

I MANGA DELLE SCIENZE

BIOCHIMICA

MASAHIRO TAKEMURA
KIKUYARO
OFFICE SAWA





I MANGA DELLE SCIENZE

BIOCHIMICA

MASAHIRO TAKEMURA
KIKUYARO
OFFICE SAWA

水
E - BOOKS

SOMMARIO

PREFAZIONE	IX
PROLOGO	1
1	
CHE COSA SUCCIDE DENTRO AL TUO CORPO?	13
1. La struttura delle cellule	14
Quali sono i componenti di una cellula?	16
2. Che cosa succede dentro a una cellula?	18
Sintesi delle proteine	19
Il metabolismo	20
Produzione di energia	22
Fotosintesi	24
3. Le reazioni chimiche nella cellula	26
Biochimica della sintesi di proteine	27
Biochimica del metabolismo	29
Biochimica della produzione di energia	30
Biochimica della fotosintesi	32
4. Nozioni fondamentali di biochimica	36
Carbonio	36
I legami chimici	36
Biopolimeri	36
Enzimi	37
L'ossido-riduzione	37
La respirazione	37
Il metabolismo	38
2	
FOTOSINTESI E RESPIRAZIONE	39
1. Ecosistemi e cicli	40
Gli ecosistemi e il ciclo biogeochimico	40
Che cos'è un ciclo biogeochimico?	43
Il ciclo del carbonio	45
2. Parliamo di fotosintesi	48
L'importanza delle piante	48
La struttura dei cloroplasti	49
Fotosintesi: la reazione di fotofosforilazione	50
Fotosintesi: la fissazione dell'anidride carbonica	57
3. La respirazione	60
Che cos'è un carboidrato?	60
I saccaridi e il suffisso "-osio"	63
Perché i monosaccaridi assumono una struttura ciclica?	63

Perché abbiamo bisogno di respirare?	64
La respirazione: un processo che crea energia scomponendo il glucosio .	66
Stadio 1: la degradazione del glucosio tramite glicolisi.....	68
Stadio 2: il ciclo dell'acido citrico (ciclo degli acidi tricarbossilici o TCA, ciclo di Krebs)	71
Stadio 3: produzione di grandi quantità di energia tramite il ciclo di trasporto degli elettroni	74
Conclusione	79
4. L'ATP: la valuta corrente dell'energia	82
5. Tipi di monosaccaridi	83
Aldosi e chetosi.....	83
Piranosi e furanosi	83
Configurazione D e configurazione L	84
6. Che cos'è il CoA?	85

3 **LA BIOCHIMICA NELLA VITA DI TUTTI I GIORNI** 87

1. Lipidi e colesterolo	88
Che cosa sono i lipidi?	88
Gli acidi grassi.	95
Il colesterolo è uno steroide	97
Il compito del colesterolo	98
Lipoproteine, al di là del bene e del male.....	100
Che cos'è l'arteriosclerosi?.....	103
Mistero 1: il colesterolo è davvero cattivo?	105
2. La biochimica dell'obesità: perché il grasso viene immagazzinato?	106
Energia ingerita e consumata.....	106
Gli animali conservano il grasso.....	108
I glucidi in eccesso diventano grasso!	111
Quando il grasso viene usato come fonte di energia	118
Mistero 2: perché aumenti di peso se mangi troppo?	123
3. Che cos'è il gruppo sanguigno?	124
Il gruppo sanguigno.....	124
Come si determina il gruppo sanguigno?.....	125
Mistero 3: che cos'è un gruppo sanguigno?.....	129
4. Perché la frutta diventa più dolce quando matura?	130
Che tipi di zuccheri ci sono nella frutta?.....	130
Monosaccaridi, oligosaccaridi e polisaccaridi	131
Come fa la frutta a diventare dolce?	133
Mistero 4: perché la frutta diventa dolce?	135
5. Perché le tortine di riso mochi sono elastiche?.....	136
Differenze tra il riso normale e il riso mochi	136
Differenza tra amilosio e amilopectina.....	138
Che cosa vogliono dire i numeri in $\alpha(1 \rightarrow 4)$ e $\alpha(1 \rightarrow 6)$?	140
Mistero 5: perché le tortine di riso mochi sono così elastiche?	145

4**GLI ENZIMI: IL SEGRETO DELLE REAZIONI BIOCHIMICHE 149**

1. Enzimi e proteine	150
I compiti delle proteine	151
Che cos'è un enzima?	153
Le proteine si formano dagli amminoacidi	154
Struttura primaria di una proteina	158
Struttura secondaria di una proteina	159
Struttura terziaria di una proteina	160
Struttura quaternaria di una proteina e subunità proteiche	161
2. Un enzima al lavoro	162
Substrati ed enzimi	162
Enzima specifico? Enzima non-specifico?	164
Classificazione degli enzimi	166
Le transferasi	168
La glicosiltransferasi determina il gruppo sanguigno	169
Le idrolasi	172
3. L'uso dei grafici per capire gli enzimi	174
Perché gli enzimi sono così importanti per le reazioni chimiche?	175
Che cos'è l'energia di attivazione?	176
Gli enzimi abbattono il "muro"	177
Velocità massima della reazione	178
L'equazione di Michaelis-Menten e la costante di Michaelis	180
Calcoliamo V_{max} e K_m !	182
Perché prendiamo i reciproci?	186
4. Enzimi e inibitori	193
Enzimi allosterici	196

5**LA BIOLOGIA MOLECOLARE E LA BIOCHIMICA DEGLI ACIDI NUCLEICI . . . 199**

1. Che cos'è l'acido nucleico?	202
Acidi nucleici: le basi	202
La scoperta della nucleina	204
Acidi nucleici e nucleotidi	205
Complementarità delle basi e struttura del DNA	209
La replicazione delle basi e l'enzima DNA polimerasi	212
Struttura dell'RNA	214
2. Acido nucleico e geni	218
Il DNA è il linguaggio dei geni	218
L'RNA ha molti compiti	220
mRNA	222
rRNA e tRNA	223
Ribozimi	226
3. La Biochimica e la Biologia Molecolare	228
Il lavoro sporco del biochimico	228
La Biochimica e la Biologia Molecolare degli inizi	229
Lo sviluppo delle tecniche di ricombinazione del DNA	229

Ritornando alla Biochimica.....	230
L'origine della cellula	231
4. Condurre esperimenti biochimici	232
La cromatografia su colonna	232
Elettroforesi e Western Blot	233
Lectin Blotting.	234
Centrifugazione.....	235
Misura della reazione	236
EPILOGO.....	239
INDICE	249

PREFAZIONE

Questo libro è un'introduzione al mondo della biochimica in un formato a fumetti semplice e accessibile.

La Biochimica è la sintesi di biologia e chimica, discipline che cercano di spiegare i processi della vita nella sua essenza. È lo studio delle molecole che costituiscono i nostri corpi e quelli degli altri organismi viventi, e delle reazioni chimiche che avvengono nelle cellule. Negli ultimi anni, il campo della biochimica è andato crescendo a una velocità senza precedenti. A partire dalla fine del XIX secolo e nel corso del XX secolo, gli scienziati hanno condotto ricerche sulla natura chimica di fenomeni che appartengono al campo della medicina, delle scienze della nutrizione, dell'agricoltura, della biologia e di molti altri ambiti ancora, e queste ricerche hanno prodotto scoperte incredibili.

Vista la diversità dei settori di cui sopra, la biochimica potrebbe sembrare un insieme sconnesso di scienze diverse. Ma anche se gli obiettivi differiscono, i concetti sui quali si basano sono gli stessi: la spiegazione dei fenomeni della vita dal punto di vista chimico. Perciò, i fondamenti della biochimica dovrebbero essere appresi da chiunque intenda lavorare nelle discipline che hanno a che fare con il corpo umano e con la vita, come per esempio medicina, odontoiatria, farmacologia, agricoltura e scienze della nutrizione.

Questo libro espone i concetti più importanti della biochimica in un formato facile da comprendere. Può essere usato come prontuario o manuale integrativo di un corso di biochimica, o per un corso di scienze mediche o della nutrizione. Può anche servire per rinfrescare nozioni apprese tempo addietro, oppure per approfondire la conoscenza di questa scienza affascinante. Il materiale è certamente alla portata degli studenti delle scuole superiori.

L'organizzazione di questo libro differisce da quella del tipico manuale di biochimica. Per esempio, nonostante i principali componenti chimici delle cellule (sostanze presenti in tutti gli organismi viventi: carboidrati, lipidi, acidi nucleici e proteine) siano di solito affrontati all'inizio, la discussione di ciascuna di queste sostanze è integrata nell'opera invece che essere isolata in un singolo capitolo a parte. Ho fatto questa scelta perché credo che introdurre queste sostanze inserendole in un contesto le renda più facili da comprendere e da memorizzare.

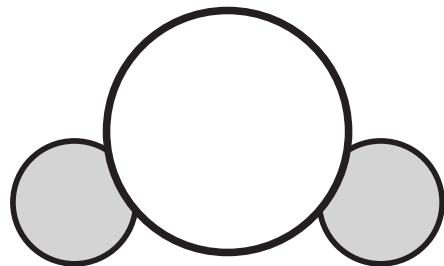
Inoltre, ho aggiunto al capitolo 3 alcune informazioni sulla biochimica nella vita di tutti i giorni, per sottolineare il suo valore, mostrando come si applica a temi familiari.

La protagonista di questo libro è una studentessa delle superiori di nome Kumi molto preoccupata per la linea. Ho scelto questa storia perché rimanda alla mia formazione all'interno di un gruppo di ricerca di scienze della nutrizione in un dipartimento di scienze agrarie. Di questi tempi, quando la gente parla di biochimica, di solito la discussione ci concentra su salute e alimentazione. In molti si preoccupano dei fenomeni che costituiscono la cosiddetta "sindrome metabolica", un nome generico per una serie di fattori di rischio sempre più frequenti: il diabete di tipo 2, cardiopatie coronariche e infarto.

Nel processo di scrittura di questo libro, ho fatto controllare sia il manoscritto preliminare che quello illustrato dal Professor Yukio Furuichi (professore emerito all'Università di Mie e attualmente professore all'Università femminile di Nagoya), il quale è specializzato nella biochimica dei lipidi, e dal Professor Shonen Yoshida (professore emerito a Nagoya e attualmente consulente al Cancer Immunotherapy Center dell'Ospedale Nagoya Kyoritsu), specializzato in biochimica e biologia molecolare. Il Professor Furuichi è stato il mio relatore di tesi di laurea e il Professor Yoshida il mio relatore di tesi di dottorato. Vorrei cogliere l'opportunità di esprimere la mia più profonda gratitudine a entrambi per aver rubato tempo ai loro impegni per correggere questo manoscritto.

Vorrei anche approfittare per ringraziare il Professor Kazuo Kamemura, il mio mentore universitario, e il suo dottorando Mitsutaka Ogawa, entrambi all'Istituto di bioscienza e tecnologia del Nagahama Institute. In particolare, vorrei ringraziarli per i dati sul lectin blotting che hanno messo a disposizione. Vorrei anche ringraziare: tutta la redazione di Ohmsha per aver dato aiuto continuo nel mio lavoro precedente, *I Manga delle Scienze - Biologia Molecolare*; Sawako Sawada dell'ufficio Sawa; il mangaka Kikuyaro, che ha prodotto disegni incantevoli; e soprattutto ringrazio te, per aver scelto di leggere questo libro.

MASAHIRO TAKEMURA



PROLOGO

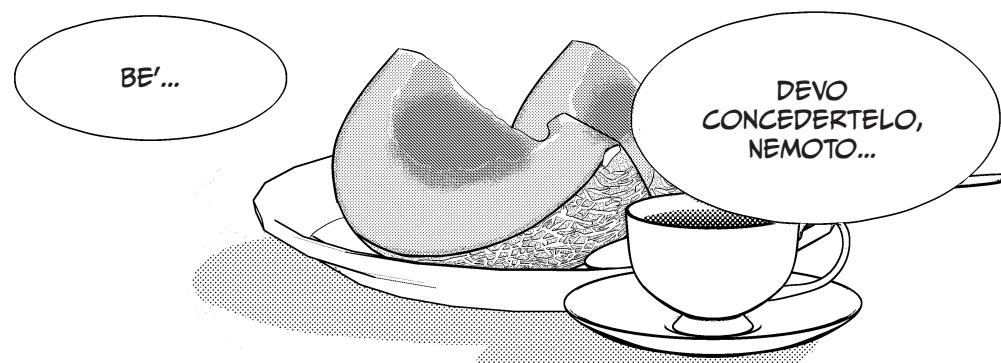
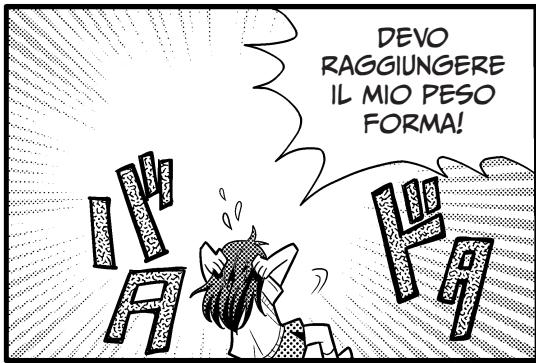
.....



AAARGH! NON
SONO SCESA DI UN
GRAMMO!

OBIETTIVO: PERDERE 2
CHILI!

ABBASSO I CHILI!



È DAVVERO
UN MELONE
DELIZIOSO!



MA SONO
A DIETA E
NON DOVREI
MANGIARE
FRUTTA.

MI SA CHE HO
FATTO UNA GRAN
CAVOLATA...



NON HAI
MOTIVO DI
BUTTARTI GIÙ,
KUMI.

IO PENSO CHE
POTRESTI MANGIARE
QUELLO CHE TI PARE E
SARESTI COMUNQUE...
UHM... BELLA.

SÌ COME NO!
MI SA CHE IL MIO
CORPO ORMAI È FATTO
INTERAMENTE DI PIZZA
E DOLCI!

(I CIBI PREFERITI
DI KUMI)

NE HO
ABBASTANZA!
DIGIUNERÒ
FINO A
RAGGIUNGERE
IL MIO
OBIETTIVO!

MI RIFIUTO
DI ESSERE
SOVRAPPESO
UN GIORNO DI
PIÙ!

MA KUMI...
È RIDICOLO.

TI STAI
SBUGLIANDO DI
GROSSO!

PRIMA DI
TUTTO,

TU NON SEI
SOVRAPPESO, E
POI..

...TU SEI
MOLTO
ATTRAENTE,
E... UH...

IMBARAZZO

AD OGNI MODO,
MI SEMBRA CHE
TU NON CAPISCA
COME FUNZIONA
IL CORPO
UMANO!

EHM

STO PROPRIO
FACENDO RICER-
CHE SU QUESTI
ARGOMENTI ALLA
MIA UNIVERSITÀ.

やはい
生物化学*

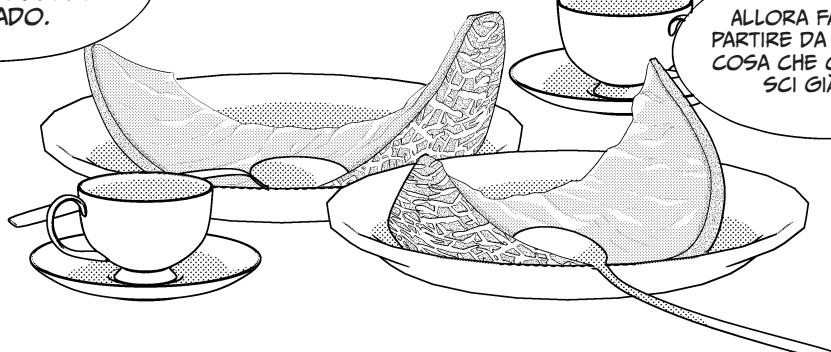
* BIOCHIMICA 1

BIO... BIO-
CHE?

BIOCHIMICA!

SEMPRE TROPPO
DIFFICILE... NON
CREDO DI ESSERE
IN GRADO.

ALLORA FAMMI
PARTIRE DA QUAL-
COSA CHE CONO-
SCI GIÀ.



CALORIE, GRASSI E CARBOIDRATI...

TU SAI COSA SONO, GIUSTO?

CERTO CHE LO SO! SONO A DIETA, DOPOTUTTO.

ALLORA GUARDA QUA!

DAVERO, DAGLI UN'OCCHIATA, OKAY?

PRONTE PER LA PROVA COSTUME?

DUNQUE, I GRASSI SONO UN ESEMPIO DI NUTRIENTI ALTAMENTE CALORICI, GIUSTO?

DIRE CHE I CARBOIDRATI CONTENGONO MOLTE CALORIE È UN PO' DIVERSO, MA SPESO SENTI DIRE CHE SE MANGI TROPPI CARBOIDRATI INGRASSI.

PRENDERE PESO SIGNIFICA CHE IL GRASSO SI ACCUMULA NEL TUO CORPO, GIUSTO?

ALLORA PERCHÉ PENSI CHE AUMENTERAI DI PESO, SE MANGI TROPPI CARBOIDRATI?

CARBOIDRATI

GRASSI

DOLCI

OVVIO!
QUESTO GIÀ LO SAPEVO!

BE', NON SO PERCHÉ... MA LE RIVISTE NON MENTIONO, GIUSTO?

MMM...

SE STUDI LA BIOCHIMICA, IMPARERAI IL PERCHÉ!

LA BIOCHIMICA È LO STUDIO DEI PROCESSI CHE AVVENGONO NEGLI ORGANISMI VIVENTI. IN ALTRE PAROLE, È LA CHIMICA DEI NOSTRI CORPI.

OOOHHH

SEMbra ABBASTANZA INTERESSANTE... MA IO NON SONO BRAVA IN CHIMICA.

E POI I PROFESSORI A VOLTE SONO TERRIFICANTI.

IN REALTÀ, LA MIA PROFESSORESSA È VERAMENTE ALLA MANO, GIURO.

BOCCIAZO!

GUARDA,
È L'AUTRICE DEL LIBRO DI TESTO.

PROFESSORE ASSOCIATO CHOKO KUROSAKA...

CREDIMI, È UNA PROF DAVVERO ECCEZIONALE.

* SULL'AUTORE

QUESTA
PROFESSO-
RESSA È...

COSÌ BELLA!!!

LA CHIMICA NON È
DIFFICILE COME
PENSI TU, KUMI.

PER ESEMPIO, QUANDO
CENI E DIGERISCI QUELLO
CHE HAI MANGIATO, SI
TRATTA DI UNA REAZIONE
CHIMICA.

COSA?
ASSURDO!

QUINDI CI SONO
REAZIONI CHIMICHE
CHE AVVENGONO
NEL NOSTRO CORPO
IN CONTINUAZIONE,
GIUSTO?

ESATTO!

I NOSTRI CORPI (COME
QUELLI DEGLI ALTRI OR-
GANISMI VIVENTI) SONO
DI FATTO COMPOSTI DA
MOLTI TIPI DI SOSTANZE
CHIMICHE.

PROTEINE

ACQUA

CARBOIDRATI

VITAMINE

MINERALI

GRASSI

SONO TUTTE
SOSTANZE
CHIMICHE!

IL GRASSO E I
CARBOIDRATI DI CUI
PARLAVAMO PRIMA
SONO SOSTANZE
CHIMICHE ANCHE
QUELLE, GIUSTO?

ERO COSÌ
PREOCCUPATA DEL
MIO PESO, COME
DI UN SEMPLICE
NUMERO...

NON STAVO
PENSANDO AL
MIO CORPO DA
UN PUNTO DI VISTA
CHIMICO.

ESATTAMENTE!
RIASSUMENDO...

LA BIOCHIMICA
È LO STUDIO DI CIÒ
CHE SUCCIDE NEL
NOSTRO ORGANISMO
(E NEGLI ALTRI ESSERI
VIVENTI)...

...CON
UN'ATTENZIONE
PARTICOLARE AL
"PUNTO DI VISTA
CHIMICO".

もじ
moji

UHM.. A
PROPOSITO..

IO STO PORTANDO AVANTI
UNA RICERCA SUI PROCES-
SI CHIMICI DEL CORPO,
ALL'UNIVERSITÀ.

SE TI VA POTRESTI VENIRE
NEL MIO LABORATORIO PER
UN ESPERIMENTO.

もじ
moji

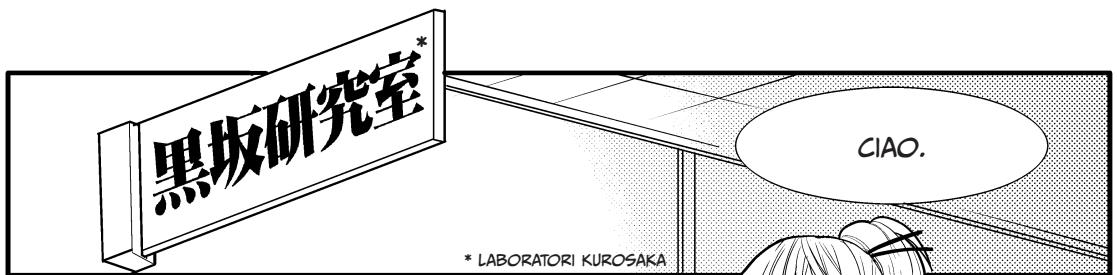
SE PARTECIPO
ALL'ESPERIMENTO,
POTRÒ INCONTRARE
QUELLA PROFESSO-
RESSA!

IL GIORNO DOPO...

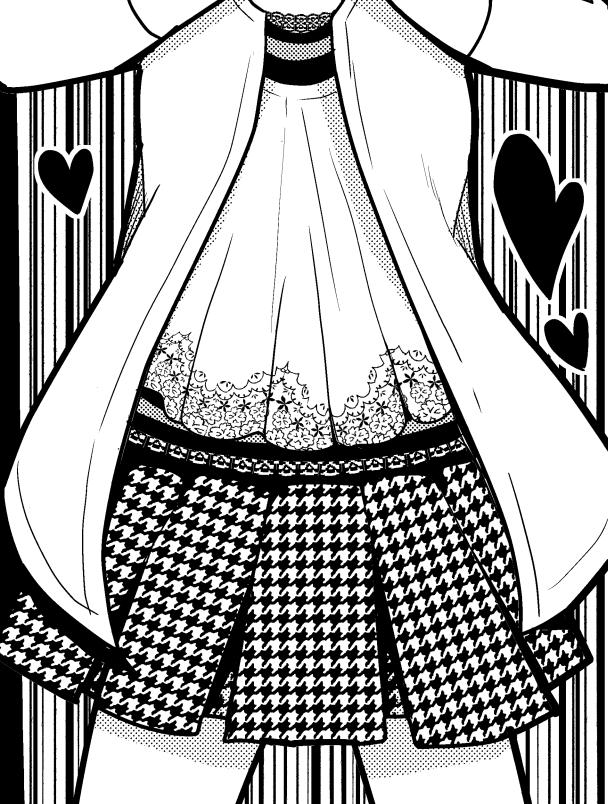
MA CERTO!
LO FARÒ!

E IN UN ATTIMO
SEMBRERÒ UNA
"MODELLO!"

* KREBS UNIVERSITY



SE STUDIO
LA BIOCHIMICA...
DIVENTERÒ BELLA
COME LEI?!



POSSIAMO STUDIARE IL MODO IN CUI IL NOSTRO ORGANISMO SCOMPOSCE CHIMICAMENTE CIÒ CHE MANGIA E COME IL CIBO VIENE TRASFORMATO IN SOSTANZE NUTRITIVE CHE IL CORPO USA PER RIFORNIRSI DI ENERGIA.

QUESTA CONOSCENZA PUÒ ANCHE AIUTARCI A CURARE LE MALATTIE...

...E IN GENERALE A PROMUOVERE IL NOSTRO STATO DI SALUTE.

SE CAPISCI VERAMENTE COME FUNZIONA IL TUO CORPO...

...POTRAI ESSERE SANA E BELLA!

MITICOOOOO!

SE STUDIASSI LA BIOCHIMICA...

...POTREI DIVENTARE BELLA COME LA PROFESSORESSA!

E POTRÒ SCOPRIRE I SEGRETI DELLO STARE BENE!!

CI STO!

QUESTO È LO SPIRITO GIUSTO!

OKAY...

PRIMA DEVI BERE QUEST'ACQUA.

CONTIENE UN ROBOT
COSÌ MINUSCOLO CHE
È INVISIBILE A OCCHIO
NUDO.

LO USEREMO
PER OSSER-
VARE L'INTER-
NO DEL TUO
CORPO.

ROBOT & MASCOTTE.
SOPRANOME: ROBOGATTO
(Sviluppato dai laboratori
KUROSAKA).

TUTTO D'UN FIATO!

GLU
GLU
GLU

ED ORA,
FINALMENTE...

SI DIA INIZIO ALLO STUDIO DELLA BIOCHIMICA!

1

CHE COSA SUCCEDA DENTRO AL TUO CORPO?



1. La struttura delle cellule



TU HAI STUDIATO LE CELLULE AL CORSO DI BIOLOGIA, VERO?

S!!!!

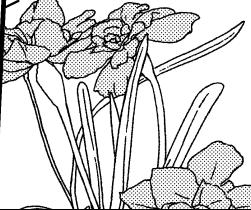


LE CELLULE SONO COME PICCOLI CONTENITORI CHE FORMANO IL NOSTRO CORPO.

LE AMEBE, I BATTERI E ALTRI PICCOLI ORGANISMI SONO "MICRO-ORGANISMI UNICELLULARI", IL CHE SIGNIFICA CHE SONO FATTI DI UNA SINGOLA CELLULA.

AMEBA

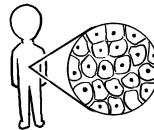
BATTERIO



LE CREATURE VIVENTI CHE SONO VISIBILI A OCCHIO NUDO - PER ESEMPIO GLI UOMINI, I CANI O LE PIANTE - SONO "ORGANISMI PLURICELLULARI", E SONO COSTITUITI DA MOLTE CELLULE!

GIUSTO!

PER ESEMPIO, IL CORPO DI UNA PERSONA ADULTA È COSTITUITO DA UN NUMERO INCREDIBILMENTE GRANDE DI CELLULE... TRA I 60.000 E I 100.000 MILIARDI.



SCOMMETTO CHE PERSINO LE CELLULE DELLA PROFESSORESSA SONO BELLISSIME!

LA CELLULA, NEL NOSTRO CORPO, È L'UNITÀ "VIVENTE" PIÙ PICCOLA.

EHI, L'IMMAGINE HA FINITO DI CARICARSI!

TAP

TAP

TAP



GRAZIOSO, VERO?

CELLULE DI KUMI

EEEEEEK!!! MA È VERAMENTE DISGUSTOSO...



CERCHIAMO DI ZOOMARE SU UNA SINGOLA CELLULA.

Zoom

CLICK

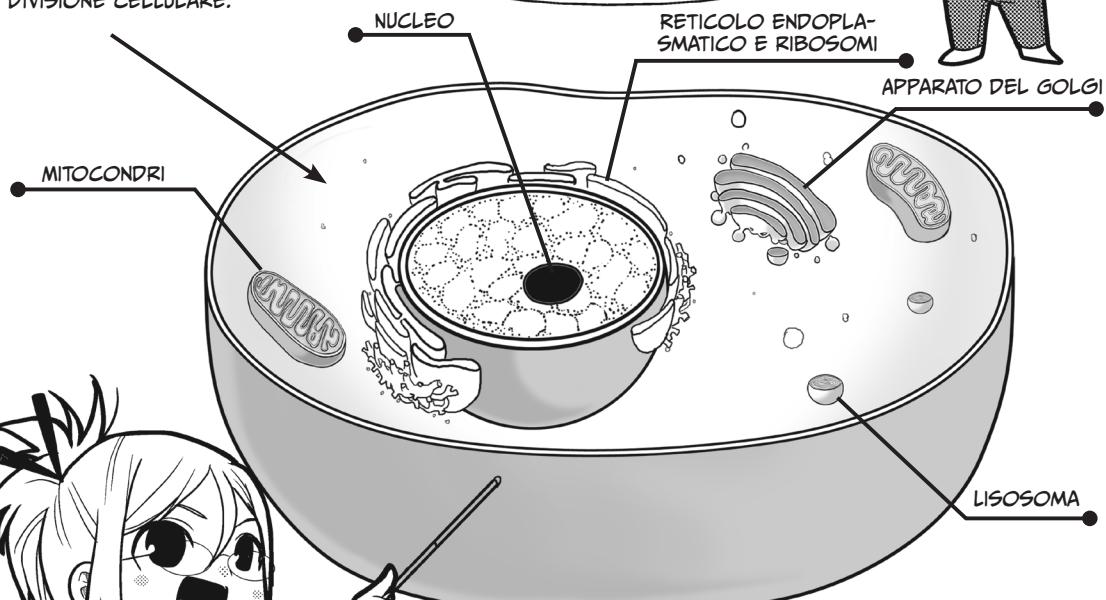


QUALI SONO I COMPONENTI DI UNA CELLULA?

IL CITOSOL CONTIENE MOLTI SALI, PROTEINE, CARBOIDRATI E ALTRI COMPONENTI CELLULARI. È IL LUOGO IN CUI AVVENGONO MOLTI PROCESSI CELLULARI, COME LA TRASMISSIONE DEI SEGNALI, IL TRASPORTO DELLE PROTEINE E LA DIVISIONE CELLULARE.

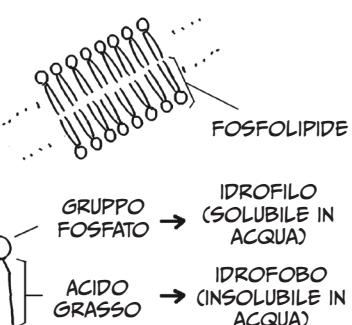
LA CELLULA È RIEMPITA DA UN LIQUIDO DENSO CHIAMATO CITOSOL, NEL QUALE GALLEGGIANO GLI ORGANELLI.

IL PIÙ GRANDE ORGANELLO, SITUATO AL CENTRO DELLA CELLULA, È IL NUCLEO.



IL TERMINE GENERICO CITOPLASMA È USATO PER INDICARE TUTTI I FLUIDI CONTENUTI ALL'INTERNO DELLA MEMBRANA CELLULARE, COMPRESO L'INTERNO DEGLI ORGANELLI ESCLUSO IL NUCLEO. LA MEMBRANA CELLULARE È UNA STRUTTURA FORMATA DA UN DOPPIO STRATO LIPIDICO.

LA MEMBRANA CELLULARE SVOLGE MOLTI RUOLI IMPORTANTI, COME LA COMUNICAZIONE TRA CELLULE, L'ASSORBIMENTO DEI NUTRIENTI E L'ELIMINAZIONE DELLE SOSTANZE NON PIÙ UTILI.

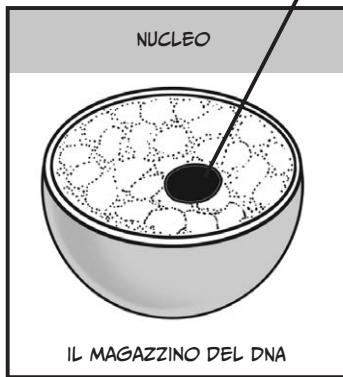


I FOSFOLIPIDI FORMANO UN DOPPIO STRATO, CON LE CODE IDROFOBE ORIENTATE ALL'INTERNO E LE TESTE IDROFILE VERSO L'ESTERNO.

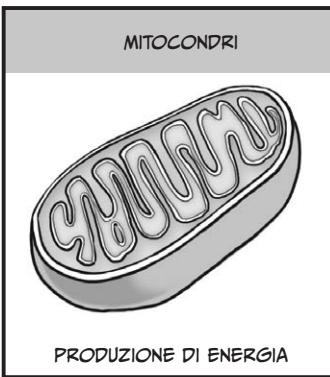


IL NUCLEO CONTIENE L'ACIDO DEOSSIRIBONUCLEICO, OSSIA IL DNA, CHE CODIFICA I GENI ED È TALVOLTA INDICATO COME IL "CODICE" DELLA VITA.

IL NUCLEO È CONSIDERATO IL "CENTRO DI CONTROLLO" DELLA CELLULA.



NUCLEO
IL MAGAZZINO DEL DNA



MITOCONDRI
PRODUZIONE DI ENERGIA



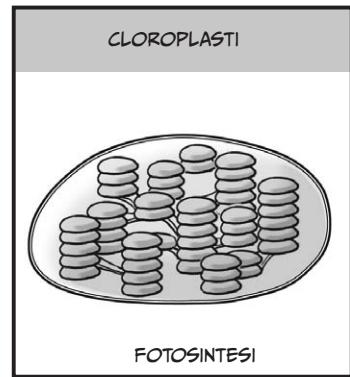
RETICOLE ENDOPLASMATICO E RIBOSOMI
SINTESI DELLE PROTEINE



APPARATO DEL GOLGI
SECREZIONE DELLE PROTEINE



LISOSOMA
SMALTIMENTO DEI RIFIUTI



CLOROPLASTI
FOTOSINTESI

I CLOROPLASTI SI TROVANO SOLO NELLE PIANTE E IN ALCUNI MICRORGANISMI.



“
SCRIV
SCRIV

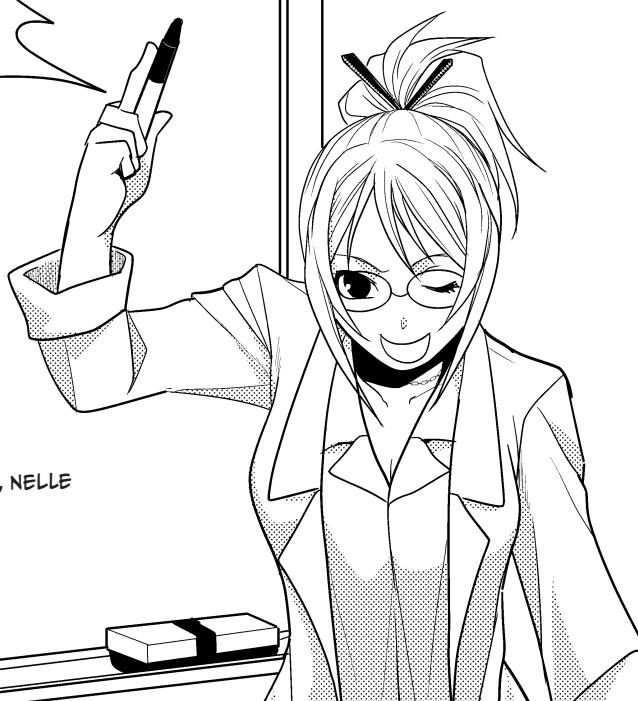
2. Che cosa succede dentro a una cellula?



ECCO COSA SUCCIDE DENTRO UNA CELLULA!

CI SONO ALTRI DETTAGLI CHE APPROFONDIREMO PIÙ TARDI, MA PER ORA PARLEREMO SOLO DI QUESTI QUATTRO PROCESSI PRINCIPALI.

- ① SINTESI DELLE PROTEINE
- ② METABOLISMO
- ③ PRODUZIONE DI ENERGIA
- ④ FOTOSINTESI (AVVIENE NELLE PIANTE, NELLE ALGHE E IN ALCUNI BATTERI)



SINTESI DELLE PROTEINE

QUANDO SENTI PARLARE DI "PROTEINE" PROBABILMENTE PENSI ALLE SOSTANZE NUTRITIVE CHE SI TROVANO NEL CIBO, MA...



PER LE CREATURE VIVENTI COME NOI, LE PROTEINE SONO MOLECOLE ESSENZIALI IN GRAN PARTE RESPONSABILI DEL FUNZIONAMENTO DEL NOSTRO CORPO.

ASSOLUTAMENTE SÌ! NEI NOSTRI CORPI, LO SVOLGIMENTO DELLE VARIE FUNZIONI È GESTITO DA DIVERSE PROTEINE.

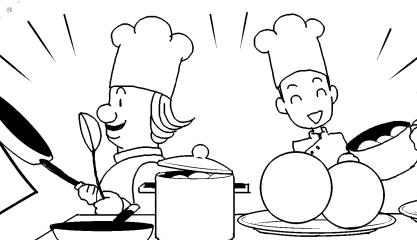


LE PROTEINE SONO PRODOTTE CONTINUAMENTE DA OGNI CELLULA DEL NOSTRO CORPO.

RICORDI QUANDO IL ROBOGATTO HA OSSERVATO IL DNA DENTRO IL NUCLEO?



RICETTA



I RIBOSOMI SONO COME DEGLI CHEF CHE SEGUONO UNA RICETTA PER PREPARARE UN PIATTO!

IL METABOLISMO

UNA VOLTA CHE LE PROTEINE SONO SINTETIZZATE, SVOLGONO COMPITI IMPORTANTI DENTRO E FUORI LE CELLULE.

UNO DI ESSI È...

PROTEINA

...TRASFORMARE I CIBI O LE MEDICINE CHE ENTRANO NEL CORPO IN QUALESCOGNA DI UTILE.

E SCOMPORRE LE SOSTANZE NON NECESSARIE O DANNOSE IN QUALESCOGNA CHE PUÒ ESSERE ELIMINATO PIÙ FACILMENTE.

LA DEGRADAZIONE E TRASFORMAZIONE DELLE SOSTANZE È CHIAMATA METABOLISMO.

LE PROTEINE GIOCANO UN RUOLO CENTRALE NEL METABOLISMO.



SCOMPORRE IL CIBO IN SOSTANZE NUTRITIVE, ASSORBIRE TALI NUTRIENTI, E TRASFORMARLI IN SOSTANZE CHE IL TUO CORPO PUÒ USARE PER SOSTENERSI... QUESTI SONO TUTTI COMPITI DI PROTEINE SPECIALIZZATE!



PER ESEMPIO, POICHÉ L'ALCOOL È ALTAMENTE TOSSICO PER L'ORGANISMO, VIENE TRASFORMATO DALLE CELLULE DEL FEGATO IN UNA SOSTANZA NON TOSSICA.

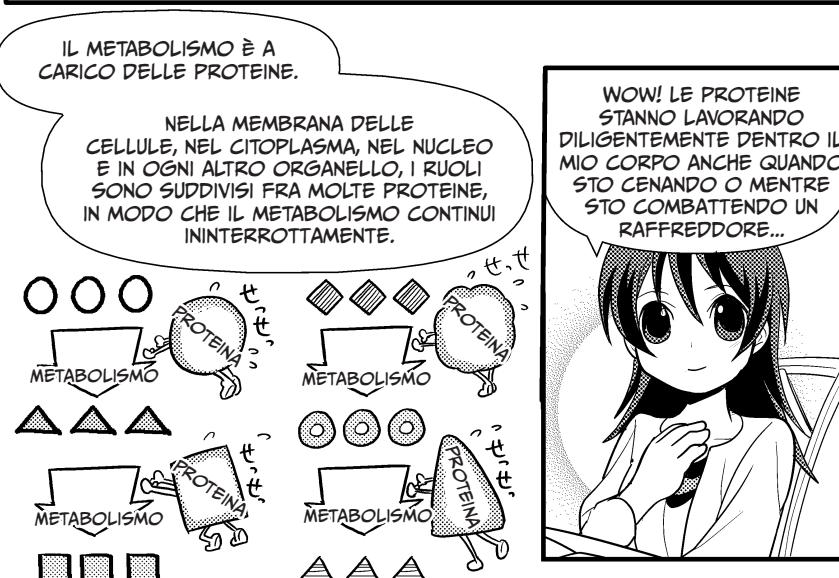
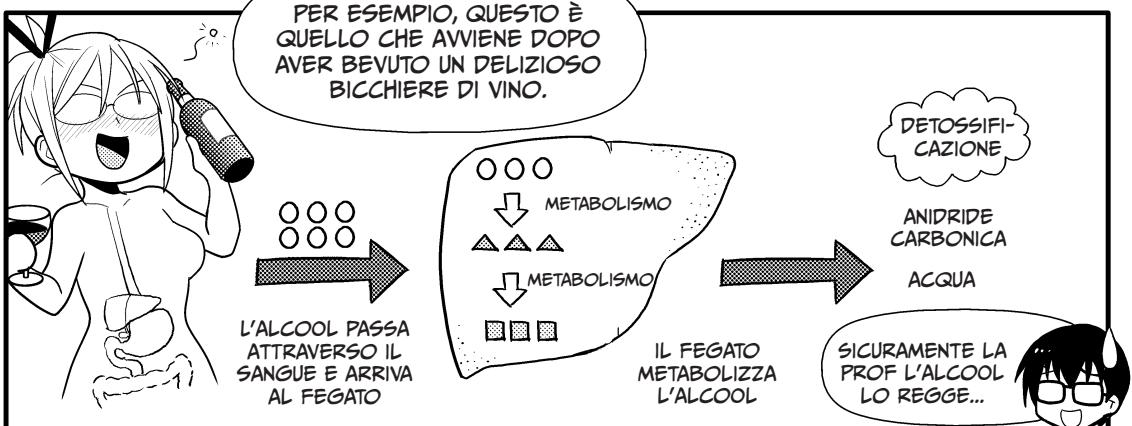
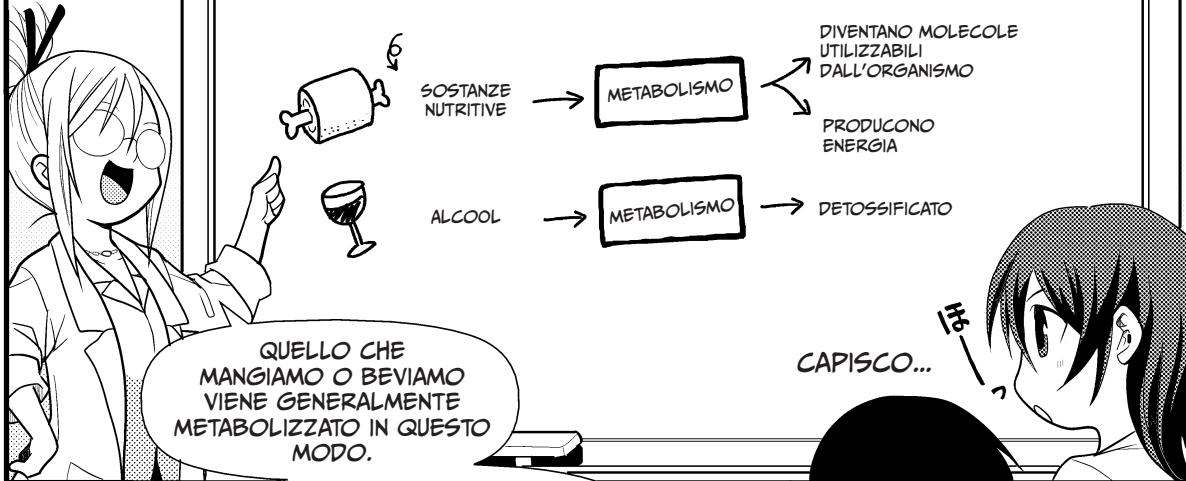
ANCHE QUESTO È COMPITO DI UNA PROTEINA SPECIALIZZATA!



ANCHE LE MEDICINE CHE PRENDI QUANDO SEI MALATA HANNO BISOGNO DI ESSERE METABOLIZZATE. ALCUNE PROTEINE CHE SI TROVANO NEL FEGATO AIUTANO IL TUO CORPO A TRASFORMARE LE MEDICINE IN SOSTANZE PIÙ SEMPLICI CHE PRODUCANO L'EFFETTO TERAPEUTICO DESIDERATO AL POSTO GIUSTO.



(PROTEINE, GRASSI, CARBOIDRATI, VITAMINE, MINERALI E COSÌ VIA)



PRODUZIONE DI ENERGIA

A PROPOSITO,
NEMOTO...

AVEVI DETTO
CHE QUESTO
MESE ERI AL
VERDE, O NO?

EH EH
EH

COSA?

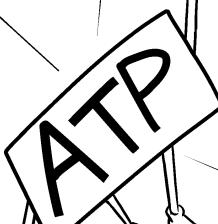
NO, NON È
VERO! CIOÈ...

BE', AD ES-
SERE ONESTI,
AMMETTO DI
ESSERE UN PO'
A CORTO DI
SOLDI.

DEVO SMETTERLA DI PARLARE
DEI MIEI PROBLEMI DI SOLDI
CON I PROFESSORI...

ALLO STESSO
MODO, LE CELLULE HANNO
BISOGNO DI QUALCOSA
CHE È ESSENZIALE PER LE
LORO ATTIVITÀ.

È COME IL DENARO, MA
È USATO NELLE NOSTRE
CELLULE PER LE REAZIONI
CHIMICHE.



QUESTA SOSTANZA È
CHIAMATA ADENOSINA-
TRIFOSFATO, O ATP.

A-DEN-O...
CHE?

MMM...
CHIAMIAMOLA
SEMPLICEMENTE
ATP.

L'ATP È ESSENZIALE PER MOLTE ATTIVITÀ!

- SINTESI DELLE PROTEINE
- ESECUZIONE DELLE REAZIONI CHIMICHE
- FOTOSINTESI

ATP

ATP

\$

PROTEINA

COME VEDI, L'ATP È ESSENZIALE PER LE CELLULE E PER IL METABOLISMO, PROPRIAMENTE COME IL DENARO È ESSENZIALE PER NOI!

NON PUOI FARE NIENTE SE NON HAI DENARO DA SPENDERE... È COSÌ DEPRIMENTE.

SNIFF

FORSE SI È COMMOSA PER LE MIE SVENTURE? GRANDE!

PER SOSTENERE I PROCESSI CELLULARI E METABOLICI ESSENZIALI, LE CELLULE DEVONO FORNIRE UN APPOORTO COSTANTE DI ATP. PER FARE QUESTO, HANNO BISOGNO DI ZUCCHERI (CIOÈ, CARBOIDRATI*) E OSSIGENO.

PRODUCIAMO PIÙ ATP!

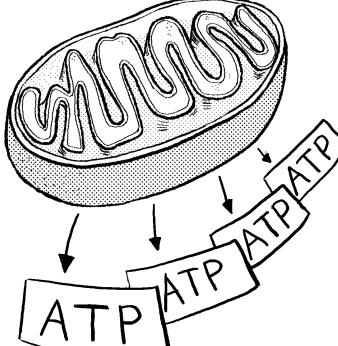
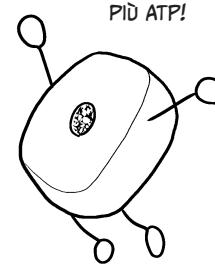
L'ATP È PRODOTTO DAI MITOCONDRI E DA SPECIFICHE PROTEINE PRESENTI NEL CITOSOL.



UN ALTRO GIORNO, UN'ALTRA BUSTA PAGA!

NON È ESAGERATO AFFERMARE CHE MANGIAMO E RESPIRIAMO PER CREARE ATP, CHE VIENE POI USATO PER FINANZIARE LE ATTIVITÀ DELLE PROTEINE.

PROPRIO COME SI LAVORA PER GUADGNARSI DA VIVERE, NON TROVATE?



RICORDA: L'ATP È LA "VALUTA CORRENTE" DELL'ENERGIA CHE VIENE USATA DALLE PROTEINE PER TENERCI IN VITA.

* I CARBOIDRATI DI QUESTO TIPO SONO ANCHE NOTI COME SACCARIDI.

FOTOSINTESI

OKAY...

L'ULTIMO ARGO-
MENTO IMPORTANTE CHE
AFFRONTEREMO OGGI È
LA FOTOSINTESI.

L'ABBIAMO STUDIATO
A SCUOLA!

LE PIANTE
VERDI FANNO LA
FOTOSINTESI,
GIUSTO?

GIUSTO!

LA SINTESI DELLE PROTEINE E
LA PRODUZIONE DI ENERGIA
AVVENGONO NELLE CELLULE DI
TUTTI GLI ORGANISMI...

...MA LA FOTOSINTESI PUÒ AVVENIRE
SOLO NELLE CELLULE DELLE PIANTE,
DELLE ALGHE E DI ALCUNI BATTERI.

ORA GUARDA
QUESTO
DIAGRAMMA.

LUCE
SOLARE

CO₂

FOTOSINTESI

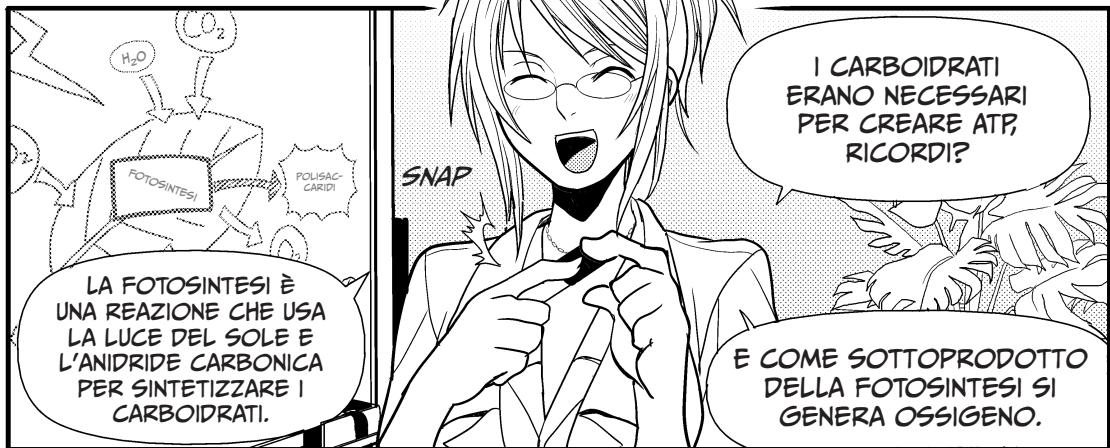
H₂O

CO₂

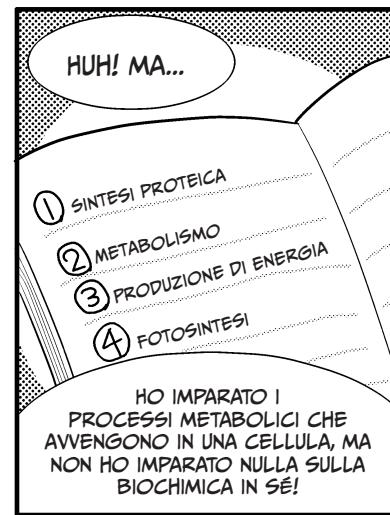
ZUCCHERI

O₂

O₂

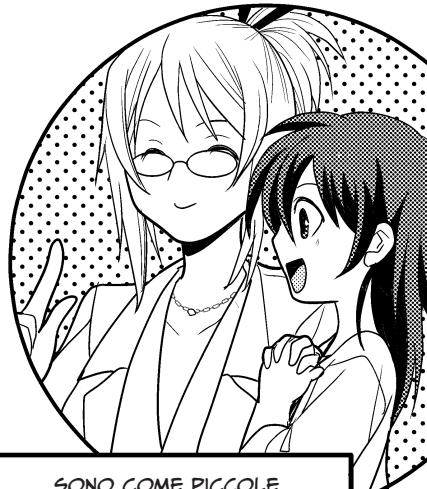
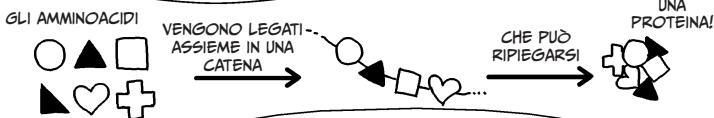


3. Le reazioni chimiche nella cellula



BIOCHIMICA DELLA SINTESI DI PROTEINE

COSA PENSI CHE
ACCADA QUANDO LE
PROTEINE VENGONO
SINTETIZZATE?

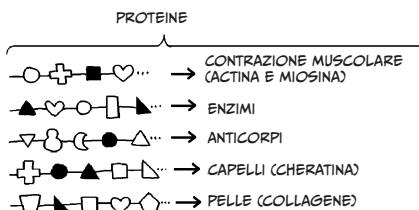


UNA PROTEINA È DI FATTO COMPOSTA DA MOLTE PICCOLE MOLECOLE CHIAMATE AMMINOACIDI LEGATE TRA LORO.

CI SONO 20 TIPI
COMUNI DI AMMINOACIDI
USATI PER CREARE
PROTEINE.



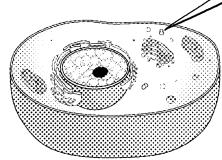
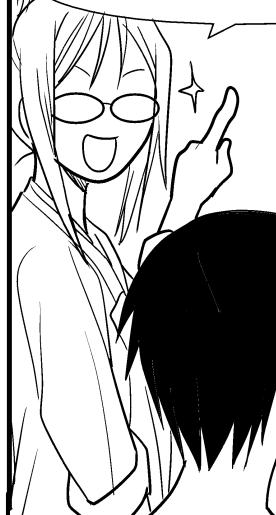
QUESTI 20 TIPI POSSONO COMBINARSI IN DIFFERENTI QUANTITÀ E SEQUENZE PER CREARE PROTEINE COMPLETAMENTE DIVERSE TRA LORO.



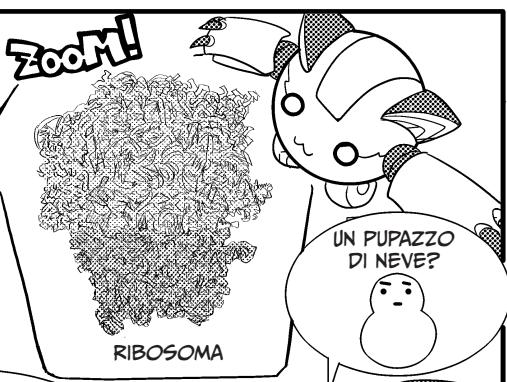
**SONO COME PICCOLE
COLLANE DI CONFETTI? CHE
CARINI! E CHE BONTÀ...**



LA SINTESI DELLE
PROTEINE È COMPIUTA DAI
RIBOSOMI, I QUALI FLUTTUANO NEL
CITOPLASMA O SONO ATTACCATI AL
RETICOLO ENDOPLASMATICO.



NONOSTANTE SEMBRINO
PICCOLI CHICCHI DI RISO, SE
ZOOMIAMO POSSIAMO VEDERE CHE
HANNO UNA FORMA STRANA.



IN REALTÀ,
SEMPLIFICANDO UN PO', UN
RIBOSOMA ASSOMIGLIA MOLTO
A UN PUPAZZO DI NEVE.

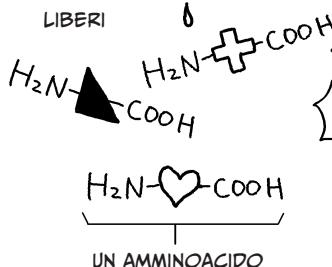


I RIBOSOMI SONO
IL LUOGO IN CUI
GLI AMMINOACIDI SI
UNISCONO ASSIEME.

AH, CAPISCO! È
DOVE I CONFETTI
SI INFILANO NELLA
COLLANA.



QUANDO QUESTI
AMMINOACIDI VENGONO
“UNITI”, AVVIENE UNA SPECIE
DI REAZIONE CHIMICA,
GIUSTO?



È COSÌ! QUELLA REAZIONE UNISCE
DUE AMMINOACIDI TRA LORO. POI ALTRE
REAZIONI ALLUNGANO LA “COLLANA”
DI AMMINOACIDI, E BEN PRESTO SI
OTTIENE UNA PROTEINA!



RICORDA, KUMI,
LA BIOCHIMICA È
LO STUDIO DEI
PROCESSI CHIMICI
CHE HANNO LUOGO
NEGLI ORGANISMI
VIVENTI...

EHI! QUESTO
È ESATTAMENTE
QUELLO CHE
NEMOTO HA
DETTO PRIMA A
CASA MIA!

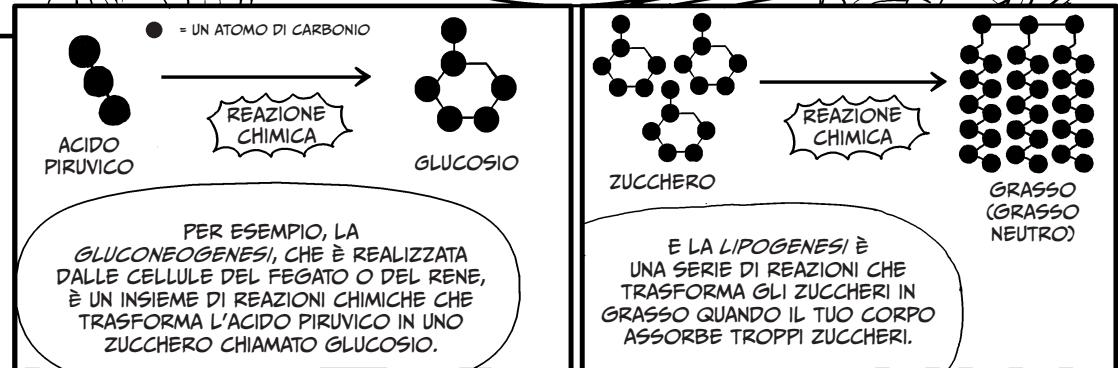
COMINCI A
CAPIRE!

GLI AMMINOACIDI
SONO ASSEMBLATI
DA REAZIONI CHIMICHE
PER FORMARE
PROTEINE...

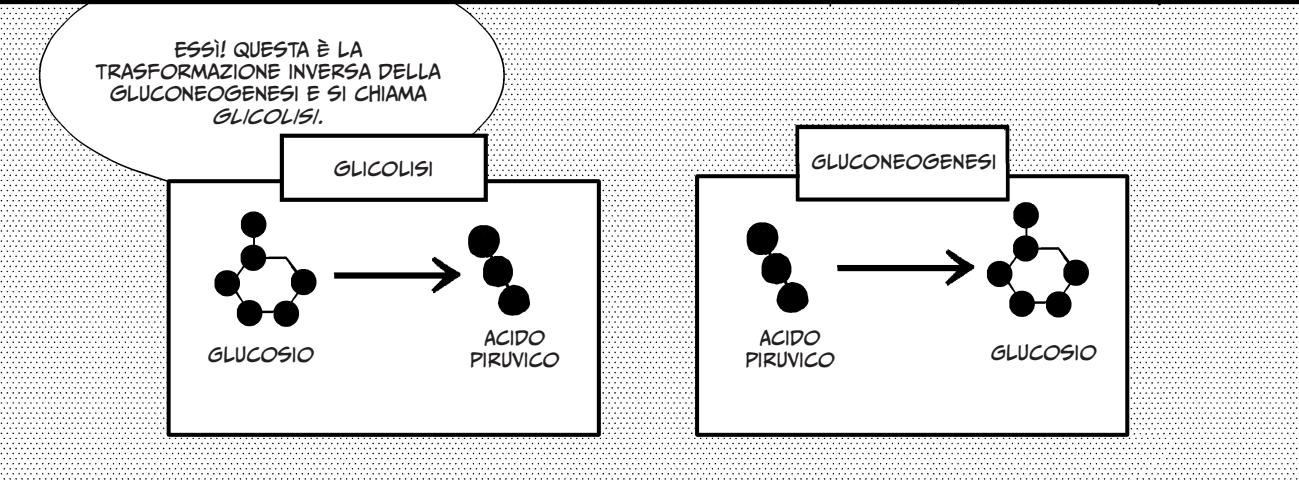
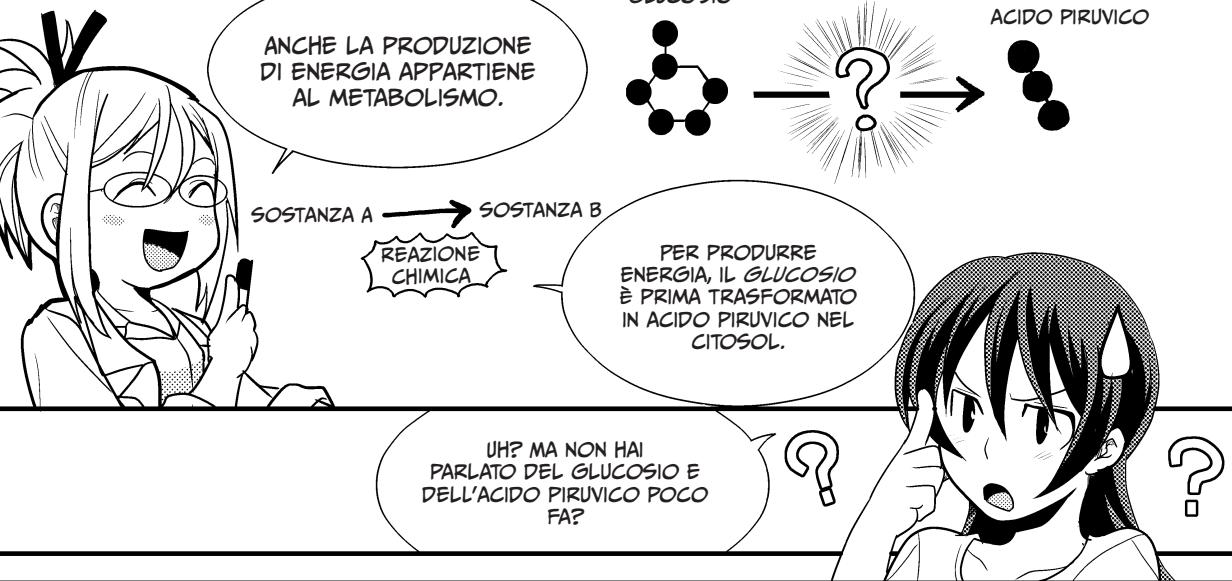
QUINDI LA SINTESI
DELLE PROTEINE È DI
FATTO... BIOCHIMICA!

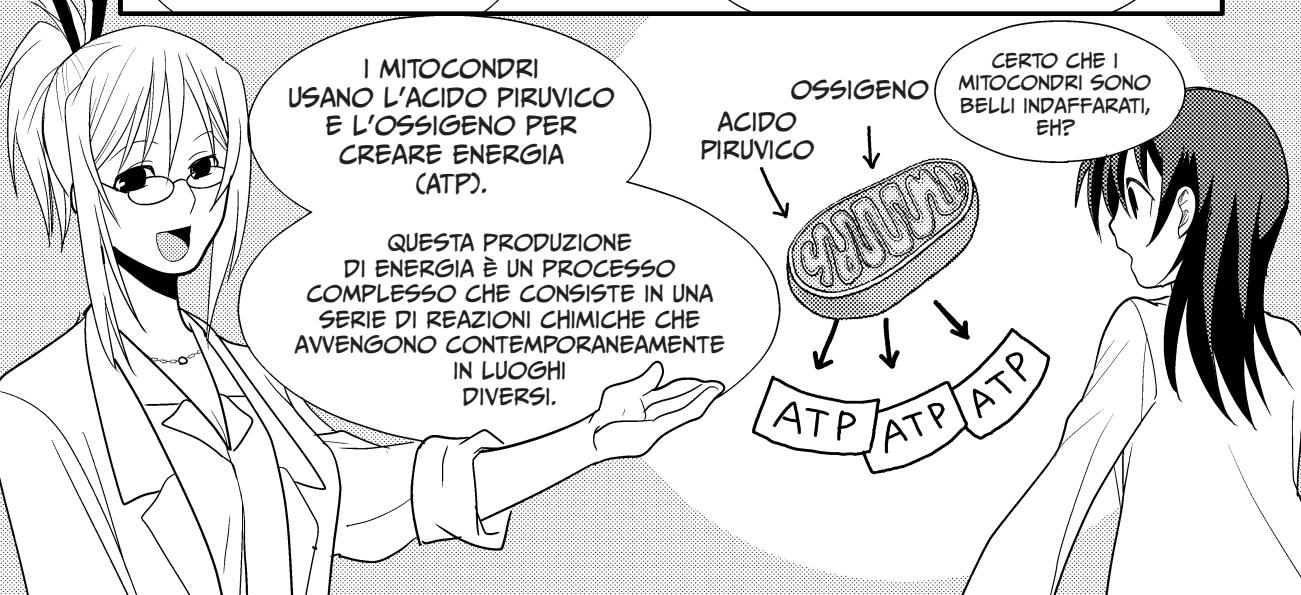
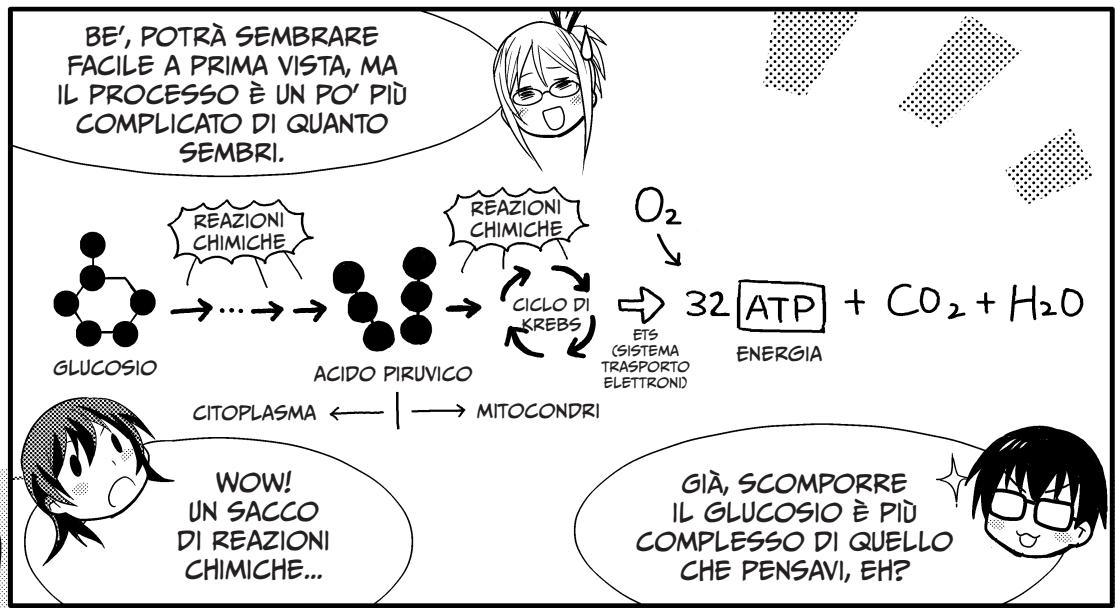


BIOCHIMICA DEL METABOLISMO



BIOCHIMICA DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA



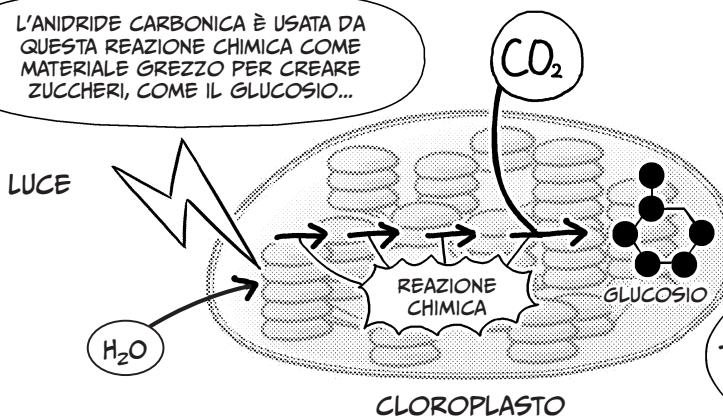


BIOCHIMICA DELLA FOTOSINTESI

E PER FINIRE, DIAMO UNO SGUARDO ALLA FOTOSINTESI NELLE PIANTE.

