

Origine della vita

Nascita della vita

Topi che nascono da una camicia

I filosofi dell'antica Grecia pensavano che la vita fosse insita nella materia stessa e quando le condizioni erano favorevoli emergeva spontaneamente. Aristotele sintetizzò in una sua teoria tutte le idee relative alla generazione spontanea dei filosofi che lo avevano preceduto. Secondo il grande filosofo gli esseri viventi nascono da altri organismi simili, ma a volte possono generarsi anche dalla materia inerte. In ogni cosa, infatti, ci sarebbero un "principio passivo" rappresentato dalla materia e un "principio attivo" rappresentato dalla forma, ovvero una sorte di forza interna che organizza la materia stessa dandole appunto una forma. Ad esempio, il fango è materia inerte che possiede un principio attivo che altro non è che una predisposizione ad organizzare la materia inerte in un essere vivo, come ad esempio un verme o una rana. La teoria della generazione spontanea fu sostenuta da illustri scienziati come Newton, Cartesio e Bacone e nel 1500 c'era ancora chi credeva che le oche nascessero da alcuni alberi che vivevano in contatto con l'oceano e che gli agnelli si generassero dentro i meloni. Nel XVII secolo iniziarono i primi esperimenti per provare la teoria della generazione spontanea e un medico Jean Baptiste Van Helmont dichiarò di aver condotto un particolarissimo esperimento: mise, infatti, una camicia sporca a contatto con dei chicchi di frumento e secondo lo scienziato dopo 21 giorni sarebbero nati dei topi. A parere del medico il sudore di cui era impregnata la camicia sarebbe stato il principio attivo grazie al quale la materia inerte si sarebbe trasformata in materia vivente.

Abiogenesi e biogenesi

Dopo i primi esperimenti condotti in maniera poco corretta come quello già citato di *Van Helmont*, ne arrivarono molti altri. Nel 1668 il medico *Francesco Redi* condusse una serie di esperimenti che avrebbero dovuto dimostrare che la generazione spontanea non esiste. Redi mise in alcuni contenitori della carne di vitello e del pesce, sigillò ermeticamente, altri invece li lasciò a contatto con l'aria. Con il trascorrere del tempo, egli osservò che nei recipienti aperti si trovavano sulla carne in decomposizione vermi (che in realtà altro non erano che larve di insetti!), mosche e altri insetti, mentre nei contenitori chiusi non si vedevano segni di esseri viventi. Nello stesso periodo degli esperimenti di Redi, un naturalista olandese *Anton Van Leeuwenhoek* (1632-1723) costruì un rudimentale microscopio che permetteva l'osservazione di microrganismi. In poco tempo si osservarono così un grandissimo numero di microrganismi all'interno di tutte le sostanze che venivano esaminate, e questo ovviamente fece rinascere l'idea della generazione spontanea che pareva abbandonata dopo gli esperimenti di Redi. In seguito alle numerose osservazioni con il nuovo strumento di Leeuwenhoek, si riaccesero le discussioni fra chi sosteneva la tesi dell'abiogenesi (la vita nasce da sostanze non viventi) e quella della biogenesi (la vita si origina solo da esseri viventi). Nel 1745 il naturalista inglese *John Needham* inventò nuovi esperimenti per dare prove alla tesi dell'abiogenesi. Egli mise in alcune provette brodo di pollo e infusi di erbe e poi le tappò con della garza. Le provette erano state rese sterili dal calore, ma nonostante questo dopo alcuni giorni si notarono centinaia di organismi viventi all'interno. Questo risultato rafforzò l'ipotesi dell'esistenza della generazione spontanea. Qualche anno dopo l'abate Lazzaro Spallanzani, non convinto dall'esperimento di Needham, cercò di ripeterlo lasciando scaldare molto più a lungo il liquido nutritivo e a maggiori temperature, fino a farlo bollire per qualche minuto. Chiuse anche ermeticamente le provette e il risultato fu che anche a distanza di molti giorni non si notava alcun microrganismo vivo. Il naturalista Needham, di risposta criticò Spallanzani dicendo che la temperatura a cui era stato sottoposto il liquido nutritivo, era stata troppo elevata e questa aveva ucciso i principi attivi presenti e inoltre la chiusura ermetica delle provette non avrebbe lasciato passare l'aria indispensabile per la vita. Le discussioni continuarono lungo fino a quando intorno alla metà del diciannovesimo secolo, un biologo francese *Louis Pasteur*, studiò un nuovo esperimento che mise fine alla questione. Pasteur realizzò alcuni contenitori di vetro con un lungo collo ricurvo (chiamati "palloni a collo di cigno"). All'interno di questi il liquido nutritivo veniva bollito per più di un'ora lasciando che il vapore uscisse attraverso il collo ricurvo del recipiente. Dopo la bollitura, la sostanza all'interno cominciava a raffreddarsi lentamente, mentre l'aria contaminata da microrganismi entrava dall'esterno a causa della depressione conseguente al

