

GIUSEPPE ALONCI

TUTTA QUESTIONE DI
CHIMICA



Sette brevi lezioni
sul mondo che ci circonda

 GIUNTI

TUTTA QUESTIONE DI
CHIMICA

GIUSEPPE ALONCI

**TUTTA QUESTIONE DI
CHIMICA**

**Sette brevi lezioni
sul mondo che ci circonda**

 **GIUNTI**

Testi e schemi: Giuseppe Alonci

Realizzazione editoriale a cura di Alessio Scordamaglia

Foto di copertina: cortesia dell'autore

Grafica e progetto di copertina: Luca Dentale / studio pym

www.giunti.it

© 2019 Giunti Editore S.p.A.
Via Bolognese 165 - 50139 Firenze - Italia
Piazza Virgilio 4 - 20123 Milano - Italia

ISBN: 9788809894020

Prima edizione digitale: settembre 2019



Sommario

Introduzione	7
Lezione 1	
IN CUCINA <i>La chimica nel piatto</i>	11
<i>Elementi, atomi e molecole</i>	12
<i>La particella di sodio e il sale dell'Himalaya</i>	16
<i>Dall'inorganico all'organico: cosa ci serve per vivere?</i>	20
<i>Fa bene o fa male?</i>	30
Lezione 2	
AL SUPERMERCATO <i>La chimica dell'agricoltura</i>	33
<i>Come le piante ottengono energia</i>	35
<i>Oltre la luce</i>	40
<i>Come l'ammoniaca salvò (e distrusse) il mondo</i>	46
<i>Agrofarmaci e biologico</i>	53
<i>Biologico, biodinamico e agricoltura del futuro</i>	58
Lezione 3	
IN AUTO <i>Chi va piano... arriva in ritardo!</i>	63
<i>Una partita che non possiamo vincere</i>	64
<i>La chimica dei combustibili fossili</i>	73
<i>I combustibili fossili inquinano</i>	79
<i>Un mondo elettrico</i>	89
<i>Auto elettriche e auto a idrogeno: un sogno bello e difficile</i>	95
<i>Che cosa ci riserva il futuro?</i>	106

Lezione 4	
ALLO SPECCHIO <i>La chimica del bello</i>	109
<i>Acqua, olio e creme di bellezza</i>	110
<i>E luce fu</i>	121
<i>Lucciole, meduse e un forno a microonde</i>	124
<i>Un mondo a colori</i>	132
Lezione 5	
AL PARCO <i>Non è tutto inquinante ciò che è chimico</i>	137
<i>Una primavera silenziosa</i>	138
<i>La chimica verde</i>	147
<i>Il cappellaio matto</i>	161
<i>La chimica inquinata?</i>	170
Lezione 6	
IN FARMACIA <i>La chimica delle pillole</i>	173
<i>L'idea giusta</i>	174
<i>La chimica al computer</i>	178
<i>Dalla scrivania... al laboratorio</i>	188
<i>Dal laboratorio... al paziente!</i>	195
<i>Le cure naturali: funzionano davvero?</i>	201
Lezione 7	
DAL MEDICO <i>La chimica dei tumori</i>	207
<i>Come nasce un tumore?</i>	210
<i>Tumori, pH e diete alcaline</i>	218
<i>Serendipità</i>	223
<i>Che cosa ci riserva il futuro?</i>	231
Conclusione	234
Bibliografia	236

Introduzione

Ho incontrato la chimica per la prima volta quando avevo circa dieci anni. Ero già appassionato di scienza sin da prima, astronomia in particolare, ma quando ricevetti in regalo il mio primo “Piccolo Chimico” capii che quella era la mia strada nella vita. È difficile avere già le idee chiare sul proprio futuro in così tenera età, direi che è un dono, una grande fortuna.

Man mano che crescevo studiavo da solo, da autodidatta, e grazie all’insostituibile e prezioso supporto dei miei genitori, da adolescente avevo già il mio piccolo bancone, mi dilettao con qualche sintesi organica, con qualche analisi chimica, con qualsiasi esperimento mi venisse in mente. Era l’epoca d’oro dei forum e dei blog, YouTube ancora non esisteva, e passavo ore e ore a parlare e discutere su Internet con dei perfetti sconosciuti, che mi suggerivano test e reazioni, o con i quali discutevamo di quel problema chimico o di quell’altro.

È una fortuna possedere idee chiare e passione sin da quando si è bambini, perché si è come spugne capaci di assorbire qualsiasi informazione arrivi dall’esterno e di rielaborarla a modo nostro. È una fortuna anche perché, studiando in autonomia, bisogna imparare a rivedere le nozioni, bisogna lottarci, girarci

intorno, lavorarci davvero: devi fare tutto da solo, o al massimo ragionandoci con altri ragazzi appassionati come te. È un processo di apprendimento molto diverso rispetto a quello classico, dove c'è una persona in cattedra che ti spiega come stanno le cose, perché sta a te cercare lo stesso argomento su più libri finché non trovi una spiegazione adatta, o discuterne insieme a sconosciuti online finché, all'improvviso, la tua mente non fa *click* e senti di aver finalmente compreso quell'argomento. Per me è sempre stato così, lottavo per mesi con un argomento finché un bel giorno un ingranaggio nel mio cervello non faceva *click*: allora in un istante tutto diventava chiaro!

Molti pensano che per essere uno “scienziato” ci vogliano chissà quale intelligenza o dote speciale, ma quello che serve in realtà è solo la passione. Senza la passione che ci spinge, è difficile avere la costanza di perdere tempo su un argomento finché non lo si è compreso davvero. Ci si limita a stare sulla superficie, a fare il minimo indispensabile per passare un esame o un'interrogazione. Si pensa spesso che ci siano persone portate o meno per la chimica: “Se fai chimica, devi essere un genietto!” è la tipica frase che mi sentivo ripetere non solo all'università, ma anche a scuola. Ai tempi del liceo, solo i miei veri amici non mi hanno mai chiamato “genietto”, ma anzi, conoscendomi, mi ripetevano che ero uno smemorato e una testa di legno. Perché sapevano che la mia passione per la chimica non era diversa dalla loro passione per il Fantacalcio o per le moto.