QUANDO LA LUCE COLPISCE I CLOROPLASTI NELLA CELLULA DI UNA PIANTA, AVVIENE UNA COMPLESSA REAZIONE CHIMICA.

L'ANIDRIDE CARBONICA È USATA DA QUESTA REAZIONE CHIMICA COME MATERIALE GREZZO PER CREARE ZUCCHERI, COME IL GLUCOSIO...



DIMMI, KUMI,
COSA HAI NOTATO IN
TUTTI QUESTI PROCESSI?
HANNO QUALCOSA IN
COMUNE?

UH? UHM... BE' ...

-
- A list of biological processes within a starburst shape:
- ① SINTESI PROTEICA
 - ② METABOLISMO
 - ③ PRODUZIONE DI ENERGIA
 - FOTOSINTESI
- SONO TUTTE
REAZIONI
CHIMICHE?



BINGO!

STELLA DI
MERITO PER
KUMI!

SE C'È UNA CONCLUSIONE CHE DOVRESTITI TRARRE DALLA LEZIONE DI OGGI...

È CHE TUTTI I PROCESSI CHE AVVENGONO NELLE NOSTRE CELLULE SONO REAZIONI CHIMICHE!

IN QUESTO STESSO ISTANTE, DENTRO DI TE STANNO AVENDO LUOGO INNUMEREVOLI REAZIONI CHIMICHE!

REAZIONI CHIMICHE
① ② ③ ④

WOW...

METTE I BRIVIDI.

NON SOLO, MA STANNO AVVENENDO IN MODO INCREDIBILMENTE VELOCE... IN UN BATTER D'OCCHIO!

È INCREDIBILE ESSERE VIVI...

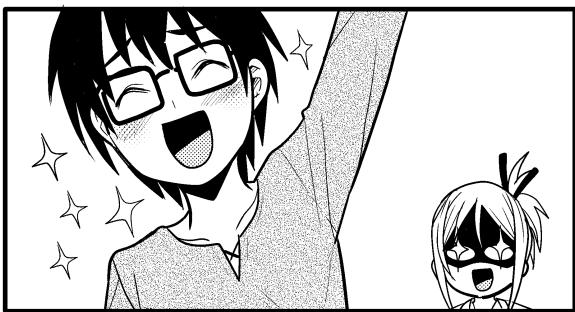
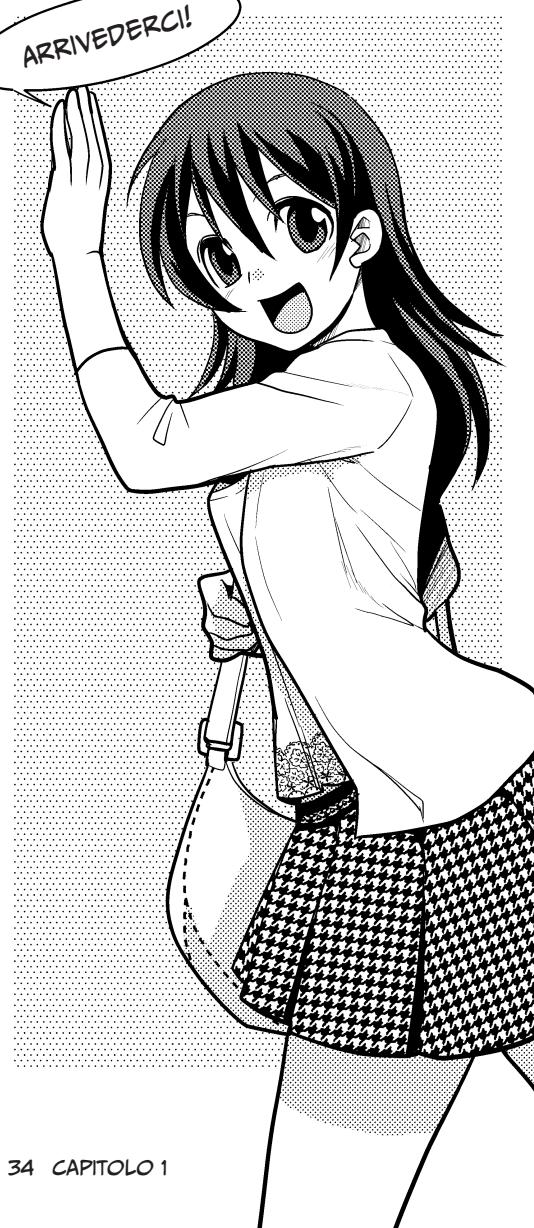
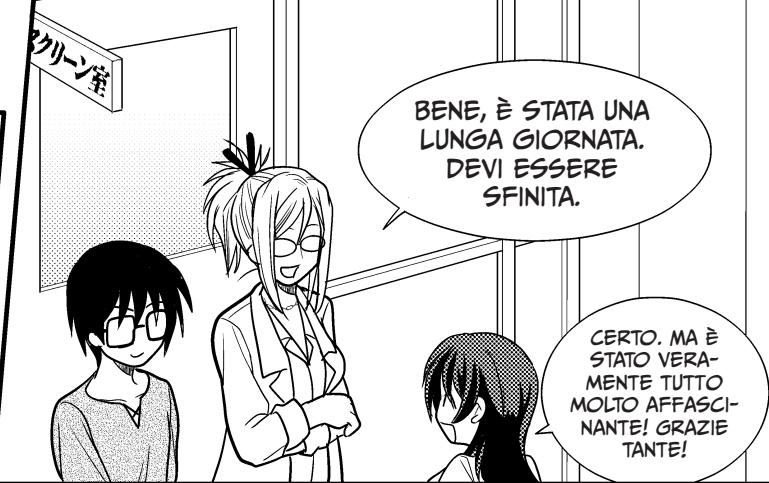
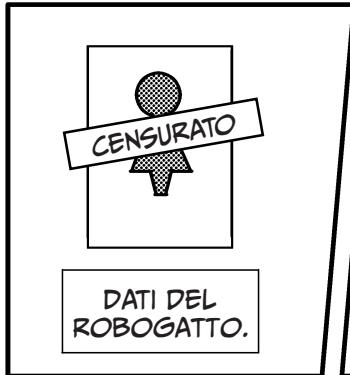
E IL FATTO CHE TUTTO QUESTO STIA AVVENENDO IN OGNI PICCOLA, MINUSCOLA CELLULA... È STRABILIANTE!

LA BIOCHIMICA È DAVVERO INTERESSANTE!

OKAY!

PER OGGI,
FINE DELLA LEZIONE!

LA PRECISA REGOLAZIONE DI QUESTI PROCESSI ASSICURA CHE TUTTO AVVenga NEL GIUSTO ORDINE, UNA CARATTERISTICA QUESTA ESSENZIALE PER LA VITA DELLA CELLULA.



COSA?
ASSOLUTAMENTE NO!
IO VOGLIO SOLO CHE
LA GENTE SI INTERESSI
ALLA BIOCHIMICA,
TUTTO QUI!

SE LO
DICI TU...

MA IO PENSO
CHE CI SIA
“CHIMICA” ANCHE
TRA VOI DUE.

MA È ASSURDO! IO
SONO SOLO UN
INNOCENTE SCIENZIATO!
NON POTREI MAI...

OKAY NEMOTO,
NON DIRE
DI PIÙ. HO
CAPITO.

ERANO ANNI CHE
NON VEDEO
UN RAGAZZO
PERDERE COSÌ
LA TESTA.

RESTA
DA FARE
UNA COSA
SOLA!

CHIAMATEMI SEM-
PLICEMENTE... LA
PROFESSORESSA
DELL'AMORE!



4. Nozioni fondamentali di biochimica

In questa sezione spiegheremo alcuni termini tecnici che dovete conoscere per affrontare lo studio della biochimica.

CARBONIO

Per prima cosa esamineremo un elemento chimico estremamente importante nella biochimica, il carbonio.

Il carbonio è l'elemento identificato dal simbolo chimico C, possiede un numero atomico pari a 6 e un peso atomico di 12,0107 *u* (dove "u" è l'unità di massa atomica).

È il componente primario di tutto ciò che è vita, motivo per cui a volte ci si riferisce agli organismi della Terra come "forme di vita a base di carbonio". Il carbonio è la spina dorsale di tutti i composti organici, e gli organismi viventi sono costituiti quasi interamente da questi composti. Poiché forma quattro legami stabili, un numero insolitamente alto per un elemento, il carbonio è una spina dorsale ideale per le molecole organiche complesse come i biopolimeri.

Le proteine, i lipidi, i polisaccaridi, gli acidi nucleici e le vitamine sono tutti costituiti da una struttura che contiene carbonio. Nonostante il carbonio sia molto comune sulla Terra - nella biosfera, litosfera, atmosfera e idrosfera - ce n'è una quantità finita, e quindi viene continuamente riciclato e riusato. Nel corso del tempo, un atomo di carbonio passa attraverso l'aria, il suolo, le rocce e le creature viventi, seguendo cicli biogeochimici. Il carbonio presente nel tuo corpo oggi potrebbe essere stato un tempo nel corpo di un dinosauro!

I LEGAMI CHIMICI

Quando il carbonio si combina con altri elementi, come l'ossigeno, l'idrogeno o l'azoto, si producono differenti composti chimici. Fatta eccezione per certi gas, come l'Elio e l'Argon, la maggior parte delle sostanze chimiche è composta da molecole, cioè due o più atomi legati tra di loro da un *legame chimico*. Per esempio, una molecola d'acqua (H_2O) è creata quando due atomi di idrogeno (H) e un atomo di ossigeno (O) si uniscono insieme.

Ci sono diversi tipi di legami chimici. Tra di essi, ad esempio: i *legami covalenti*, nei quali gli elettroni sono messi in comune da una coppia di atomi; i *legami ionici*, nei quali atomi carichi di segno opposto si attraggono l'un l'altro; e i *legami metallici*, nei quali un insieme di elettroni orbita attorno a numerosi atomi di metallo.

I quattro legami stabili che il carbonio forma sono tutti legami covalenti.

BIOPOLIMERI

I *biopolimeri* sono molecole estremamente importanti nello studio della biochimica.

Biopolimero è un termine generico usato per molecole organiche lunghe e modulari, che significa "assemblate per unità ripetute", come le perline di una collana. Le proteine, i lipidi, gli acidi nucleici e i polisaccaridi sono tutti biopolimeri. Poiché tendono ad essere molecole molto lunghe, i biopolimeri sono capaci di formare strutture complesse, che li rendono particolarmente utili in sistemi avanzati e complessi quali le cellule.

I biopolimeri possono formare queste catene complesse perché in effetti sono più che semplici perline. Prendiamo in considerazione le proteine, ad esempio. Immaginiamo

una proteina come una collana, fatta da una serie di mattoncini LEGO diversi che possono connettersi l'uno con l'altro. Poiché la collana si può ripiegare e torcere facilmente, non importa se i mattoncini sono tra loro vicini o lontani: sono le proprietà individuali di ogni mattoncino a rendere alcune connessioni migliori di altre. Se questa collana fosse lunga un chilometro, puoi immaginare la quantità di forme strane e complesse che potresti costruire. Non è esattamente così che funzionano le proteine, ma questo rende l'idea.

ENZIMI

Poiché la biochimica spiega la vita da un punto di vista chimico, è fondamentale capire come funzionano le reazioni chimiche, e che gli enzimi sono essenziali per queste reazioni. Infatti gli enzimi sono proteine che agiscono come catalizzatori, riescono cioè ad aumentare le velocità delle reazioni chimiche. Uno specifico enzima catalizza praticamente ogni reazione chimica che avviene nell'organismo.

In una reazione chimica catalizzata da un enzima, la sostanza sulla quale l'enzima agisce è chiamata *substrato*. La nuova sostanza che si forma durante la reazione è chiamata *prodotto*. L'attività di un enzima è influenzata dalle condizioni ambientali in un organismo (temperatura, pH e altri fattori), dalla disponibilità del substrato e, in alcuni casi, dalla concentrazione del prodotto.

Nonostante quasi tutti gli enzimi siano proteine, è stato scoperto che un tipo speciale di acido ribonucleico (RNA) può agire come catalizzatore in alcune reazioni chimiche. In tal caso di si parla di *ribozima* (enzima a RNA).

L'OSSIDO-RIDUZIONE

Gli enzimi sono in genere classificati in sei tipi, che saranno introdotti in dettaglio nel capitolo 4. L'*ossido-riduzione* è una delle più importanti reazioni enzimatiche, nella quale due sostanze si scambiano elettroni. Se una sostanza cede gli elettroni, è *ossidata*; se li guadagna, la sostanza è *ridotta*. Di norma, quando una sostanza è ossidata, un'altra sostanza è ridotta, e si dice pertanto che l'ossidazione e la riduzione avvengono simultaneamente.

Lo scambio di elettroni in un organismo è spesso accompagnato dal movimento degli ioni di idrogeno (H^+ , noti anche come protoni), e NADPH, NADH e composti simili (che discuteremo nel capitolo 2) fungono da agenti riducenti per altre sostanze.

LA RESPIRAZIONE

Nel capitolo 2 esamineremo la *respirazione*. Nella sua definizione più ampia, per respirazione s'intende il processo che produce energia dalla degradazione di composti organici complessi, ma questo dà solo una vaga idea di che cosa significhi.

Nella respirazione, più specificamente, si trasforma una sostanza organica (per esempio, i carboidrati di cui sono fatti gli spaghetti) in semplici componenti inorganici quali l'anidride carbonica (CO_2) e l'acqua (H_2O). L'energia è prodotta quando gli elettroni sono trasferiti da una molecola all'altra (ossido-riduzione), lungo una specie di catena di montaggio, fino a raggiungere l'ossigeno (O_2). Questo processo è conosciuto come *respirazione interna* o *respirazione cellulare*.

L'ossigeno appena menzionato è molto importante nella respirazione. Proviene dall'aria che respiriamo, e l'anidride carbonica è ottenuta come "scarto" di produzione della

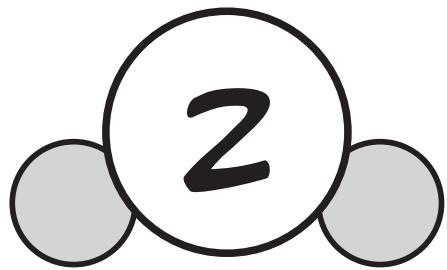
respirazione cellulare. Quando usiamo i nostri polmoni per inalare ossigeno ed buttare fuori l'anidride carbonica, compiamo quella che si dice *respirazione esterna*.

IL METABOLISMO

L'insieme dei processi che trasformano le sostanze chimiche di un organismo è definito metabolismo. In generale, il metabolismo può essere diviso in metabolismo intermedio e metabolismo energetico. Eppure, poiché le due cose avvengono contemporaneamente durante il metabolismo, la distinzione non è molto chiara. In questo libro, quando ci riferiamo al metabolismo, sappi che intendiamo il metabolismo intermedio.

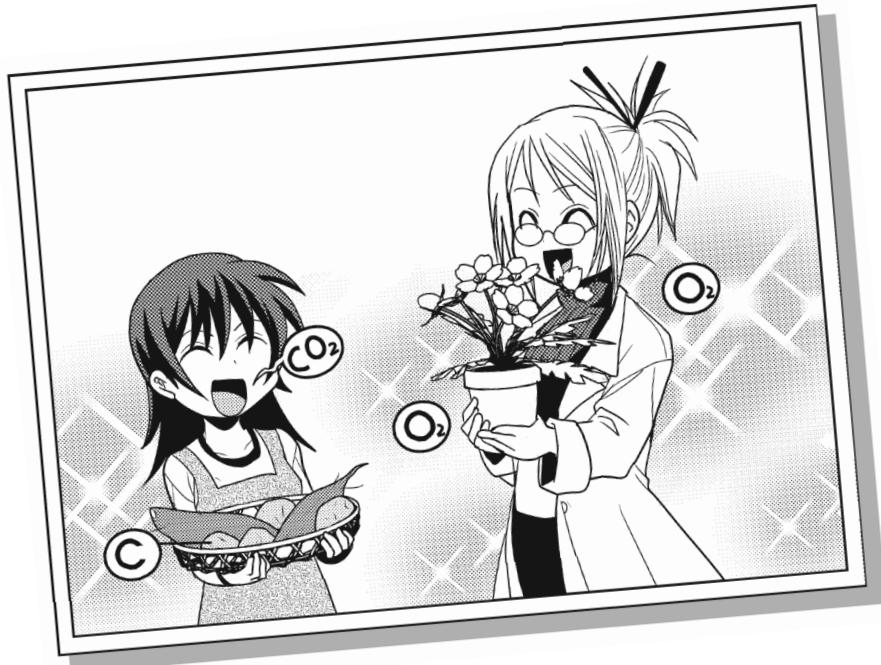
Il metabolismo intermedio - Si riferisce alle trasformazioni che avvengono nel nostro organismo, comprese le reazioni chimiche catalizzate dagli enzimi. Più specificamente, un insieme di reazioni (una via biochimica) che trasforma una sostanza complessa in sostanze più semplici è definita *catabolismo* e, di contro, un insieme di reazioni che sintetizzi una sostanza complessa da precursori più semplici è chiamata *anabolismo*.

Il metabolismo energetico - Si riferisce all'energia che è guadagnata o persa tramite i processi catabolici e anabolici all'interno di un organismo, comprese le reazioni nelle quali l'energia creata attraverso la respirazione o la fotosintesi viene immagazzinata sotto forma di ATP e di altri intermedi a elevata energia.



FOTOSINTESI E RESPIRAZIONE

.....



1. Ecosistemi e cicli

GLI ECOSISTEMI E IL CICLO BIOGEOCHIMICO



ASSOLUTAMENTE! FARÒ LA MIA PARTE EVITANDO DI USARE L'ARIA CONDIZIONATA.



QUANDO FUORI FA CALDO, INVECE, MANGERÒ UN BEL GELATO.

COSÌ FRESCO, COSÌ BUONO!



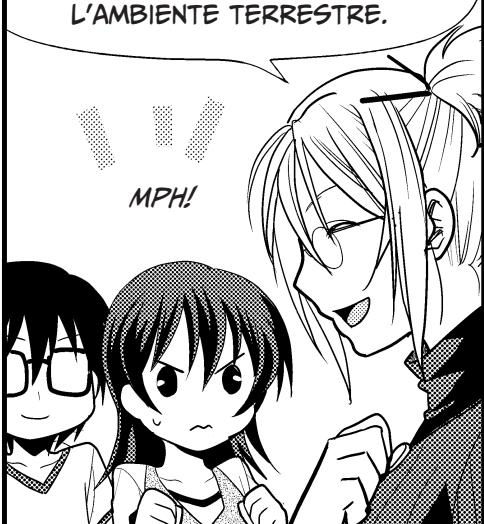
NON È PROPRIETE QUELLO CHE VOGLIO DIRE...

BE', IL TERMINE "AMBIENTE" È UN PO' AMBIGUO... COME DOVREI FARE A CAPIRE QUELLO INTENDI, ESATTAMENTE?



SEI FORSE CONFUSA PERCHÉ STIAMO DISCUENDO SU LARGA SCALA?

DI SICURO È QUELLO IL SUO PROBLEMA! SPIEGHIAMO A KUMI DI COSA È COMPOSTO L'AMBIENTE TERRESTRE.



UN CONCETTO STRETTAMENTE LEGATO AL NOSTRO AMBIENTE È QUELLO DI ECOSISTEMA.

IL TERMINE SI RIFERISCE COMPLESSIVAMENTE A PIANTE, ANIMALI E ORGANISMI CHE ABITANO UN PARTICOLARE AMBIENTE, E AGLI ELEMENTI INANIMATI CHE LO COSTITUISCONO.



INDICA CHE SONO PARTE DI UN TUTTO, CIOÈ DI UN SISTEMA.



POICHÉ TUTTA LA VITA SULLA TERRA È INTERCONNESSA ATTRAVERSO CICLI NATURALI...



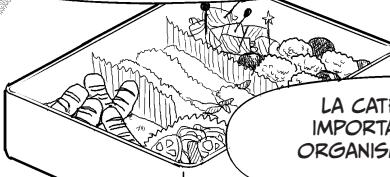
...NON È UN'ESAGERAZIONE CONSIDERARE L'AMBIENTE GLOBALE COME UN GIGANTESCO ECOSISTEMA A SÉ STANTE.



CASPIA!



MA COME PUÒ ESSERE CONSERVATO UN SISTEMA COSÌ VASTO?



LA CATENA ALIMENTARE È IMPORTANTE, INDICA QUALE ORGANISMO MANGIA L'ALTRO, MA...



...QUELLO CHE DOBBIAMO CONSIDERARE QUI È COME UN ECOSISTEMA SI SVILUPPA CHIMICAMENTE.

STIAMO PARLANDO DI BIOCHIMICA, DOPO TUTTO!



TUTTO È COLLEGATO TRAMITE IL CICLO BIOGEOCHIMICO.



SAREBBE... QUALCOSA CHE GIRA IN CIRCOLO?



L'HAI DETTO!



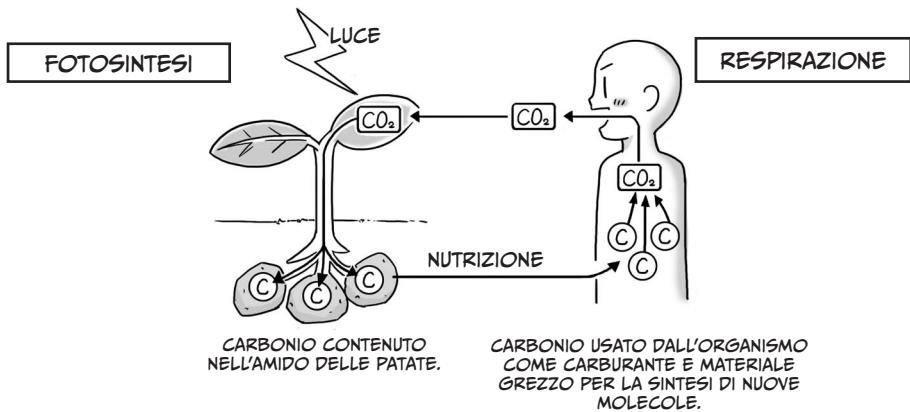
DIAMO UN'OCCHIATA DA VICINO AI CICLI BIOGEOCHIMICI.



CHE COS'È UN CICLO BIOGEOCHIMICO?



Gli elementi di un ecosistema globale, inclusa la catena alimentare, la respirazione e la fotosintesi, sono tutti parte di un ciclo terrestre conosciuto come ciclo biogeochemico.



Quando un organismo, ad esempio un orso, mangia un altro organismo, ad esempio un pesce, il materiale di cui è composto il pesce diventa parte dell'orso. Una sostanza molto importante in questo trasferimento è il **carbonio (C)**.



Guarda il diagramma sopra. Se Kumi mangia una patata, il carbonio passa da quella patata nel suo corpo.



E quando respiro, il carbonio dentro il mio corpo diventa anidride carbonica (CO_2) e viene espulsa dal mio corpo.



Giusto! In seguito, il carbonio rilasciato dal tuo corpo è catturato dalle piante attraverso la fotosintesi e trasformato nel carbonio che costituisce l'amido (che è un tipo di carboidrato).



Poi quella patata viene mangiata da Kumi (o da una mucca o da qualunque altro animale affamato), e il carbonio ritorna di nuovo nel corpo di qualcuno.



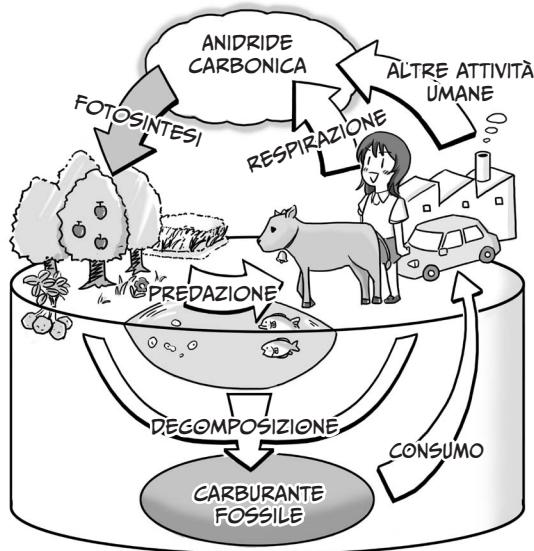
Visto che Kumi mangia la carne, il carbonio può anche essere trasferito dalla mucca al corpo di Kumi.



Mmmm... lo adoro i cheeseburger!
Quindi il carbonio va parecchio a spasso, non è vero? Tutto questo movimento è un ciclo biogeochimico?



Già! Tutto il pianeta porta avanti su scala gigantesca questo ciclo.



Wow! Quindi il riso, le patate e le mele che mangio sono imparentate all'anidride carbonica che qualcuno ha espirato.



Ed è vero non solo per il carbonio. L'idrogeno (H), l'ossigeno (O), l'azoto (N) e lo zolfo (S) circolano sulla terra allo stesso modo, passando da organismo a organismo, venendo poi emessi nell'atmosfera, disciolti negli oceani, o seppelliti nel profondo del sottosuolo.

Quando questo ciclo lavora senza problemi, possiamo dire che l'ecosistema e l'ambiente sono sani.



IL CICLO DEL CARBONIO



E ora spiegherò il ciclo del carbonio un po' più in dettaglio.



Ummm, il carbonio ..? Lo so che ne abbiamo parlato prima, ma non ho ancora capito bene cosa è.

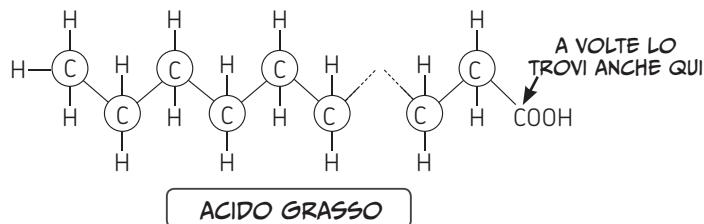
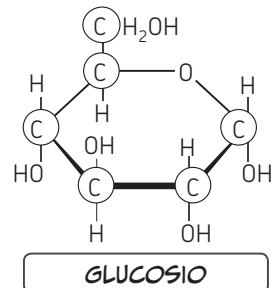
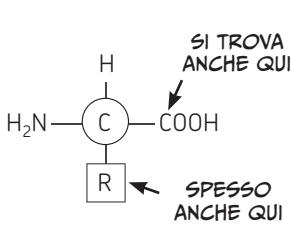


Nessun problema! Nemoto, puoi riassumere alcuni concetti basilari sul carbonio per Kumi?



Certo. Il carbonio è uno dei più importanti elementi chimici per le creature viventi come noi.

Il carbonio si trova al centro degli amminoacidi, che sono i mattoncini costituenti le proteine. È anche l'elemento che forma la struttura dei carboidrati e dei lipidi, ed è un costituente fondamentale del DNA.



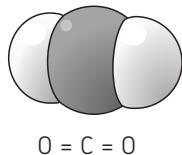
Hai visto? Il carbonio è essenziale per tutti questi composti.



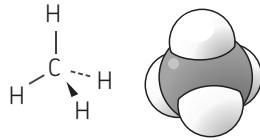
Hai ragione. Mi sa che saremmo nei guai senza il carbonio. È importante davvero!



Il carbonio è liberato da un organismo sotto forma di anidride carbonica (CO_2) o legato a quattro atomi di idrogeno sotto forma di metano (CH_4).



anidride carbonica



metano



Inoltre, può accumularsi nel sottosuolo e, dopo lunghi periodi di tempo, può diventare petrolio greggio, carbone e, in alcuni casi, perfino diamante.



Petrolio! Diamanti! Wow, il carbonio è proprio roba preziosa!



È vero, ma ricorda: non è tutto oro quello che luccica! Il modo in cui circola il carbonio è estremamente importante. Alterare questo equilibrio può provocare un costante aumento di anidride carbonica nell'atmosfera...



Il che potrebbe essere un problema molto serio, no?



Cavolo, sarebbe proprio un gran peccato...



Be', pensala così: se riesci a concepire la Terra come un unico sistema scandito da cicli e vedi il tuo corpo come un sistema simile, allora realizzi l'importanza di un equilibrio sano e la pericolosità della rottura di tale equilibrio. Questa comprensione ti regala importanti intuizioni utili a raggiungere benessere e bellezza!



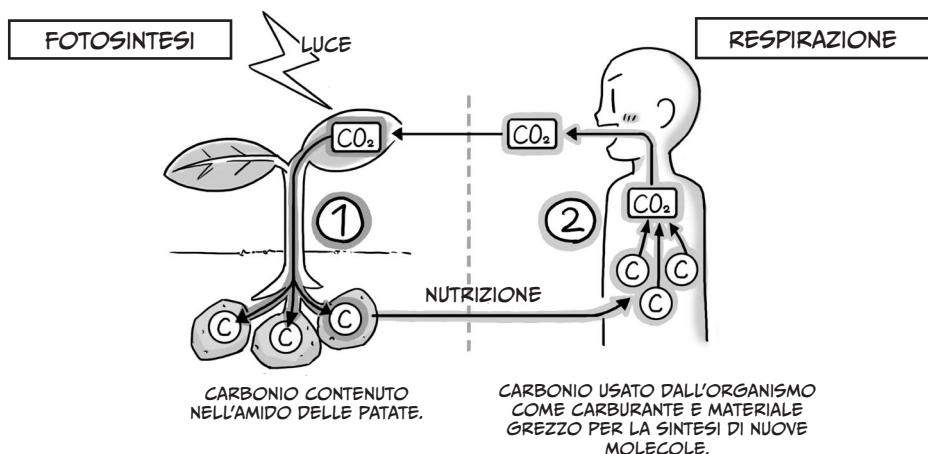
Raggiungere benessere e bellezza? Adesso sì che hai la mia attenzione!



(Wow. La professoressa Kurosaka è veramente brava a motivare Kumi...)



Guardiamo nuovamente la figura.



Guarda ① sulla sinistra. Questo è il **flusso del carbonio, nel quale le piante trasformano l'anidride carbonica presente nell'atmosfera con la fotosintesi e la usano come materiale di costruzione per creare carboidrati.**

Adesso guarda ② sulla destra. Questo è il **flusso del carbonio nel quale questi carboidrati sono trasformati dagli organismi viventi. Attraverso questo processo diventano di nuovo anidride carbonica e vengono restituiti all'atmosfera attraverso la respirazione.**

Parliamo ancora un po' di questi due flussi. Ora che abbiamo finito di pranzare, possiamo davvero affondare i canini nella materia!



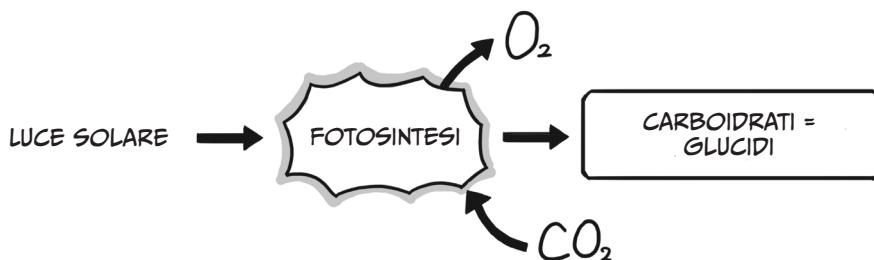
Splendido!

2. Parliamo di fotosintesi



L'IMPORTANZA DELLE PIANTE

Alla base dell'ecosistema, le piante, le alghe e alcuni batteri forniscono cibo a tutte le creature viventi. La maggior parte di essi usa il processo chiamato *fotosintesi*, nel quale i carboidrati e l'ossigeno (O_2) si formano dall'anidride carbonica e dalla molecola dell'acqua, usando l'energia solare. I carboidrati sono anche noti come glucidi e sono essenziali per le creature viventi.



Per questo motivo le piante sono chiamate *produttrici*.

Al contrario, noi animali siamo chiamati *consumatori*. La fotosintesi non è importante solo perché sintetizza glucidi. Mantiene anche una concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera costante e bilanciata, e produce ossigeno, di cui gli esseri viventi hanno bisogno per sopravvivere.



Come puoi immaginare, la deforestazione portata avanti dagli uomini riduce grandemente il numero di "produttori", sconvolgendo il delicato equilibrio del ciclo biogeochimico e minacciando potenzialmente l'esistenza dei "consumatori" (come noi!).

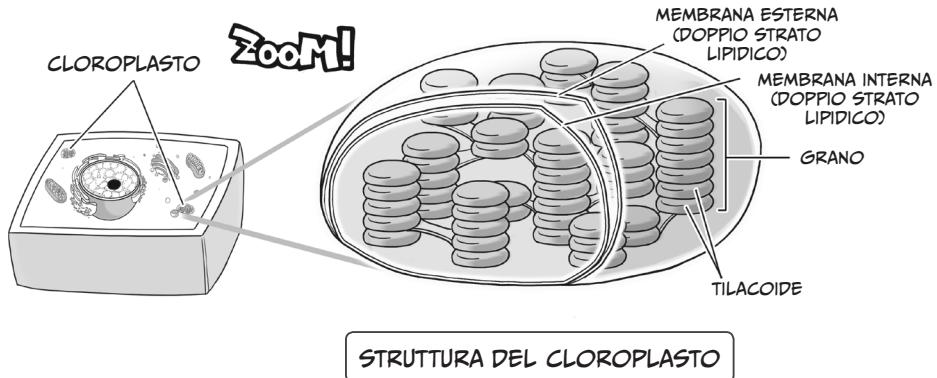
Ora diamo uno sguardo più da vicino al modo in cui le piante usano la luce del sole per sintetizzare i glucidi.



LA STRUTTURA DEI CLOROPLASTI

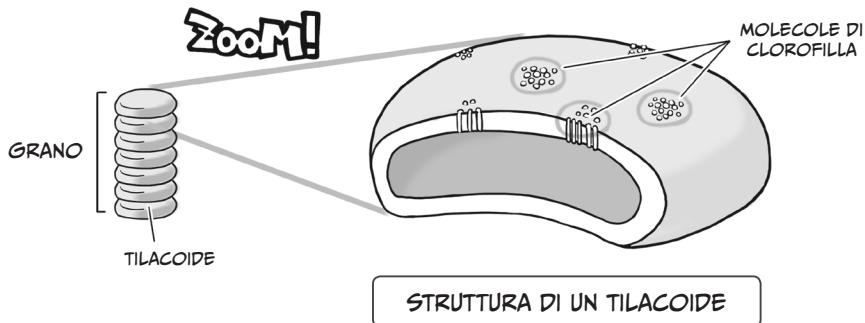
L'immagine (gentile concessione del Robogatto) mostra piccoli organelli verdi, chiamati *cloroplasti*, all'interno di una cellula vegetale.

Dentro ai cloroplasti ci sono strutture a forma di portamonete, ammucchiate su più strati a formare strane costruzioni. Ognuno di questi sottili portamonete è chiamato *tilacoide*, e una pila di più tilacoidi è chiamato *grano*.



La membrana del tilacoide è un doppio strato composto principalmente da fosfolipidi, proprio come la membrana delle cellule.

Ora diamo un'occhiata alla superficie della membrana di un tilacoide.



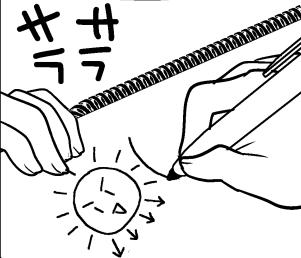
Vedete i gruppi di piccoli granellini che sembrano emergere dalla superficie del tilacoide? Sono gruppi di molecole chiamate *clorofilla*, oltre a varie proteine che partecipano alla fotosintesi.

Le molecole di clorofilla assorbono la luce solare. Però non assorbono l'intero spettro di luce; riflettono la parte verde della luce solare rimandandola all'esterno, ed è questo il motivo per cui le piante ci appaiono verdi.

FOTOSINTESI: LA REAZIONE DI FOTOFOSFORILAZIONE

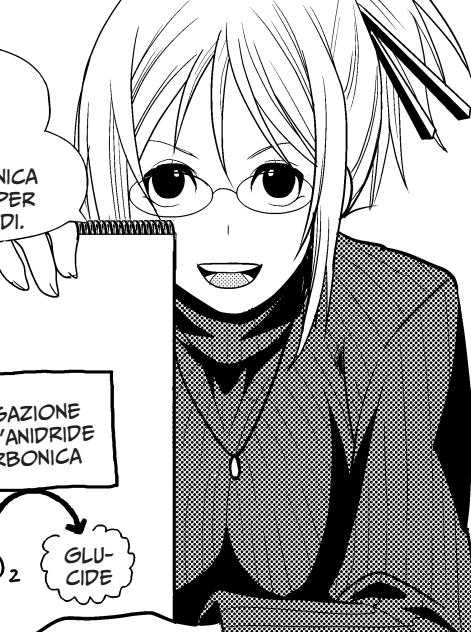
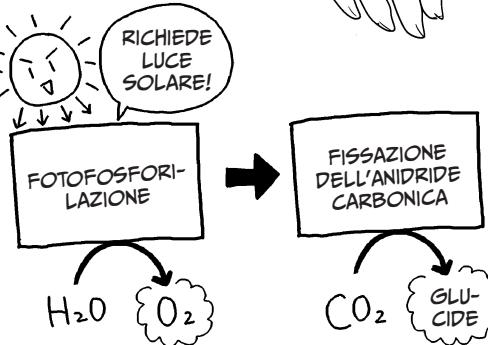


LE DUE REAZIONI PIÙ
IMPORTANTI DELLA
FOTOSINTESI SONO LA
FOTOFOSFORILAZIONE
E LA FISSAZIONE
DELL'ANIDRIDE
CARBONICA.



LA FOTOFOSFORILAZIONE È
LA CREAZIONE DI ENERGIA A
PARTIRE DALLA LUCE SOLARE.

LA FISSAZIONE
DELL'ANIDRIDE CARBONICA
USA QUESTA ENERGIA PER
SINTETIZZARE I GLUCIDI.



PRIMA DI TUTTO,
STUDIEREMO LA FOTO-
FOSFORILAZIONE.

SCOPRIAMO DOV'È
CHE LA FOTOFOSFORILAZIONE VIENE
REALIZZATA DENTRO I
CLOROPLASTI.

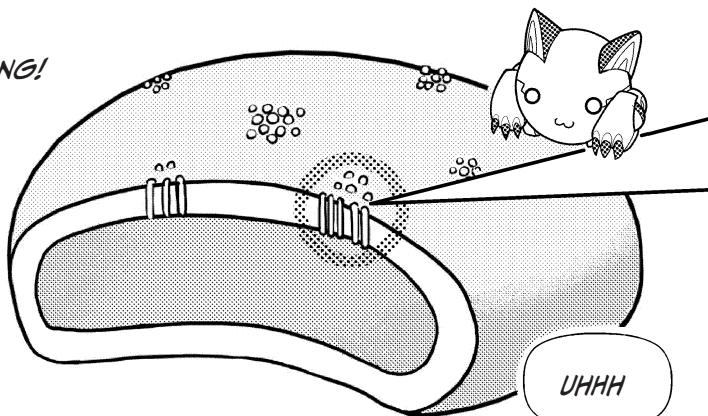


QUESTA È UN'IMMAGINE
CHE MOSTRA UN TILACOIDE
DENTRO UN CLOROPLASTO.

VEDI L'INSIEME DI
PROTUBERANZE?

OGNI GRUPPO È
UN AGGREGATO DI
MOLECULE, CHIAMATE
CLOROFILLA, E DI
VARIE PROTEINE.

PING!



ADESSO ZOOMIAMO SULLA MEMBRANA DI UN TILACOIDE.

Zoom!

COMPLESSO DI CLOROFILLA E PROTEINE

FLUSSO DI ELETTRONI

MEMBRANA A DOPPIO STRATO DI UN TILACOIDE.

FOTOSISTEMA II

COMPLESso DI CITOCROMO B₆-F

FOTOSISTEMA I

SINTesi DI ATP

QUESTO COMPLESSO DI CLOROFILLA E PROTEINE APPARE IMMERSO NELLA MEMBRANA DEL TILACOIDE.

EH GIÀ! MA ASPETTA... COSA SONO LE ALTRE COSE DALLA FORMA STRANA?

TIPO QUESTE...

QUELLE SONO LE PARTI DELLA CATENA DI TRASPORTO DEGLI ELETTRONI. OGUNA DI QUELLE FORME STRANE È UN COMPLESSO FATTO DI MOLTE PROTEINE MESSE INSIEME.

SONO FONDAMENTALI PER LA FOTOSINTESI.

EEEK! PRIMA STAVAMO PARLANDO DI FOTOSINTESI DELLE PIANTE, E ORA TUTTO AD UN TRATTINO SBUCANO GLI ELETTRONI? SONO UFFICIALMENTE SBALORDITA...

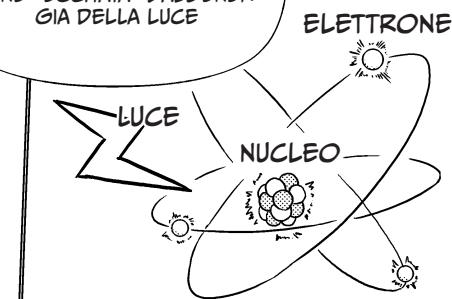


BE', COME FORSE SAPRAI,
OGNI COSA È FATTA DI ATOMI. OGNI
ATOMO HA UN CENTRO CHIAMATO
NUCLEO...

E UN GRUPPO
DI ELETTRONI CHE
GIRANO ATTORNO A
QUESTO NUCLEO.

QUANDO LA LUCE
SOLARE COLPISCE LA
CLOROFILLA, LA MOLECOLA
VIENE "ECCITATA" DALL'ENER-
GIA DELLA LUCE

ADESSO TE
LO SPIEGO IN
DETTAGLIO!!



ACCIDENTI!

QUANDO ACCADE, UNO
DEGLI ELETTRONI DELLA
MOLECOLA FINISCE PER
VOLARE VIA.*

* IN REALTÀ, GLI ELETTRONI VOLANO VIA SOLO DAL CENTRO DI REAZIONE DELLA CLOROFILLA. LE ALTRE MOLECOLE DI CLOROFILLA AGISCONO COME AMPLIFICATORI PER FORNIRE L'ENERGIA NECESSARIA AL CENTRO DI REAZIONE, PERMETTENDO GLI ELETTRONI DI STACCARSI.

L'ELETTRONE LIBERO
VIENE QUINDI CONSEGNAZIO-
NATO AD UN
ALTRO COMPLESSO DI PROTEINE
VICINO ALLA CLOROFILLA.

QUEST'ALTRO COMPLESSO DI PROTEINE È
ANCH'ESSO IMMERSO NELLA MEMBRANA DEL
TILACOIDE.

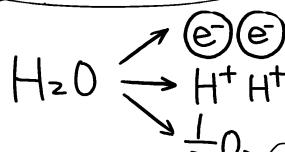


AH! ORA HO CAPITO! POICHÉ GLI
ELETTRONI SONO PASSATI DA UN
COMPLESSO AD UN ALTRO, QUESTA
SI CHIAMA "CATENA DI TRASPORTO
DEGLI ELETTRONI!"

SÌ!

RICORDI L'INSIEME
DI FORME STRANE DI
PRIMA?

QUELL'ELETTRONE È RIMPIAZ-
ZATO DALLA DISREGGUAZIONE
DI MOLECOLE D'ACQUA, E
COME RISULTATO VIENE PRO-
DOTTO OSSIGENO.



OH!

QUINDI UNA PIANTA
NON PUÒ COMPIERE
LA FOTOSINTESI SE
NON HA ACQUA.



I COMPLESSI DI PROTEINE FANNO PIÙ CHE TRASPORTARE ORDINATAMENTE GLI ELETTRONI.

DURANTE QUESTO PROCESSO, SINTETIZZANO UNA MOLECOLA CHIAMATA NADPH, E ALLA FINE DI QUESTA CATENA VIENE CREATO ATP.

ATP

HAI GIÀ CITATO L'ATP, MA MI PARE SIA LA PRIMA VOLTA CHE SENTO PARLARE DI NADPH...

ATP

NADPH

L'NADPH CONSISTE DI UNA COPPIA DI ELETTRONI E DI UN PROTONE INCOLLATI A UNA MOLECOLA CHE SI CHIAMA ACCETTORE. È CREATO DALL'ENZIMA NADPH REDUTTASI.

METTILI QUI!

PROTONE

e

"^ ^" NADPH

POSSIAMO PENSARE ALL'NADPH COME A UN MAGAZZINO TEMPORANEO CHE ACCOGLIE DUE ELETTRONI E UN PROTONE CHE SONO NECESSARI ALLA REAZIONE DI FISSAZIONE DELL'ANIDRIDE CARBONICA DI CUI PARLAVAMO PRIMA.*

* IN ALTRE PAROLE, L'NADP⁺ VIENE "RIDOTTO", CREANDO L'NADPH. (VEDI PAGINA 37 PER UNA SPIEGAZIONE DELLA RIDUZIONE.)

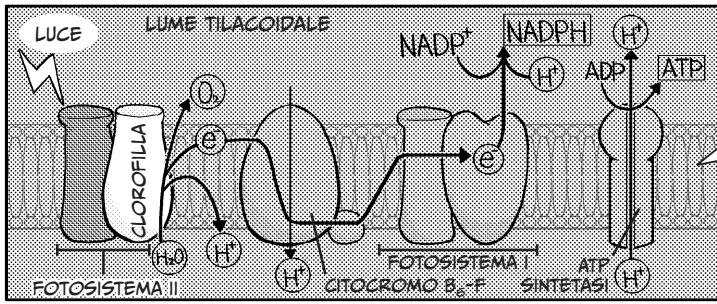
L'ENERGIA CHE VIENE GENERATA È PROPRIO "UN FLUSSO DI ELETTRONI" E, IN QUESTO SENSO, È PROPRIO COME L'ELETTRICITÀ CHE ALIMENTA I TUOI ELETTRODOMESTICI.

SI MANGIA!

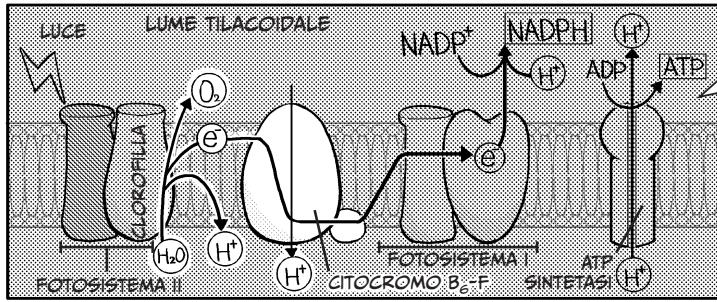
ADDESSO GUARDA IN CHE MODO VIENE CREATO L'ATP, TRAMITE FOTOFOSFORILAZIONE!

FLIP!

ANCHE LA CATENA DI TRASPORTO DEGLI ELETTRONI PUÒ CREARE UN "FLUSSO DI ELETTRONI". QUESTO FLUSSO GENERA SOSTANZE COME L'ATP.

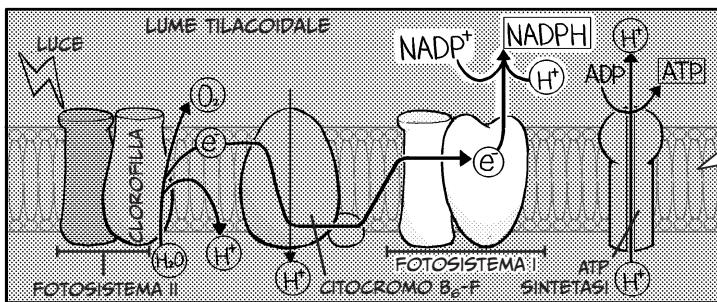


FASE 1 (FOTOSISTEMA II)
LA LUCE SOLARE COLPISCE LA CLOROFILLA*.

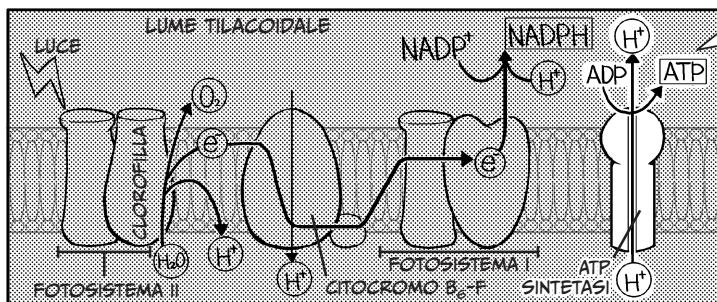


FASE 2
L'ENERGIA DELLA LUCE PORTA LA CLOROFILLA AD UNO STATO ECCITATO, E CAUSA LA FUGA DI UN ELETTRONE e^- . NELLO STESSO TEMPO UN PROTONE H^+ SI ACCUMULA NEL LUME DEL TILACOIDE.

e^- INDICA QUESTO ELETTRONE.



FASE 3 (FOTOSISTEMA I)
NADP⁺ CATTURA DUE ELETTRONI (e^-) ED UN PROTONE, E VIENE PRODOTTO L'NADPH.



FASE 4
I PROTONI (H^+) CHE SI SONO CONCENTRATI NEL LUME DEL TILACOIDE ABBANDONANO IL TILACOIDE STESSO SEGUENDO IL GRADIENTE DI CONCENTRAZIONE**, PASSANDO ATTRAVERSO L'ATP SINTETASI. A QUESTO PUNTO, L'ATP È SINTETIZZATO A PARTIRE DALL'ADP.

** UNA FORZA CHE PROVOCÀ IL FLUSSO SPONTANEO DI UNA SOSTANZA DA UNA ZONA AD ALTA CONCENTRAZIONE A UNA A BASSA CONCENTRAZIONE.

* ANCHE IL FOTOSISTEMA I CONTIENE CLOROFILLA. L'ENERGIA È RICEVUTA ANCHE QUI, E GLI ELETTRONI PROVENIENTI DAL FOTOSISTEMA II VENGONO ECCITATI NUOVAMENTE.

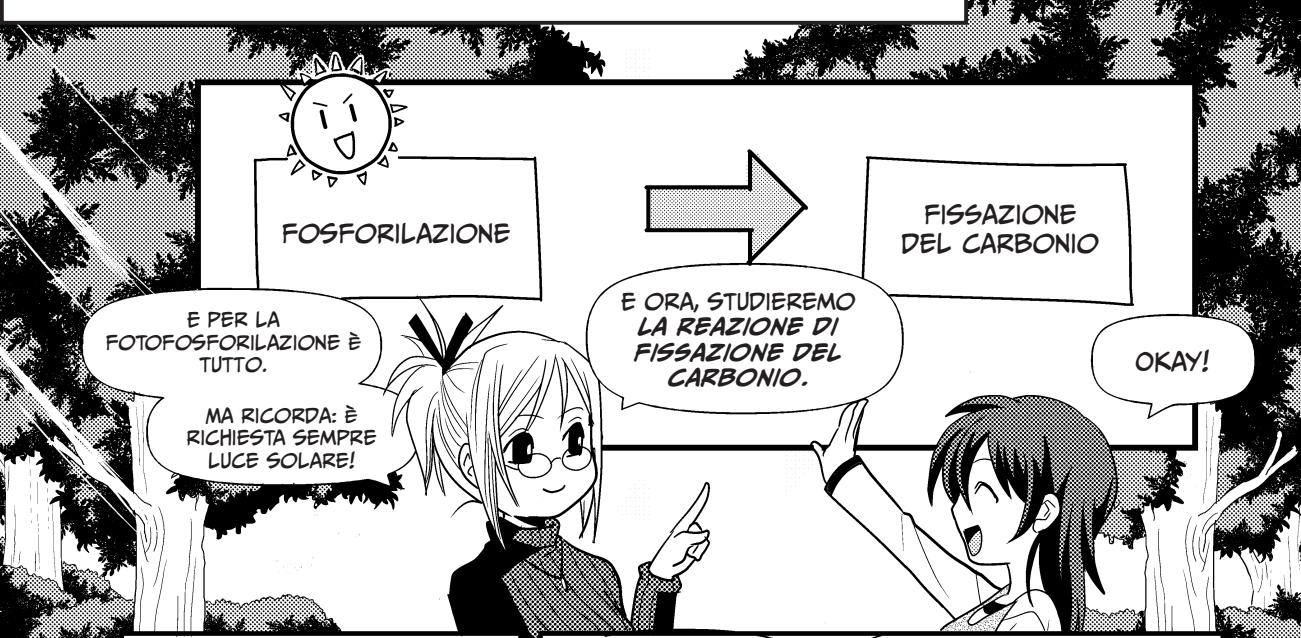
OH, CAPISCO! A VEDERLO ILLUSTRATO PASSO DOPO PASSO, HA MOLTO PIÙ SENSO!

NADPH E ATP VENGONO PRODOTTI GRAZIE A QUESTO "FLUSSO DI ELETTRONI!"

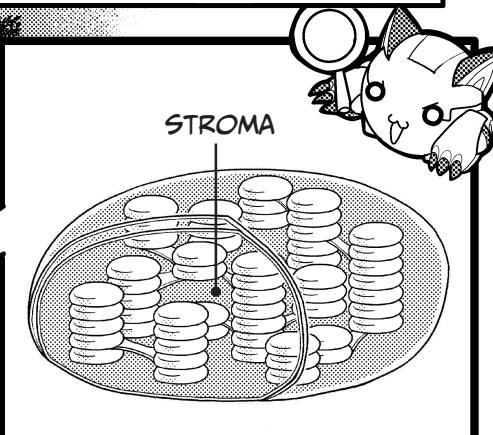




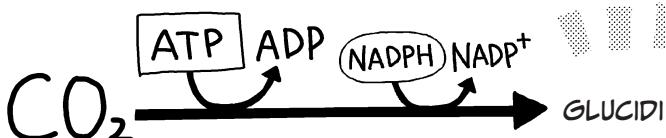
FOTOSINTESI: LA FISSAZIONE DELL'ANIDRIDE CARBONICA



* QUESTA TRASFORMAZIONE INDIPENDENTE DALLA LUCE È ANCHE NOTA COME CICLO DI CALVIN O CICLO RIDUTTIVO DEI PENTOSI FOSFATI.



LA FISSAZIONE DEL CARBONIO È UNA REAZIONE CHE USA ENERGIA CHIMICA, IMMAGAZZINATA SOTTO FORMA DI ATP, PER CREARE GLUCIDI E UTILIZZA COME MATERIALE DI PARTENZA L'ANIDRIDE CARBONICA PRESENTE NELL'ARIA.



SAREBBE A DIRE L'ANIDRIDE CARBONICA PRODOTTA DALL'UOMO E DAGLI ALTRI ANIMALI, NON È COSÌ? E LA REAZIONE HA INOLTRE BISOGNO DELL'ENERGIA CHIMICA CREATA DALLA FOTOFOSFORILAZIONE.

ATP
NADPH

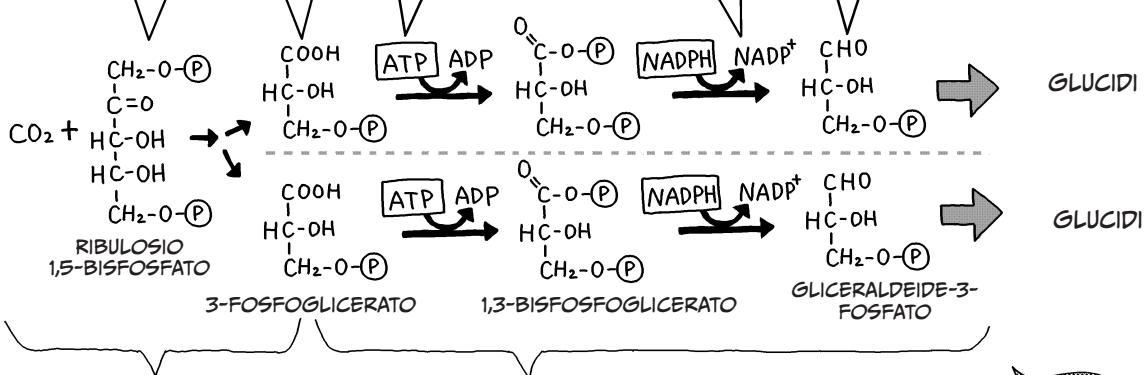
FISSAZIONE
DEL
CARBONIO

CO_2

PER PRIMA COSA, LA CO_2 SI LEGA AD UNA SOSTANZA CHIAMATA RIBULOSIO-1,5-BISFOSFATO (CON 5 C) PER FORMARE DUE MOLECOLE DI 3-FOSFOGLICERATO, CIASCUNA CON TRE ATOMI DI CARBONIO.

L'ENERGIA CHIMICA DELL'ATP E IL POTERE RIDUCENTE DELL'NADPH VENGONO USATI PER CREARE DUE MOLECOLE DI GLICERALDEIDE 3-FOSFATO DA QUESTO 3-FOSFOGLICERATO

E QUESTA GLICERALDEIDE 3-FOSFATO È USATA PER PRODURRE GLUCOSIO, FRUTTOSIO, E ALTRI ZUCCHERI.



MA QUESTO "GLUCOSIO"
PRODOTTO ALLA FINE... CHE
COS'È ESATTAMENTE?

RILASSATI
KUMI.

IL GLUCOSIO* È UN
GLUCIDE (O CARBOIDRATO)
SEMPLICE, MOLTO COMUNE
NEGLI ORGANISMI VIVENTI E
SPECIALMENTE NEI CIBI CHE
CONTENGONO AMIDO.

IN
CONFUSIONE!

* PIÙ PRECISAMENTE, IL GLUCIDE SINTETIZZATO TRAMITE LA
FOTOSINTESI È GLUCOSIO 1-FOSFATO.

OH, WOW! RISO, PASTA, PATATE...
NASCONO TUTTI DA QUESTO
INCREDIBILE PROCESSO!

PROPRIO COSÌ! LE
PIANTE FORMANO
L'AMIDO ASSEMBLANDO
UNITÀ DI GLUCOSIO
COME PERLINE IN UNA
COLLANA, OPPURE
CONVERTONO IL
GLUCOSIO IN GLUCIDI
PIÙ DOLCI, QUALI IL
SACCAROSIO** O
IL FRUTTOSIO.

SE LE PIANTE NON SVOLGESSERO
LA FOTOSINTESI, TUTTI QUESTI CIBI
SPARIREBBERO...

GASP

...E NOI PERDEREMMO IL
LORO ESSENZIALE APPORTO
NUTRITIVO, PER NON PARLARE
DEI DOLCETTI GOLOS!

ALLORA, ORA CAPISCI
L'IMPORTANZA DELLA
FOTOSINTESI?

QUESTO MATERIALE
IMMAGAZZINATO COME RISERVA
RAPPRESENTA LA PARTE PIÙ
DELIZIOSA E NUTRIENTE DELLE
PIANTE, E CI REGALA CIBI QUALI
IL RISO, IL GRANO, LE PATATE
E LA FRUTTA!

SÌ! DA ORA IN POI
SARÒ GRATA PER
OGNI SINGOLO
CHICCO DI RISO
CHE MANGERÒ!

A DIRE IL VERO, UN
PO' DI RISO MI AN-
DREBBE PROPRIO, IN
QUESTO MOMENTO...

** LE PIANTE SINTETIZZANO IL SACCAROSIO
A PARTIRE DAL GLUCOSIO PER RENDERSI
PIÙ APPETIBILI AGLI ANIMALI CHE LE
MANGIANO.

1. La respirazione

CHE COS'È UN CARBOIDRATO?

FARE LEZIONE
ALL'APERTO È STATO
DIVERTENTE!

ORA Siete PRONTI PER
UNA PICCOLA PAUSA
CAFFÈ, RAGAZZI?

SÌ!

UHM...

A PROPOSITO... C'È
QUALCOSA CHE ANCORA
MI SFUGGE.

LO ZUCCHERO È
UN GLUCIDE, CHE
SAREBBA A DIRE
UN CARBOIDRATO,
GIUSTO?

ZUCCHERO

SÌ, I CARBOIDRATI
SONO GLUCIDI E LO
È ANCHE LO ZUCCHERO
NOTO COME ZUCCHERO
DA TAVOLA O LO
ZUCCHERO NEL SANGUE.

ARGH! QUESTA È LA PARTE CHE MI
CONFONDE! IL RISO È RICCHISSIMO
DI AMIDO, UN CARBOIDRATO, PERCIÒ È
PRATICAMENTE FATTO DI ZUCCHERO.
MA ALLORA PERCHÉ NON È DOLCE?!

GLUCIDE =
CARBOIDRATO
= SACCARIDE =
ZUCCHERO

GIUSTO?



COSA HA DI DIVERSO LA
TORTA PER ESSERE COSÌ
DOLCE E DELIZIOSA?

LA TUA È UN'OTTIMA OSSERVAZIONE, KUMI.

GUARDA QUI.
QUANDO DICHIAMO "GLUCIDI"
O "CARBOIDRATI", STIAMO IN
EFFETTI CONSIDERANDO UNA
SERIE DI ZUCCHERI DIVERSI
TRA LORO.



ZUCCHERO DA TAVOLA (SACCAROSIO)

FRUTTOSIO

LATTOSIO

AMIDO

OH,
CAPISCO...

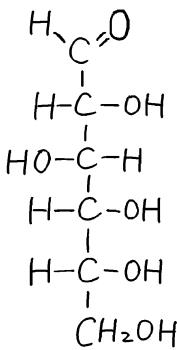
PER CUI OGNI TIPO DI GLUCIDE È DIFFERENTE.
VOGLIAMO DARE UNO SGUARDO PIÙ DA VICINO?

L'ORA DEL GLUCIDE!

SÌ!

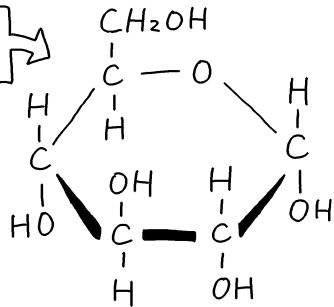
UN GLUCIDE MOLTO IMPORTANTE È IL GLUCOSIO. HA SIA UNA STRUTTURA A CATENA APERTA, SIA UNA STRUTTURA CICLICA (O AD ANELLO).

IL DIAGRAMMA RAPPRESENTA QUELLO CHE CHIAMIAMO α -D-GLUCOSIO. SE NELLA FORMA CICLICA IL GRUPPO IDROSSILE E L'IDROGENO SITUATI PIÙ A DESTRA SI SCAMBIANO DI POSIZIONE, ATTORNO AL LORO ATOMO DI CARBONIO, ABBIAMO IL β -D-GLUCOSIO.



STRUTTURA A CATENA APERTA

STRUTTURA CICLICA



GUARDA LA STRUTTURA A CATENA APERTA. SEI ATOMI DI CARBONIO (C) SONO ALLINEATI VERTICALMENTE, E UN IDROGENO (H) E UN GRUPPO IDROSSILE (OH O HO) SONO LEGATI AD OGNIUNO DEI CINQUE LIVELLI INFERIORI.

IL PRIMO CARBONIO IN ALTO È PRESENTE COME GRUPPO ALDEIDICO ($\text{H}-\text{C}=\text{O}$)

QUESTO È UNO DEI GRUPPI BASE DI UN MONOSACCHARIDE, CIÒÈ UN GLUCIDE SEMPLICE COSTITUITO DA UNA SOLA UNITÀ*.

*VEDI PAGINA 83 PER MAGGIORI INFORMAZIONI SUI MONOSACCHARIDI.

LO ZUCCHERO SI SCIOLGE FACILMENTE, GIUSTO? PUÒ VIAGGIARE PER IL CORPO ATTRAVERSO IL FLUSSO SANGUINO PERCHÉ I GRUPPI IDROSSILICI INTERAGISCONO BENE CON L'ACQUA.



OH



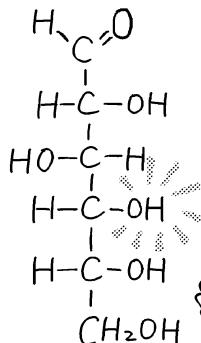
CHIARAMENTE, LA PRESENZA DEGLI OH È UNA CARATTERISTICA IMPORTANTE DELLO ZUCCHERO, MA ABBIANO ANCHE BISOGNO DI CONOSCERE DOVE GLI OH SONO LOCALIZZATI NEI MONOSACCARIDI.