riscaldamento. Così gli organismi microscopici a contatto con il vapore bollente del liquido all'interno, morivano e anche dopo alcuni mesi non si trovava traccia di vita, mentre sul tratto più esterno del collo del recipiente si vedevano polveri e microrganismi entrati dall'esterno. Questo esperimento chiuse definitivamente la questione aperta dai sostenitori dell'abiogenesi, i quali dicevano che la lunga bollitura del liquido nutritivo uccideva il principio attivo. Pasteur invece, dimostrò che una volta rotto il collo ritorto del contenitore, l'aria a contatto con la sostanza avrebbe portato germi e microrganismi all'interno, dopo poco tempo. Inoltre il recipiente non sigillato consentiva all'aria di entrare, anche se attraverso un collo tortuoso, bloccando le obiezioni di chi sosteneva che il principio attivo avesse bisogno di aria per generare la vita.

Vita sulla Terra

Sono state formulate due differenti ipotesi sull'origine della vita sulla Terra: la teoria dell'autotrofia e quella sull'eterotrofia. La prima teoria ipotizza che il primo essere vivente fosse autotrofo, in grado cioè di fabbricare sostanze organiche da quelle inorganiche come fanno le piante verdi, attraverso complicate reazioni chiamate "**fotosintesi clorofilliana**". Nel secondo caso invece, il primo organismo vivente sarebbe stato eterotrofo, cioè non in grado di produrre da solo il cibo, ma avrebbe dovuto alimentarsi di altri esseri viventi. Infatti, gli animali (**eterotrofi**) per vivere hanno bisogno di nutrirsi di piante (**autotrofe**), mentre queste ultime non ne hanno affatto bisogno. Il biologo inglese John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964) all'incirca intorno al 1920, dopo aver considerato che la Terra all'origine aveva caratteristiche molto diverse rispetto ad oggi, iniziò a trarre alcune conclusioni. All'inizio sulla Terra primitiva non si trovava la vita come invece c'è ora. Secondo Haldane se attualmente si formasse la materia organica, verrebbe subito eliminata da qualche organismo vivente, mentre allora in totale assenza di microrganismi in grado di decomporla, sarebbe rimasta tranquilla ed avrebbe avuto il tempo di svilupparsi e di diventare più complessa. Nel 1924 un ricercatore sovietico Aleksandr Ivanovic Oparin propose teorie simili a quella di Haldane, ma con la differenza che a parere del primo l'atmosfera primitiva doveva essere ricca di idrogeno, secondo lo scienziato inglese invece, era ricca di anidride carbonica. Per avere conferme sperimentali su questa nuova teoria si partirà proprio da questo ultimo presupposto. Oparin e Haldane affrontarono l'argomento dal punto di vista prettamente scientifico tralasciando condizionamenti religiosi e questo ovviamente non venne accettato dai credenti che invece cercavano di dimostrare che la vita non poteva essere stata creata con un incontro casuale tra atomi, ma che era opera di Dio. In effetti, le proteine, ad esempio, sono molecole estremamente complesse che non si possono essere formate grazie ad incontri casuali con atomi di idrogeno, carbonio, ossigeno e azoto, ma si è dimostrato sperimentalmente che le combinazioni possibili delle molecole più semplici sono legate da leggi fisiche e chimiche e quindi sono limitate e non casuali.

