



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Corso di Laurea Triennale in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

8- Alimentazione e Digestione

Antonio Terlizzi
Laboratorio di Zoologia e Biologia Marina
aterlizzi@units.it

In questa lezione...(sommario):

- autotrofia vs. eterotrofia
- Tipi e modi di alimentazione
- Principali processi della digestione
- Evoluzione dell'intestino animale
- Richieste nutrizionali per la specie umana

Autotrofia



Gli organismi vegetali
che catturano l'energia
solare

Eterotrofia



Le rimanenti forme viventi
che dipendono direttamente
o indirettamente dagli
organismi vegetali

Alimentazione

Vegetali: organismi **PRODUTTORI**

Animali: organismi **CONSUMATORI**

- Gli alimenti forniscono sia le **molecole costitutive** che l'**energia** per i processi di biosintesi
- Alcune molecole organiche devono essere necessariamente assunte con gli alimenti

Alimentazione

Gli animali, in quanto eterotrofi, devono assumere le molecole organiche che serviranno per il loro metabolismo, dal mondo esterno, e in particolare, dipendono dai vegetali, che tali molecole sono capaci di sintetizzarle.

Quindi gli animali si devono alimentare.

Il valore in termini di energia che un alimento contiene dipende da:

quantità

qualità (composizione percentuale di aa, zuccheri, grassi)

capacità di digestione dell'animale.



Nutrizione

Alcune molecole organiche devono essere necessariamente assunte con gli alimenti

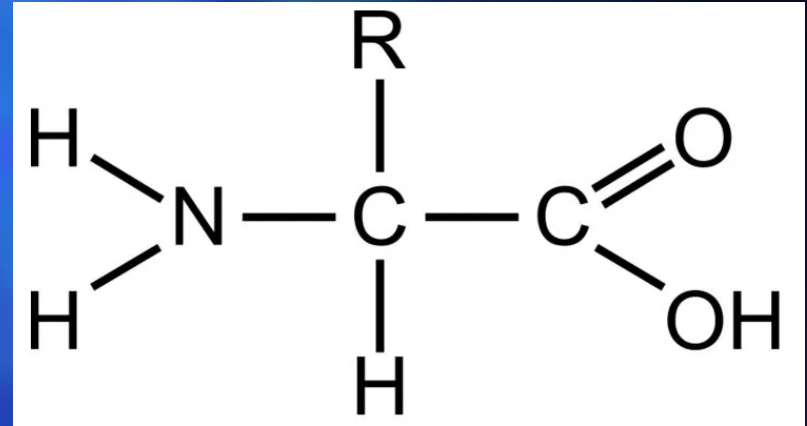
Quali sono le richieste nutrizionali per la specie umana ?

Le richieste nutrizionali umane includono carboidrati, proteine, grassi, vitamine, minerali e acqua. I macronutrienti (carboidrati, proteine, grassi) forniscono energia e materiali da costruzione, mentre i micronutrienti (vitamine e minerali) supportano le funzioni fisiologiche, e l'acqua è essenziale per tutti i processi corporei. L'apporto calorico totale varia in base a età, sesso e attività fisica

Un aminoacido è una molecola organica, composta da un gruppo amminico (NH₂) e un gruppo carbossilico (COOH), legati a un atomo di carbonio centrale che funge da "mattoncino" per la costruzione delle proteine.

L'organismo utilizza aminoacidi per una vasta gamma di funzioni, come la sintesi muscolare, il sistema immunitario e la digestione.

I quattro elementi principali che compongono tutti gli aminoacidi sono carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto, in rari casi zolfo.



Ogni aminoacido ha una catena laterale unica, che determina le sue proprietà chimiche e la sua funzione.

Ruolo e funzioni

Gli aminoacidi si legano tra loro tramite legami peptidici per formare lunghe catene, che si ripiegano per creare le proteine.

Oltre alla costruzione delle proteine, svolgono ruoli essenziali in molteplici funzioni corporee, tra cui la digestione, la riparazione dei tessuti, il trasporto di sostanze e le difese immunitarie.

Richieste nutrizione umana

- Aminoacidi
 - Essenziali / Non Essenziali
- Vitamine
 - Idrosolubili / Liposolubili
- Minerali
 - Principali / in Traccia
- Acidi Grassi
- Carboidrati

Aminoacidi

■ Essenziali

- Necessari per la normale crescita e per il mantenimento e devono essere introdotti con la dieta. Non possono essere sintetizzati nel corpo.

■ Non essenziali

- Tutti gli aminoacidi che possono essere sintetizzati nel corpo.

AMINOACIDI ESSENZIALI E NON

Non-essenziali

Alanina

Arginina (essenziale solo nel bambino;
l'adulto lo produce dal ciclo dell' urea)

Aspartato

Cisteina (essenziale quando l' apporto
di metionina non è sufficiente)

Glutamato

Glutamina

Glicina

Prolina

Serina

Tirosina (essenziale quando l' apporto
di fenilalanina non è sufficiente)

Essenziali

Fenilalanina

Isoleucina

Istidina

Leucina

Lisina

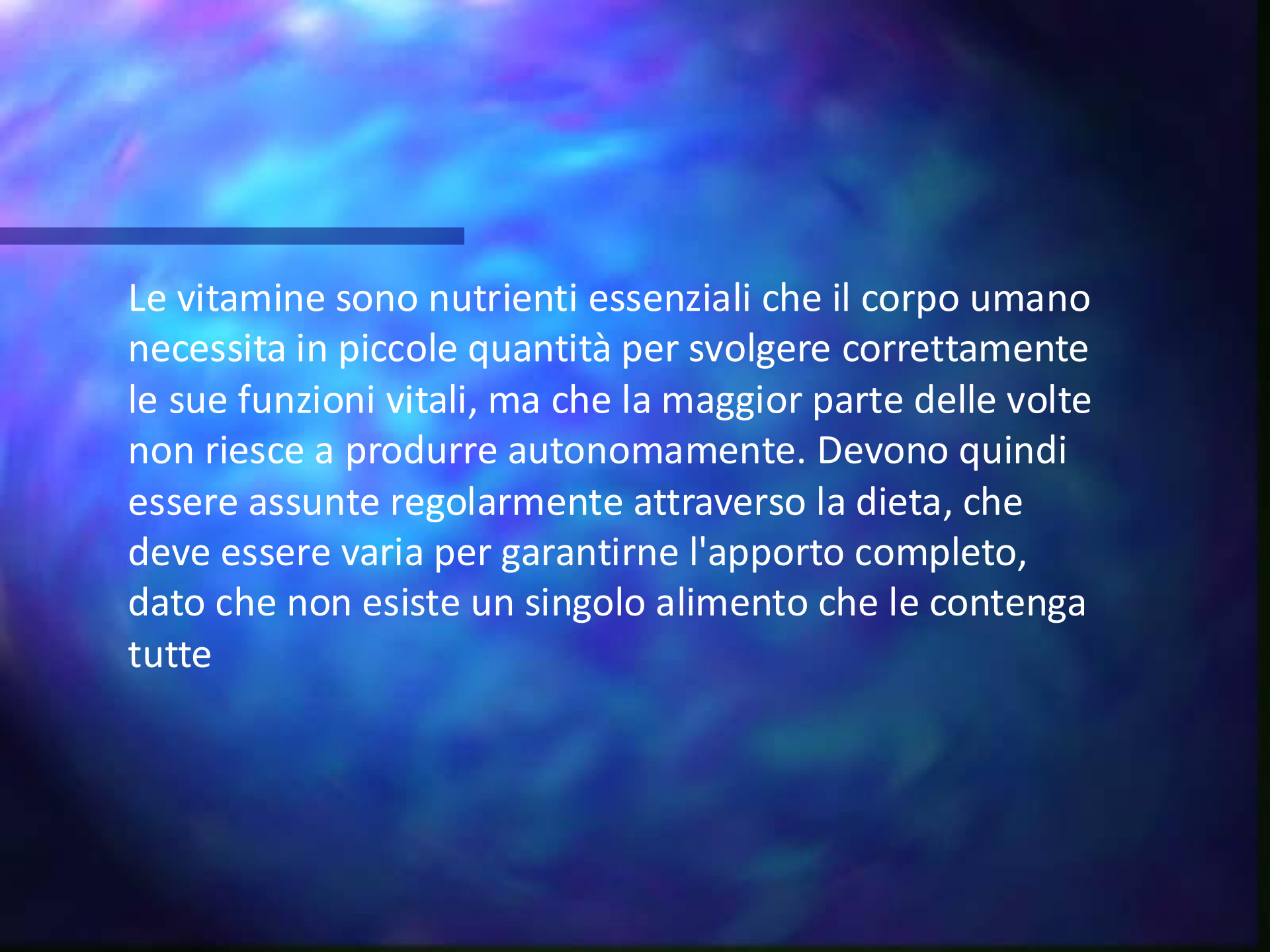
Metionina

Treonina

Triptofano

Valina

.....

The background is an abstract, textured surface with shades of blue, purple, and teal. A solid dark blue horizontal bar is positioned in the upper left quadrant. The text is white and centered in the lower half of the image.

Le vitamine sono nutrienti essenziali che il corpo umano necessita in piccole quantità per svolgere correttamente le sue funzioni vitali, ma che la maggior parte delle volte non riesce a produrre autonomamente. Devono quindi essere assunte regolarmente attraverso la dieta, che deve essere varia per garantirne l'apporto completo, dato che non esiste un singolo alimento che le contenga tutte

Vitamine

■ Idrosolubili

- Esempi: complesso B e vitamina C
- Le quantità in eccesso vengono eliminate con le urine.

■ Liposolubili

- Esempi: Vitamina A, D, E, e K
- Le quantità in eccesso sono potenzialmente dannose perché possono accumularsi nel tessuto adiposo.

Minerali

■ Principali Minerali

- Esempi: Calcio, Fosforo, Zolfo, Potassio, Cloro, Sodio, Magnesio

■ Minerali in traccia

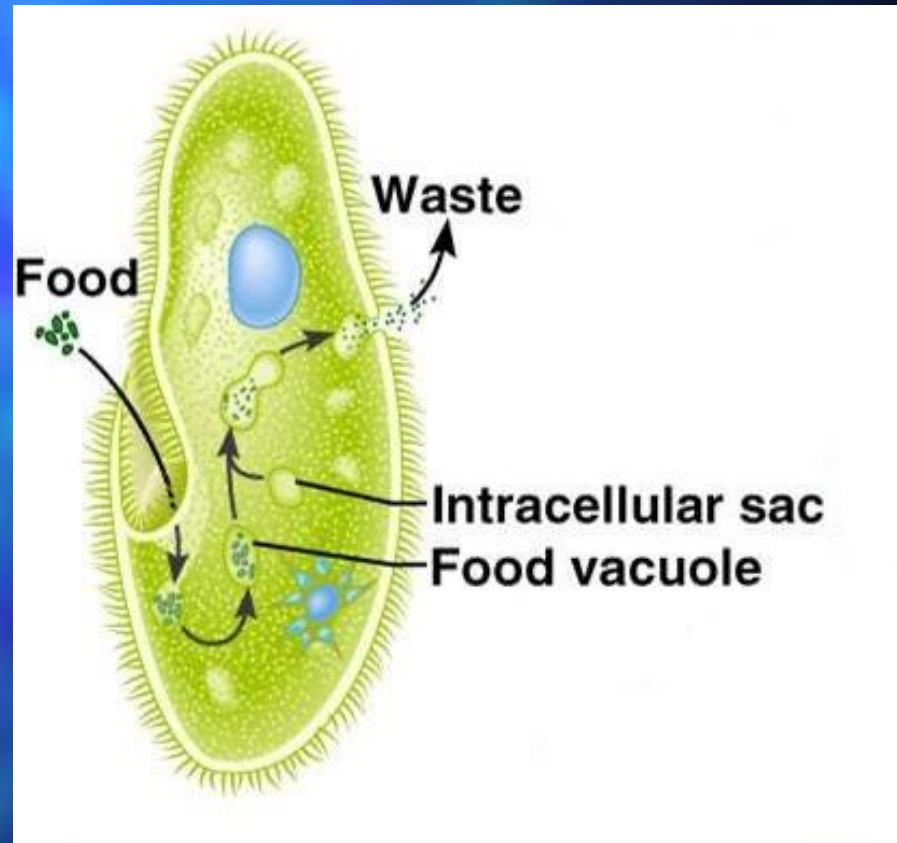
- Esempi: Ferro , Iodio, Fluoro, Zinco, Rame, Silicio, ecc.

Acidi Grassi e Carboidrati

- Carboidrati e grassi forniscono energia.
- Almeno 3 acidi grassi sono essenziali per l'uomo:
 - Arachidonico
 - Linoleico
 - Linolenico

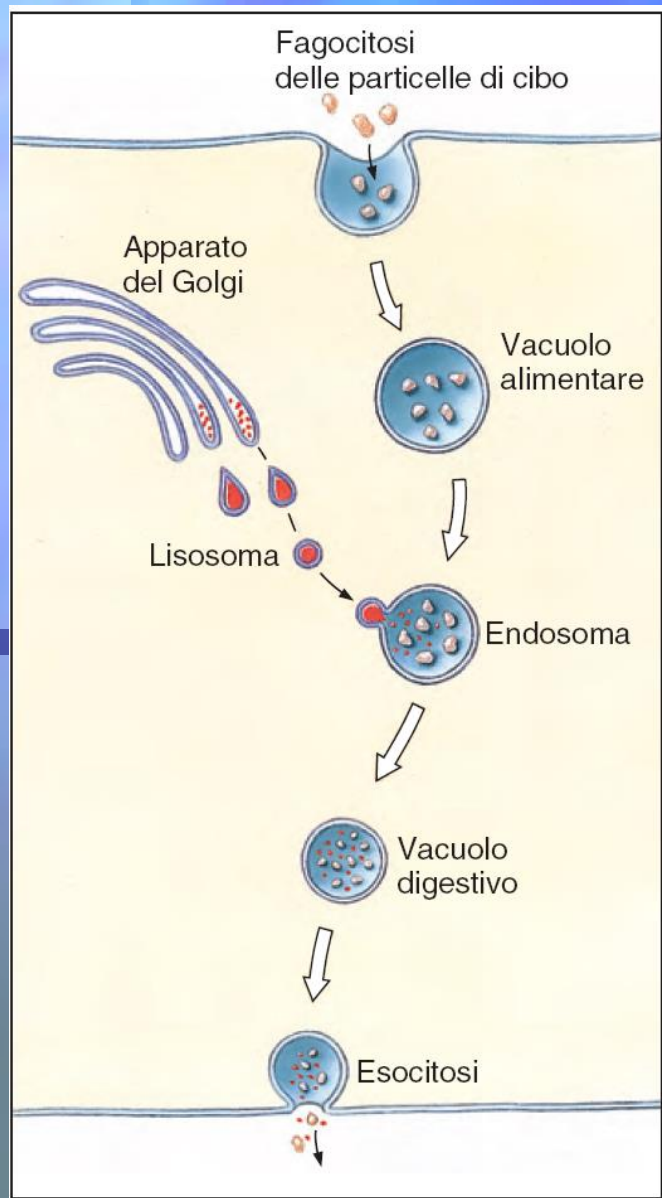
Alimentazione degli organismi unicellulari

Nei ciliati esiste un'area specializzata (*citofaringe*) per la cattura del cibo per **endocitosi** ed una per l'eliminazione per **esocitosi** (*poro anale*)



Nei vacuoli fagocitari avviene la **digestione**

La digestione intracellulare

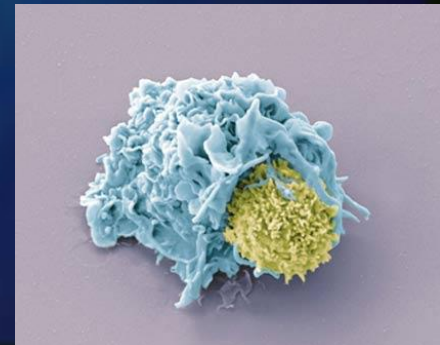


La **digestione intracellulare** è il processo di scomposizione delle molecole che avviene all'interno della cellula. Nelle cellule eucariote, questo processo è gestito dai lisosomi, organelli contenenti enzimi digestivi che degradano materiale esterno ingerito. Le particelle di cibo vengono ingerite dalla cellula tramite fagocitosi (inglobamento di particelle grandi) o pinocitosi (ingestione di liquido).