VERAMENTE?
PERCHÉ?

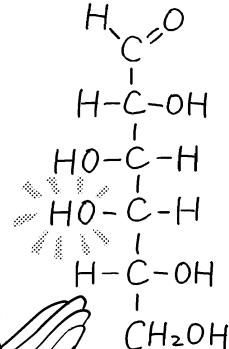


GLUCOSIO



BE', SE L'OH LEGATO AL QUARTO ATOMO DI CARBONIO SI TROVA SUL LATO SINISTRO DELLA MOLECOLA...

GALATTOSIO

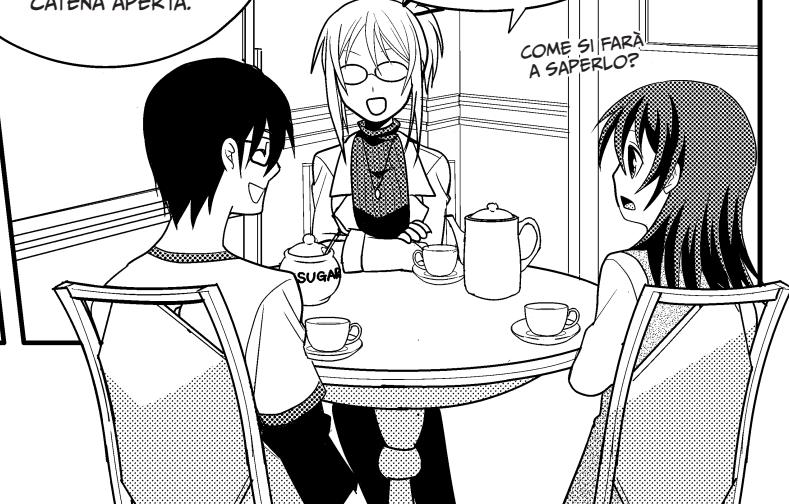


NON È PIÙ GLUCOSIO MA PIUTTOSTO UN DIFFERENTE TIPO DI MONOSACCARIDE CHIAMATO GALATTOSIO.

DIVENTA UNA COSA DIFFERENTE A SECONDA SE SI LEGA A DESTRA O A SINISTRA... È DAVVERO STRANO.



I MONOSACCARIDI, QUANDO SI TROVANO IN UN ORGANISMO, ASSUMONO PIÙ SPESO LA STRUTTURA CICLICA CHE QUELLA A CATENA APERTA.



IL GLUCOSIO ASSUME ANCHE QUESTA FORMA:



PIÙ SPESO DI QUESTA:



COME SI FARÀ A SAPERLO?



I SACCARIDI E IL SUFFISSO "-OSIO"

Avrai probabilmente notato che la maggior parte dei glucidi (carboidrati, o saccaridi) di cui abbiamo discusso finora, come il glucosio e il galattosio, terminano con il suffisso “-osio”. Ci sono delle regole standardizzate per denominare i glucidi, così questi nomi finiscono solitamente con “-osio”.

Per esempio, il glucosio è il glucide che è alla base della produzione di energia, e ci riferiamo a questo zucchero quando parliamo di *zucchero nel sangue*. Il comune zucchero da tavola è tecnicamente chiamato *saccarosio*. Il latte contiene un glucide chiamato *zucchero del latte*, che è conosciuto come *lattosio*, e lo zucchero contenuto nella frutta è chiamato *fruttosio*. È importante ricordare che ci sono diversi tipi di glucidi nel mondo naturale, e che le strutture del *saccarosio*, *lattosio*, *glucosio*, *galattosio* e *fruttosio* sono alquanto differenti. Inoltre, l'amido che si trova nel riso, nelle patate e negli altri alimenti amidacei è costituito da *amilosio* e *amilopectina*.

Nel capitolo 3, esamineremo le strutture di questi carboidrati complessi in dettaglio.



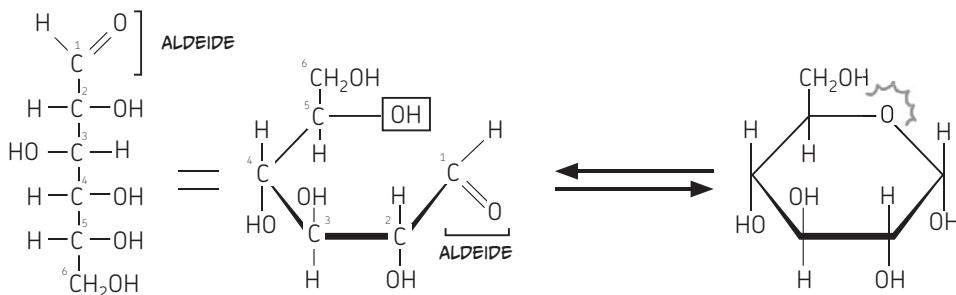
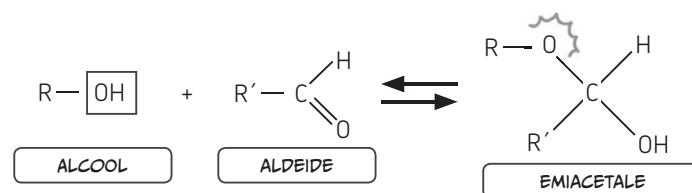
PERCHÉ I MONOSACCARIDI ASSUMONO UNA STRUTTURA CICLICA?

Perché i monosaccaridi assumono la struttura ciclica più spesso della struttura aperta?

Il segreto è in un OH della molecola che va a legarsi a un atomo di carbonio interno alla molecola stessa.

L'alcool è un buon esempio: tutti i tipi di alcool sono rappresentati nella forma R-OH (dove R è il gruppo variabile). L'alcool si può legare con un gruppo aldeidico per creare un composto chiamato *emiacetale*, o con un gruppo chetonico per formare un *emichetale*.

Poiché anche un OH di un monosaccaride ha la stessa proprietà, un OH del monosaccaride finisce per reagire con il gruppo aldeidico o con il gruppo chetonico della stessa molecola, determinando la formazione di una struttura ciclica.



L'OH LEGATO AL C5 DEL MONOSACCARIDE REAGISCE CON L'ALDEIDE...

...E FORMA UNA STRUTTURA CICLICA.

PERCHÉ ABBIAMO BISOGNO DI RESPIRARE?

COME SAI, GLI ESSERI UMANI RESPIRANO CONTINUAMENTE...

...MA SAI IL PERCHÉ?

SÌ! È PERCHÉ DOBBIAMO PRENDERE L'OSSIGENO CONTENUTO NELL'ARIA ED ESPELLERE ANIDRIDE CARBONICA.

O₂

CO₂

CHEE?

GIUSTO. MA PIÙ PRECISAMENTE, LE NOSTRE CELLULE HANNO BISOGNO DI OSSIGENO PER CREARE L'ENERGIA NECESSARIA PER LA SOPRAVVIVENZA.

ATP

"OGGI BISOGNA PRODURRE PIÙ ATP. HO BISOGNO DI SOSTANZE NUTRITIVE E DI OSSIGENO!"

L'OSSIGENO È ASSOLUTAMENTE NECESSARIO PER DEGRADARE IL GLUCOSIO ED ESTRARRE LA SUA ENERGIA.

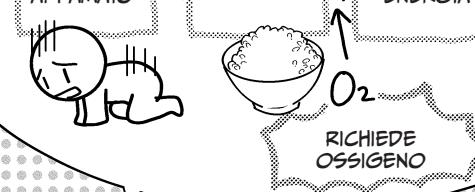
MMM...

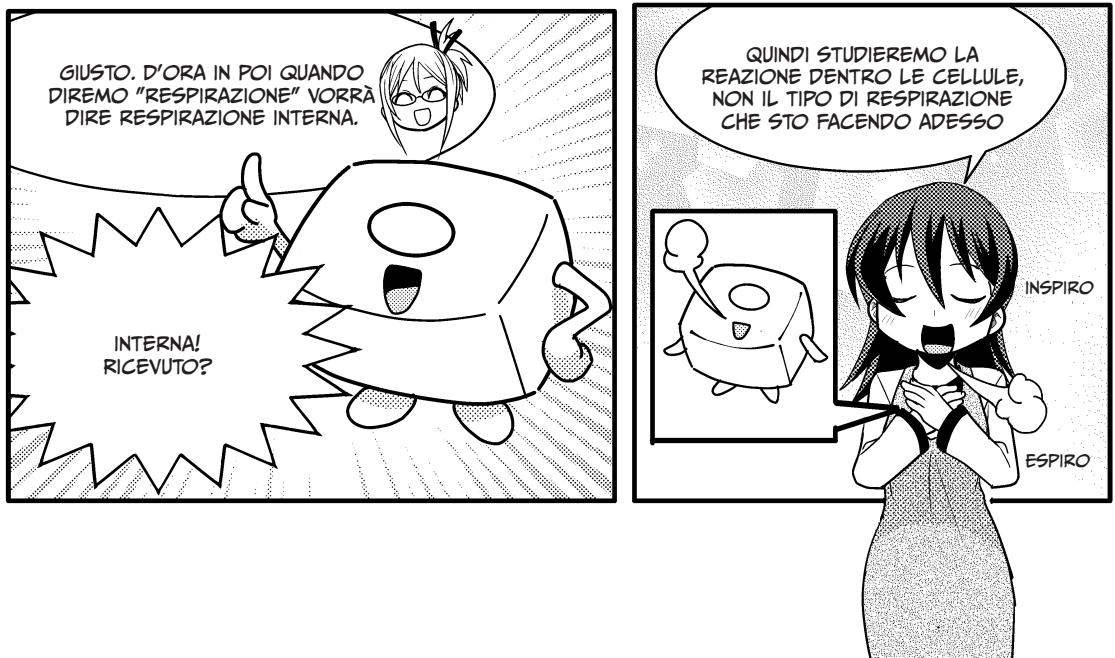
QUINDI PER DIRLA DIVERSAMENTE, ABBIAMO BISOGNO DI OSSIGENO PER ESTRARRE ENERGIA DAL CIBO CHE MANGIAMO!

SUPER AFFAMATO

PRODUCE ENERGIA

FORTE E SANO!

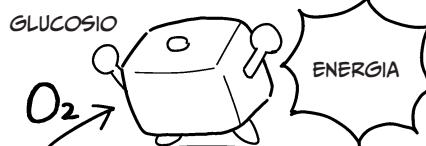




LA RESPIRAZIONE: UN PROCESSO CHE CREA ENERGIA SCOMPONENTO IL GLUCOSIO

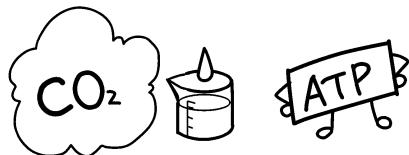


GLI ORGANISMI COME NOI SCOMPONGONO L'AMIDO IN GLUCOSIO CHE, CON L'AUTO DELL'OSSIGENO CHE INSPIRAMO, È USATO PER PRODURRE ATP.



QUESTA È LA RESPIRAZIONE INTERNA!

ECCO, DATE UN'OCCHIATA A QUESTO.
È LA FORMULA GENERALE PER LA RESPIRAZIONE.



GLUCOSIO OSSIGENO ACQUA

ANIDRIDE CARBONICA

ACQUA

ENERGIA

OH, QUESTO LO RENDE CHIARISSIMO! CONSUMIAMO IL GLUCOSIO E L'OSSIGENO, E PRODUCIAMO ANIDRIDE CARBONICA, ACQUA ED ENERGIA.

ORA GUARDIAMO PIÙ DA VICINO QUESTO PROCESSO DI TRASFORMAZIONE.

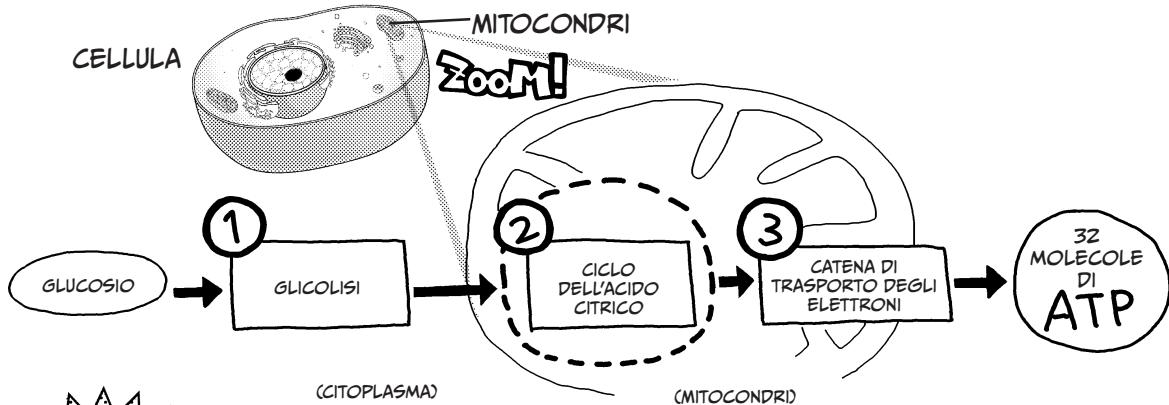
POTETE PENSARE ALLA RESPIRAZIONE COME COSTITUITA DA TRE FASI...

ED ECCOLE QUI!

- ① GLICOLISI
- ② CICLO DELL'ACIDO CITRICO*
- ③ CATENA DI TRASPORTO DEGLI ELETTRONI



* VIENE ANCHE CHIAMATO CICLO DI KREBS O CICLO TCA (CICLO DEGLI ACIDI TRICARBOSSILICI).



① La glicolisi avviene nel citoplasma. ② Il ciclo dell'acido citrico si svolge nelle matrice mitocondriale, e ③ la catena di trasporto degli elettronni è localizzata nella membrana interna dei mitocondri.

Attraverso questo processo, 30 o più molecole di ATP sono prodotte a partire da una molecola di glucosio.

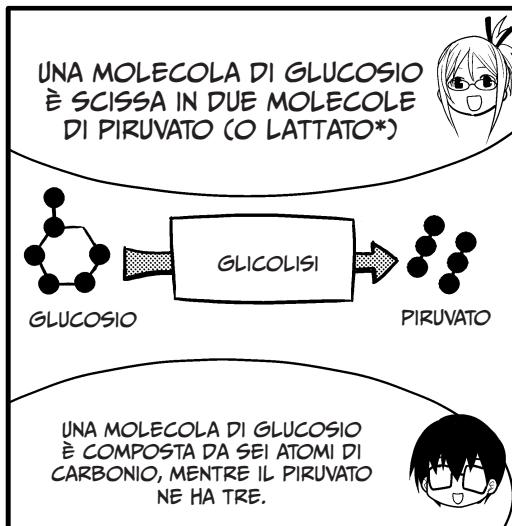
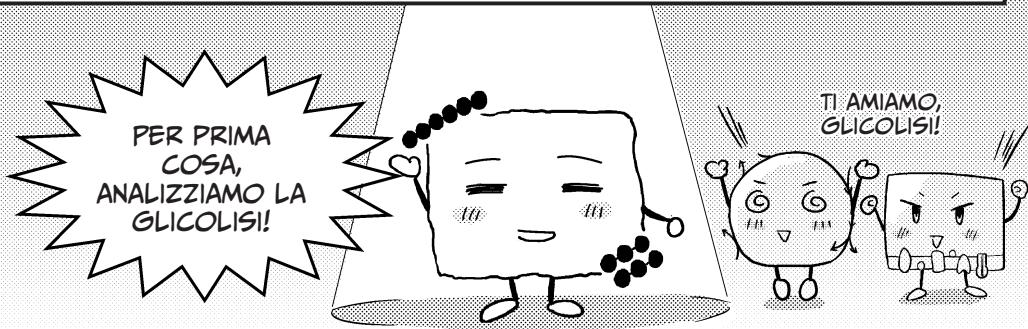
IMPORTANTE
MMM... MI RISULTA
ABBASTANZA
INCOMPRENSIBILE...

OK, CHE DICI
ALLORA DI
QUESTO?

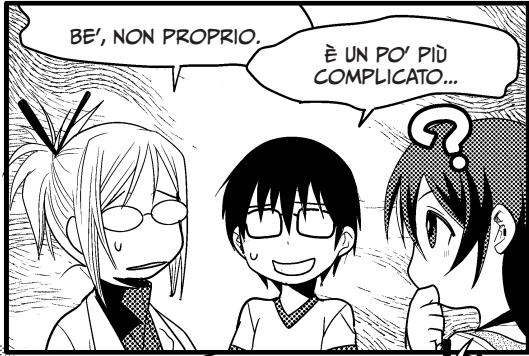
TA-DA!



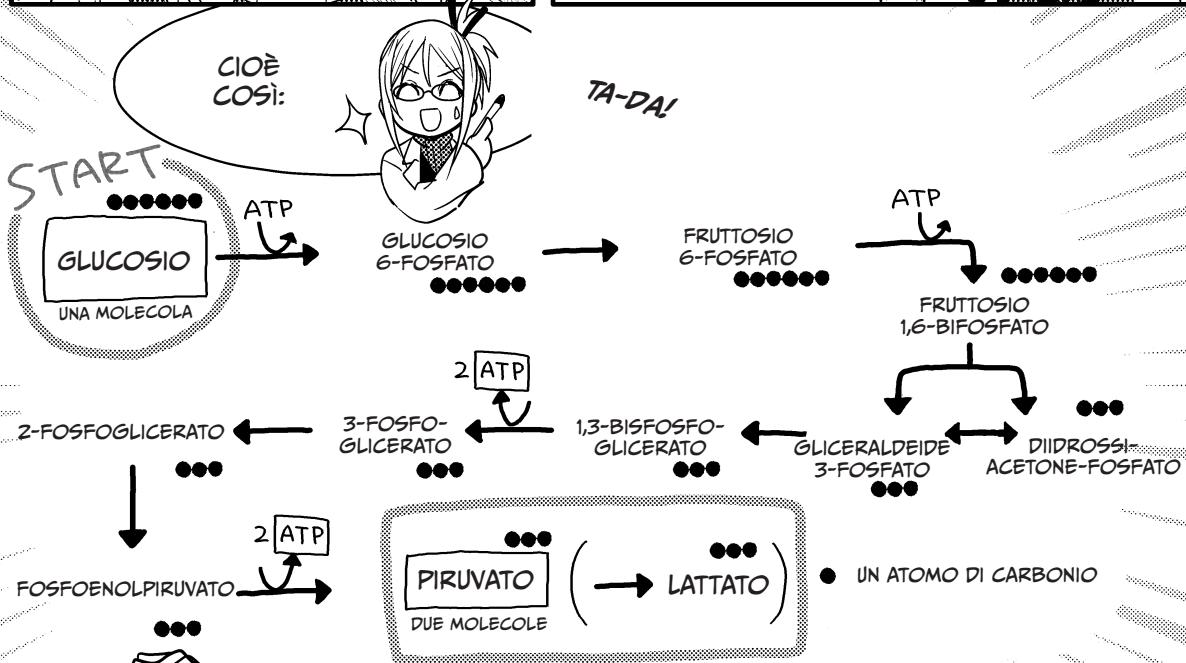
STADIO 1: LA DEGRADAZIONE DEL GLUCOSIO TRAMITE GLICOLISI



* IL LATTATO È CREATO DAL PIRUVATO QUANDO L'OSSIGENO NON È DISPONIBILE A SUFFICIENZA.

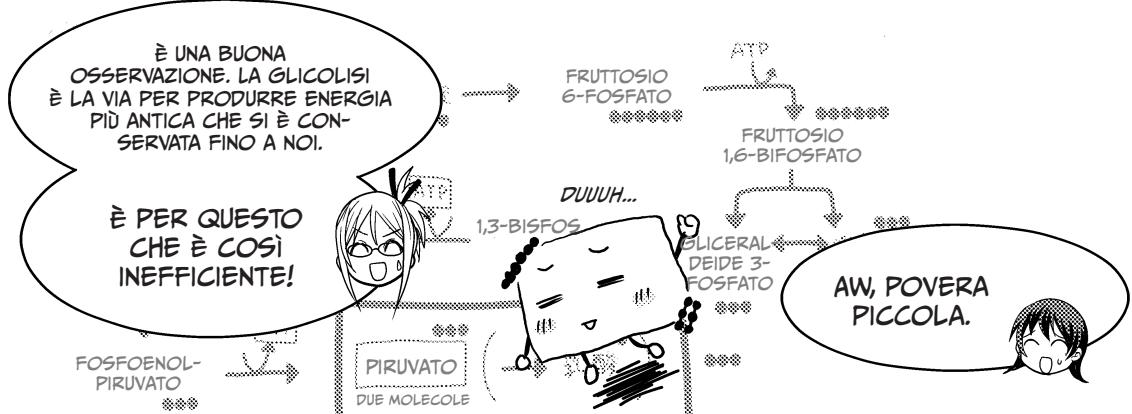


DI FATTO, LA GLICOLISI HA
BISOGNO DI 10 REAZIONI
CHIMICHE PER TRASFORMARE
UNA MOLECOLA DI GLUCOSIO IN
DUE MOLECOLE DI PIRUVATO.

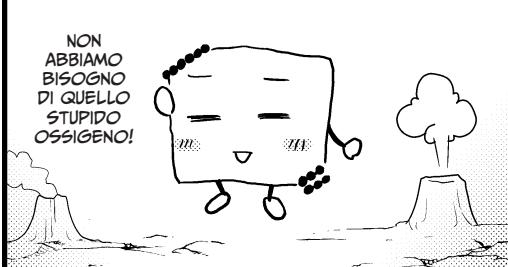




NON DIREI DA MATTI, MA DI SICURO NON MOLTO EFFICIENTE.



MA IL FATTO CHE LA GLICOLISI NON RICHIEDA OSSIGENO È UN VANTAGGIO IMPORTANTE! QUANDO SIAMO A CORTO DI OSSIGENO, POSSIAMO ANCORA SINTETIZZARE DUE MOLECOLE DI ATP DA UNA MOLECOLA DI GLUCOSIO.



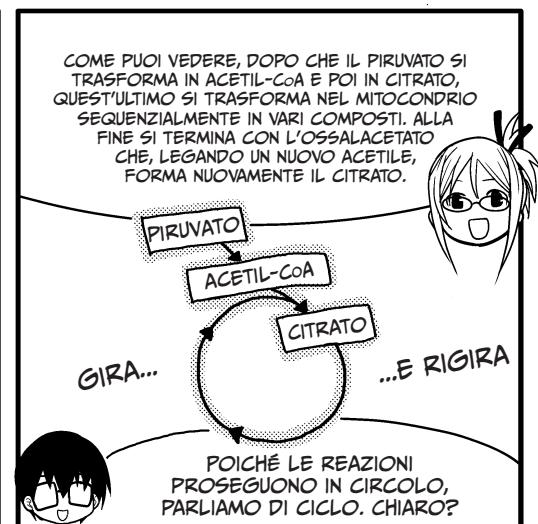
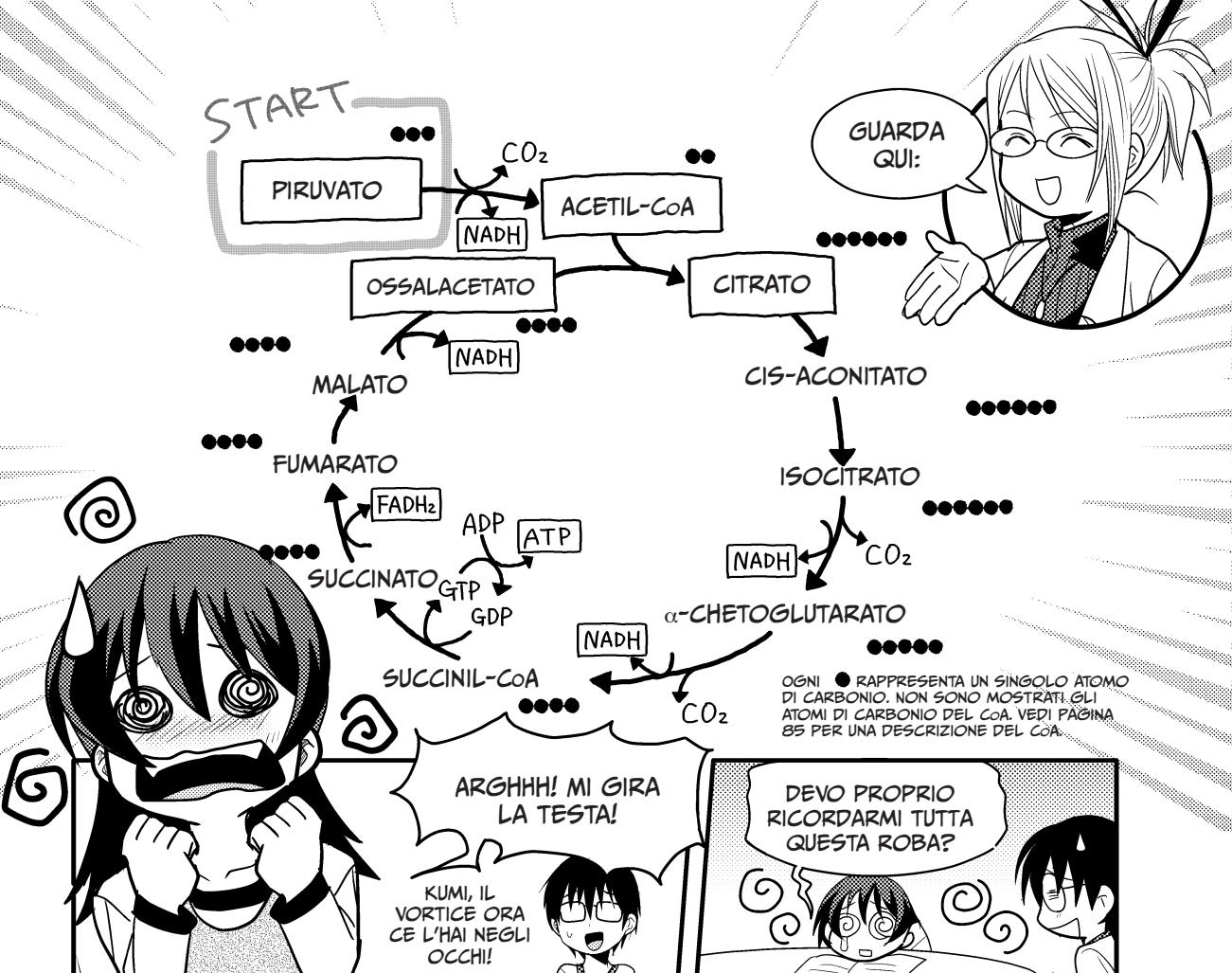
QUESTO HA RESO LA GLICOLISI UN MODO PER PRODURRE ENERGIA ESTREMAMENTE IMPORTANTE PER GLI ORGANISMI PRIMITIVI, CHE VIVEVANO IN ATMOSFERE POVERE DI OSSIGENO. È ANCHE UNA VIA METABOLICA ESSENZIALE PER GLI ORGANISMI ANAEROBICI* ATTUALMENTE ESISTENTI.



* È ANAEROBICO UN ORGANISMO CHE NON RICHIEDE OSSIGENO PER LA SUA SOPRAVVIIVENZA.

STADIO 2: IL CICLO DELL'ACIDO CITRICO (CICLO DEGLI ACIDI TRICARBOSSILICI O TCA, CICLO DI KREBS)





* OGNI MOLECOLA DI GLUCOSIO È CONVERTITA IN DUE MOLECOLE DI PIRUVATO, QUINDI NEL CICLO DELL'ACIDO CITRICO SI OTTERRANNO DUE MOLECOLE DI ATP, OTTO MOLECOLE DI NADH E DUE MOLECOLE DI FADH₂ PER MOLECOLA DI GLUCOSIO.

ANCHE SE IN QUESTO CICLO VENGONO PRODOTTE SOLO DUE NUOVE MOLECOLE DI ATP...

VENGONO PRODOTTI ANCHE ALTRI IMPORTANTI COMPOSTI.

SI TRATTA DEI COENZIMI NADH E FADH₂!



A PROPO-
SITO...

MENTRE L'NADPH INTERVIENE NELLA FOTOSINTESI...

NELLA RESPIRA-
ZIONE USIAMO SOLO L'NADH

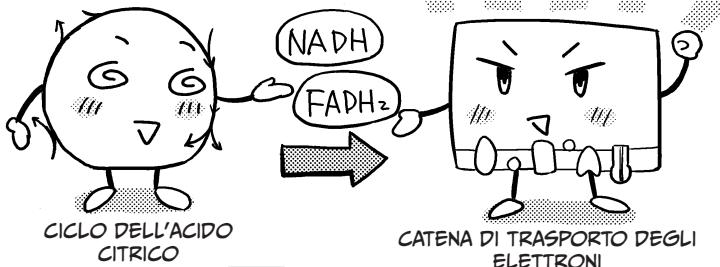
CAPISCO...

NADPH

NADH

QUESTI COENZIMI CREANO UNA QUANTITÀ ENORME DI ATP NELLA CATENA DI TRASPORTO DEGLI ELETTRONI CHE SEGUVE IL CICLO.

ATP
ATP
ATP
ATP

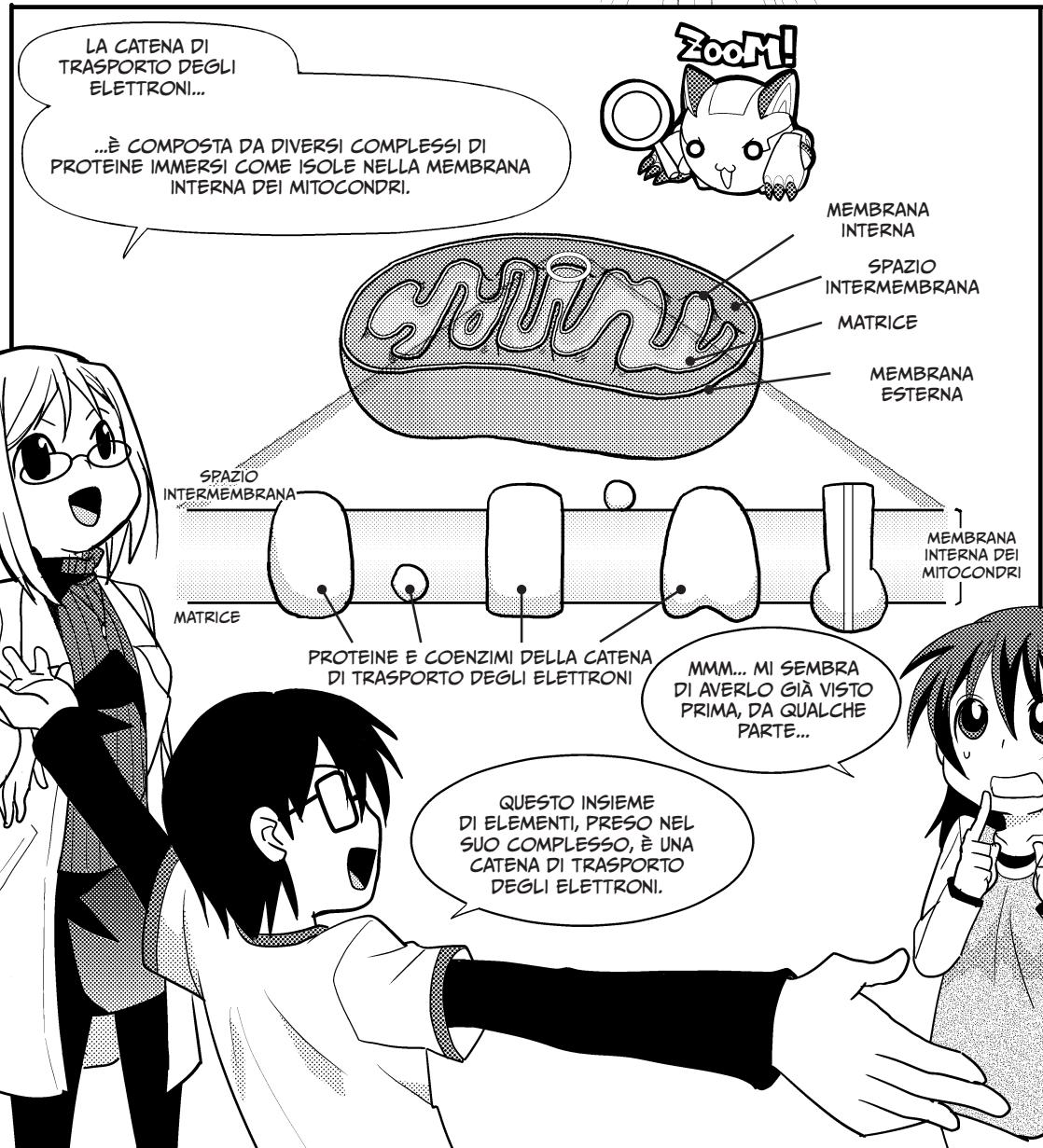


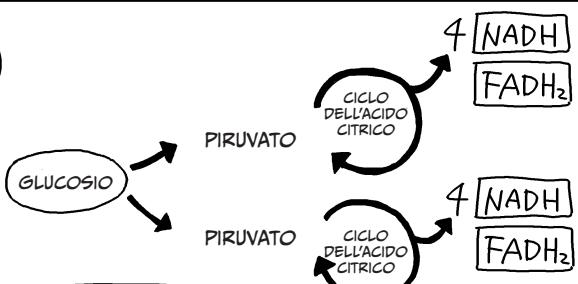
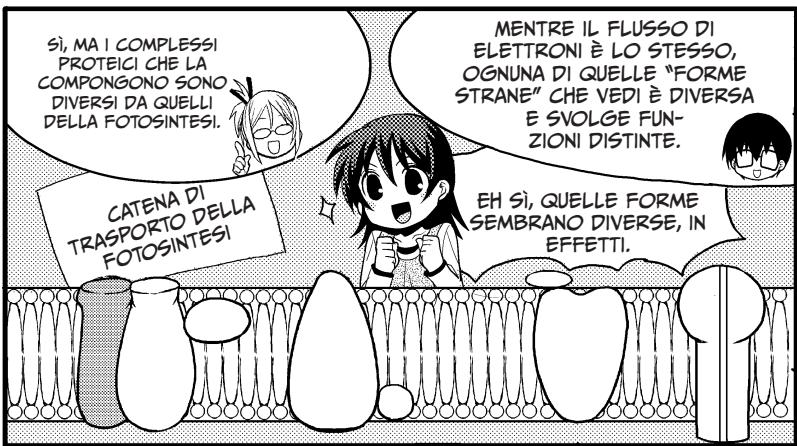
QUINDI... I COENZIMI NADH E FADH₂ PASSANO ALLO STADIO SUCCESSIVO.

MA COSA FANNO PER PRODURRE COSÌ TANTO ATP?

TE LO SPIEGO SUBITO!

STADIO 3: PRODUZIONE DI GRANDI QUANTITÀ DI ENERGIA TRAMITE IL CICLO DI TRASPORTO DEGLI ELETTRONI





CONSIDERANDO LA FORMAZIONE DI ACETIL-COA DAL PIRUVATO E IL SUCCESSIVO CICLO DELL'ACIDO CITRICO, SI OTTENGONO OTTO MOLECOLE DI NADH E DUE DI FADH₂ PER OGNI MOLECOLA DI GLUCOSIO.

L'NADH E L' FADH₂ SONO SINTETIZZATI NEL CICLO DELL'ACIDO CITRICO QUANDO SIA L'NAD⁺ CHE IL FAD RICEVONO ATOMI DI IDROGENO. POICHÉ UN ATOMO DI IDROGENO CONSISTE IN UN SOLO PROTONE E UN SINGOLO ELETTRONE...

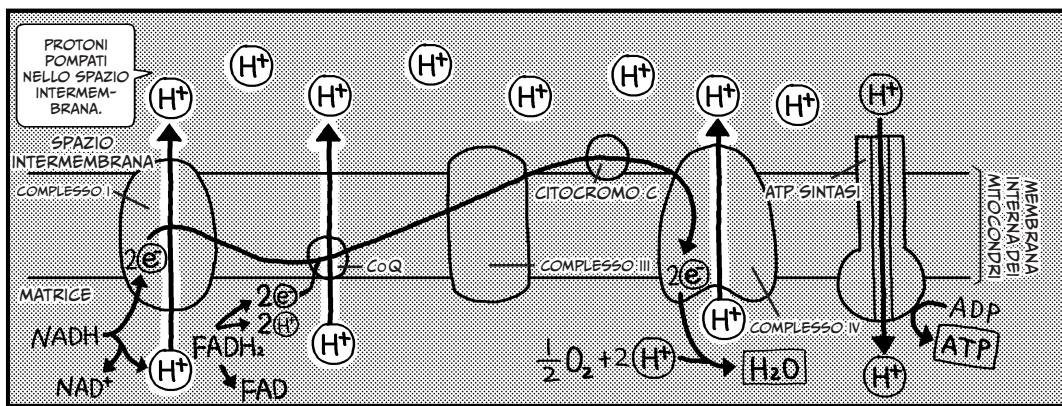
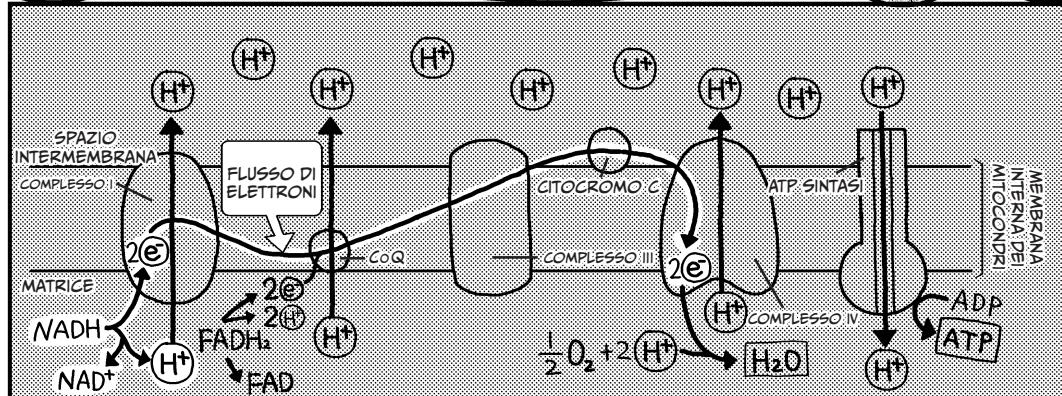
ATOMO DI IDROGENO = PROTONE + ELETTRONE

QUESTO VUOL DIRE CHE UN PROTONE E 2 ELETTRONI SONO DATI IN "AFFIDAMENTO TEMPORANEO" AL NAD⁺, MENTRE AL FAD VANNO 2 IDROGENI (2 H⁺ E 2 ELETTRONI).*

I PROTONI E GLI ELETTRONI CHE SONO STATI DEPOSITATI NEL NAD⁺ E NEL FAD POTRANNO MANIFESTARE IL PROPRIO POTERE NELLA CATENA DI TRASPORTO DEGLI ELETTRONI.



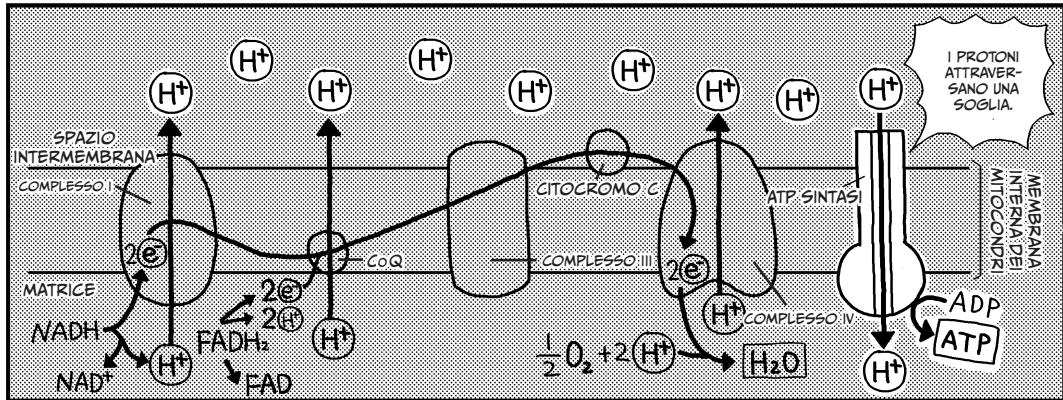
* IN ALTRE PAROLE, IL NAD⁺ E IL FAD SONO "RIDOTTI", E SI FORMANO NADH O FADH₂. (VEDI PAGINA 37 PER UNA SPIEGAZIONE DELLA RIDUZIONE).





QUANDO SUCCIDE QUESTO, SI GENERA UNA FORZA CHIAMATA GRADIENTE DI CONCENTRAZIONE. SIGNIFICA CHE QUANDO LA CONCENTRAZIONE DEI PROTONI (H^+) NELLO SPAZIO INTERMEMBRANA DIVENTA MAGGIORE DI QUELLA NELLA MATRICE, I PROTONI CERCHERANNO DI FLUIRE VERSO LA MATRICE.

IL GRADIENTE DI CONCENTRAZIONE È UNA FORZA CHE FA SPOSTARE SPONTANEAMENTE UNA SOSTANZA DA UNA ZONA A CONCENTRAZIONE PIÙ ALTA A UNA A CONCENTRAZIONE PIÙ BASSA.



UNA CATENA DI TRASPORTO DEGLI ELETTRONI IN BUONE CONDIZIONI HA UN "INGRESSO" ATTRAVERSO IL QUALE I PROTONI POSSONO RIENTRARE NELLA MATRICE.

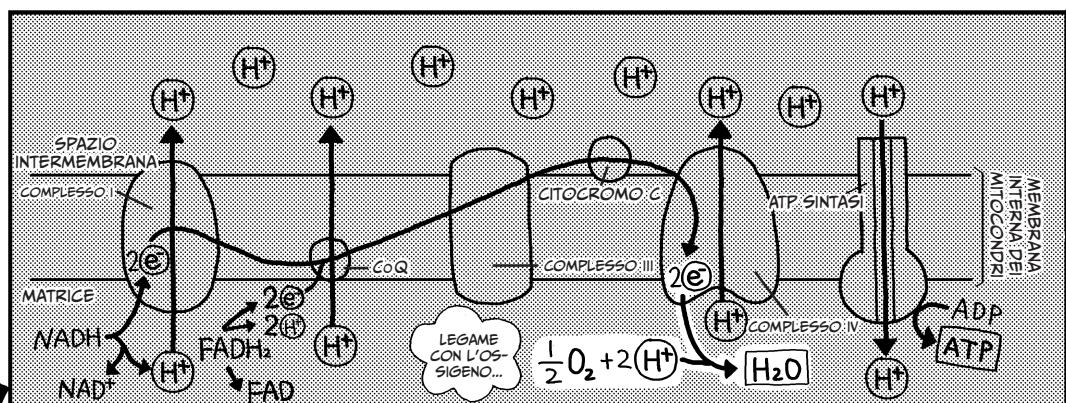
BUON VIAGGIO, PROTONI!



QUESTO CANCELLO È LA ATP SINTASI. QUANDO UN PROTONE LO ATTRAVERSA, VIENE PRODOTTA UNA MOLECOLA DI ATP A PARTIRE DA ADP E FOSFATO.

PERTANTO, DA 10 MOLECOLE DI NADH (DUE DELLE QUALI PRODOTTE TRAMITE GLICOLISI) SI CREANO 25 (2,5 PER OGNI NADH) MOLECOLE DI ATP, E DA 2 MOLECOLE DI FADH₂ SI CREANO 3 MOLECOLE DI ATP (1,5 PER OGNI FADH₂).

OTTENIAMO QUESTI NUMERI PERCHÉ GLI ELETTRONI ORIGINATI DALL'NADH FANNO SÌ CHE LA POMPA PROTONICA FUNZIONI ALL'ALTEZZA DI TUTTI E TRE I COMPLESSI (VEDI FRECCHE), MENTRE GLI ELETTRONI PROVENIENTI DAL FADH₂ ENTRANO NELLA CATENA A VALLE DEL COMPLESSO I E LA POMPA FUNZIONA SÓLO IN DUE PUNTI.



E ALLA FINE L'ELETTRONE E IL PROTONE CHE SONO STATI TRASPORTATI SI LEGANO ALL'OSSIGENO (È QUI CHE ABBIANO BISOGNO DI OSSIGENO!) PER PRODURRE ACQUA.

ABBIAMO CAPITO!





**RICORDA, SE ESPRIMIAMO LA
REAZIONE DI RESPIRAZIONE IN
FORMULE CHIMICHE, ABBIAMO
QUESTE, GIÀ VISTE PRIMA.**

SONO MOLTO PIÙ SIGNIFICATIVE,
DOPO AVER CAPITO I DETTAGLI. È
COME SE AVESSIMO CONCLUSO UN
LUNGO VIAGGIO...

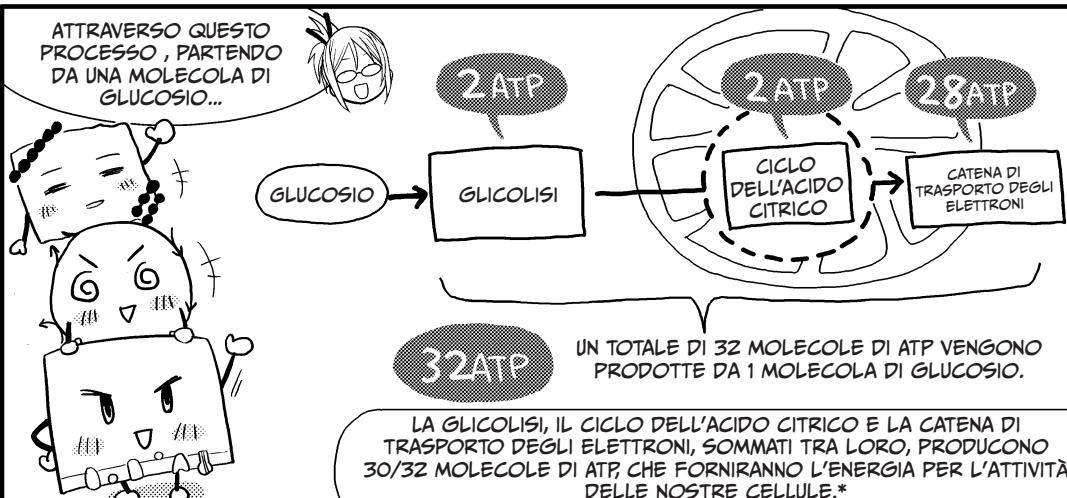


A PROPOSITO, SE SOSTITUIAMO LE
"MOLECOLE DI ATP" CON "ENERGIA
LUMINOSA" E INVERTIAMO IL VERSO DELLA
FRECCIA, COSA PENSI CHE OTTERREMO?

**WHOA! MA È LA FOTOSINTESI!
INCREDIBILE!**



Attraverso questo processo, partendo da una molecola di glucosio...

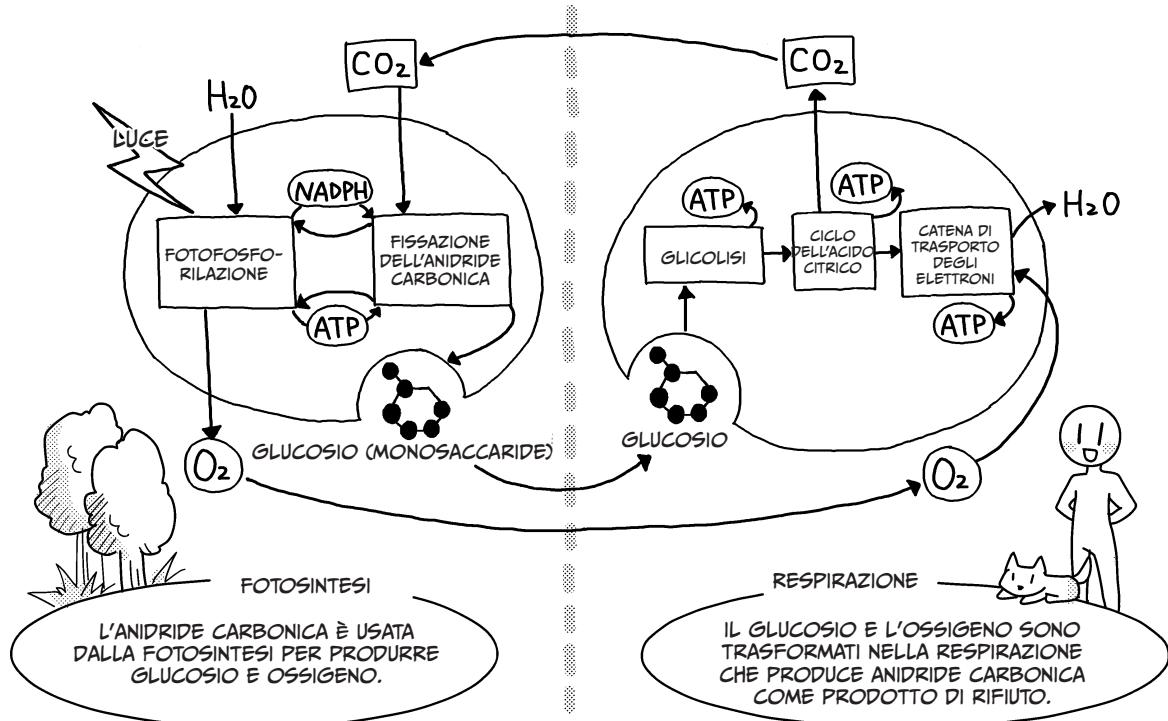


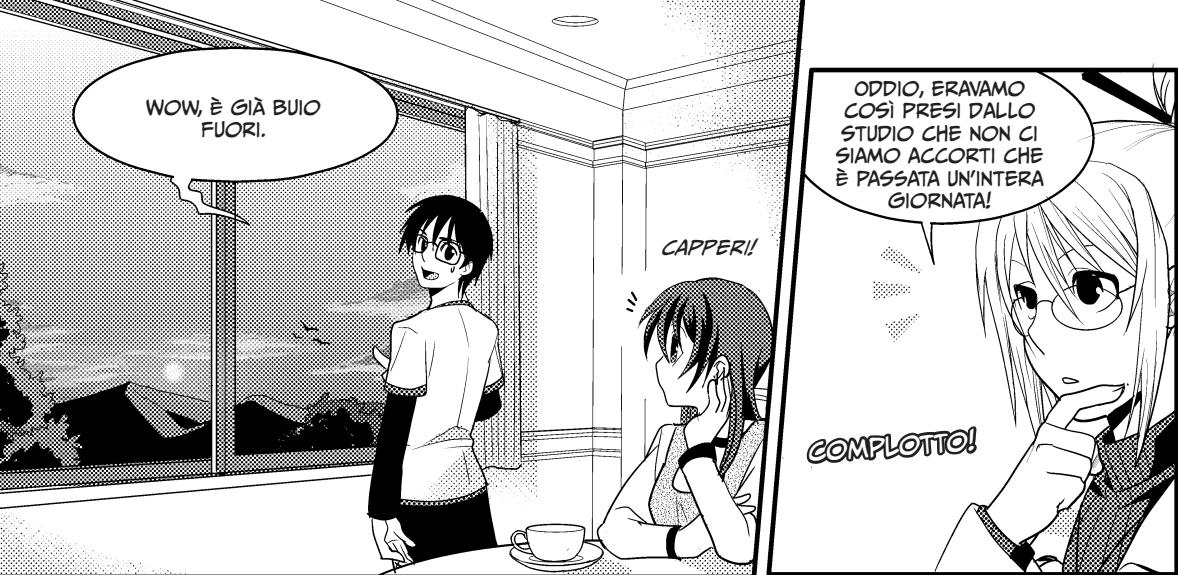
* L'NADH PRODOTTO DURANTE LA GLICOLISI NON PUÒ ENTRARE NEI MITOCONDRI DA SOLO. PIUTTOSTO, TRASFERISCE I SUOI ELETTRONI A UN "SISTEMA NAVETTA". SE IL SISTEMA NAVETTA È QUELLO DETTO DEL GLICEROL 3-FOSFATO, QUESTO TRASFERISCE I SUOI E AL FAD NELLA MEMBRANA MITOCONDRIALE, CHE SI RIDUCE A FADH₂ E DEPOSITA I SUOI E' NELLA CATENA DI TRASPORTO DEGLI ELETTRONI; IN QUESTO MODO PERÒ SI SALTA UNA REAZIONE NELLA CATENA, E SI PRODUCÈ QUINDI UN ATP IN MENO (DUE IN MENO PER GLUCOSIO); PER QUESTO IL BOTTINO FINALE È DI 30 MOLECOLE DI ATP.

IL CALCOLO DELLA RESA IN ATP DELLA RESPIRAZIONE È TEORICO. QUELLO PIÙ ACCREDITATO OGGI DERIVA DA STIME EFFETTUATE SECONDO HINDLE ET AL., 1991. BIOCHEMISTRY 30:3756. IN PASSATO VENNA CALCOLATA UNA RESA DI 36/38 ATP PER MOLECOLA DI GLUCOSIO.

CONCLUSIONE

POSSIAMO RIASSUMERE LE CORRELAZIONI TRA FOTOSINTESI E RESPIRAZIONE NEL SEGUENTE MODO:





ODDIO, ERAVAMO COSÌ PRESI DALLO STUDIO CHE NON CI SIAMO ACCORTI CHE È PASSATA UN'INTERA GIORNATA!



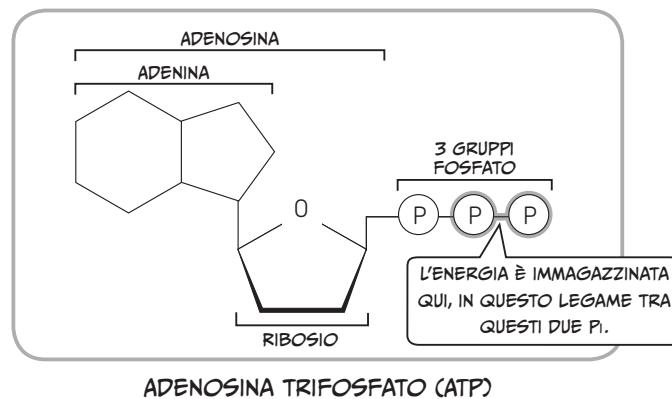


4. L'ATP: La valuta corrente dell'energia

Le piante e gli animali usano la respirazione cellulare per convertire lo zucchero creato dalla fotosintesi in energia potenziale, principalmente sotto forma di adenosina trifosfato (ATP). L'ATP è spesso chiamato la "moneta comune" dell'energia, perché è utilizzato da quasi tutti gli esseri viventi: batteri, piante, anche organismi complessi come Tom Cruise.

Eppure, le singole molecole di ATP non vengono scambiate tra gli organismi, quindi come fa ad operare come moneta corrente?

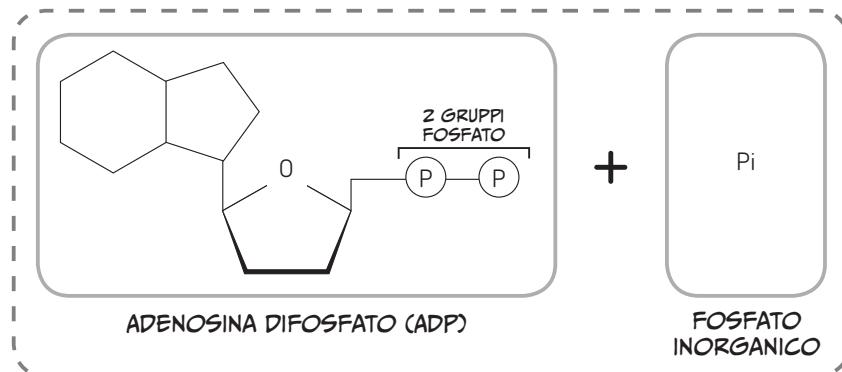
Come puoi vedere in basso, l'ATP ha tre gruppi fosfato legati all'adenosina. Quando il gruppo fosfato più esterno viene staccato producendo adenosina difosfato (ADP) e fosfato inorganico (Pi), sono liberate 7,3 kcal (31 kJ) di energia per mole. Se l'ATP viene idrolizzato in una provetta, l'acqua circostante viene riscaldata dall'energia liberata, ma in una cellula questa energia viene utilizzata quando un enzima catalizza una reazione chimica, un muscolo si muove o un segnale neurale viene trasmesso.



QUANDO IL FOSFATO PIÙ ESTERNO È STACCATO PER FORMARE ADENOSINA DIFOSFATO (ADP) E FOSFATO INORGANICO (Pi)...

VENGONO LIBERATE 7,3 KCAL (31 kJ) DI ENERGIA.

7,3 KCAL (31 kJ) DI ENERGIA VENGONO UTILIZZATE.
PER CREARE ADENOSINA TRIFOSFATO (ATP) DA ADENOSINA DIFOSFATO (ADP) E FOSFATO INORGANICO (Pi).



5. Tipi di monosaccaridi

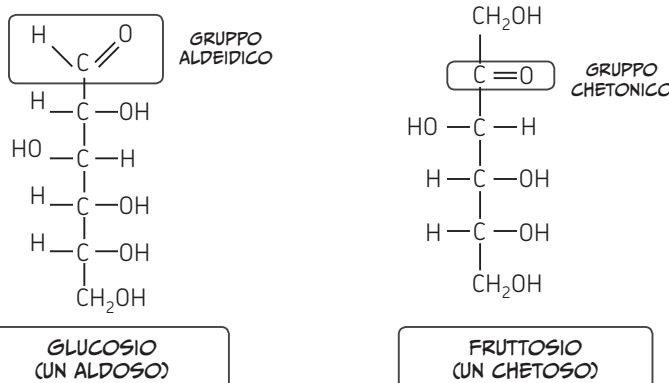
ALDOSI E CHETOSI

Abbiamo già visto che una delle strutture base per un glucide (monosaccaride) presenta un gruppo aldeidico sul suo primo atomo di carbonio (vedi Pagina 61 per maggiori dettagli).

Un'altra struttura tipica dei monosaccaridi ha un gruppo chetonico in corrispondenza del suo secondo atomo di carbonio.

I monosaccaridi che hanno un gruppo aldeidico sono chiamati *aldosi*, e i monosaccaridi con un gruppo chetonico sono chiamati *chetosi*.

Alcuni esempi di aldosi sono il glucosio e il galattosio, e il più noto tra i chetosi è il fruttosio (per maggiori dettagli sul fruttosio, vedi il cap. 3).

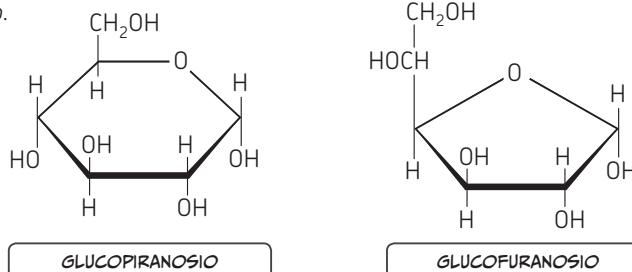


PIRANOSI E FURANOSI

Poco fa abbiamo imparato che quando alcuni monosaccaridi, come il glucosio, assumono una struttura ciclica, assomigliano ad un esagono. Un monosaccaride che assume la forma ad anello a sei elementi, rappresentati da 5 atomi di carbonio e da un atomo di ossigeno, viene chiamato un *piranosio*. Tuttavia, capita che un monosaccaride assomigli a un pentagono, costituito da quattro atomi di carbonio e da un atomo di ossigeno. Parliamo allora di un *furanosio*.

Sebbene il glucosio prenda normalmente la forma di piranosio, in casi estremamente rari può diventare furanosio. Per distinguerli, il primo è chiamato *glucopiranosio*, e il secondo è chiamato *glucofuranosio*.

Il fruttosio che, come il glucosio ha 6 atomi di C, assume anch'esso una struttura ciclica, e normalmente tale struttura è pentagonale; pertanto parliamo di *fruttifuranosio*. Anche il fruttosio, tuttavia, può esistere alternativamente nella struttura esagonale del *fruttopiranosio*.



CONFIGURAZIONE D E CONFIGURAZIONE L

I monosaccaridi, come il glucosio, possono esistere come isomeri a configurazione D e a configurazione L. Tutti i monosaccaridi che appaiono in questo libro sono nella configurazione D.

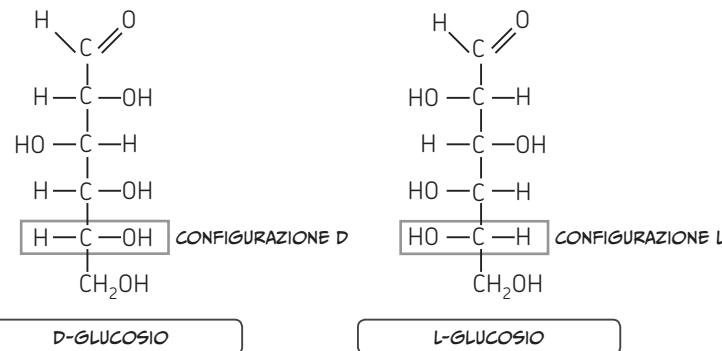
Per capire la differenza tra le due configurazioni, introduciamo prima il concetto di carbonio asimmetrico, o chirale. Con questo termine intendiamo un atomo di carbonio che ha i quattro gruppi a esso legati (sostituenti) tutti diversi tra loro. La presenza di un atomo chirale in una molecola fa sì che la molecola possa esistere in due configurazioni diverse, dette isomeri, che sono l'una l'immagine speculare dell'altra. Negli aldosi a 6 atomi di carbonio, come il glucosio, ci sono 4 C chirali e quindi numerose configurazioni possibili, che daranno origine al glucosio e a tutti gli altri aldosi a 6 atomi di C.

Per definire però gli isomeri D ed L dei monosaccaridi, andiamo a vedere ora **come sono disposti gli atomi sul C asimmetrico più distante dal gruppo aldeidico**, il C 5.

Nella formula di struttura a catena aperta, quando l'OH è legato a questo atomo di carbonio asimmetrico (C5) sul lato destro, allora il monosaccaride è in configurazione D. Quando l'OH è sul lato sinistro, è in configurazione L. L'isomero L è l'immagine speculare dell'isomero D. Tenendo presente questo, gli H e gli OH del glucosio che sono legati al carbonio dalla seconda alla quinta posizione nella configurazione D, si troveranno tutti messi al contrario nella configurazione L.

Il fatto che gli H e gli OH siano speculari per gli atomi di carbonio dalla seconda alla quinta posizione, è un fatto importante. Se nel glucosio, per esempio, solo l'H e l'OH della quarta posizione fossero invertiti, allora non avremmo più una molecola di glucosio, ma un monosaccaride diverso, chiamato galattosio (vedi pagina 62).

È da notare che la maggior parte dei monosaccaridi esistenti in natura è nella configurazione D.

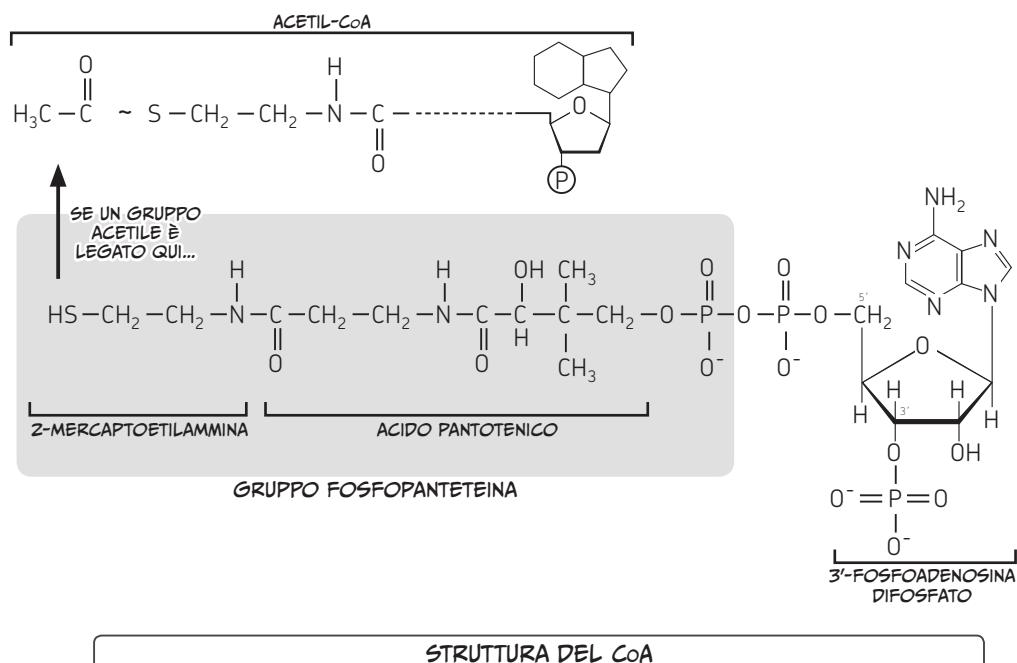


6. Che cos'è il CoA?

Il piruvato, creato tramite la glicolisi, per entrare nel ciclo dell'acido citrico, viene prima trasformato in un composto chiamato acetil-CoA. Ma cosa significa CoA?