Atmosfera primordiale

Il Sole e i pianeti che lo circondano si formarono circa 5 miliardi di anni fa dopo l'esplosione di una supernova, cioè una stella molto grossa, che prima di scoppiare aveva generato al suo interno elementi pesanti a partire dall'idrogeno e dall'elio. La Terra quindi all'inizio era un'enorme palla incandescente composta in prevalenza da idrogeno ed elio, ma anche da elementi pesanti come carbonio, azoto, ossigeno, ferro e silicio che erano stati lanciati nello spazio dall'esplosione della supernova. In seguito la Terra diventò fredda e i gas più leggeri, come idrogeno ed elio, in parte reagirono con gli elementi più pesanti e in parte si dispersero nello spazio. L'elio, infatti, si disperso quasi tutto perché è leggero e poco reattivo con altri composti, mentre una parte dell'idrogeno (l'elemento più leggero di tutti) reagì con altri elementi formando composti idrogenati come ad esempio il metano (CH_4), l'ammoniaca (NH_3), l'acido solfidrico (H_2S) e l'acqua (H_2O). Quindi gli elementi più pesanti iniziarono, a causa della gravità, a formare un "nucleo" centrale composto soprattutto da ferro e nichel, e un "mantello" posto sopra, formato da elementi pesanti e una "crosta", la più superficiale, fatta da elementi leggeri come alluminio, potassio e sodio. Mentre si formava la crosta, si liberarono attraverso le spaccature molti gas volatili che arrivavano dall'interno della Terra e che formarono quella che viene considerata l'atmosfera primordiale. Un prova indiretta della composizione dell'atmosfera primordiale è data dalle miscele di gas emesse ancora oggi dai vulcani e dalle solfatare, la composizione di questa, infatti, è molto simile all'atmosfera primordiale. Un' ulteriore prova della teoria sulla composizione atmosferica primordiale è data dall'analisi dell'atmosfera sui pianeti più esterni del sistema solare grazie ad una sonda, atmosfera che risulta ricca di composti idrogenati. Un'

ultima prova è data ancora dall'analisi dei meteoriti che possiedono tutte le sostanze ipotizzate anche se a concentrazione molto ridotta. Gli scienziati comunque sono certi che nell'atmosfera primordiale non si trovava l'ossigeno libero (O_2) e quindi non poteva nemmeno esistere l'ozono (formato da tre atomi di ossigeno, invece che due, cioè O_3) e quindi i raggi ultravioletti del Sole che normalmente vengono bloccati da uno spesso strato di ozono, potevano raggiungere la superficie del Pianeta in quantità più elevata rispetto ad oggi e aiutare quindi con la sua energia alla formazione di composti chimici primitivi.