Una vescicola, chiamata lisosoma primario, si fonde con la vescicola che contiene il materiale ingerito, formando un lisosoma secondario.

Gli enzimi idrolitici, che si trovano all'interno del lisosoma primario, vengono rilasciati nel lisosoma secondario. Questi enzimi scindono le macromolecole in componenti più semplici (monomeri), attivi a un pH acido mantenuto all'interno del lisosoma.

I nutrienti semplici vengono trasportati fuori dal lisosoma per essere utilizzati dalla cellula. I residui non digeribili vengono espulsi o smaltiti.



Modalità di alimentazione

Suddivisione in base
alla dimensione delle
prede

MICROFAGIA

Prede unicellulari
Detrito organico

MACROFAGIA

Prede pluricellulari

Cibo vivo

PREDATORI

ERBIVORI
CARNIVORI

ONNIVORI

PARASSITI

Cibo morto

DETRITIVORI
(LIMIVORI)

SAPROFITI

Cosa si mangia?

Sfruttando diversi tipi di alimento, gli animali riducono la competizione per le risorse.

Erbivori, carnivori, onnivori.

Loxodonta africana elefante africano

erbivoro



Papio papio
babbuino

onnivoro



carnivoro

Panthera pardus leopardo

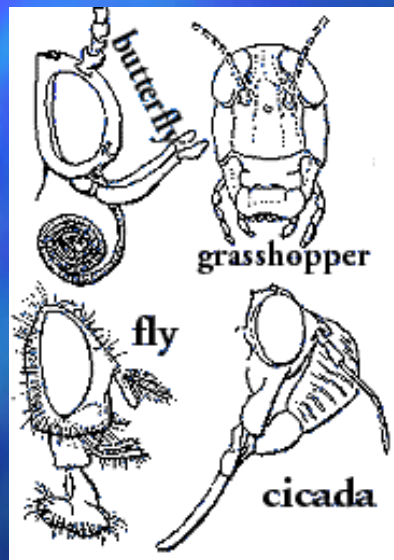


Come si mangia?

Brucatori, raschiatori, cacciatori, consumatori di liquidi, di substrati, di depositi,,
filtratori, parassiti.....



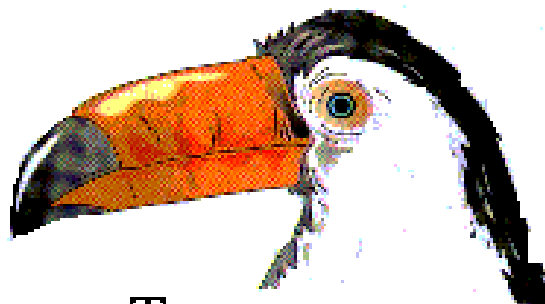
....e...le posate?



O anche....



Becco-crociato



Tucano



Passero



Picchio



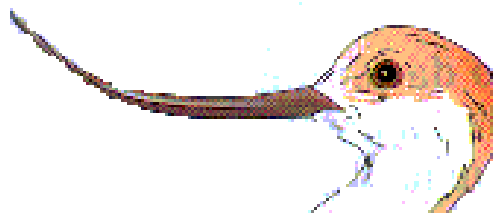
Pappagallo



Aquila



Fenicottero



Avocetta



Pellicano

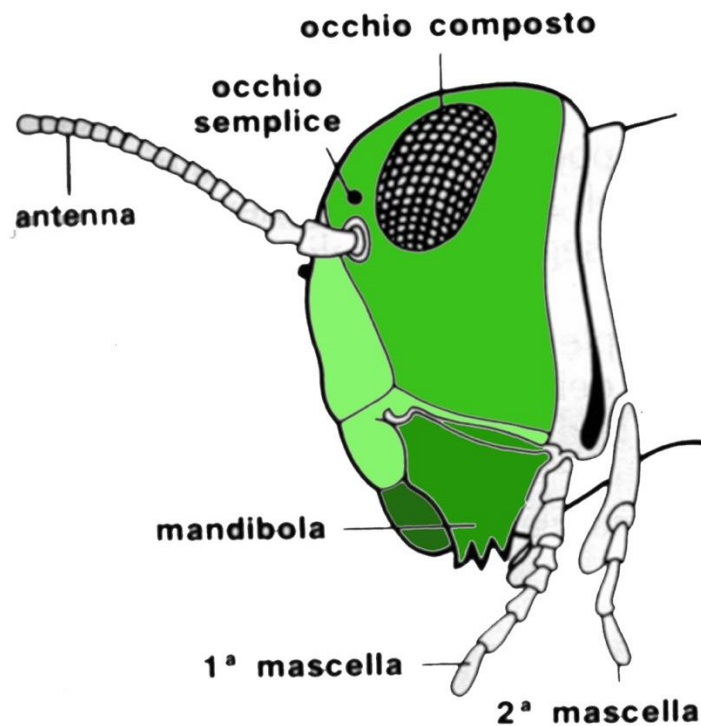
Un po' di ordine:

in base alle modalità di cattura del cibo si possono distinguere:

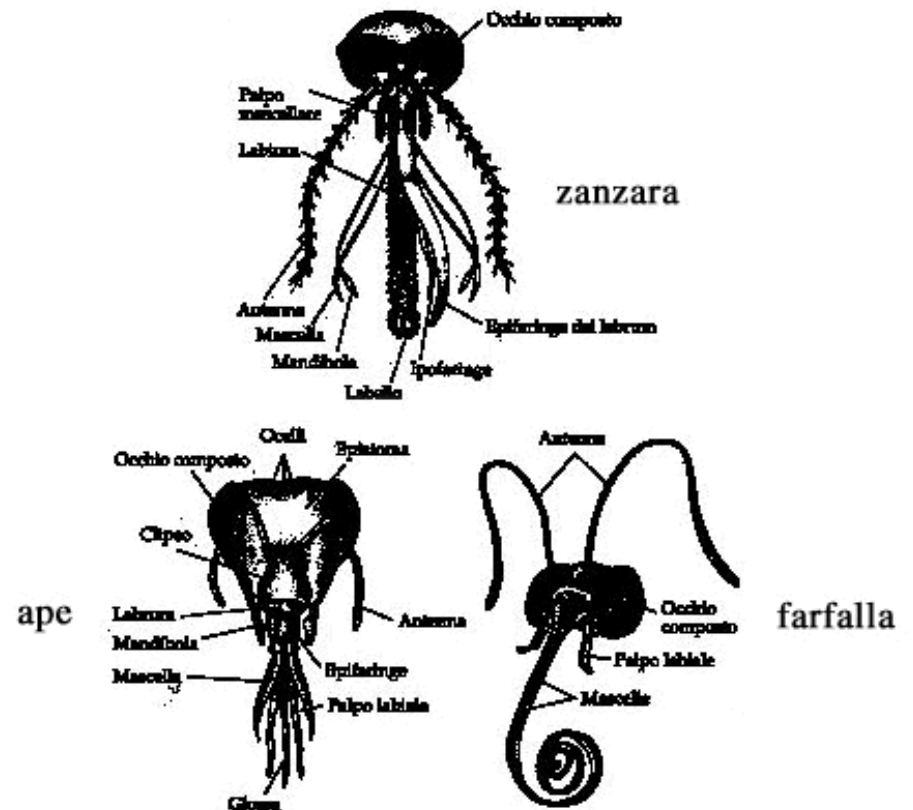
- Erbivori (masticatori e succhiatori)
- Carnivori (raptatori)
- Parassiti
- Deposivori (limivori)
- Filtratori

Gli animali mordono, masticano, frantumano, pascolano, brucano, raschiano, triturano, sminuzzano, fanno a brandelli, filtrano, inviluppano, succhiano e assorbono cibi incredibilmente diversi

■ Erbivori (masticatori e succhiatori)

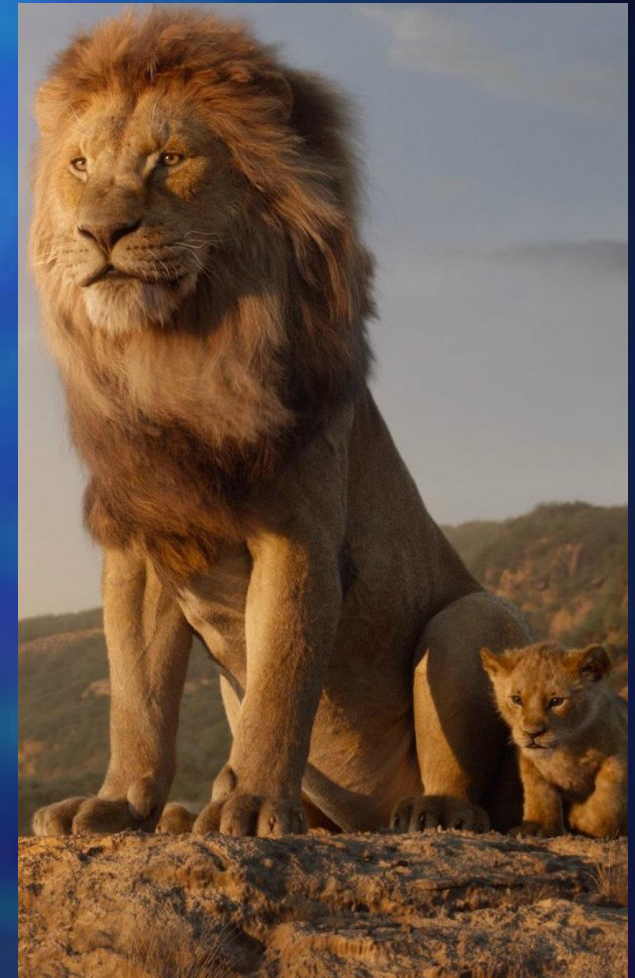
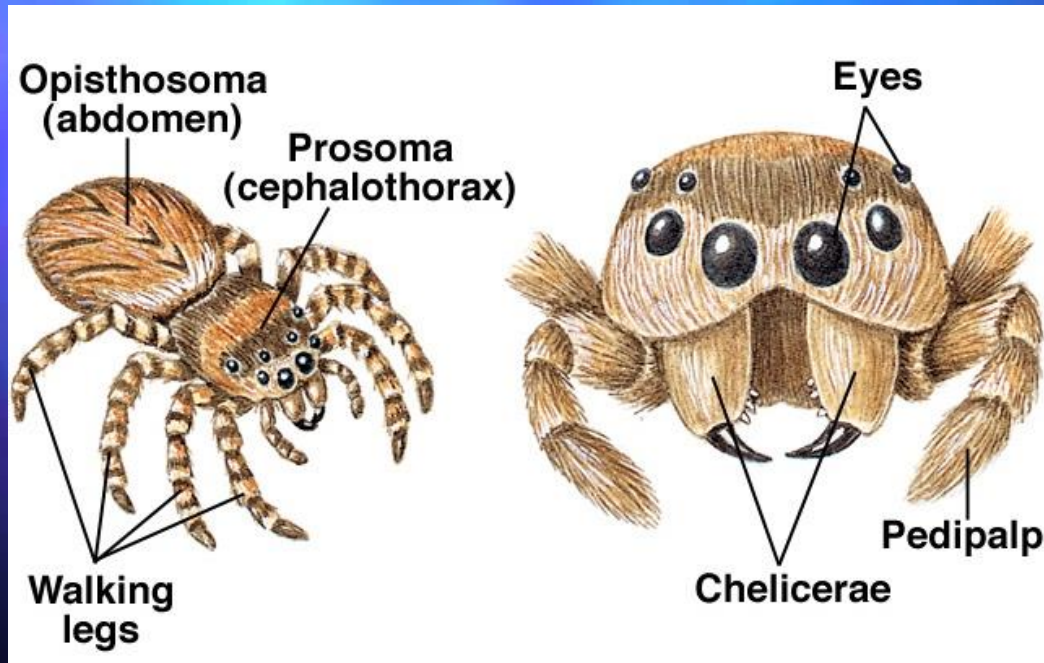


DIVERSITA' DEGLI APPARATI SUCCHIATORI



■ Predatori attivi (cattura di prede)

- Mangiano una preda intera o parte di questa. Enzimi proteolitici digestivi generalmente abbondanti

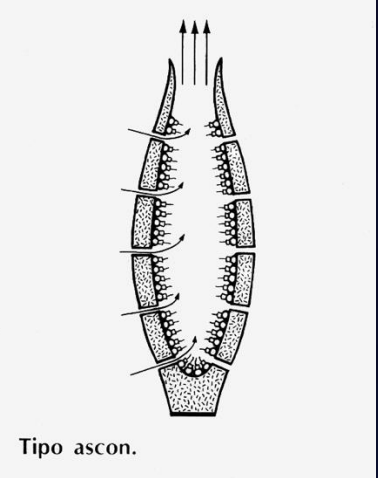
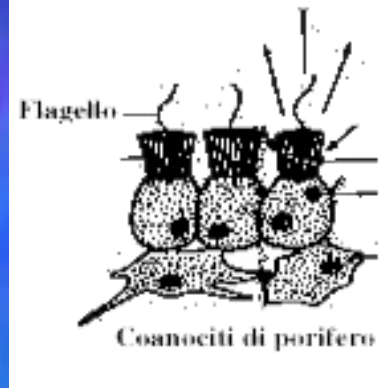


