lelöködött **hámsejtek** és
- hatalmas tömegű **baktérium** adja.



A bélsár színét a bilirubinból származó **szterkobilin** adja, mely bakteriális hatásra alakul ki.

Összefoglaló táblázat

Emésztőnedv	Termelődése	pH	Enzim	Hatás
nyál	nyálmirigyek	6,2-7,4	amiláz	keményítő, glikogén bontása maltózza
gyomor nedv	gyomorfal csöves mirigyei	1-2	pepszin	fehérjék bontása oligopeptidekre
epe	máj	Kb. 8	-	zsírok emulgeálása
hasnyál	hasnyálmirigy	Kb. 8	amiláz	lásd fent
			lipáz	zsírok bontása zsírsavakra és monogliceridekre
			tripszin	oligopeptidek további darabolása
			nukleáz	nukleinsavak bontása nukleotidokra
középbélhámsejtek felszínéhez kötött enzimek			maltáz, laktáz, szacharáz	diszacharidok bontása monoszacharidokra
			erepszinek	oligopeptidek bontása aminosavakra



Lipidek anyagcseréje (kiegészítő anyag)

A **lipidek** - mivel vízben rosszul oldódnak - a keringésben nem szabadon, hanem **szállítófehérjékhez kötötten**, különféle ún. **lipoproteinek** formájában **szállítódnak**. A táplálékkal felvett zsírok a tápcsatornába zsírsavakra és monogliceridekre emészthetők. A felszívódás után a bélbolyhok hámsejtjeiben reszintetizálódnak, majd szállítófehérjékhez kötődve létrehozzák a **kilomikront**, amely először a nyirokerekbe, majd onnan a vérkeringésbe kerül.

Az erek falában található lipoprotein-lipáz a kilomikron triglicerid-komponensét zsírsavra és glicerinnre bontja. A felszabaduló zsírsavak a váz- és szívizom számára energiaforrásként szolgálnak, a zsírszövetben zsírrá alakulnak. A triglicerid-tartalmában csökkent, maradék kilomikron a májsejtekbe kerül és ott a kilomikronként ideszállított zsír másfajta lipoproteinné, VLDL-é, alakul át, melyből HDL, ill. magas koleszterintartalmú LDL-molekula lesz.

Az érfalat alkotó sejtek nagy mennyiségben vehetik fel a **LDL-t**, aminek következtében sejtbe nagy mennyiségű koleszterin kerül, miközben zsírosan elfajul, és ún. habos sejtek jönnek létre. Ezek a habos sejtek az érlemezés kezdeti lépését jelentik. A **HDL**, az ún. védő lipoprotein-részecske. A perifériás szövetekből képes koleszterint felvenni és a májba szállítani. Az így felvett koleszterin epesavvá alakul és a tápcsatornába kerül. Ezen az úton keresztül a szervezet megszabadul fölös koleszterintartalmától.