Purtroppo, sono invece in tanti a credere che per comprendere la chimica (o la matematica, o la fisica) occorra essere davvero dei “genietti”. Il risultato è che, sapendo di essere persone normali, non ci provano nemmeno a capire o ad appassionarsi a argomenti così “elevati” e apparentemente al di sopra delle loro capacità. Quest'idea è così radicata che qualche scienziato ha anche

iniziato a crederci, e così è nato quel tipo di divulgazione che invece di essere fatta tra pari è fatta dall'alto in basso. Qualcosa del tipo: "Visto che non sembri tanto sveglio, allora io ti spiego la chimica come la spiegherei a uno non molto sveglio". Oppure non te la spiego proprio, ma ti metto semplicemente davanti a fatti che devi accettare, perché provengono da me, che in quanto chimico, Eccellentissimo Professore, Gran Ciambellano di sua maestà la Scienza, ho con me lo scettro della conoscenza.

La verità è che la chimica, come tutta la scienza, è alla portata di tutti. Il che non vuol dire ovviamente che sia semplice diventare scienziati. È molto difficile. Ma non più che diventare un atleta di buon livello, un artista, un musicista, uno scrittore, un attore, un avvocato o un imprenditore. Ci vuole la passione e la tenacia. Certo, per vincere un premio Nobel o per giocare in serie A ci vuole anche una buona predisposizione. Ma un chimico "medio" non è più dotato o intelligente di qualsiasi altra persona "media" che nella vita ha deciso di fare altro.

Solamente che mentre per la maggior parte degli scienziati è assolutamente normale essere anche appassionati di calcio, di musica o di teatro, è molto più difficile trovare un pianista appassionato di chimica. D'altronde, se uno non conosce Leopardi è un ignorante, mentre se uno non conosce le leggi della termodinamica è solo un "non-genietto". A meno che ovviamente non siate gli Eccellentissimi Professori di cui sopra, per i quali invece chiunque non conosca l'ofiologia è un ignorante patentato.

Lo scopo di questo libro è cercare di non dare dell'ignorante a nessuno. Al contrario, è dimostrarvi che anche se non siete "genietti" potete comunque capire la chimica. Non solo, ma potete anche capirla senza che ve la spieghi come a un bambino di sei anni. Eresia, posso anche spiegarvela senza per forza farne la solita apologetica, ma mostrandola come un'attività umana come

tutte le altre, piena di contraddizioni, dubbi, incertezze, grandi gesta e grandi problemi. Senza darvi soluzioni *prêt-à-porter* o comandamenti. Certo, in alcuni casi mi sentirete avere una voce più decisa e prendere posizione su certi argomenti. In questi casi è solo per mettervi in guardia da persone che cercano di manipolare la scienza per interessi personali, cosa purtroppo non rara e molto difficile da combattere. Difficile da combattere perché è difficile far capire la differenza tra i normali dubbi della ricerca scientifica e le manipolazioni fatte in malafede.

Una volta chiuso questo PC, potrei trovare sotto il cuscino del mio letto un milione di euro in contanti. Quale scienza potrebbe dire che questo è impossibile? Questo ragionamento, che qui vi pare esagerato, è subdolamente nascosto in molti ragionamenti antiscientifici, ed è difficilissimo riuscire a riconoscerlo se non si hanno delle conoscenze veramente approfondite. In quei casi dovrò chiedervi di fidarvi di me, ma cercherò di limitarli al minimo indispensabile. Questo non è un libro di *debunking*: non voglio distruggere, ma costruire.

Ciò ovviamente non vuol dire che dopo aver letto questo testo sarete in grado di capire tutta la chimica. Quella che vi presento è giusto un'infarinatura. Prendete questo libro come se fosse una prima introduzione al pianoforte o alla chitarra. Non diventerete il nuovo Bach né Pino Daniele, ma ne saprete abbastanza per leggere le note su uno spartito e per poter suonare *La Canzone del Sole* intorno a un falò con gli amici.

Io farò del mio meglio per mostrarvi che la chimica non è quella materia noiosa che avete studiato a scuola, non sono solo formule da imparare a memoria. La chimica è una lingua, una lingua ricca di storie e di racconti, una delle tante lingue che possiamo usare per descrivere il mondo e la società.

Buona lettura.

Lezione 1

IN CUCINA

La chimica nel piatto

Non c'è modo migliore per iniziare a parlare di chimica che tra pentole e fornelli, dove avvengono alcune trasformazioni chimiche straordinarie! Quando cuciniamo, eseguiamo inconsapevolmente molti compiti simili a quelli che un ricercatore svolge in un vero laboratorio: controlliamo la purezza e la qualità dei prodotti di partenza, pesiamo, mescoliamo, prepariamo soluzioni, purifichiamo, facciamo avvenire reazioni chimiche, osserviamo come procedono e controlliamo se il prodotto finale è quello atteso.

È difficile sottostimare l'importanza dell'alimentazione nella vita di tutti i giorni: mangiare non è solamente il nostro fondamentale mezzo di sostentamento, ma anche una componente essenziale della nostra identità e delle nostre tradizioni, oltre che un rituale quotidiano e un momento di scambio e convivialità. Il cibo ci riporta alla nostra infanzia, ai sapori e ai profumi di casa, ma scandisce anche il passare del tempo e segna tutti i momenti importanti della nostra vita, dalle prime pizze con gli amici alla prima cenetta romantica, dalla cioccolata calda in pieno inverno alla torta di nozze. Il nostro legame emotivo con la buona tavola è anche connesso alla crescente consapevolezza dell'importan-

za di una corretta alimentazione per la nostra salute e per l'ambiente. Rispetto a qualche decina di anni fa, siamo sempre più attenti non solo agli aspetti nutrizionali, ma anche all'impatto ecologico di certe pratiche agricole, ai prodotti "a chilometri zero", alle condizioni degli animali negli allevamenti e così via.

L'intrecciarsi di tutti questi fattori rende estremamente complicato parlare di nutrizione, soprattutto perché, per i non specialisti, è impossibile districarsi nel labirinto di diete alternative, supercibi, prodotti bio, agricoltura biodinamica, OGM e varie ricerche che demonizzano oppure esaltano un alimento piuttosto che un altro. Inoltre, mentre su altri argomenti esiste spesso un'opinione quasi unanime tra gli esperti, in questo caso non solo l'aspetto scientifico di partenza è complicato, ma non può nemmeno essere considerato isolatamente, senza che lo si integri all'interno di un complesso background culturale e si tenga conto di tutti i suoi risvolti politici e sociali.