Filtrazione

SOSPENSIVORI (FILTRATORI)

flagelli

Poriferi



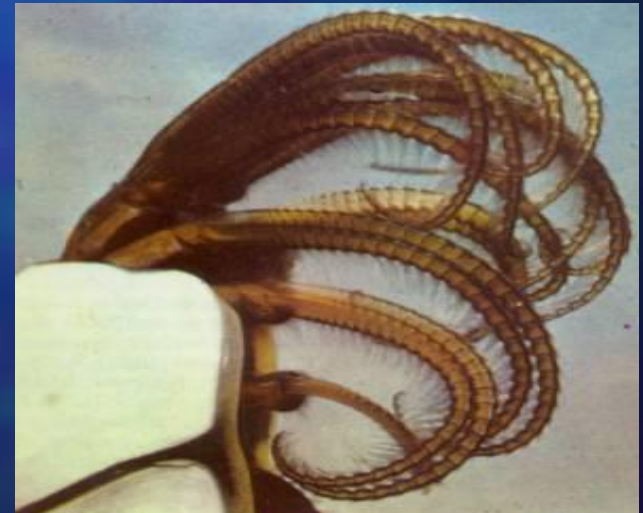
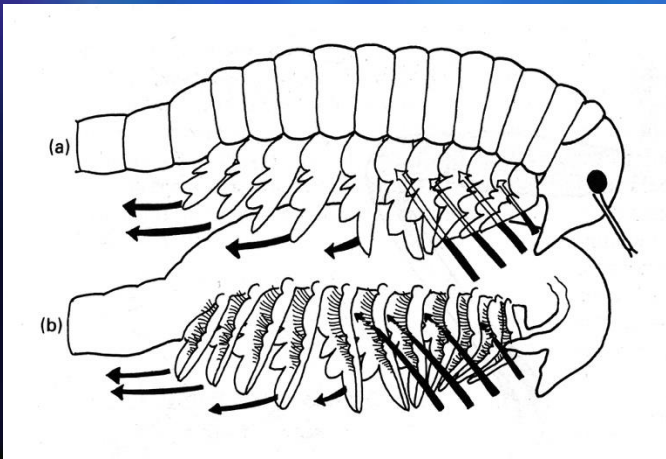
Filtrazione ATTIVA

muco-ciliare

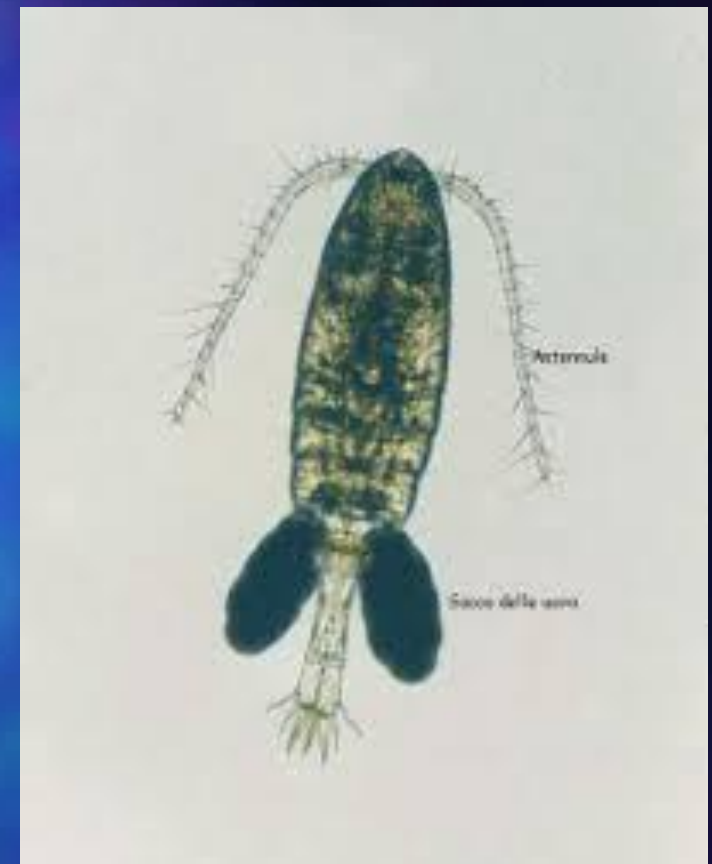
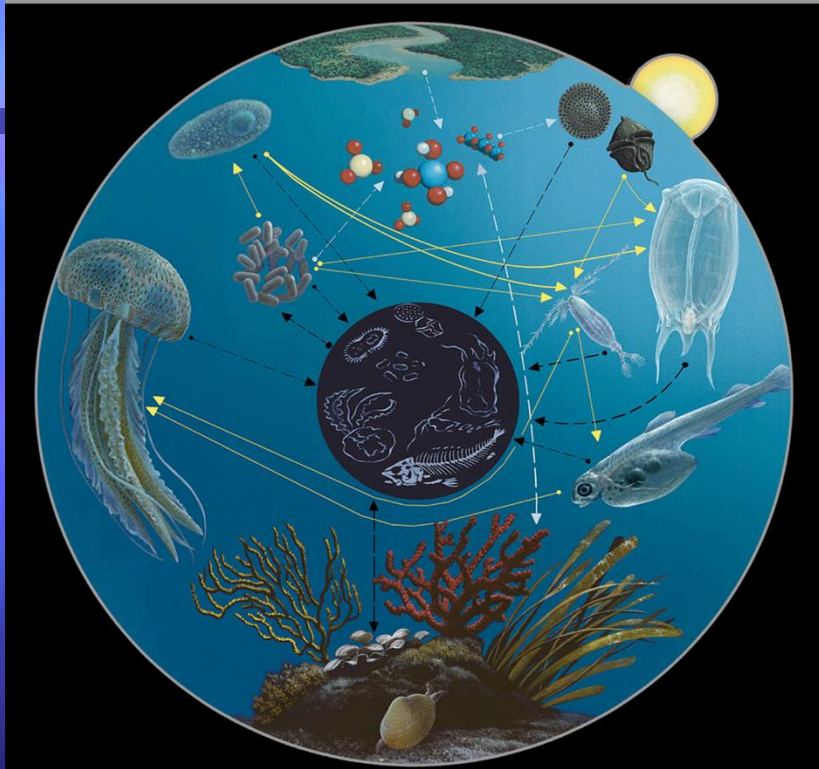
Es.: cozze e
vongole

setole

(crostacei)



La filtrazione dei copepodi: la base del funzionamento degli ecosistemi marini



Raccogliere.... dall'acqua



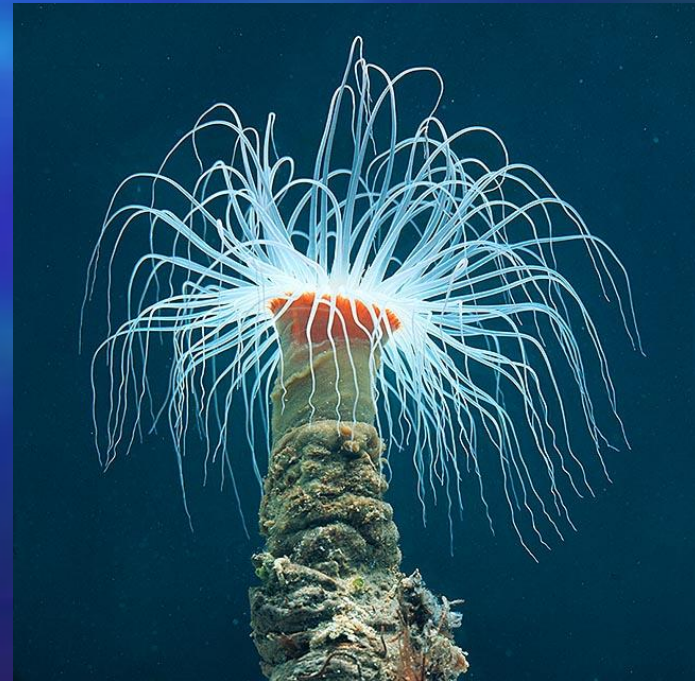
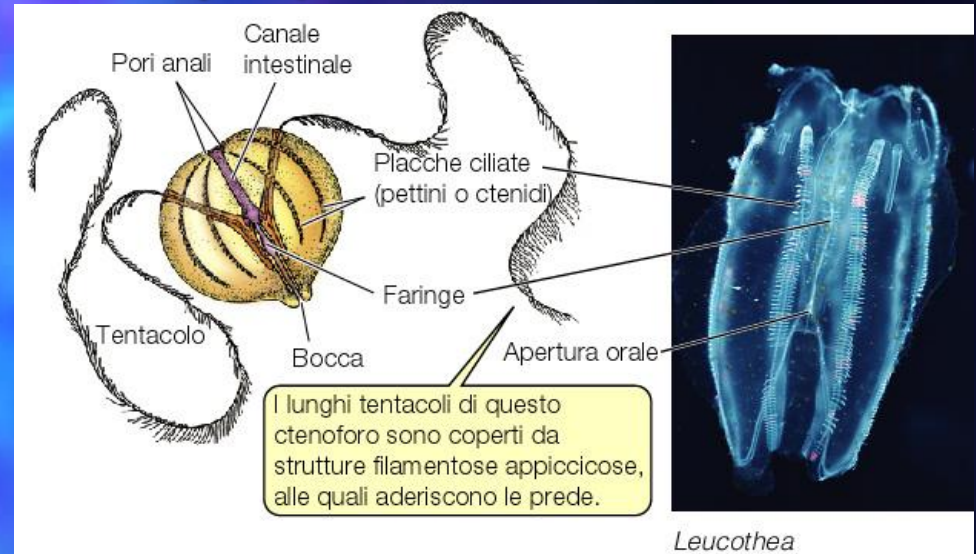
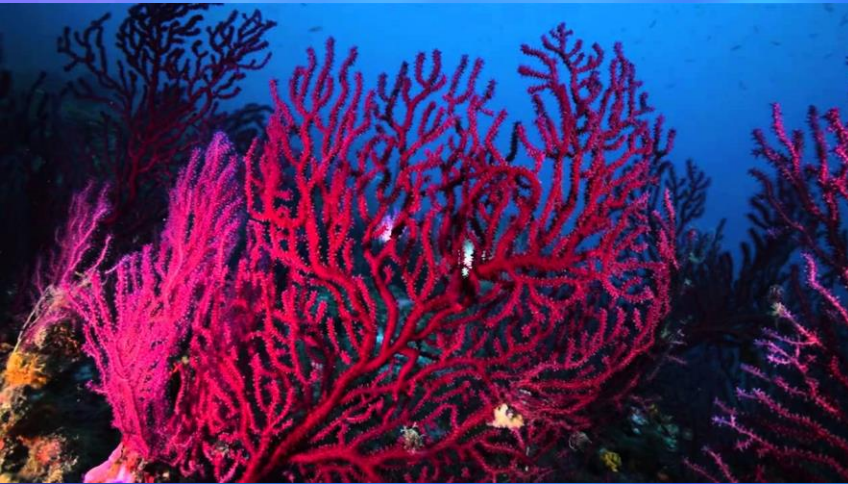
Tridacna gigas



Stolonica socialis

Filtrazione "passiva".... (o predatori in attesa...?)

Cnidari e Vermeti gasteropodi



Filtrazione “passiva”.... (o predatori in attesa...?)

Aracnidi

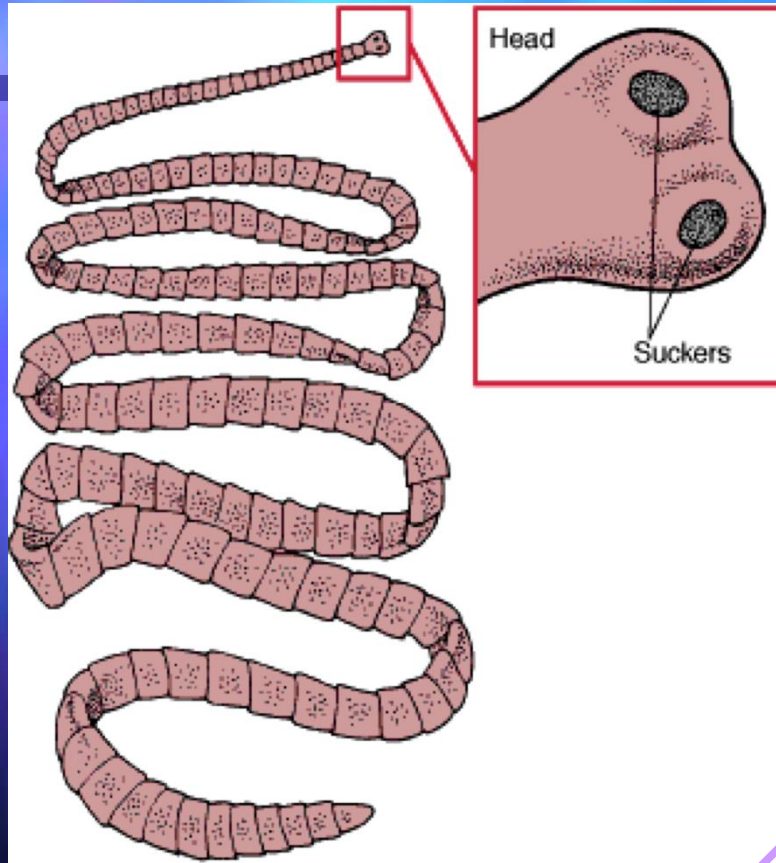


Filtrazione “passiva”.... (o predatori in attesa...?)

Uomo



Parassiti (alimentazione per assorbimento)



8,8 m !!