L'esperimento di Miller

Nel 1952 il professore americano Harold Clayton Urey, premio Nobel per la chimica nel 1934, incaricò un giovane ricercatore, Stanley Lloyd Miller, di eseguire un dato esperimento. All'interno di una boccia di vetro, Miller mise dell'acqua mantenuta ad alta temperatura e in un'altra boccia una miscela di idrogeno (H_2), ammoniaca (NH_3) e metano (CH_4), cioè tutti quei gas che insieme al vapore acqueo (H_2O) si pensava che potessero costituire l'atmosfera primordiale. L'acqua calda, che avrebbe dovuto rappresentare secondo gli scienziati l'oceano primitivo, creava vapore che passando attraverso un tubo arrivava al recipiente che conteneva la miscela di gas. All'interno di quest'ultimo contenitore venivano generate scariche elettriche a 60.000 volt che dovevano riprodurre fenomeni temporaleschi probabilmente frequenti e intensi all'epoca dell'origine della Terra. L'esperimento durò una settimana, alla fine della quale si osservò con grosso stupore che nel recipiente dell'acqua si trovava un liquido rosso-arancio che conteneva molti composti, ma in particolare alcuni aminoacidi, cioè i precursori delle proteine che sono i componenti principali di ogni essere vivente. L'esperimento di Miller dimostrò che da composti semplici, che si pensava fossero presenti nell'atmosfera primordiale, si potevano formare molecole complesse, quelle appunto che si trovano nei composti organici di tutti gli organismi viventi. Si ipotizzò quindi che in un'atmosfera primitiva caratterizzata da continui fenomeni temporaleschi, calore e radiazioni ultraviolette, attraverso semplici processi chimici di sintesi, si sarebbero potuti formare i precursori biologici degli esseri viventi. In seguito le piogge avrebbero trasportato questi semplici composti organici fino al mare, dove, successivamente avrebbero potuto trasformarsi e accrescersi. Comunque creare in laboratorio gli aminoacidi non significa creare un organismo vivente, ma è ovvio che questo fu un importante passo avanti verso la formazione abiotica (cioè chimica) degli esseri viventi. Da allora molti scienziati hanno ripetuto l'esperimento di Miller con molte varianti. Si può modificare la composizione della miscela gassosa, variare la temperatura, usare altre forme di energia al posto delle scariche elettriche, ma il prodotto finale è sempre lo stesso: sostanza organica.

Il brodo primordiale

Gli esperimenti simili a quelli condotti da Miller hanno definitivamente dimostrato che in condizioni di alte temperature, temporali frequenti e intensi raggi ultravioletti, condizioni simili a quelle presenti sul pianeta Venere ancora oggi, molecole inorganiche semplici hanno avuto la possibilità di trasformarsi in sostanze più complesse che chiamiamo organiche, perché fanno parte degli organismi viventi. Queste sostanze organiche poi si sciolsero nel mare e reagirono tra di loro e con i sali inorganici. Anche i piccoli bacini di acqua come laghi e lagune offrivano spazio particolare per reazioni che potevano creare determinati composti e aumentarne la concentrazione. L'accumulo delle sostanze organiche si presume fosse notevole poiché non esistevano né microrganismi decompositori né ossigeno che avrebbero potuto modificarle. Così si formò una sostanza piuttosto concentrata che gli scienziati chiamano "**brodo primordiale**" o "**brodo prebiotico**". Oggi una sostanza simile fermenterebbe e produrrebbe esalazioni velenose di odore acre. In mare alcune molecole avrebbero potuto ripararsi dai raggi ultravioletti che tendono a distruggerle, mentre altre avrebbero trovato condizioni ottimali per unirsi e organizzarsi in strutture più complesse, formando i cosiddetti "polimeri". In mare quindi si sarebbe continuata l'evoluzione chimica delle sostanze organiche.

Antenati delle proteine

Nel 1957 Sidney Walter Fox, biochimico americano, ideò un esperimento che avrebbe dimostrato come si sarebbero potute formare proteine al di fuori degli esseri viventi partendo da aminoacidi. Fox riscaldò semplicemente una miscela di aminoacidi su una piastra metallica. Subito dopo il raffreddamento era possibile notare alcune molecole complesse, molto simili alle proteine, che egli chiamò "**proteinoidi**" per non confonderle. Si pensò quindi che queste nuove molecole

si fossero formate per l'unione di aminoacidi con liberazione di acqua che era evaporata. La stessa reazione poteva essere avvenuta sulle rocce roventi della crosta terrestre appena solidificata. Le maree avrebbero potuto portare il brodo primordiale ricco di sostanze organiche sulla terra ferma, dove l'acqua sarebbe evaporata consentendo alle molecole degli aminoacidi di unirsi. Questi precursori delle proteine sarebbero poi stati trasportati di nuovo al mare dalle piogge e dal riflusso delle maree.