Partendo da questi presupposti, è chiaro che voler discutere di tutti i temi scientifici controversi legati all'alimentazione richiederebbe praticamente un'enciclopedia. Tuttavia, questo non vuol dire che chiunque non possa acquisire le basi minime per poter iniziare a comprendere meglio ciò che abbiamo in tavola e come interagisce con il nostro corpo, per imparare a difendersi da alcune notizie del tutto infondate.

Elementi, atomi e molecole

Prima di iniziare la nostra discussione, è bene prendere un po' di dimestichezza con i "ferri del mestiere". Dobbiamo cioè capire insieme il significato di alcuni termini che spesso vengono usati in maniera errata creando non poca confusione.

Partiamo dall'inizio: la materia è fatta di *atomi*. Per un chimico, gli atomi sono i componenti fondamentali della materia.

Già alcuni filosofi dell'antica Grecia, come Democrito, avevano ipotizzato che il mondo che li circondava non fosse continuo, cioè infinitamente divisibile in parti sempre più piccole, ma che fosse invece costituito da piccole unità fondamentali: gli atomi appunto.

Il termine “atomo” deriva proprio dal greco *àtomos* e significa “indivisibile”, anche se oggi sappiamo che anche gli atomi sono composti da altre particelle più piccole: *protoni*, *neutroni* ed *elettroni*.

Spiegare nel dettaglio la struttura dell'atomo è un compito piuttosto complesso, perché richiederebbe di addentrarci in un campo della fisica moderna molto ostico e decisamente poco intuitivo: la meccanica quantistica. Insieme alla relatività generale, la meccanica quantistica è stata la più grande rivoluzione scientifica del Novecento, e la sua complessità rende impossibile spiegare in poche parole il concetto di atomo quantistico senza cadere in semplificazioni fuorvianti e inaccettabili. Nei prossimi capitoli diremo occasionalmente qualcosa sulla struttura atomica quando necessario, ma per il momento mi limito a mettervi in guardia dall'utilizzo improprio dell'aggettivo “quantistico” quando riferito a qualsiasi cosa diversa dallo studio delle proprietà microscopiche della materia. Non esistono la medicina quantistica o la telepatia quantistica. Non fatevi ingannare.

Semplificando molto, possiamo immaginare l'atomo come un sistema solare in miniatura: gli elettroni sono particelle cariche negativamente che ruotano intorno al nucleo, il quale si trova al centro dell'atomo ed è formato da protoni (con carica elettrica positiva) e neutroni (privi di carica). Il nucleo è piccolo e denso e rappresenta la parte maggiore della massa dell'atomo, mentre gli elettroni sono leggerissimi e si muovono a

grande distanza dal nucleo. Il numero di protoni è ciò che distingue gli atomi di un elemento chimico da quelli di un altro: l'idrogeno, per esempio, ha un solo protone nel nucleo, ed è quindi l'elemento più leggero dell'universo; l'atomo di sodio, che girovaga solo soletto nelle acque iposodiche, ne ha 23, mentre l'uranio – l'elemento naturale più pesante della tavola periodica – ne ha ben 92.

Includendo anche gli elementi artificiali, in tutto conosciamo 118 elementi chimici diversi, il più pesante dei quali, l'oganesso, è entrato a far parte della tavola periodica soltanto nel 2015. Se escludiamo qualche notevole eccezione, come il tecnezio, che ha molti usi in medicina, o il plutonio, impiegato nell'industria del nucleare, la maggior parte degli elementi artificiali ha vita brevissima. Spesso esistono solo per qualche frazione di secondo all'interno dei grandi acceleratori di particelle: una vita davvero sfuggente!

Il nostro corpo contiene in quantità variabile una cinquantina di elementi. Mentre alcuni sono fondamentali per la vita, come l'ossigeno, il calcio o il sodio, per altri, come il bario o l'alluminio, ne è ancora sconosciuto il ruolo biologico e potrebbero semplicemente derivare dall'ambiente.

L'ossigeno è l'elemento presente in maggiori quantità nel nostro corpo, costituendo ben il 65% della nostra massa, ma in termini di numero di atomi è l'idrogeno a farla da padrone, dato che il 62% di tutti quelli contenuti in un essere umano appartengono a questo elemento. Idrogeno e ossigeno sono ovunque nel nostro corpo, sia perché si legano tra di loro per formare l'acqua, sia perché sono presenti nella maggior parte delle biomolecole.

Ecco, abbiamo introdotto una *molecola*, quella dell'acqua. Una molecola è formata da più atomi che si legano insieme e ha

proprietà completamente diverse rispetto a quelle degli atomi che la compongono. Nella stragrande maggioranza dei casi, in natura non esistono atomi neutri “isolati”, poiché hanno la tendenza o a legarsi tra di loro o a perdere e acquistare elettroni in modo da raggiungere la massima stabilità. Per esempio, l'ossigeno che respiriamo tutti i giorni è una molecola formata da due atomi di ossigeno legati tra di loro (O_2), mentre nell'acqua un atomo di ossigeno si lega con due atomi di idrogeno (H_2O). Nelle formule chimiche, il pedice indica il numero di atomi di quell'elemento presenti nella molecola. Per esempio, la formula chimica del metano (CH_4) ci dice che una molecola di metano è formata da quattro atomi di idrogeno e uno di carbonio.

Altri atomi, che hanno invece la tendenza a rimanere soli, perdono o acquistano elettroni trasformandosi così in specie chimiche cariche dette *ioni*. Per esempio, l'atomo di sodio è costituito da 23 protoni carichi positivamente e da 23 elettroni carichi negativamente (oltre ai neutroni, che però sono poco interessanti per noi chimici). Tuttavia, il “sodio” che troviamo nell'acqua minerale contiene solo 22 elettroni, e quindi possiede una carica positiva extra, avendo perso un elettrone e quindi una carica negativa. Questa differenza sembra minima, ma è importantissima: il sodio puro è altamente esplosivo e reagisce con l'acqua in maniera violentissima, mentre lo ione sodio (Na^+) è fondamentale per la nostra vita. Allo stesso modo, il cloro elementare è un gas giallastro formato da due atomi di cloro legati tra di loro (Cl_2) ed è estremamente tossico e pericoloso. Il cloro può però acquistare un elettrone trasformandosi così in ione cloruro (Cl^-), anche lui fondamentale per la vita e onnipresente in tutti gli organismi viventi. Il normale sale da cucina, il cloruro di sodio ($NaCl$), è proprio formato da ioni sodio (carichi positivamente) e ioni cloruro carichi negativamente!