Le fasi dell'alimentazione negli organismi pluricellulari

Assunzione

Bocca

Digestione (intra- o esocellulare)

Stomaco

Assorbimento

Intestino

Trasporto

Sistema circolatorio

Metabolismo

Cellule e organi

Materiale non
digerito,
non assimilato

Eliminazione

Ano

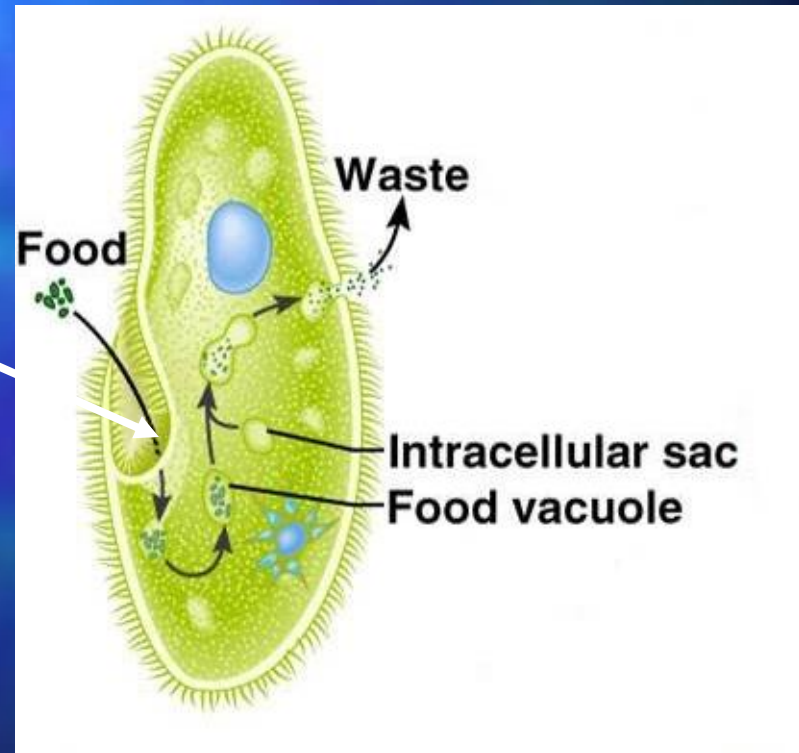
Evoluzione del canale alimentare degli animali

Evoluzione del canale alimentare

■ Protozoi - Manca la bocca

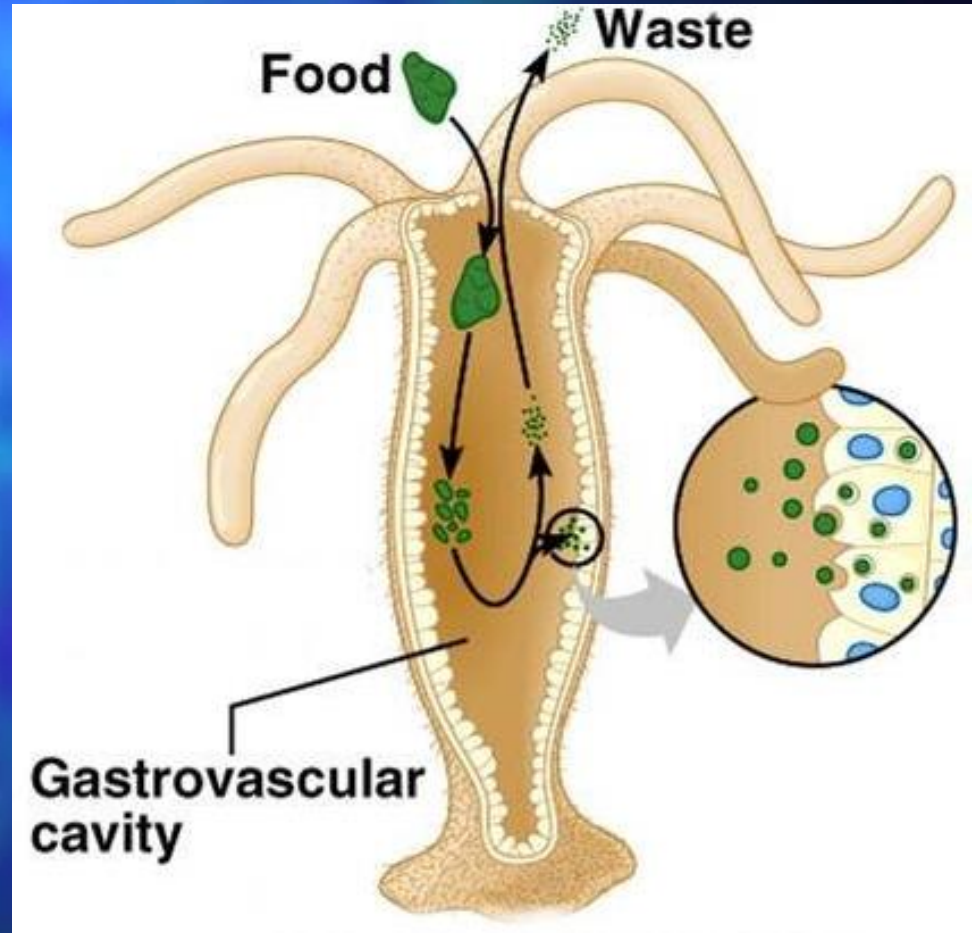
- Il cibo è ingerito per fagocitosi → vacuolo alimentare → digestione intracellulare e distribuzione dei nutrienti per diffusione

Esiste però una regione della cellula - il **citostoma** - con una ciliatura specializzata per la cattura dell'alimento



Evoluzione dell'intestino

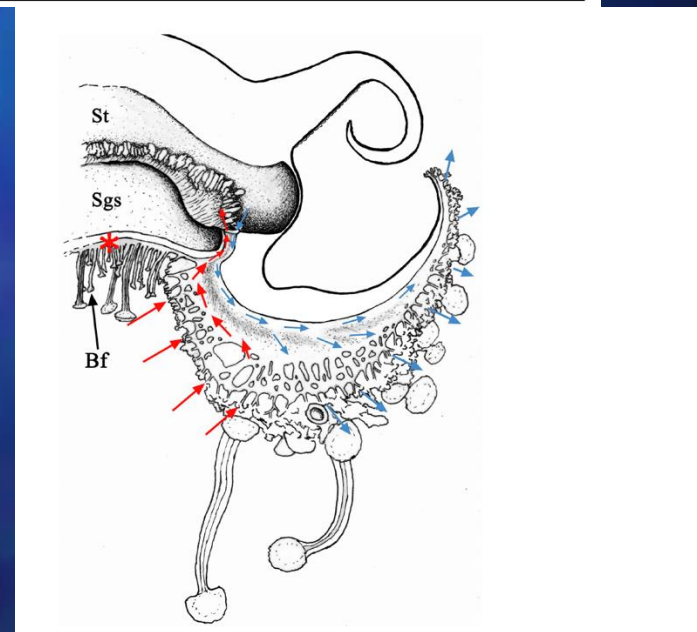
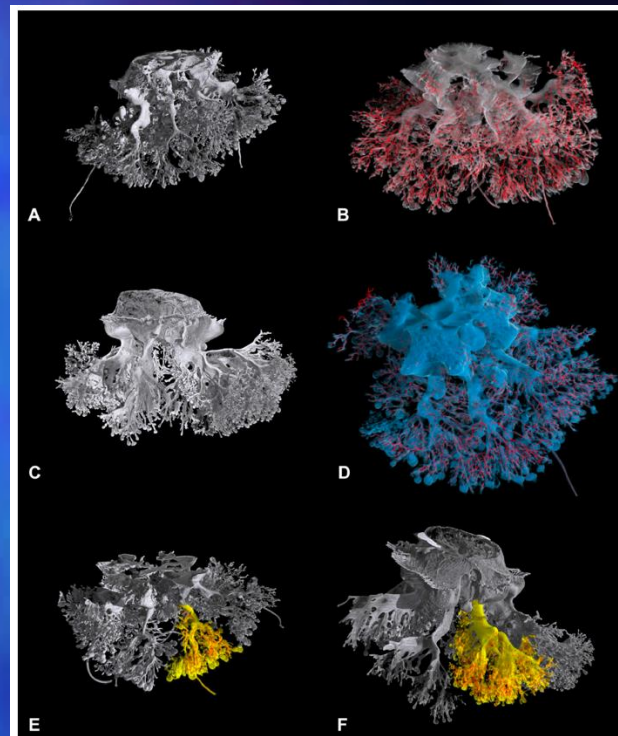
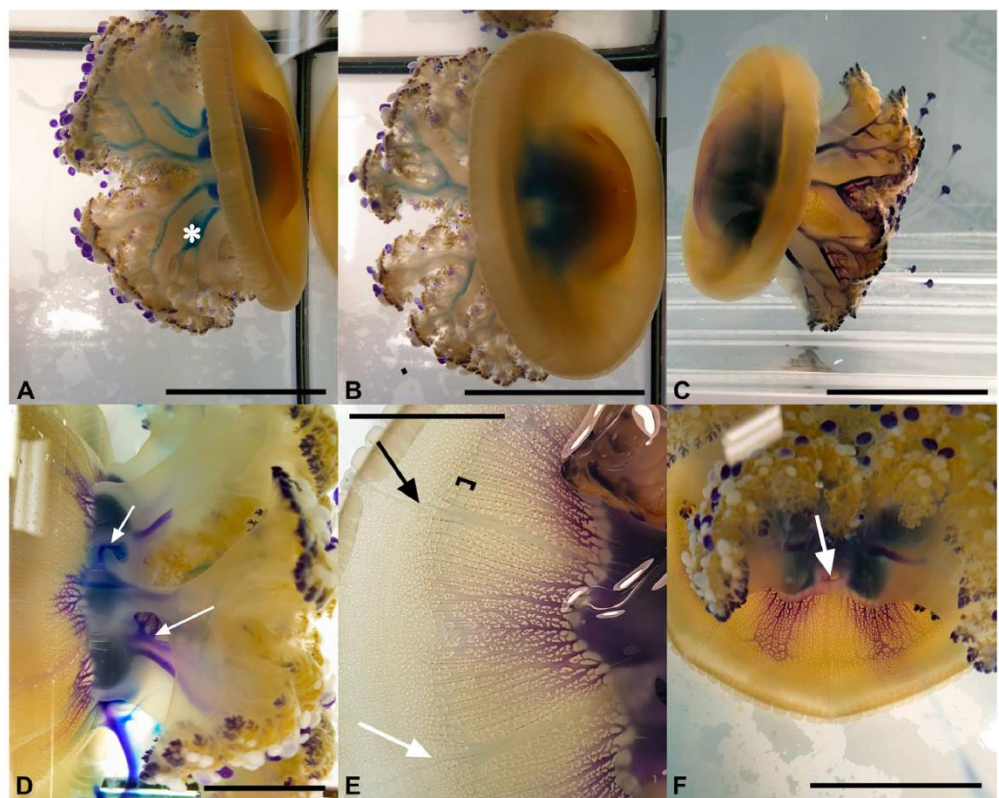
- Cnidari e Platelminti presente la bocca
↓
- Canale digestivo incompleto
 - (Solo bocca e cavità digerente; manca l'ano)



RESEARCH ARTICLE

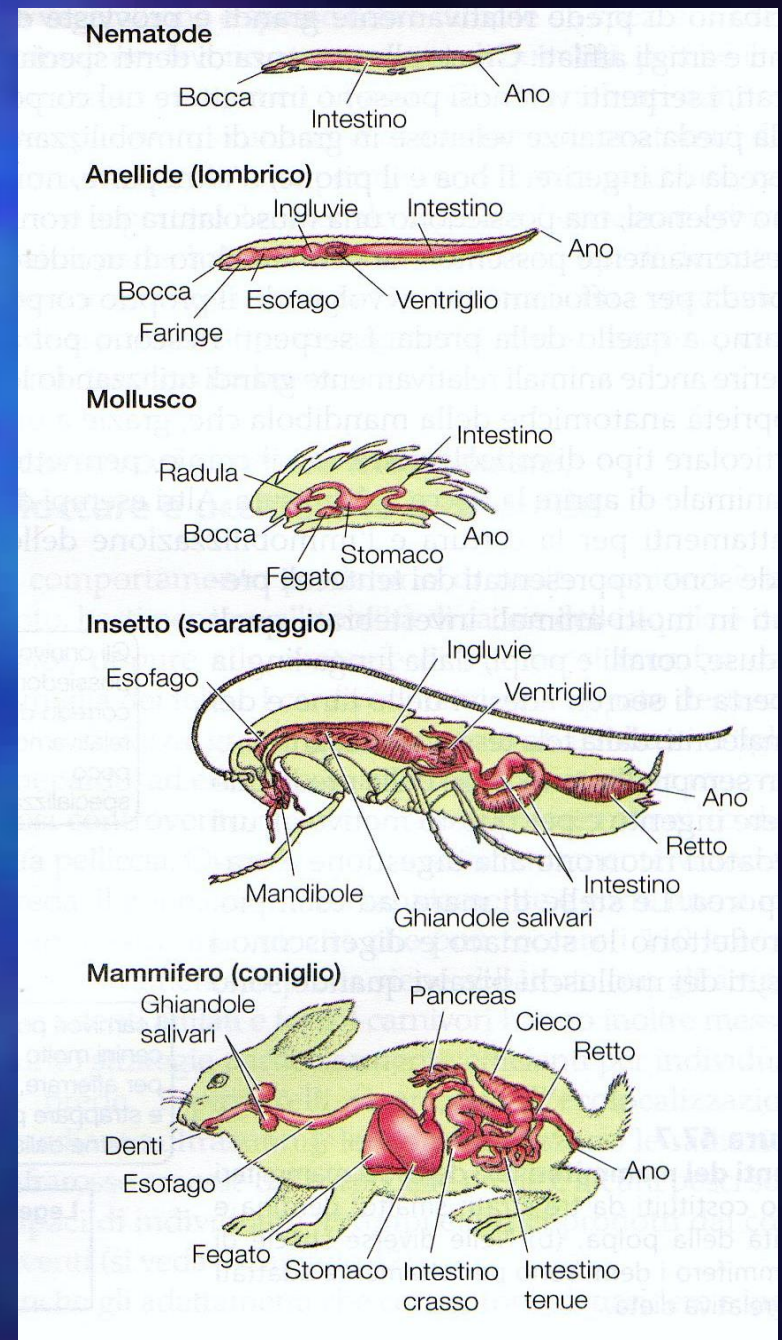
New advances in jellyfish anatomy: the benefits of endocasts and X-ray microtomography in the investigation of the gastrovascular system of *Cotylorhiza tuberculata* (Scyphozoa; Rhizostomeae; Cepheidae)

Gregorio Motta^{1,2*}, Marco Voltolini³, Lucia Mancini⁴, Diego Dreossi⁵, Francesco Brun⁶, Valentina Tirelli^{7,8}, Lorenzo Peter Castelletto¹, Manja Rogelja⁹, Antonio Terlizzi^{1,4}, Massimo Avian¹⁰



Ad eccezione di spugne, cnidari e platelminti (i phyla più ancestrali), tutti i gli altri Metazoi hanno un **intestino tubulare** con apertura boccale ed apertura anale

Tra bocca e ano si differenziano strutture specializzate per la **digestione ed assorbimento** che variano da specie a specie



Dal senso unico alternato al senso unico obbligato

La cavità gastrovascolare è a fondo cieco. Quindi obbliga l'animale ad alimentarsi solo dopo aver totalmente digerito ed eliminato quanto mangiato al pasto precedente.

Il tubo digerente rettilineo ha una entrata ed una uscita. Perciò l'alimentazione può essere più frequente e, nell'unità di tempo, la quantità di nutrienti diventa maggiore.

