

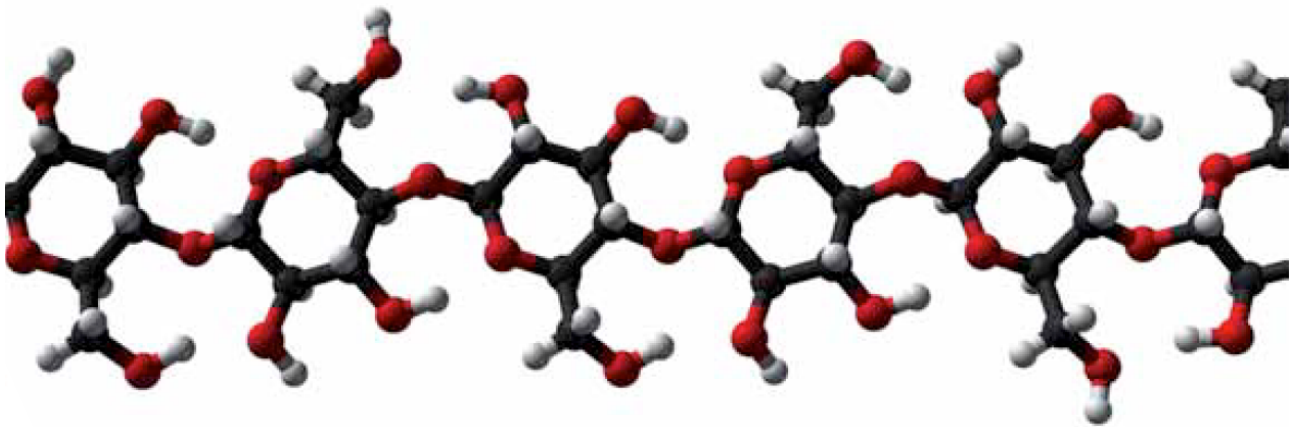
## WWW. LA DIGESTIONE E L'ASSORBIMENTO DEI GLUCIDI

I glucidi utilizzati dall'uomo per la sua alimentazione sono fondamentalmente alcuni *polisaccaridi* (soprattutto amido) e *oligosaccaridi* (saccarosio, lattosio, maltosio), mentre i *monosaccaridi*, come il glucosio, il galattosio e il fruttosio liberi, rappresentano una quota trascurabile della sua dieta.

Un altro polisaccaride, la *cellulosa*, sebbene costituisca una frazione rilevante del materiale vegetale introdotto con l'alimentazione, non è digerita, in quanto nelle cellule dell'intestino umano è assente l'enzima specifico, la *cellulasi*.

La demolizione dei glucidi è compiuta da due diverse tipologie di enzimi:

- *intraluminali*, che si trovano nel lume del canale alimentare;
- *intracellulari*, presenti nelle cellule della mucosa intestinale.



Modello molecolare della cellulosa, in nero sono rappresentati gli atomi di carbonio, in rosso quelli di ossigeno, in bianco quelli di idrogeno). La cellulosa è un polisaccaride che consiste di una catena lineare di molecole di glucosio unite da un legame 1-4  $\beta$ -glucosidico.

Nell'enterocita, quindi, si verificano sia l'idrolisi di molecole glucidiche, sia il trasporto di monosaccaridi verso il sangue: si tratta, perciò, di un fenomeno noto come *digestione-assorbimento glucidico*.

I glucidi sono i principi alimentari più digeribili; infatti, il tempo che intercorre tra l'assunzione dei carboidrati e lo svuotamento gastrico, pur variando in base al tipo di molecola ingerita, è compreso tra 1 e 3 ore circa. Vediamo che cosa accade, allora, per le tre categorie di glucidi: monosaccaridi, oligosaccaridi e polisaccaridi.

### I monosaccaridi e gli oligosaccaridi

Come sappiamo dalla chimica, i **monosaccaridi** sono i costituenti di base per tutti i tipi di carboidrati. Dotati di una molecola piuttosto piccola che è in grado di passare la parete intestinale, essi possono essere assorbiti direttamente e, di conseguenza, non necessitano di alcun processo digestivo. In particolare, il fruttosio e il galattosio, presenti nella dieta o prodotti dal catabolismo enzimatico dei disaccaridi, sono poi trasformati in glucosio a livello intestinale ed epatico.

Per quanto riguarda i **disaccaridi** provenienti dalla dieta umana, cioè il saccarosio e il lattosio (rispettivamente il 30% e il 10% dei glucidi alimentari), come pure gli oligosaccaridi derivanti dalla digestione dell'amido, cioè il maltosio, il maltotriosio e le  $\alpha$ -destrine, subiscono tutti una *idrolisi perimembranosa* da parte di enzimi che non fanno parte del succo enterico. Essi sono localizzati e agiscono a livello dell'*orletto a spazzola* (microvilli) degli enterociti, dove si trovano le **oligosaccaridasi**, dette più impropriamente *disaccaridasi* e rappresentate da *lattasi*, *maltasi*, *saccarasi* o *invertasi* e  $\alpha$ -*destrinasi*. Tutti questi enzimi, che nell'uomo si trovano già presenti alla nascita, manifestano un *turnover* molto rapido, in

quanto hanno una vita media di poche ore. È interessante rilevare che, nel digiuno, vi sono concentrazioni molto elevate di tali enzimi, che si riducono nell'ileo fino a essere assenti nel colon.