Ma il cloro lo ritroviamo anche in altri composti come l'ipoclorito di sodio (NaClO), la comune candeggina, e l'acido cloridrico (HCl), cioè l'acido muriatico che utilizziamo per disinquinare le tubature o per rimuovere il calcare, oppure nei perclorati, che sono invece composti esplosivi.

Esempi simili, in cui uno stesso elemento può presentare proprietà completamente diverse a seconda di come si lega ad altri elementi, li incontreremo frequentemente più avanti nel libro, ma già ora abbiamo imparato a tenere alta l'attenzione. È facile lasciarsi confondere da messaggi fuorvianti, se non si distingue un elemento chimico dai suoi composti.

Certo, può anche capitare di utilizzare il nome dell'elemento per riferirsi ai suoi composti in perfetta serenità. Anche in questo libro spesso utilizzeremo espressioni come "carenza di ferro": questo non vuole certo dire che dobbiamo mangiare trucioli di metallo per alzare i nostri valori di ferro. In generale, nel linguaggio comune è una forma di semplificazione più che accettabile. L'importante è tenere gli occhi aperti ed essere consapevoli di questa possibile ambiguità quando la discussione verte su temi "caldi".

La particella di sodio e il sale dell'Himalaya

– «C'è neessuuunooo?»

Protagonista indimenticabile di una nota pubblicità, la particella di sodio sola soletta che girovaga disperata nell'acqua minerale è il perfetto esempio di un concetto fondamentale della chimica, ma spesso travisato o ignorato: la *concentrazione*.

La concentrazione è una maniera per indicare quanta sostanza di un certo tipo è presente in una miscela che contiene un certo numero di molecole diverse. Per esempio, la concentrazione tipica del sodio nell'acqua minerale è di circa 5 mg/L.

In parole povere, questo vuole dire che due litri di acqua contengono 10 mg di ione sodio (un milligrammo corrisponde a un millesimo di grammo, ossia 0,001 g).

Il concetto di concentrazione è fondamentale per orientarci nel mondo che ci circonda e per imparare a dare la giusta importanza al bombardamento quotidiano di notizie da parte dei mass media e dei social network. A chi di noi non è mai capitato di accedere a Facebook per leggere notizie come «Scienziati scoprono che il cibo X causa cancro/obesità/diabete/prurito all'unghia del piede perché contiene la sostanza Y»? Oppure: «Scienziati scoprono che il cibo X guarisce dal cancro/ fa dimagrire/ringiovanire/vincere alla lotteria perché contiene la sostanza Z».

Peccato che spesso si parli di sostanze presenti in quantità così ridotte da non essere in alcun modo influenti, o il cui presunto effetto benefico sarebbe superato dagli effetti nocivi di altre sostanze. Da questo punto di vista, la nostra particella di sodio rappresenta un esempio perfetto. Come abbiamo detto nel paragrafo precedente, il sodio è un elemento importantissimo per la nostra salute ed è coinvolto in molti processi fisiologici differenti. Oltre che nel comune sale da cucina, lo ritroviamo in quasi tutti gli alimenti, dal pesce alla carne, dalla frutta alla verdura. Il sodio fa parte dei così detti *sali minerali*, una serie di elementi fondamentali per la nostra salute: sodio, potassio, magnesio, manganese e così via.

Dunque il sodio è un elemento fondamentale per il nostro stato fisico. Eppure, a tutti noi sarà capitato di sentirsi dire che fa aumentare la pressione sanguigna e che può avere anche effetti nocivi, tanto che spesso si consiglia di limitare il consumo di cibi troppo salati. Ma quindi il sodio fa bene o fa male? La risposta è: dipende dalla quantità. L'iponatriemia o iposo-

diemia, cioè la condizione in cui la concentrazione di sodio nel sangue è troppo bassa, comporta, a seconda della sua gravità, sintomi che vanno dal semplice malessere fino alla bradicardia, al coma o alla morte. Per questo motivo, quando siamo in ospedale e abbiamo bisogno di essere idratati con una flebo, non viene usata acqua normale, ma una soluzione fisiologica contenente lo 0,9% di cloruro di sodio e per il restante acqua purificata. Una persona disidratata potrebbe invece avere una concentrazione di sodio nel sangue troppo elevata (ipernatriemia): anche in questo caso si va incontro a sintomi gravissimi, che possono portare fino alla morte.

Un esempio ancora più clamoroso è quello del potassio: elemento indispensabile per la vita, fondamentale per la conduzione degli impulsi nervosi, ma utilizzato per fermare il cuore dei condannati alla pena capitale. Come scrisse Paracelso: «Tutto è veleno, e nulla esiste senza veleno. Solo la dose fa in modo che il veleno non faccia effetto».

Dobbiamo sempre tenere a mente l'importanza della concentrazione quando facciamo la spesa, per evitare di cadere vittime di slogan che sfruttano la presenza o l'assenza di una molecola o dell'altra.

Per esempio, negli ultimi anni gli scaffali dei nostri supermercati si sono riempiti di sali da cucina colorati, dalle origini più strampalate: il sale rosa dell'Himalaya, il sale grigio di Bretagna o il sale giallo di Vattelapesca.

A questi prodotti vengono attribuite mirabolanti proprietà curative, che sarebbero legate alla presenza di altri sali minerali o di argilla, carboni vegetali e così via. Sostanze che, intendiamoci, sono effettivamente presenti in questi sali "esotici" e assenti nel comune sale da cucina, tanto che, per esempio, la presenza di argille è ciò che conferisce al sale di Bretagna il suo

caratteristico aspetto. Il problema è che questi elementi sono presenti in quantità così piccole che, per assumerne una dose rilevante dal punto di vista nutrizionale, dovremmo ingurgitare una tale quantità di sale da farci sentire davvero male.