Evoluzione dell' intestino

■ Canale digerente completo

- Processamento progressivo del cibo
- Specializzazione di aree
- Ampliamento superfici di assorbimento
- Cellule secernenti nell'epitelio intestinale o dotti di ghiandole secernenti che si riversano nell'intestino

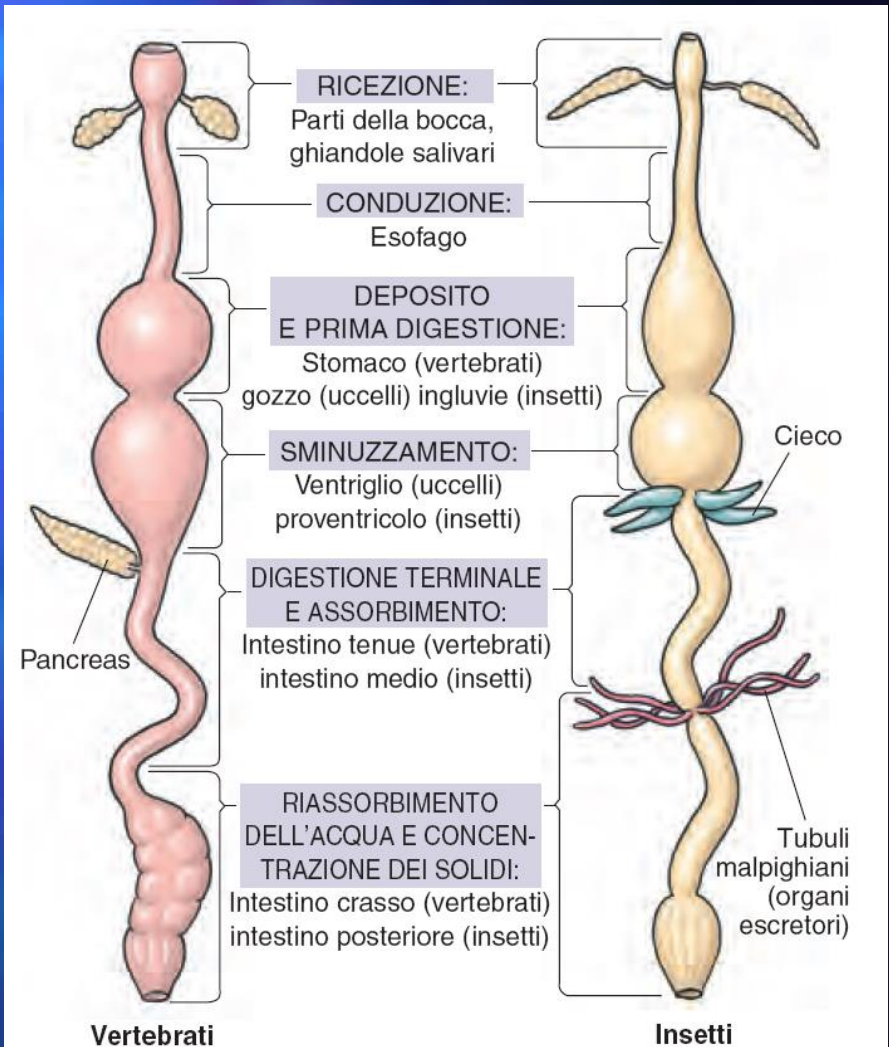
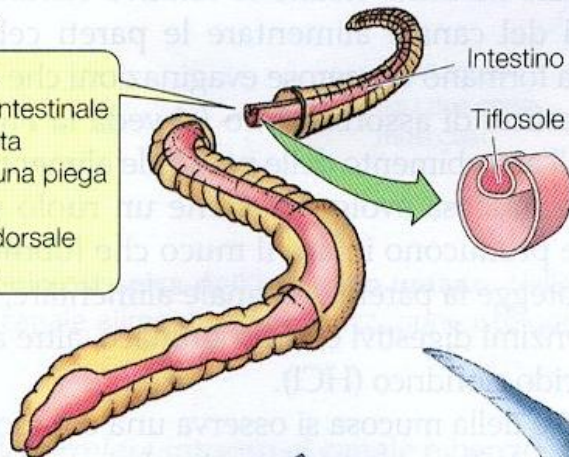


Figura 7.9 Tratti digestivi generalizzati di vertebrati e insetti. Sono messi in evidenza i principali distretti funzionali dell'apparato digestivo dei metazoi.

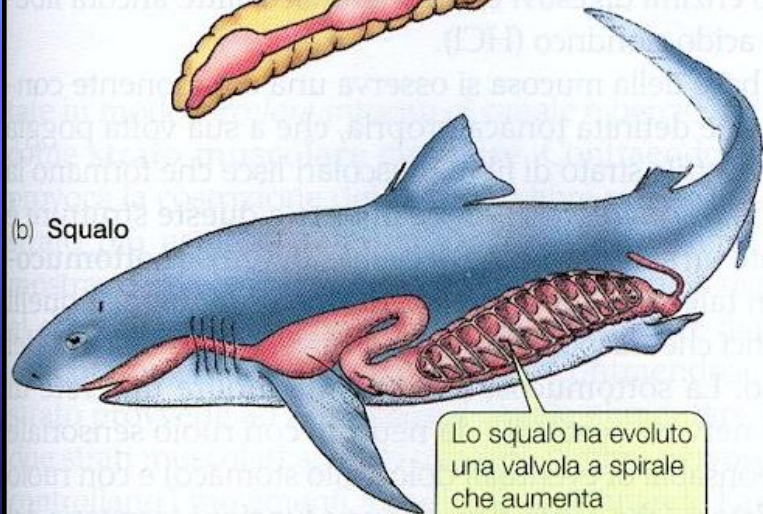
(a) **Lombrico**

Nel lombrico la superficie intestinale risulta ampliata dal tiflosole, una piega longitudinale della parete dorsale dell'intestino.



(b) **Squalo**

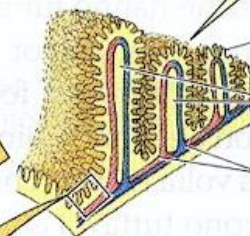
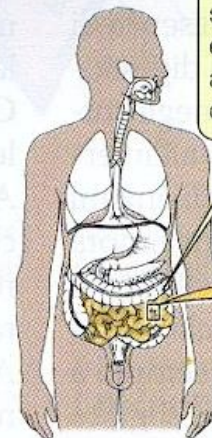
Lo squalo ha evoluto una valvola a spirale che aumenta la superficie dell'intestino.



(c) **Uomo**

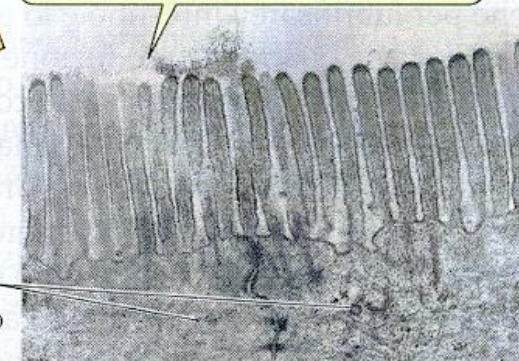
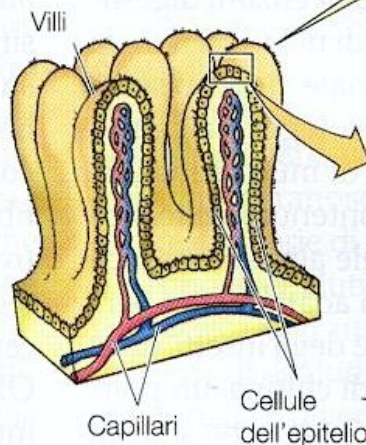
Nella maggior parte dei vertebrati, l'enorme superficie di assorbimento è ottenuta grazie alla lunghezza dell'intestino tenue...

...e alla presenza di pieghe della sua mucosa.



Villi digitiformi aumentano la superficie delle pieghe...

...e microvilli coprono i villi, ampliando notevolmente la superficie di assorbimento.



I ruminanti

Tra i mammiferi erbivori, i ruminanti si distinguono per un particolare sistema di ingestione e digestione del cibo. Questi animali sono dotati di uno **stomaco complesso composto di quattro camere**.

Il cibo viene masticato rapidamente, inghiottito e immagazzinato in una prima cavità, chiamata **rumine**. Quindi passa attraverso il **reticolo** dove viene ridotto in poltiglia e ritorna alla bocca per una lunga e lenta masticazione. A questo punto, il cibo viene deglutito nuovamente e passa attraverso **l'omaso** e **l'abomaso**, nei quali agiscono i succhi gastrici, per poi finire nell'intestino.

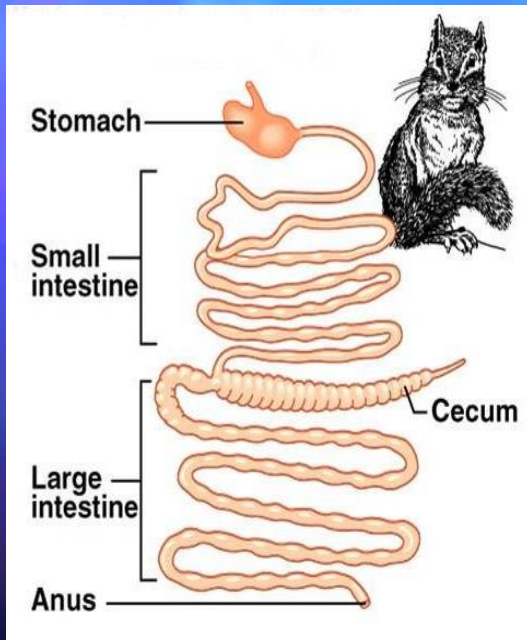


Anche la dentatura dei ruminanti è predisposta a brucare l'erba e a ruminare: gli incisivi e i canini superiori sono sostituiti da un rivestimento corneo in corrispondenza con i denti dell'arcata inferiore.

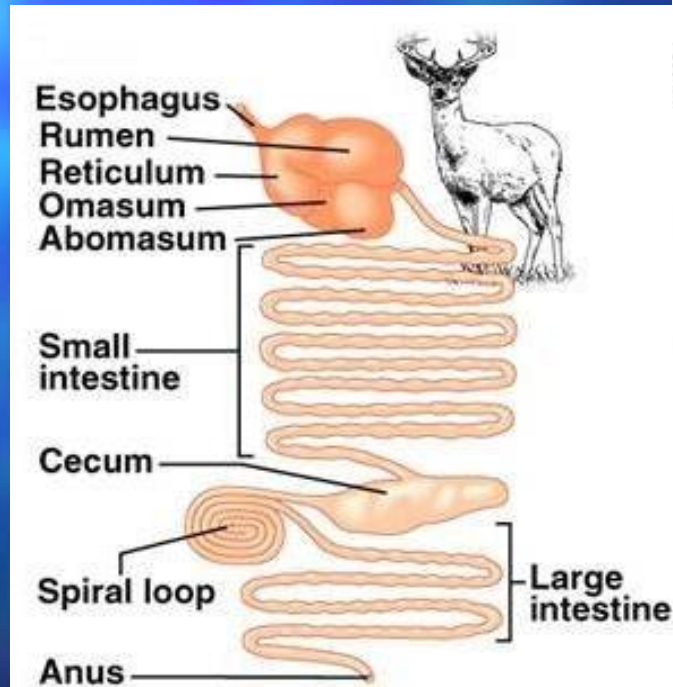
Sono ruminanti gli ovini, i bovini, la giraffa e il cammello.

Diete e intestini..

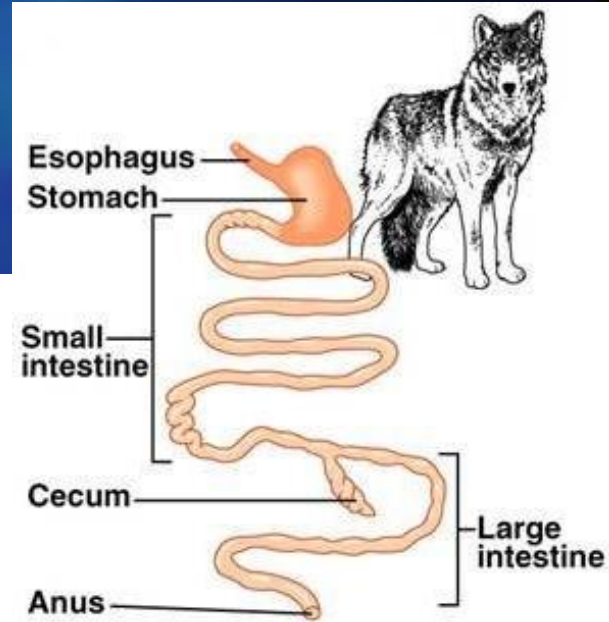
Erbivoro non
ruminante



Erbivoro
ruminante



Carnivoro



Digestione, assorbimento ed assimilazione

La digestione è la scomposizione fisica e chimica del cibo in molecole più semplici, mentre l'assorbimento è il processo attraverso cui queste molecole semplici (come zuccheri, amminoacidi e acidi grassi) passano nel flusso sanguigno attraverso l'intestino tenue. L'assimilazione, infine, avviene quando le cellule utilizzano i nutrienti assorbiti per produrre energia e costruire nuove molecole

La digestione può avvenire dentro cellule (intracellulare) o nel lume del digerente (extracellulare).

Fase 1 – Digestione extracellulare

- **frammentazione** (di proteine, carboidrati, e grassi) per mezzo di:
 - a) idrolisi – molecole di H_2O vengono aggiunte alla molecola in via di frammentazione
 - b) l'azione di enzimi specifici

La digestione può avvenire dentro cellule (intracellulare) o nel lume del digerente (extracellulare).

Fase 2 –Digestione intracellulare

La frazione idrolizzata degli alimenti (per lo più molecole semplici, monomeri) viene assorbita dalle pareti del tubo digerente (nell'uomo soprattutto dall'intestino tenue), e viene trasportata in tutte le parti del corpo per essere usata. Le cellule compiono la fase finale di demolizione delle molecole.

Meccanismi della digestione: il Ruolo degli enzimi

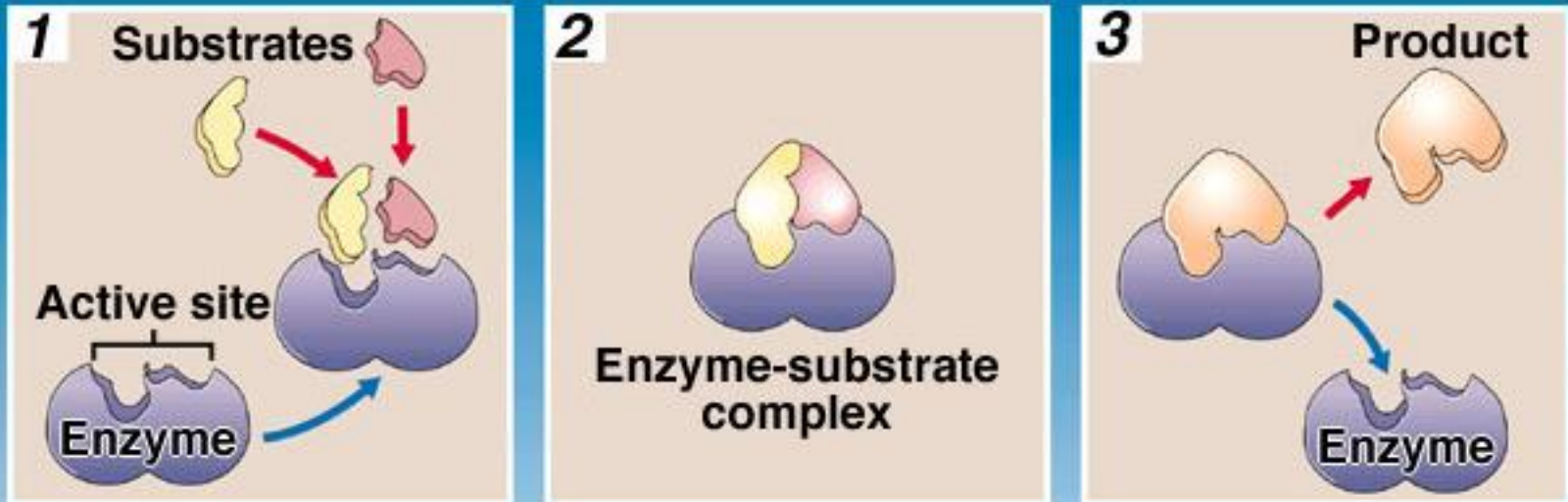
Gli enzimi sono proteine che agiscono come catalizzatori, accelerando la scomposizione del cibo in molecole più piccole (aminoacidi, acidi grassi, zuccheri) che possono essere assorbite dall'organismo. Questo processo è fondamentale per ottenere i nutrienti necessari all'organismo per produrre energia. Enzimi diversi sono specializzati per digerire tipi specifici di nutrienti, come la pepsina per le proteine nello stomaco e l'amilasi e la lipasi per carboidrati e grassi nell'intestino tenue.