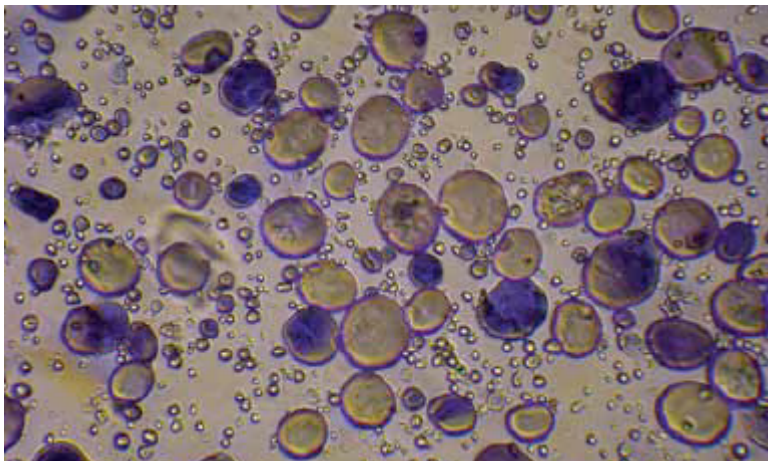
La degradazione dei disaccaridi nei rispettivi monosaccaridi avviene con le seguenti modalità:

- lattosio + lattasi = glucosio + galattosio;
- saccarosio + saccarasi = glucosio + fruttosio;
- maltosio + maltasi = glucosio + glucosio.

Anche il *maltotrioso* è idrolizzato da una maltasi in tre molecole di glucosio, mentre le  $\alpha$ -*destrine*, piccoli frammenti ramificati costituiti da poche unità di glucosio, sono attaccate dall' $\alpha$ -destrinasi e scisse in maltosio e maltotrioso, soggetti poi alla normale azione enzimatica da parte della maltasi.

### I polisaccaridi: l'amido

I polisaccaridi più importanti per l'alimentazione umana sono i polimeri degli esosi, gli *esosani*, tra i quali l'**amido** è il glucide maggiormente impiegato nella dieta quotidiana, della quale costituisce circa il 45-55% dell'intero apporto di carboidrati. La digestione dell'amido avviene mediante enzimi idrolitici intraluminari, le  $\alpha$ -*amilasi*, che si trovano in forma libera nei succhi digestivi e svolgono la loro funzione soprattutto nel lume del canale digerente.



Granuli di amido di grano ripresi al microscopio ottico.

Tali enzimi si distinguono, in base alla loro origine, in:

- **$\alpha$ -amilasi salivare**, o *ptialina*, che agisce nella cavità orale e, in modo limitato, nello stomaco, fino a quando il pH del contenuto gastrico si mantiene a valori inferiori a 5-6. La ptialina presente nella saliva catalizza la digestione dell'amido cotto in poche molecole di maltosio, ma non può digerire l'amido contenuto nei granuli, che, infatti, sono rotti in seguito alla loro cottura; la sua azione, però, è ridotta, a causa del poco tempo di permanenza del cibo nella bocca;
- **$\beta$ -amilasi pancreatico**, che è presente nel succo pancreatico e agisce soprattutto nel duodeno, così che l'idrolisi dell'amido è ormai completa quando il chilo raggiunge le prime parti del digiuno.



Rappresentazione dell' $\alpha$ -amilasi pancreatica umana. In giallo è evidente lo ione calcio, in verde lo ione cloro.

Di solito, i prodotti dell'idrolisi dell'amido da parte delle  $\alpha$ -amilasi (pancreatica e salivare) sono rappresentati da una miscela di  $\alpha$ -destrine, maltosio e maltotriosio e da una piccola quantità di glucosio libero. L'idrolisi completa delle molecole di oligosaccaridi in monosaccaridi avviene poi a livello dell'orletto a spazzola degli enterociti, mediante enzimi appartenenti alle *oligosaccaridasi*.

È importante sottolineare che entrambe le  $\alpha$ -amilasi idrolizzano i legami 1,4  $\alpha$ -glucosidici all'interno delle catene lineari dell'amilosio, per dare origine a maltosio e maltotriosio, svolgendo anche la stessa attività sulla frazione lineare dell'amilopectina. Non hanno, invece, alcuna attività sui segmenti ramificati delle molecole glucidiche complesse, cioè sui legami 1,6  $\alpha$ -glucosidici.