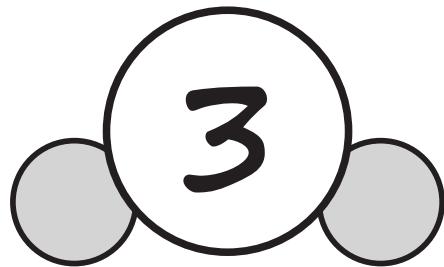
CoA sta per *coenzima A*. La sua formula di struttura è mostrata sotto ed è una sostanza composta in cui abbiamo la 3'-fosfoadenosina difosfato con i due fosfati che legano una vitamina chiamata acido pantotenico (vitamina B5). A sua volta, l'acido pantotenico è legato alla 2-mercaptoprotilammina. Quindi, il CoA, presenta il gruppo fosfopanteteina, evidenziato nella figura in basso, che lavora come "corriere", dato che trasporta il gruppo acetile (e anche, come vedremo, catene idrocarburiche di acidi grassi).

L'acetil-CoA ha un gruppo acetile legato proprio davanti a questa molecola dall'aspetto così minaccioso.



Un'altra proteina che lavora in maniera analoga al CoA è l'ACP (proteina trasportatrice di acili). L'ACP, che esamineremo meglio nel capitolo 3, è anch'esso un corriere. E, come il CoA, contiene un gruppo fosfopanteteina, ma in una posizione differente. Il gruppo fosfopanteteina è legato alla serina (un tipo di amminoacido) dell'ACP invece che alla 3'-fosfoadenosina difosfato.

Il CoA ha il ruolo di assistere gli enzimi nel catalizzare le reazioni chimiche necessarie al progredire di una via metabolica. Per questo è chiamato coenzima.



LA BIOCHIMICA NELLA VITA DI TUTTI I GIORNI

.....



1. Lipidi e colesterolo

CHE COSA SONO I LIPIDI?

SBADIGLIO

HO DORMITO
COME UN
SASSO.

ORA SONO PRONTA
PER STUDIARE COME
SI DEVE!

EHI! UNA
E-MAIL DALLA
PROFESSORESSA
KUROSAKA!

FLIP!

FANTASTICO! ASPETTA...
MA COME?

Mi dispiace terribilmente, ma c'è stato un imprevisto e non potrò fare lezione oggi.

Perché tu e Nemoto non provate a cercare da soli le risposte alle seguenti domande? Poi ne riparliamo.

1. Il colesterolo è realmente cattivo?
2. Perché aumenti di peso se mangi troppo?
3. Cos'è il gruppo sanguigno?
4. Perché la frutta diventa più dolce con la maturazione?
5. Perché le torte di riso mochi* risultano elastiche?

Questi sono misteri che si possono risolvere solo con la biochimica! Poiché non è necessario che veniate all'Università oggi, riflettete su queste domande mentre state comodamente rilassati a casa, d'accordo?

* TIPICI DOLCI GIAPPONESI DI RISO PESTATO.





BENE! SCRIVEREMO UNA RELAZIONE
COSÌ FENOMENALE DA LASCIARLA DI
STUCCO! RIMARRÀ BASITA!

DUE ORE DOPO...



PER PRIMA COSA:

1. IL COLESTEROLO È
REALMENTE CATTIVO?

VEDIAMO DI SCOPRIRLO.

SII!



IL COLESTEROLO È UN OLIO
OPPURE UN GRASSO, GIUSTO? MI
SEMPRA CHE SIA DECISAMENTE
UNA COSA CATTIVA.

PAPÀ
COLESTEROLO =
CATTIVO!

SO CHE MIO PADRE STA
SEMPRE A LAMENTARSI
PER IL COLESTEROLO
ALTO...

IL GRASSO È
DANNOSO E NON
SERVE A NIENTE. IL
MIO OBIETTIVO È
ZERO PERCENTO DI
GRASSI CORPOREI!!

OBIETTIVO:
PERDERE 2 CHILI.
ABBASSO LA
CICCIA!

MA NON È
PROPRIO COSÌ,
KUMI.



PER IL TUO BENE, FORSE È MEGLIO
SE STUDIAMO I LIPIDI. OLTRE A CIÒ CHE
ABBIANO IMPARATO SUI CARBOIDRATI
NELLE LEZIONI DELLA PROFESSORESSA
KUROSAKA, DOBBIAMO AFFRONTARE
ALTRI DUE ARGOMENTI: I LIPIDI E
LE PROTEINE. CHE SONO I TRE
PRINCIPALI NUTRIENTI. BENE ALLORA,
COMINCIAMO DAI LIPIDI!

AHEM

COSA? IO MI PREOCUPPO
PER I GRASSI. COSA SONO
I LIPIDI? SONO UN'ALTRA
COSA?



BE'...

TAP
TAP

I LIPIDI

GRASSO
NEUTRO

- LIPIDI NEUTRI
- FOSFOLIPIDI
- GLICOLIPIDI
- STEROIDI

FUNZIONA COSÌ:

CI SONO VARI TIPI DI LIPIDI, AD ESEMPIO I LIPIDI NEUTRI, I FOSFOLIPIDI, I GLICOLIPIDI E GLI STEROIDI. LIPIDE È UN TERMINE TIPICAMENTE USATO IN BIOCHIMICA, MENTRE GRASSO È LA PAROLA USATA DI SOLITO NELLE SCIENZE DELL'ALIMENTAZIONE.

PER QUANTO CI RIGUARDA, IL LORO SIGNIFICATO È IDENTICO. IN ALTRE PAROLE LIPIDE = GRASSO.



PERÒ NORMALMENTE,
QUANDO PARLIAMO
DI DIETA E DICHIAMO
"GRASSO"...



...CIÒ CHE
INTENDIAMO È
GRASSO NEUTRO/
LIPIDI NEUTRI.

MA QUESTO PUÒ
CREARE CONFUSIONE,
QUINDI D'ORA IN POI
USEREMO SOLO LA
PAROLA "LIPIDI".

OK!

POICHÉ LIPIDE È UN
TERMINE GENERICO
CHE SI RIFERISCE A
VARIE MOLECOLE, È
DIFFICILE DA DEFINIRE,
MA...



LIPIDI

UN'IMPORTANTE
PROPRIETÀ DEI LIPIDI È
CHE NON SI SCIOLGONO
FACILMENTE IN ACQUA,
MA SI SCIOLGONO IN
SOLVENTI ORGANICI.*

SOLVENTI
ORGANICI?



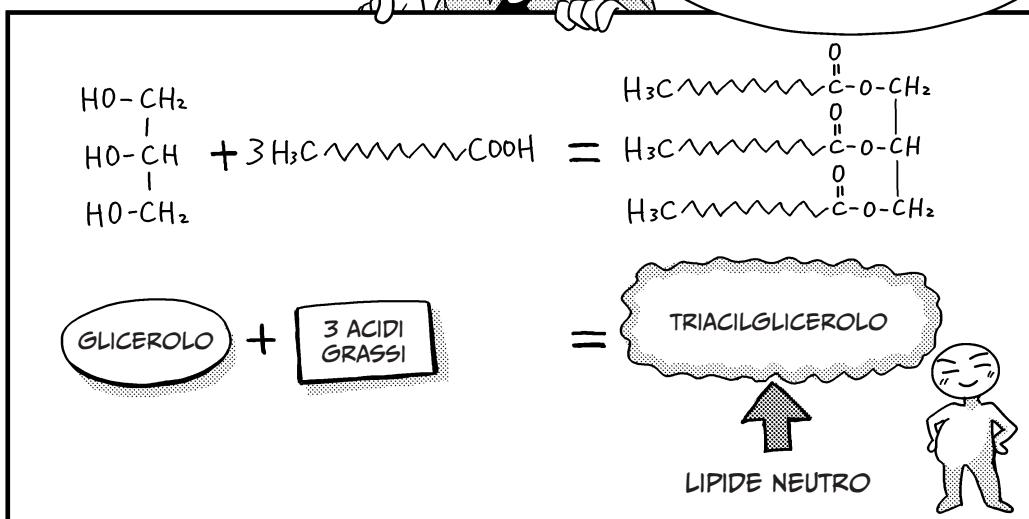
UN ESEMPIO È
L'ACETONE, CHE È
SPESO USATO PER
RIMUOVERE LO SMALTO
DALLE UNGHIE.



PIÙ SPECIFICAMENTE, I
SOLVENTI ORGANICI SONO
LIQUIDI FATTI DA COMPOSTI
ORGANICI CON STRUTTURE
CONTENENTI ATOMI DI
CARBONIO.

L'ALCOOL NE È UN
ALTRO ESEMPIO.

* CI SONO DELLE ECCEZIONI, PERÒ: ALCUNI GLICOLIPIDI RIESCONO A SCIOLGERSI IN ACQUA.

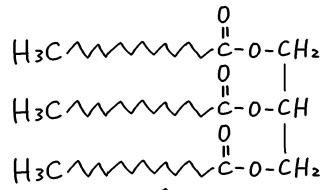


PROSSIMA TAPPA: I FOSFOLIPIDI!

FOSFOLIPIDE



I FOSFOLIPIDI HANNO UNA STRUTTURA IN CUI UNO DEI TRE ACIDI GRASSI DI UN LIPIDE NEUTRO È RIMPIAZZATO DA UN COMPOSTO CHIMICO CONTENENTE UN GRUPPO FOSFATO.



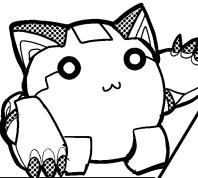
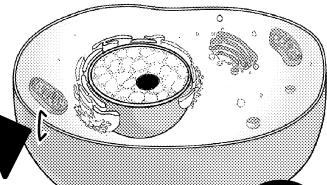
SCOVA L'INTRUSO.

A PROPOSITO,
KUMI, ABBIANO GIÀ
PARLATO UNA VOLTA DI
FOSFOLIPIDI, RICORDI?

UHM...
VERAMENTE
NO...

GH

RICORDI
QUANDO
ABBIANO
PARLATO DI
MEMBRANA
CELLULARE?

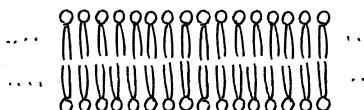


È FATTA
ESSENZIALMENTE DI
FOSFOLIPIDI!

I FOSFOLIPIDI HANNO UNA PROPRIETÀ MOLTO IMPORTANTE, DETTA ANFIPATICITÀ.

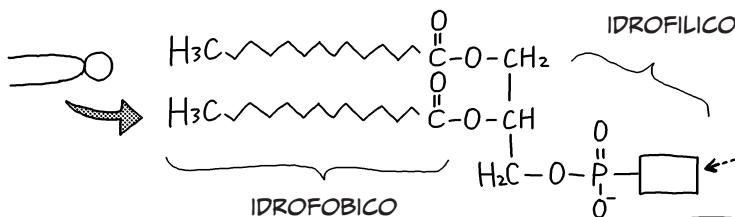
LE DUE CODE DI ACIDO GRASSO SONO IDROFOBICHE, MENTRE IL COMPOSTO CHIMICO CONTENENTE FOSFATO È IDROFILICO.

PER QUESTO, I FOSFOLIPIDI POSSONO FORMARE UNA MEMBRANA A DOBBO STRATO ORIENTANDO LA PARTE IDROFOBICA VERSO L'INTERNO E LA PARTE IDROFILICA VERSO L'ESTERNO.



Zoom!

FOSFOLIPIDE [] → IDROFILICO
GRUPPO FOSFATO → IDROFILICO
ACIDI GRASSI → IDROFOBICO



FOSFOLIPIDE

TESTA
POLARE
VARIABILE*

* UN FOSFOLIPIDE PUÒ AVERE ALLA SUA ESTREMITÀ UN GRUPPO POLARE VARIABILE, UN FOSFOLIPIDE CHE HA COME SCHELETRO IL GLICEROLO È CHIAMATO GLICEROFOSFOLIPIDE. GLI SFINGOFOSFOLIPIDI HANNO COME SCHELETRO LA SFINGOSINA.

IDROFILICO SIGNIFICA CHE SI SCIOLGE FACILMENTE IN ACQUA, MENTRE IDROFOBICO SIGNIFICA CHE NON È SOLUBILE IN ACQUA. ANFIPATICO VUOL DIRE CHE IL COMPOSTO CONTIENE ENTRAMBI I GRUPPI IDROFILICO ED IDROFOBICO.



ED ORA, I
GLICOLIPIDI!

· GLICOLIPIDE

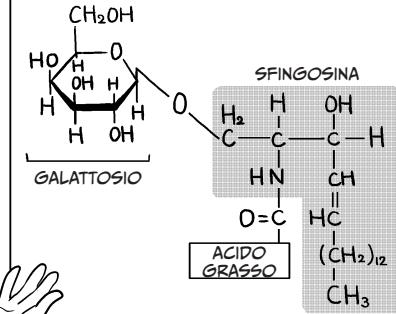


I GLICOLIPIDI SONO
LIPIDI CHE CONTENGONO
COME COSTITUENTE UNO
ZUCCHERO.

CI SONO VARI TIPI DI
GLICOLIPIDI, COME GLI
SFINGOGLICOLIPIDI E I
GLICEROGLICOLIPIDI.

ZUCCHERO

GALATTOCEREBROSIDE
(UN TIPO DI
SFINGOGLICOLIPIDE)



ANCHE I FOSFOLIPIDI E I
GLICOLIPIDI CONTENGONO
ACIDI GRASSI, PROPRIO
COME I LIPIDI NEUTRI.

I LIPIDI

GRASSO
NEUTRO

- LIPIDI NEUTRI
- FOSFOLIPIDI
- GLICOLIPIDI
- STEROIDI

MMH... GLI ACIDI
GRASSI SONO CONTENUTI
IN UN MUCCIO DI LIPIDI
DIVERSI, NON È COSÌ?

QUESTI
CONTENGONO
ACIDI GRASSI

È VERO! LA MAGGIOR PARTE DEI
LIPIDI CONTIENE ACIDI GRASSI.

SONO LE STELLE DI QUESTO
SPETTACOLO, IN EFFETTI.

LE STELLE?! SÌ, VABBE!
NON MI DISPIACEREbbe
SPEGNERLE...

KUMI, GLI ACIDI GRASSI
CHE TU ODI TANTO
SONO DAVVERO MOLTO
IMPORTANTI.

DIAMOGLI
UN'OCCHIATA PIÙ DA
VICINO.



GLI ACIDI GRASSI



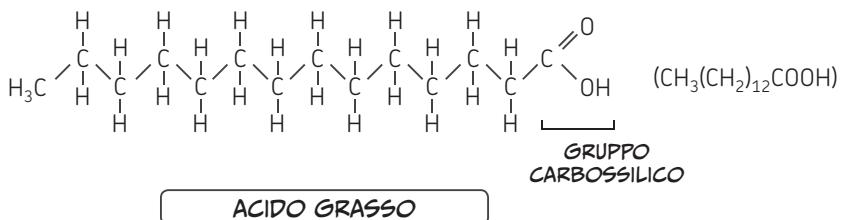
Gli acidi grassi sono una fonte di energia, contribuiscono alla sintesi dei fosfolipidi che, a loro volta, fungono da materiale di costruzione per la formazione delle membrane cellulari. Se non ci fossero gli acidi grassi, gli uomini non potrebbero sopravvivere.



Wow, Veramente? È sorprendente! E io che pensavo fossero dei nemici.



Prima di tutto, guardiamo la struttura degli acidi grassi. Nonostante possano essere costruiti connettendo insieme un numero di atomi di carbonio (C) che va da alcune unità a molte dozzine, gli acidi grassi che abbiamo nel nostro corpo contengono dai 12 ai 20 atomi di carbonio.



Ad una delle estremità (in posizione 1) di questa lunga catena (che è una *catena idrocarburica*) c'è un gruppo chimico chiamato *gruppo carbossilico* (-COOH).

Poiché a ogni altro atomo di carbonio sono legati solo atomi di idrogeno (H), l'acido grasso **non** si mescola facilmente con l'acqua. Manca il gruppo ossidrile (OH), contenuto invece negli zuccheri (vedi Pagina 61 per informazioni sugli zuccheri, o glucidi).



Ah, ho capito, come l'olio e l'acqua. Così difficili da mescolare!



Alcuni acidi grassi sono sintetizzati nel nostro corpo. Per esempio, i carboidrati in eccesso vengono convertiti in acido palmítico. Due acidi grassi, l'acido linoleico e α -linolenico, sono essenziali, il che vuol dire che sono necessari per mantenere l'organismo in buone condizioni di salute e non possono essere sintetizzati dagli uomini. Anche l'acido arachidonico non può essere sintetizzato, ma deriva dalla trasformazione dell'acido linoleico; il suo effetto sulla salute è meno chiaro. Tutti questi acidi grassi contengono oltre 16 C!



Accidenti! Così tante C... è come una pagella da incubo!

Acido palmitico $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$

Acido stearico $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$

Acido linoleico $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$

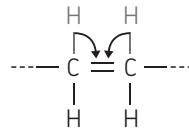
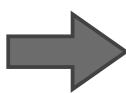
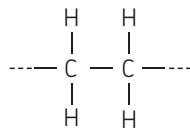
Quando nella molecola
c'è un doppio legame lo
scriviamo così.

Acido α -linolenico $\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$

Acido arachidonico $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$



Alcuni acidi grassi hanno un doppio legame fra due atomi di carbonio nel mezzo della molecola, come si può vedere in figura



UN ATOMO DI CARBONIO HA QUATTRO "BRACCI" E A CIASCUN "BRACCIO" SI PUÒ LEGARE UN ATOMO DIVERSO.

TUTTAVIA, IN ALCUNI CASI, SI USANO DUE BRACCI PER LEGARE UN ATOMO DI CARBONIO CON UN ALTRO ATOMO. QUESTO È DETTO UN DOPPIO LEGAME.



Gli atomi di carbonio legati tra loro con doppio legame sono anche detti *carboni insaturi*, e gli acidi grassi con atomi di carbonio insaturi sono chiamati *acidi grassi insaturi*.

Gli acidi grassi insaturi non solidificano tanto facilmente, rimanendo liquidi a temperature più basse rispetto agli acidi grassi saturi, così sono spesso inseriti come costituenti delle membrane cellulari (cioè i fosfolipidi) per le quali la flessibilità è importante.



Quindi... se ci sono molti doppi legami, gli acidi grassi solidificano più difficilmente?



Esatto! I doppi legami possono produrre dei "riplegamenti" che impediscono agli acidi grassi insaturi di formare strutture compatte, come quelle a carico degli acidi grassi saturi. Questo significa che il **punto di fusione degli acidi grassi differisce significativamente a seconda del numero di atomi di carbonio e del numero di doppi legami fra tali atomi di carbonio**.



IL COLESTEROLO È UNO STEROIDE



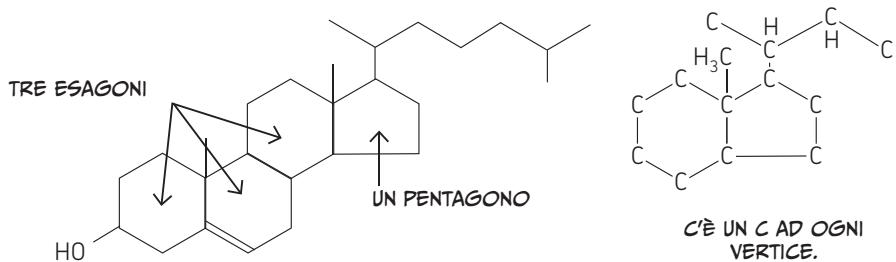
Okay, prima di andare troppo fuori strada, torniamo al colesterolo.



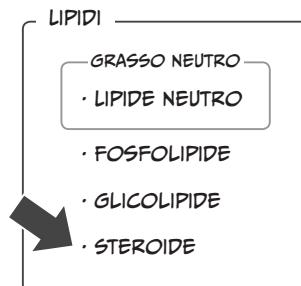
Ecco, giusto! Sono abbastanza sicura di aver capito i lipidi e gli acidi grassi, ma che cos'è esattamente il colesterolo?



Anche il colesterolo è un lipide, ma ha la seguente forma:



I tre esagoni e il pentagno, combinati insieme come nella figura sopra, sono chiamati scheletro steroideo, e un lipide che ha questa struttura di base è chiamato steroide.



Be'... Immagino che questo voglia dire che gli steroidi sono un tipo di grasso!
Bizzarro!



IL COMPITO DEL COLESTEROLO



Io capisco che il colesterolo è un tipo di steroide, ma che cos'è esattamente uno steroide? L'unica cosa che so è che i culturisti li usano per diventare supermuscolosi.



Be', quando parliamo di "steroidi", ci viene spesso in mente l'immagine di farmaci e di muscoli pettorali minacciosi, ma di fatto ci sono vari steroidi che esistono normalmente nel nostro corpo, come il colesterolo.

Per esempio, c'è un gruppo di ormoni chiamato *ormoni steroidei*. I più famosi tra questi sono gli ormoni sessuali, quegli ormoni indispensabili che rendono maschi i maschi e femmine le femmine.



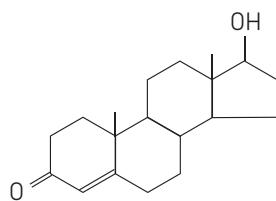
Ormoni del sesso, eh? Qualunque cosa siano, sono contenta mi abbiano fatta femmina. I ragazzi sono così disgustosi!



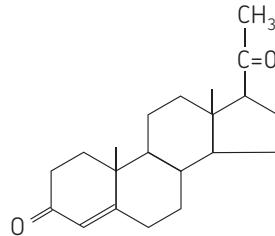
Uhm... Come ti pare, Kumi.

Ad ogni modo, il *testosterone*, che è un ormone sessuale prodotto principalmente nei testicoli, è effettivamente creato a partire dal colesterolo.

Il *progesterone*, un altro ormone sessuale, è prodotto nelle ovaie o nella placenta ed è anch'esso sintetizzato a partire dal colesterolo.



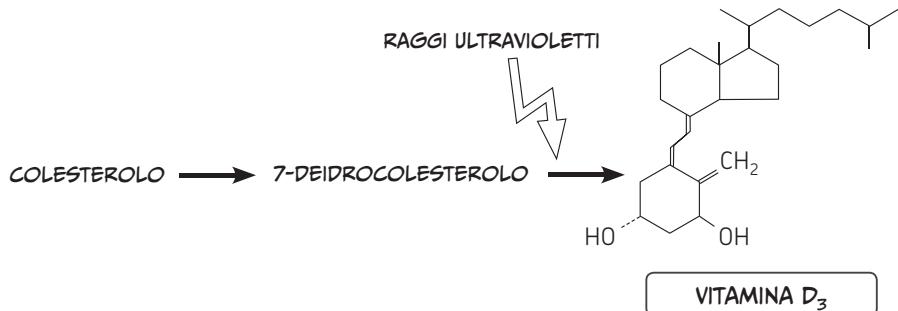
TESTOSTERONE



PROGESTERONE



La vitamina D è un altro tipo di sterioide derivato dal colesterolo. Poiché la vitamina D è prodotta quando i raggi ultravioletti colpiscono la nostra pelle, essere esposti (con moderazione) ai raggi solari è molto importante per gli esseri umani.



Inoltre, il colesterolo svolge altri importantissimi ruoli; per esempio è il precursore dei sali biliari,* che sono richiesti per la digestione e l'assorbimento dei lipidi nell'intestino tenue.



Wow! Il colesterolo ha un sacco di ruoli importanti! Non ne avevo idea...



È così. La gente che si preoccupa della propria salute (come tuo padre) parla spesso di colesterolo in termini negativi, riferendosi all'arteriosclerosi o all'obesità, ma il colesterolo è invece una sostanza estremamente importante per il nostro organismo.



Cavolo, ora sono veramente confusa. Come mai una sostanza così vitale ci fa pensare alla malattia, allo star male, o all'essere sovrappeso?



Non temere, sbroglieremo questo mistero ben presto...

* I sali biliari vengono prodotti nel fegato, immagazzinati nella cistifellea e riversati nel duodeno.

LIPOPROTEINE, AL DI LÀ DEL BENE E DEL MALE

FINALMENTE, STIAMO ARRIVANDO AL CUORE DELLA QUESTIONE. ALLORA... IL COLESTEROLO È DAVVERO CATTIVO?

HO SENTITO DIRE CHE C'È SIA IL COLESTEROLO BUONO CHE QUELLO CATTIVO...

MA QUINDI IL COLESTEROLO BUONO COMBATTE QUELLO CATTIVO?



IN REALTÀ, IL COLESTEROLO NON SI PRESENTA SOTTO DUE DIVERSE FORME, QUELLO "BUONO" E QUELLO "CATTIVO".



CHEEEE?!

ALL'INIZIO C'È UN SOLO COLESTEROLO...



...MA VIENE CLASSIFICATO COME "BUONO" O "CATTIVO" A SECONDA DI COME VIENE TRASPORTATO.

CHE COSA?! "BUONO" E "CATTIVO" SAREBBERO LA STESSA COSA?!



NON C'È BISOGNO DI AGITARSI... TI SPIEGHERÒ TUTTO. POICHÉ I LIPIDI NON SI SCIOLGONO DIRETTAMENTE IN ACQUA, NON POSSONO CIRCOLARE NEL SANGUE TALI E QUALI.

SONO LEGATI A DIVERSE ALTRE MOLECOLE FINO A CREARE UNA STRUTTURA CHIAMATA LIPOPROTEINA, SOLUBILE IN ACQUA.

LIPO-
PROTEINA

SANGUE

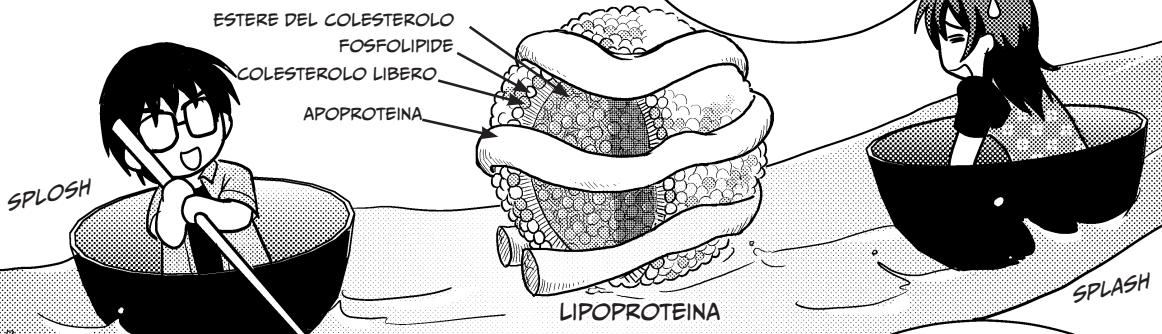


UNA LIPOPROTEINA È UN AGGREGATO SFERICO RELATIVAMENTE GRANDE CHE RACCHIUDA AL SUO INTERNO LIPIDI NEUTRI O ESTERI DEL COLESTEROLO*, NESSUNO DEI QUALI SI SCIOLGE FACILMENTE CON L'ACQUA.

LA SUA SUPERFICIE INVECE È COPERTA DA FOSFOLIPIDI ANFIPATICI, PROTEINE CHIAMATE APOPROTEINE...

MI SEMBRA UN PO' GRANDE...

...E COLESTEROLO LIBERO.**



LE LIPOPROTEINE POSSONO ESSERE CLASSIFICATE IN DIVERSI TIPI A SECONDA DELLA DENSITÀ,

COME SI PUÒ VEDERE NELLA FIGURA.

LIPIDE NEUTRO

PROTEINA

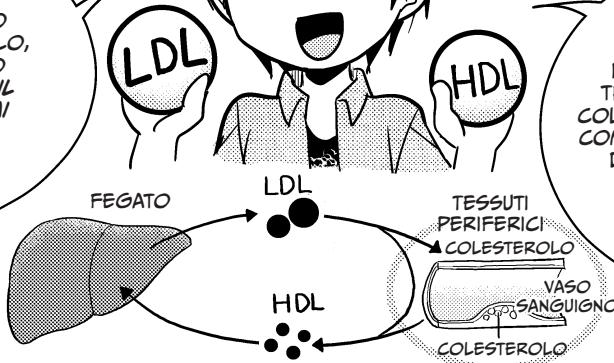
LA DENSITÀ SI RIFERISCE ALL'INTERA LIPOPROTEINA; SE CIOÈ CI SONO PIÙ LIPIDI CHE PROTEINE, LA DENSITÀ DIMINUISCE. SE CI SONO PIÙ PROTEINE CHE LIPIDI NEUTRI, LA DENSITÀ AUMENTA.



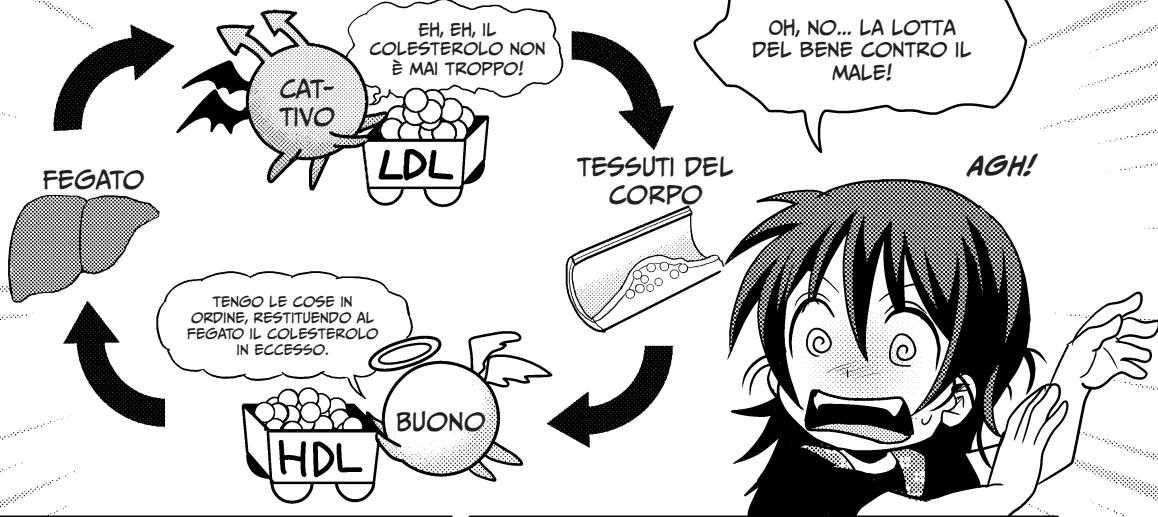
*L'ESTERE DEL COLESTEROLO È COLESTEROLO CON UN ACIDO GRASSO LEGATO AL SUO GRUPPO -OH.

**IL COLESTEROLO LIBERO È UN COLESTEROLO SENZA UN ACIDO GRASSO LEGATO.

LE LDL, CHE TRASPORTANO MOLTO COLESTEROLO, HANNO IL COMPITO DI TRASPORTARE IL COLESTEROLO AI TESSUTI DEL CORPO.



DALL'ALTRA PARTE, LE HDL CHE TRASPORTANO MENO COLESTEROLO, HANNO IL COMPITO DI VEICOLARLO DA QUESTI TESSUTI PERIFERICI AL FEGATO.



PER QUESTO IL COLESTEROLO LDL È CONSIDERATO "CATTIVO", PERCHÉ LE LDL DISTRIBUISCONO IL COLESTEROLO A TUTTO IL CORPO; E IL COLESTEROLO HDL È DETTO "BUONO" PERCHÉ LE HDL LO RIMUOVONO DAI TESSUTI ESTERNI, RIPORTANDOLO AL FEGATO.



HO CAPITO FINALMENTE! IL COLESTEROLO È SEMPRE LO STESSO.

MA È CONSIDERATO "BUONO" O "CATTIVO" A SECONDA DEL TIPO DI LIPOPROTEINA CHE LO TRASPORTA!*

*IN REALTÀ, I TESSUTI PERIFERICI DELL'ORGANISMO HANNO BISOGNO DI LDL. È L'ECESSO CHE DIVENTA PERICOLOSO PER LA SALUTE.

IMPORTANTE!



CHE COS'È L'ARTERIOSCLEROSI?



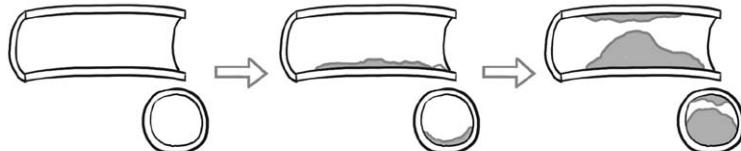
Adesso che hai una migliore conoscenza del colesterolo, immagina cosa accadrebbe se la densità delle LDL (colesterolo cattivo) nel sangue crescesse mentre la densità delle HDL (colesterolo buono) diminuisse.



Mmm... immagino che il colesterolo verrebbe trasportato verso i tessuti periferici più velocemente di quanto venga rimosso, e si accumulerebbe nei vasi sanguigni.



Giusto. Il colesterolo si accumulerebbe sulle pareti dei vasi sanguigni, l'ampiezza dei vasi sanguigni diventerebbe più piccola, e il flusso di sangue verrebbe ostruito.



VASO SANGUIGNO NORMALE

IL COLESTEROLO VIENE DEPOSITATO

VENGONO RECLUTATE CELLULE DEL SISTEMA IMMUNITARIO E IL LUME DEL VASO SANGUIGNO SI RIDUCE.

I vasi sanguigni diventano più duri e spessi (arteriosclerosi) e, con l'avanzare dei sintomi, il fenomeno può portare a malattia cardiovascolare o addirittura alla morte.



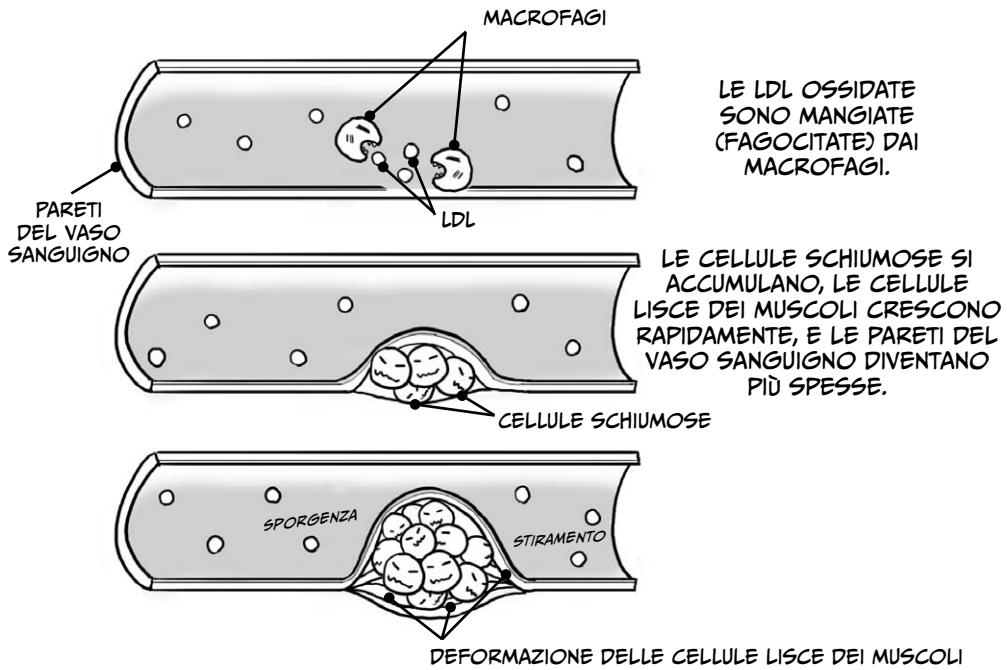
Il colesterolo può portare alla **morte**?! Non bisogna prenderlo alla leggera, suppongo...



Guardiamo uno specifico tipo di arteriosclerosi chiamato *aterosclerosi*. Gli scienziati ritengono che il fenomeno avvenga pressappoco nel seguente modo: prima, il colesterolo LDL viene depositato sulle pareti interne del vaso sanguigno, danneggiandolo. In seguito questo colesterolo è mangiato da fagociti*, come i macrofagi, e si accumulano cellule rigonfie chiamate cellule schiumose, piene di grasso.

Quando questo avviene, le cellule della muscolatura liscia che formano le pareti di un vaso sanguigno, si modificano, diventando più spesse e più dure.

* Un *fagocita* è un globulo bianco (leucocita) del sangue molto goloso, che ingloba praticamente qualunque cosa. È una parte essenziale del sistema immunitario.



Wow, quell'arteria è più intasata delle tubature della mia vasca da bagno. Ma per lo meno un po' di capelli nello scarico non mi uccidono mica!



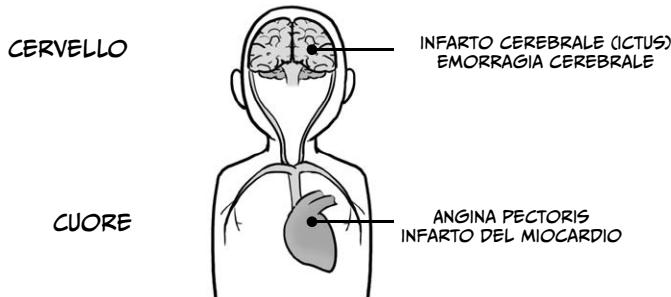
Non esserne così sicura. L'ostruzione del mio scarico ha praticamente vita propria. È una vera giungla laggiù!



Whoa, che schifo! Risparmiatele certe cose, Nemoto!



Ehm... mi dispiace. Ad ogni modo, puoi vedere nell'immagine in basso alcuni dei danni che l'arteriosclerosi può provocare.



MISTERO

1

IL COLESTEROLO È DAVVERO CATTIVO?

- ④ Il colesterolo, che è trasportato attraverso il sangue dalle lipoproteine, può essere sia buono (HDL) che cattivo (LDL).
- ④ Il colesterolo nelle LDL è trasportato dal fegato verso i tessuti periferici dell'organismo, e il colesterolo nelle HDL è trasportato dai tessuti periferici al fegato. L'equilibrio tra queste funzioni è molto importante.
- ④ Il colesterolo è fondamentale anche per la sintesi di importanti ormoni, ma se è in eccesso nel sangue può causare arteriosclerosi, che, a sua volta, è responsabile di malattie gravi che possono portare anche alla morte.



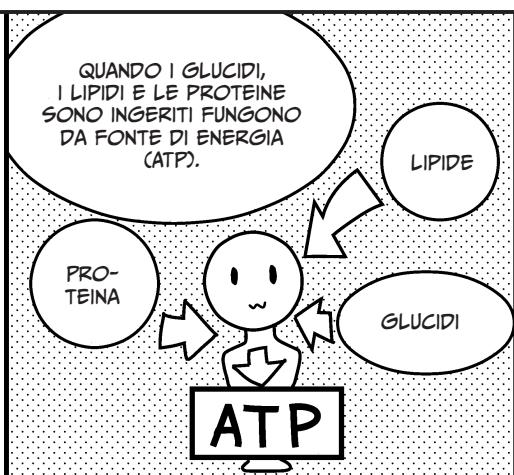
2. La biochimica dell'obesità: Perché il grasso viene immagazzinato?

IL PROSSIMO MISTERO È TRA QUELLI CHE MI PREOCCUPANO VERAMENTE!

2. PERCHÉ SE MANGI TROPPO AUMENTI DI PESO?



ENERGIA INGERITA E CONSUMATA



* PIÙ PRECISAMENTE, POICHÉ ALCUNI DI QUESTI COSTITUENTI DEGLI ALIMENTI SONO ESPULSI DIRETTAMENTE DOPO ESSERE STATI MANGIATI, L'ENERGIA INGERITA È L'ENERGIA TOTALE CHE VIENE PRODOTTA DA GLUCIDI, LIPIDI E PROTEINE EFFETTIVAMENTE ASSORBITI DAL CORPO.

COSÌ PIÙ SI MANGIA,
PIÙ AUMENTA L'ENERGIA
INGERITA.

D'ALTRO CANTO,
FINCHÉ SIAMO IN
VITA, CONSUMIAMO
ENERGIA.

QUESTO È VERO! ANCHE
QUANDO STO DORMENDO
O GUARDANDO LA TV...

...IL MIO CORPO STA
COMUNQUE CONSUMANDO IL
MINIMO DI ENERGIA RICHIESTA.
QUESTO CONSUMO SAREBBE
IL MIO METABOLISMO
BASALE, GIUSTO?

GIUSTO! E NATURALMENTE, SE
FAI ATTIVITÀ FISICA, CONSUMI
MOLTA PIÙ ENERGIA.

GHI!

UNGH!

IL TOTALE DELL'ENERGIA
CONSUMATA È DETTA
ENERGIA SPESA.

AH!

ENERGIA INGERITA

ENERGIA SPESA
ENERGIA SOTTO
FORMA
DI
GRASSI

SE L'ENERGIA SPESA È
INFERIORE A QUELLA
INGERITA...

LA DIFFERENZA VIENE
IMMAGAZZINATA NEL
CORPO SOTTO FORMA
DI GRASSI.

WHEW!

HUFF

PUFF

SE NON VOGLIO
RIPRENDERE I
CHILI PERSI, DEVO
MANTENERMI ATTIVA.

NGH!



GLI ANIMALI CONSERVANO IL GRASSO



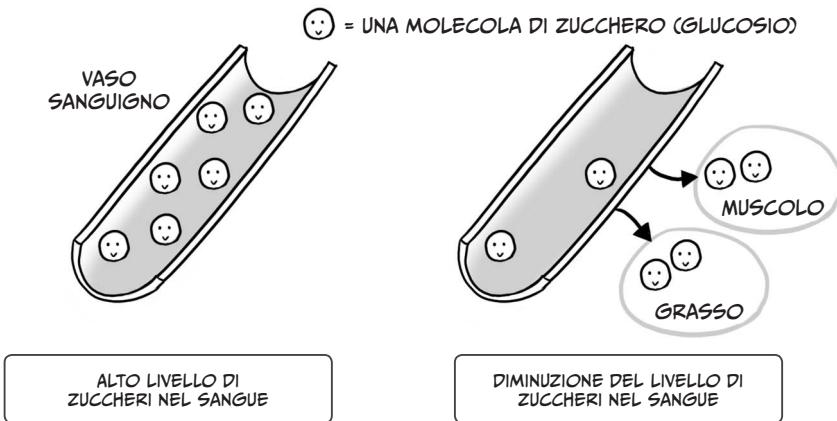
Gli animali hanno un meccanismo per mantenere nel corpo un livello prefissato di grasso. Se mangiano troppo e accumulano grasso, parte un segnale che indica al cervello di ridurre la quantità di cibo ingerita. Al contrario, se l'ammontare di grasso diminuisce, il segnale provoca il senso di fame nell'animale che si procaccerà cibo fino a quando il livello di grasso non tornerà ai livelli iniziali.



Interessante! Immagino che questo istinto derivi proprio dagli animali che vivono nella natura selvaggia, dove la vita è dura. Se diventano troppo grassi, non saranno capaci di procurarsi il cibo, e se diventano troppo magri, potrebbero anche patire la fame e morire.



Giusto. Per esempio, l'insulina è un ormone che fa sì che il glucosio nel sangue venga assorbito dai tessuti muscolare e adiposo e immagazzinato rispettivamente sotto forma di glicogeno o grasso. Il risultato è che l'insulina abbassa il livello di glucosio nel sangue (l'insulina è usata anche per curare il diabete).



Oh, allora "il livello di zuccheri nel sangue" è la concentrazione di glucosio nel sangue! E se questo glucosio viene assorbito nei muscoli o nei grassi, la sua concentrazione nel sangue diminuirà.

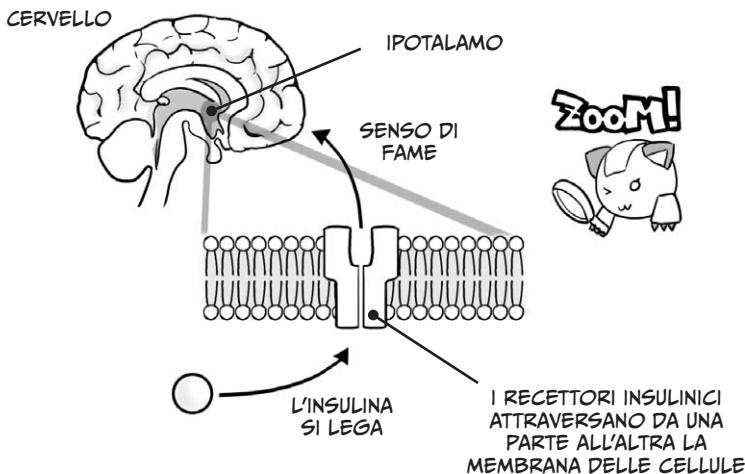


Inoltre, le membrane cellulari delle cellule nervose dell'ipotalamo (una parte specializzata del cervello) contengono una proteina chiamata *recettore insulinico**.

* In realtà, i recettori insulinici esistono nelle membrane cellulari di molte cellule dell'organismo, non solo nelle cellule nervose.



Così l'insulina regola il comportamento alimentare e il livello di grasso corporeo di un animale attraverso l'ipotalamo.



La necessità di nutrirsi è soppressa dal sistema nervoso quando l'insulina si lega ai recettori insulinici nell'ipotalamo.

Per dimostrare questo fatto, i ricercatori hanno fatto esperimenti che forse ti sorprenderanno: per esempio, i topi di laboratorio ai quali viene impedita la produzione di recettori insulinici nell'ipotalamo, finiscono per diventare davvero obesi.



Wow! Quindi arrivano istruzioni al mio cervello per impedirmi di mangiare troppo? Ma è pazzesco... è come se il mio stesso corpo mi stesse giocando un tiro!



C'è anche una proteina chiamata leptina, che è prodotta e secreta solo dal tessuto adiposo, capace di notificare al cervello un accumulo di grasso, tramite i recettori leptinici nell'ipotalamo, in maniera analoga ai recettori insulinici. Anche questo sopprime la fame.



Capisco. Allora sia l'insulina che la leptina sono importanti proteine per il controllo di quanto dobbiamo mangiare.



Giusto. E i ricercatori hanno fatto esperimenti anche sulla leptina: i topi con i geni della leptina alterati finiscono per diventare grassi quanto i topi senza i recettori insulinici.

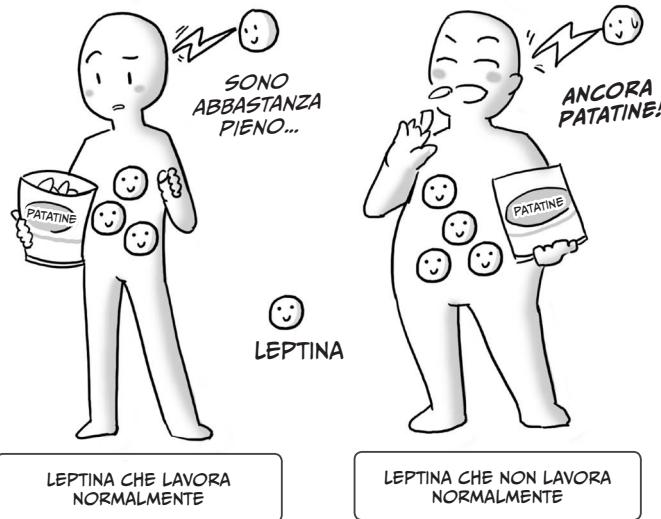


Che orrore! Mi chiedo perché gli scienziati se la debbano sempre prendere coi topi...



Se confrontiamo la concentrazione di leptina nel sangue delle persone non obese con quella delle persone obese, troviamo che hanno un valore proporzionale all'ammontare del grasso immagazzinato nell'organismo.

La quantità di leptina sintetizzata dalle persone che mangiano troppo non è diversa da quella delle persone che mangiano normalmente. Nonostante la sintesi di leptina sia legata alla soppressione della fame nelle persone non obese, questo non avviene per le persone obese. In altre parole, si pensa che le persone obese sviluppino una resistenza alla leptina.



Che incubo! Se la nostra insulina o la leptina sono inefficaci, continueremo a mangiare e il nostro appetito non sarà mai soddisfatto...



Ci sono anche varie altre sostanze che aiutano a bilanciare i nostri livelli di grasso e l'appetito, di cui parleremo tra poco!

I GLUCIDI IN ECCESSO DIVENTANO GRASSO!

DUNQUE L'OBESITÀ È IL RISULTATO DI UNA SIGNIFICATIVA ALTERAZIONE DELL'OMEOSTASI* METABOLICA.

È IL RISULTATO DI AVER IMMAGAZZINATO TROPPO GRASSO.

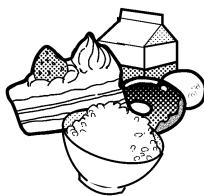
IN BREVE...

HAI MANGIATO TROPPO E HAI ACCUMULATO TROPPO GRASSO.

よし よし

*L'OMEOSTASI È L'INSIEME DEI MECCANISMI DI AUTOCONTROLLO ATTRAVERSO I quali UN SISTEMA TENDE A MANTENERE PIÙ O MENO COSTANTI LE CONDIZIONI INTERNE, COME IL METABOLISMO.

STUDIAMO ORA I PROCESSI BIOCHIMICI CHE SONO COINVOLTI...



COSÌ
SUCCESSIONE?!

...QUANDO IL GRASSO SI ACCUMULA!

CI SONO DUE MODALITÀ TRAMITE LE quali IL GRASSO VIENE ACCUMULATO.

LIPIDE

GLUCIDE

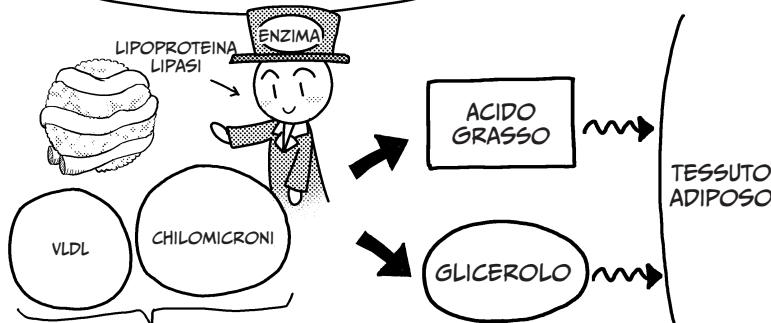
QUANDO I LIPIDI INGERITI VENGONO DIRETTAMENTE ACCUMULATI COME GRASSO...

...E QUANDO I GLUCIDI SONO CONVERTITI IN GRASSO.

LIPIDE

GLUCIDE

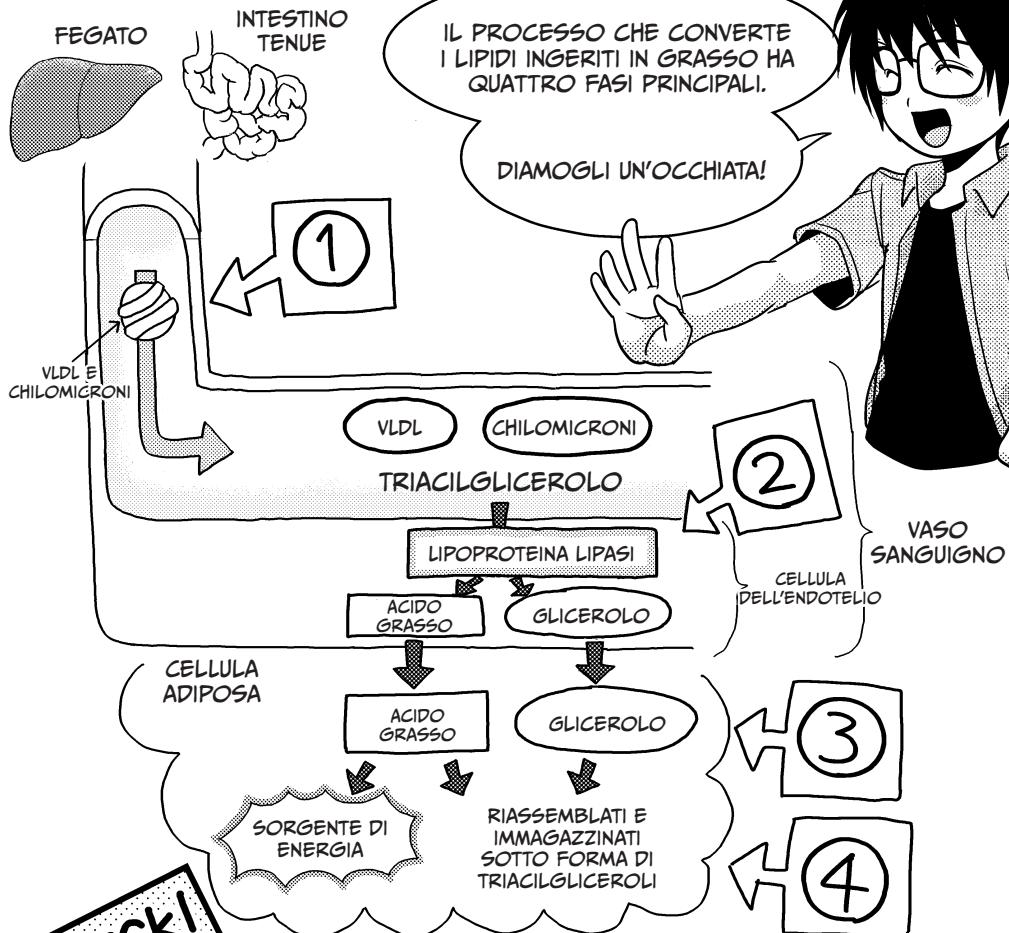
EEK!



I LIPIDI E IL TRIACIGLICEROLO INGERITI CHE SONO STATI TRASPORTATI NEL SANGUE DAI CHILOMICRONI VENGONO IDROLIZZATI* DA QUESTO ENZIMA PER FORMARE ACIDO GRASSO E GLICEROLO, I QUALI SONO POI ASSORBITI DAL TESSUTO ADIPOSO.



* L'IDROLISI È LA SCISSIONE DI UNA SOSTANZA AD OPERA DI UN ENZIMA CON L'INTERVENTO DI UNA MOLECOLA D'ACQUA. PER DETTAGLI, VEDI PAGINA 172.



CHECK!

1

I triacylglyceroli sono trasportati nel sangue dalle VLDL sintetizzate nel fegato e dai chilomicroni sintetizzati nell'intestino tenue.

2

Le cellule endoteliali, che tappezzano i vasi sanguigni, hanno sulla superficie un enzima chiamato lipoproteina lipasi. Quando i triacylglyceroli sono trasportati attraverso i capillari nel tessuto adiposo, nei muscoli e in altri tessuti, incontrano la lipoproteina lipasi che li idrolizza in acidi grassi e glicerolo.

3

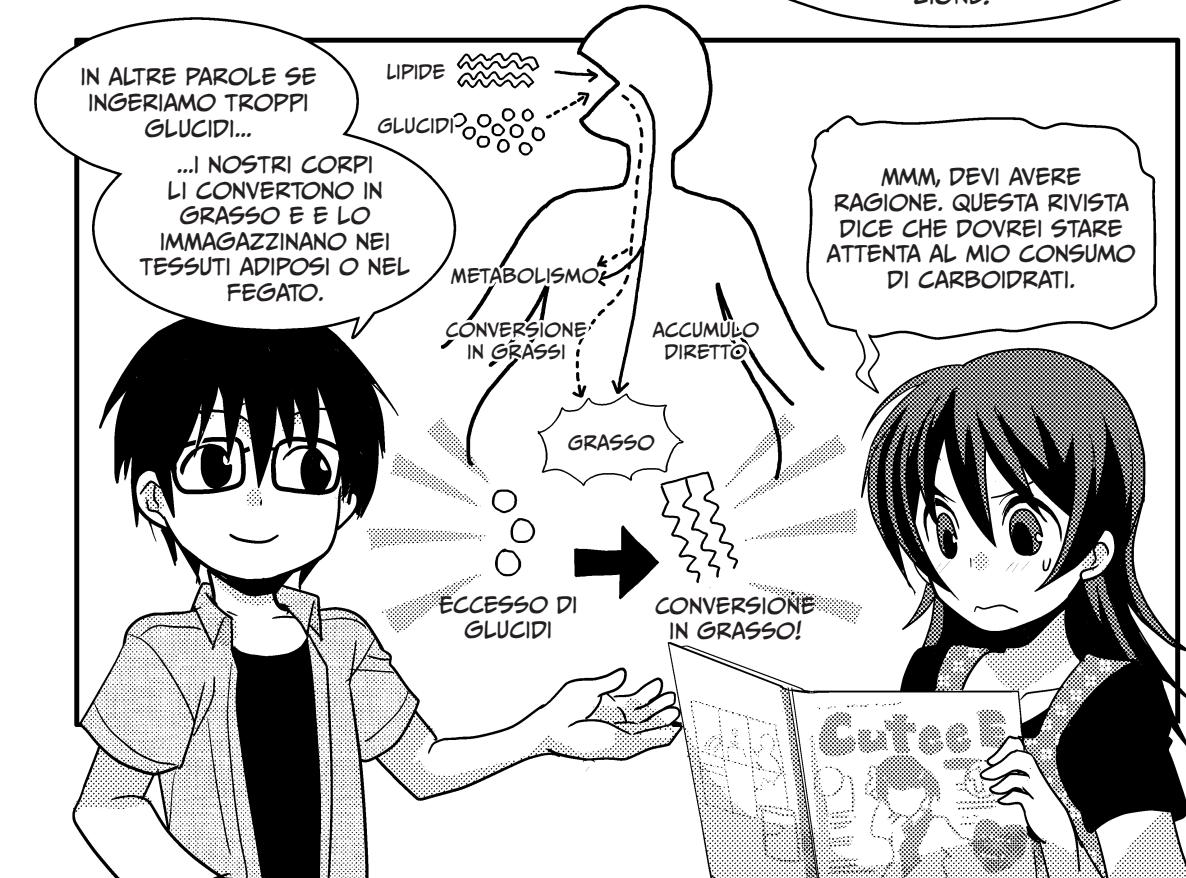
Il glicerolo e questi acidi grassi vengono assorbiti dal tessuto adiposo.

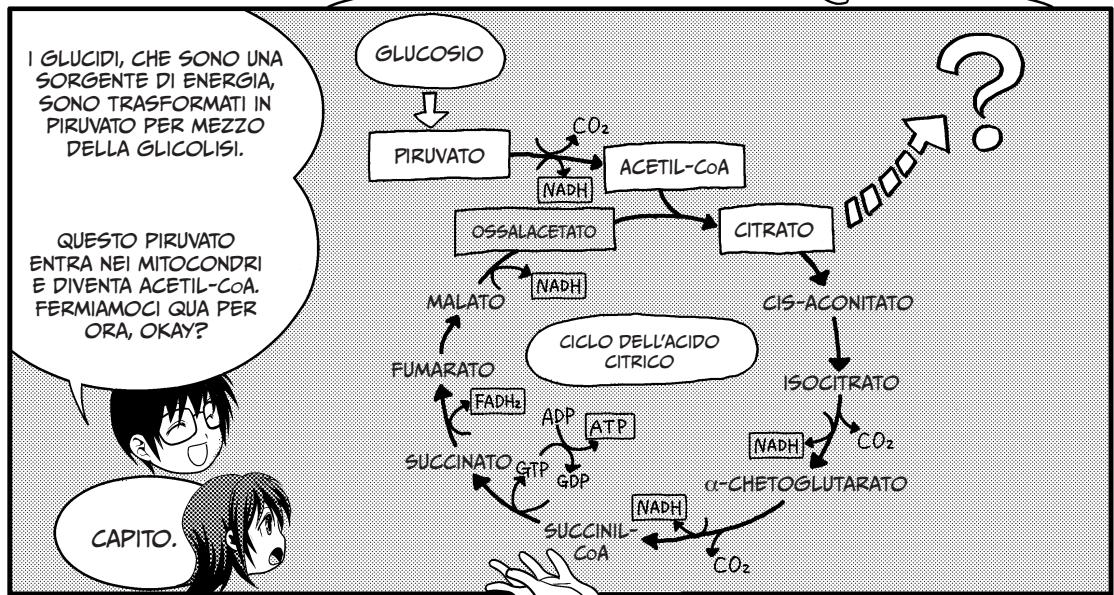
4

L'acido grasso e il glicerolo assorbiti vengono riassemblati e immagazzinati sotto forma di triacylglyceroli.



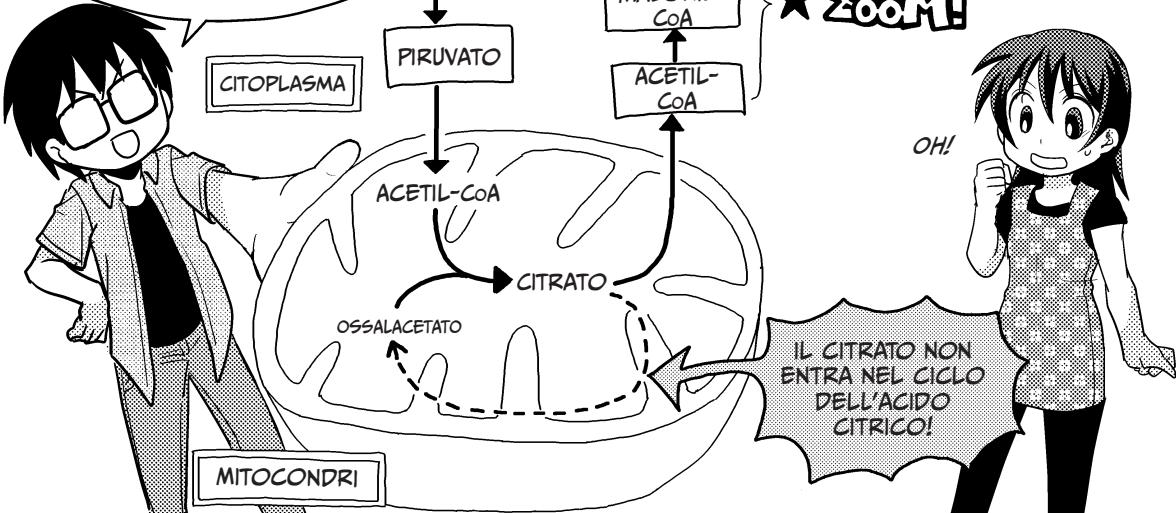
E QUANDO SUCCIDE
QUESTO IL GRASSO AUMENTA
RAPIDAMENTE!





QUANDO INGERIAMO TROPPI GLUCIDI, IL CITRATO FUORIESCE NEL CITOPLASMA, VIENE CONVERTITO NUOVAMENTE IN ACETIL-COA, E DIVENTA UN INTERMEDIOSA CHIAMATO MALONIL-COA.

POICHÉ LA GLICOLISI STA ANCORA DEGRADANDO IL GLUCOSIO, IL MALONIL-COA, L'ACETIL-COA E L'ACIDO PALMITICO SI ACCUMULERANNO, GIUSTO?



ESATTO! E L'ACIDO PALMITICO È UN ACIDO GRASSO.

SE SI PRODUCE MALONIL-COA, SARÀ CONVERTITO DIRETTAMENTE IN ACIDO GRASSO.

AIUTO!

SI DEVE ANCHE STARE ATTENTI A QUANTO ZUCCHERO DA TAVOLA (SACCAROSIO*) SI MANGIA.

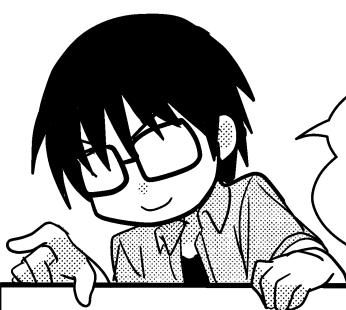


IL FRUTTOSIO, INFATTI, PROMUOVE LA SINTESI DEGLI ACIDI GRASSI NEL FEGATO E QUESTO È UNO DEI FATTORESCHE CONTRIBUISCONO ALL'OBESITÀ.

ME TAPINA, TRADITA DAL DOLCE, DOLCISSIMO ZUCCHERO...



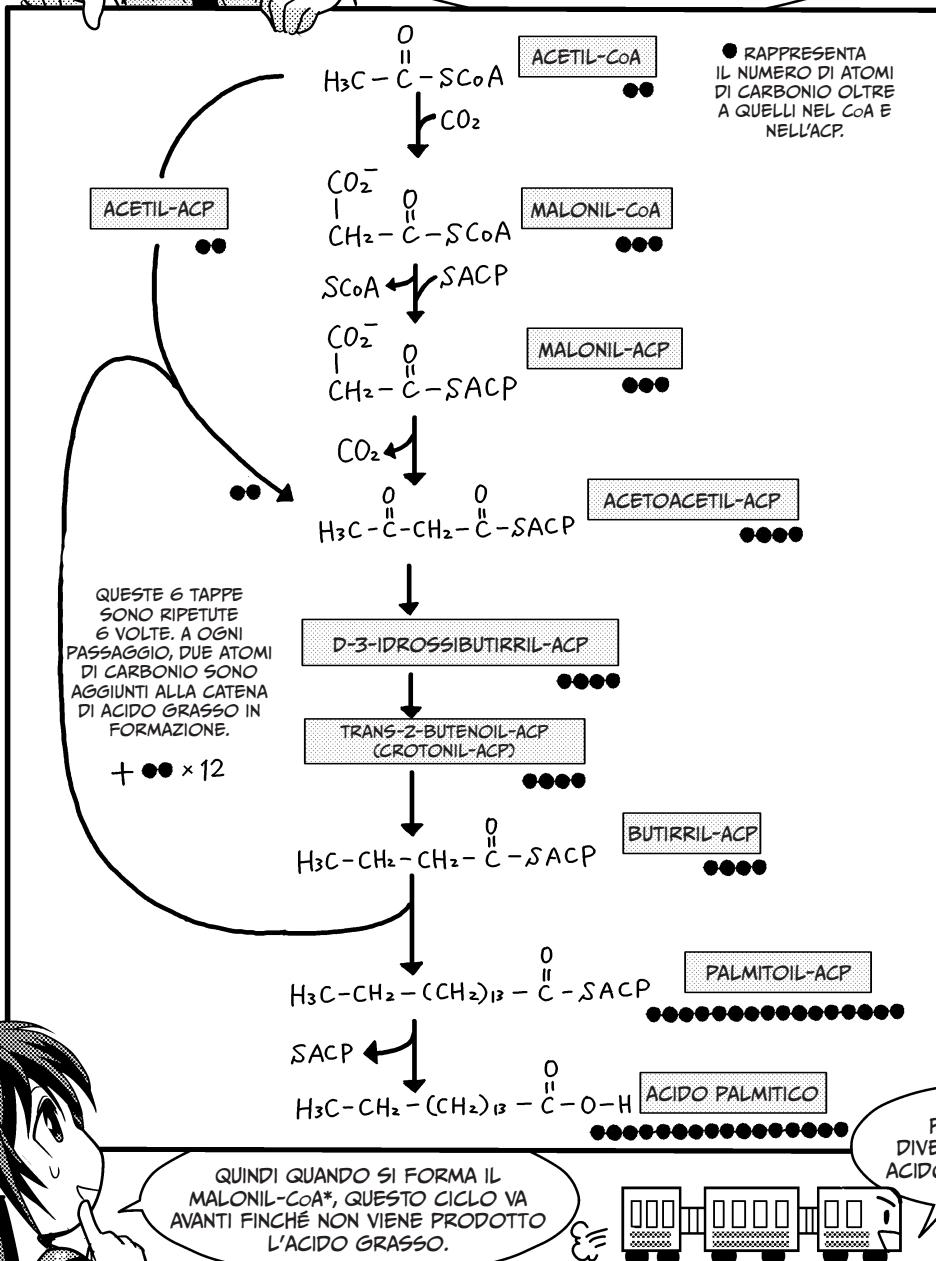
*DAL SACCAROSIO (UN DISACCARIDE COSTITUITO DA GLUCOSIO E FRUTTOSIO) SI OTTIENE ANCHE FRUTTOSIO. IL FRUTTOSIO È ANCHE UN DOLCIFICANTE.