Importanza degli enzimi

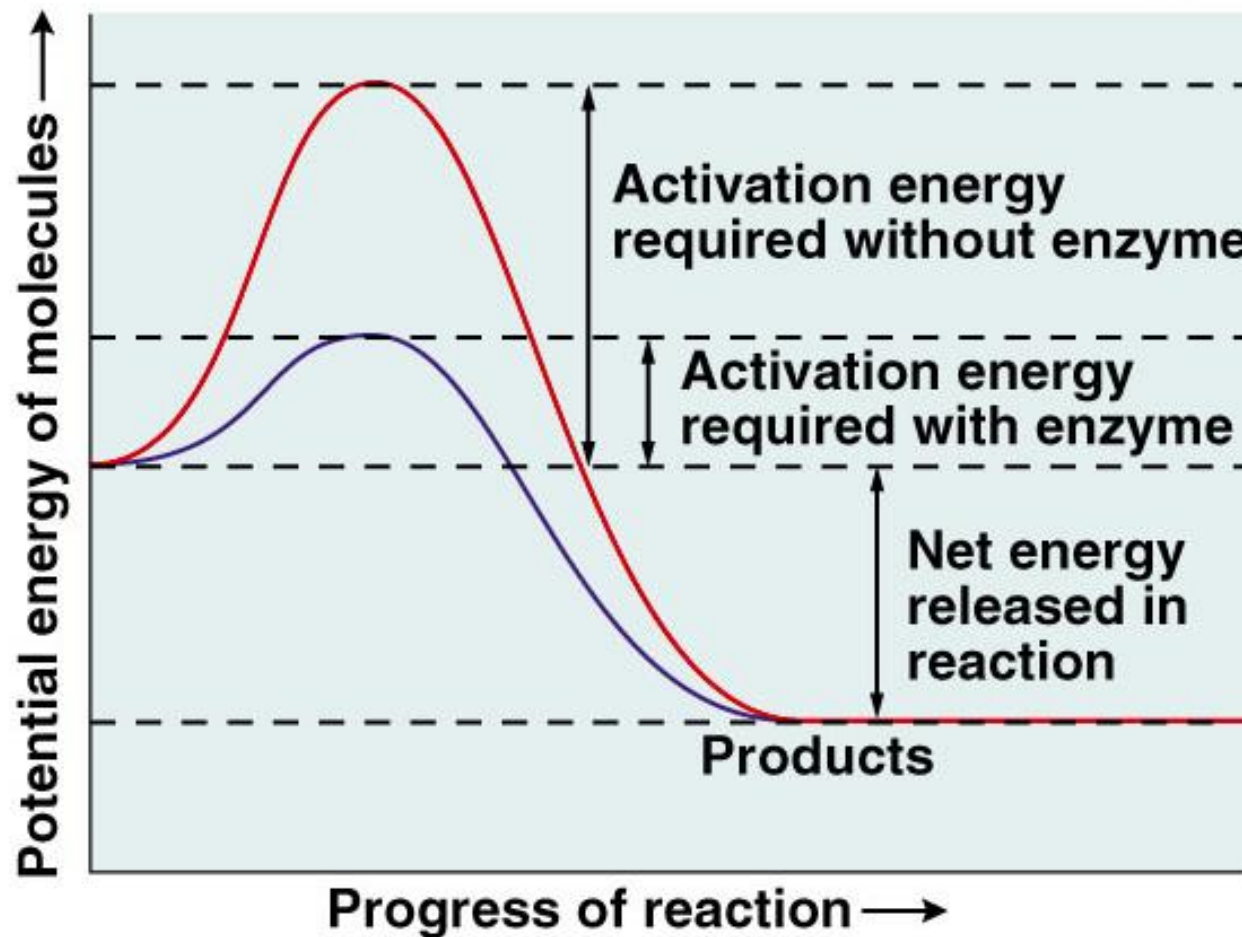
- Agiscono come catalizzatori biologici – abbassando l'energia di attivazione necessaria per far avvenire una reazione
- Lavorano meglio in zone con pH specifici , a temperatura corporea ottimale e quando l'enzima è concentrato.
- Tipicamente composti da proteine
- Substrati su cui agiscono molto specifici
- Maggiore è la superficie della molecola che deve essere idrolizzata maggiore è l'efficacia di un enzima specifico.

How Enzymes Work

HOW ENZYMES WORK



Enzymes lower reaction energy



Importanza dei processi fisici nella digestione

Masticazione (bocca) e
mescolamento (stomaco) aumenta
la superficie delle particelle di cibo in
contatto con gli enzimi

Importanza dei processi fisici nella digestione

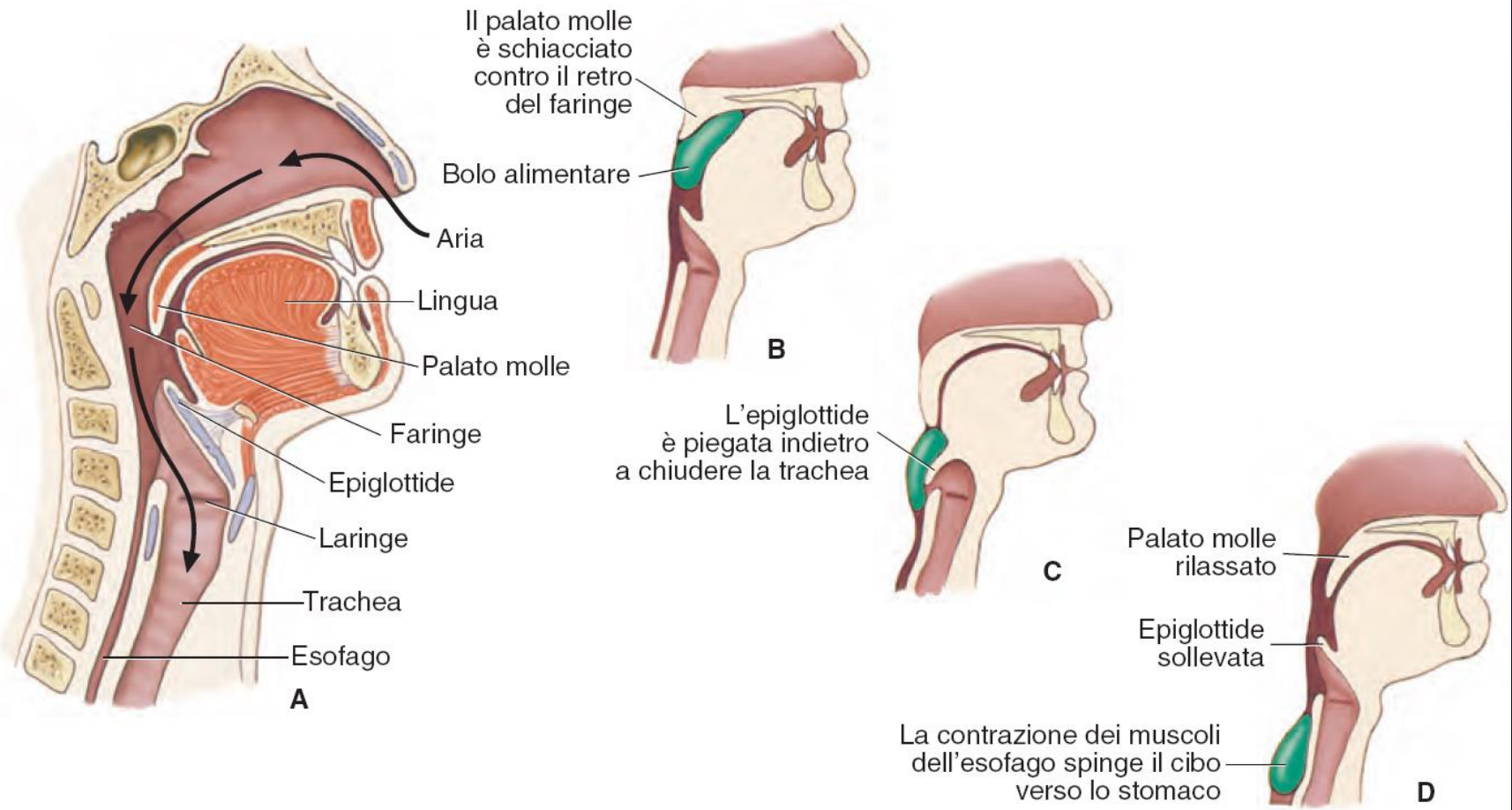
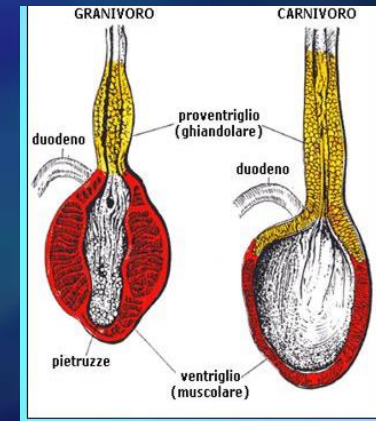
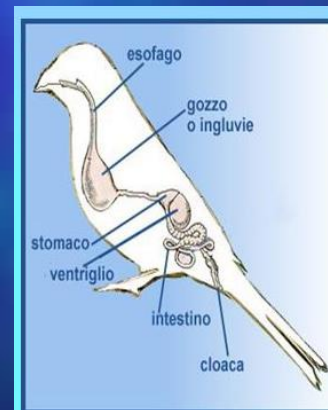
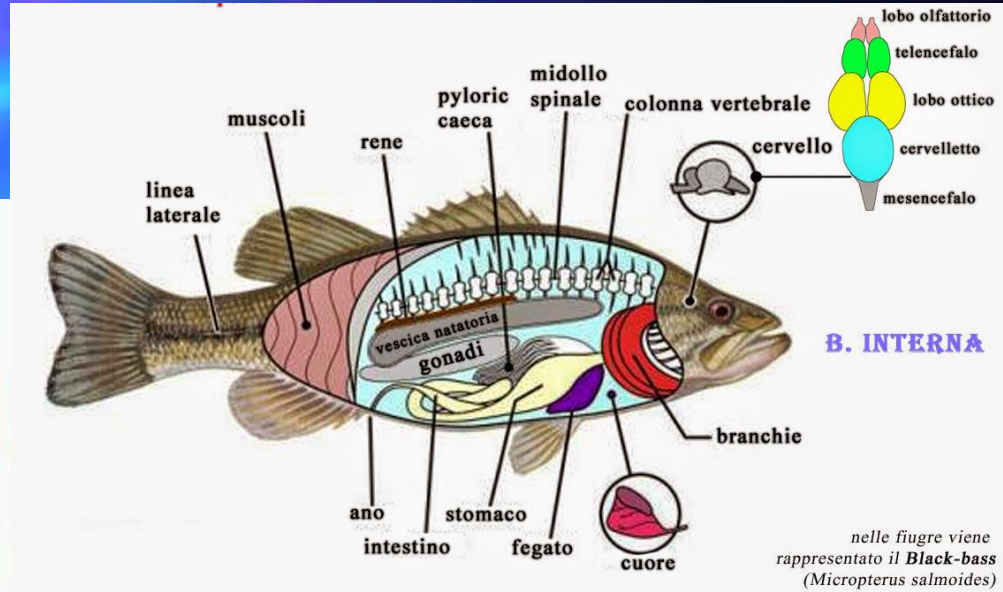
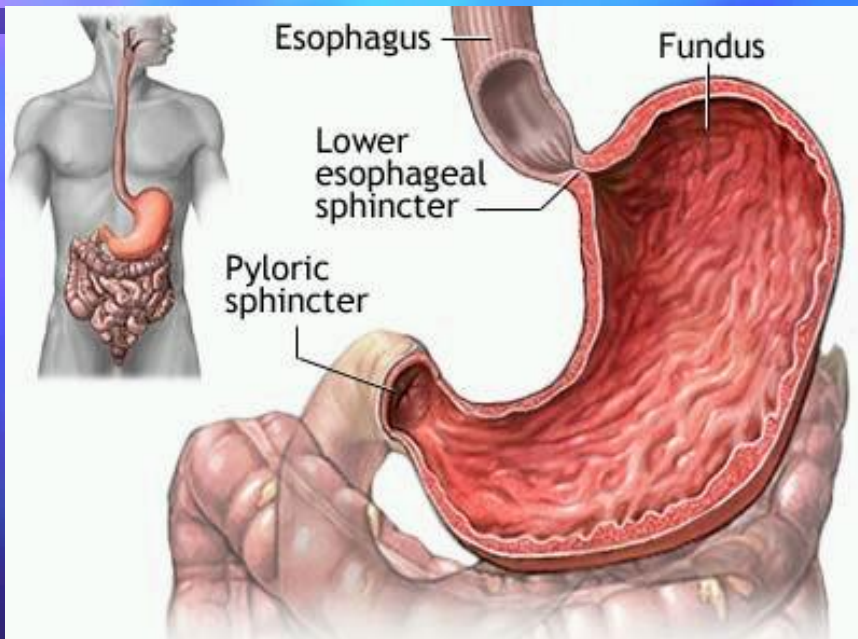
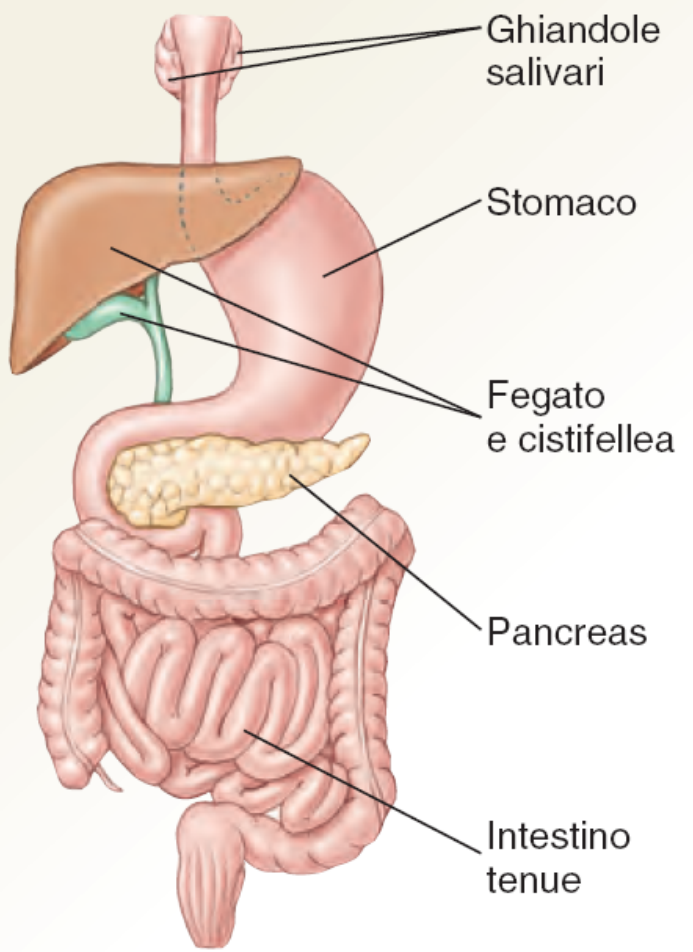


Figura 7.10 Cavità orale e gola nell'uomo in sezione sagittale (A) e sequenza della deglutizione (da B a D).