Una volta digeriti, i glucidi attraversano le cellule della mucosa dell'intestino tenue sotto forma di monosaccaridi (glucosio, galattosio e fruttosio). Il loro **assorbimento** inizia nel duodeno, raggiunge la massima intensità nel digiuno e, quando il materiale raggiunge l'ileo, è quasi terminato. Nel caso dell'uomo, i monosaccaridi ottenuti dalla digestione glucidica completa sono rappresentati soprattutto dal glucosio (circa 80%), mentre il fruttosio e il galattosio risultano più scarsi (rispettivamente 15% e 5%).

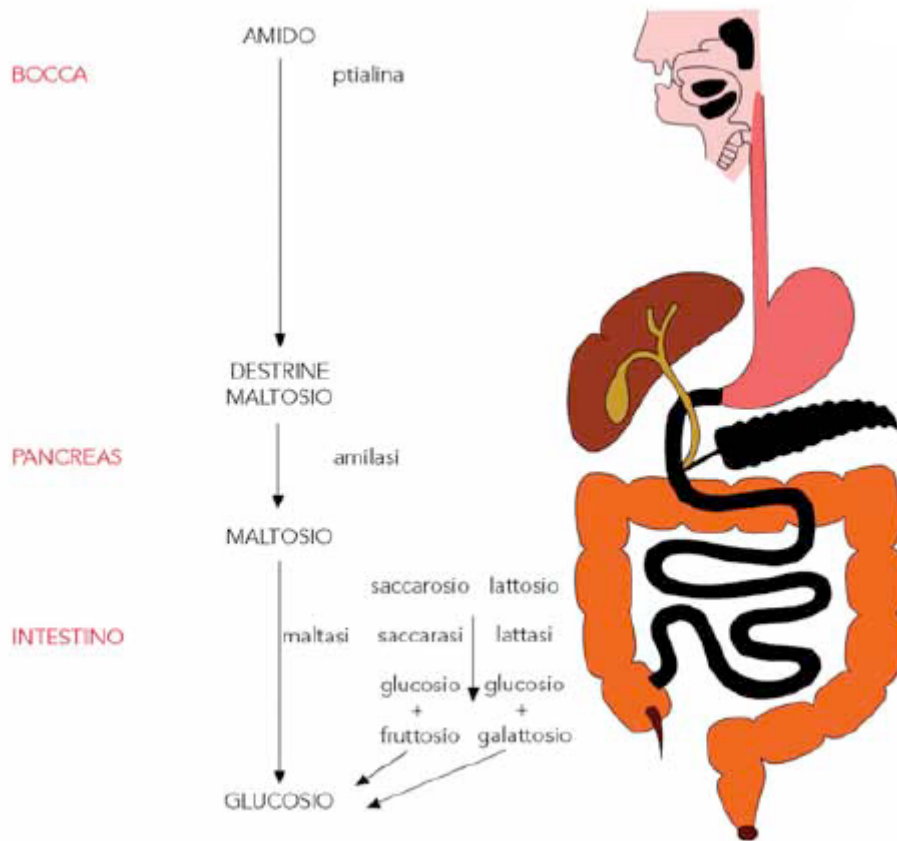
È necessario rilevare che l'assorbimento dei vari monosaccaridi avviene in modo differente in relazione alla diversa struttura chimica delle loro molecole.

L'assorbimento del glucosio e del galattosio avviene per trasporto attivo per mezzo di molecole trasportatrici, o *carrier*, che si trovano come proteine di membrana negli enterociti; questo fenomeno determina il consumo di energia metabolica (sotto forma di ATP) e richiede la presenza di  $\text{Na}^+$ , così che si parla di *cotrasporto* (per l'associazione con lo ione) o *trasporto attivo secondario*. Infatti,  $\text{Na}^+$  e glucosio si legano a uno stesso *carrier* dell'orletto a spazzola e penetrano insieme negli enterociti, dai quali, poi, il sodio è espulso mediante la *pompa sodio-potassio*, mentre il glucosio raggiunge per diffusione il sangue. Durante l'assorbimento, però, una quota significativa (fino al 20%) delle molecole di glucosio è utilizzata direttamente dalle cellule della mucosa enterica per il loro metabolismo energetico.

Altri monosaccaridi, invece, tra i quali il fruttosio e il mannosio, attraversano la parete intestinale per diffusione passiva. Per quanto riguarda il fruttosio, esso è convertito rapidamente in glucosio durante l'assorbimento intestinale, così che la concentrazione della sua molecola negli enterociti è molto bassa, favorendo, in tal modo, il trasporto per diffusione passiva dal lume intestinale.

Il galattosio, che, come si è detto, è trasportato attivamente, è poi convertito in glucosio nel fegato.

Al termine dell'assorbimento, tutti i monosaccaridi raggiungono il fegato attraverso il circolo portale e partecipano, quindi, ai processi metabolici riguardanti la sintesi e la demolizione del *glicogeno*, nonché a quelli di produzione di *glicoproteine*, *glicolipidi* e *lipidi*, entrando anche, come glucosio, nel metabolismo energetico cellulare (glicolisi, ciclo di Krebs e fosforilazione ossidativa per produrre ATP).



*Il processo digestivo dei glucidi.*