ORA FACCIAMO UNA PICCOLA MARCIA INDIETRO ED ALLARGHIAMO LA ZONA DELLO

★Zoom!

DELL'ULTIMA PAGINA. L'ACIDO PALMITICO VIENE SINTETIZZATO DAL MALONIL-COA MEDIANTE ALCUNE REAZIONI ENZIMATICHE. GUARDIAMOLE!



* LA SINTESI DEL MALONIL-COA È LA REAZIONE CHE REGOLA IL LIMITE DI VELOCITÀ DI SINTESI DEGLI ACIDI GRASSI. IN ALTRE PAROLE, LA FORMAZIONE DI UN NUOVO ACIDO GRASSO DIPENDE DA QUANTO VELOCEMENTE IL MALONIL-COA VIENE FORMATO A PARTIRE DALL'ACETIL-COA.



QUANDO IL GRASSO VIENE USATO COME FONTE DI ENERGIA



Okay, ora so come sono prodotti i grassi, ma quello che realmente vorrei sapere è come posso **disfarmi** del grasso che sto producendo.



Per perdere peso, devi solo consumare costantemente il tuo grasso immagazzinato.

Per farlo, c'è bisogno di ricordare una cosa importante: **quando sono disponibili sia carboidrati che lipidi, come sorgente di energia l'organismo utilizza prima i carboidrati.**

Se mangi dei cibi contenenti molti carboidrati e lipidi, la concentrazione di zucchero nel tuo sangue salirà. Vengono usati prima i carboidrati per la produzione di energia, mentre i lipidi sono immagazzinati nel tessuto adiposo.

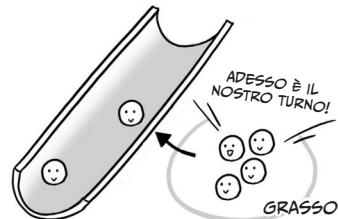
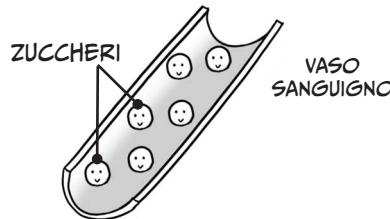


Ad ogni modo, quando i carboidrati sono stati metabolizzati e il livello di glucosio nel tuo sangue diminuisce, i lipidi immagazzinati cominciano gradualmente ad essere metabolizzati. Così quando il tuo stomaco affamato brontola, stai effettivamente consumando lipidi.

QUANDO I CARBOIDRATI SONO FINITI



VENGONO USATI I LIPIDI

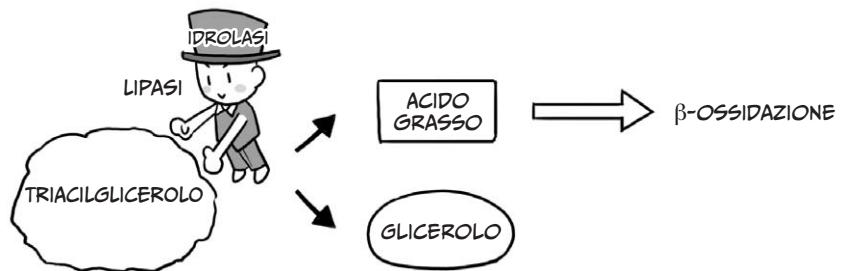


Mmmm, mi sa tanto che dovrò fare esercizi per un bel po', prima di iniziare a bruciare questi chili.

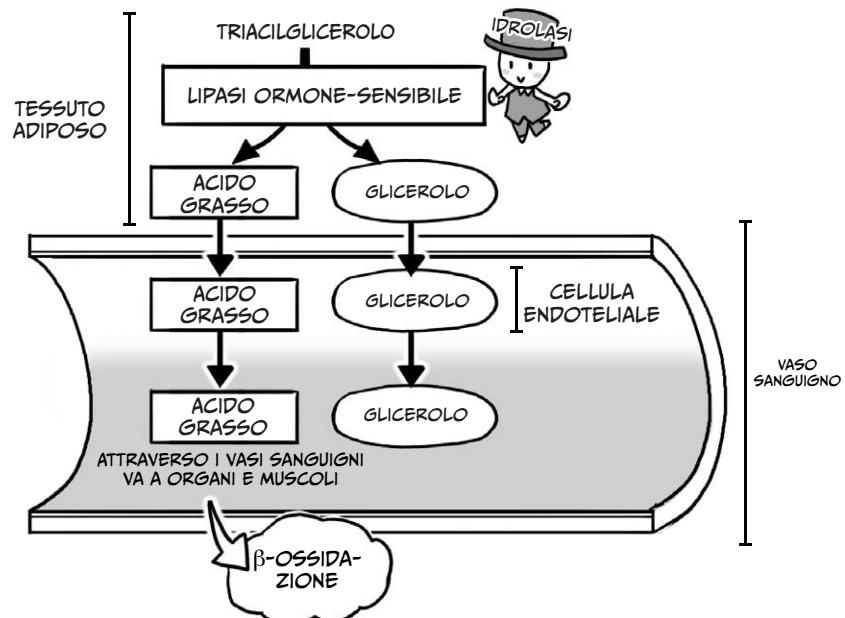


Parliamo ora di come viene metabolizzato il grasso.

Prima di tutto, i grassi nel tessuto adiposo, i **triacilgliceroli**, sono trasformati in **acido grasso** e **glicerolo** da un enzima chiamato *idrolasi*. L'idrolasi è una lipasi sensibile agli ormoni (da notare che è differente dalla lipoproteina lipasi, di cui abbiamo parlato a pagina 112).



L'acido grasso è rilasciato nel sangue e trasportato ai vari organi e muscoli del corpo, dove subisce una trasformazione chimica chiamata β -ossidazione (ovvero *beta-ossidazione*).

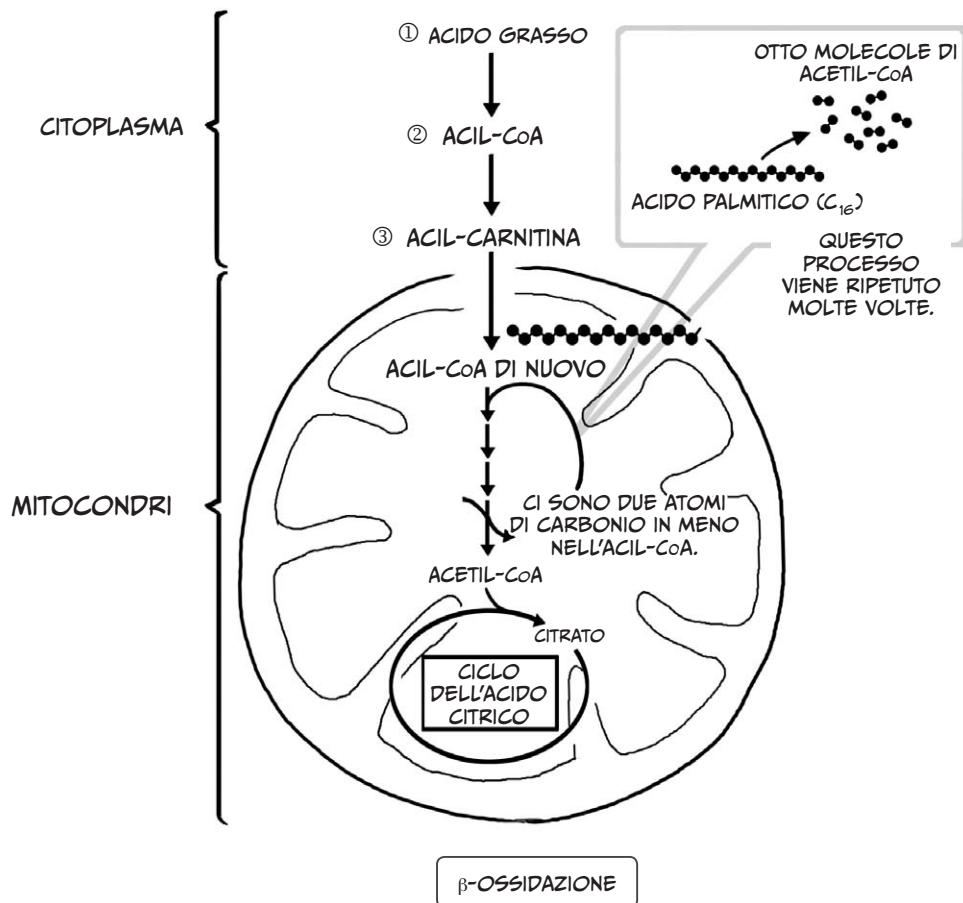




Uh... che diavolo sarebbe la β -ossalidazione?



Calma, ci sto arrivando! Guarda questo diagramma.



Il grasso diventa acetil-CoA attraverso la β -ossalidazione. Ricordi quando prima abbiamo parlato dell'acetil-CoA (vedipagina 115)?



È quella roba che appare nel primo stadio del ciclo dell'acido citrico, giusto?



L'hai detto!

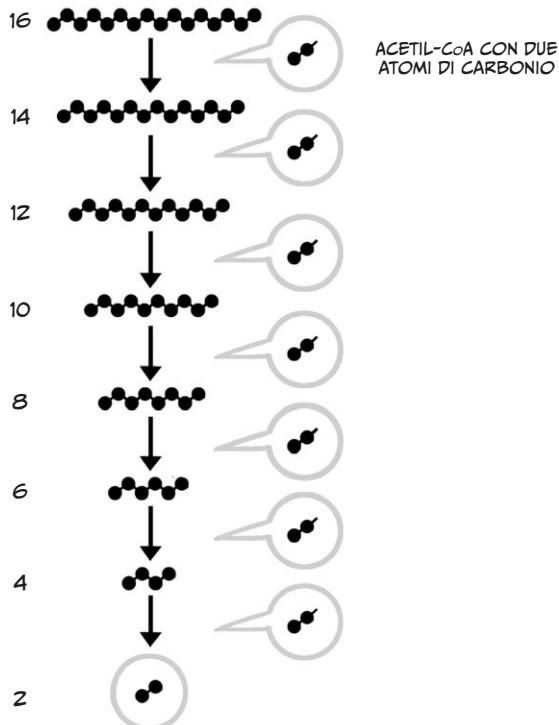
Per prima cosa, l'acido grasso è *attivato* quando gli si attacca il CoA. Il composto CoA di questo acido grasso è chiamato *acil-CoA*. Il gruppo *acil* viene trasferito allora alla carnitina e si forma *acil-carnitina*, traghetta l'acile nel mitocondrio e lo cede di nuovo al CoA e si riforma acil-CoA che viene degradato ad acetil-CoA.

Gli acidi grassi sono lunghe catene di carbonio (10+), ma l'acetil-CoA ha solo due atomi di carbonio.

L'acido grasso viene trasformato dalla β -ossidazione, facendo sì che ogni volta si stacchi una molecola di acetil-CoA (due atomi di carbonio). Il processo è detto β -ossidazione perché il CoA è legato al penultimo degli atomi di carbonio dell'acido grasso (il carbonio in posizione beta).

Alla fine, tutti gli atomi di carbonio dell'acido grasso si convertiranno in acetil-CoA. La figura seguente illustra la β -ossidazione dell'acido palmitico che ha 16 atomi di carbonio.

ACIDO PALMITICO CON 16 ATOMI DI CARBONIO





Il ciclo della β -ossidazione è ripetuto sette volte per ottenere otto molecole di acetil-CoA!



Giusto, e poiché sono già nel mitocondrio, da lì possono entrare direttamente nel ciclo dell'acido citrico e produrre ATP.



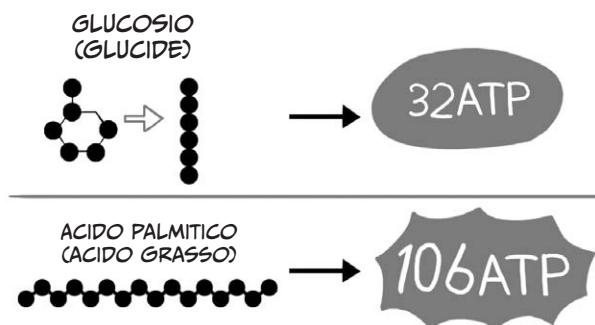
Così, quando bruciamo grassi durante una dieta, questo processo pazzesco distrugge gli acidi grassi contenuti nel nostro corpo. Wow!



Poco fa, ti ho detto come l'acido palmitico è prodotto dal malonil-CoA durante la sintesi dell'acido grasso. Quando questo acido palmitico viene totalmente idrolizzato, produce 106 molecole di ATP*, attraverso il ciclo TCA e la catena di trasporto degli elettroni.



Aspetta... se non ricordo male, non c'erano al massimo 32 molecole di ATP che potevano essere create da 1 molecola di glucosio? 106 è un numero bello grande, o no?



Già, è vero. L'acido grasso è un efficientissimo deposito.



Hmmm. Deve essere per questo che bruciarlo richiede così tanto sforzo! Da un punto di vista biochimico, la dieta richiede davvero molto lavoro....

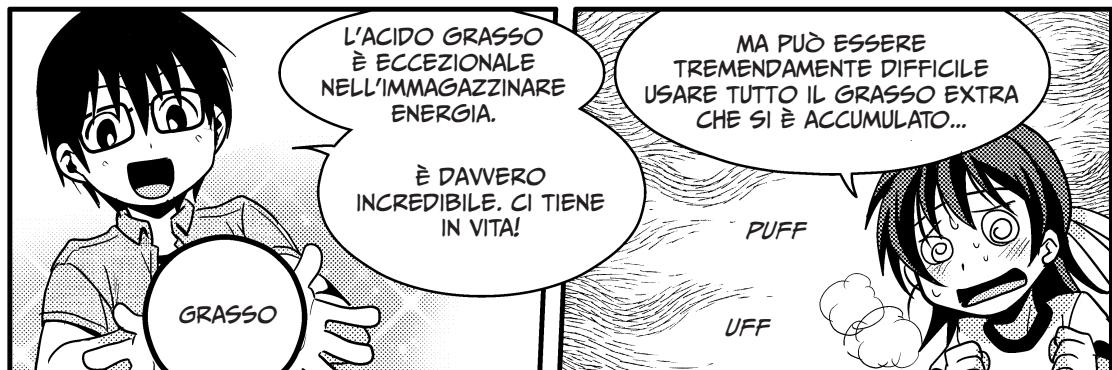
* il calcolo della resa in ATP è teorico. Quello più accreditato oggi deriva da stime effettuate (Hindle et al., 1991. Biochemistry 30:3756) secondo cui per ogni coppia di e- che entra nella catena di trasporto si ottengono 2,5 molecole di ATP, se portate dal NADH, 1,5 ATP se dal FADH₂. In passato veniva calcolata una resa di 129 ATP per molecola di acido palmitico.

MISTERO

2

PERCHÉ AUMENTI DI PESO SE MANGI TROPPO?

- ④ Quando l'energia spesa è inferiore all'energia ingerita, l'organismo immagazzina l'energia in eccesso sotto forma di grasso.
- ④ Ci sono due principali modalità di formazione del grasso. Uno è il processo in cui i lipidi ingeriti (ossia, i triacilgliceroli) vengono direttamente accumulati come grasso, mentre l'altro è la conversione dei glucidi in grasso.
- ④ Il grasso è un efficiente deposito di energia.



3. Che cos'è il gruppo sanguigno?



IL GRUPPO SANGUIGNO



Il terzo mistero è: **che cos'è il gruppo sanguigno?** Questo dovrebbe essere divertente!



Anche tralasciando completamente la scienza dei gruppi sanguigni, questa classificazione rimane un modo interessante di suddividere la popolazione. In Giappone, ad esempio, è molto comune leggere addirittura il futuro di qualcuno in base al suo gruppo sanguigno.



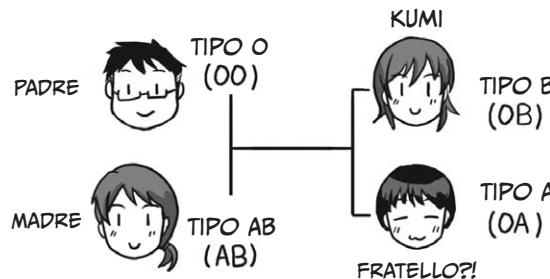
Giusto! Ad esempio, si dice che una persona con gruppo sanguigno di Tipo A sia calma, composta e seria.



Guarda caso, io sono un Tipo B, per nulla convenzionale e faccio tutto a modo mio! Mio padre è un Tipo O, ambizioso, mentre mia madre è Tipo AB, sensibile e lunatica.



Mmm... logico che tu sia B. I figli di genitori di Tipo O e Tipo AB possono essere di Tipo A o Tipo B, ma non di Tipo O o Tipo AB. Quindi se tu avessi un fratello, lui o lei potrebbe essere solo di Tipo A o Tipo B.



Se avessi un fratello più giovane di Tipo A, la mia famiglia avrebbe componenti di tutti e quattro gruppi sanguigni.

Ma è un po' strano, no? I membri di una stessa famiglia possono avere gruppi sanguigni tutti diversi tra loro, ma persone di famiglie differenti possono avere lo stesso gruppo sanguigno!

Ad ogni modo, **cos'è** esattamente il gruppo sanguigno?



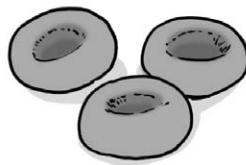
COME SI DETERMINA IL GRUPPO SANGUIGNO?



Kumi, avrai probabilmente imparato qualcosa sui globuli rossi a scuola, vero?



Sì! Sono le cellule che danno al sangue il suo colore. Assomigliano a questi:



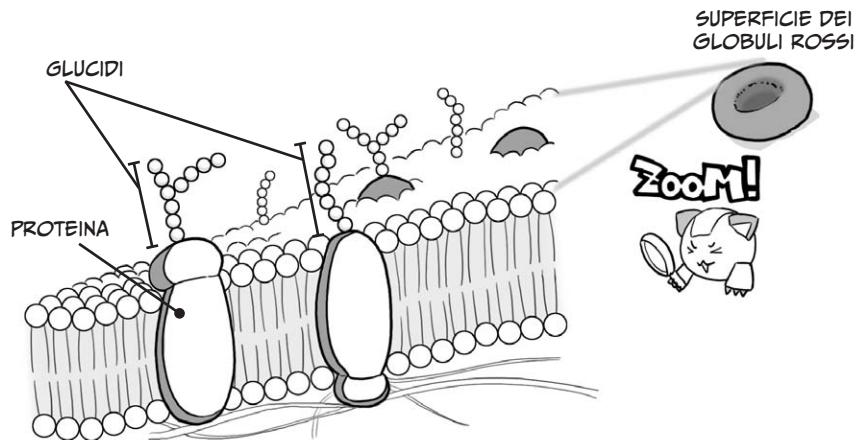
Esatto. Il gruppo sanguigno viene determinato dal tipo di molecole glucidiche che sporgono dalla superficie dei globuli rossi. La superficie di molte cellule, compresa quella dei globuli rossi, è ricoperta di un *rivestimento glucidico* (*glicocalice*) fatto di una o poche unità di zuccheri.



Caspita, siamo di nuovo agli zuccheri? Però mi piace come suona ... "rivestito di zucchero"...



Ricordi i doppi strati lipidici delle membrane cellulari? Le proteine sono inglobate in vari punti di questo doppio strato, e le molecole glucidiche sono spesso attaccate alla loro superficie esterna. Tutte insieme, queste molecole glucidiche costituiscono il rivestimento "di zucchero" delle cellule.





Che strano! Assomigliano a piccoli anemoni di mare o qualcosa di simile, che spuntano dal fondale marino. E si trovano su tutta la superficie del globulo rosso?



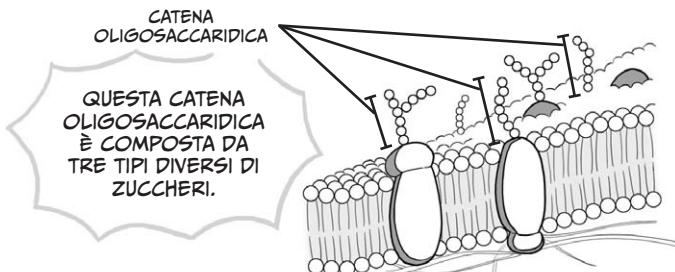
Esatto. Ci sono oltre 100 antigeni diversi che possono ricoprire i globuli rossi ed essere usati per classificare i gruppi sanguigni, quindi sono possibili diversi sistemi di classificazione. Il sistema più famoso è il sistema ABO, che fu identificato nel 1900 dall'immunologo austriaco Karl Landsteiner.



Sarebbe il sistema in uso oggi, vero? Con il Tipo A, Tipo B, Tipo AB e Tipo O?



Giusto anche stavolta! Il sistema ABO dei gruppi sanguigni si basa su **tre tipi di molecole glucidiche** presenti sulla superficie dei globuli rossi. Ciascun tipo ha una struttura chiamata *catena di zuccheri*, cioè un oligosaccaride, che è formato di diversi (pochi) monosaccaridi legati tra loro.

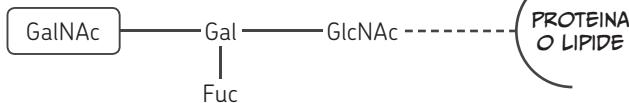


Tre tipi di "anemoni" che ondeggianno su e giù, uh?

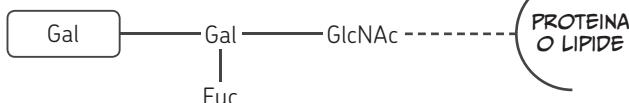


Se guardiamo nella parte sinistra del diagramma che segue, possiamo notare che ogni catena oligosaccaridica termina con un residuo diverso.

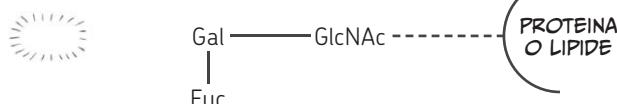
Per la catena oligosaccaridica del gruppo sanguigno A, l'estremità a sinistra è il *GalNAc*.



Per la catena dello zucchero nel gruppo sanguigno B, l'estremità è il *Gal*.



Per la catena dello zucchero nel gruppo sanguigno O, manca lo zucchero più esterno.



NOMI DEI SACCARIDI

GalNAc	: <i>N</i> -acetilgalattosamina
Gal	: Galattosio
Fuc	: Fucosio
GlcNAc	: <i>N</i> -acetilglucosamina



Oooh, così è da qui che vengono fuori i gruppi sanguigni!



Esatto! E la gente con gruppo sanguigno di Tipo AB ha entrambi i tipi di catena glucidica, sia quelli del Tipo A che quelli del Tipo B.



Wow, è tutto qui? Differenze nelle catene glucidiche? Che strano...



Ma aspetta... perché una persona diventa di Tipo A mentre un'altra persona diventa di Tipo B? Cosa decide che tipo di gruppo sanguigno debba avere un individuo?



Be', il gruppo sanguigno è determinato da un gene specifico, e da un enzima codificato da questo gene! (Torneremo su questo più tardi, ma puoi già andare avanti a pagina 169 per maggiori dettagli, se vuoi).



Di nuovo con questi enzimi! Li hai menzionati quando abbiamo discusso di grasso, e ora ne parliamo di nuovo mentre stiamo esaminando i gruppi sanguigni? Devono essere proprio importanti.



Assolutamente. Dobbiamo chiedere alla professoressa che ci dica di più sugli enzimi, quando la vedremo più tardi.



Sì! A proposito, è possibile che le differenze nelle catene degli zuccheri possano essere correlate con la personalità della gente? Si può veramente predirne il futuro dal gruppo sanguigno?



Mmm, buona domanda. Ma da qui a dire che il gruppo sanguigno possa veramente influenzare la personalità di qualcuno il salto è abbastanza lungo, e non c'è nessuna dimostrazione scientifica che lo supporti.



Meno male. Odierrei pensare che la mia personalità possa essere influenzata da un mucchio di insignificanti catene degli zuccheri.



Non mi interessa quello che potrebbe dire una cartomante: non c'è nessuno al mondo con una personalità come la tua, Kumi...

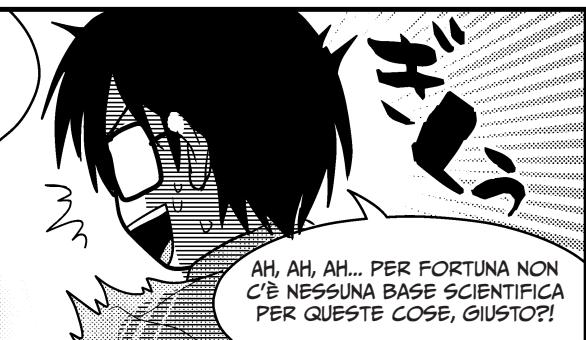
MISTERO
3

CHE COS'È UN GRUPPO SANGUIGNO?

- ④ I quattro tipi di gruppo sanguigno (A, B, AB o O) sono basati sul sistema ABO.
- ④ Il sistema ABO classifica i diversi tipi sulla base delle differenze tra le catene glucidiche presenti sulla superficie dei globuli rossi.
- ④ Finora non c'è nessuna prova scientifica a supporto dell'idea che le differenze nelle catene glucidiche possano influenzare la personalità, perciò non permettere a questi indovini di raccontartela!



AVRETE UN'OPPORTUNITÀ INASPETTATA DI AVVICINARVI ALL'OGGETTO DEL VOSTRO AFFETO. TUTTAVIA, LA VOSTRA NATURA SERIOSA VI OSTACOLERÀ E NON ANDRÀ COME AVETE SPERATO. LA VOSTRA VITA AMOROSA QUESTO MESE SARÀ MOLTO TURBOLENTA.



4. Perché la frutta diventa più dolce quando matura?



CHE TIPI DI ZUCCHERI CI SONO NELLA FRUTTA?



È giunta l'ora del quarto mistero: **perché la frutta diventa più dolce quando matura?**

Parlando di frutta, sono appena arrivate delle pere fresche a casa mia...

Mmm, sono mature, dolci e deliziose.



Effettivamente, è vero per molti differenti tipi di frutta. Mandarini, uva, meloni e cocomeri diventano tutti più gustosi quando maturano.



Dici bene. Quando i mandarini sono ancora un po' verdi, possono essere troppo acidi, ma quando maturano sono veramente dolci. E il melone che mi hai portato era di stagione e maturo alla perfezione!



Sì, ma cosa significa "maturo", biochimicamente parlando? Sappiamo che la frutta matura è più dolce, ma perché?

La ragione è che nella frutta e nelle bacche trovi grandi quantità di questi tre tipi di zucchero: saccarosio (zucchero da tavola), fruttosio (zucchero della frutta), e glucosio (zucchero d'uva*).



Strano, mi sarei aspettata che ci fosse solo lo zucchero della frutta. Stiamo parlando di frutta, dopo tutto...

* A dispetto del nome, lo zucchero "d'uva" si trova in molti tipi di frutta e frutti di bosco, non solo nell'uva.



MONOSACCARIDI, OLIGOSACCARIDI E POLISACCARIDI



Prima abbiamo detto che il saccarosio, il glucosio e il fruttosio hanno strutture differenti (vedi pagina 63 per maggiori dettagli).



Giusto! Ci sono un sacco di tipi diversi di glucidi, e io amo mangiarli tutti.

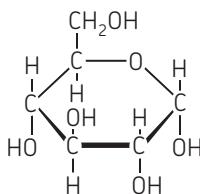


Be', è arrivato il momento di imparare qualcosa di più su questi diversi glucidi o carboidrati!

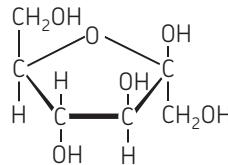
L'unità principale di un carboidrato si chiama *monosaccaride*, ed è formato da un minimo di tre atomi di carbonio legati insieme.

Il glucosio e il fruttosio sono monosaccaridi che contengono sei atomi di carbonio. Se due o più monosaccaridi sono legati insieme, il risultato è un *oligosaccaride*.

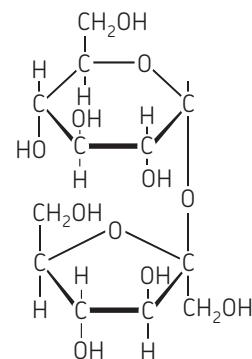
Anche se più esattamente il saccarosio, poiché è formato solo da due monosaccaridi, viene chiamato *disaccaride*. Ecco qui come appaiono:



GLUCOSIO



FRUTTOSIO



SACCAROSIO



Ah, quindi il saccarosio è costituito da un glucosio e un fruttosio messi insieme!



Giusto! Ci sono anche carboidrati fatti di molti monosaccaridi, che formano molecole estremamente lunghe o strutture ramificate complesse. Questi vengono chiamati **polisaccaridi**.

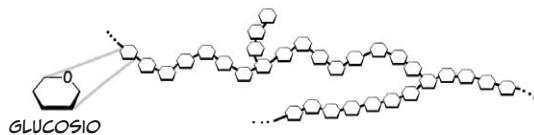
Puoi pensare a qualche polysaccharide con il quale hai familiarità?



Ah! Prima abbiamo parlato di patate e riso, ed erano pieni zeppi di carboidrati. Per cui... l'amido è un polysaccharide, giusto?



Giusto! L'amido è composto da molti monosaccaridi di glucosio collegati insieme. Le piante immagazzinano il glucosio in questa forma dopo che è stato sintetizzato nel processo di fotosintesi.



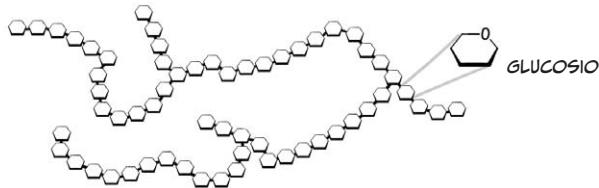
AMIDO

Anche i nostri corpi (e quelli degli animali) contengono un "magazzino" con una funzione simile a quella dell'amido.

Si chiama glicogeno, e viene prodotto principalmente dal fegato e dai muscoli, a partire dalle molecole di glucosio in eccesso, per metterle da parte in modo da poterle usare in seguito.



Ah, sì, ricordo che hai menzionato il glicogeno prima, adesso capisco!



GLICOGENO



Cellulosa e chitina sono altri esempi di polysaccaridi. La cellulosa è il principale componente delle pareti delle cellule delle piante, e la chitina è il principale componente della dura corazza dei crostacei, ad esempio i gamberi e i granchi. Anche i funghi usano la chitina come materiale strutturale.



COME FA LA FRUTTA A DIVENTARE DOLCE?



Adesso, torniamo alla frutta. I mandarini e i meloni, ad esempio, diventano più dolci e più buoni man mano che maturano. Perché succede?



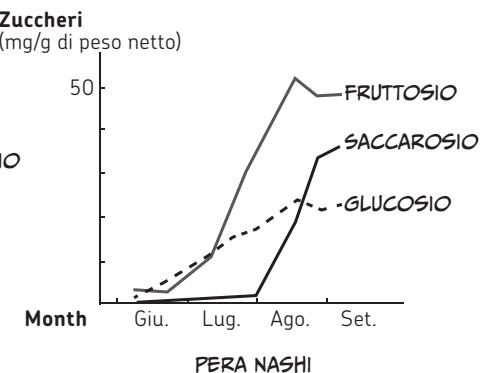
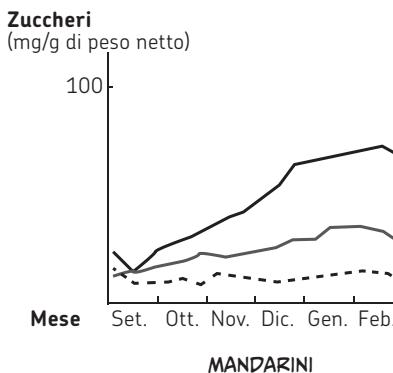
Hmmm. Quando prima stavo comprando le fragole e i mandarini al supermercato, c'era un cartello che diceva, "Contenuto di zuccheri: 11-12%".

Suppongo che se la frutta diventa più dolce quando matura, vuol dire che il contenuto di zuccheri è aumentato, giusto? Da un punto di vista biochimico, si starà parlando di una trasformazione che riguarda i carboidrati.



L'hai detto! E quindi... parliamo di carboidrati!

Dai un'occhiata al grafico sotto. Prima di maturare, gli agrumi come i mandarini contengono grosso modo la stessa quantità di glucosio, fruttosio e saccarosio. Ma quando maturano, il contenuto di saccarosio cresce velocemente. Invece, in una pera Nashi aumentano tutti e tre.



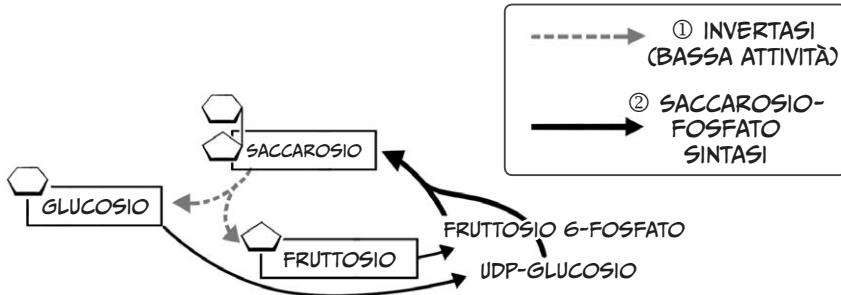
Fonte: Sabuto Ito, Scienza della frutta, Asakura, 1991.



Quando i frutti maturano, i polisaccaridi come l'amido vengono scomposti in monosaccaridi, come il glucosio, e aumenta l'attività della *saccarosio-fosfato sintasi*, un enzima che sintetizza il saccarosio nella frutta, mentre diminuisce l'attività dell'*invertasi*, che scomponete il saccarosio.



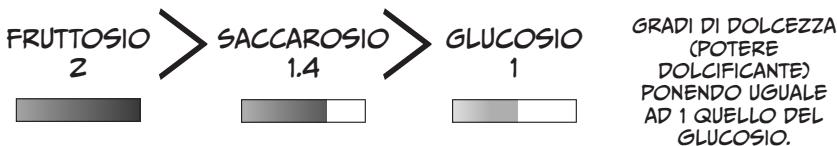
Ah... Quindi è la saccarosio-fosfato sintasi che sintetizza il saccarosio, combinando glucosio e fruttosio



Quindi, questo vuol dire che la frutta diventa più dolce quando viene prodotto più saccarosio?



Be', il glucosio, il fruttosio e il saccarosio sono tutti dolci. Dei tre, il fruttosio è il più dolce, seguito dal saccarosio e poi dal glucosio.



Wow!



All'aumentare di fruttosio e saccarosio, i frutti diventano più dolci e maturano. Per esempio, è meglio raccogliere gli agrumi in inverno, dopo che il loro contenuto di saccarosio è aumentato e si trovano al più alto livello di dolcezza e bontà. Per le pere Nashi, invece, la differenza nelle quantità di questi zuccheri è più marcata: col maturare dei frutti, sia il fruttosio che il saccarosio crescono velocemente, poiché i polisaccaridi vengono scomposti.

Allo stesso modo degli agrumi, la dolcezza dei meloni dipende per lo più dal contenuto di saccarosio, e sono più buoni quando i livelli di saccarosio sono più alti.



Guardando i grafici della pagina precedente, si vede che il fruttosio e il saccarosio aumentano, quindi i frutti diventano molto più dolci nella giusta stagione del raccolto.

MISTERO

4

PERCHÉ LA FRUTTA DIVENTA DOLCE?

- ④ La frutta contiene tre tipi di zuccheri dolci: saccarosio, fruttosio e glucosio.
- ④ Il fruttosio e il saccarosio sono più dolci del glucosio, perciò la frutta diventa più dolce man mano che le quantità di fruttosio e saccarosio aumentano!
- ④ Al maturare della frutta gli enzimi si attivano, e causano variazioni nelle quantità di questi tre zuccheri.



LA FRUTTA DIVENTA PIÙ DOLCE E DELIZIOSA A CAUSA DEL FRUTTOSIO E DEL SACCAROSIO*.

FRUTTOSIO

SACCAROSIO

HA TUTTO PERFETTAMENTE SENSO. PIÙ ZUCCHERO VUOL DIRE PIÙ BUONO!

MA ADesso CHE SO PERCHÉ LA FRUTTA È DOLCE, ME LA GUSTERÒ ANCORA DI PIÙ.

ACQUOLINAAAAA

WHOA, VACCI PIANO RAGAZZA!

* ANCHE ALTRE SOSTANZE COME IL SORBITOLO, LO XILOSIO E GLI ACIDI ORGANICI SONO CORRELATE ALLA DOLCEZZA O ALL'ACIDITÀ DELLA FRUTTA.

5. Perché le tortine di riso mochi sono elastiche?



DIFFERENZE TRA IL RISO NORMALE E IL RISO MOCHI



L'ultimo mistero è: **perché le tortine di riso mochi sono elastiche?**

Mi piace il riso mochi, quindi questo mistero è per me.



Per prima cosa, vediamo come è fatto il mochi. Sapevi che il mochi è fatto con un tipo speciale di riso, che è più elastico del riso normale?



Certo che lo so! Ho una lunga esperienza nella realizzazione di tortine mochi.

Ho anche partecipato alla tradizionale cerimonia dello "schiaccia-mochi"!

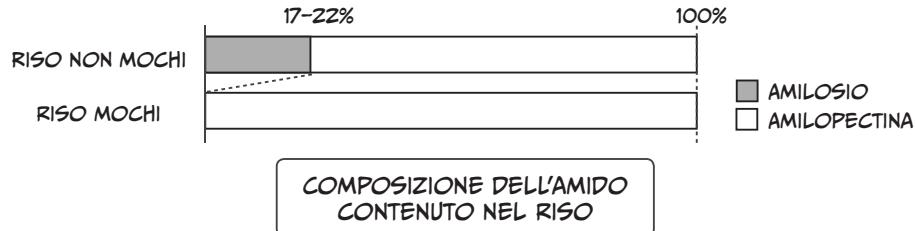
Ma cosa rende il riso mochi più elastico del riso normale?



Dipende tutto dalle differenze strutturali degli amidi di cui è fatto il riso.

Il riso è costituito al 75% da amido, quindi una variazione anche piccola nella composizione del suo amido può modificare significativamente le sue proprietà fisiche.

Come si può vedere nella figura che segue, le varietà di riso normalmente in commercio contengono due tipi di amido, l'amilosio e l'amilopectina. L'amilosio costituisce il 17-22% dell'amido, il resto è amilopectina.



Invece, il riso mochi contiene solo amilopectina.

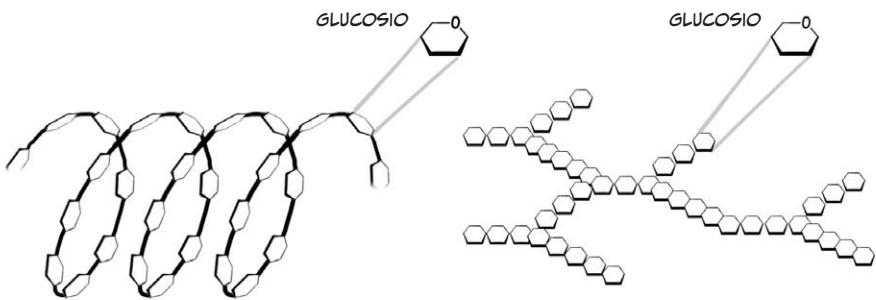


Okay, il grafico ha perfettamente senso, ma che significa?



Un po' di pazienza, ti sarà chiaro tra un secondo.

Dunque... l'amilosio e l'amilopectina sono entrambi costituiti da molecole di glucosio legate insieme a formare polisaccaridi.



STRUTTURA DELL'AMILOSIO

STRUTTURA DELL'AMILOPECTINA



In altre parole, sono fatti dello stesso materiale!



Giusto. L'unica differenza reale è costituita dal modo in cui le molecole di glucosio sono legate insieme.

Perciò il "mistero dell'elasticità dei mochi" **in realtà** diventa il "mistero di come i monosaccaridi si legano in modi differenti per formare polisaccaridi e oligosaccaridi".

Mi sa che il nome non è altrettanto orecchiabile, ma rimane un argomento molto interessante.



Ah! Quindi il segreto dell'elasticità dei mochi è nascosto in come si lega il glucosio!



DIFFERENZA TRA AMILOSIO E AMILOPECTINA



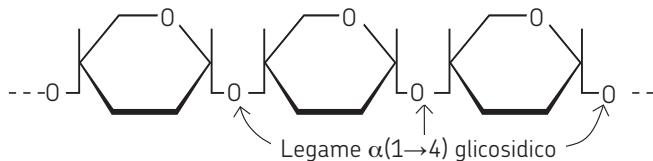
Sappiamo quindi che la differenza fra questi due tipi di amido è nel modo in cui le molecole di glucosio sono legate fra loro. Più precisamente, la forma dell'amilosio è lineare, mentre quella dell'amilopectina è ramificata.



Lineare? Ramificata? Non ho proprio idea di che cosa parli...



L'amilosio si forma quando le molecole di glucosio sono legate linearmente tramite un legame detto $\alpha(1 \rightarrow 4)$ glicosidico.



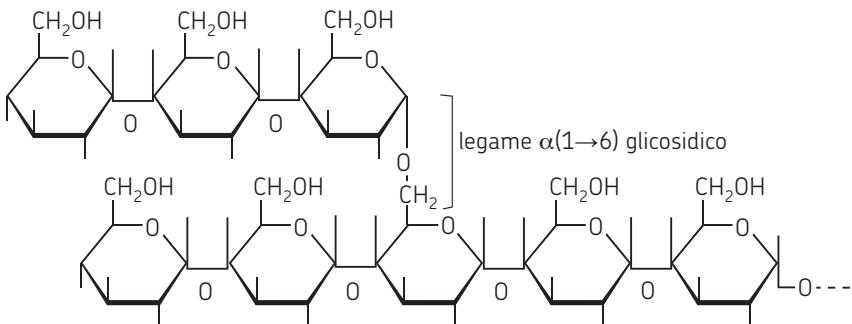
AMILOSIO



Ah, le molecole di glucosio sono messe in riga. Capisco.



Invece, nell'amilopectina, ci sono dei siti in cui le molecole di glucosio sono collegate tramite un altro legame chiamato $\alpha(1 \rightarrow 6)$ glicosidico.



AMILOPECTINA



Ah, capito. I legami uniscono le molecole verticalmente! Dev'essere questo il motivo per cui l'amilopectina si ramifica in direzioni diverse.



L'hai capito, Kumi. Sono questi due tipi di legame che rendono la struttura dell'amilopectina complessa e ramificata e quella dell'amilosio lineare.



Tutto chiaro! E io che pensavo che questa roba fosse difficile.



A causa di questa struttura ramificata, quando l'amilopectina è osservata da lontano, ha una peculiare struttura "sfrangiata".



Il riso mochi, che per la maggior parte è costituito di amilopectina, diventa più viscoso quando viene cotto perché i "rami" aderiscono tra loro. In altre parole, diventa molle ed elastico al tatto.



Quindi, visto che questo tipo di amido "sfrangiato" è più elastico del tipo lineare, il mochi fatto con questo riso speciale è elastico e delizioso!



A proposito, anche nelle altre varietà di riso l'elasticità cambia a seconda di quanto amilosio c'è.



CHE COSA VOGLIONO DIRE I NUMERI IN $\alpha(1 \rightarrow 4)$ E $\alpha(1 \rightarrow 6)$?



Visto che siamo arrivati così lontano, sfruttiamo quest'occasione per imparare cosa significhino i numeri nei due tipi di legame discussi: $\alpha(1 \rightarrow 4)$ e $\alpha(1 \rightarrow 6)$.



Si, me lo stavo domandando, ma avevo un po' di paura a chiederlo...



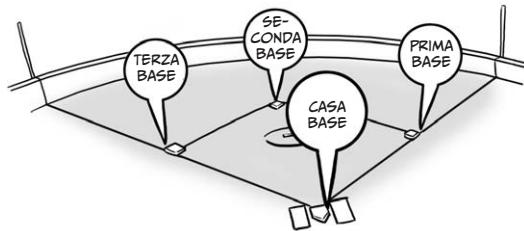
Potrebbe sembrare un po' fuori argomento, ma... ti piace il baseball?



Uhmm, direi di sì. Mio padre è un grande appassionato, quindi vedo molte partite in TV con lui.



Numerare le basi in campo rende il gioco più facile da seguire, giusto?



Se non fossero numerate, sarebbe molto più complicato spiegare il gioco. Per esempio, avremmo potuto chiamare la terza base "la base a sinistra del ricevitore". E non voglio nemmeno pensare come potremmo parlare di tripla giocata!



Renderebbe la vita dei radiocronisti un po' difficile, questo è sicuro.

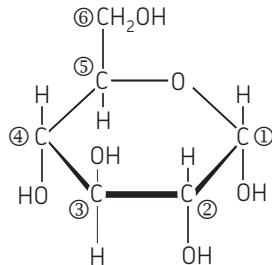


Abbiamo imparato che il glucosio e il fruttosio hanno 6 atomi di carbonio ciascuno, giusto?

I numeri sono stati assegnati a ognuno di questi atomi nello stesso modo in cui numeriamo le basi nel baseball!



Guarda attentamente gli atomi di carbonio (C) nella figura seguente. Questa è la struttura ad anello del glucosio, e i numeri dall'1 al 6 sono stati assegnati come puoi vedere in questo schema:

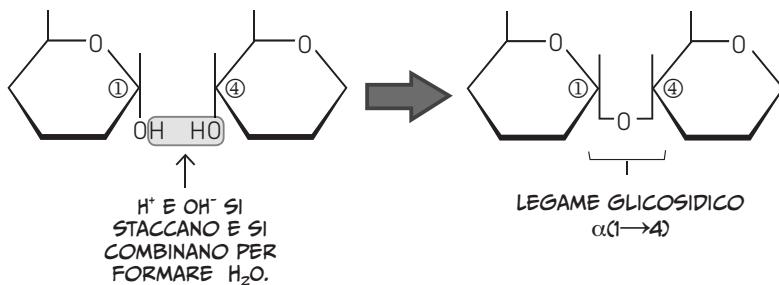


Aspetta, credo di aver capito!

I numeri nel legame glicosidico $\alpha(1 \rightarrow 4)$ e nel legame glicosidico $\alpha(1 \rightarrow 6)$ si riferiscono a queste cifre!



Esattamente! Il legame glicosidico $\alpha(1 \rightarrow 4)$ significa che il primo atomo di carbonio di una molecola di glucosio è legato tramite un legame glicosidico al quarto atomo di carbonio del glucosio più vicino.*



Okay, quindi il legame glicosidico $\alpha(1 \rightarrow 6)$ significa che il primo atomo di carbonio di una molecola di glucosio è legato al sesto atomo di carbonio del glucosio vicino, nello stesso identico modo, giusto?

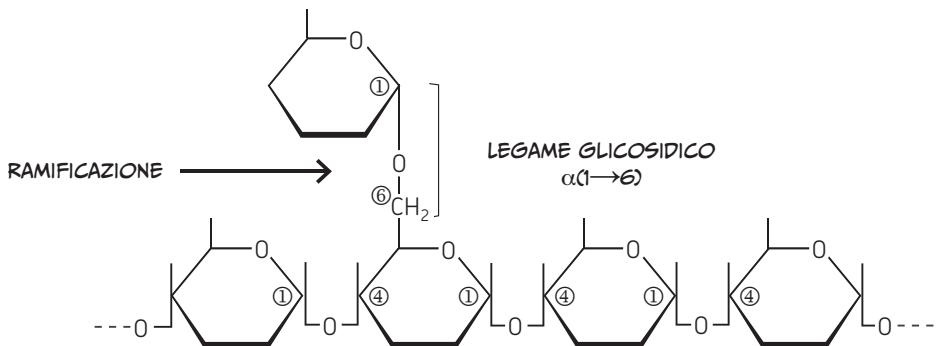


Già, ma quando gli atomi di carbonio nella prima e sesta posizione si legano, le molecole di glucosio non si possono legare l'una con l'altra in una struttura lineare.

* Le molecole di glucosio sono state semplificate in questa sezione per mettere in evidenza solo i legami rilevanti.



Si possono collegare solo nel modo illustrato dal diagramma (verticalmente, più che orizzontalmente).



Ah! È questo il motivo per cui ora appare la ramificazione, ecco cosa lo rende elastico. Stiamo proprio arrivando in fondo alla faccenda!



A proposito, c'è un altro tipo di legame che unisce i residui di glucosio. È chiamato $\beta(1 \rightarrow 4)$ glicosidico.



Beta? Qual'è la differenza?



β significa che non c'è amido! Quando le molecole di glucosio si legano tramite legami $\beta(1 \rightarrow 4)$ glicosidici, viene formato il polisaccaride *cellulosa* invece dell'amido. Questo è il principale componente della parete cellulare delle piante, ed è anche un tipo di fibra alimentare.



Ah, sì! Ho letto delle fibre alimentari nell'ultimo numero di *Dieter's Digest*. Sono difficili da digerire, pertanto passano dritto attraverso il nostro tubo digerente. Eh, eh, eh!



Giusto. Ma le fibre alimentari includono anche sostanze che si dissolvono facilmente in acqua, come le emicellulose o la pectina.



Strano! Anche queste sono sorgenti di energia per noi?



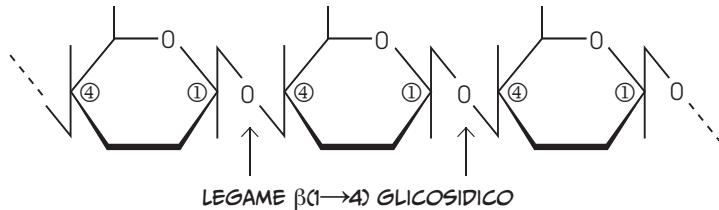
Lo possono essere in determinate circostanze, ma torniamo un attimo alla cellulosa, okay? C'è un enzima contenuto nella nostra saliva chiamato α -amilasi che può scomporre un amido come il riso, eppure l' α -amilasi non riesce a scomporre la cellulosa.



Perché no?



Be', osserva il legame $\beta(1\rightarrow 4)$ glicosidico illustrato nella seguente figura.



Ehi, le parti che sono connesse sono differenti, non è così? Hanno una strana forma, assomigliano alla lettera N.



Il legame $\beta(1\rightarrow 4)$ glicosidico è diverso dal legame $\alpha(1\rightarrow 4)$ glicosidico nelle posizioni, nel senso che l'atomo di idrogeno (H) e il gruppo idrossile (OH) sono invertiti rispetto al loro atomo di carbonio. Questo crea un legame a forma di N invece che a forma di U, come era il caso nel legame $\alpha(1\rightarrow 4)$ glicosidico.



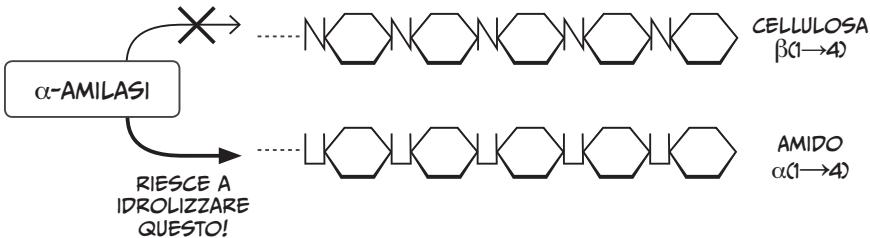
Sì, senza offesa per il legame tipo β , ma questo legame sembra storto e proprio strano!



Le lettere greche α e β rappresentano la posizione del gruppo idrossile (OH) sul carbonio 1. Quando l'OH è in basso, rispetto al piano della molecola, come mostrato a sinistra nella figura sopra, è di tipo α . Quando è in alto, è di tipo β .



A causa di questa differenza nella struttura, l' α -amilasi, che può rompere i legami $\alpha(1 \rightarrow 4)$ glicosidici, non è in grado di rompere i legami $\beta(1 \rightarrow 4)$ glicosidici.

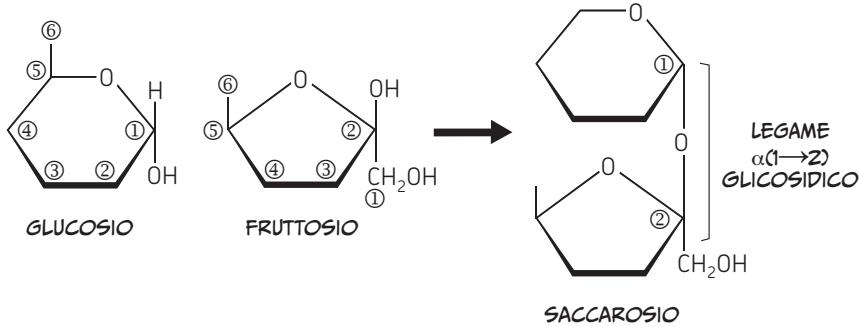


Wow! Quei legami "invertiti" fanno veramente una grande differenza!



Così la cellulosa, che è formata con legami $\beta(1 \rightarrow 4)$ glicosidici non è scomposta dal nostro apparato digerente. Questo è quello che la rende una fibra alimentare efficace. Riesce a... come dire... renderti *regolare*.

Ehm... bene, direi che possiamo andare avanti! Ricordi quando parlavamo del saccarosio nella frutta? Abbiamo scoperto che il saccarosio è costituito da un glucosio e un fruttosio legati insieme. Il carbonio nella posizione 1 del glucosio è collegato al carbonio nella posizione 2 del fruttosio, come puoi vedere sotto.



Ho capito! Quindi il saccarosio è formato da un legame $\alpha(1 \rightarrow 2)$ glicosidico, giusto?

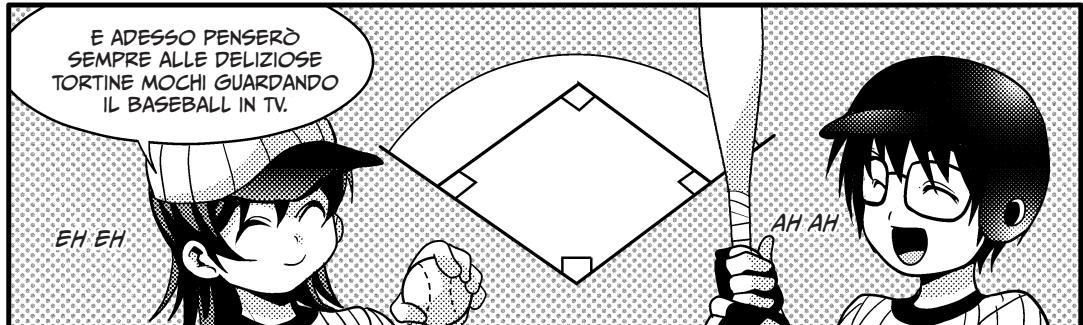


Esattamente! E ora che conosci come i singoli monosaccaridi sono collegati, puoi avere una conoscenza più approfondita del perché queste sostanze hanno le loro incredibili proprietà fisiche.

MISTERO
5

PERCHÉ LE TORTINE DI RISO MOCHI SONO COSÌ ELASTICHE?

- ④ Il segreto dell'elasticità delle tortine di riso mochi è nella struttura dell'amido nel riso mochi.
- ④ L'amido del riso mochi contiene solo amilopectina e non contiene amilosio.
- ④ Poiché l'amilopectina è unita da legami $\alpha(1 \rightarrow 6)$ glicosidici, forma un polisaccaride lungo e ramificato. Diventa elastico proprio a causa di questa sua struttura. ♪



BENE, ABBIAMO
RISOLTO TUTTI I
MISTERI DELLA
PROFESSORESSA!

OH SI!

EVVIVAAA!

OGGI È STATA UNA
BELLA GIORNATA. IN
PIÙ ABBIAMO STUDIATO
PARECCHIO!

(E SIAMO STATI INSIEME)

FORSE I MIEI METODI
DI INSEGNAMENTO NON
SONO AL LIVELLO DI QUELLI
DELLA PROFESSORESSA,
MA...

モゴ
モゴ

QUESTO NON È
VERO!

LA LEZIONE DI OGGI
È STATA SEMPLICE
DA CAPIRE E ANCHE
INTERESSANTE!

INFATTI NEMOTO,
IO...

...SÌ?

...PENSO CHE SEI
STATO INCREDIBILE!

ROSSORE

BE', NON
È STATO
NULLA...

DAVERO...

BRODO DI
GIUGGIOLE

カーネ

BONK

生化学

秋

OKAY! ORA
SCRIVIAMO
LA NOSTRA
RELAZIONE!

* LABORATORI KUROSAKA
坂研究室

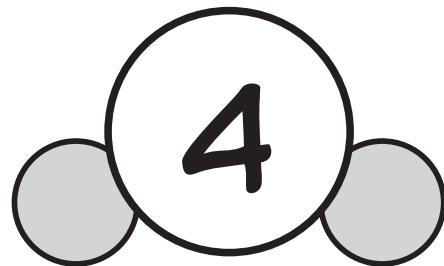
MI DOMANDO COSA
STIANO FACENDO I
MIEI PICCIONCINI.

NEMOTO DOVREBBE
RINGRAZIARMI PER QUELLO CHE
STO FACENDO PER LUI! SENZA IL
MIO AIUTO NON SAROBBERO
MAI FINITI...

INSIEME...

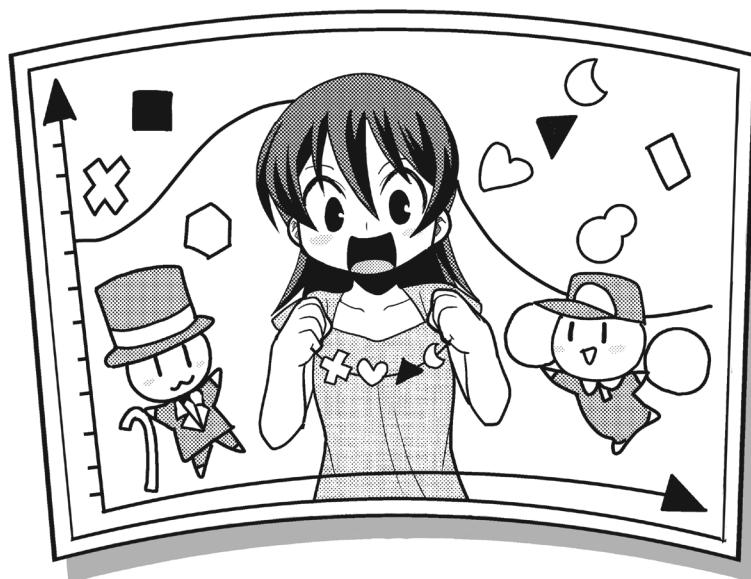
PER SEMPRE!

FELICI E
CONTENTI!

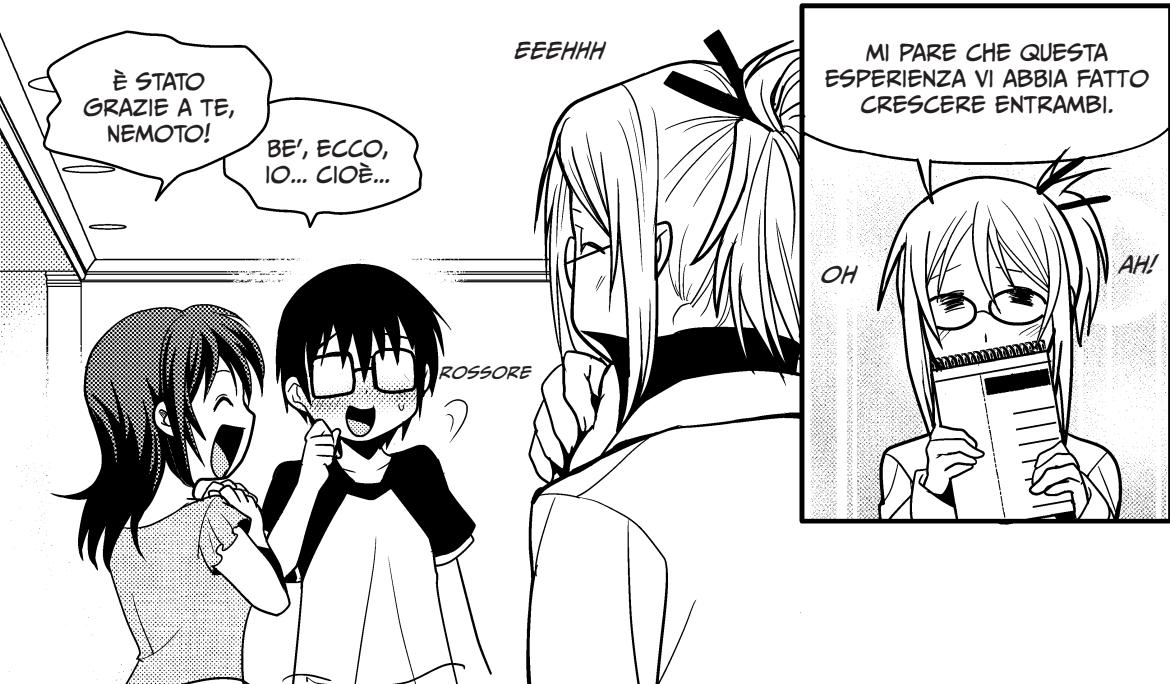


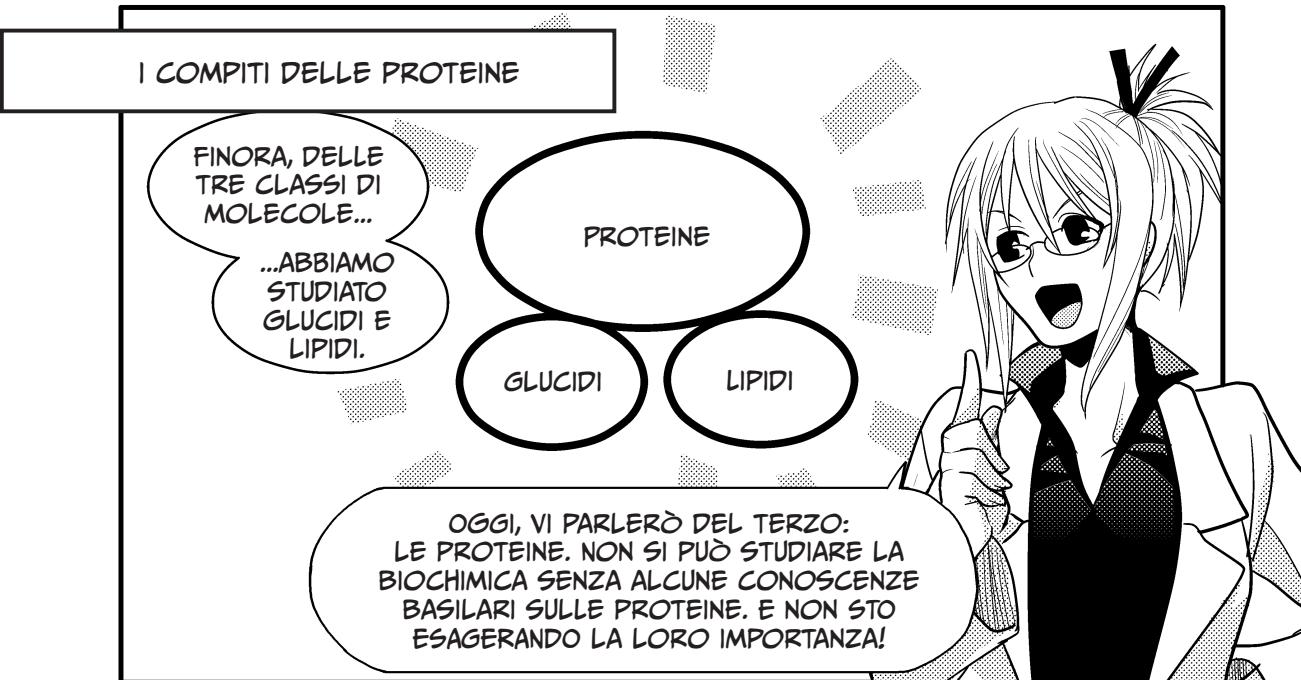
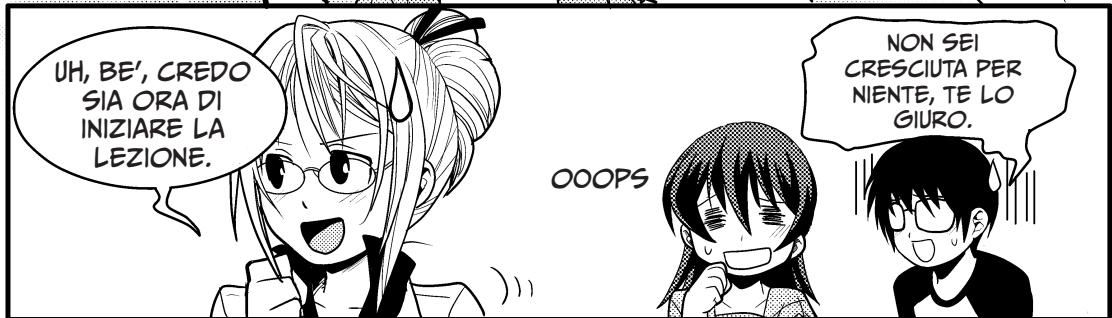
GLI ENZIMI: IL SEGRETO DELLE REAZIONI BIOCHIMICHE

.....