Lo stomaco



Gli enzimi lavorano nell'ambito di pH specifici

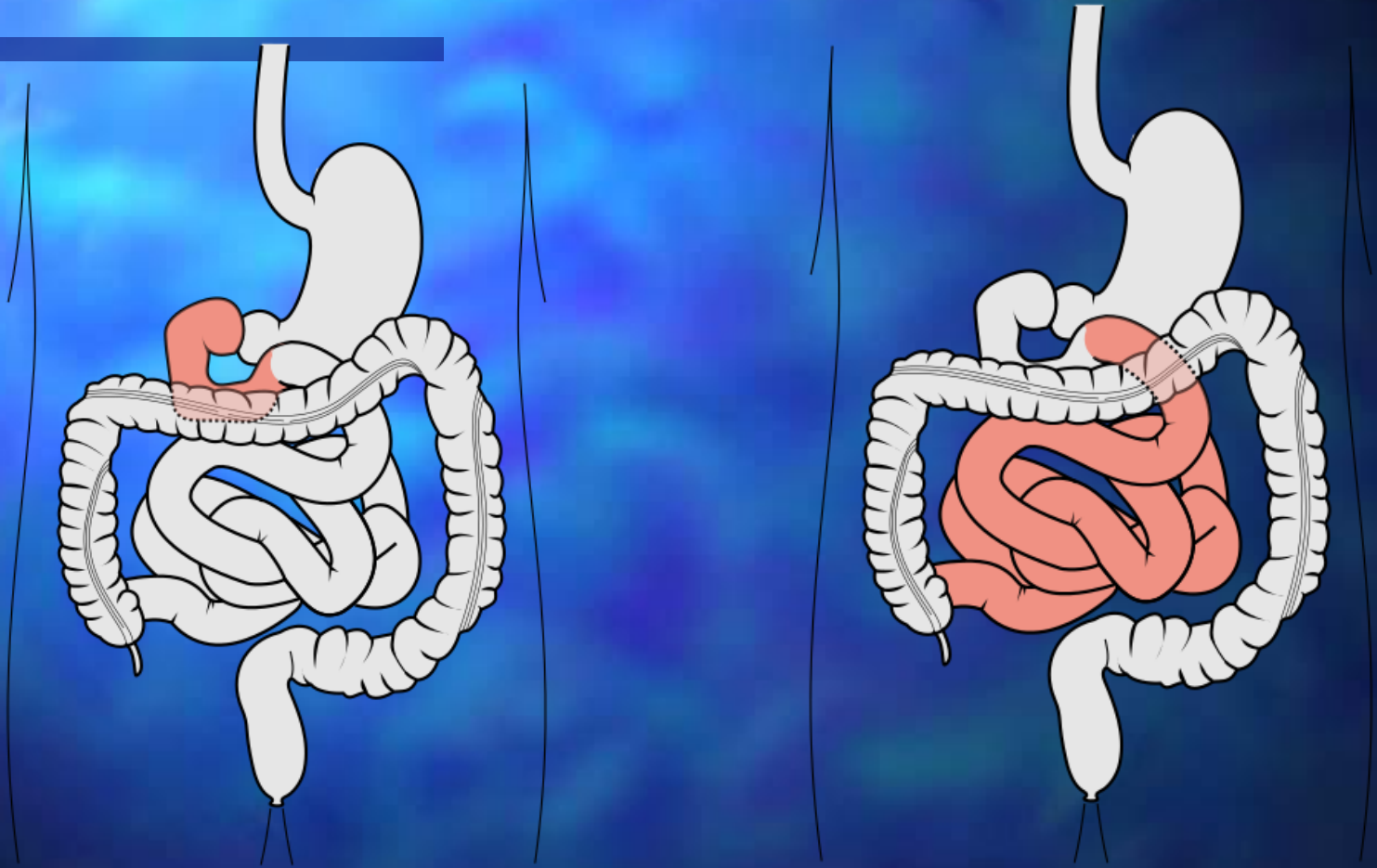
REGIONE	SECREZIONE	pH	COMPOSIZIONE
 Ghiandole salivari Stomaco Fegato e cistifellea Pancreas Intestino tenue	Saliva	6,5	Amilasi Bicarbonato
	Succo gastrico	1,5	Pepsina HCl Rennina nei mam- miferi ruminanti
	Bile	7-8	Sali e pigmenti biliari Colesterolo
	Succo pancreatico	7-8	Tripsina, Chimotripsina Carbossipeptidasi Lipasi, Amilasi Nucleasi Bicarbonato
	Enzimi di membrana	7-8	Aminopeptidasi Maltasi Lattasi Saccarasi Fosfatasi alcalina

Fegato, bile e succhi pancreatici: l'ingresso nel duodeno

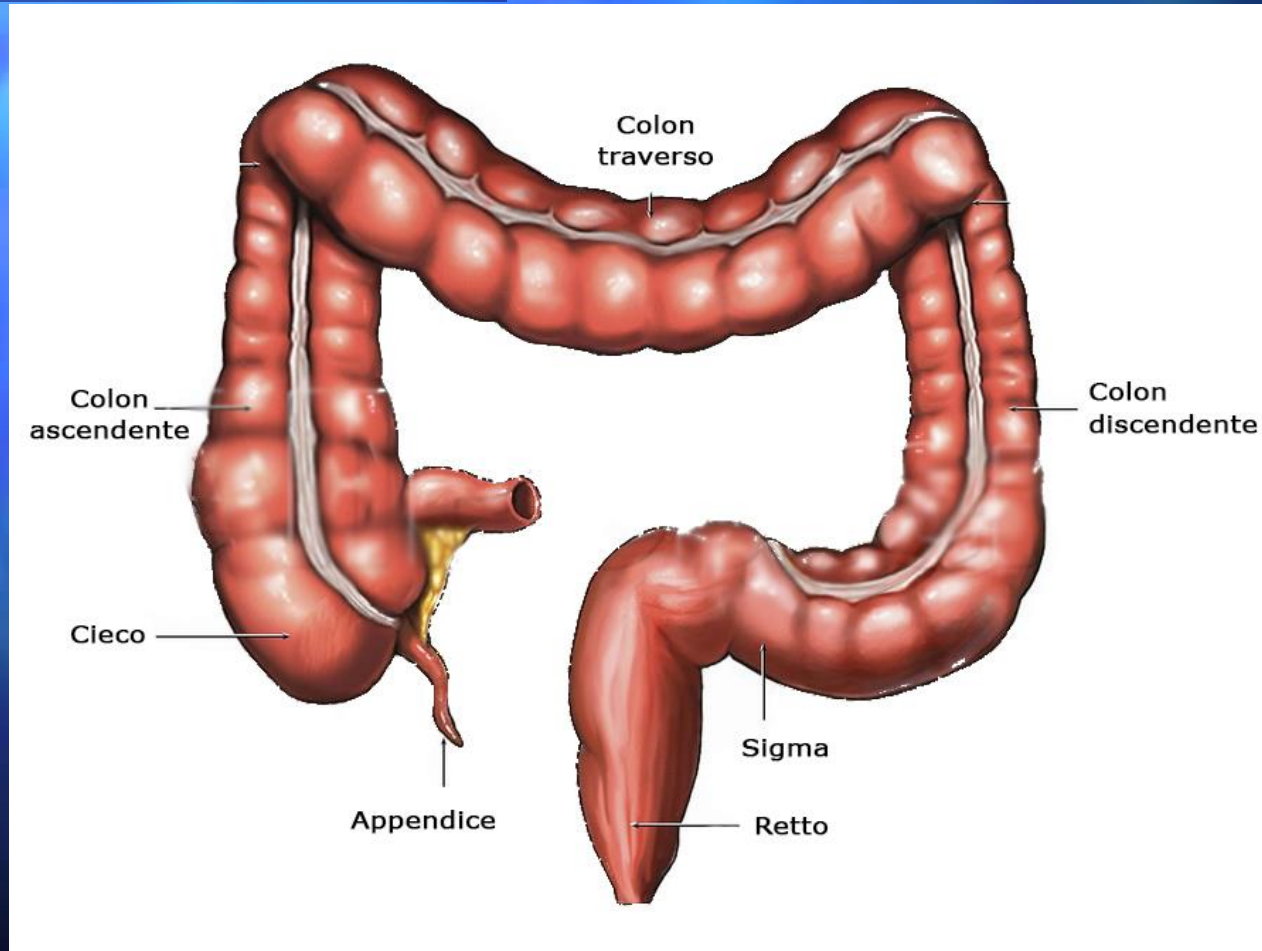


- Produce la *bile*.
- È responsabile della sintesi del *colesterolo*
- È responsabile della sintesi dei *trigliceridi*
- Produce fattori di coagulazione come il *fibrinogeno* e la *trombina*
- Funziona quale **deposito di emergenza** per la *vitamina B12*, il *ferro* e il *rame*
- Demolisce e cattura le sostanze tossiche** che il nostro corpo può assumere più o meno accidentalmente

L'intestino Tenue, Duodeno, Digiuno Ileo



L'intestino Crasso, Cieco, Colon, Retto

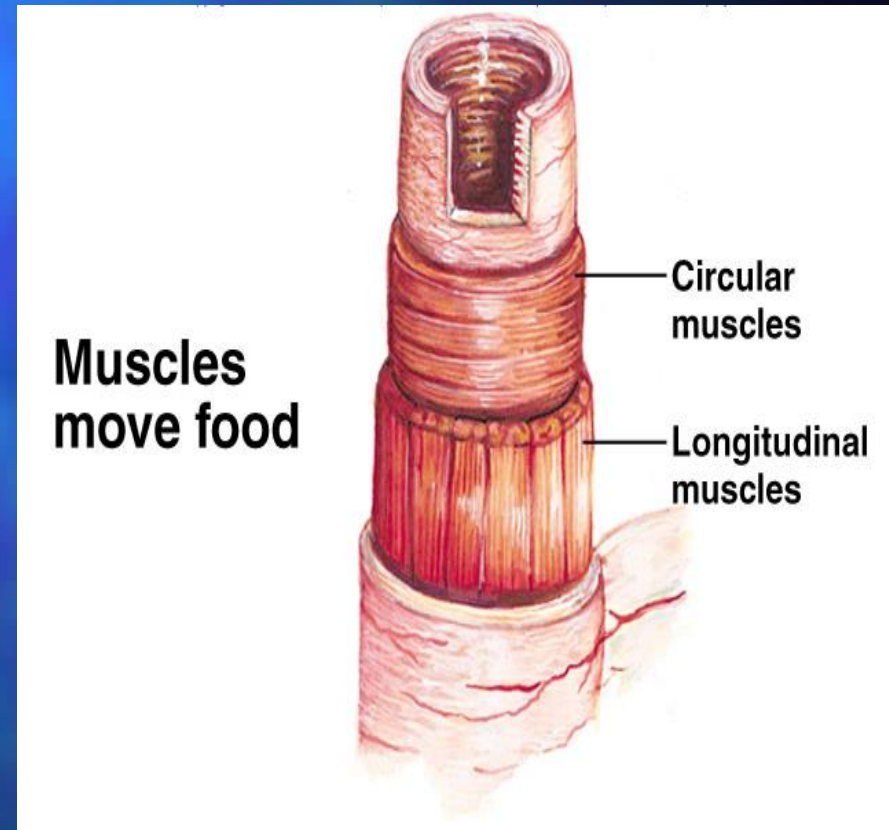


Sfinteri

- Composti da muscoli circolari in anelli
- Mediante la loro contrazione, il cibo è separato in diversi comparti

La peristalsi

- Spinge in avanti il bolo alimentare
- Contrazione alternata di muscoli circolari e longitudinali
- Muscolatura di tipo liscio (contrazione involontaria)



Ruolo dell'intestino medio (tenue): assorbimento attraverso i villi

Il ruolo dell'intestino tenue è l'assorbimento dei nutrienti attraverso i suoi villi, che amplificano enormemente la superficie interna della mucosa. Questi villi, ricoperti da milioni di microvilli, sono ricchi di vasi sanguigni e di un vaso linfatico centrale (vaso chilifero), che trasportano le sostanze assorbite – come zuccheri, amminoacidi, vitamine e acidi grassi – rispettivamente nel flusso sanguigno e in quello linfatico per essere distribuite nel corpo

