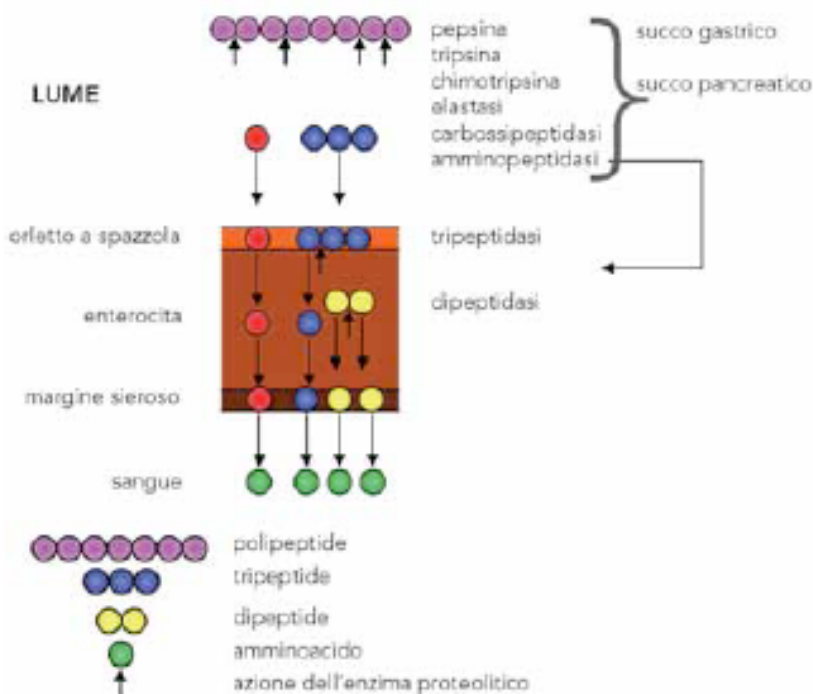


WWW. LA DIGESTIONE E L'ASSORBIMENTO DELLE PROTEINE

Un individuo, in condizioni normali, introduce giornalmente circa 50-60 g di protidi sotto forma di *proteine alimentari* o *esogene*, che, prima di essere assorbite, devono subire l'azione degli enzimi digestivi. Una quota di protidi, pari a circa la metà di quelle della dieta, deriva, tuttavia, da altre fonti: dalla desquamazione delle cellule della mucosa intestinale, dalla secrezione ghiandolare e dalla flora batterica (*proteine endogene*). Soltanto il 5-10% delle proteine presenti nel lume del tenue va perduto con le feci (proteine endogene); la restante parte, invece, è assorbita.

Per molto tempo si è ritenuto che la digestione protidica fosse completata nella cavità gastrica e nel lume intestinale, compendosi poi l'assorbimento degli aminoacidi in forma libera. In anni recenti, invece, si è scoperto che l'*idrolisi intraluminare* ha una grande importanza nella digestione dei protidi, ma non la fa concludere. Accanto agli aminoacidi, infatti, si possono riconoscere ancora quantità significative di oligopeptidi (dipeptidi e tripeptidi), che subiscono l'*idrolisi intracellulare*, che avviene subito dopo l'assorbimento negli enterociti. Come già visto per gli oligosaccaridi, anche gli oligopeptidi sono soggetti a un'*idrolisi perimembranosa* che si svolge nell'orletto a spazzola (microvilli) degli enterociti; la digestione, a questo punto, è dunque completa, come è confermato dal fatto che nel sangue portale (della vena porta) troviamo soltanto aminoacidi liberi.



I diversi tipi di idrolisi delle proteine: intraluminare, perimembranosa e intracellulare. A titolo di esempio sono stati scelti un aminoacido prodotto dall'idrolisi di un polipeptide, e un dipeptide, prodotto dall'idrolisi perimembranosa di un tripeptide.

La mucosa intestinale, specialmente quella degli animali appena nati, è facilmente permeabile e, di conseguenza, può assorbire proteine integre. Nell'uomo, questo processo è di particolare

importanza nelle prime settimane di vita, quando, attraverso il *colostro*, il primo secreto della ghiandola mammaria, si assumono gli anticorpi (γ -globuline) responsabili dell'immunità passiva verso molte malattie infettive.