1. Enzimi e proteine





RICORDATE QUANDO
PARLAVAMO DELLA
SINTESI PROTEICA NELLA
NOSTRA PRIMISSIMA
LEZIONE?

① SINTESI PROTEICA

② METABOLISMO

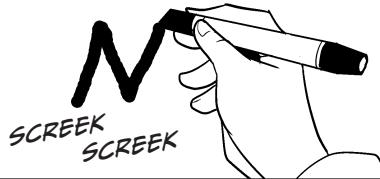
③ PRODUZIONE DI ENERGIA

④ FOTOSINTESI

SÌ!

LE PROTEINE
HANNO UN RUOLO
IMPORTANTISSIMO NEL
MANTENERE IN VITA LE
NOSTRE CELLULE.

QUALI SONO I
COMPITI IMPORTANTI CHE
VENGONO SVOLTI DALLE
PROTEINE NEL NOSTRO
ORGANISMO?



FACCIAMO
UNA LISTA DEI
PRINCIPALI.

PRINCIPALI COMPITI DELLE PROTEINE

- ① Funzioni di costruzione, riparazione e trasporto all'interno dei tessuti dell'organismo
- ② Organizzare la forma delle cellule e controllarne il movimento
- ③ Creare e sostenere le strutture tra le cellule, ad esempio il collagene
- ④ Scambiare informazioni dall'interno verso l'esterno delle cellule e viceversa
- ⑤ Regolare le reazioni chimiche
- ⑥ Proteggere l'organismo da sostanze e microrganismi pericolosi
- ⑦ Trasportare sostanze come l'ossigeno, che si lega all'emoglobina veicolata dal sangue

E QUESTI SONO SOLO I
COMPITI PRINCIPALI! LE
PROTEINE NE HANNO ANCHE
MOLTI ALTRI.

SI PENSA CHE IL CORPO UMANO
CONTENGA ALMENO 20.000
DIFFERENTI PROTEINE, MA POSSONO
MODIFICARSI FINO AD ARRIVARE A
200.000!

AHH!

DAVVERO?
MA SONO
TANTISSIME!

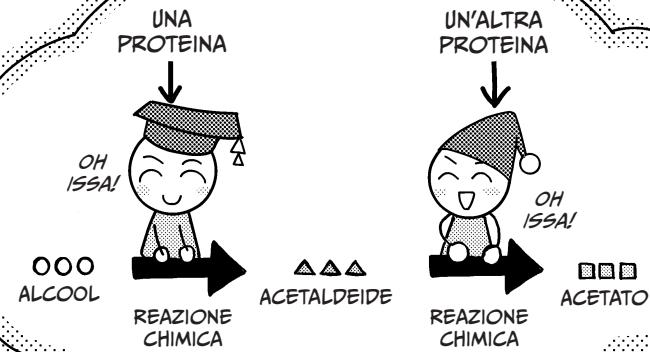
CHE COS'È UN ENZIMA?

PER ADESSO FOCALIZZIAMOCI SUL PUNTO 5. DELL'ENORME QUANTITÀ DI PROTEINE PRESENTI NEL NOSTRO CORPO, UNA PERCENTUALE SORPRENDENTEMENTE GRANDE VIENE USATA PER ESEGUIRE REAZIONI CHIMICHE.

⑤ Regolare le reazioni chimiche

IN ALTRE PAROLE, FAR PROCEDERE REAZIONI CHIMICHE È UNO DEI RUOLI PIÙ IMPORTANTI RICOPERTI DALLE PROTEINE.

PER ESEMPIO, ESAMINIAMO LA REAZIONE CHIMICA CHE AVVIENE QUANDO UNA PERSONA BEVE ALCOOL.



GLI ENZIMI MANDANO AVANTI LE REAZIONI CHIMICHE!

UNA PROTEINA CHE ESEGUE LE REAZIONI CHIMICHE COME QUESTA È CHIAMATA...

ENZIMA O PROTEINA ENZIMATICA.

ENZIMI! HANNO UN SUONO FAMILIARE, MA NON RICORDO PERCHÉ...

ABBIAMO DISCUSSO BREVEMENTE DI ENZIMI QUANDO STAVAMO PARLANDO DELL'ACCUMULO DI GRASSI (VEDI PAGINA 112).

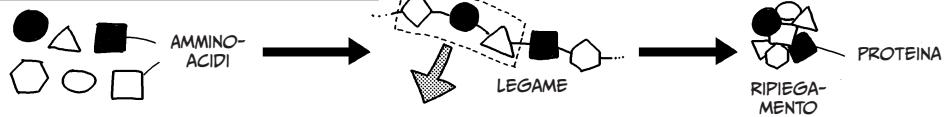
EPPURE...

GLI ENZIMI NON FANNO SOLO QUESTO.



LE PROTEINE SI FORMANO METTENDO INSIEME MOLTE MOLECOLE, RELATIVAMENTE PICCOLE, CHIAMATE AMMINOACIDI.

EHI, ME LI RICORDO!
ASSOMIGLIANO A PERLINE ANNODATE ASSIEME.



GLI AMMINOACIDI SONO COLLEGATI IN QUESTO MODO. È CHIAMATO LEGAME PEPTIDICO (PER MAGGIORI DETTAGLI, VEDI PAGINA 158).

GIUSTO! GLI AMMINOACIDI SONO I MATTONI DI CUI SONO FATTE LE PROTEINE.

NEL MONDO REALE ESISTONO MOLTI TIPI DI AMMINOACIDO, MA...

Glicina	Alanina	Valina	Leucina
Isoleucina	Metionina	Prolina	Fenilalanina
Triptofano	Serina	Treonina	Asparagina
Glutammina	Tirosina	Cisteina	Lisina
Arginina	Istidina	Acido aspartico	Acido glutammico

...OGGI SAPPIAMO CHE NELLE PROTEINE SI USANO SOLO QUESTI 20 TIPI DI AMMINOACIDI.

QUESTE SONO LE PERLINE DI PRIMA.

E QUESTA È LA STRUTTURA BASE DEGLI AMMINOACIDI!

IONE ANFOTERO (O ZWITTERIONE)

CAPISCO.

QUESTA PARTE È COMUNE A TUTTI GLI AMMINOACIDI (IONE ANFOTERO)

QUESTA PARTE È DIFFERENTE PER CIASCUN AMMINOACIDO (RESIDUO LATERALE)

CI SONO 20 VARIETÀ DI **R**. RICORDALO... È IMPORTANTE!

POICHÉ CI SONO DIVERSE VARIETÀ DI **R**, CI SONO ANCHE 20 TIPI DI AMMINOACIDI.

E...

AMMINOACIDI

<p>Glicina Gly G</p>	<p>Alanina Ala A</p>	<p>Valina Val V</p>	<p>Leucina Leu L</p>
<p>Isoleucina Ile I</p>	<p>Metionina Met M</p>	<p>Proolina Pro P</p>	<p>Fenilalanina Phe F</p>
<p>Triptofano Trp W</p>	<p>Serina Ser S</p>	<p>Treonina Thr T</p>	<p>Asparagina Asn N</p>
<p>Glutaminina Gln Q</p>	<p>Tirosina Tyr Y</p>	<p>Cisteina Cys C</p>	<p>Lisina Lys K</p>
<p>Arginina Arg R</p>	<p>Istidina His H</p>	<p>Acido aspartico Asp D</p>	<p>Acido glutammico Glu E</p>



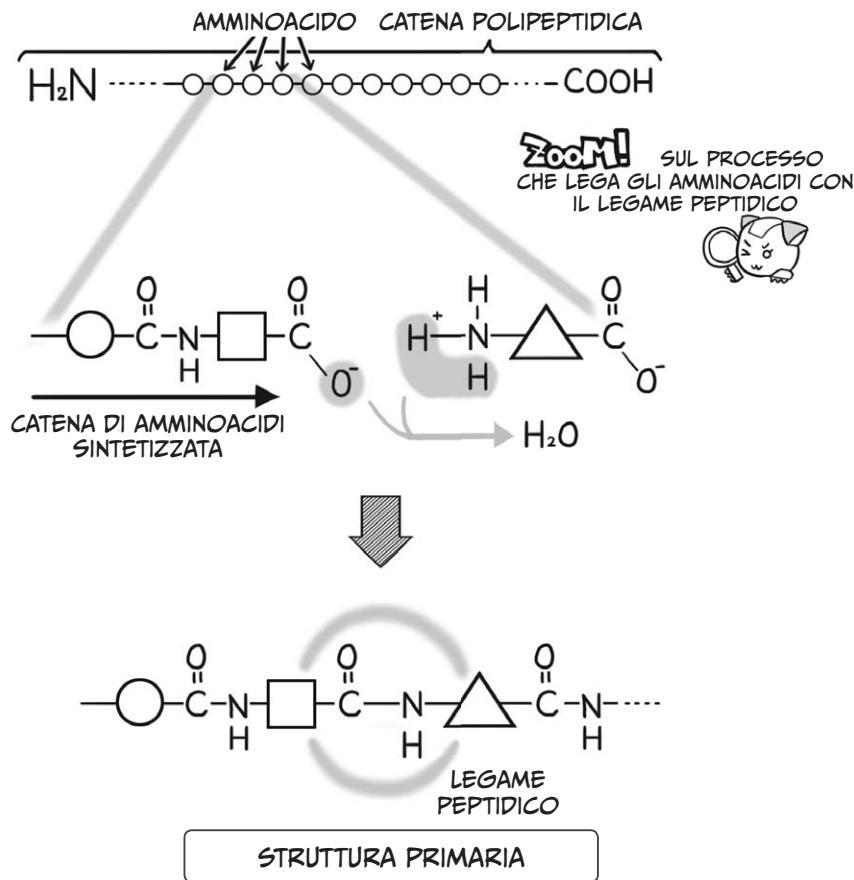


STRUTTURA PRIMARIA DI UNA PROTEINA

Per prima cosa, viene formata una lunga catena di amminoacidi collegati uno all'altro tramite legami peptidici. Ricordi quando dicevamo che, per formare le proteine, questi amminoacidi sono collegati tra loro attraverso una reazione chimica? Questa reazione chimica, che crea i legami peptidici, è catalizzata da un enzima che si chiama *peptidiltransferasi*.

Questa reazione avviene all'interno dei ribosomi, che sono apparati per la sintesi delle proteine contenuti nel citoplasma e adesi al reticolo endoplasmatico ruvido. Ne parleremo di più quando incontreremo i ribosomi, nel capitolo 5.

La lunga catena di amminoacidi collegati assieme dai legami peptidici è chiamata catena polipeptidica. Questa stringa di amminoacidi è detta *struttura primaria* di una proteina.



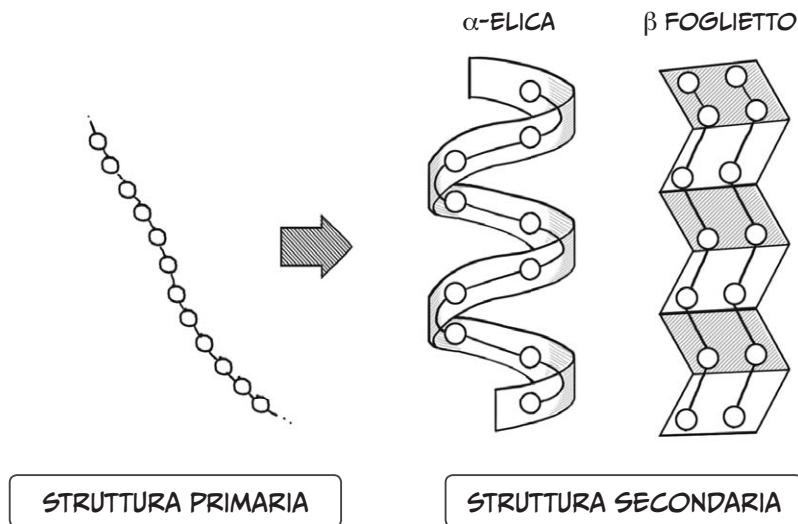


STRUTTURA SECONDARIA DI UNA PROTEINA

Ognuno dei 20 amminoacidi ha una parte caratteristica (indicata con [R] a pagina 155) che è unica. Viene chiamata *catena laterale*.

Poiché i legami peptidici sono polari, inducono la formazione, in alcuni segmenti della proteina, di strutture periodiche che chiamiamo *strutture secondarie*, stabilizzate da legami idrogeno che coinvolgono atomi (O e H) dei legami peptidici.

Ci sono diverse strutture secondarie, ad esempio l' α -elica, in cui una parte della catena polipeptidica forma una spirale, e il "β foglietto", che assume una forma planare ripiegata.



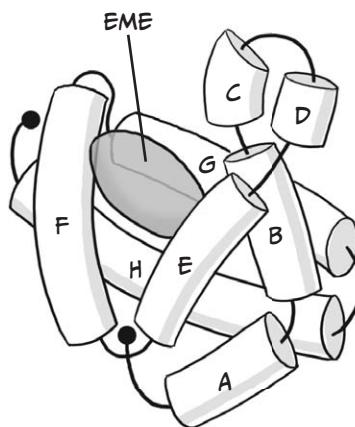


STRUTTURA TERZIARIA DI UNA PROTEINA

Anche quando la catena polipeptidica assume la sua struttura secondaria, non è ancora una proteina del tutto ripiegata e funzionante.

Per diventare funzionante, la catena polipeptidica deve assumere una specifica struttura tridimensionale, che è determinata dalla interazione delle catene laterali dell'amminoacido. Questa forma è chiamata *struttura terziaria* della proteina.

Per esempio, la mioglobina illustrata nella figura seguente è un tipo di proteina presente nei muscoli degli animali. Questa proteina è formata da 8 α -eliche che circondano un gruppo eme contenente un atomo di ferro, che lega l'ossigeno.



LA MIOGLOBINA È COSTITUITA DA OTTO α -ELICHE
INDICATE CON LE LETTERE DALLA A ALLA H.

STRUTTURA TERZIARIA



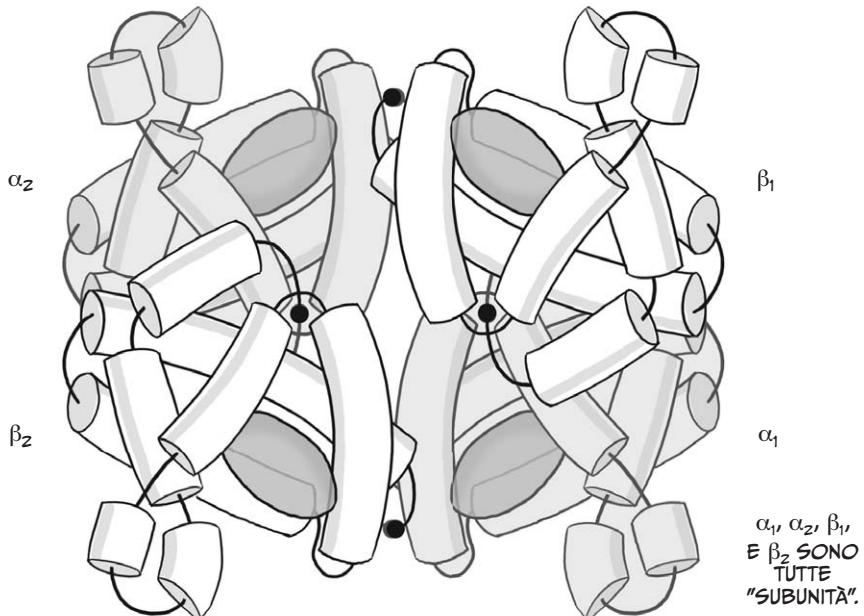
STRUTTURA QUATERNARIA DI UNA PROTEINA E SUBUNITÀ PROTEICHE

Molte proteine, compresi gli enzimi, sono funzionalmente attive già al loro stadio di struttura terziaria.

Tuttavia, alcune proteine possono creare dei complessi in cui catene polipeptidiche uguali o diverse dotate di struttura terziaria si assemblano tra loro creando unità funzionali di grandezza maggiore.

Per esempio, i nostri globuli rossi contengono molte unità di una proteina chiamata emoglobina, che lega il ferro ed è utilizzata per trasportare l'ossigeno. L'emoglobina si forma mettendo assieme quattro catene polipeptidiche chiamate globina (due di tipo α e due di tipo β , che sono indicate come α_1 , α_2 , β_1 , β_2). Un enzima come l'RNA polimerasi II, che sintetizza l'RNA nelle nostre cellule, si forma assemblando 12 catene polipeptidiche.

Questa configurazione è chiamata *struttura quaternaria*, ed ognuna delle catene polipeptidiche usate per creare la struttura quaternaria è chiamata subunità.



POICHÉ LE SUBUNITÀ DELL'EMOGLOBINA SONO MOLTO SIMILI STRUTTURALMENTE A QUELLE DELLA MIOGLOBINA, L'EMOGLOBINA DI QUESTA FIGURA È STATA DISEGNATA RIPRODUCENDO LA STRUTTURA RIPORTATA A PAGINA 160. IN REALTÀ, LE STRUTTURE SONO LEGGERMENTE DIVERSE.

STRUTTURA QUATERNARIA

2. Un enzima al lavoro

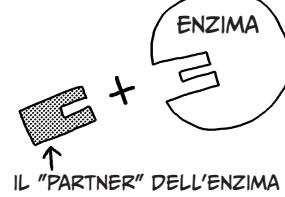
SUBSTRATI ED ENZIMI

FINALMENTE SI PARLA DI ENZIMI...

LA CHIAVE DELLE REAZIONI CHIMICHE!

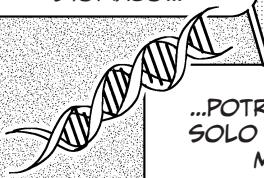
OKAY!

LA PRIMA COSA IMPORTANTE DA SAPERE È CHE UN PARTICOLARE TIPO DI ENZIMA LAVORA SOLO CON SPECIFICI "PARTNER".



PER ESEMPIO, LA PEPSINA, CHE È UN ENZIMA DIGESTIVO CHE DEGRADA LE PROTEINE NELLO STOMACO...

PROTEINA



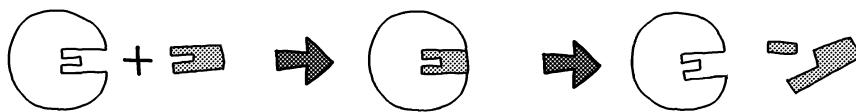
...POTRÀ SCOMPORRE SOLO LE PROTEINE E MAI IL DNA.

L'ENZIMA DIGESTIVO α -AMILASI, CONTENUTO NELLA SALIVA...



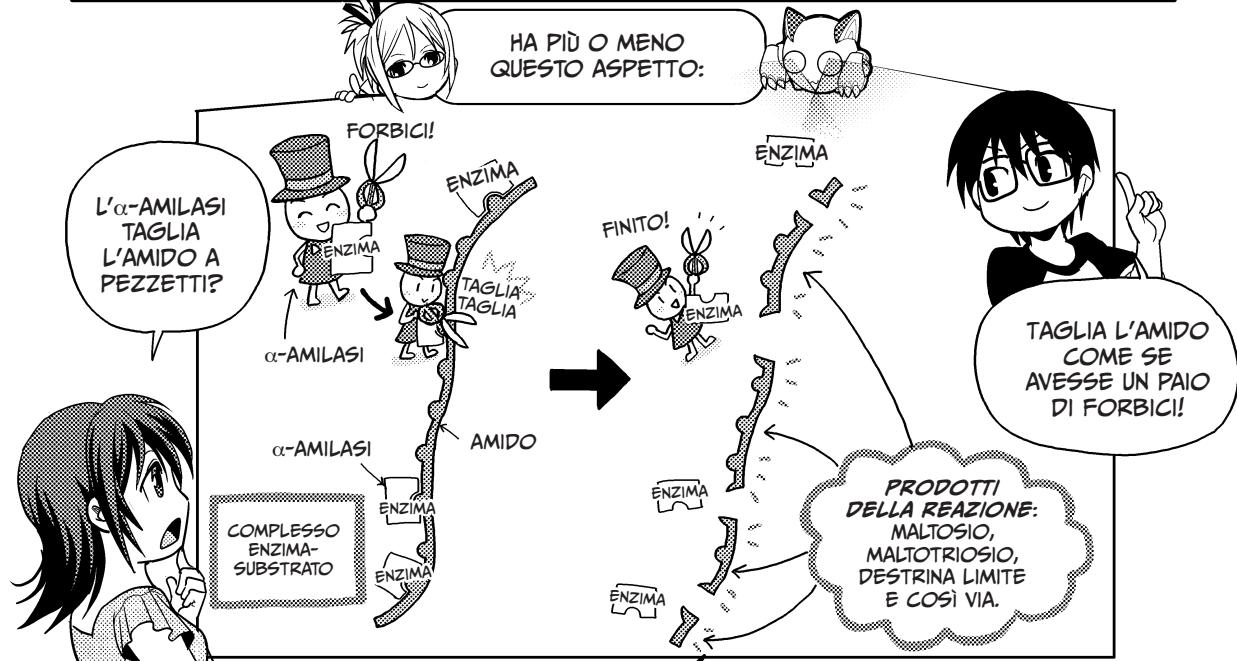
GRASSO

...DEGRADERÀ SOLO L'AMIDO E NON IL GRASSO.



LA "SOSTANZA PARTNER" CON LA QUALE LAVORA UN ENZIMA È CHIAMATA SUBSTRATO.

IL FATTO CHE IL SUBSTRATO SIA DETERMINATO DALL'ENZIMA È DETTO SPECIFICITÀ DEL SUBSTRATO.



CHECK!

ENZIMA SPECIFICO? ENZIMA NON-SPECIFICO?



Alcuni enzimi sono "altamente specifici", il che vuol dire che agiscono solo su substrati con struttura chimica unica. Altri enzimi sono meno "specifici" e agiscono su un'ampia gamma di substrati.



"Specifici" e "non-specifici"...? Che strani nomi!



Ci sono enzimi che possono agire su sostanze che sono simili al proprio substrato. Di questi enzimi, molti esempi si trovano nell'apparato digerente, gli enzimi del *catabolismo proteico*.



Ricorda, esiste un gran numero di proteine diverse. Se gli enzimi fossero troppo specifici, ci sarebbe bisogno di un enzima per ogni singolo tipo di proteina da degradare! Penso che sarebbe un po' troppo scomodo.



Dato che le proteine sono così complesse, gli enzimi che le devono idrolizzare (cioè, degradare) sono dovuti diventare un po' più flessibili.

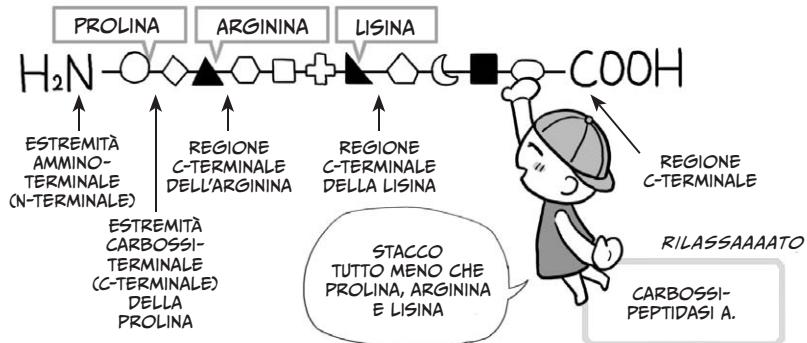


Esatto! Gli enzimi del catabolismo proteico (quelli che degradano le proteine) hanno spesso un certo grado di libertà d'azione nella scelta del substrato con cui interagire.



Per esempio, uno degli enzimi del catabolismo proteico secreto dal pancreas, la carbossipeptidasi, idrolizza a uno a uno gli amminoacidi a partire dall'estremità della proteina, in maniera sequenziale.

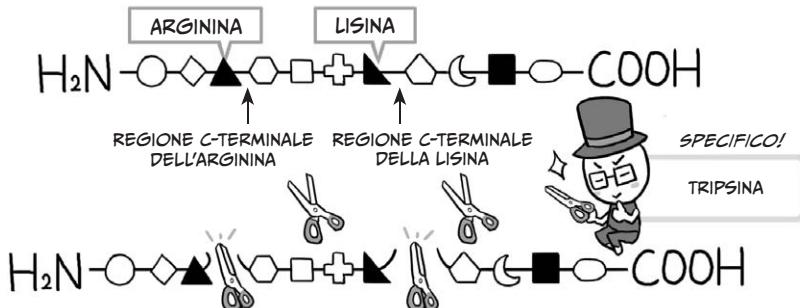
La carbossipeptidasi si presenta in varie forme, che comprendono i tipi A, B, C e Y. La carbossipeptidasi A, per esempio, può staccare praticamente qualunque amminoacido presente all'estremità Carbossi-terminale (C-terminale) di una proteina, ma non funziona bene con gli amminoacidi ingombranti (ad esempio arginina o lisina) o con gruppo-R aromatico (come la prolina).



Ci sono 20 tipi di amminoacidi che costituiscono una proteina, giusto? Perciò anche se la carbossipeptidasi A non può idrolizzare l'arginina, la lisina e la prolina, ci sono altri 17 amminoacidi con cui può interagire. Sembra abbastanza flessibile!



Esatto. Ha un'importante libertà d'azione sulla scelta dei substrati con cui interagire. Ad ogni modo, ci sono altri enzimi "specifici" nel catabolismo proteico. Per esempio, la tripsina "taglia" a valle del gruppo carbossilico dell'arginina e della lisina.



CLASSIFICAZIONE DEGLI ENZIMI

ANCHE SE LE NOSTRE CELLULE CONTENGONO UNA GRANDE VARIETÀ DI ENZIMI,

POSSIAMO DIVIDERLI IN SOTTOCATEGORIE, IN RELAZIONE A CARATTERISTICHE CATALITICHE COMUNI.

ENZIMA
ENZIMA
ENZIMA
ENZIMA

MMM... È PROPRIO COME DIVIDERE IL CIBO IN GRUPPI, BASANDOSI SULLE LORO CARATTERISTICHE!

VERDURE?

CARBOIDRATI? ♥

CARNI?

DOLCI!

GLI ENZIMI SONO CLASSIFICATI IN BASE ALLE LORO DIVERSE REAZIONI CATALITICHE.

SI DIVIDONO IN SEI GRUPPI PRINCIPALI.

6

AD OGNI ENZIMA È ASSEGNAUTO UN NUMERO CHIAMATO NUMERO EC (NUMERO DELLA COMMISSIONE PER GLI ENZIMI*), CHE APPARE COSÌ:

EC A, B, C, D (DOVE A, B, C E D SONO NUMERI)

INSERISCI QUI I TUOI NUMERI

a va da 1 a 6 poiché rappresenta i sei gruppi maggiori.

b e c indicano il meccanismo catalitico di ciascun gruppo.

d è un numero caratteristico di ogni specifico enzima.

EC a.b.c.d

NUMERO DEL GRUPPO (DA 1 A 6)

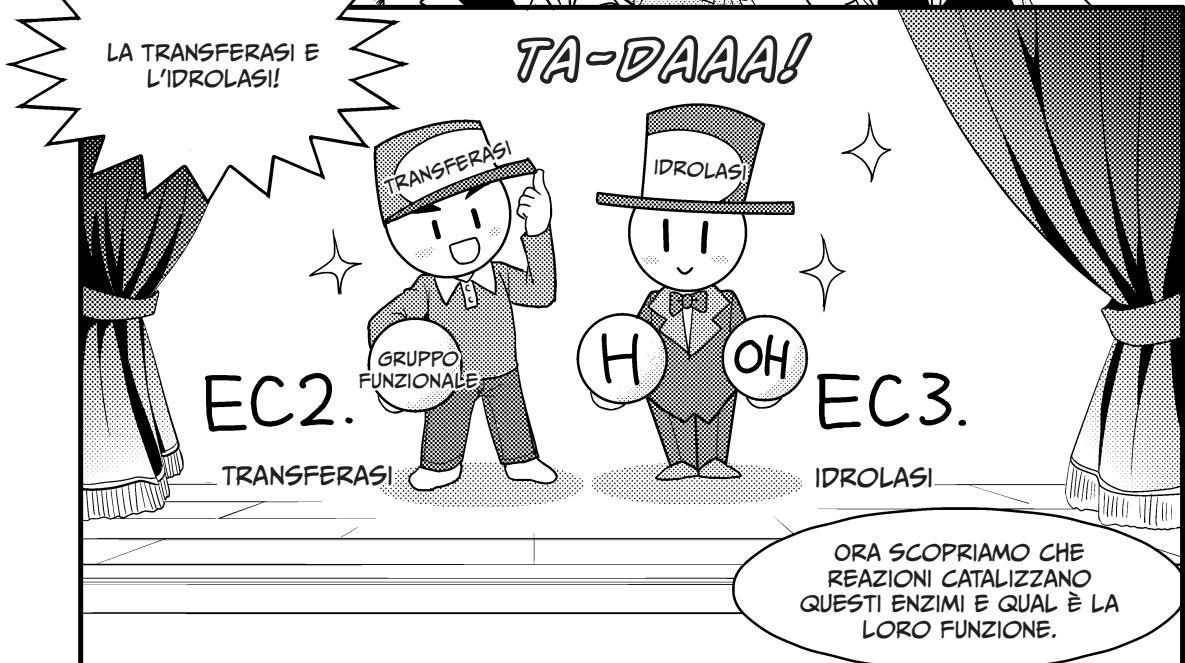
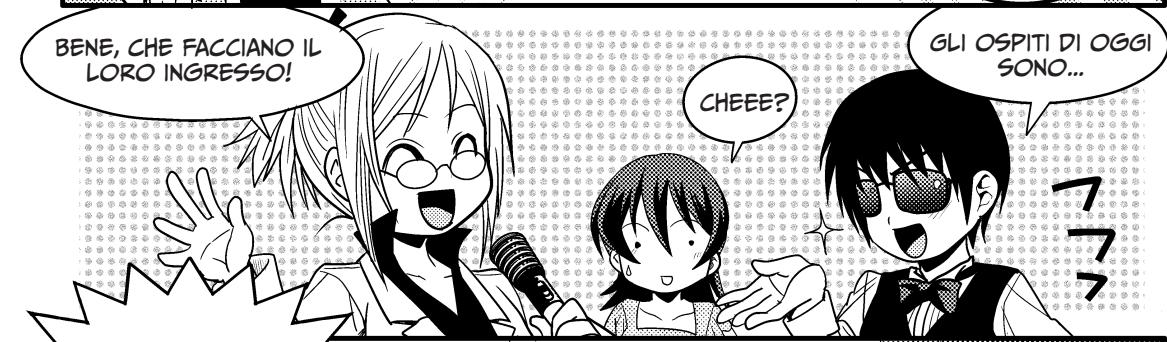
MECCANISMO CATALITICO IN DETTAGLIO

NUMERO CARATTERISTICO

NON È COSÌ DIFFICILE!

A PROPOSITO, I NUMERI EC SONO GLI STESSI IN TUTTO IL MONDO.

*A OGNI NUOVO ENZIMA CHE SCOPRIAMO ASSEGNEREMO UN NUMERO EC E UN NOME DA NOMENCLATURA, MA ANCHE UN NOME RACCOMANDATO IN ACCORDO AGLI STANDARD STABILITI DALLA COMMISSIONE PER GLI ENZIMI DELL'UNIONE INTERNAZIONALE DI BIOCHIMICA E BIOLOGIA MOLECOLARE (IUBMB).



LE TRANSFERASI

UN ENZIMA CHE TRASFERISCE UN "GRUPPO" DA UNA MOLECOLA A UN'ALTRA È CHIAMATO TRANSFERASI.

TRANSFERASI

TRANSFERASI È IL NOME GENERICO PER QUEGLI ENZIMI CHE TRASFERISCONO UNO SPECIFICO BLOCCO DI ATOMI (GRUPPO FUNZIONALE) AD UN COMPOSTO CHIMICO CHE NON SIA L'ACQUA.

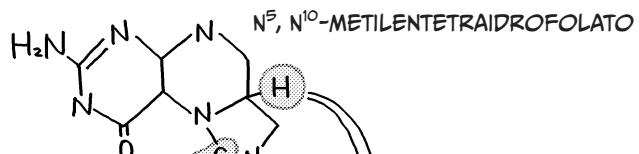
TRANSFERASI

CONSEGNA SPECIALE

GRUPPO FUNZIONALE

RAPPRESENTATO DA EC 2.X.XX.

PER ESEMPIO, QUESTA TIMIDILATO SINTASI (EC 2.1.1.45) È UNA TRANSFERASI:



URACILE

TRANSFERASI

GRUPPO METILICO
-CH₃

TIMINA

CH₃

IL GRUPPO METILICO (-CH₃) CHE VIENE TRASFERITO DA UNA MOLECOLA CHIAMATA METILENTETRAIDROFOLATO ALL'URACILE, TRASFORMANDO QUEST'ULTIMO IN TIMINA.

CAPISCO...

URACILE E TIMINA RIENTRANO NELLA COMPOSIZIONE DEGLI ACIDI NUCLEICI, MA NE PARLEREMO DOPO (VEDI CAPITOLO 5).

LA GLICOSILTRANSFERASI DETERMINA IL GRUPPO SANGUIGNO



Ricordi quando abbiamo risolto il mistero dei gruppi sanguigni (nel capitolo 3)?

Cercando di capire che cosa determinasse il gruppo sanguigno, abbiamo scoperto che era opera di un enzima.



Me lo ricordo!

Il "sistema ABO" dei gruppi sanguigni si basa sulle differenze fra le "catene di zuccheri" presenti sulla superficie dei globuli rossi. Una catena di zuccheri è una serie di monosaccaridi collegati assieme!



E la differenza tra queste catene sta nei monosaccaridi alle estremità, giusto?



Sì! Per le persone con sangue del gruppo A, questo monosaccaride è un N-acetilgalattosamina (GalNAc); per le persone con sangue del gruppo B, è il galattosio (Gal); invece per le persone con sangue del gruppo O non c'è nessun monosaccaride a tale estremità.

Dopo aver scritto una relazione così dettagliata per la professoressa, probabilmente lo ricorderò per il resto della mia vita...



Giusto. Il particolare monosaccaride che si attacca all'estremità di una catena di zuccheri (oppure la sua mancanza) è determinato da un certo gene.

I geni codificano per le proteine (ricorda: un enzima è un tipo di proteina).

Quindi quello che determina veramente il gruppo sanguigno è il gene che crea la glicosiltransferasi, ovvero l'enzima che lega un particolare tipo di monosaccaride all'estremità della catena di zuccheri che troviamo sulla superficie dei globuli rossi.

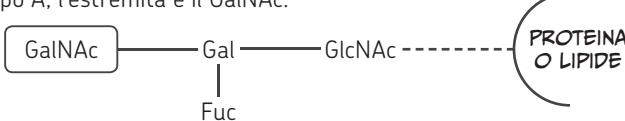


Quindi la glicosiltransferasi lega un particolare tipo di monosaccaride, e quel tipo di monosaccaride determina il gruppo sanguigno?

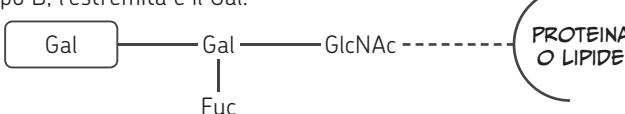


È così. Guarda di nuovo la struttura della catena di zuccheri di ogni gruppo sanguigno.

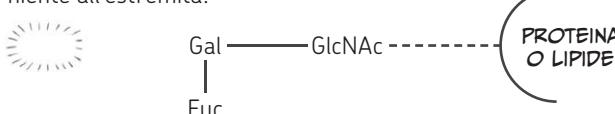
Per la catena di zuccheri delle persone con sangue del gruppo A, l'estremità è il GalNAc.



Per la catena di zuccheri delle persone con sangue del gruppo B, l'estremità è il Gal.



Per la catena di zuccheri delle persone con sangue del gruppo O, non c'è niente all'estremità.



I NOMI DEI MONOSACCARIDI

GalNAc	: N-acetilgalattosamina
Gal	: Galattosio
Fuc	: Fucosio
GlcNAc	: N-acetilglucosamina



Ripassiamo di nuovo. L'unica differenza tra questi tre tipi è nel monosaccaride alla loro estremità.

Per le persone con sangue del **gruppo A**, è la N-acetilgalattosamina.

Per le persone con sangue del **gruppo B**, è il galattosio.

Per le persone con sangue del **gruppo O**, non c'è nessun monosaccaride.

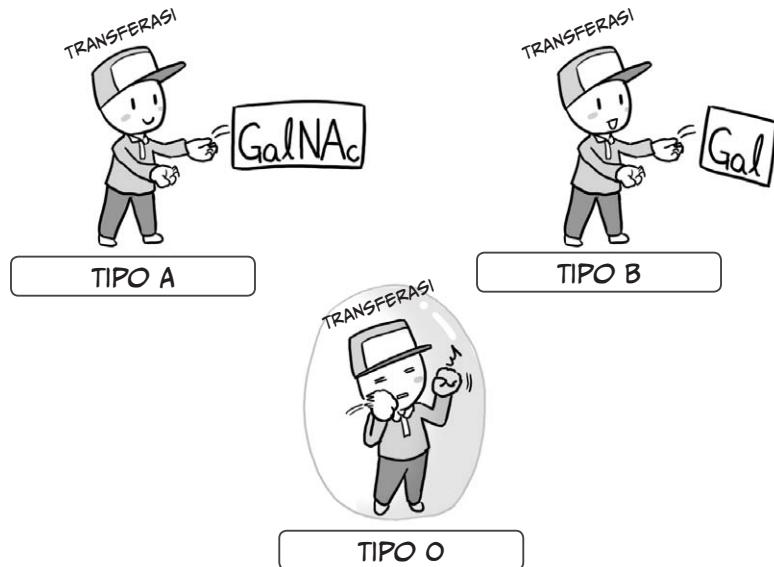


Sì, sì, ho capito.



Quindi, la catena di zuccheri delle persone con sangue del gruppo O, rappresenta il "prototipo", la catena minima degli zuccheri. Le persone con sangue del gruppo A e B, hanno la catena del gruppo O con qualcosa in più.

Se qualcuno ha il gene della transferasi che lega la N-acetilgalattosamina, il suo gruppo sanguigno sarà del tipo A! Ma se qualcuno ha il gene per la transferasi che lega il galattosio, il suo gruppo sanguigno di lui o di lei sarà del tipo B!



Ha tutto molto senso, ma non ho ancora capito cosa succede alle persone con gruppo sanguigno di Tipo 0. Perché non gli si attacca un monosaccaride alla fine della catena di zuccheri? Mi sembra ingiusto!



Le persone del gruppo 0 hanno anche loro un gene che codifica per una glicosiltransferasi, ma poiché il gene è "mutato", produce un enzima inattivo che non può legare nessun monosaccaride. È possibile che tale mutazione sia comparsa nel corso dell'evoluzione.



Una mutazione? Fico!



Dunque, per concludere: il sistema dei gruppi sanguigni ABO non è altro che il risultato della differenza tra i prodotti dei geni della glicosiltransferasi.



Nemoto, devi aver subito una mutazione genetica che ti ha fornito un super cervello, altrimenti come si spiega che sai tutte queste cose?!



Gh...

LE IDROLASI

COME SUGGERISCE IL NOME, UNA IDROLASI È UN ENZIMA CHE USA L'ACQUA PER SCOMPORRE IL SUO SUBSTRATO.

LE IDROLASI SONO IDENTIFICATE CON IL CODICE EC 3.X.XX.

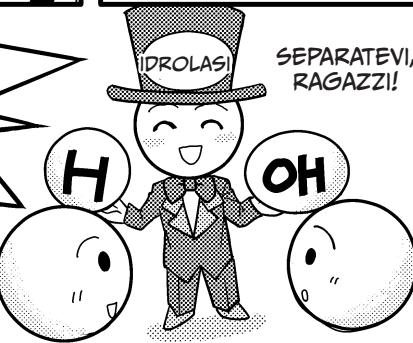
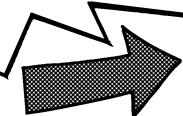
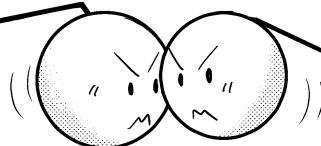


RICORDA, UNA MOLECOLA D'ACQUA È FATTA DI DUE ATOMI DI IDROGENO E UNO DI OSSIGENO: H₂O.



UNA IDROLASI LA SCINDE IN H E OH.

POI INSERISCE NEL SUBSTRATO QUESTI DUE GRUPPI PER DIVIDERLO IN DUE!



È COME SEPARARE DUE PERSONE CHE LITIGANO!

O DUE INNAMORATI...

SE IMMAGINI CHE LE DUE PARTI DI UN SUBSTRATO SIANO COME DUE PERSONE CHE SI TENGONO PER MANO, LA IDROLASI LE SEPARA METTENDO IN MANO A UNA UN H E ALL'ALTRA UN OH.

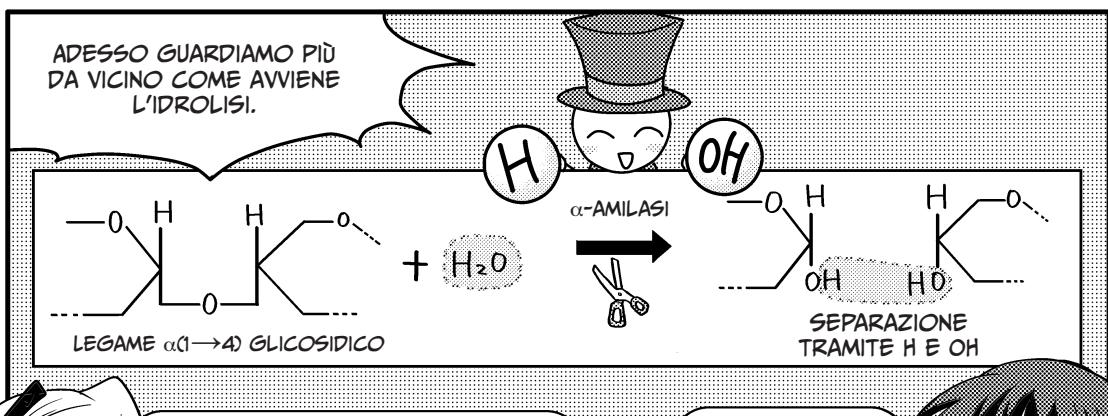
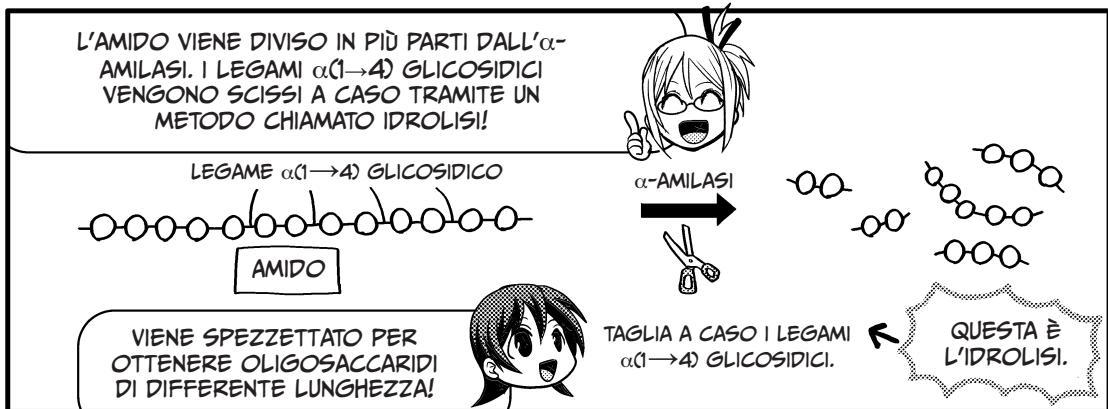
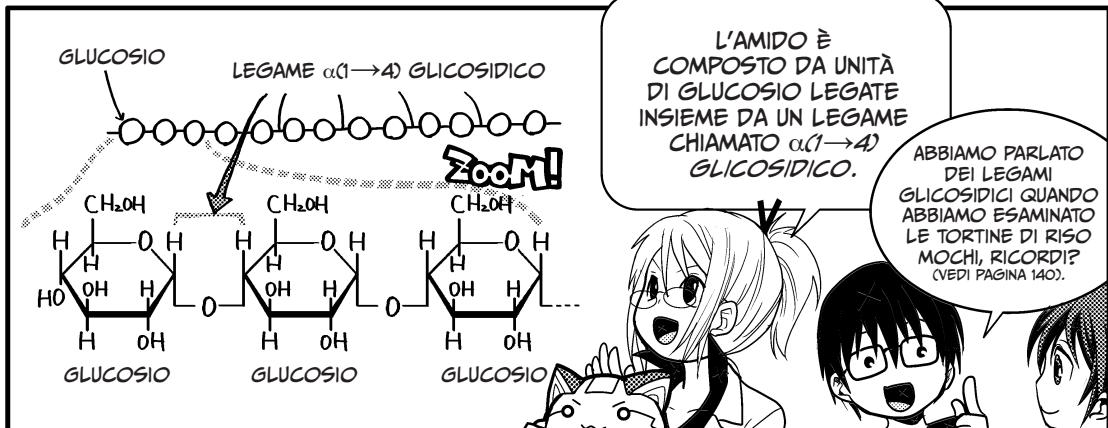
LA IDROLASI È QUELLA CHE SCOMPONE LA VALUTA CORRENTE DI ENERGIA (ATP)!

L' α -AMILASI E LA PEPSINA, CHE SCINDONO RISPECTIVAMENTE L'AMIDO E LE PROTEINE...

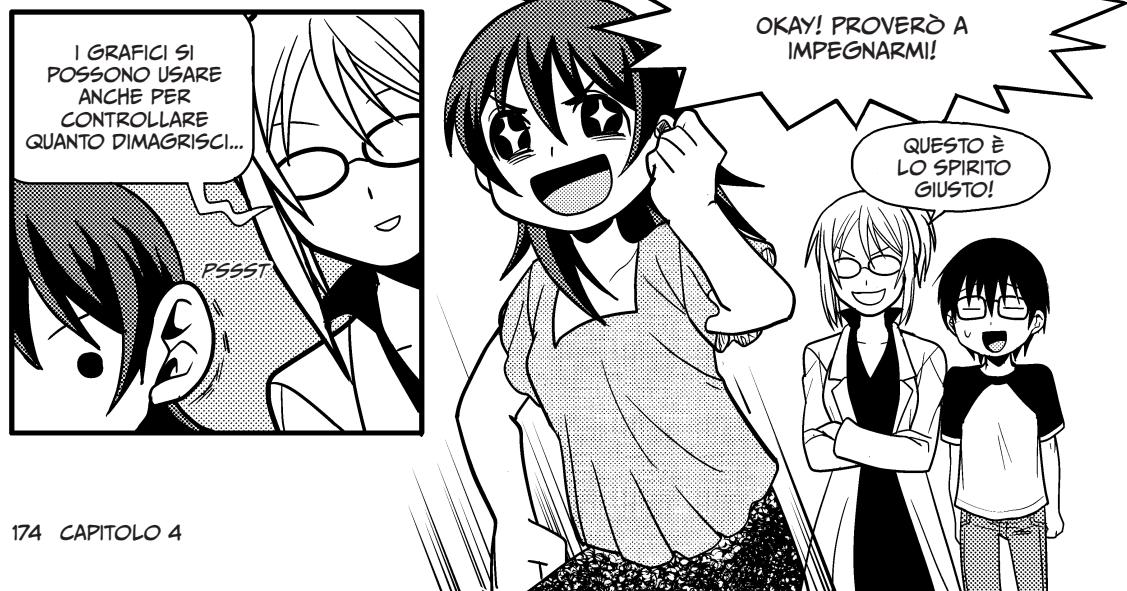
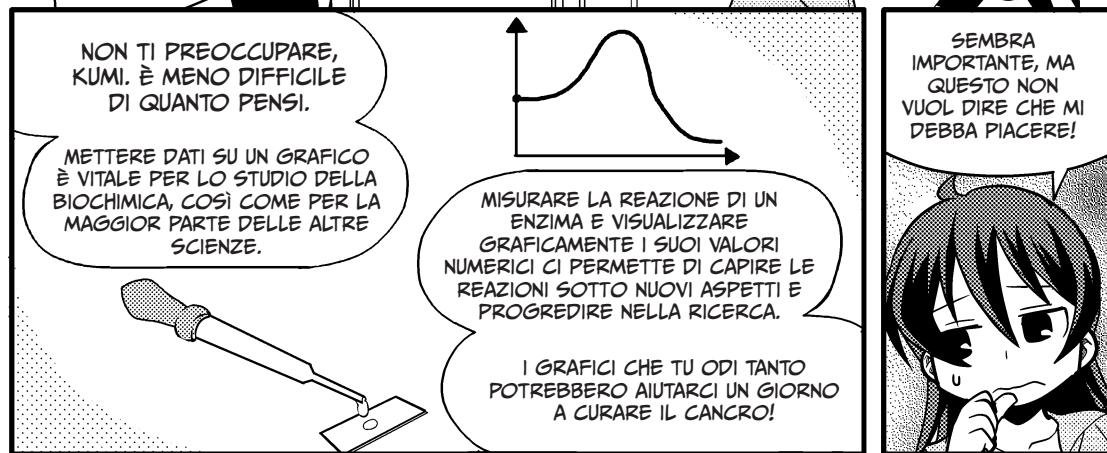


ORA, ESAMINIAMO IL LAVORO DELL' α -AMILASI (EC 3.2.1.1)!





3. L'uso dei grafici per capire gli enzimi





PERCHÉ GLI ENZIMI SONO COSÌ IMPORTANTI PER LE REAZIONI CHIMICHE?

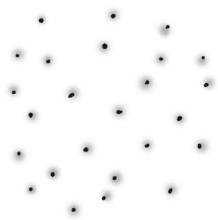
Una sostanza che accelera una reazione chimica è chiamata *catalizzatore*. Un enzima, che è un tipo di catalizzatore, è anche conosciuto come *catalizzatore biologico*.

Nonostante ci sia bisogno di un enzima per stimolare in modo efficace una reazione chimica, non è strettamente necessario perché la reazione chimica avvenga.

Molte reazioni chimiche possono avvenire nel corpo, prima o poi, anche senza enzimi, ma molte richiederebbero un tempo estremamente lungo. Le reazioni chimiche complesse, come la glicolisi, non arriverebbero mai a termine senza un catalizzatore.

Gli enzimi sono importanti perché, in un organismo che deve mantenere specifiche funzioni e produrre energia per sostenersi, le reazioni chimiche devono essere quanto più efficienti possibile. In generale, per gli esseri viventi sarebbe un disastro se le reazioni avvenissero in tempi troppo lunghi.

SE NON CI FOSSENNO GLI
ENZIMI...



NON CI SAREBBERE LA VITA
COME LA CONOSCiamo!

MA POICHÉ GLI ENZIMI
ESISTONO...



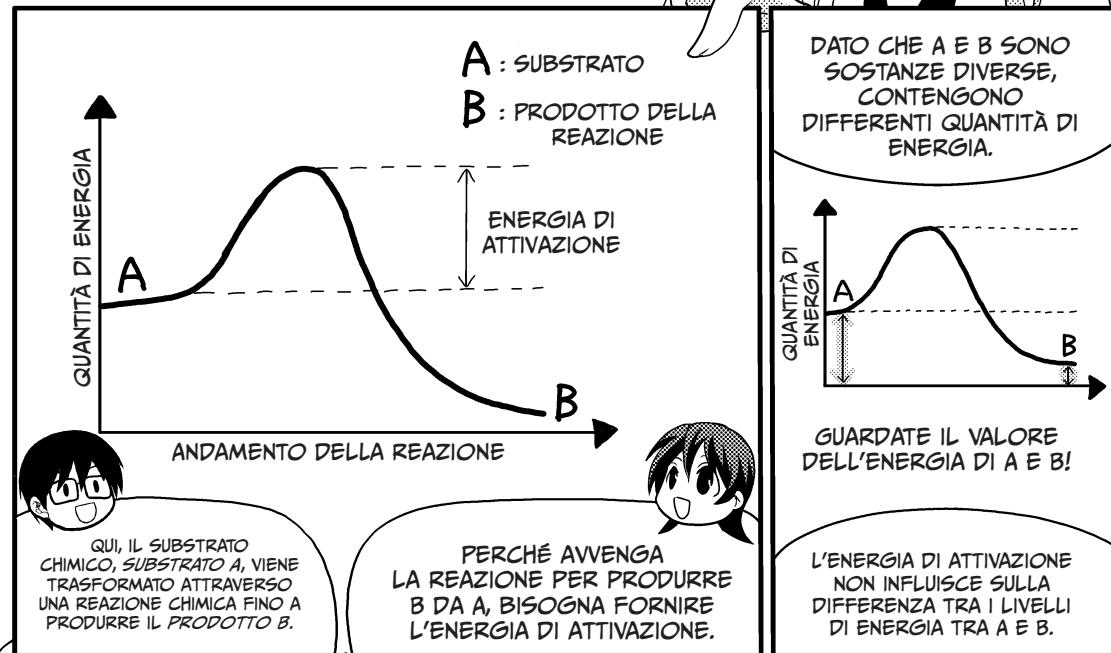
SONO TUTTI FELICI E
CONTENTI!

Ora useremo alcuni semplici grafici e formule per studiare le caratteristiche principali delle reazioni chimiche che dipendono dagli enzimi, e impareremo perché gli enzimi sono così importanti per far avvenire queste reazioni.

CHE COS'È L'ENERGIA DI ATTIVAZIONE?

AFFINCHÉ UNA REAZIONE CHIMICA PROCEDA SENZA PROBLEMI È RICHIESTA UNA CERTA QUANTITÀ DI ENERGIA. QUESTA È CHIAMATA ENERGIA DI ATTIVAZIONE.

GUARDA QUESTO GRAFICO, DOVE È RIPORTATO L'ANDAMENTO DI UNA SINGOLA REAZIONE CHIMICA.



È QUASI COME SE IL SUBSTRATO DOVESSE ARRAMPICARSI SU PER UN MURO MOLTO ALTO PER SCAPPARE DALLA PRIGIONE E TRASFORMARSI IN PRODOTTO DI REAZIONE.



LA PARTE PIÙ ALTA DEL MURO È CHIAMATA BARRIERA DI ATTIVAZIONE O BARRIERA ENERGETICA.



GLI ENZIMI ABBATTONO IL "MURO"

ALLORA CHE VANTAGGIO SUPPONI CHE CI SIA...

PER UN ENZIMA CHE PARTECIPA A QUESTO TIPO DI REAZIONE?



IMMAGINO CHE FORSE... UN ENZIMA ABBASSI IL MURO PER RENDERE L'ARRAMPICATA PIÙ FACILE.

ECCO CHE SCENDE!

PRATICAMENTE, È PROPRIO QUELLO CHE SUCCIDE! PER ESEMPIO, IMMAGINA DI ESSERE UN SUBSTRATO, KUMI.

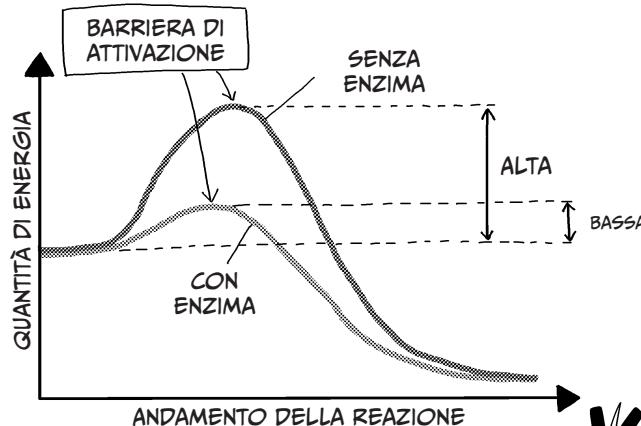
PER RAGGIUNGERE LA TUA DESTINAZIONE E TRASFORMARTI IN PRODOTTO DI REAZIONE, HAI BISOGNO DI SALTARE OLTRE UN MURO IMPRESSIONANTE ALTO PIÙ DI DUE METRI, MA È DAVVERO TROPPO ALTO PER TE!

ALLORA INTERVENE IL SIGNOR ENZIMA CHE ROMPE IL MURO ABBANDONANDO L'ALTEZZA. ORA IL MURO ALTO È DIVENTATO UN MURETTO DI MEZZO METRO, E TU PUOI SALTARLO AGEVOLMENTE. HAI CAPITO?

NEMA PROBLEMA!

QUELL'ENZIMA È DAVVERO UN TESORO!

ANDAMENTO DELLA NELLA REAZIONE



CI SONO ANCHE DELLE REAZIONI CHIMICHE NELLE QUALI L'ENZIMA CAMBIA IL MECCANISMO DELLA REAZIONE.

MA PER GLI SCOPI DI QUESTA LEZIONE...



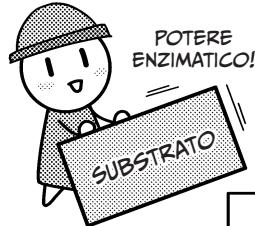
PORTO A TERMINE IL LAVORO!

QUESTO GRAFICO RIASSUME TUTTO EGREGIAMENTE. COME SI PUÒ VEDERE, SE L'ENZIMA È PRESENTE, LA REAZIONE CHIMICA AVVIENE PIÙ FACILMENTE, PERCHÉ L'ENERGIA DI ATTIVAZIONE VIENE ABBASSATA.



...ASSUMEREMO CHE LA PRESENZA DELL'ENZIMA ABBASSI SEMPLICEMENTE L'ENERGIA DI ATTIVAZIONE DELLA REAZIONE CHIMICA.

VELOCITÀ MASSIMA DELLA REAZIONE



LA PROPRIETÀ DI UN ENZIMA DI AGIRE SUL SUBSTRATO PER FORMARE IL PRODOTTO DI REAZIONE È CHIAMATA ATTIVITÀ DELL'ENZIMA.

L'ANDAMENTO È MISURATO DALLA "VELOCITÀ DELLA REAZIONE".



MISURARE QUESTA "ATTIVITÀ" È VITALE PER CONTROLLARE LE PROPRIETÀ DI UN ENZIMA.



E PRENDERE QUESTE MISURE PUÒ ESSERE UN PO' COMPLICATO.

OH NO... COMPLICATO!?



RILASSATI, SARÀ FACILE SE CI METTI ATTENZIONE. CI SONO DUE CONCETTI CHIAVE QUI:

- ① **Velocità massima**
- ② **Costante di Michaelis**

LA VELOCITÀ MASSIMA È LA VELOCITÀ CHE LA REAZIONE HA QUANDO OGNI MOLECOLA ENZIMATICA NELLA SOLUZIONE DI REAZIONE È LEGATA A UNA MOLECOLA DI SUBSTRATO. IN ALTRE PAROLE, È LA VELOCITÀ DI REAZIONE QUANDO TUTTI GLI ENZIMI STANNO LAVORANDO.

È INDICATO CON V_{MAX} *



* LA V STA PER "VELOCITÀ".

DI PRECISO, COSA INTENDI QUANDO DICI CHE "OGNI MOLECOLA DI ENZIMA È COMBINATA CON UNA MOLECOLA DI SUBSTRATO"?



SE ARRIVA UNA SCOPA IN PIÙ PROPRIO DOVE NON CI SONO PIÙ SCOPE E ATTORNO CI SONO DELLE PERSONE CHE SI ANNOIANO...



...LA PULIZIA DELLE FOGLIE AVVERRÀ PIÙ VELOCEMENTE, DATO CHE ANCHE QUESTE PERSONE POSSONO DARE UNA MANO, GIUSTO?

MA SE TUTTI STANNO SPAZZANDO CON UNA SCOPA, LA VELOCITÀ DI PULIZIA NON POTRÀ AUMENTARE, INDIPENDENTEMENTE DA QUANTE ALTRE SCOPE ARRIVINO.

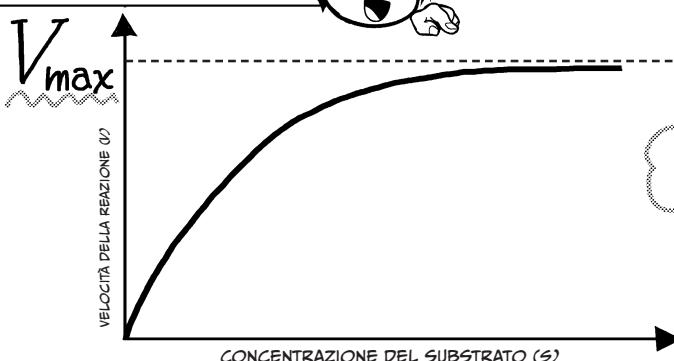


SE AGGIUNGHIAMO QUALCHE MOLECOLA DI SUBSTRATO E CI SONO UNITÀ ENZIMATICHE "INOPEROSE", L'INTERA REAZIONE AVVERRÀ PIÙ VELOCEMENTE PERCHÉ QUESTI ENZIMI CONTRIBUISCONO AD ACCELERARE LA REAZIONE.



COSÌ SE PENSI ALLE SCOPE COME SUBSTRATO E ALLE PERSONE COME GLI ENZIMI, PUOI VEDERE COSA SI INTENDE PER CONCENTRAZIONE DEL SUBSTRATO. QUI, LA CONCENTRAZIONE DEL SUBSTRATO È SULL'ASSE X, MENTRE IL NUMERO DI ENZIMI È FISSO (NON VARIA).

SI PUÒ TRACCIARE UNA LINEA CORRISPONDENTE ALLA V_{MAX} , OSSIA IL VALORE MASSIMO DELLA VELOCITÀ DELLA REAZIONE. NOTA CHE QUANDO LA VELOCITÀ RAGGIUNGE IL VALORE V_{MAX} ANCHE AUMENTANDO ANCORA E ANCORA LA CONCENTRAZIONE DEL SUBSTRATO, LA VELOCITÀ NON CAMBIA.



L'EQUAZIONE DI MICHAELIS-MENTEN E LA COSTANTE DI MICHAELIS

NEL 1913, DUE BIOCHIMICI, LEONOR MICHAELIS E MAUD MENTEN, PROPOSERO UN'EQUAZIONE FONDAMENTALE CHE RAPPRESENTA LA RELAZIONE FRA LA VELOCITÀ DI UNA REAZIONE ENZIMATICA E LA CONCENTRAZIONE DEL SUBSTRATO.

L'EQUAZIONE PRESE IL NOME DA QUESTI DUE SCIENZIATI ED È STATA CHIAMATA EQUAZIONE DI MICHAELIS-MENTEN.

$$v_0 = \frac{V_{\max} [S]}{[S] + K_m}$$

v_0 : VELOCITÀ INIZIALE DELLA REAZIONE

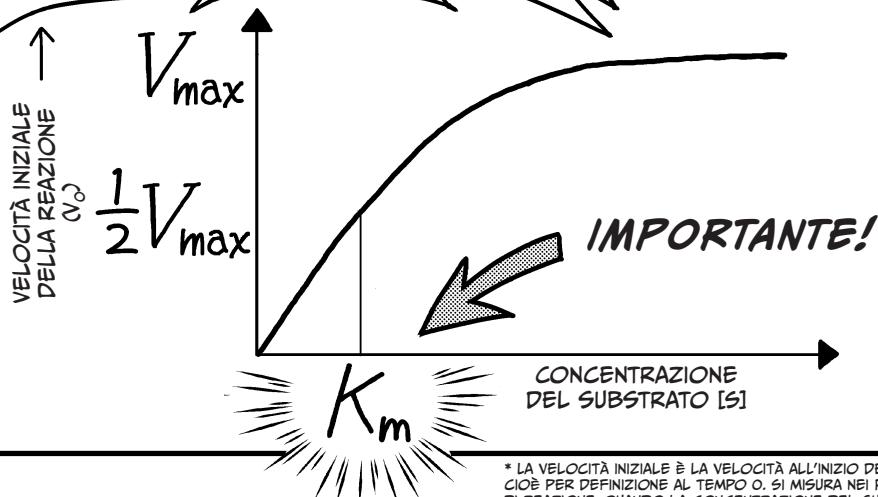
[S] : CONCENTRAZIONE DEL SUBSTRATO

OHHH... CREDITO
CHE MI VERRÀ
UN'EMICRANIA.