I coacervati

In realtà siamo ancora molto lontani da quello che potrebbe essere definito un organismo vivente anche perché esso attualmente è avvolto da un involucro chiamato "membrana cellulare", che lo separa dal mondo esterno. Partendo da questi presupposti, Oparin ipotizzò la formazione nei caldi mari primitivi, di unioni di molecole organiche in goccioline, somiglianti alle attuali cellule. Queste piccole gocce avvolte da molecole di acqua sono dette "**coacervati**" (da *cum acervo* = ammassati insieme) ed erano conosciute già da prima di Oparin. Si è dimostrato che mescolando in acqua determinate proteine con elevata affinità per l'acqua, in date condizioni di temperatura e acidità, si formavano numerose goccioline, dentro le quali si trovava la maggior parte delle molecole più grosse unite insieme. Il tutto si spiega con l'esistenza di cariche elettriche di segno opposto sulle proteine, che così si attraggono e il richiamo sulla superficie esterna di molecole polari di acqua che formano una pellicola intorno all'aggregazione trasformandola in una gocciolina. Nel 1958 il biochimico Sidney Walter Fox, lo "scopritore" dei precursori delle proteine (**proteinoidi**), fece sciogliere in acqua calda salata appunto alcuni proteinoidi. Quando la soluzione si raffreddò, si notarono migliaia di piccoli globuli simili a batteri, che egli chiamò "microsfere". Al microscopio si osservò che questi piccoli globuli di sostanza organica avevano una doppia membrana di protezione. Questa membrana non è come la membrana cellulare, ma si comporta in maniera simile in alcune condizioni. Infatti, se si mettono in soluzioni più o meno concentrate del loro liquido interno si sgonfiano o si gonfiano esattamente come le cellule viventi nelle stesse condizioni. Inoltre le microsfere sono capaci di trattenere alcune molecole al loro interno e di lasciarne uscire altre. Queste caratteristiche fanno somigliare moltissimo le microsfere a cellule viventi.

La cellula vivente

Nel 1665 Robert Hook esaminando una laminetta di sughero scoprì la cellula, cioè il mattone che costituisce gli "edifici" degli esseri pluricellulari, e che è un'entità estremamente complessa. Si trovano, infatti, al suo interno una quantità incredibile di strutture definite visibili al microscopio elettronico, strutture queste che svolgono attività biologiche e biochimiche particolari, che rendono la cellula un'"officina" vivente organizzata con incredibile perfezione. Una prova dell'evoluzione della cellula si può avere anche solo osservando al microscopio alcuni infusori (organismi composti da un'unica cellula). All'interno di questi organismi è, infatti, possibile osservare strutture complesse e organi simili ad altri esseri pluricellulari. In realtà si conosce già dal 1940, dopo l'invenzione del microscopio elettronico, un livello di vita molto meno complesso: il virus. Il virus, nonostante le sue dimensioni infinitesimali (centinaia di milionesimi di millimetro) e la minor complessità rispetto agli infusori, contiene tuttavia un acido nucleico, nel quale si trova il suo patrimonio genetico, ossia le caratteristiche che lo definiscono. Questo acido nucleico è il cosiddetto DNA (acido desossiribonucleico) che sta alla base della vita e che permette la trasmissione dei caratteri ereditari. L'acido nucleico che si trova in molti virus è proprio lo stesso DNA, quello cioè che trasmette i caratteri ereditari di un organismo molto complesso come ad esempio quello dell'uomo. Certamente i virus non rappresentano la vita così come nacque sulla Terra, perché sono parassiti obbligati di cellule vegetali e animali. Essi però ci mostrano un ponte fra le normali sostanze chimiche e i viventi. Nel 1967 due scienziati americani, Arthur Kronberg e Mehran Goulian, sono riusciti a sintetizzare (cioè a costruire) in laboratorio il DNA e l'hanno unito a molecole proteiche estratte da virus. Come risultato hanno ottenuto un nuovo virus in grado di riprodursi. In questo modo si è toccato il punto dove la vita comincia.