In tutti i casi parliamo di sali che contengono più del 95% di cloruro di sodio. Alcuni produttori sono stati così coraggiosi da vendere questi sali colorati come sali “iposodici”, perché invece del 99% di cloruro di sodio ne contengono il 95%. Purtroppo, a quanto pare, non è considerata una truffa fare simili affermazioni: ma voi guardatevi bene dal farvi abbindolare!

Giusto per fare un altro esempio, secondo la Società Italiana di Nutrizione Umana (SINU), la quantità di ferro che ciascuno di noi dovrebbe assumere giornalmente, oscilla tra i 10 e i 18 mg. Il sale rosa dell'Himalaya, che deve il suo colore proprio alle impurità di ferro, ne contiene appena una trentina di milligrammi per ogni chilo di sale. Fate voi i conti e provate a calcolare quanto sale dovrete consumare per raggiungere la dose giornaliera di ferro, oppure provate a verificare quanto ferro è contenuto nei 6 g di sale che dovrebbero costituire la nostra porzione giornaliera di NaCl.

Identici discorsi sono utilizzati in molti altri campi. Lo zucchero grezzo di canna, dal punto di vista chimico, è praticamente uguale al normale zucchero raffinato. Le uniche differenze stanno in un 1% extra di “nutrienti”: stiamo parlando di quantità assolutamente ridicole. Tanto che alcuni produttori aggiungono un po' di melassa allo zucchero già raffinato in modo da “trasformarlo” in zucchero di canna. Processo assolutamente lecito ovviamente, dato che il prodotto finale risponde a tutte le caratteristiche richieste dal consumatore e non comporta alcun rischio per la salute.

Dall'inorganico all'organico: cosa ci serve per vivere?

La locuzione “sali minerali” non ha un vero significato chimico, ma viene utilizzata per identificare circa quindici elementi inorganici fondamentali per la nostra vita. Il termine *inorganico* ha invece un significato preciso: si riferisce a composti che non sono costituiti da catene di atomi di carbonio, contrariamente ai composti *organici*. Il saccarosio (lo zucchero da cucina), le proteine, il DNA, le vitamine e i grassi sono tutti esempi di composti organici, cioè sostanze in cui il carbonio costituisce l'impalcatura delle molecole, un'impalcatura che può anche essere enorme. Le molecole organiche più semplici sono dette *idrocarburi*, e sono formate solamente da carbonio e idrogeno. Il metano (CH_4) e il butano (C_4H_{10}) ne sono due esempi, ma ce ne sono anche di ben più complessi contenenti catene formate da decine o centinaia di atomi di carbonio. Altre molecole contengono atomi di elementi diversi, come l'ossigeno presente negli zuccheri o negli alcool (come l'alcool etilico, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), oppure l'azoto delle proteine e di tanti altri prodotti naturali.

I composti inorganici sono, invece, generalmente più semplici e costituiti solo da una manciata di atomi: lo ione solfato contiene zolfo e ossigeno (SO_4^{2-}), lo ione nitrato azoto e ossigeno (NO_3^-), l'ammoniaca azoto e idrogeno (NH_3) e così via.

C'è tutta una branca della chimica, la *chimica organica*, che si dedica proprio allo studio e alla sintesi delle molecole più complesse. I chimici organici sono figure a metà tra artisti e scienziati: la complessità delle molecole che devono sintetizzare richiede infatti grande creatività e apertura mentale; non è un semplice “esercizio” in cui basta applicare qualche formuletta per arrivare alla soluzione. Anche molecole che contengono solo una decina di atomi di carbonio possono essere difficili da

preparare e richiedere decine e decine di passaggi diversi; mentre sulla carta possono essere sintetizzate in molti modi alternativi, nella pratica, il più delle volte, solo una tra tutte le strategie possibili funziona davvero. In più, spesso sono necessari molti passaggi intermedi di purificazione, indispensabili per rimuovere impurità o sottoprodotti indesiderati, e non raramente questi step possono essere più complessi della reazione chimica in sé. Per questo, qualunque chimico guarda sempre agli organismi viventi con grandissimo rispetto: le meraviglie che avvengono in pochi secondi nel nostro organismo richiederebbero giorni, mesi o anni in laboratorio.

Infatti, nel nostro corpo, in ogni secondo avviene una quantità incredibile di trasformazioni chimiche, che servono per ottenere energia, per costruire o per riparare dei tessuti, per comunicare dei segnali e così via.

Ciascuna di esse parte dai *reagenti*, le sostanze iniziali, per poi arrivare ai *prodotti*. Quali sono i reagenti che ci servono e che dobbiamo necessariamente assumere con l'alimentazione? Abbiamo già parlato dei sali minerali, ma abbiamo bisogno anche di *proteine*, *carboidrati*, *grassi* e *vitamine*.

Le *proteine* sono molecole lunghissime, formate anche da migliaia di atomi, che svolgono molti ruoli diversi nel nostro corpo. Per esempio, il *collagene* è la proteina presente in quantità maggiore in tutti i mammiferi e costituisce una componente fondamentale della nostra pelle, dei tendini, delle ossa e dei vasi sanguigni; l'*emoglobina* "lega" l'ossigeno e ne permette il trasporto nell'organismo e il rilascio là dove necessario; *actina* e *miosina* consentono invece la contrazione muscolare.