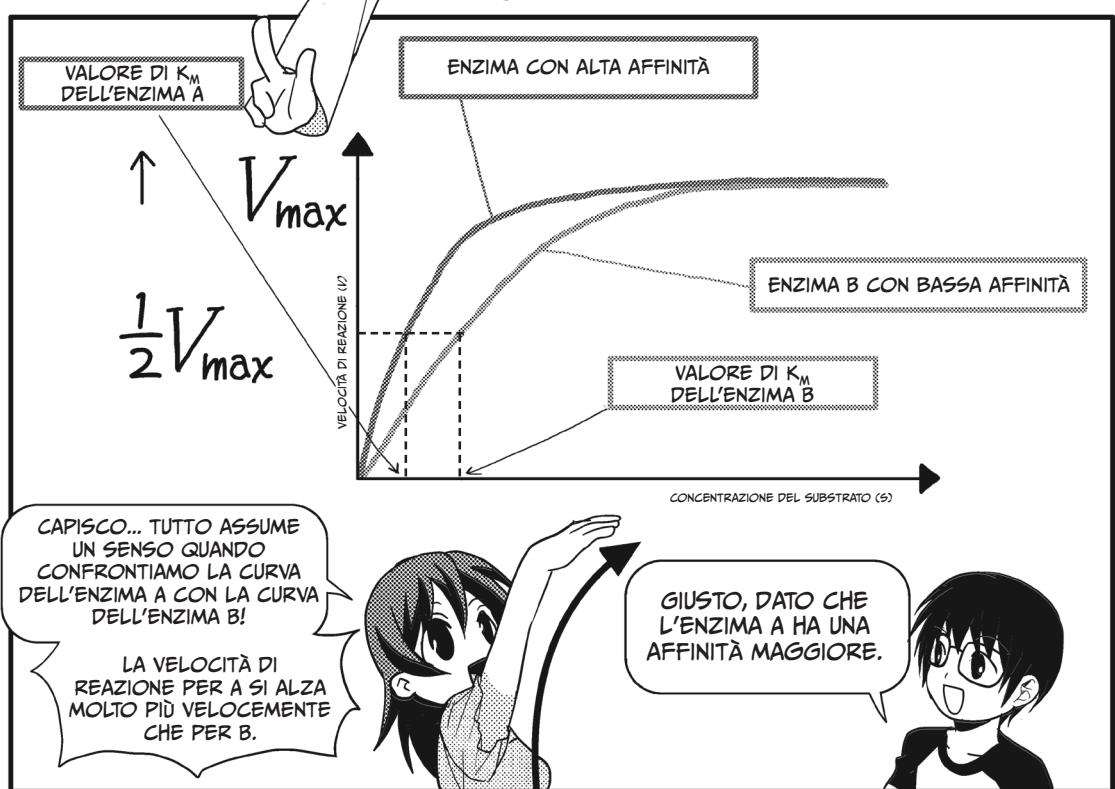
TRANQUILLA,
KUMI.

OUCH

ORA VIENE LA PARTE IMPORTANTE!
NEL DERIVARE QUESTA COMPLESSA EQUAZIONE, MICHAELIS DEFINÌ UN VALORE NUMERICO CHIAMATO LA COSTANTE DI MICHAELIS (K_m) CHE RAPPRESENTA IL VALORE DELLA CONCENTRAZIONE DEL SUBSTRATO QUANDO LA VELOCITÀ INIZIALE v_0 DELLA REAZIONE* CORRISPONDE ALLA METÀ DELLA V_{\max} .



* LA VELOCITÀ INIZIALE È LA VELOCITÀ ALL'INIZIO DELLA REAZIONE, CIÒ È PER DEFINIZIONE AL TEMPO 0. SI MISURA NEI PRIMI ISTANTI DI REAZIONE, QUANDO LA CONCENTRAZIONE DEL SUBSTRATO E LA VELOCITÀ DI REAZIONE VARIANO ANCORA LINEARMENTE.



CALCOLIAMO V_{MAX} E K_m !

ADESSO VEDIAMO
DI RICAVARE I VALORI DI V_{MAX}
E K_m PER UN PARTICOLARE
ENZIMA!

USEREMO COME
ESEMPIO LA DNA
POLIMERASI, CHE È UN
ENZIMA RESPONSABILE
DELLA SINTESI DEL
DNA.

IN QUESTO ESEMPIO, I NUCLEOTIDI,
I MATTONCINI DEL DNA, SARANNO IL
SUBSTRATO.

DICHIAMO CHE AGGIUNGIAMO LA
DNA POLIMERASI A 6 DIFFERENTI
SOLUZIONI, OGUNA CON LE SEGUENTI
CONCENTRAZIONI DEL SUBSTRATO*.

CONCENTRAZIONE DEL SUBSTRATO
0 μM
1 μM
2 μM
4 μM
10 μM
20 μM

QUINDI LASCIAMO REAGIRE PER 60
MINUTI ALLA TEMPERATURA DI 37°C.

SPERO DI NON
FARE PASTICCI...

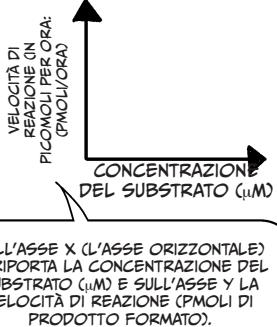


CONCENTRAZIONE DEL SUBSTRATO	PRODOTTO DELLA REAZIONE
0 μM	→ 0 pmol
1 μM	→ 9 pmol
2 μM	→ 15 pmol
4 μM	→ 22 pmol
10 μM	→ 35 pmol
20 μM	→ 43 pmol

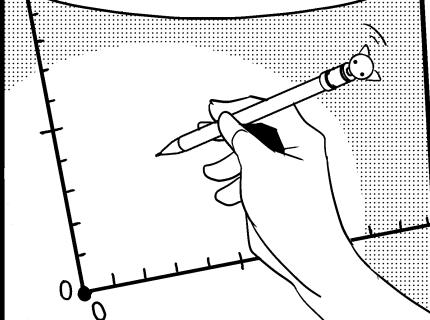
QUESTI DATI RIPORTANO LE
CONCENTRAZIONI DEI PRODOTTI DI
REAZIONE OTTENUTI DOPO UN'ORA, IN
TAL MODO POSSIAMO DIVIDERE QUESTI
VALORI PER 1 ORA PER TRASFORMARLI
IN VELOCITÀ DI REAZIONE**.



ADESSO
VISUALIZZIAMO I
RISULTATI!



QUANDO LA CONCENTRAZIONE
DEL SUBSTRATO È PARI A 0 μM ,
LA VELOCITÀ SARÀ 0 (0 PMOL)
E COSÌ VIA.

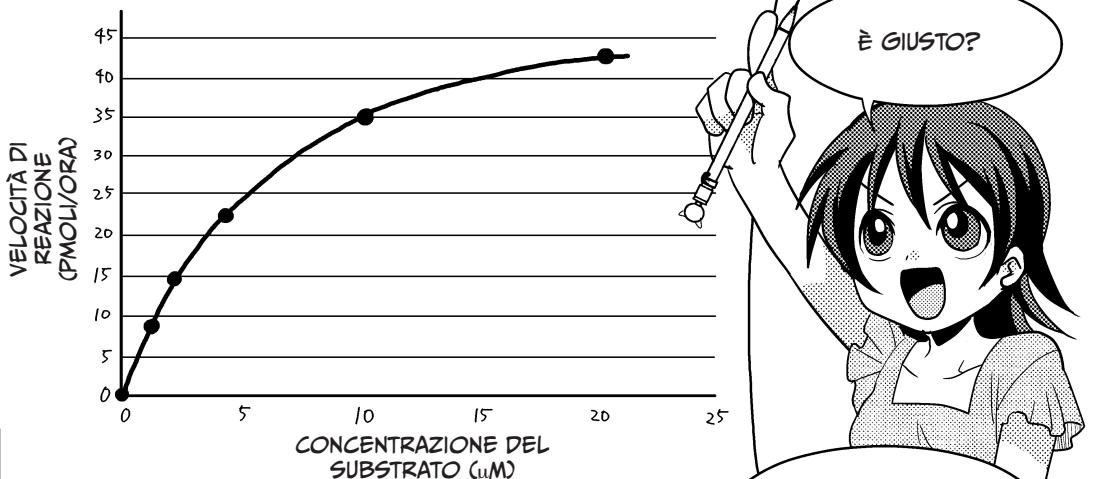


OOOKAY!



* PER LA VERITÀ CI SAREBBERO BISOGNO DI AGGIUNGERE ALTRI COMPONENTI ALLA REAZIONE: UNO "STAMPO" DNA, IONI MAGNESIO E ALTRI ELEMENTI, MA TRASCURIAMOLI PER SEMPLICITÀ!

** PER ESEMPIO, SE SI PARTE CON UNA CONCENTRAZIONE DI SUBSTRATO PARI A 1 μM , LA NOSTRA VELOCITÀ DI REAZIONE SARÀ DI 9 PMOL PER 1 ORA, O, SEMPLICEMENTE, 9 PMOL/ORA.



È GIUSTO?

CE L'HAI FATTA.
BELLA CURVA,
KUMI!*

* È RARO OBTENERE UNA CURVA PRECISA COME QUESTA IN UN ESPERIMENTO "VERO".
QUESTO È SOLO L'ANDAMENTO TEORICO IDEALE.



PER OTTENERE TALI VALORI ABBIAMO BISOGNO DI CREARE UN GRAFICO CHIAMATO DIAGRAMMA DI LINEWEAVER-BURK.







I VALORI SULL'ASSE VERTICALE (DIVERSI DA 0) ERANO 9, 15, 22, 35 E 43, COSÌ IL RECIPROCO DI 9 È 1/9 CIOÈ CIRCA 0,111. IL RECIPROCO DI 15 È 1/15 CIOÈ CIRCA 0,066.

ADESSO LASCIATEMI LAVORARE CON IL RESTO...

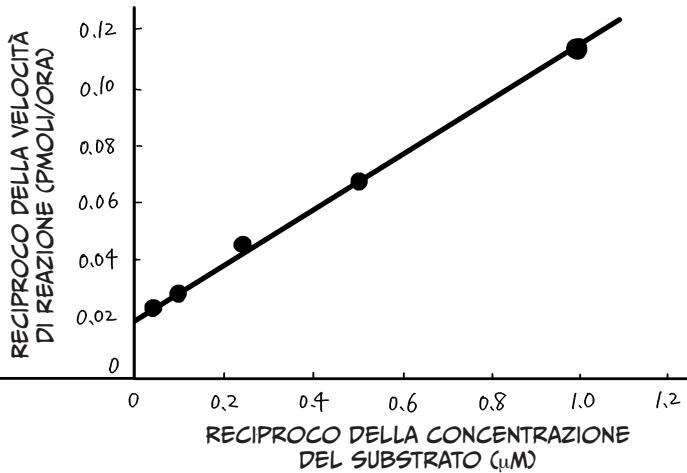
IL RECIPROCO DI 9 È APPROXIMATIVAMENTE 0,111

IL RECIPROCO DI 15 È APPROXIMATIVAMENTE 0,066

IL RECIPROCO DI 22 È APPROXIMATIVAMENTE 0,045

IL RECIPROCO DI 35 È APPROXIMATIVAMENTE 0,028

IL RECIPROCO DI 43 È APPROXIMATIVAMENTE 0,023



ADESSO VI SPIEGHERÒ LA TEORIA CHE C'È DIETRO, COSÌ CAPIRETE PERCHÉ PRENDIAMO I RECIPROCI.





PERCHÉ PRENDIAMO I RECIPROCI?



Già, perché prendiamo i reciproci? È un mistero, non è così? Eh, eh, eh...

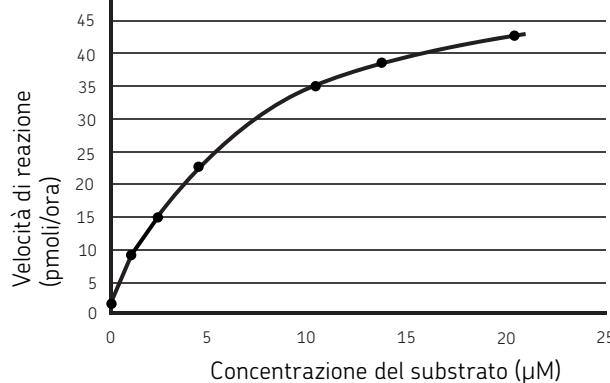


Non guardi me! La matematica non è il mio forte.



Non preoccuparti. Risolveremo il mistero tutti insieme. ♪

Per prima cosa, focalizziamoci su V_{max} . Nel grafico seguente si può notare che all'aumentare dei valori di concentrazione del substrato, la misura della velocità di reazione si avvicina a V_{max} .



Ha ragione. All'aumentare della concentrazione del substrato, la velocità di reazione si avvicina al suo limite, V_{max} , che è la massima velocità.

Se continuiamo a raccogliere dati come questo, potremo ricavare V_{max} , $1/2V_{max}$ e K_M , giusto?



In teoria, è vero: potremmo prendere un mucchio di valori, e alla fine ci avvicineremmo al valore di V_{max} , che è la massima velocità.

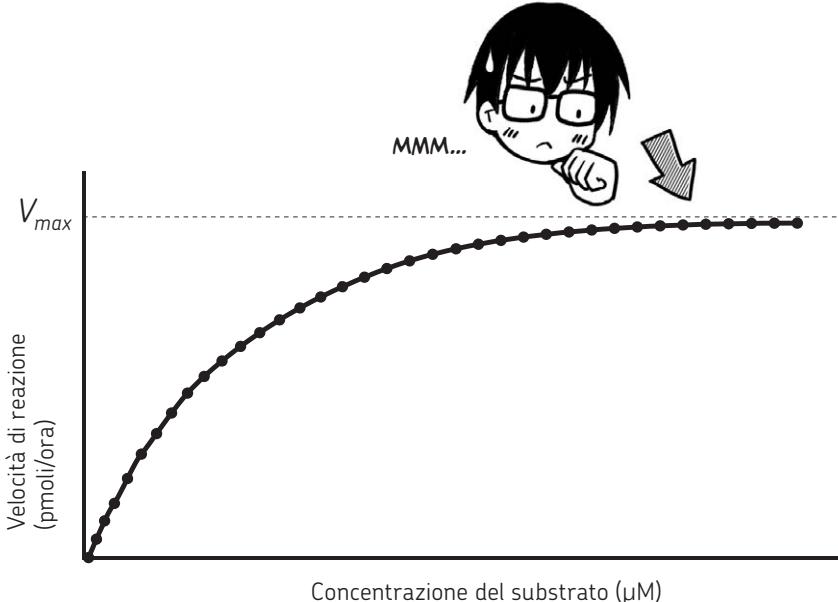
Se continuiamo a raccogliere dati come questo, potremo ricavare V_{max} , $1/2V_{max}$ e K_M , giusto?, ma in pratica, è un po' più difficile di così.



Uh? Ma perché?



Mano a mano che ci si avvicina al valore di V_{max} , le misure della velocità di reazione cominciano a sovrapporsi.



Alla fine, le misure sono tutte molto vicine, e i risultati non sono così precisi da permetterci di misurare il punto esatto in cui si raggiunge il valore massimo.



Non ti sembra che la velocità di salita diminuisca sempre più nel tempo, ma non raggiunga mai il valore di V_{max} ?



Sì, infatti, ma ci dev'essere un modo per aggirare il problema, giusto?



Naturalmente. Dobbiamo solo cambiare il nostro modo di pensare!

Per esempio, supponi di far crescere la concentrazione del substrato sempre di più, fino... all'infinito!



Mmm... se la concentrazione del substrato aumentasse fino "all'infinito", i risultati della misura dovrebbero fornire... la V_{max} !



Ma non si possono fare calcoli con l'infinito, giusto? Allora cosa possiamo fare?

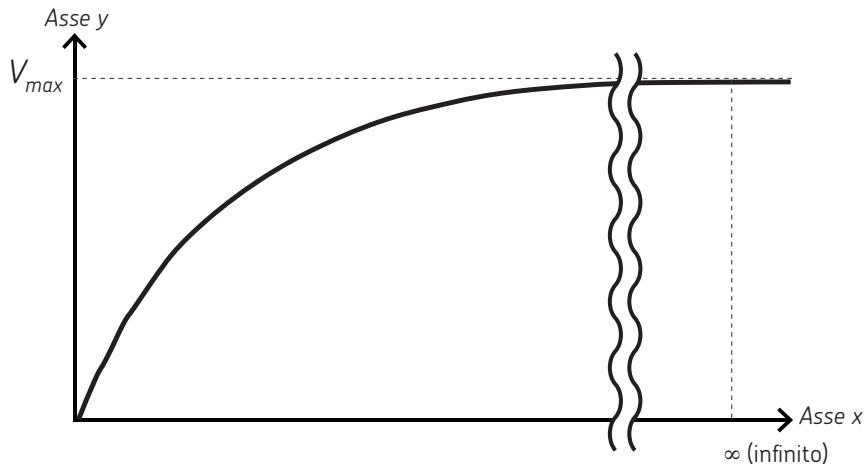


Ricorreremo a un piccolo trucco. Per la precisione, converremo che *il reciproco dell'infinito è zero*. In altre parole, quando prendiamo il reciproco, sappiamo che il valore dell'asse y raggiunge il valore di V_{max} quando il suo reciproco è zero!

In realtà, il valore numerico riportato sull'asse y in questo punto è $\frac{1}{V_{max}}$.



Assomiglia a qualcosa del genere tipo:



Passo 1

Quando il valore dell'asse x "diventa infinito", l'asse y assume il valore V_{max} .

Poiché con l'infinito non possiamo svolgere calcoli, abbiamo bisogno di rimpiazzarlo con qualcosa che abbia senso nel mondo reale e considereremo solo i reciproci dei valori su entrambi gli assi x e y .

**Passo 2**

Quando il valore sull'asse x è $\frac{1}{\infty}$, il valore sull'asse y sarà $\frac{1}{V_{max}}$.

Ma noi assumiamo che il reciproco di infinito sia zero.

Passo 3

Quando il valore sull'asse x è 0, il valore sull'asse y sarà $\frac{1}{V_{max}}$.

Se facciamo un grafico per questo, possiamo ottenere un valore numerico definito per V_{max} .



Non ci posso credere, ma... effettivamente ha un senso! Dopo tutto, forse, i grafici non sono tremendi quanto pensavo...



Adesso che hai capito la teoria che c'è dietro i calcoli, non ti sembra che la tua vita sia più ricca? Come se capissi l'universo un pochino meglio?

Ma torniamo alla linea retta che hai tracciato graficamente prima e cerchiamo di ottenere il valore di V_{max} .

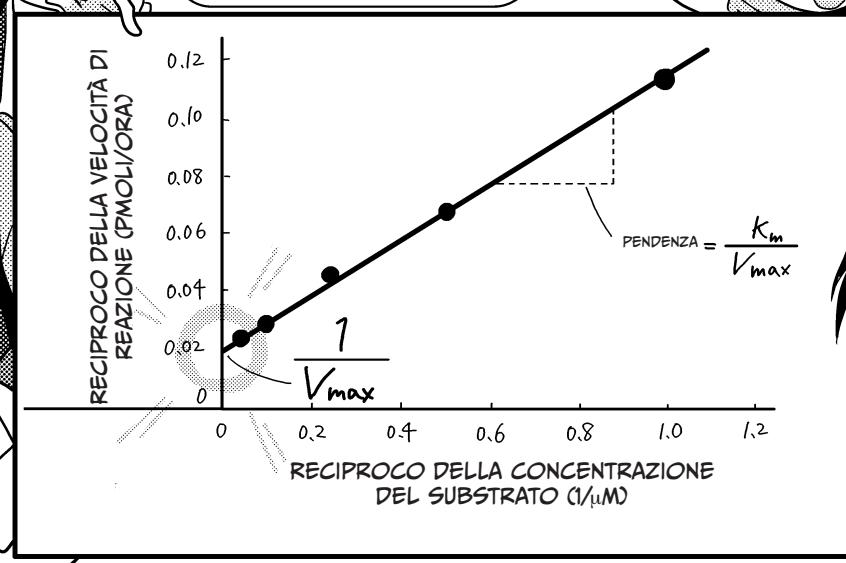


Sì, dai! Ora grafici e reciproci sono un gioco da ragazzi per me!

GUARDIAMO QUESTO GRAFICO. QUANDO IL VALORE DELL'ASSE X È ZERO, IL VALORE DELL'ASSE Y È APPROSSIMATIVAMENTE 0,019. QUESTO SIGNIFICA CHE, IN QUESTA REAZIONE, IL VALORE V_{MAX} DELLA REAZIONE PER DELLA DNA POLIMERASI È 1/0,019, OSSIA CIRCA 52,6.

CE L'ABBIAMO FATTA!
ABBIAMO TROVATO IL
VALORE V_{MAX} !

IN ALTRE PAROLE, LA DNA POLIMERASI PUÒ REAGIRE CON I NUCLEOTIDI PER SINTETIZZARE CIRCA 52,6 PMOL DI NUOVO DNA* ALL'ORA**.



ASSETTA, KUMI. STAI ESULTANDO UN PO' TROPPO PRESTO. RICORDA, QUESTO GRAFICO CI PERMETTE DI CALCOLARE ANCHE L'ESATTO VALORE DI K_m !

SE GUARDI ATTENTAMENTE QUESTO GRAFICO DI RECIPROCI, PUOI VEDERE CHE LA PENDENZA DELLA LINEA RETTA È RAPPRESENTATA DA

$$\frac{K_m}{V_{\text{max}}}$$

SPERO CHE TI RICORDI QUALCOSA DI MATEMATICA, PERCHÉ STIAMO PER TUFFARCI DENTRO!

* IL VALORE PUÒ CAMBIARE IN RELAZIONE ALLE CONDIZIONI SPERIMENTALI O ALL'ORIGINE DELLA DNA POLIMERASI. 52,6 PMOL/ORA RAPPRESENTA SOLO UN ESEMPIO.

** RICORDA, IL TEMPO DI REAZIONE DELLA DNA POLIMERASI ERA DI 60 MINUTI.

USIAMO L'EQUAZIONE DI MICHAELIS-MENTEN PER RICAVARE K_M E V_{max} !

$$v = \frac{V_{max} [S]}{[S] + K_M}$$

FACCIAMOLO!

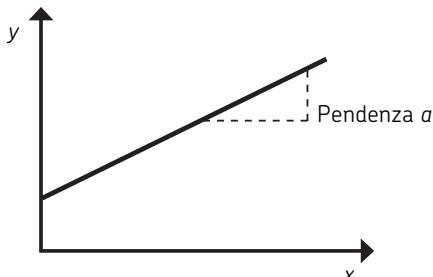


Se prendiamo il reciproco di $\frac{1}{v}$, otteniamo...

$$\begin{aligned} \frac{1}{v} &= \frac{[S] + K_M}{V_{max} [S]} = \frac{[S]}{V_{max} [S]} + \frac{K_M}{V_{max} [S]} \\ &= \frac{1}{V_{max}} + \frac{K_M}{V_{max}} \times \frac{1}{[S]} \end{aligned}$$

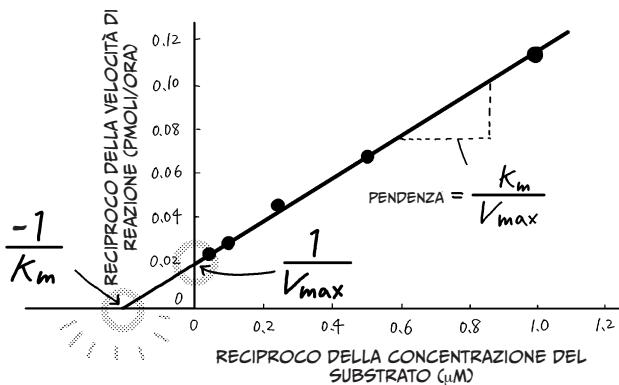


In altre parole, possiamo tracciare il grafico di una retta $y = ax + b$, dove



$$\begin{aligned} y &: \frac{1}{V_{max}} \\ x &: \frac{1}{[S]} \\ a &: \frac{K_M}{V_{max}} \\ b &: \frac{1}{V_{max}} \end{aligned}$$





PER OTTENERE V_{MAX} DOBBIAMO SEMPLICEMENTE PORRE $X = 0$, E QUESTO CI FORNISCE $Y = 1/V_{\text{MAX}}$. IN ALTRE PAROLE, TROVIAMO DOVE IL GRAFICO INTERCETTA L'ASSE DELLE Y , PRENDIAMO IL RECIPROCO DI QUESTO VALORE E OTTENIAMO V_{MAX} .

PROSSIMO PASSO: K_m . SAPPIAMO ANCHE CHE LA PENDENZA È K_m / V_{MAX} PER CUI POSSIAMO RISOLVERE PER X L'EQUAZIONE LINEARE QUANDO $Y = 0$, E OTTENERE $X = -1/K_m$. QUINDI LO MOLTIPLICHIAMO SEMPLICEMENTE PER -1 , NE FACCIO IL RECIPROCO ED ECCO OTTENUTO IL VALORE DI K_m .



HO CAPITO. BASTA QUALCHE PICCOLA SOSTITUZIONE E UN PO' DI ALGEBRA! UN GIOCO DA RAGAZZI!!

QUINDI, NEL NOSTRO ESEMPIO, QUANDO $Y = 0$ X È CIRCA $-0,15$.

QUESTO VUOL DIRE CHE, PER LA NOSTRA REAZIONE, IL VALORE DI K_m DELLA DNA POLIMERASI È $1 / 0,15$, CIOÈ CIRCA $6,67 \mu\text{M}$.

C'E L'ABBIA FATTA! V_{MAX} E K_m NON AVEVANO SCAMPO CONTRO DI NOI!

NELLA RICERCA SUGLI ENZIMI IL GRAFICO "DEI DOPPI RECIPROCI" È USATO FREQUENTEMENTE. UNA VOLTA CHE HAI CAPITO QUESTI ELEMENTI FONDAMENTALI, SEI SULLA BUONA STRADA PER DIVENTARE UNA GRANDE SCIENZIATA!

VEDIAMO SE MI RICORDO... PER PRIMA COSA, PREndo I RECIPROCI DEI VALORI DELLA REAZIONE, POI LI RIPORTO SUL GRAFICO OTTENENDO UNA RETTA.

POI CON UN PO' DI ALGEBRA ELEMENTARE, POSSO ARRIVARE A CALCOLARE LA V_{MAX} E LA K_m .

LINeweaver E BURK, MANGIATEVI IL FEGATO!

化
学

秋

4. Enzimi e inibitori

Perché mai dobbiamo usare equazioni e grafici – che dopo tutto non sono divertenti – per calcolare i valori di V_{\max} e K_M ?

Una delle ragioni è dimostrare che le reazioni enzimatiche sono estremamente precise e prevedibili. Procedono seguendo rigorosamente le leggi della chimica e della matematica.

Ma una ragione ancora più importante, è che per chi si occupa di enzimi o di enzimologia, i valori di V_{\max} e K_M sono fondamentali.

Una di queste aree di ricerca si occupa dell'inibizione enzimatica. Un *inibitore* è una sostanza che interferisce nel legame tra enzima e substrato, o direttamente sull'enzima. Come risultato, si verifica un'inibizione dell'attività enzimatica.

Molti inibitori vengono sintetizzati chimicamente e usati nello studio degli enzimi.

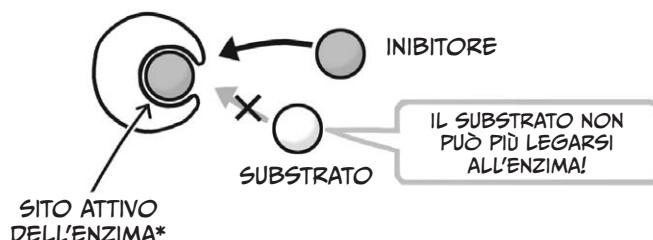
Dal momento che inibiscono gli enzimi, tali molecole possono causare danni agli organismi viventi. Eppure, possono anche essere usati in modo positivo: per eliminare le cellule tumorali, per esempio.

Gli inibitori esistono anche in natura. Per esempio, alcuni inibitori sono sintetizzati direttamente nelle cellule degli organismi e hanno un ruolo importante nel regolare le reazioni enzimatiche. Anche le piante possono creare inibitori. I semi di certi legumi, ad esempio, contengono inibitori cellulari degli enzimi, quali l'inibitore dell' α -amilasi o l'inibitore della tripsina. Questi sono noti come *anti-nutrienti*. I ricercatori pensano che questi inibitori siano parte del sistema di difesa naturale delle piante, che le aiuta a proteggersi dai predatori.

Se la struttura di un inibitore è simile a quella del substrato, l'inibitore può legarsi facilmente all'enzima. Tuttavia, poiché la struttura di un inibitore, in quanto tale, differisce (anche se solo leggermente) da quella del substrato, questo blocca la reazione enzimatica. Pertanto, quando l'enzima è legato all'inibitore non è più in grado di interagire con il proprio substrato. In effetti, esistono tipologie diverse di inibizione enzimatica che presenteranno andamenti diversi dell'equazione di Michaelis-Menten.

Tra le tipologie più importanti di inibizione enzimatica ci sono quella competitiva e quella non competitiva.

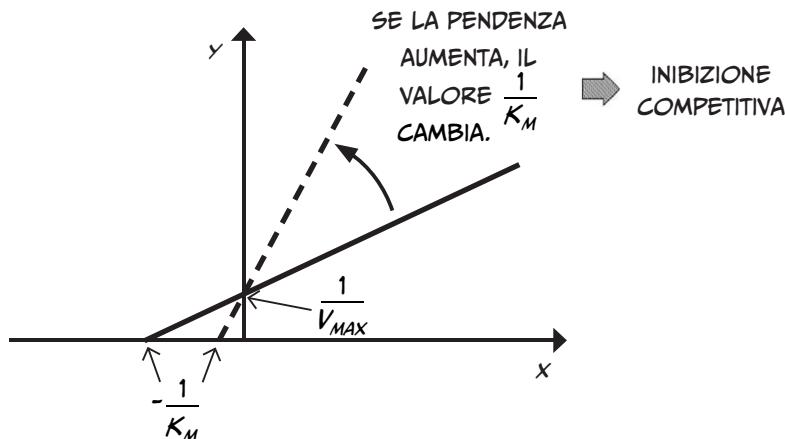
L'inibizione competitiva si verifica quando una sostanza strutturalmente molto simile al substrato si lega all'enzima, inibendone la reazione.



* IL SITO ATTIVO DELL'ENZIMA È LA PARTE DOVE IL SUBSTRATO PUÒ LEGARSI ALL'ENZIMA PER AVVIARE L'ATTIVITÀ CATALITICA.

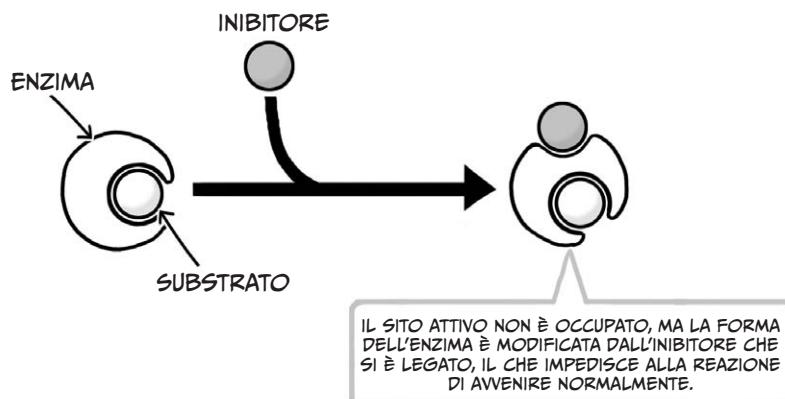
Poiché gli enzimi rimangono attivi, la velocità massima di reazione V_{max} non viene modificata, ma il valore di K_M aumenterà, perché alcune molecole di enzima si legheranno "competitivamente" all'inibitore invece che al substrato. Con gli inibitori presenti nella miscela di reazione, diventa molto più difficile per gli enzimi legarsi al proprio substrato, e si arriverà alla stessa velocità aumentando la concentrazione di substrato.

Se aggiungiamo un inibitore competitivo, la pendenza della retta sul Diagramma di Lineweaver-Burk aumenterà, come mostrato sotto. Nota che l'intersezione con l'asse y, $1/V_{max}$, non cambia.



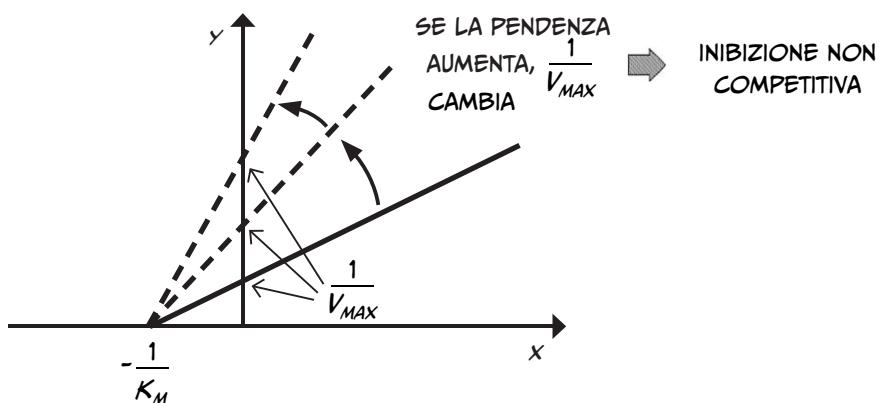
Sebbene l'intersezione con l'asse y sia la stessa, quella con l'asse x cambia. Questo vuol dire che se alla nostra reazione enzimatica aggiungiamo un inibitore sconosciuto, effettuando le misurazioni di attività enzimatica e mettendo in grafico i valori, se il valore di $1/K_M$ risulta aumentato, sappiamo di essere in presenza di un inibitore competitivo.

L'inibizione non competitiva si ha invece quando un inibitore inibisce la reazione enzimatica legandosi in un sito dell'enzima distinto dal sito di interazione col substrato.



In questo caso, l'inibitore non interferisce con il legame del substrato: mette l'enzima fuori uso. La K_M non ne viene influenzata perché dipende dalla concentrazione del substrato. La velocità massima di reazione, invece, diminuirà costantemente man mano che la concentrazione dell'inibitore aumenta. Accadrebbe la stessa cosa se la concentrazione dell'enzima diminuisse.

Questo vuol dire che quando viene aggiunto un inibitore non competitivo la pendenza della retta sul Diagramma di Lineweaver-Burk aumenta anche qui, come mostrato di seguito. Ma al contrario dell'inibizione competitiva, l'intersezione con l'asse y cambia, mentre quella con l'asse x resta invariata.



Visto che gli inibitori influenzano notevolmente le reazioni enzimatiche, sono spesso usati nella ricerca per fare chiarezza sulla struttura degli enzimi o sui meccanismi di reazione. Anche la ricerca sul cancro li utilizza al fine di inibire l'attività di enzimi cellulari che, se modificati nelle cellule tumorali, ne possono favorire la propagazione.

CHECK!



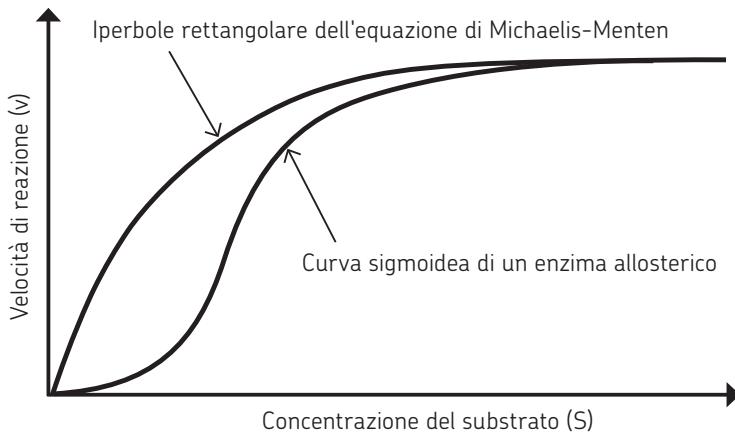
ENZIMI ALLOSTERICI

Anche se abbiamo parlato di reazioni enzimatiche per le quali si applica l'equazione di Michaelis-Menten, ci sono anche molti enzimi la cui attività non segue questa legge.

Tra questi, ci sono gli *enzimi allosterici*, la cui funzione è spesso quella di rispondere a segnali esterni che arrivano alle cellule modificando la propria attività: questo viene indicato come *effetto allosterico*. Per esempio, in un enzima formato da più subunità, un substrato che si lega ad una di esse può indurre un cambiamento nella conformazione dell'intero enzima, facilitando il legame di un'altra molecola di substrato a una diversa subunità (è il caso, ad esempio, delle molecole di ossigeno che legano l'emoglobina, sebbene non si tratti di un enzima).

Per gli enzimi allosterici, la curva che rappresenta la relazione fra la concentrazione del substrato e la velocità di reazione sarà una *curva sigmoide*, con una forma ad S, e non più l'iperbole rettangolare tipica dell'equazione di Michaelis-Menten.

Saltando i dettagli, il punto è che non tutte le reazioni enzimatiche sono semplici, e fedeli a certe equazioni fisse: di fatto, nelle cellule, molte reazioni sono estremamente complesse e diverse.





MA ORA CHE
CI PENSO, HAI
RAGIONE A DIRE
CHE GLI ENZIMI
SONO DEGLI
OTTIMI AIUTANTI.

EH
EH
EH

QUANDO C'È UNA BARRIERA
IMPERMEABILE, TRA UN CERTO
RAGAZZO E UNA CERTA RAGAZZA
CHE GLI PIACE...

...QUELLA BARRIERA PUÒ
ESSERE ABBATTUTA CON
L'AUTO DI UN ENZIMA
BENEVOLO!

IL RUOLO DI
QUESTO ENZIMA
È QUELLO DI
ACCELERARE LA
RELAZIONE TRA
QUESTE DUE
PERSONE.

SORRISETTO

EHM... PROFESSORESSA
KUROSAKA! FORSE
DOVREMMO PARLARE DELLA
PROSSIMA LEZIONE!

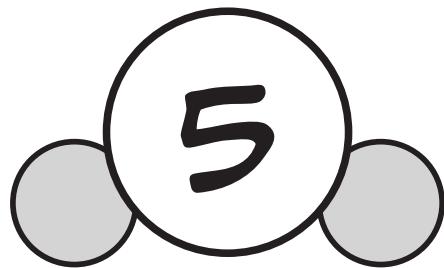
MA CHE...?

SIGH... E VA BENE, LA
PROSSIMA LEZIONE SARÀ
L'ULTIMA, QUINDI È MEGLIO
CHE VI PREPARiate!
SPECIALMENTE TU,
NEMOTO.

L'ULTIMA
LEZIONE? CHE COSA
TRISTE...

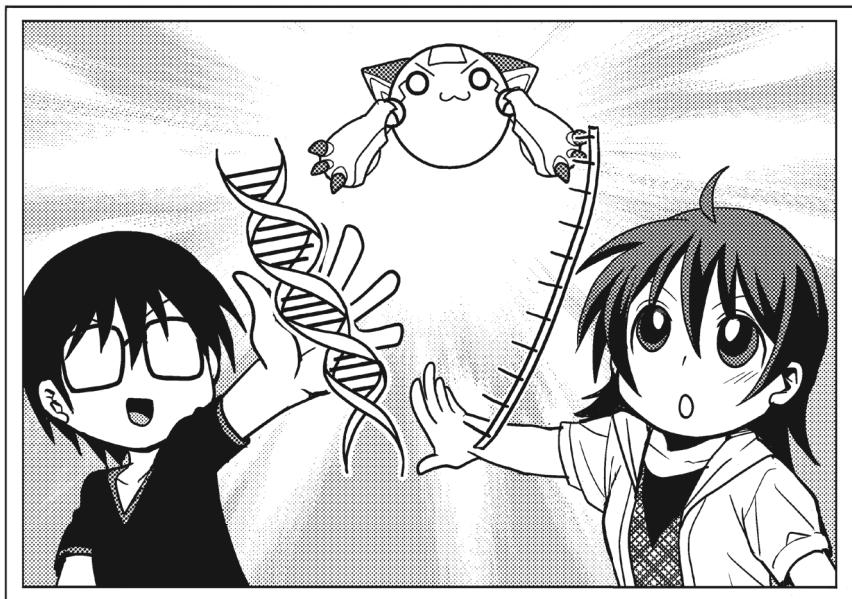
PUFF

UFF

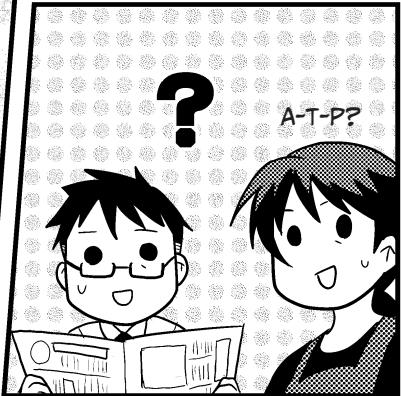


LA BIOLOGIA MOLECOLARE E LA BIOCHIMICA DEGLI ACIDI NUCLEICI

.....







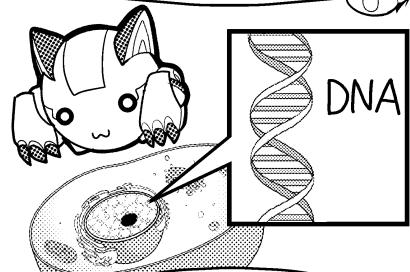
1. Cos'è l'acido nucleico?

ACIDI NUCLEICI: LE BASI

FINORA ABBIAMO PARLATO DI ALCUNI COMPOSTI BIOCHIMICI, COME LE PROTEINE, I LIPIDI, I CARBOIDRATI, MA C'È UN ALTRO GRUPPO DI COMPOSTI CHE NON ABBIAMO ANCORA TRATTATO... GLI ACIDI NUCLEICI.

COME SI PUÒ INTUIRE DAL NOME, GLI ACIDI NUCLEICI SONO SOSTANZE ACIDE CHE SI TROVANO NEL NUCLEO DI UNA CELLULA.

ABBIAMO GIÀ GUARDATO NEL NUCLEO DELLA CELLULA (VEDI CAPITOLO 1) CON L'AUTO DI ROBOGATTO. L'AVEVAMO DEFINITO "IL MAGAZZINO DEL DNA"



SÌ! È PICCOLO, ROTONDO E SEMBRA MOLTO IMPORTANTE. ARGOMENTO PERFETTO PER LA NOSTRA ULTIMA LEZIONE!

IN BREVE, GLI ACIDI NUCLEICI SONO IL MATERIALE GENETICO DI UNA CELLULA, OVVERO LE SOSTANZE CHE CONSERVANO LE INFORMAZIONI, CIOÈ I GENI.

ACIDO NUCLEICO

AH, QUESTA LA SO! IL DNA È IL LINGUAGGIO DEI GENI, GIUSTO?



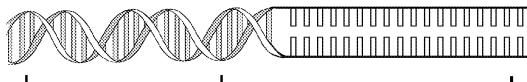
GIUSTO, MA IL DNA NON È FATTO INTERAMENTE DI GENI, SAI?



È VERO. I GENI SONO UNA PARTE DEL DNA... LA PARTE CHE FUNGE DA CODICE PER LE PROTEINE.

LE PROTEINE SONO CREATE SULLA BASE DELL'INFORMAZIONE CODIFICATA NELLA SEQUENZA DEGLI ACIDI NUCLEICI (O MEGLIO, DEL DNA).*

DNA



GENE

GENE

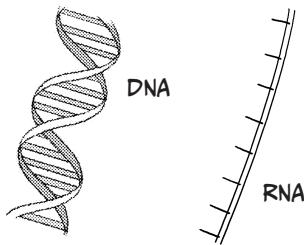


* I GENI CONTENGONO ANCHE L'INFORMAZIONE PER SINTETIZZARE GLI RNA.

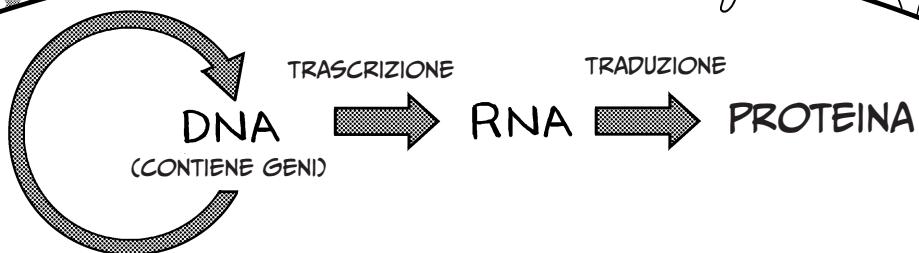


ESATTO! ORA PARLEREMO PIÙ IN DETTAGLIO DI QUEL PROCESSO.

DI FATTO CI SONO DUE TIPI DI ACIDO NUCLEICO: IL DNA (ACIDO DEOSSIRIBONUCLEICO) E L'RNA (ACIDO RIBONUCLEICO).



PER LA SINTESI DI PROTEINE ABBIAMO BISOGNO SIA DEL DNA CHE DELL'RNA.



DEL DNA SO QUALCOSA...



MA DELL'RNA PROPRIO NULLA!

NON TEMERE! L'RNA IN EFFETTI NON SI CONOSCE QUANTO IL DNA...

MA RECENTEMENTE SI È SCOPERTO CHE SI TRATTA DI UNA MOLECOLA ESTREMAMENTE IMPORTANTE PER GLI ORGANISMI VIVENTI.





LA SCOPERTA DELLA NUCLEINA



Il biochimico svizzero Friedrich Miescher (1844-1895) riuscì a isolare una nuova sostanza da un campione di globuli bianchi, che aveva estratto dalle garze ricevute da un ospedale vicino.



Globuli bianchi rimasti incollati alle garze? Ugh, ma quindi stiamo parlando di...



Eh sì! Stiamo parlando di *pus*!



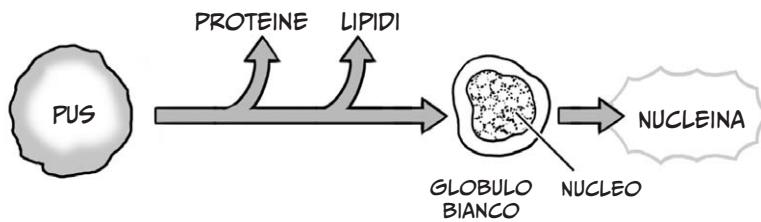
Friedrich Miescher



Studiava il pus?! Che schifo! Ehm... suppongo che la biochimica non sia tutta lustrini e diete...



Per estrarre i globuli bianchi, Miescher trattò il pus con un enzima chiamato proteasi, che idrolizza (digerisce) le proteine, per poi allontanare i lipidi con un metodo di estrazione con etere (un solvente organico).

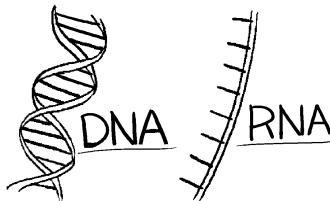


La sostanza così ottenuta era molto acida. Miescher la chiamò *nucleina*, poiché l'aveva trovata nel *nucleo* dei globuli bianchi.

Miescher riuscì anche ad estrarre nucleina dallo sperma di salmone. La nucleina venne più tardi rinominata *acido nucleico*, e nella prima metà del ventesimo secolo gli scienziati scoprirono che ci sono due tipi di acido nucleico: il DNA e l'RNA.

ACIDI NUCLEICI E NUCLEOTIDI

ESAMINIAMO ORA LA STRUTTURA DEGLI ACIDI NUCLEICI.



UN ACIDO NUCLEICO È COMPOSTO DA UNA LUNGA CATENA DI SINGOLE MOLECOLE CHIAMATE NUCLEOTIDI*, LEGATE L'UNA ALL'ALTRA.

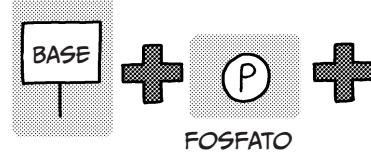
CAPISCO.



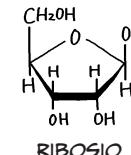
UN NUCLEOTIDE È FORMATO DA UNA BASE AZOTATA**, UN FOSFATO E UNO ZUCCHERO PENTOSO (A CINQUE ATOMI DI CARBONIO), LEGATI NEL MODO SEGUENTE:

** CHE D'ORA IN POI CHIAMEREMO SOLO BASE.

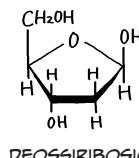
* I NUCLEOTIDI ERANO COMPARSI NELLA DISCUSSIONE COI GRAFICI DEL CAPITOLO 4.



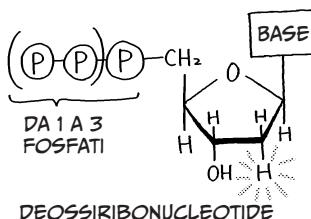
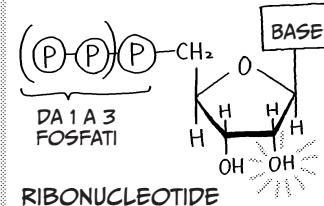
ZUCCHERO PENTOSO



OPPURE

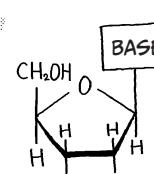
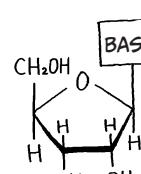


NUCLEOTIDE



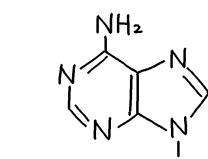
UHHH

E SE SI LEGANO SOLO UNA BASE E UNO ZUCCHERO PENTOSO (SENZA IL FOSFATO) ALLORA OTTIENIAMO UN NUCLEOSIDE.

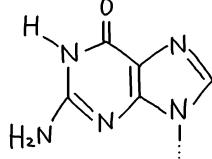


LE BASI CHE FORMANO
GLI ACIDI NUCLEICI SONO DI CINQUE TIPI:
ADENINA (A), GUANINA (G), CITOSINA (C),
URACILE (U) E TIMINA (T).

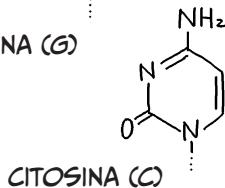
I QUATTRO TIPI USATI NEL DNA
SONO A, G, C E T. I QUATTRO
TIPI USATI NELL'RNA SONO A,
G, C E U.



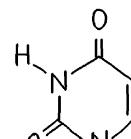
ADENINA (A)



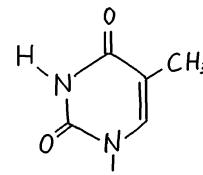
GUANINA (G)



CITOSINA (C)



URACILE (U)

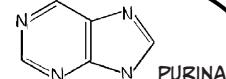


TIMINA (T)

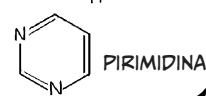
A E G SONO DETTE BASI
PURINICHE, MENTRE C, U
E T SONO DETTE BASI
PIRIMIDINICHE.

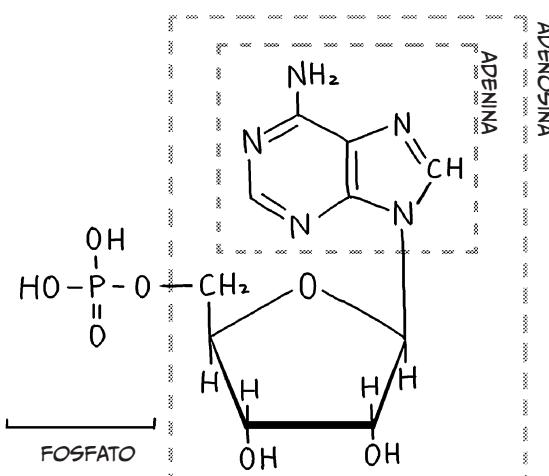
RIESCO A RICORDARLO
FACILMENTE PERCHÉ I GUSTI DI
GELATO PIÙ PURAMENTE DELIZIOSI
SONO AMARENA E GIANDUIA.

UNA PURINA HA UN ANELLO
ESAGONALE E UNO
PENTAGONALE.



UNA PIRIMIDINA HA SOLO
UN ANELLO ESAGONALE.





ADENOSINA MONOFOSFATO

QUESTO DIAGRAMMA MOSTRA LA STRUTTURA DI UN NUCLEOTIDE, CHE HA COME BASE UN'ADENINA (A).

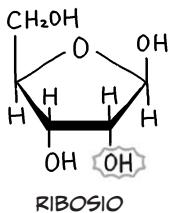
SI CHIAMA ADENOSINA MONOFOSFATO O ADENOSINA-5'-FOSFATO O ACIDO 5'-ADENILICO.



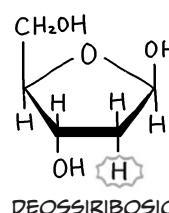
SE LO ZUCCHERO PENTOSO DI QUESTO NUCLEOTIDE FOSSE DESOSSIRIBOSIO INVECE DI RIBOSIO, AVREMMO LA DEOSSIADENOSINA MONOFOSFATO.

DEOSSIRIBOSIO, RIBOSIO... AAAHHH, CHE CONFUSIONE.

ZUCCHERO PENTOSO



OPPURE



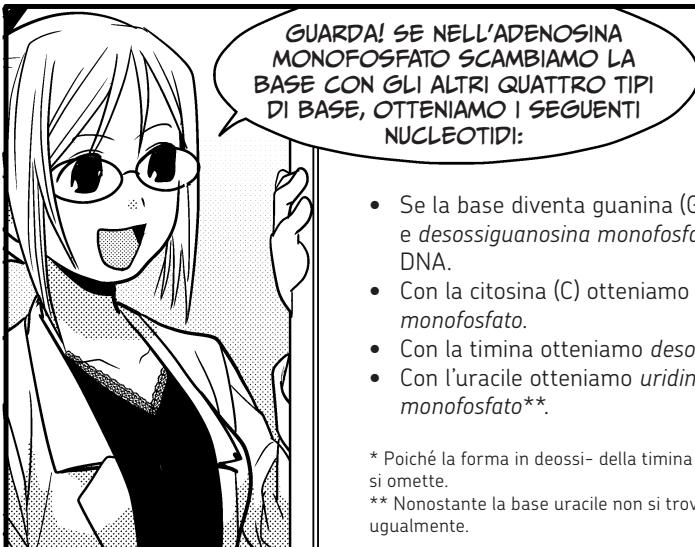
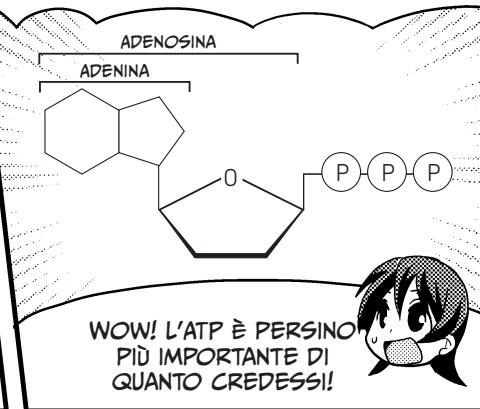
PER IL DNA, SI USA IL DEOSSIRIBOSIO COME ZUCCHERO PENTOSO, E PER L'RNA IL RIBOSIO.



PER ORA RICORDA SOLO CHE NEL DNA SI USA IL DEOSSIRIBOSIO E NELL'RNA IL RIBOSIO. PIÙ TARDI ANDREMO NELLO SPECIFICO.

TRA L'ALTRO, L'ADENOSINA TRIFOSFATO HA UNA STRUTTURA SIMILE, MA CON TRE FOSFATI.

ESATTO! L'ATP NON È SOLO LA MONETA CORRENTE DELL'ENERGIA, MA È ANCHE UN MATTONE PER LA COSTRUZIONE DELL'RNA.



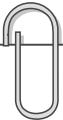
* Poiché la forma in deossi- della timina è la più prevalente, il prefisso *deossi-* di solito si omette.

** Nonostante la base uracile non si trovi solitamente nel DNA, la deossiuridina esiste ugualmente.

CAPITO! CI SONO DUE TIPI DI ZUCCHERI PENTOSI E CINQUE TIPI DI BASI. SE CAMBIA LA BASE CAMBIA ANCHE IL NUCLEOTIDE, GIUSTO? È LO STESSO CON UDON E SOBA***!



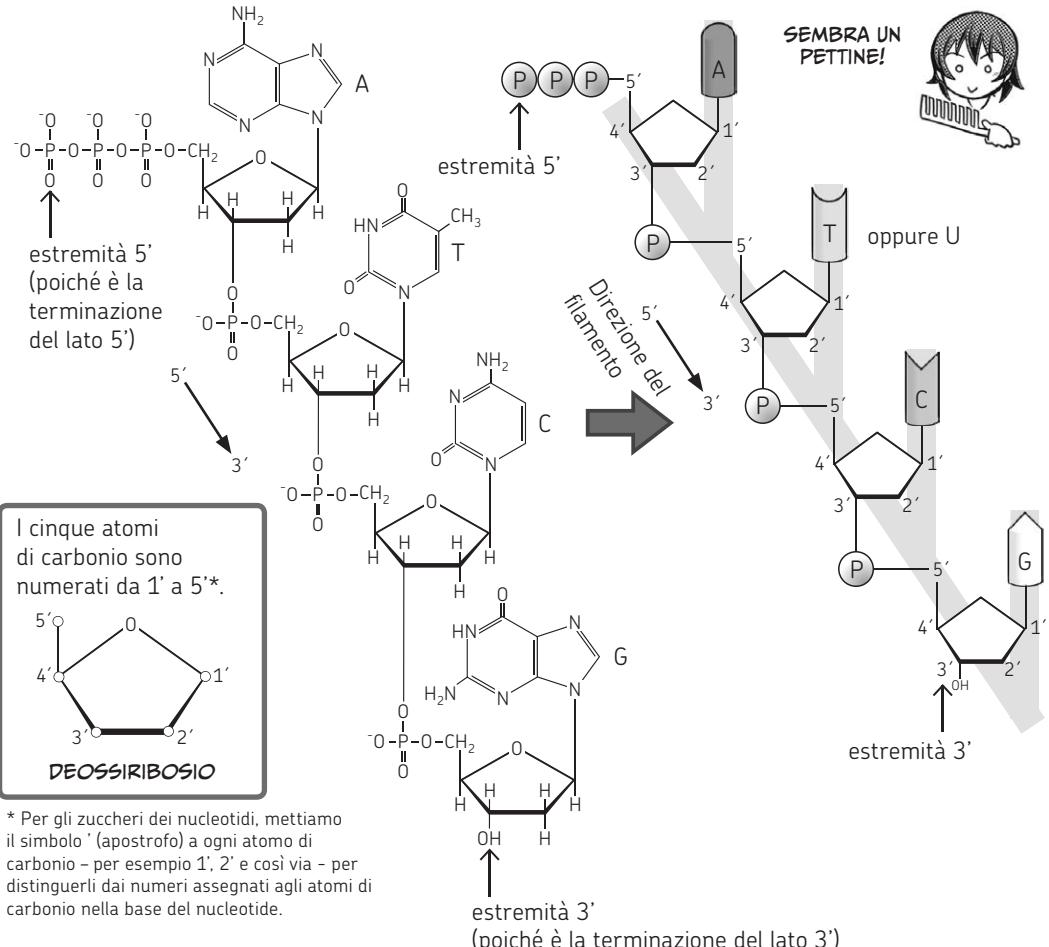
*** UDON: ZUPPA DI SPAGHETTI IN BRODO; SOBA: PASTA DI GRANO;
**** SHICHIMI: MISCELA DI SPEZIE.



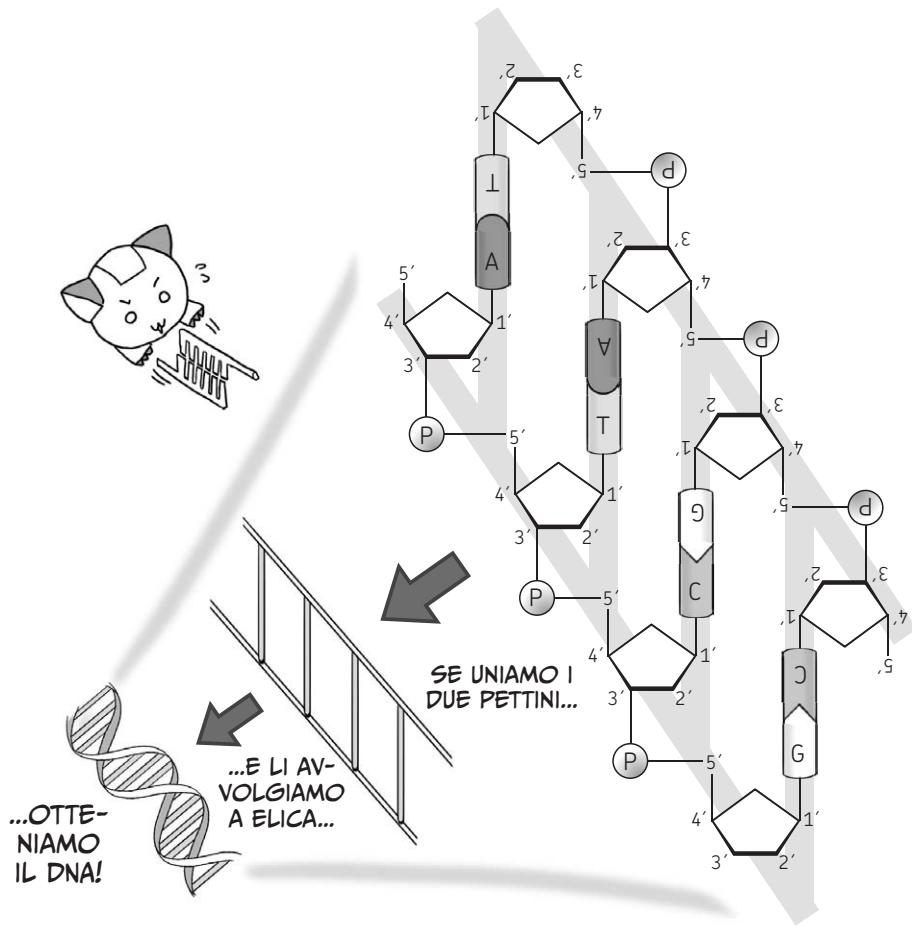
COMPLEMENTARITÀ DELLE BASI E STRUTTURA DEL DNA



Un acido nucleico è fatto di nucleotidi disposti su una lunga catena lineare. Gli atomi di carbonio che si trovano in posizione 3' e 5' di ciascuno zucchero pentoso legano un fosfato, che funge da ponte tra un nucleotide e quello successivo. Questo complesso si chiama **polinucleotide**.



Le basi creano delle forme che sporgono da un lato del polinucleotide come i denti di un pettine. Nel DNA due filamenti di polinucleotidi si legano attraverso queste basi per formare un doppio filamento, che si organizza in una struttura a doppia elica.



Ah! Le parti a dente-di-pettine si attaccano e diventano i pioli della scala!

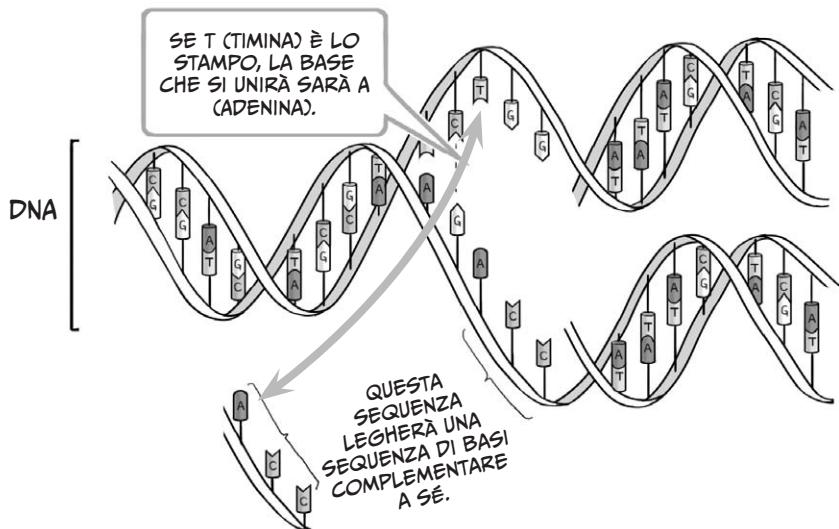


Giusto. In altre parole, una "coppia" si forma grazie ai legami a idrogeno che si stabiliscono tra due basi appaiate e così i polinucleotidi formano un doppio filamento. Gli accoppiamenti sono sempre fissi: A si accoppia con T (con due legami a idrogeno) e G si accoppia con C (con tre legami a idrogeno).





Da questa configurazione si originano due filamenti appaiati e *complementari*. Grazie a questa complementarietà, il DNA può essere *replicato*: in altre parole i due filamenti della doppia elica possono essere separati, e ciascun filamento fungerà da *stampo* per costruire nuovi filamenti. Il risultato di questa replicazione saranno due molecole di DNA con la stessa successione di basi.



Uno stampo è come una formina di quelle che usi per fare dolci.



Capito! Se abbiamo uno stampo, allora sono facili da replicare. Se conosci la sequenza del filamento che fa da stampo, conoscerai la sequenza del nuovo filamento che usa quello stampo come formina!