La digestione delle proteine inizia nello stomaco e interessa solo il 10-20% delle proteine presenti. L'idrolisi gastrica è parziale e, di conseguenza, dà origine a grossi frammenti: polipeptidi e peptoni. Nel duodeno, l'idrolisi raggiunge il 50-60% e si completa per l'80% circa a livello del digiuno, dove si liberano sia oligopeptidi (2-6 amminoacidi) sia amminoacidi liberi.

La digestione proteica può essere distinta, pertanto, in tre fasi: gastrica, pancreatica e intestinale.

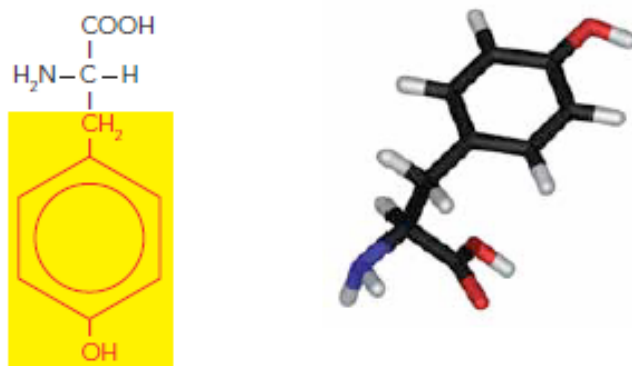
La fase gastrica

L'azione svolta dallo stomaco nella digestione proteica consta di due momenti:

- l'acido cloridrico (HCl) del succo gastrico causa la *denaturazione delle proteine*, mettendo, così, a disposizione delle proteasi gastrointestinali i legami peptidici delle loro molecole;
- il pH dello stomaco, divenuto ormai acido per la presenza dell'HCl, attiva, grazie al distacco di alcune catene peptidiche, le proteasi gastriche, secrete come proenzimi inattivi, facendoli passare da *pepsinogeni* a *pepsine*, che danno inizio all'idrolisi proteica.

Le ghiandole gastriche dell'uomo secernono almeno 7 forme diverse di pepsinogeni, le cui pepsine hanno proprietà leggermente diverse. Le **pepsine** sono *endopeptidasi*, cioè proteasi che scindono il legame peptidico nell'interno della molecola proteica, operando con valori di pH ottimali compresi tra 1,8 e 3,5; idrolizzano, in modo particolare, il legame peptidico che si instaura tra amminoacidi aromatici, come, per esempio, la tirosina e la fenilalanina.

Al termine della fase gastrica, i prodotti che si ottengono non sono ancora sostanze pure, bensì miscele di polipeptidi con peso molecolare e grandezza diversi, con anche pochi dipeptidi e qualche amminoacido.



Formula di struttura e modello molecolare della tirosina, un amminoacido aromatico.

La fase pancreatica

La fase pancreatica si svolge nel lume intestinale per azione delle proteasi presenti nel succo pancreatico, che agiscono sui prodotti che giungono dallo stomaco.

Anche in questo caso le proteasi sono secrete come proenzimi inattivi, l'attivazione dei quali si compie nel duodeno, grazie a vari meccanismi specifici. Esse, in ragione del tipo di azione che effettuano, sono distinte in due categorie:

- **endopeptidasi** (tripsina, chimotripsina, elastasi), che sono in grado di idrolizzare i legami peptidici posti all'interno delle catene proteiche, differenziandosi fra loro per il fatto di riconoscere amminoacidi diversi fra quelli presenti in una certa proteina;
- **esopectidasi** (carbossipeptidasi), che sono attive su un substrato nel quale sia presente un carbossile libero ($-\text{COOH}$), quindi, posto all'estremità della catena peptidica, liberando, così, amminoacidi.

La fase intestinale

In quest'ultima fase, l'idrolisi è totale e, grazie a essa, i derivati proteici sono degradati ad amminoacidi liberi da una serie di *peptidasi*, enzimi proteolitici cellulari localizzati principalmente all'interno degli enterociti (*digestione intracellulare*) o sulla loro superficie, come pure a livello dei microvilli (*digestione perimembranosa*). Bisogna segnalare, comunque, che a questo livello i fenomeni di digestione e di assorbimento proteico sono strettamente correlati.

L'idrolisi perimembranosa, in modo analogo a quanto si è visto per gli oligosaccaridi, agisce sugli oligopeptidi, ma, a differenza di ciò che si verifica per i glucidi, è completata da un'idrolisi intracellulare, che determina la liberazione degli amminoacidi.