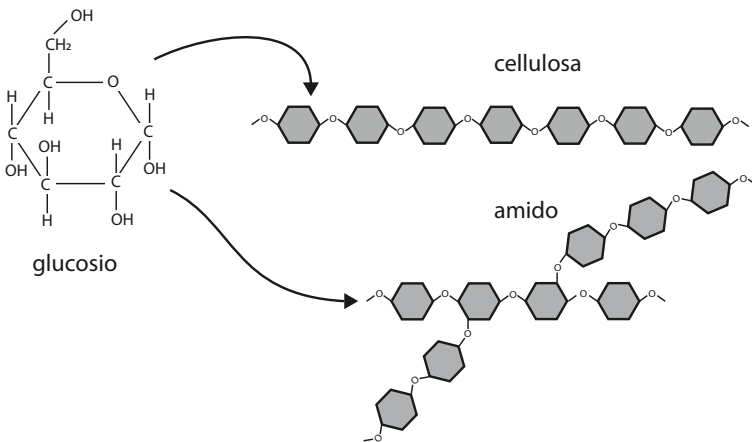
Le proteine sono formate da tante piccole molecole incateneate tra di loro, dette *amminoacidi*. Quelli più comuni sono venti, e dalla loro combinazione hanno origine praticamente

tutte le proteine esistenti in natura. Possiamo paragonare gli amminoacidi alle costruzioni realizzate con i mattoncini Lego, nelle quali ogni singolo pezzo è fondamentale per il risultato finale. Per esempio, l'anemia falciforme è causata da un difetto genetico nella sintesi dell'emoglobina che provoca in una specifica zona della proteina la sostituzione del fisiologico *acido glutammico* con un altro amminoacido, la *valina*. Un solo amminoacido sbagliato sulle decine di centinaia che compongono la molecola è sufficiente a provocare una malattia così grave.

Di questi venti amminoacidi, nove sono detti *essenziali* perché il nostro corpo non è in grado di sintetizzarli e devono necessariamente essere introdotti con la dieta, mentre gli altri possono essere sintetizzati dall'organismo a partire da altri nutrienti. Per questo motivo non è solo fondamentale seguire una dieta bilanciata che contenga la giusta dose di proteine, ma è anche importante fare attenzione alla qualità delle proteine che ingeriamo, al loro valore biologico, cioè a quanti amminoacidi essenziali contengono. I derivati animali come latte, uova, carne e pesce, non sono soltanto ricchi di proteine, ma sono anche gli alimenti che forniscono la maggiore varietà di amminoacidi essenziali. Anche alcuni alimenti di origine vegetale, come i legumi e i cereali, hanno importanti quantità di proteine, ma il loro valore biologico è inferiore rispetto a quello delle proteine animali. Si tratta di un tema molto delicato, visto che sempre più persone decidono di seguire una dieta vegetariana o vegana per ragioni etiche. Si può tranquillamente evitare di assumere alimenti di origine animale e fare comunque il pieno di tutte le proteine che ci servono: bisogna solo fare un po' più di attenzione e seguire i consigli di un professionista.

Un'altra categoria di nutrienti fondamentali è quella dei *carboidrati* o *zuccheri*. Come le proteine, anche i carboidrati svol-

gono molte funzioni diverse nel nostro corpo, ma il loro compito più importante è quello di rifornirci di energia. Il glucosio, il fruttosio, lo zucchero da cucina, l'amido, la cellulosa funzionano infatti come carburante per le nostre cellule. Al pari delle proteine, anche i carboidrati complessi sono costituiti da tante piccole unità molecolari che si ripetono: i *monosaccaridi*. Il glucosio, il fruttosio (lo zucchero della frutta) e il lattosio (lo zucchero del latte) sono esempi di monosaccaridi. Il saccarosio, cioè il comune zucchero da tavola, è invece formato da una molecola di glucosio e una molecola di fruttosio legate tra di loro. Sia l'amido, contenuto nella pasta, nel riso e nelle patate, sia la cellulosa presente nei vegetali, sono costituiti da lunghissime catene di glucosio e differiscono solo per come le molecole si legano tra di loro, in maniera lineare nella cellulosa e ramificata nell'amido.



Contrariamente al glucosio e al saccarosio, che sono metabolizzati in fretta dal nostro organismo, i carboidrati più complessi come l'amido richiedono più tempo per essere digeriti, perché il nostro corpo deve "spezzettarli" nelle tante unità fon-

damentali che poi verranno “bruciate” dalle cellule per ricavarne energia.

L'organo più energivoro del nostro corpo è il cervello, pensate che da solo consuma più di 100 g di glucosio ogni giorno. Mentre le altre cellule del nostro corpo possono utilizzare anche i grassi o le proteine per ottenere energia, i neuroni possono consumare quasi esclusivamente glucosio. Per questo motivo deve sempre esserci glucosio disponibile nel sangue, tanto che il nostro corpo può contare su una riserva da utilizzare in periodi di scarsità. Una volta che i carboidrati complessi vengono scomposti in molecole di glucosio, una parte di questo viene utilizzata immediatamente, un'altra viene trasformata in grasso per essere conservata, mentre un'ultima percentuale viene indirizzata nei muscoli e nel fegato dove viene depositata sotto forma di *glicogeno*, una molecola molto simile alla cellulosa o all'amido e formata da tante unità di glucosio legate tra di loro. Se l'amido richiede tempo ed energia per essere digerito (e la cellulosa non la digeriamo proprio), il glicogeno è invece sempre pronto a venire incontro alle richieste dell'organismo e costituisce quindi una perfetta scorta di glucosio di emergenza, da mettere in circolo velocemente non appena ve ne sia la necessità. Questo ciclo di carico e scarico è regolato da due piccoli ormoni, cioè da due “messaggeri” chimici: l'*insulina* e il *glucagone*. La prima viene prodotta quando vi è un'eccessiva quantità di glucosio nel sangue, e quindi occorre metterlo da parte per quando ve ne sarà bisogno. Il glucagone ha invece il ruolo opposto: in caso di bisogno, tramite il glucagone l'organismo “ordina” al glicogeno di degradarsi in modo da incrementare la concentrazione sanguigna di glucosio, imponendo contemporaneamente alle cellule del corpo di cibarsi di grassi invece che di zucchero, lasciando le scorte del prezioso glucosio per il cervello.

Il problema di questo meccanismo è che a volte si “inceppa”: un pasto troppo abbondante può portare a un picco glicemico, che a sua volta induce alla secrezione di molta insulina. Ma un eccesso di insulina porta a una drastica e veloce riduzione della quantità di glucosio nel sangue... che porta fame e stanchezza. Questo meccanismo ci spinge a mangiare molto più di quanto dovremmo e a sentirci stanchi e spossati, invece che pieni di energia. Per questo motivo è consigliabile evitare di fare solo pochi pasti luculliani, ma al contrario di prevederne cinque o sei più modesti durante tutto l’arco della giornata. Inoltre, sempre per questo motivo, dobbiamo prediligere gli zuccheri complessi – come quelli del pane o della pasta – agli zuccheri semplici, come quelli contenuti nei dolciumi. Questi ultimi, infatti, vengono metabolizzati molto più velocemente, contribuendo al picco glicemico e facendoci sentire affamati dopo poco tempo.