Energia per la vita

Tutti gli esseri viventi hanno bisogno di una fonte di energia per poter attivare reazioni chimiche. Ad esempio un fiammifero ha bisogno, per essere acceso, di una qualche forma di energia per innescare la reazione. In questo caso basterebbe semplicemente strofinare la capocchia su una superficie ruvida per poter produrre calore e quindi accendere

il fiammifero. In questo caso si parla di “energia di attivazione”. Quasi tutti gli esperimenti di cui abbiamo parlato negli altri capitoli, utilizzavano come fonte di energia scariche elettriche, luce ultravioletta e calore. Queste fonti di energia possono, però, essere dannose per le molecole viventi, poiché una temperatura troppo elevata può disintegrare le molecole e i coacervati in esse contenute, provocando un danno irreparabile. La terra primordiale mancava di un’atmosfera abbastanza spessa e densa, e quindi le radiazioni ultraviolette avrebbero potuto distruggere tutto quello che era presente sulla superficie del pianeta. Questo ha impedito l’evoluzione di organismi in zone colpite da tale energia. Sia le scariche elettriche sia i raggi ultravioletti erano attivi generalmente in atmosfera, mentre l’origine della vita quasi sicuramente è nata in acqua o in luoghi umidi protetti. Quindi, altre forme di energia devono aver aiutato la nascita della vita sulla Terra. Con il passare del tempo, il brodo caldo diluito che si trovava nelle depressioni della superficie del Pianeta, iniziava a raffreddarsi e quindi le reazioni diventavano sempre più lente. A questo punto devono essere entrate in scena nuove sostanze capaci di facilitare le reazioni chimiche, sostanze presenti attualmente in tutti gli organismi viventi: gli enzimi. Gli enzimi attivano le reazioni chimiche negli organismi viventi anche in presenza di temperature così basse da non riuscire a fornire l’energia di attivazione necessaria. Gli enzimi generalmente sono formati da due parti: una proteica e una non proteica. La parte proteica contiene il cosiddetto “sito attivo”, cioè una zona che aderisce alle molecole sulle quali agisce. L’altra parte non proteica, è spesso una vitamina e aiuta la parte proteica nella sua funzione. Gli enzimi possono funzionare anche al di fuori della cellula vivente e questo ha facilitato i vari esperimenti in laboratorio. Oggi gli organismi viventi usano come fonte di energia soprattutto zuccheri. Gli zuccheri o carboidrati sono molecole formate da carbonio, ossigeno e idrogeno e vengono attualmente sintetizzati dalle piante verdi. Nell’oceano primordiale erano presenti queste sostanze? Melvin Calvin riuscì a rispondere alla domanda con un nuovo esperimento. Egli bombardò con radiazioni ad alta energia composti chimici diversi rispetto a quelli usati negli esperimenti di Miller, ma che avrebbero potuto lo stesso essere presenti nell’atmosfera primitiva. In questo modo Calvin riuscì ad avere nuove molecole tra cui zuccheri semplici come il glucosio. Grazie a particolari enzimi il glucosio e altri zuccheri simili possono formare strutture più complesse come amido e cellulosa. Negli oceani primordiali potevano esistere molecole di glucosio utilizzabili come fonte di energia, ma serve molta energia di attivazione per sciogliere i legami tra gli atomi di glucosio e produrre altra energia. Si deve quindi supporre un meccanismo simile a quello che avviene ora negli esseri viventi, cioè si devono legare alla molecola da scindere alcuni atomi che attirino su di sé gli elettroni che formano il legame per indebolire la struttura molecolare e demolirla. Nel caso del glucosio, i gruppi fosforici (un insieme di atomi di fosforo, ossigeno e idrogeno) si uniscono alla molecola di zucchero e la trasformano in glucosio-fosfato, molecola questa più debole di quella di partenza e che quindi ha bisogno di minor energia di attivazione per rompersi. L’ATP (adenosintrifosfato) è un composto chimico che fornisce non solo energia per l’aggiunta dei gruppi fosforici al glucosio, ma anche il gruppo fosforico necessario per l’indebolimento della molecola.

