

6 - ZUCCHERI (GLICIDI)

“**Glicidi**” è il termine scientifico per indicare gli “**zuccheri**”. Essi sono costituiti da tre elementi: carbonio (C), idrogeno (H) e ossigeno (O). La formula è CH_2O , sostanze costituite da un ugual numero di atomi di carbonio e di ossigeno e da un numero doppio di atomi di idrogeno. Tale formula è identica a quella dell’acqua con l’aggiunta del simbolo del carbonio, come se si trattasse di “*carbonio bagnato*”; in effetti tali sostanze vengono anche dette “**carboidrati**”. Gli zuccheri (CH_2O) funzionano come “carburanti”, cioè forniscono energia (E) se vengono “bruciati”. Nel caso venga utilizzato, come “comburente”, l’ossigeno (O_2), la reazione è la seguente:



Possiamo paragonare gli zuccheri a “pacchettini” di energia. L’ossigeno interviene a distruggerne l’involucro, permettendo all’energia di liberarsi. Le sostanze di partenza (CH_2O ed O_2) vengono dette “*reagenti*”, quelle che si ottengono dal processo (*reazione*) di combustione vengono dette “*prodotti*”. Il reagente zucchero è una sostanza organica relativamente complessa, costituita da molecole abbastanza grandi, con numerosi atomi. I prodotti sono sostanze inorganiche semplici, costituite da piccole molecole.

L’esempio di reazione che abbiamo appena visto è di tipo esotermico (esoergonico), cioè libera energia. Possiamo utilizzare altre espressioni per descrivere tale processo. Gli zuccheri sono sostanze ricche di energia che viene liberata mediante la loro demolizione (combustione). I processi di demolizione vengono anche detti “*cataboliti*”; oppure possiamo dire che il “**catabolismo**” è un termine per indicare i processi di trasformazione chimica che comportano la demolizione di una sostanza complessa in altre più semplici (cataboliti) e con liberazione di energia; la combustione di una sostanza organica è il più classico degli esempi. Non deve stupire se si insiste molto su questi concetti, se si utilizzano tanti termini diversi per descrivere gli stessi fenomeni, in quanto si tratta di contenuti molto importanti per la biologia.

Il processo di combustione degli zuccheri, nella maggior parte dei viventi, costituisce il modo con il quale essi ottengono energia per i processi vitali (“*funzione energetica*” degli zuccheri). Un esempio di tale processo è la combustione di un pezzo di carta. In fondo si tratta di cellulosa (un tipo di zucchero) che viene demolita con produzione di cataboliti come l’acqua (che non vediamo in quanto si libera come vapore), l’anidride carbonica (che non vediamo in quanto gas incolore), poco fumo (piccolissimi e leggeri frammenti che si alzano nell’aria) e pochissima cenere; il fuoco è la dimostrazione dell’energia che si libera. Il processo di combustione degli zuccheri che avviene nei viventi è praticamente la stessa cosa, ma molto più controllato, più lento, senza lo sviluppo di “fuoco” (altrimenti gli organismi brucerebbero).

Nelle cellule la demolizione degli zuccheri, non avviene in un unico processo, in modo “violento”, con liberazione quasi istantanea di energia sotto forma di fuoco, ma attraverso diverse tappe, ciascuna sotto il controllo di determinate sostanze, dette **enzimi**. Come vedremo, gli enzimi sono regolatori che innescano e controllano tutte le numerose trasformazioni chimiche che avvengono nei viventi. Un’altra sostanza combustibile è il metano (CH_4) o gas di città. Esso brucia nel seguente modo:



È importante il conteggio del numero di atomi che compaiono tra i reagenti e tra i prodotti; tra i reagenti si contano un atomo di carbonio e quattro di idrogeno nella formula del metano e complessivamente quattro atomi di ossigeno; tra i prodotti ancora un solo atomo di carbonio (nell’anidride carbonica), quattro di idrogeno nell’acqua e quattro di ossigeno (di cui due nella CO_2 ed altri due nell’ H_2O). Non si è aggiunta nuova materia e neppure è sparita. Si tratta di una trasformazione, dove gli stessi atomi (per qualità e per numero) prima del processo costituiscono determinate sostanze e dopo ne costituiscono altre e soprattutto se i reagenti contengono carbonio, idrogeno e ossigeno, è evidente che i prodotti non possono essere costituiti da atomi diversi. Bruciando il metano si ottengono prodotti che possono essere costituiti da quei tre tipi di atomi e quindi soltanto CO_2 ed H_2O , sostanze non nocive. Per tale motivo il metano viene considerato un “carburante pulito”; esso permette di ottenere energia, mediante combustione, senza inquinare (a parte la produzione di CO_2 , noto gas “serra”). Ma se il combustibile fosse una sostanza organica costituita anche da altri elementi, gli stessi dovremmo trovare fra i prodotti, quindi non soltanto CO_2 ed H_2O , ma altre sostanze, che potrebbero risultare nocive. Avendo gli zuccheri formula CH_2O , la loro combustione mediante ossigeno (O_2) comporta la produzione delle stesse sostanze che si ottengono con la combustione del metano. Si deduce che gli zuccheri possono essere paragonati ad una sorta di “*carburante pulito*”.

L'energia utile ai processi vitali è un argomento importante. Pertanto occorre conoscere l'unità di misura di questa grandezza. Essa è la **caloria (cal)**: *la quantità di energia necessaria per aumentare di un grado centigrado la temperatura di una massa d'acqua pari ad un grammo* (grosso modo la quantità che può stare in un cucchiaino da caffè). Per capire meglio proviamo con qualche esercizio.

Quanta energia (**Q**) è necessaria per aumentare la temperatura da 10 °C a 15 °C ($\Delta T = 15 - 10 = 5$ °C) di una massa d'acqua pari a mezzo litro (**m** = 500 g): $Q = \Delta T \cdot m = 5 \cdot 500 = 2.500$ cal.

Quanta energia è necessaria per portare ad ebollizione 2 litri d'acqua (**m** = 2.000 g), cioè per raggiungere la temperatura di 100 °C a partire da un valore iniziale di 20 °C ($\Delta T = 100 - 20 = 80$ °C): $Q = \Delta T \cdot m = 80 \cdot 2.000 = 160.000$ cal.

Osservando i numeri si capisce che la caloria è una unità di misura piuttosto piccola. Conviene allora utilizzare un multiplo e precisamente la **chilocaloria: kcal = 1.000 cal**. Talvolta, anziché utilizzare la lettera "k" (che significa 1.000) davanti all'unità "cal", si usa scrivere la lettera "C" maiuscola; quindi chilocaloria si può scrivere anche "**Cal**", ma con rischio di generare confusione.

Merita osservare che l'unità di misura "caloria" è destinata ad essere soppiantata dalla più moderna unità internazionale "**joule**" (**j**), che è ancora più piccola; in particolare vale l'equivalenza $1 \text{ cal} = 4,182 \text{ j}$, oppure $1 \text{ kcal} = 4.182 \text{ j}$.

La pianta della patata possiede un fusto sotterraneo, detto "tubero", dal quale emergono le parti verdi sul suolo per utilizzare la luce utile al processo di fotosintesi. Nella stagione calda la pianta cresce e accumula sostanze nel tubero che aumenta così di volume. Durante l'inverno la pianta perde le foglie, ma rimane la patata, dalla quale, nella primavera successiva, spuntano nuovi germogli che si allungano perforando il terreno per emergere in superficie e per diventare nuove piante; queste, nei primi giorni, sono alimentate dalle sostanze accumulate nel tubero l'estate precedente, almeno fino a quando le parti verdi non "imparano" ad effettuare efficacemente il processo di fotosintesi. La patata è quindi un "organo di riserva", ricco di sostanze nutritive, fra le quali, la più abbondante, è uno zucchero: l'**amido**.

Il seme è una pianta in miniatura. Nella maggior parte dei casi è costituita da abbozzi di radici e di fusto (appena visibili) e da una o due foglioline (cotiledoni) che servono come organi di riserva, occupanti quasi tutto il volume del seme. Quando questo si trova nelle condizioni adatte (caldo e umidità) avviene la germinazione: la piantina sviluppa il suo apparato radicale affondandolo nel terreno, fa crescere in altezza il fusto che produce le prime foglie. Ma affinché tutto ciò sia possibile occorrono materia ed energia, almeno fino a quando la piantina non sia abbastanza cresciuta da procurarsele da sola. Nei primi giorni di vita la materia è fornita dai cotiledoni e si tratta prevalentemente di uno zucchero: l'**amido**.