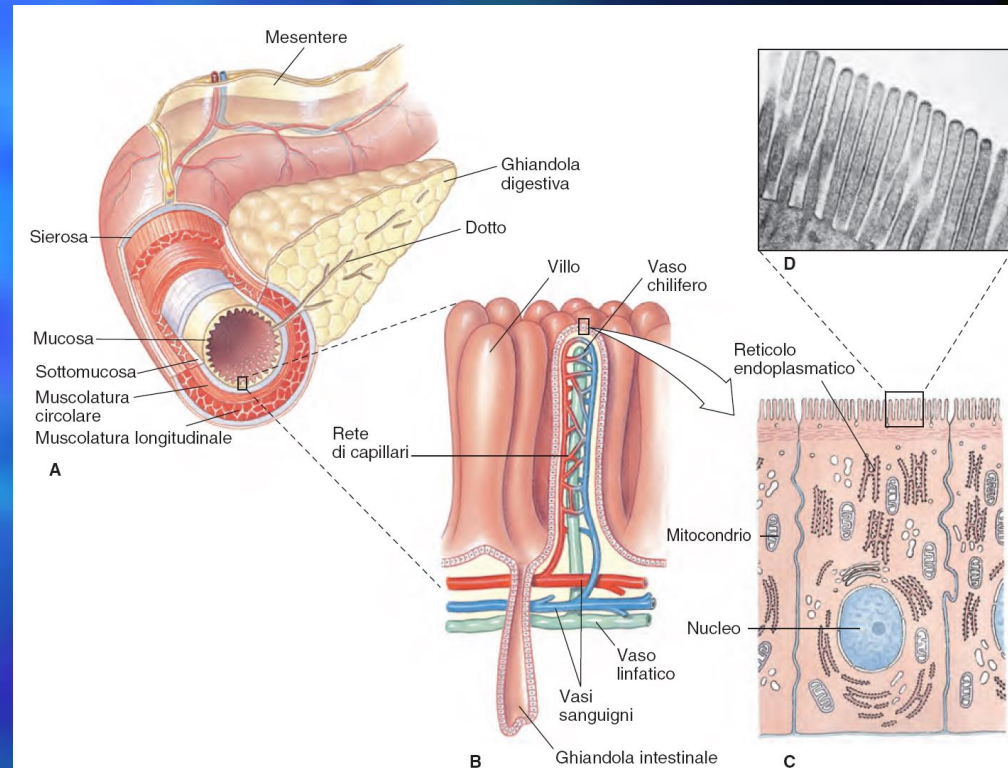
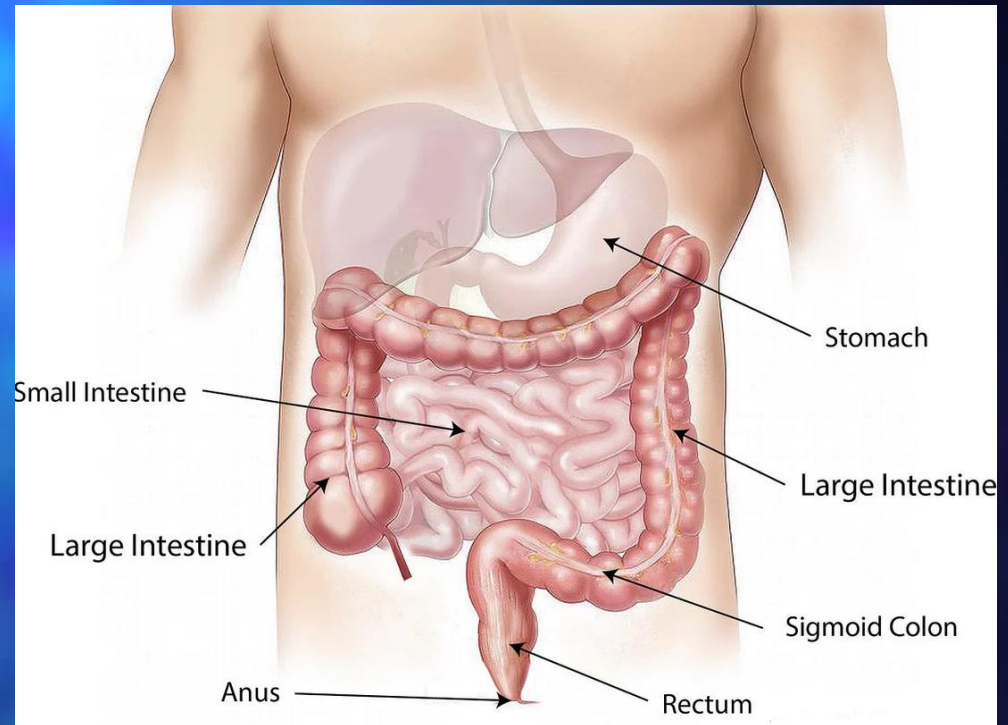
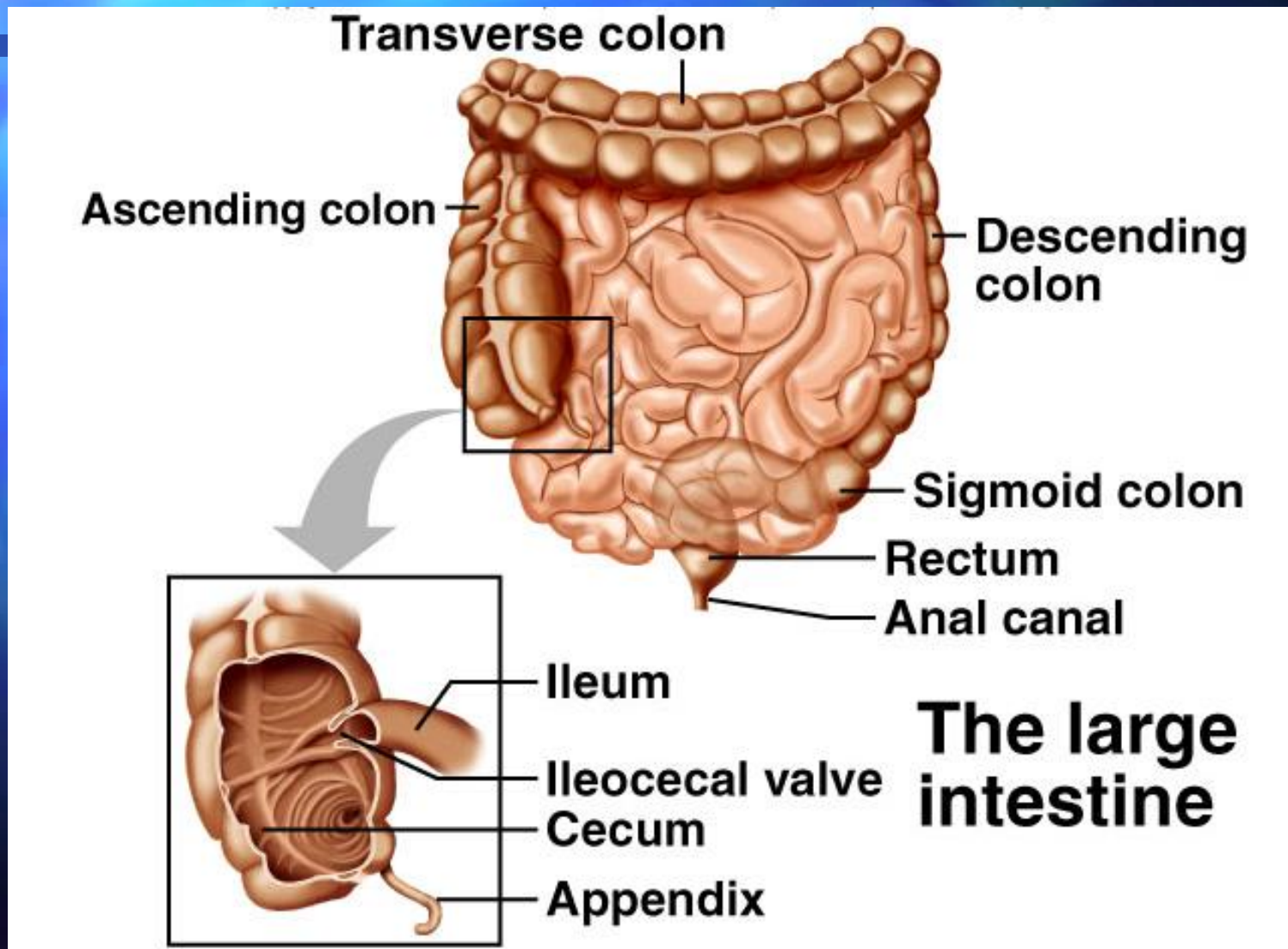


Figura 7.12 Organizzazione del tratto digerente dei vertebrati. A, strati successivi di mucosa, sottomucosa, muscolo e sierosa; una ghiandola digestiva secernente enzimi (pancreas); il sottile mesentere che sostiene l'intestino all'interno della cavità del corpo. B, porzione della mucosa di rivestimento dell'intestino, mostrante villi digitiformi. C, sezione di una cellula della mucosa di rivestimento. D, microvilli sulla superficie di una cellula della mucosa di intestino di ratto ($\times 16\,400$).

Il ruolo dell'intestino crasso è quello di completare la digestione assorbendo acqua ed elettroliti, formando e immagazzinando le feci prima di espellerle. Svolge anche funzioni importanti grazie alla flora batterica, che fermenta le fibre, produce alcune vitamine (come la K e limita la proliferazione di batteri nocivi.

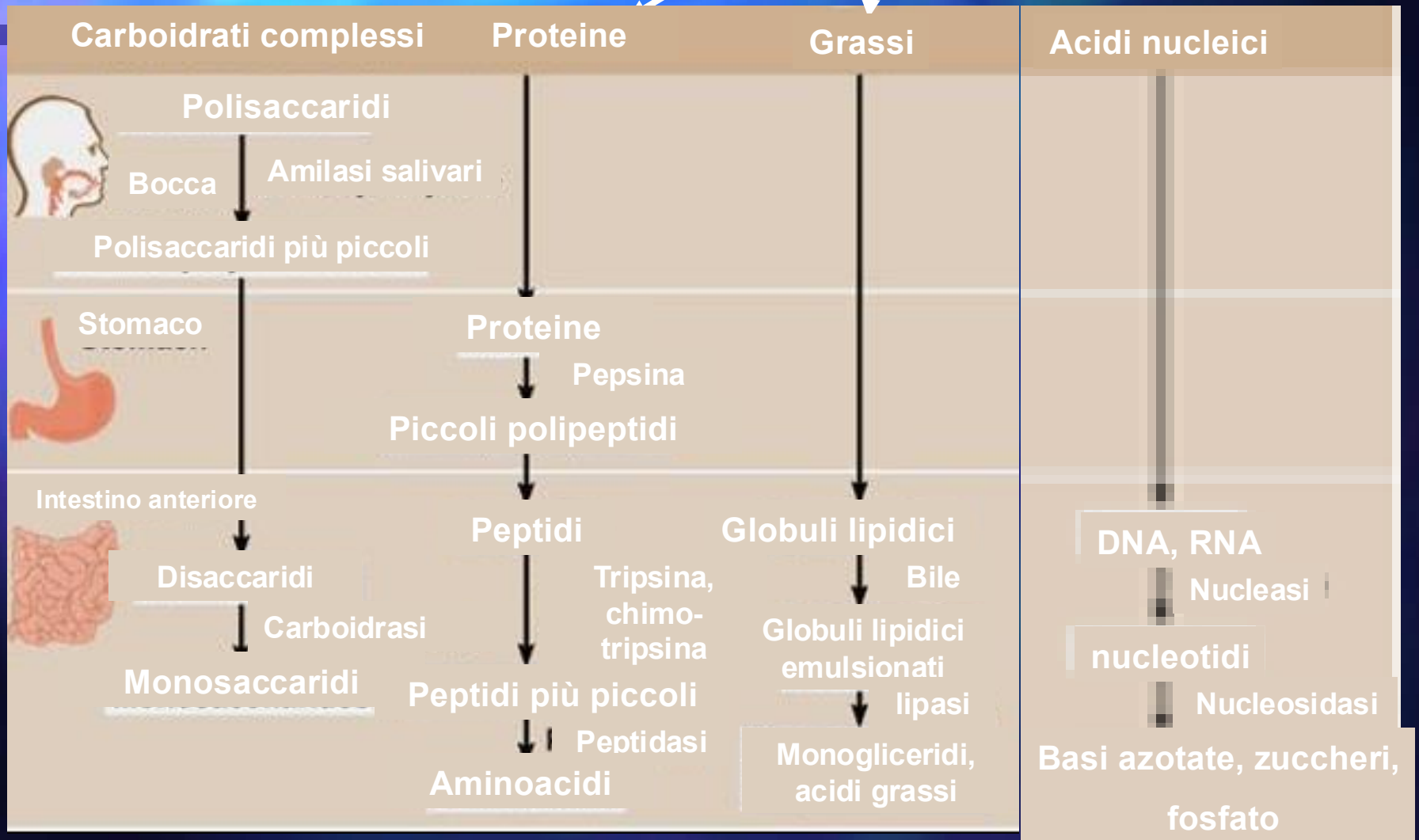


Ruolo dell'intestino posteriore: riassorbimento di acqua

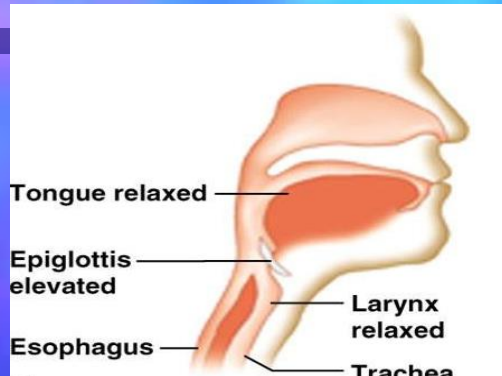


Idrolisi delle macromolecole nei prodotti terminali

L'idrolisi

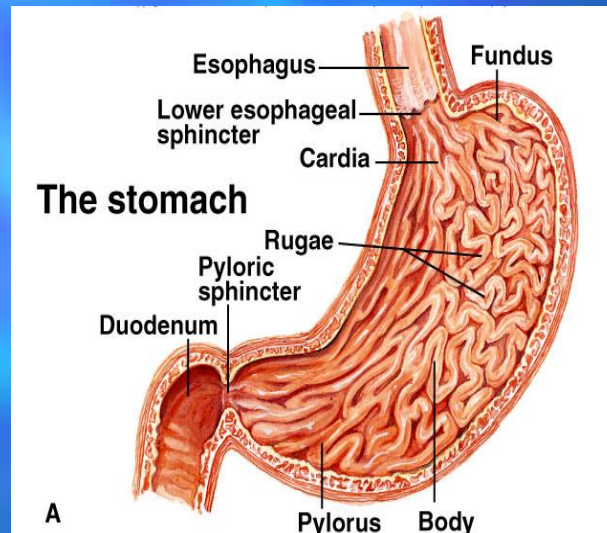


Le tre zone a pH differente



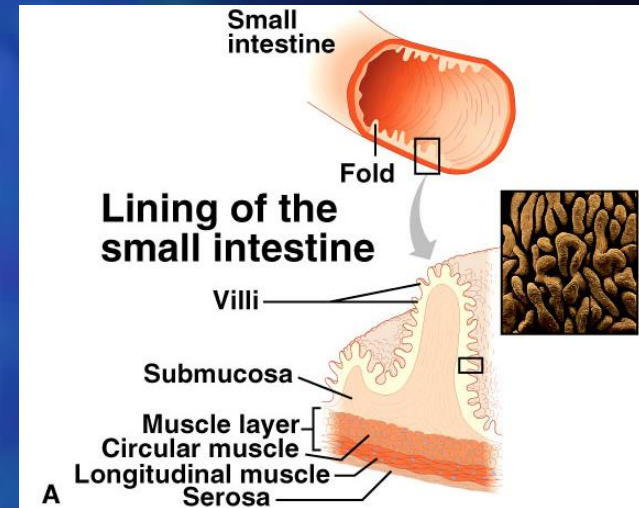
Bocca

- pH poco sopra 7
- Lievemente alcalino



Stomaco

- pH fra 1.6 – 2.4
- Fortemente Acido



Intestino tenue

- circa 7.5
- Alcalino