Fermentazione e respirazione

L’ATP o adenosintrifosfato è una complessa molecola formata da un composto azotato chiamato adenina, da uno zucchero a cinque atomi di carbonio detto ribosio e da tre gruppi fosforici. I gruppi fosforici erano presenti nella crosta terrestre sotto forma di fosfati, cioè sali presenti nelle rocce che le acque calde della Terra primordiale avrebbero potuto sciogliere e portare al mare. L’adenina e il ribosio invece si sarebbero formati spontaneamente e di questo abbiamo una prova sperimentale. Nel 1960 il biochimico americano Juan Oro fece reagire acido cianidrico (uno dei prodotti dell’esperimento di Miller) con ammoniaca e ottenne appunto l’adenina. In un ulteriore esperimento il biochimico aggiunse formaldeide, un composto usato come disinfettante e chiamato anche formalina, ottenendo proprio il ribosio. Come già accennato prima, l’ATP ha tre gruppi fosforici, due dei quali quando vengono staccati, liberano grandi quantità di energia. Per questo motivo i legami terminali dei gruppi fosforici sono chiamati legami ad “alta energia”. Quando uno dei gruppi fosforici si stacca dall’ATP, quello che rimane viene detto ADP (adenosindifosfato) perché ha solo due gruppi fosforici. Grazie ad un particolare enzima un gruppo fosforico può passare da una molecola di ATP ad una di glucosio formando il glucosio-fosfato e ADP. L’ADP per tornare ad essere una molecola attiva deve trasformarsi di nuovo in ATP. Attualmente la trasformazione di ADP in ATP avviene attraverso reazioni chimiche che liberano energia. Se queste reazioni avvengono in assenza di ossigeno si chiamano fermentazioni, in presenza di ossigeno, invece, respirazioni. Nell’atmosfera primitiva, però, non c’era ossigeno e quindi si può dedurre che negli eterotrofi primitivi avvenisse qualcosa

di simile all'attuale fermentazione. Le fermentazioni oggi avvengono in molti organismi unicellulari ma anche in molti organismi complessi, uomo compreso, e consentono alle cellule di sopravvivere, anche se solo per poco, in assenza di ossigeno. La più conosciuta reazione di fermentazione è quella che trasforma il succo d'uva in vino, cioè dal punto di vista chimico, una soluzione dolce per la presenza di glucosio come il succo di uva diventa una soluzione acquosa di alcol etilico, il vino. L'energia prodotta in questa trasformazione viene in gran parte immagazzinata nei legami fosforici dell'ATP. La trasformazione del glucosio in alcol etilico sprigiona anidride carbonica, che nell'atmosfera di quei tempi era molto scarsa, ma diventerà fondamentale per la successiva evoluzione del metabolismo. Gli organismi primitivi anaerobi si servivano per i processi vitali di glucosio e altre sostanze organiche semplici che si trovavano facilmente nelle acque di quel tempo, immagazzinando l'energia prodotta in ATP.

Prima la proteina o il DNA?