Parlando di zuccheri semplici, dobbiamo però smontare le credenze che circolano intorno a improbabili “veleni bianchi”. Partiamo dal presupposto che, come detto finora, gli zuccheri semplici andrebbero consumati con moderazione. Ma questo non vuol dire che lo zucchero raffinato sia “tossico” di per sé o che andrebbe necessariamente sostituito. In particolare, vorrei soffermarmi sul significato di “raffinato”: raffinato vuole semplicemente dire purificato. Qualsiasi zucchero in commercio è stato raffinato, anche quello integrale, altrimenti non sarebbe zucchero, ma una qualche poltiglia estratta dalla barbabietola o dalla canna. Il processo di raffinazione serve a togliere tutte le impurità, per lasciare alla fine solo saccarosio puro. Questo discorso vale soprattutto per lo zucchero grezzo di canna: sebbene sia “giallino”, è comunque saccarosio praticamente puro, come detto nel paragrafo sulla concentrazione. Non c’è alcuna differenza di sapore,

di proprietà nutrizionali o di effetti sulla salute rispetto al classico zucchero bianco. Se portate a un chimico un caffè preparato con lo zucchero raffinato e un altro contenente zucchero grezzo di canna, gli sarà praticamente impossibile distinguere tra i due, se non (forse) utilizzando tecniche sofisticatissime per rivelare quello 0,001% di impurezze extra.

In commercio esistono anche altre varietà di zucchero, come il muscovado, che sono state davvero purificate di meno rispetto allo zucchero bianco. Tuttavia, la quantità di saccarosio è sempre elevatissima e, sebbene possano avere un sapore lievemente diverso, dal punto di vista nutrizionale non c'è alcuna differenza.

Allo stesso modo, è priva di fondamento la credenza per la quale i bambini possono diventare iperattivi a causa dello zucchero. A meno che vostro figlio non abbia serissimi problemi di salute, la quantità di glucosio che arriva al cervello è infatti sempre la stessa (ringraziate insulina e glucagone). Al massimo, è la quantità di grasso lungo i fianchi che potrebbe aumentare o diminuire, con tutti i problemi di salute connessi.

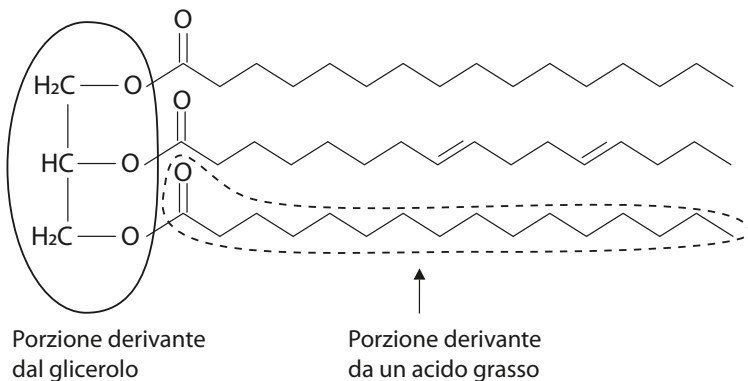
Questo è un punto fondamentale: il fatto che lo zucchero raffinato sia, dal punto di vista chimico e nutrizionale, del tutto equivalente a quello grezzo, non vuol dire che possiamo consumarne in quantità industriali. Il consumo eccessivo di zuccheri ha un grave impatto sulla nostra salute e può aumentare seriamente il rischio di diabete e di malattie cardiovascolari. Per questo è fondamentale fare attenzione a tutti quegli alimenti che ne sono ricchi, come le bibite zuccherate o le merendine.

Un altro avvertimento riguarda i prodotti “senza zuccheri aggiunti” o contenenti solamente “zuccheri della frutta”. Sebbene queste locuzioni possano far pensare ad alimenti più sa-

lutari, sono spesso ugualmente dannosi: ciò che conta è solo la *concentrazione*, non la *provenienza*, e anche una marmellata fatta in casa può presentare tanti zuccheri quanto una di produzione industriale.

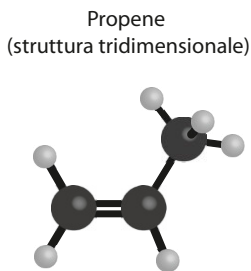
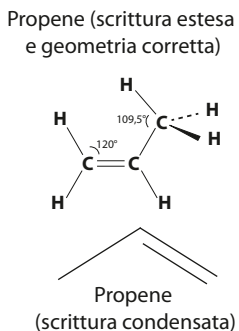
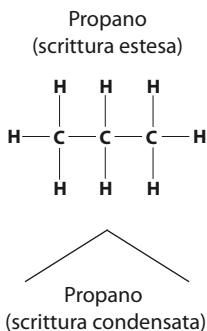
Concludiamo il nostro discorso parlando dei *lipidi* o *grassi*. Contrariamente a ciò che molti pensano, anche i grassi sono importanti per il nostro benessere. Non sono solo le nostre riserve di energia, ma svolgono tantissimi ruoli fisiologici fondamentali. Alcuni di essi sono importanti ormoni, altri sono i componenti principali delle membrane cellulari: non una cosa da poco! I lipidi possono essere formati da molecole diversissime, tutte però accomunate da una caratteristica fondamentale: non sono solubili in acqua. Se lo fossero, be', non esisterebbe la vita. Approfondiremo questo argomento nel Capitolo 4.

Volendoci limitare solamente all'aspetto alimentare, i lipidi più comuni sono i *trigliceridi*. I trigliceridi sono formati da una molecola di glicerolo (la comune glicerina) che lega assieme tre molecole di *acidi grassi*, caratterizzate da una lunga catena di molti atomi di carbonio, che sono tenute insieme da una quarta molecola, il glicerolo (o glicerina).



Una distinzione importante che dobbiamo fare è tra *acidi grassi saturi* e *acidi grassi insaturi*.