L'assorbimento degli amminoacidi

Una volta liberati, gli amminoacidi sono assorbiti a livello intestinale, mediante un fenomeno di trasporto attivo secondario, o cotrasporto, nel quale, come già per il glucosio, è lo ione Na^+ a essere trasportato attivamente.

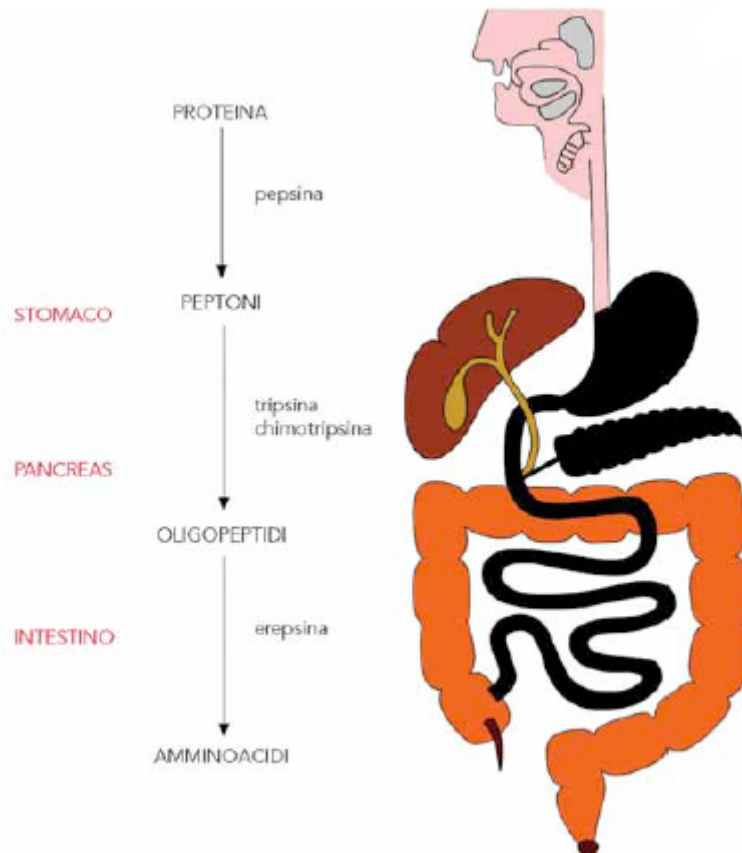
Nell'intestino, sono presenti almeno tre sistemi di trasporto degli amminoacidi, distinti in relazione al fatto che questi ultimi siano neutri, basici o acidi (vedi tabella).

MECCANISMI DEL TRASPORTO INTESTINALE DEGLI AMMINOACIDI ¹			
Classe di amminoacidi	Elenco amminoacidi	Tipo di trasporto	Velocità di trasporto
Neutri	Aromatici (tirosina, triptofano, fenilalanina) Alifatici (glicina, alanina, serina, treonina, valina, leucina, isoleucina) Metionina, istidina, glutammina, asparagina, cisteina	Attivo; Na^+ -dipendente	Molto rapida
Basici	Lisina, arginina, ornitina, cistina	Attivo; parzialmente Na^+ -dipendente	Rapida (10% rispetto a quella degli amminoacidi neutri)
Dicarbossilici	Acido glutammico, acido aspartico	Carrier-mediato; attivo; parzialmente Na^+ -dipendente	
Iminoacidi	Prolina, idrossiprolina	Attivo; Na^+ -dipendente	Lenta
¹ Da Gray e Cooper, 1971.			

L'assorbimento degli amminoacidi è influenzato da vari fattori: per esempio, la presenza di glucosio nel lume e un eventuale stato di tensione psichica ne riducono la velocità di

assorbimento, che è incrementata, invece, dalla diminuzione della motilità intestinale, mentre anche tassi elevati di alcol (19%) diminuiscono l'assorbimento degli amminoacidi.

Nell'intestino dell'organismo adulto, la capacità di assorbire protidi integri è molto limitata; di conseguenza, la comparsa di reazioni allergiche a certi cibi fa pensare che, anche dopo il periodo neonatale, si possa verificare l'assorbimento di molecole proteiche.



Il processo digestivo dei protidi.