Nell'epoca attuale le proteine sono formate sulla base di istruzioni fornite dal DNA (acido desossiribonucleico) che a sua volta è sintetizzato da specifici enzimi che altro non sono che proteine. Allora è nato prima la proteina o il DNA? Gli acidi nucleici (DNA e RNA) sono formati da nucleotidi che sono molecole formate da uno zucchero a cinque atomi di carbonio, una molecola di acido fosforico e una base azotata. Gli zuccheri a cinque atomi di carbonio sono il ribosio, che si trova nell'RNA (acido ribonucleico) e il desossiribosio che si trova nel DNA. Le basi azotate sono composti con proprietà basiche, (in grado cioè di ricevere protoni) che possiedono atomi di azoto e sono: adenina, citosina, guanina, timina e uracile. Nel DNA si trovano le prime quattro basi, mentre nell'RNA ci sono le prime tre e l'uracile. Nel DNA si trova l'informazione genetica degli organismi viventi. Le proteine sono grosse molecole formate da venti piccole molecole dette amminoacidi. In tutti gli organismi viventi si trovano gli stessi venti amminoacidi, ma disposti in modi differenti e questo determina la funzione diversa per ogni proteina. Le proteine esercitano tutte le funzioni vitali degli organismi, ma la disposizione particolare degli amminoacidi all'interno di esse, è stabilita dalla specifica sequenza delle basi azotate del DNA. L'RNA porta il messaggio contenuto nel DNA nella zona della cellula dove avverrà la sintesi delle proteine e dovrà anche sintetizzarle. Quindi in un essere vivente gli acidi nucleici contengono l'informazione che viene passata alle proteine che si occupano di molteplici funzioni, tra cui anche quella di ricostruire gli acidi nucleici. Sembra piuttosto improbabile che due molecole così importanti per la vita siano apparse nello stesso momento, ma da un certo punto di vista sembra assurdo anche averne una senza l'altra. Alcuni biologi, indipendentemente gli uni dagli altri, tra cui Francis Crick e Leslie Orgel, supposero l'esistenza di un composto capace sia di duplicarsi senza l'aiuto delle proteine, sia di catalizzare ogni fase della sintesi proteica. Questo composto avrebbe dovuto essere l'RNA, poiché è una molecola più semplice rispetto al DNA e più facilmente sintetizzabile rispetto a questo ultimo. In seguito molte osservazioni hanno confermato questa ipotesi, tra cui la scoperta di enzimi composti da RNA e quindi si è capito che non tutte le reazioni chimiche sono svolte da proteine. Si è riusciti addirittura a modificare alcune molecole di RNA con funzioni enzimatiche in modo da renderle capaci di unire alcuni nucleotidi dello stesso RNA. Attualmente non è ancora possibile dimostrare in modo certo che l'antenato comune alle cellule di oggi possedesse RNA capace di sintetizzare le proteine, di duplicarsi e anche di evolversi; ma ancora più importante sarebbe riuscire a chiarire come sia nato questo RNA. Abbiamo già visto come si sia ottenuta sperimentalmente la sintesi di adenina, una delle quattro basi azotate del DNA, successivamente altre reazioni fra composti presenti in questa antica atmosfera, crearono anche le altre tre basi azotate degli acidi nucleici.

Origine della fotosintesi

Le prime cellule si nutrivano delle sostanze organiche presenti nel brodo primordiale, la cui concentrazione diminuiva lentamente. Molto probabilmente la scarsità di risorse e di energia provocò una selezione. Alcune cellule acquisirono la capacità di trarre nutrimento da altre, mentre altre cellule svilupparono la capacità di sintetizzare nuove sostanze organiche usando l'energia delle ossidazioni. Ancora oggi esistono procarioti (cellule che non possiedono un vero e proprio nucleo cellulare ma un "equivalente" nucleare) che ricavano l'energia per vivere in questo modo, i cosiddetti batteri chemosintetici. Altre cellule poterono invece sfruttare l'energia della luce per trasformare l'acqua e ottenere l'idrogeno riducente necessario per la fotosintesi (reazione in grado di trasformare sostanze inorganiche semplici in sostanza organica come i carboidrati grazie all'energia luminosa). Gli organismi viventi in grado di fare la fotosintesi

liberavano però ossigeno elementare che, a causa della sua alta affinità con le sostanze organiche, deve aver ucciso gran parte delle forme cellulari primitive. Sopravvissero quindi solo quelle cellule in grado di sopportare la crescente concentrazione di ossigeno. In seguito alcuni procarioti impararono ad usare l'ossigeno libero come mezzo ossidante per la produzione di energia. Era così comparsa la respirazione, che dava un vantaggio enorme, potevano, infatti, procurarsi molta più energia di quella prodotta con la fermentazione e assicurava la sopravvivenza nell'atmosfera ricca di ossigeno.