Un esempio evidente è rappresentato dalla castagna; essa è un seme con cotiledoni così sviluppati da risultare una fonte alimentare di zucchero (amido) piuttosto importante. Anche i semi del grano e del mais sono piccoli depositi di zucchero (amido); giocando sui grandi numeri si ottengono notevoli quantità di farine (per la pasta, il pane, la pizza, i dolci,...) che costituiscono la principale fonte di carboidrati, a cui bisogna aggiungere il riso che, in alcune zone del pianeta, fornisce il maggior contributo di zuccheri per l'alimentazione.

Quasi tutta l'energia degli zuccheri costituenti la nostra alimentazione deriva dall'amido, la riserva energetica fondamentale dei vegetali.

L'amido non è l'unico carboidrato; ne esistono diversi tipi e per classificarli occorre conoscere un po' della terminologia utilizzata dai chimici. Lo zucchero base e più abbondante è il **glucosio**. Abbiamo studiato tale sostanza nella **scheda 2**. Si tratta di una molecola costituita da 24 atomi, che ha formula $C_6H_{12}O_6$, ma che conserva il rapporto CH_2O tipico dei carboidrati. Inoltre cinque atomi di carbonio ed uno di ossigeno formano un anello (o meglio una sorta di esagono) ai vertici dei quali sono agganciati uno o più atomi dei rimanenti. Tale zucchero è un *monomero*, perché costituito da una sola molecola come quella appena descritta. Altri zuccheri sono pure monomeri con la stessa formula (esattamente con gli stessi atomi), ma disposti nello spazio della molecola con alcune piccole differenze, sufficienti per conferire caratteristiche ben distinguibili dal glucosio. Altri monomeri inoltre sono costituiti da cinque atomi di carbonio anziché sei; pertanto la loro formula generale diventa $C_5H_{10}O_5$, comunque con lo stesso rapporto numerico fra i diversi tipi di atomi (un carbonio sta a due idrogeni e sta ad un ossigeno).

A questo punto la classificazione è semplice, in quanto si distinguono i **monosaccaridi** (costituiti da un monomero), i **disaccaridi** (costituiti da due monomeri fra loro agganciati) e **polisaccaridi** (costituiti da un più o meno elevato numero “n” di monomeri agganciati fra loro a formare lunghe file):

monosaccaridi	glucosio	monomero fondamentale
	fruttosio	abbondante nella frutta
	galattosio	
	mannosio	nelle bucce delle arance
	ribosio	costituente degli acidi nucleici
	desossiribosio	costituente degli acidi nucleici
disaccaridi	lattosio	(galattosio + glucosio), zucchero del latte
	saccarosio	(fruttosio + glucosio), il comune zucchero da tavola
	maltosio	(glucosio + glucosio), per la preparazione degli sciroppi
	cellobiosio	(glucosio + glucosio), frammentazione della cellulosa
polisaccaridi	amido	(n glucosio), riserva energetica dei vegetali
	glicogeno	(n glucosio), riserva energetica degli animali
	cellulosa	(n glucosio), pareti delle cellule vegetali

GLI ZUCCHERI PIÙ DIFFUSI IN NATURA

AMIDO. Carboidrato polisaccaride prodotto dai vegetali, nei quali costituisce la sostanza energetica di riserva. Si trova abbondante nelle patate e nei cereali. Ha struttura macromolecolare (molecole molto grandi) costituita da numerose unità di glucosio. È la principale fonte alimentare di zuccheri per l'uomo. La digestione dell'amido, nell'apparato digerente umano, comporta la frammentazione in unità più piccole (maltosio e glucosio) grazie all'azione di enzimi detti “*amilasi*”, che spezzano i legami che legano le singole molecole di glucosio; tali legami sono tuttavia relativamente forti; essi pertanto devono essere preventivamente “indeboliti” tramite la cottura, altrimenti l'amido non sarebbe digeribile, cioè percorrerebbe tutto l'apparato digerente senza essere assorbito. In altri termini il contributo energetico dell'amido di una patata bollita è piuttosto elevato; invece il contributo di una patata cruda è quasi nullo.