Sono sicuro che alla maggior parte di voi sarà capitato spesso di imbattersi in questi termini: ma qual è il loro significato? Il termine “insaturo” in chimica ha un significato univoco: vuol dire che quella molecola contiene uno o più doppi legami carbonio-carbonio. L'esempio riportato nella figura che segue aiuterà a chiarire meglio il concetto. Ogni atomo di carbonio può formare quattro legami chimici. Il propano (C_3H_8), il comune gas da cucina, è un idrocarburo saturo ed è formato da tre atomi di carbonio legati tra di loro e a quelli di idrogeno. Vediamo come: il carbonio esterno è legato a tre atomi di idrogeno e a uno di carbonio. Quello interno è legato agli atomi esterni di carbonio e a due di idrogeno. L'ultimo atomo di carbonio è sempre legato a quello di carbonio centrale e a tre atomi di idrogeno. Il propene è invece un idrocarburo insaturo, perché uno dei tre atomi di carbonio forma un doppio legame con il carbonio vicino. Il fatto che ogni carbonio nelle molecole organiche formi quattro legami, e che nella maggior parte dei casi si tratti di legami con l'idrogeno, ci permette anche di scrivere le formule chimiche in maniera semplificata. Le catene vengo-



no disegnate come delle catene a zig-zag, in cui ogni vertice corrisponde a un atomo di carbonio e gli atomi di idrogeno vengono omessi. Dato che il carbonio forma sempre quattro legami, basta contare quanti legami sono disegnati per sapere che quelli mancanti sono legami con l'idrogeno. Inoltre, nella realtà gli atomi sono disposti nello spazio con una geometria tridimensionale ben precisa, anche se spesso in questo libro daremo la priorità alla chiarezza della struttura piuttosto che alla geometria esatta. I carboni con legami doppi hanno una geometria planare, e tutti gli atomi loro collegati stanno sullo stesso piano del foglio, formando un angolo di 120° con il legame C-C. Il carbonio che contiene solo legami singoli ha invece la forma di un tetraedro e tutti gli angoli sono di $109,5^\circ$. Rappresentiamo con il cuneo un legame singolo che non sta sul piano del foglio ma viene verso il lettore e con il tratteggio un legame che va dietro il piano del foglio, come potete vedere nella struttura tridimensionale.

Tornando ora ai nostri idrocarburi saturi e insaturi, senza volere entrare troppo nel dettaglio, sappiate che questa apparentemente piccola differenza in realtà cambia del tutto la reattività chimica. Per esempio, gli idrocarburi saturi sono chimicamente più stabili e fondono a temperature più alte rispetto a quelli insaturi. Un modo semplice per capire se un certo olio è ricco di acidi grassi saturi o insaturi è proprio quello di verificare se è solido o liquido quando viene tenuto a temperatura ambiente. Per esempio, l'olio di oliva è liquido, come la maggior parte degli olii vegetali, e infatti è molto ricco di acidi grassi insaturi, mentre quello di cocco e il burro, ricchi in acidi grassi saturi, sono solidi. La margarina è un caso speciale, perché viene prodotta trasformando industrialmente gli acidi grassi insaturi in acidi grassi saturi attraverso un processo detto "idroge-

nazione”, che è utilizzato per la preparazione dei così detti *grassi idrogenati*.

Esistono decine di varietà di acidi grassi, e ogni alimento ne contiene una miscela specifica. Anche volendo considerare il solo olio di oliva, la composizione esatta varia da prodotto a prodotto.

Dal punto di vista della salute, sappiamo tutti che una dieta ricca di grassi non fa bene, ma una completamente priva di grassi è altrettanto dannosa. Per esempio, gli omega-3 e gli omega-6 sono due acidi grassi essenziali per la nostra salute, che devono essere introdotti con l'alimentazione.

Anche per quanto riguarda l'aumento del rischio di problemi vascolari, le ricerche più moderne sembrano rivalutare la cattiva nomea che finora è stata legata al consumo dei grassi, specialmente quelli saturi, spostando invece l'attenzione sull'eccesso di carboidrati che magari vengono consumati per sostituire i grassi eliminati della dieta.* Gli unici grassi che andrebbero rimossi dalla dieta sono i grassi idrogenati, come la margarina, sulla cui nocività l'opinione degli esperti è concorde.**

Fa bene o fa male?

Dopo tutta questa carrellata di informazioni vi sentirete probabilmente più confusi di prima. Abbiamo messo tanta carne sul fuoco, ma non siamo giunti ad alcuna conclusione forte. In verità, è così che lavora la scienza, con cautela, ponderando

* Per approfondire, potete consultare gratuitamente la rassegna N. J. Temple, *Fat, Sugar, Whole Grains and Heart Disease: 50 Years of Confusion*, Nutrients (2018).

** È interessante la lettura della rassegna a cura di Andrea Poli e Franca Marangoni, *Acidi grassi alimentari e rischio cardiovascolare*, Giornale Italiano dell'Arteriosclerosi (2017), liberamente consultabile online.

rischi e benefici, ponendosi nuove domande ogni volta che sembra di aver trovato una risposta. Molto spesso, anche per colpa di noi scienziati, si ha l'impressione che la scienza sia come un oracolo che dà sempre la risposta giusta a ogni problema. D'altronde, davanti alla domanda "fa bene o fa male?" non vogliamo pagine e pagine di elucubrazioni, ma una risposta chiara. Vorremmo potere andare a fare la spesa e sapere esattamente cosa comprare, a cosa stare attenti e cosa evitare.

Per ora vi dico solo di fare molta attenzione agli assoluti. Diffidate di chi vi dice che un certo alimento è veleno come di chi vi dice che un altro è un super cibo capace di sbloccarvi le arterie otturate da anni di strutto e di fumo.

Non esistono alimenti che fanno male in assoluto come non esistono alimenti che fanno bene in assoluto: se qualcosa è commestibile vuole dire che non vi ucciderà per averci dato un solo morso. Ciò che può fare male o bene è la dieta che seguiamo, nel suo complesso. Ognuno di noi ha però bisogni nutrizionali differenti, e per questo solo un professionista dell'ambito è qualificato per aiutarvi a capire come migliorare il rapporto tra la vostra alimentazione e il vostro corpo. Perché questa è forse l'unica certezza che non è mai stata intaccata da dubbi: mangiare bene vuol dire stare bene.