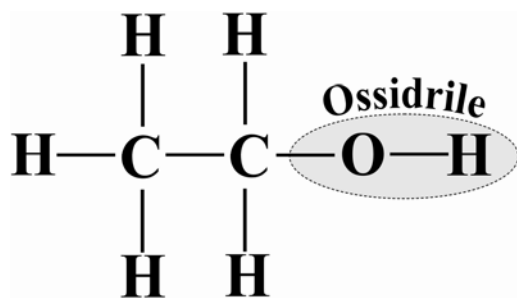
CELLULOSA. Polisaccaride costituito da molte molecole di glucosio unite le une alle altre, ma con legami più forti rispetto a quelli dell'amido; pertanto neppure con la cottura tale zucchero risulta digeribile per l'uomo (la cosiddetta “fibra”, presente in molti cibi vegetali poco lavorati). Invece alcuni animali (erbivori) hanno apparati digerenti capaci di demolire la cellulosa in unità più piccole e quindi assorbibili. La cellulosa è lo zucchero più abbondante in natura. Esso costituisce oltre il 50 % della parete delle cellule vegetali; in tal modo tali cellule assumono una struttura “rigida”, paragonabile a microscopici e resistenti “mattoni” che consentono, per esempio, la costruzioni di tronchi di alberi di notevoli dimensioni e molto sviluppati in altezza. Un prodotto naturale che contiene cellulosa quasi allo stato puro è il cotone. Come noto, la carta è costituita in gran parte da cellulosa ottenuta dagli alberi che spesso sono coltivati proprio per tale scopo.

GLICOGENO. Zucchero di riserva degli animali. Questi “mangiano” zuccheri nelle varie forme, spezzettandoli nelle singole molecole di glucosio; esse sono utilizzate immediatamente per produrre energia, oppure vengono legate fra loro per formare il glicogeno (che potremmo definire anche come il “polisaccaride animale”) che viene quindi accumulato, come riserva, nel fegato e nei muscoli. Nel momento del bisogno il glicogeno viene spezzettato nelle singole molecole di glucosio per essere utilizzate come combustibile dalle cellule.

CHITINA. Polisaccaride che, al contrario dei precedenti, ha composizione chimica caratterizzata anche dalla presenza di azoto. È il principale componente dell'esoscheletro degli artropodi e dei rivestimenti cuticolari di altri invertebrati; è assente nei vertebrati. Presente nella membrana cellulare di batteri, licheni, funghi e muschi.

ZUCCHERO DI TAVOLA. Si tratta di un disaccaride (saccarosio = fruttosio + glucosio) che si ottiene dalla *canna da zucchero* e dalla *barbabietola da zucchero*. Con riferimento alla produzione mondiale la canna da zucchero è la materia prima più utilizzata (*zucchero di canna*). In Europa, ed in particolare in Italia, la produzione è basata sullo sfruttamento della barbabietola (*zucchero di barbabietola*).

Abbiamo già citato, nell a **scheda 2**, la struttura del glucosio; è importante osservare che molte parti della molecola sono costituite da un gruppo **OH**, detto **ossidrile**. Esso è costituito dal legame tra un atomo di ossigeno ed uno di idrogeno; l'atomo di idrogeno (H) ha la possibilità di unirsi ad altri atomi mediante un solo "punto di aggancio" (un solo legame), mentre quello di ossigeno può formare due legami. Nel gruppo ossidrile l'idrogeno ha "saturato" le sue possibilità di formazione di legami, mentre l'ossigeno può ancora sfruttare un secondo legame; per tale motivo l'ossidrile viene anche rappresentato nel seguente modo: "**-OH**". D'altra parte, nell'acqua, l'ossigeno è legato ad un secondo atomo di idrogeno (**scheda 3**), anzi si potrebbe affermare che l'acqua stessa è formata da due ossidrili che hanno in comune uno stesso atomo di ossigeno.



Molecola di alcool etilico; risulta evidente il gruppo ossidrilico "**-OH**".

Queste considerazioni portano ad affermare un concetto importante: vi sono sostanze, come molti zuccheri, costituite da molecole con gruppi ossidrilici, cioè con porzioni di esse che somigliano alla molecola d'acqua. Un esempio è costituito dall'alcool etilico (C₂H₅O). Tali sostanze presentano una "affinità" con l'acqua (*idrofile*) e pertanto sono miscibili con essa, cioè formano miscugli nei quali non sono distinguibili soluto e solvente. Sono idrofili la maggior parte degli zuccheri, quali i mono e i disaccaridi (molecole piccole), molto meno i polisaccaridi (molecole molto grandi). Un classico esempio è la facilità con la quale il saccarosio (zucchero da tavola) si scioglie nell'acqua.