Esatto. La differenza più grande tra DNA e altri biopolimeri (proteine, polisaccaridi e lipidi) è questa capacità di replicarsi facilmente.



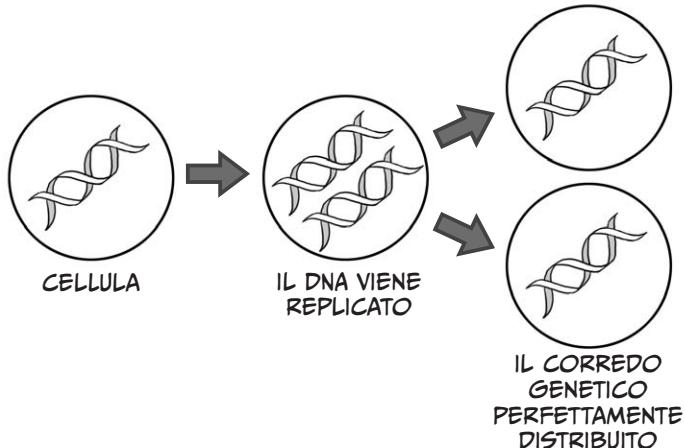
REPLICAZIONE DEL DNA E L'ENZIMA DNA POLIMERASI



Capite perché il DNA viene replicato? Visto che contiene i nostri geni, dev'essere replicato ogni volta che le cellule si dividono e si moltiplicano.

I geni sono trasmessi da genitori a figli, e anche da cellula a cellula.

Quando una cellula si divide, le due nuove cellule devono ereditare gli stessi geni, quindi il DNA deve replicarsi prima della divisione cellulare.



Ma... è fantastico!



Il primo a isolare un enzima coinvolto nella replicazione del DNA (che si chiama DNA polimerasi I) fu il biochimico americano Arthur Kornberg (1918-2007).



La DNA polimerasi I è l'enzima che abbiamo usato quando abbiamo studiato V_{max} e K_M , ricordi?



Sì! Sarebbe quello l'enzima che replica il DNA?



Arthur Kornberg



Nel 1956, Kornberg estrasse un enzima attivo usato per la sintesi del DNA da un liquido in cui aveva polverizzato *Escherichia coli* (*E. coli*), un batterio normalmente presente nel nostro intestino. Quest'enzima poteva essere usato per sintetizzare sperimentalmente il DNA in provetta, il che all'epoca fece grande scalpore.

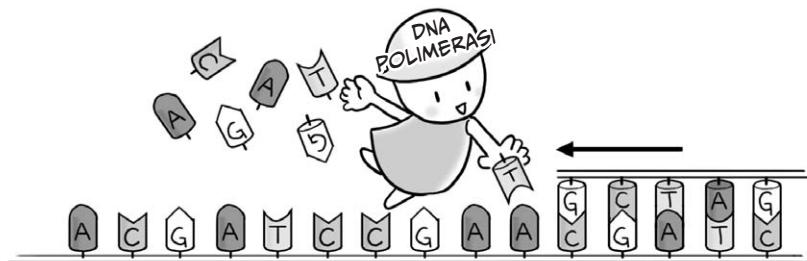


Quella scoperta fu veramente molto importante.



Lo fu davvero! Kornberg, infatti, ricevette il premio Nobel per la Medicina nel 1959.

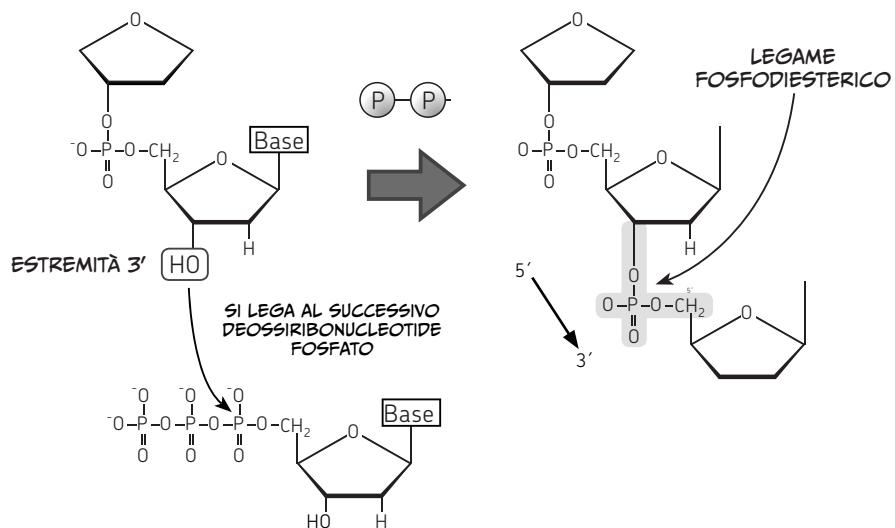
La DNA polimerasi I è nota ufficialmente come "DNA polimerasi DNA-dipendente". Il nome indica che l'enzima DNA polimerasi ha bisogno della presenza di una molecola stampo di DNA per crearne una nuova.



Capisco. Poiché le coppie sono complementari, la DNA polimerasi I crea la catena facilmente facendo riferimento allo stampo.



La reazione chimica catalizzata dalla DNA polimerasi è mostrata qui.



IN QUESTA REAZIONE È UTILIZZATO COME SUBSTRATO
UN NUCLEOTIDE CON TRE FOSFATI.



In altre parole, la DNA polimerasi I catalizza l'unione del deossiribonucleotide fosfato vicino all'estremità 3' del filamento in formazione (o "nascente") di DNA, e questo legame è detto *legame fosfodiesterico*.



Gli acidi nucleici accoppiati sono legati assieme dal "cupido" DNA polimerasi.



Proprio così! Ah, ah, ah!



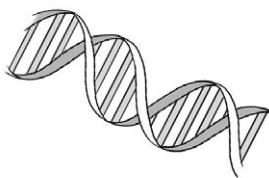
...



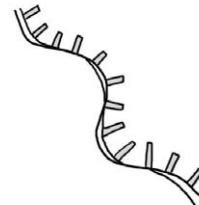
STRUTTURA DELL'RNA



Al contrario, l'RNA esiste di solito come singolo filamento. Quando l'enzima RNA polimerasi lega assieme i ribonucleotidi per formare un nuovo filamento di RNA, in realtà usa anch'esso come stampo il DNA.



DNA



RNA



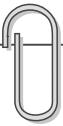
Oh, mi fa venire in mente una cosa... prima ha detto che l'RNA era una molecola estremamente importante, ma non ha poi più detto perché!



Abbi pazienza, Kumi, ci arriviamo presto (a pagina 220, per l'esattezza).



Okay!



Diversamente dal DNA, l'RNA di solito si degrada poco dopo essere stato prodotto. Kumi, ricordi cosa abbiamo detto circa il deossiribosio?

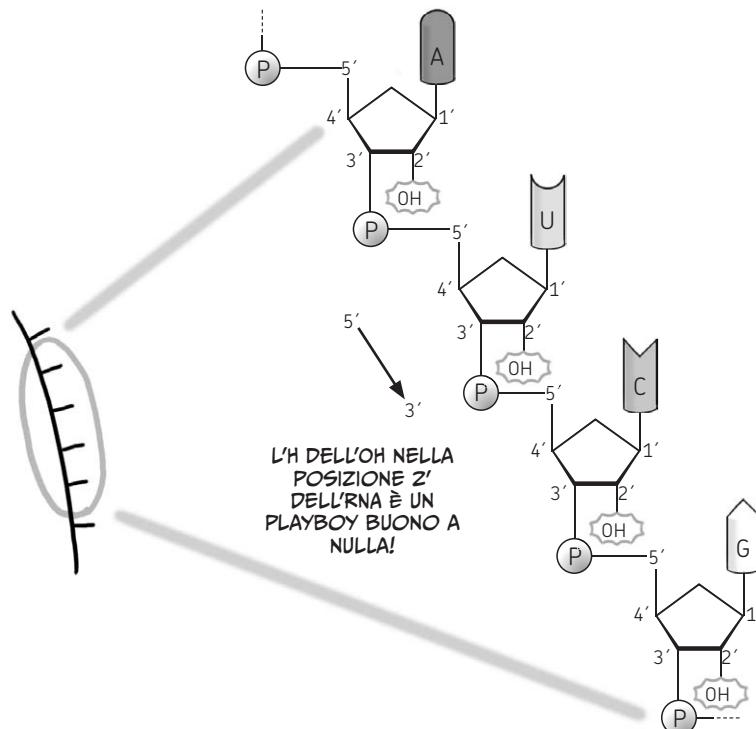


È lo zucchero pentoso che si trova nel DNA, ma non nell'RNA, giusto?!



Giusto! Nell'RNA, come puoi vedere nella figura sotto, un gruppo idrossilico (2'-OH) e un H (non mostrato) si legano all'atomo di carbonio nella posizione 2' di ogni molecola di ribosio. Nel DNA si legano solo due idrogeni, da cui il nome *deossiribosio* (*senza un gruppo idrossilico*).

Questo gruppo idrossilico che si trova nell'RNA è in realtà un piantagrane: potremmo addirittura considerare il suo H come un playboy biochimico.



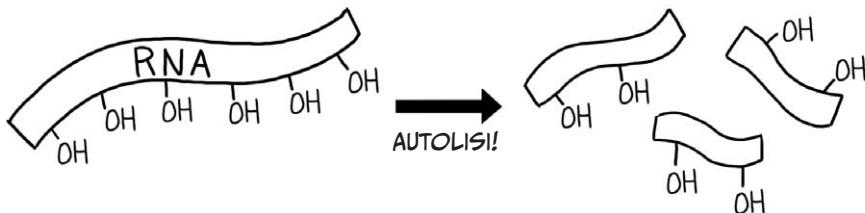
Eh?! Che cretino!



(Io, invece, sarei sempre fedele...)



A causa di questo gruppo idrossilico, l'RNA va incontro ad *autolisi* (una degradazione auto-inflitta), a causa di un fenomeno noto come *catalisi*.



Se pensi all'O e all'H del gruppo idrossilico come a una coppia, l'H è il "playboy" che viene tentato dalle basi che esistono nei dintorni dell'RNA.

È importante notare che non si tratta delle basi A, U, C e G di cui parlavamo prima. In questo contesto, una base è qualsiasi sostanza che può accettare un protone (H^+), come per esempio lo ione idrossido (OH^-). Possiamo pensare alle basi come gli opposti degli acidi, chimicamente, perché si neutralizzano a vicenda.



Quindi il protone (H^+) del 2'-OH è estratto da una base?



Proprio così. Poi l'ossigeno rimasto solo se ne va alla ricerca di un nuovo partner con cui accoppiarsi*.



In realtà, dopo l'estrazione del protone, l'ossigeno (O^-), acquisterà carica negativa, e si legherà con il fosfato (P) che si trova in 3' e che unisce con legame fosfodiesterico i due ribonucleotidi vicini.

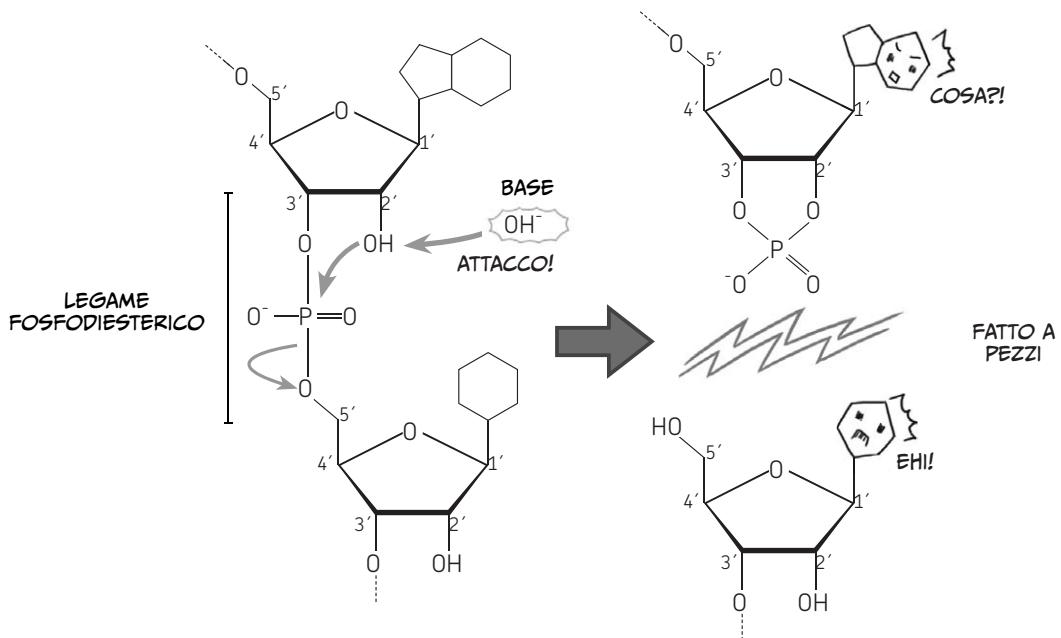
* In realtà si tratta più di una coppia aperta: l'O, farfallone, usa uno dei suoi due doppietti di elettroni non condivisi per attaccare il fosfato in 3' e l'H se ne va attratto da basi presenti nei dintorni!



Di conseguenza, il legame fosfodiesterico si rompe, e la catena di RNA si spezza.



Una situazione un po' indecente...



Poiché l'RNA subisce spesso questo tipo di autolisi, viene considerato "instabile" e non è molto adatto a immagazzinare informazioni genetiche. Il DNA è di gran lunga più stabile dell'RNA perché non contiene i 2'-OH. Di conseguenza, l'affidabile DNA è la scelta migliore per i nostri scopi. All'RNA viene affidato un ruolo diverso, ma sempre importante.



Andiamo a scoprire questo ruolo.

2. Acido nucleico e geni

IL DNA È IL LINGUAGGIO DEI GENI

SI DICE CHE I FIGLI ASSOMIGLINO AI GENITORI A CAUSA DEI GENI.

PAPÀ
MAMMA
IO
ASSOMIGLIO
AI MIEI?

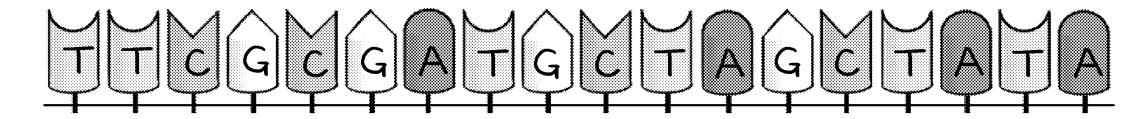
MI SA PROPRIO
DI SÌ!

I GENI SONO IL "CODICE" CHE GUIDA LA CREAZIONE DI RNA E PROTEINE. RISIEDONO NEL DNA.

I GENI SONO NEL DNA.

IL DNA SI FORMA ALLINEANDO LE BASI TRA LORO, GIUSTO? BE', QUESTA DISPOSIZIONE DI BASI IN REALTÀ È IMPORTANTISSIMA.

È IMPORTANTE PERCHÉ LA SUCCESSIONE STESSA DELLE BASI È IL CODICE DELLE PROTEINE (O CODICE GENETICO)!



IN ALTRE PAROLE, UN GENE È SOLO UNA SUCCESSIONE DI BASI IN UNA DETERMINATA SEZIONE DEL DNA.

QUESTA SUCCESSIONE DI BASI SI CHIAMA SEQUENZA DI BASI*.

WOW!



NELL'UOMO...

DNA

GENE

GENE

GENE

...SOLO L'1,5% DEL DNA DI UNA CELLULA FUNZiona DA CODICE PER LE PROTEINE**.

SOLO
L'1,5%?! MA È ASSURDO!



IL RESTANTE 98,5% CONTIENE ELEMENTI CHE REGOLANO LA FUNZIONE DEI GENI, OLTRE A UNA PICCOLA PARTE FATTA DI INTRON***.

CI SONO ANCHE MOLTE PARTI CHE SI CREDEREBBERO STATE TRASFERITE NEL NOSTRO DNA PER QUALCHE RAGIONE NEL CORSO DELL'EVOLUZIONE.

QUINDI, RESTANO MOLTI MISTERI DA RISOLVERE, EH?

A TUTTOGGI, CI SONO MOLTE SEQUENZE DI DNA CHE NON COMPRENDIAMO AFFATTO.

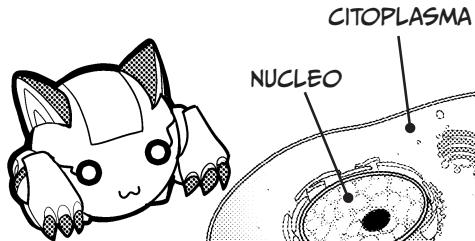


* IN QUESTO LIBRO, DIREMO GENERICAMENTE CHE I GENI SONO "SCRITTI" (SOTTO FORMA DI SEQUENZA) NEL DNA.

** IN REALTÀ È LA PARTE COSTITUITA DAGLI ESONI DEI GENI CHE RAPPRESENTA L'1,5% DEL TOTALE (VEDI PAGINA 227).

*** ESAMINEREMO MEGLIO INTRONI ED ESONI A PAGINA 227.

L'RNA HA MOLTI COMPITI



CITOPLASMA

NUCLEO

IL DNA AGISCE QUINDI DA CODICE PER LE PROTEINE E SI TROVA NEL NUCLEO DI UNA CELLULA.

IN REALTA SI TROVA INTRAPPOLATO LÌ E NON PUÒ MAI FUGGIRE NEL CITOPLASMA!*

*I CLOROPLASTI (NELLE CELLULE FOTOSINTETICHE) E I MITOCONDRI CHE NUOTANO NEL CITOPLASMA CONTENGONO UN PROPRIO DNA SPECIFICO.

KUMI, TI RICORDI DEI RIBOSOMI, CHE SINTETIZZANO LE PROTEINE?

UUUHHH

EH EH
EH

TEST A SORPRESA!

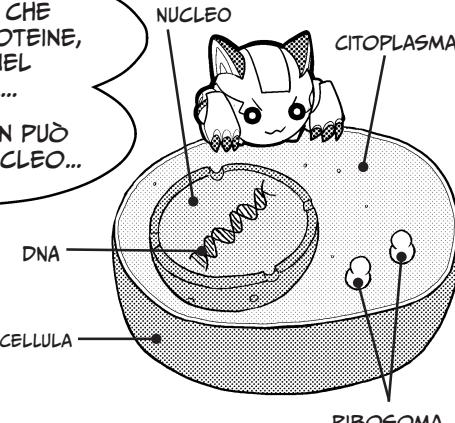
ANCHE SE DA LONTANO SEMBRANO GRANELLI DI SALE, SE GUARDIAMO DA VICINO ASSOMIGLIANO DI PIÙ A DEI PUPAZZI DI NEVE MESSI A TESTA IN GIÙ.

(VEDI PAGINA 27)

SONO ATTACCATI AL RETICOLO ENDOPLASMATICO O NUOTANO NEL CITOPLASMA.

SÌ! I RIBOSOMI, CHE SINTETIZZANO PROTEINE, SI TROVANO NEL CITOPLASMA...

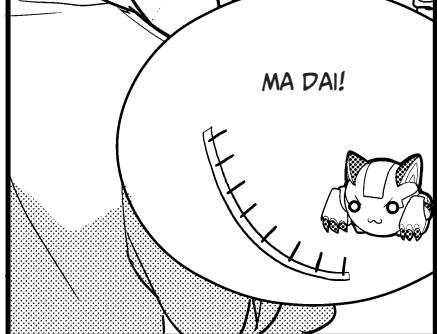
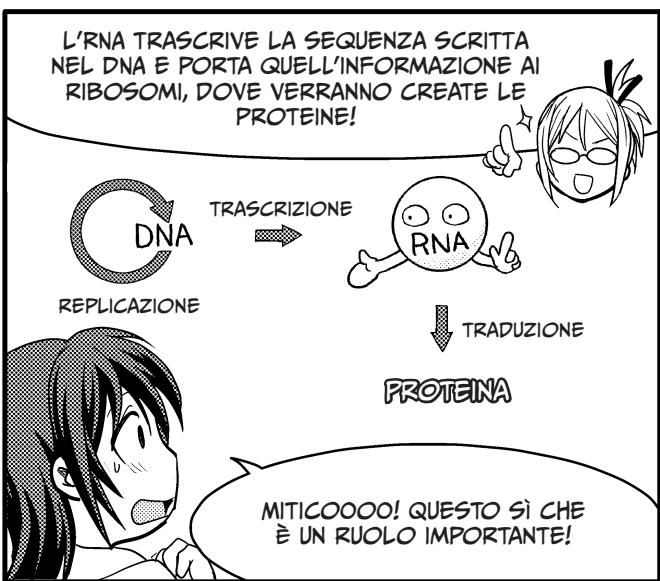
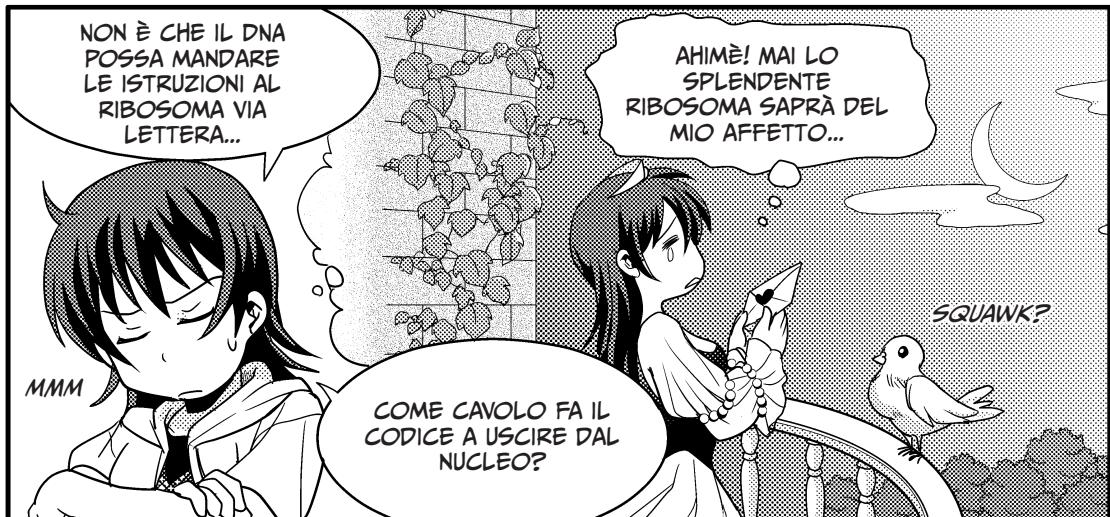
MA IL DNA NON PUÒ USCIRE DAL NUCLEO...



OH NO!

DOBBIAMO METTERE ASSIEME QUESTI DUE!

か

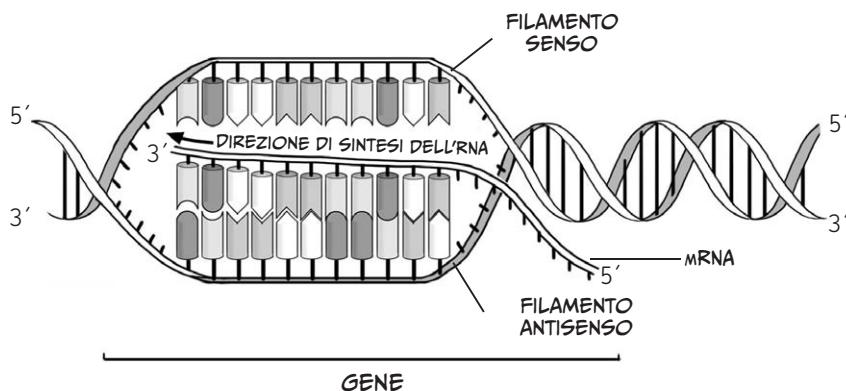




L'enzima noto come RNA polimerasi permette ai geni contenuti nel DNA – ovvero alle loro sequenze di basi – di essere usati come codice, per sintetizzare RNA con sequenze di basi complementari.

Questo processo si chiama *trascrizione* (viene anche chiamato sintesi di RNA) e l'RNA sintetizzato si chiama *RNA messaggero (mRNA)*.

Per esempio, guarda il gene della figura sotto.



Il DNA è a doppio filamento e, per ciascun gene, c'è solo un lato del DNA che è significativo (è la sua sequenza di basi che diventa il codice). Questo sarebbe il *filamento senso*. L'altro filamento, complementare al parallelo, si chiama *filamento antisenso*.



Mi sembra... logico.

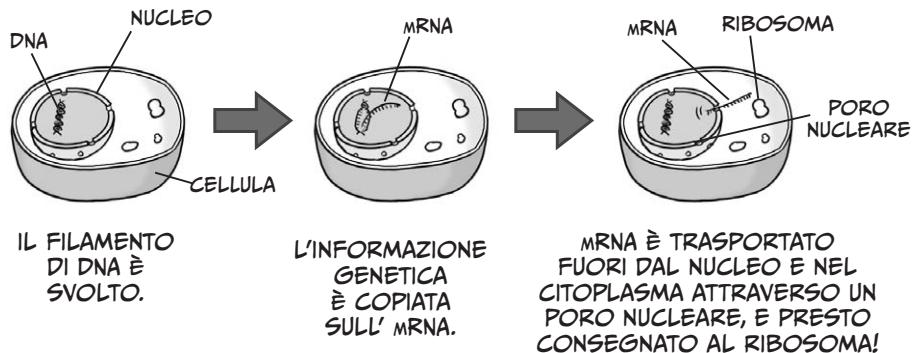


Poiché l'mRNA è sintetizzato usando l'antiseno come stampo, la sequenza di basi dell'RNA prodotto sarà la stessa di quella del filamento senso.

Però, quando la base nel filamento parallelo è T (Timina), nell'mRNA ci sarà una U (Uracile).



L'mRNA sintetizzato si chiama *pre-mRNA*. Subisce una serie di reazioni chimiche e altre trasformazioni* per diventare mRNA maturo, che viene in seguito trasportato dal nucleo al citoplasma e presto condotto al ribosoma.



Capisci quindi perché lo chiamiamo "messaggero": trasporta informazioni vitali al di fuori della roccaforte del nucleo.

* Queste trasformazioni includono lo *splicing*, che rimuove gli introni e l'aggiunta di un "cappello" all'estremità 5' e di una coda di poli-A (poli-adenine) all'estremità 3'.



RRNA E tRNA



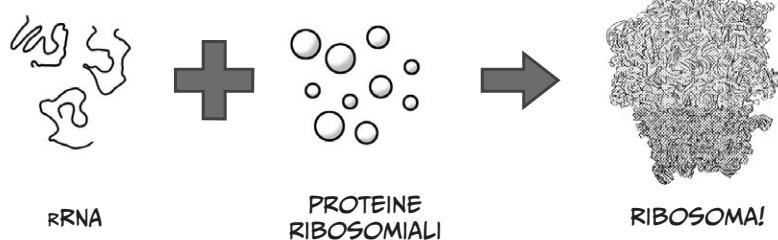
Un ribosoma è come una grande fabbrica di proteine, fatta da diversi tipi di RNA chiamati RNA ribosomiali (rRNA) e diverse dozzine di proteine ribosomiali.



Non sono grandi quanto i mitocondri o i cloroplasti, però.



Non saranno così grandi, ma i ribosomi sono notevoli!





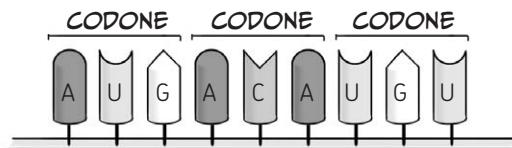
Un altro tipo di RNA, che trasporta amminoacidi, si chiama *RNA transfer* (*tRNA*). Il tRNA accoppia le sequenze di basi dell'mRNA appena arrivato con gli amminoacidi necessari a costruire le proteine codificate.



Dovrebbe risultare ovvio da dove l'RNA transfer prende il nome: **trasferisce** amminoacidi.

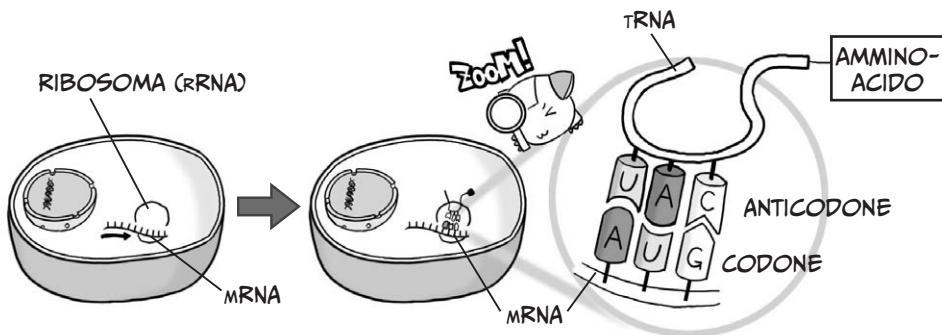


La sequenza delle basi sull'mRNA è il codice per una sequenza di amminoacidi. Più precisamente, una sequenza di tre basi forma il codice per un amminoacido. questa sequenza di tre basi si chiama *codone*.



Ci sono molecole di tRNA uniche per ciascun codone. In altre parole, solo un tRNA che ha la giusta sequenza di basi – chiamata *anticodone* – cioè complementare al codone dell'mRNA, può aderire al sito del ribosoma*.

Il ruolo dell'rRNA è di unire in una lunga catena gli amminoacidi trasportati tramite il tRNA. Gli amminoacidi sono legati in successione l'uno all'altro seguendo la sequenza di basi dell'mRNA (ovvero la sequenza dei codoni) per creare proteine secondo la sequenza di basi (i geni, ovvero il “codice”) del DNA originale.

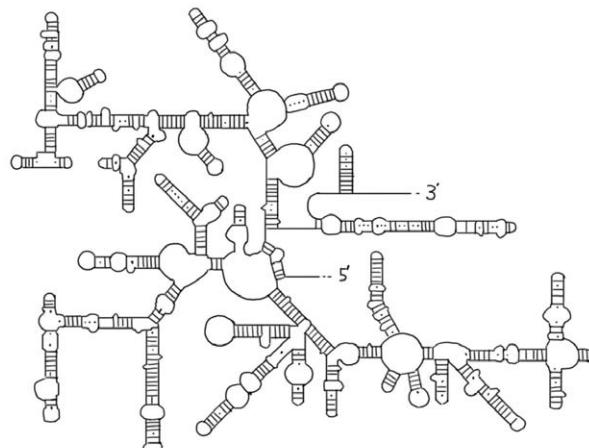


Quindi, in altre parole, l'informazione genetica è trasferita così: DNA → RNA → Proteina.

* Il codone determina anche il tipo di amminoacido trasportato.



Ecco un singolo rRNA:



Uh? Sembra un labirinto.



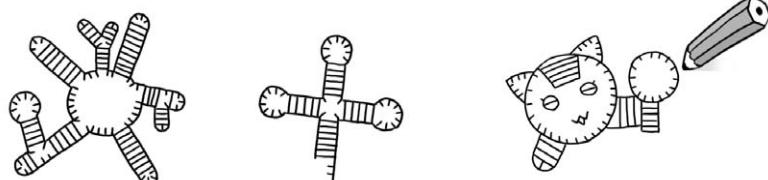
Se guardi con attenzione, noterai che si tratta di **un solo filamento di RNA ripiegato in maniera complessa**. Gli estremi sono 3' e 5'.



Oh! Ha ragione!



Quando un filamento di RNA si piega, le sue basi si accoppiano tra loro: nell'immagine sopra, questi accoppiamenti sono rappresentati da linee trasversali, o "pioli di scala". L'accoppiamento di basi all'interno dello stesso filamento è una caratteristica dell'RNA che non troviamo nel DNA: **può ripiegarsi in svariate forme a seconda delle differenze nelle sequenze di basi genetiche**.



Wow, fantastico! Sembrano piccoli disegni tratteggiati.



RIBOZIMI



Per riassumere, l'RNA si degrada rapidamente, ma può fare cose che il DNA non riesce a fare. L'RNA esiste sia nel nucleo che nel citoplasma e può assumere varie forme a seconda della sequenza di basi.



È una molecola molto flessibile, no?



Decisamente. I ricercatori che studiano l'RNA credono già da molto tempo che abbia altri compiti importanti oltre a quello di copiare geni e interagire coi ribosomi.

I *ribozimi*, che nei primi anni ottanta furono scoperti indipendentemente dal microbiologo americano Thomas Cech e dal biologo molecolare canadese Sidney Altman, anticiparono i futuri sviluppi nello studio dell'RNA. Poco fa hai imparato che uno degli importanti compiti delle proteine è il loro lavoro di enzimi (vedi pagina 153), ma Cech e Altman scoprirono che anche l'RNA ha la flessibilità necessaria per funzionare come un enzima.



Uh!



Quindi combinarono assieme le parole "RNA (acido ribonucleico)" e "enzima" per coniare il termine *ribozima*.





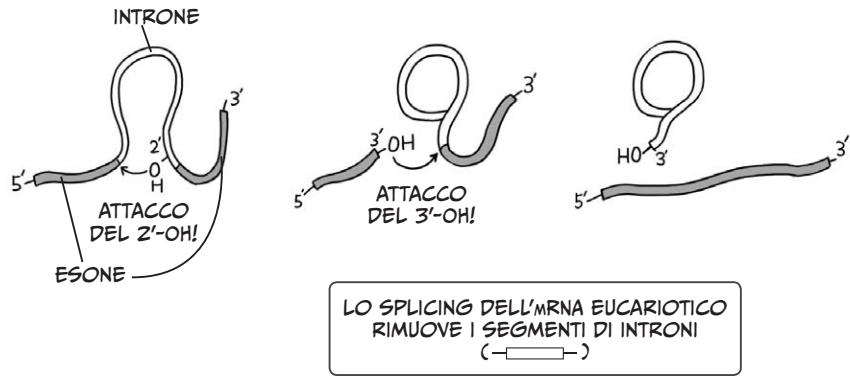
Molti dei ribozimi scoperti o creati artificialmente finora sono coinvolti nella sintesi o nella degradazione di RNA o DNA.

Cech scoprì che anche una parte dell'RNA stesso è in grado di catalizzare la reazione chimica che rimuove i segmenti non codificanti per la proteina specifica (gli introni) e unire tra loro i segmenti codificanti (gli esoni).

Questo fenomeno è definito "autosplicing", ed è piuttosto infrequente: solitamente, infatti, lo splicing* coinvolge un enzima, noto come spliceosoma, cioè un grande complesso costituito da RNA e proteine.



Lo splicing coinvolge diversi gruppi idrossilici (-OH) dell'RNA, come il 2'-OH o il 3'-OH.



Ehi, ha fatto un anello!



La scoperta dei ribozimi ha fatto sì che l'RNA iniziasse a esser visto come una molecola versatile e poliedrica capace di svolgere diversi ruoli e funzioni, e così la ricerca sull'RNA è avanzata rapidamente. All'inizio del ventunesimo secolo, questa ricerca ha dimostrato che l'RNA ha vari altri ruoli e che nelle cellule esistono molte forme diverse di RNA**. Questa ricerca è in pieno sviluppo ora, e le aspettative per il futuro sono alte.

* I geni degli eucarioti (come per l'uomo) sono divisi in diversi esoni da sequenze non codificanti chiamate introni. Gli introni devono essere rimossi dall'mRNA prima della traduzione, tramite una reazione chiamata splicing.

** Un esempio è rappresentato dai microRNA (miRNA), piccoli segmenti di RNA che sono codificati dal DNA eucariotico senza però essere tradotti in proteine, e che regolano la stabilità e la traducibilità di specifici mRNA ai quali si legano in corrispondenza di sequenze complementari.

3. La Biochimica e la Biologia Molecolare



IL LAVORO SPORCO DEL BIOCHIMICO

Di questi tempi – specialmente nelle città – ci sono sempre meno occasioni per esplorare la natura e sporcarsi le mani. In un mondo in cui una cravatta macchiata di maionese è la peggior tragedia possibile. La maggior parte delle persone non immagina neanche cosa voglia dire incamminarsi nella natura selvaggia per scavare davvero nelle meraviglie (spesso sudicie!) del mondo.

Eppure l'uomo, com'è ovvio, è un prodotto della natura. Molto prima del miracoloso avvento dello smacchiatutto o delle salviette igieniche profumate alla pesca, vivevamo come gli altri animali, nei grandi spazi aperti.

Nonostante la biochimica miri ad osservare gli incredibili fenomeni della vita attraverso la lente della scienza, la materia prima di questa ricerca sono gli organismi viventi stessi... prodotti della natura, appunto.

Una volta, duranti gli anni di dottorato, me ne andai in montagna alla ricerca di alcune piante particolarmente ricche delle proteine oggetto delle mie ricerche.

Assieme ad uno studente più giovane, guidai verso alcune alture nei paraggi, e cominciammo a salire lungo una strada piena di fitte e rigogliose piante. Quando non si poté più proseguire in macchina, proseguimmo a piedi alla ricerca della pianta chiamata *Phytolacca americana* (amaranto).

Ripartammo dell'amaranto in laboratorio, lo ripulimmo della terra, e usammo coltelli da cucina e forbici per tagliarlo in piccoli pezzi ed estrarre la proteina che ci interessava.

Eravamo anche soliti visitare una fabbrica di lavorazione della carne per recuperare dalle mucche appena macellate un organo chiamato timo (di solito il timo veniva scartato, quindi a loro non disturbava regalarcelo). Tagliuzzavo l'organo con le forbici e mettevo via i diversi pezzetti nel frigorifero del laboratorio (-80°C), come campioni sperimentali. Tutto questo era necessario per estrarre la proteina di cui mi interessavo (la DNA Polimerasi).

In origine la biochimica si è sviluppata basandosi essenzialmente su metodologie per estrarre (isolare, purificare, etc.) composti chimici da materiale biologico e per analizzarne le proprietà e le funzioni.

La biologia molecolare, invece, è una disciplina che prova a spiegare i fenomeni della vita studiando *macromolecole* come il DNA e le proteine.

In parole povere, se la biologia molecolare ha a che fare semplicemente con DNA o RNA, o se riproduce artificialmente in provetta (si dice “*in vitro*”) un ambiente per la sintesi delle proteine (per esempio usando il batterio *Escherichia coli*), non ha bisogno di utilizzare materiale organico grezzo, in termini di campioni biologici, come piante o il timo di una mucca. I dati ottenuti artificialmente di laboratorio sono, per così dire, “digitali”. Le ricerche di biologia molecolare sono condotte utilizzando attrezzature ad alta tecnologia e strumenti all'avanguardia, e non capita spesso che i biologi molecolari si ritrovino sporchi di fango o di sangue animale...

Di conseguenza, alcuni biochimici descrivono la loro ricerca come “lavoro sporco”, credo sia in senso autoironico.

Eppure, non si può negare che la conoscenza accumulata tramite quel “lavoro sporco” abbia posto le basi della biologia molecolare stessa. Nonostante molti giovani biologi molecolari non abbiano usato neanche una volta materiali biologici “in carne e ossa”, oltre all’*Escherichia coli*, colture cellulari o animali da laboratorio, la biochimica e la biologia molecolare nascono unite e restano legate anche oggi. Bisognerebbe ricordarlo sempre.



LA BIOCHIMICA E LA BIOLOGIA MOLECOLARE AGLI INIZI

Nel 1897, il biochimico tedesco Eduard Buchner fece la rivoluzionaria scoperta che la fermentazione avveniva ancora in un estratto ottenuto da cellule di lievito, contenente proteine di lievito, ma senza alcuna cellula di lievito intatta.

Prima di questa scoperta, si credeva che la reazione chimica chiamata fermentazione, caratteristica degli organismi viventi, non potesse avvenire in assenza di cellule vive. Quest’idea fu invece spazzata via dalla scoperta di Buchner.

A causa di questo, la teoria del vitalismo, secondo la quale i fenomeni vitali sono possibili grazie a una forza caratteristica (lo spirito o energia vitale) degli organismi viventi, scomparve quasi del tutto e si gettarono le fondamenta per la ricerca sulle reazioni chimiche che avvengono fisiologicamente negli organismi viventi riproducendole in provetta, cioè *in vitro*. In altre parole, nasceva la biochimica.

Poiché Buchner aveva dimostrato che non c’era bisogno della presenza di un organismo vivente, non sembra esagerato dire che questa scoperta spalancò le porte all’avvento della biologia molecolare.

Con il progressivo accumularsi di conoscenze sulla chimica della vita, divenne evidente che le fondamenta della vita stessa risiedevano in alcuni meccanismi comuni a tutti gli organismi viventi. Tra questi, per esempio, appaiono fondamentali il ruolo del DNA come codice genetico universale, la validità generale del dogma centrale (DNA-RNA-Proteine) e del fatto che proteine simili in organismi diversi svolgono spesso gli stessi compiti.

Poiché questi meccanismi sono universali, ovvero comuni a tutti gli organismi viventi, divenne importante sviluppare metodologie e tecniche per studiare i geni a livello di DNA, per comprendere meglio le funzioni delle proteine.



LO SVILUPPO DELLE TECNICHE DI RICOMBINAZIONE DEL DNA

Nel 1972, il biologo molecolare americano Paul Berg riuscì per primo al mondo a compiere esperimenti di ricombinazione del DNA, manipolandolo in provetta e creando una sequenza genetica che non esisteva nel mondo reale.

Un facile metodo per determinare la sequenza di basi del DNA (sequenziamento) venne sviluppato dal biochimico inglese Frederick Sanger nel 1977, e il biologo molecolare americano Kary Mullis sviluppò nel 1985 un metodo per replicare (o *amplificare*) il DNA. A seguito di queste scoperte, le tecniche sperimentali di ricombinazione del DNA avanzarono rapidamente.

Le tecniche di ricombinazione del DNA si svilupparono dopo la definitiva dimostrazione che il DNA rappresenta il materiale genetico (o, in altre parole, che le informazioni a cui si fa

riferimento quando si parla di geni sono scritte in forma di sequenze di basi del DNA). Sulla base di questa fondamentale informazione, i biologi molecolari ipotizzarono che se solo avessero conosciuto le sequenze di basi costituenti i geni e fossero stati in grado di creare un ambiente in cui sintetizzare le proteine a partire da queste stesse sequenze, si sarebbero potuti chiarire i fenomeni della vita, intesa come l'insieme di tutte le reazioni chimiche in cui sono coinvolte le proteine.

Per esempio, se, allo scopo di costruire proteine, vengono introdotti sperimentalmente geni di un altro organismo (una fonte esterna, quindi) in un organismo semplice, facile da manipolare e ben caratterizzato in termini di meccanismi biochimici (come per esempio *Escherichia coli*), è possibile produrre una grande quantità di proteine, senza dover fare mai più altro "lavoro sporco".

Parlando in termini generali, possiamo esprimere questo concetto con l'affermazione: "decodifica le sequenze del DNA e decodificherai la vita!"

La biologia molecolare si è sviluppata con questo obiettivo. La metodologia usata per raggiungere questo scopo è basata sulle tecniche di ricombinazione del DNA.



RITORNANDO ALLA BIOCHIMICA

Dopo il completamento del Progetto Genoma Umano (un progetto cooperativo internazionale di ricerca che mirava al sequenziamento di tutta l'informazione genetica contenuta nel DNA dell'uomo) nel 2003, i ricercatori hanno spostato l'attenzione dal DNA di nuovo alle proteine e all'RNA.

Questo segnò l'inizio dell'era *post-genomica*, o era *post-sequenziamento del genoma*.

Per quanto il DNA rubi le luci della ribalta, e per quanto si sviluppino le tecniche per manipolarlo, se si guardano i fenomeni della vita come una serie di "reazioni chimiche", allora gli unici al lavoro sono le proteine e l'RNA.

Questo perché, anche conoscendo tutte le sequenze di basi del DNA umano (cioè l'intero genoma), questi dati possono avere scarso significato se non si comprendono i ruoli delle proteine e degli RNA prodotti a partire dal DNA.

Attualmente, poiché sono note le sequenze di amminoacidi di molte proteine e in molti casi conosciamo anche la loro funzione, siamo in grado di predire con un certo grado di precisione il ruolo svolto da proteine sconosciute sulla base della sola sequenza amminoacidica.

Tuttavia, il ruolo delle proteine sconosciute deve essere verificato mediante studi biochimici. Sebbene le tecniche di biologia molecolare (come per esempio le tecniche del DNA ricombinante) si possano usare per studiare l'attività delle proteine e chiarirne il ruolo, resta irrisolto il punto chiave, cioè capire con certezza se queste proteine effettivamente svolgono la funzione ipotizzata all'interno di un sistema presente in natura, cellulare o biologico complesso (animale o pianta). Per usare un'espressione idiomatica, si rischia di "guardare l'albero e non vedere il bosco". Pertanto, nell'ambito della ricerca biologica, la biochimica rimane una disciplina accademica importante e assolutamente necessaria.



L'ORIGINE DELLA CELLULA

Conoscerai senz'altro l'espressione "origine della vita". In questa occasione non vogliamo affrontare l'ostica domanda "che cos'è davvero la vita?". Piuttosto, ci interessano i primi organismi viventi o, in altre parole, "l'origine delle cellule".

Come si sono originate, dunque, le cellule sulla Terra?

Ormai, avrai capito che la cellula è il luogo in cui si svolgono molte reazioni chimiche vitali per gli organismi viventi e che le cellule si possono dividere e moltiplicare. Queste sono le due maggiori proprietà della vita.

L'insieme delle trasformazioni chimiche che avvengono dentro le cellule, unito alle complesse reti di reazioni che si estendono attraverso cellule appartenenti a organi o tessuti diversi di uno stesso organismo, costituisce il cosiddetto *metabolismo*.

Le cellule devono continuamente realizzare il processo del metabolismo per produrre l'energia necessaria a mantenere la loro organizzazione e per riprodursi.

Oltre al metabolismo, la riproduzione, anche definita *auto-replicazione*, è una fondamentale caratteristica degli organismi viventi. Gli organismi unicellulari, in molti casi, semplicemente replicano il loro contenuto cellulare e si dividono in due: questo processo è chiamato *scissione binaria*. Per gli organismi multicellulari, la riproduzione è più complessa e coinvolge speciali cellule riproduttive che danno inizio allo sviluppo della prole.

Anche se il modo in cui le cellule replicano se stesse può essere chiamato auto-riproduzione, l'espressione è un po' impacciata. D'ora in avanti la indicheremo semplicemente col buon vecchio termine "riproduzione".

Le cellule sostengono sia il metabolismo che la riproduzione, due funzioni estremamente importanti e fondamentali quando consideriamo l'origine della vita. Ma, cosa è venuto prima, il metabolismo o la riproduzione?

Questa è una delle domande più difficili che gli scienziati che conducono ricerche sulle origini della vita devono affrontare. Quando l'"astuccio avvolto in una membrana" (la cellula) si originò, che cosa succedeva lì, dentro a quelle mura? Alcuni studiosi pensano che l'"astuccio" all'inizio sostenesse esclusivamente il metabolismo, grazie al fatto che molte molecole diverse si erano raccolte al suo interno. Solo successivamente, l'"astuccio" avrebbe assorbito molecole capaci di indurre la riproduzione, così da rendere l'intero sistema capace di dividersi e moltiplicarsi. Questa teoria è chiamata "*prima il metabolismo*".

Altri studiosi pensano invece che l'"astuccio" originario contenesse dall'inizio molecole capaci di autoreplicarsi e fosse in grado di dividersi. Solo successivamente acquisì la capacità di compiere il metabolismo, e infine sviluppò un metodo di riproduzione più efficace, fino ad evolvere in cellula. Questa idea è conosciuta come "*prima la replicazione*".

Molti altri studiosi ritengono che chiedere "cosa viene prima" non abbia molto senso: non è possibile pensare di separare i due processi ed è più giusto ritenere che metabolismo e riproduzione si siano evoluti assieme in maniera cooperativa.

In ogni caso, il processo biochimico del metabolismo è un fenomeno presente su amplissima scala.

4. Condurre esperimenti biochimici

Si è detto a pagina 230 che le funzioni delle proteine possono essere verificate usando tecniche biochimiche, ma che tipo di esperimenti conducono i biochimici?

Ci sono varie metodologie sperimentali che si possono utilizzare in relazione ai diversi ambiti di ricerca, e non tutti verranno presentati qui. Introdurrò piuttosto alcune metodologie sperimentali normalmente utilizzate.

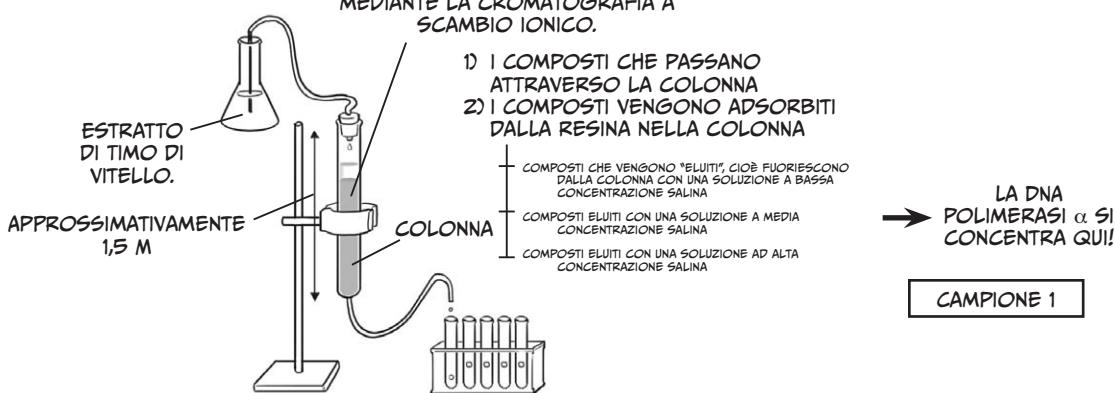
LA CROMATOGRAFIA SU COLONNA

la *cromatografia su colonna* è un metodo sperimentale per separare da un miscuglio di sostanze quelle che hanno la stessa proprietà. Per esempio, possiamo recuperare solo proteine con determinate proprietà dall'estratto grezzo ottenuto passando al frullatore il timo di una mucca. Un lungo e sottile tubo di vetro, o di altro materiale, viene riempito di speciali *resine*, sostanze solide porose dotate di opportune proprietà. Quando un miscuglio viene stratificato su queste colonne di resina, alcune sostanze aderiranno alle resine stesse, rimanendovi intrappolate e permettendoci di raccogliere solo i componenti che non sono stati trattenuti.

Possiamo usare vari tipi di cromatografia, come la cromatografia *a scambio ionico*, la cromatografia *per gel filtrazione* e la cromatografia *di affinità*, in base alle proprietà chimico-fisiche della proteina di nostro interesse e al tipo di resina utilizzata. Per esempio, vedremo ora un metodo per purificare l'enzima DNA polimerasi α dal timo bovino.

Come si vede sotto, le cellule vengono distrutte omogeneizzando il timo di un vitello, e viene usata una soluzione ad alta concentrazione di sali (cloruro di sodio) per estrarre le proteine e altre molecole. Questo estratto grezzo (il liquido nella beuta in figura) viene caricato nel lungo tubo di vetro (chiamato *colonna*) che contiene la resina a scambio ionico. Le proteine si distribuiscono approssimativamente in due gruppi: quelle che restano intrappolate nella colonna e quelle che attraversano, cioè oltrepassano, la resina a scambio ionico.

"FRAZIONA" CIÒ È DIVIDE LE PROTEINE
MEDIANTE LA CROMATOGRAFIA A
SCAMBIO IONICO.



Le sostanze che oltrepassano la resina a scambio ionico sono raccolte in provette; i composti adsorbiti dalla resina vengono invece separati dalla resina e raccolti in provette solo in un secondo momento, tramite l'aggiunta di una soluzione a concentrazione salina più alta. La DNA polimerasi α rimane intrappolata nella colonna e viene recuperata aggiungendo una soluzione con concentrazione salina 0,5 M (moli per litro); in questo modo si ottiene il "campione 1", in cui la DNA polimerasi α è più concentrata.

La figura sotto mostra il metodo di purificazione della DNA polimerasi α da questo "campione 1".



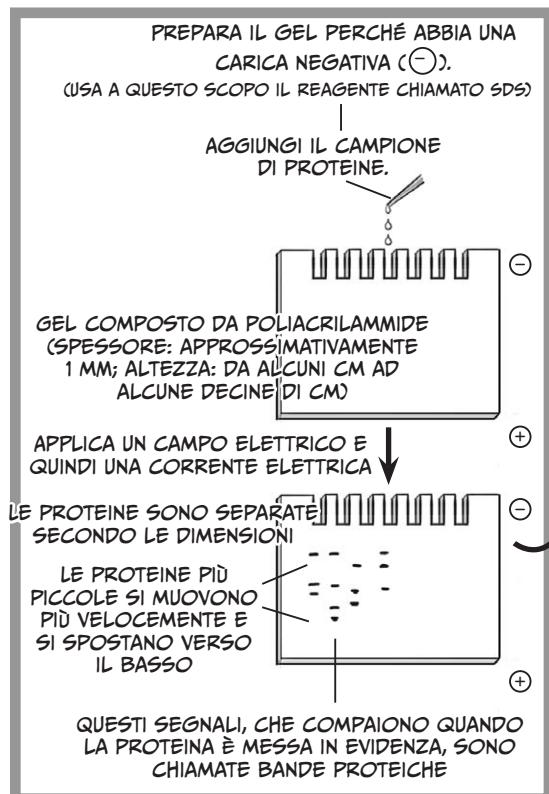
Questa tecnica, chiamata *cromatografia di affinità*, usa un piccolo tubo di vetro riempito con una resina legata chimicamente a un anticorpo (un tipo di proteina prodotta dal sistema immunitario) che può legarsi solo con la DNA polimerasi α . Quando il campione 1 viene fatto passare direttamente attraverso questa resina, viene diviso in due parti: una che si lega all'anticorpo e l'altra che non si lega e quindi fuoriesce dalla colonna. La DNA polimerasi α , che si lega all'anticorpo (e quindi alla resina), può essere recuperata facendo scorrere attraverso la resina una soluzione a concentrazione estremamente alta (3,2 M) di cloruro di magnesio. Poiché la parte che viene recuperata è quasi al 100% DNA polimerasi α , si dice che è stata "purificata".

In questo modo, la DNA polimerasi α può essere purificata efficacemente usando una combinazione di cromatografia a scambio ionico e cromatografia ad affinità.

ELETTROFORESI E WESTERN BLOT

Si tratta di metodi sperimentali usati per isolare una specifica proteina, riconoscere che proteina c'è in un campione, o valutare le dimensioni (il peso molecolare) della proteina studiata. L'*elettroforesi* è un metodo in cui un campione è "caricato" (applicato) sopra un sottile strato gelatinoso (gel) fra due vetri e sottoposto a passaggio di corrente elettrica, per cui il campione si muove attraverso il gel in base alla sua carica. L'*elettroforesi* su gel di poliacrilammide in presenza di SDS (Sodio-Dodecil-Solfato; parte sinistra della figura seguente), che separa le proteine a seconda delle dimensioni molecolari, è usata comunemente. Dopo che le proteine sono state separate, vengono evidenziate facendole reagire con un reagente speciale, come un colorante per proteine o un marcatore fluorescente.

Un *western blot* (lato destro della figura seguente) è un metodo che consiste nel trasferire le proteine contenute nel gel e separate mediante elettroforesi su una sottile membrana, in modo da mantenere la posizioni assunte dopo la separazione, per poi identificare una specifica proteina sulla membrana mediante l'aggiunta di un "anticorpo" che



Elettroforesi su gel di poliacrilamide in SDS



Western blot

reagisce solo con quella proteina. Il *lectin blotting*, che è descritto in seguito, è una applicazione del western blot.

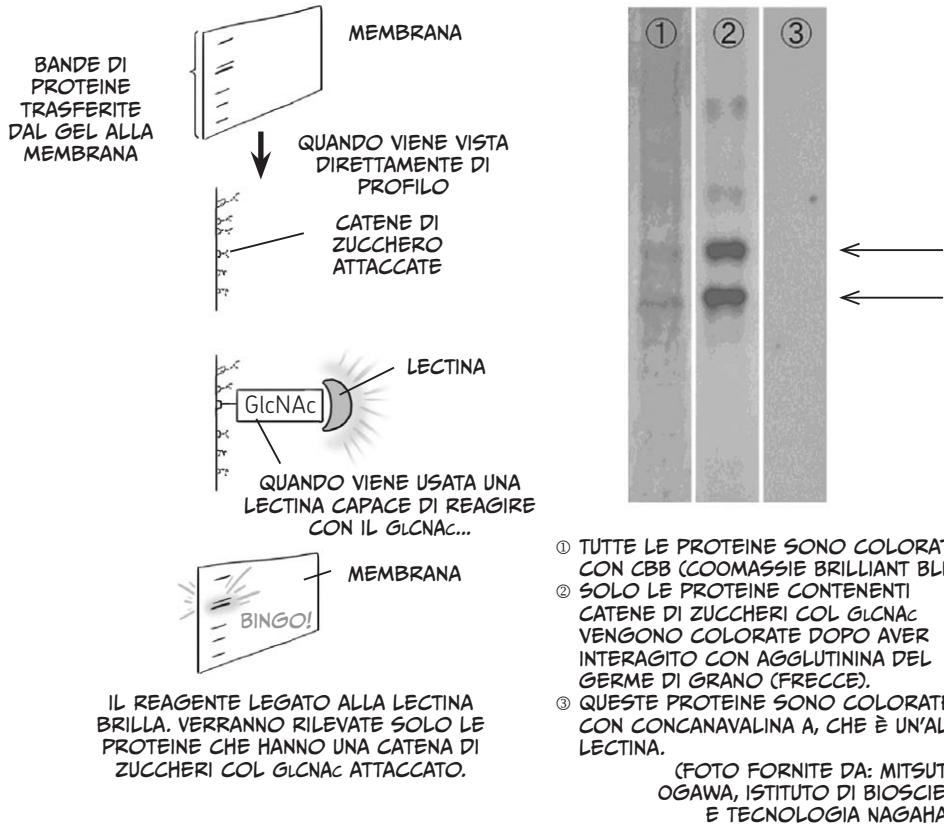
LECTIN BLOTTING

Le lectine sono proteine che possono legarsi specificamente a certe catene di zuccheri.

Poiché si legano in modi differenti a seconda del tipo di catena, le lectine possono essere usate per identificare che tipo di catena di zuccheri è legata a una proteina. Dopo che le proteine sono state trasferite su una membrana si può usare un metodo simile al western blot. Soluzioni di specifiche lectine sono aggiunte al filtro su cui sono state trasferite le proteine, e solo le lectine che reagiscono vengono rilevate. Questo ci permette di identificare i tipi di catene di zuccheri presenti nelle proteine che sono state trasferite sulla membrana. Questo metodo è chiamato *lectin blotting*.

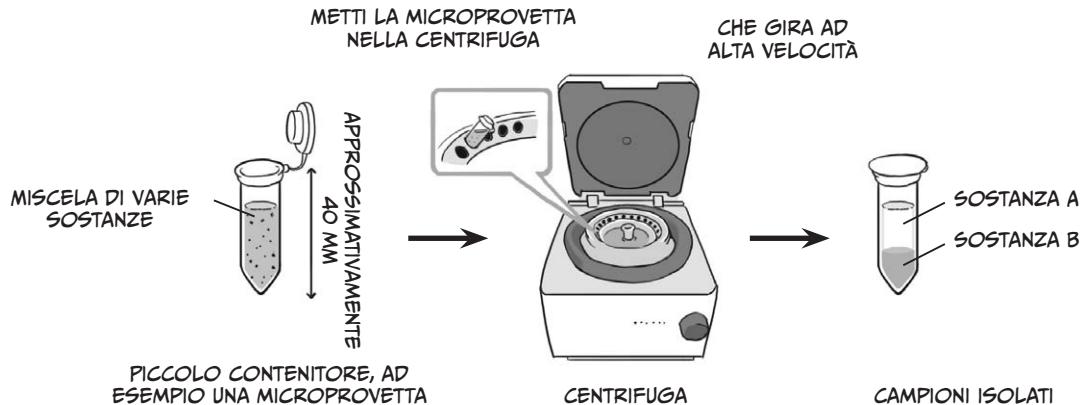
La figura seguente mostra un esperimento nel quale una lectina chiamata agglutinina del germe del grano (WGA) identifica una catena di zuccheri (oligosaccaride) contenente uno specifico zucchero, chiamato *N-acetylglucosamina* (GlcNAc).

In questo lectin blot eseguito su una frazione proteica dell'ovocita di una stella marina, si notano due grandi bande che brillano luminose. La lectina usata qui era la WGA.



CENTRIFUGAZIONE

Come la colonna cromatografica, la centrifugazione è un metodo sperimentale che viene utilizzato per separare gli organelli, le proteine e altre molecole biologiche che hanno la stessa densità da una miscela di sostanze con differenti densità. Il campione da studiare è posto in una provetta che viene fatta ruotare ad altissima velocità attorno all'asse di centrifuga. Per analizzare piccole molecole, come le proteine, si può usare anche l'ultracentrifugazione, che fa ruotare la provetta a decine di migliaia di giri al minuto. In questo modo è possibile isolare il DNA e altri polimeri.



MISURA DELLA REAZIONE DEGLI ENZIMI

Ci sono diversi metodi per misurare l'attività enzimatica, come l'utilizzo di radioisotopi per misurare la quantità di prodotto di reazione ottenuto, oppure il metodo che usa cambiamenti di colore per misurare il prodotto di reazione formato quando un substrato viene modificato da un enzima.

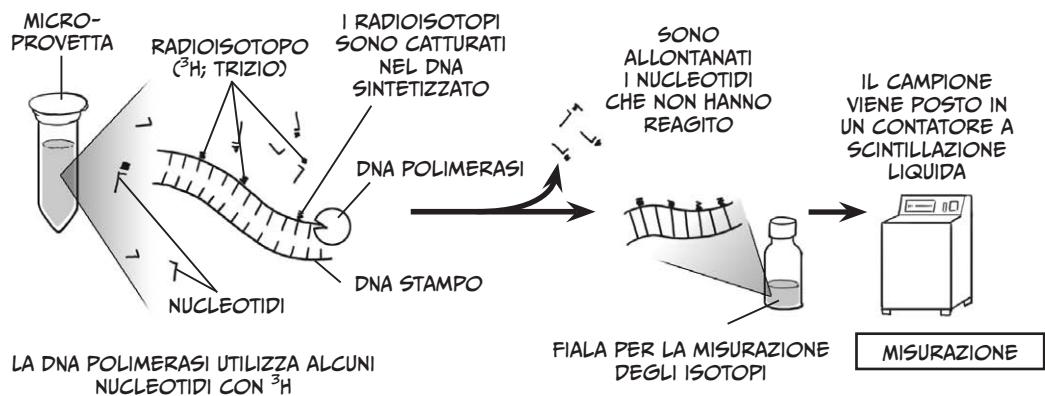
Ora parleremo di un metodo che usa i radioisotopi per misurare l'attività enzimatica della DNA polimerasi e di un metodo che usa una reazione colorimetrica per misurare l'attività enzimatica dell' α -amilasi.

METODO DI MISURA DELL'ATTIVITÀ ENZIMATICA DELLA DNA POLIMERASI

Per prima cosa, mettiamo i seguenti reagenti in una microprovetta: la soluzione di cui dobbiamo misurare l'attività enzimatica (con pH costante e ottimale per fare avvenire la reazione della DNA polimerasi), la DNA polimerasi, il DNA che deve essere duplicato, i nucleotidi che fanno da materia prima per il DNA duplicato e il co-fattore, cioè cloruro di magnesio. Aggiungiamo quindi il nucleotide che contiene il radioisotopo, e lasciamo reagire a 37°C per un intervallo di tempo prefissato.

Trascorso il periodo di tempo stabilito per la reazione, i nucleotidi che contengono il radioisotopo sono stati inseriti stabilmente nelle nuove catene di DNA che sono state sintetizzate dalla DNA polimerasi. I nucleotidi che non hanno reagito vengono rimossi, e le catene di DNA sintetizzato sono poste in una provetta per radioisotopi contenente un liquido particolare, in modo che la radioattività possa essere misurata mediante un dispositivo chiamato *contatore a scintillazione liquida*, che misura i radioisotopi.

Poiché più attività enzimatica significa che più radioisotopi sono stati catturati nel DNA, un alto valore numerico di radioattività indica un'elevata attività enzimatica.

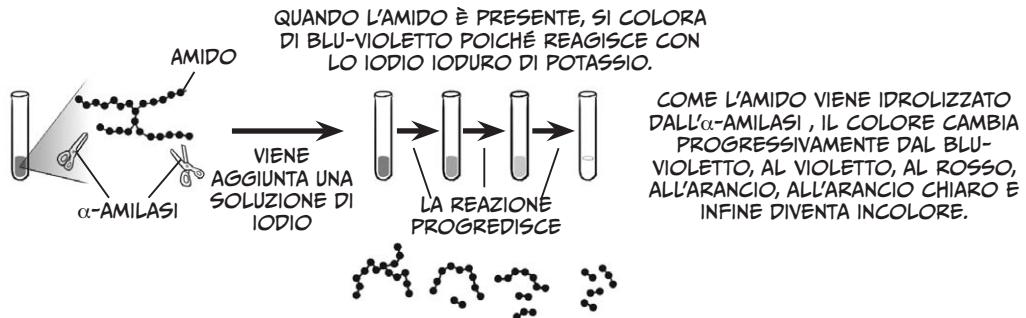


METODO DI MISURA DELL'ATTIVITÀ
DELLA DNA POLIMERASI

METODO DI MISURA DELL'ATTIVITÀ DELL' α -AMILASI

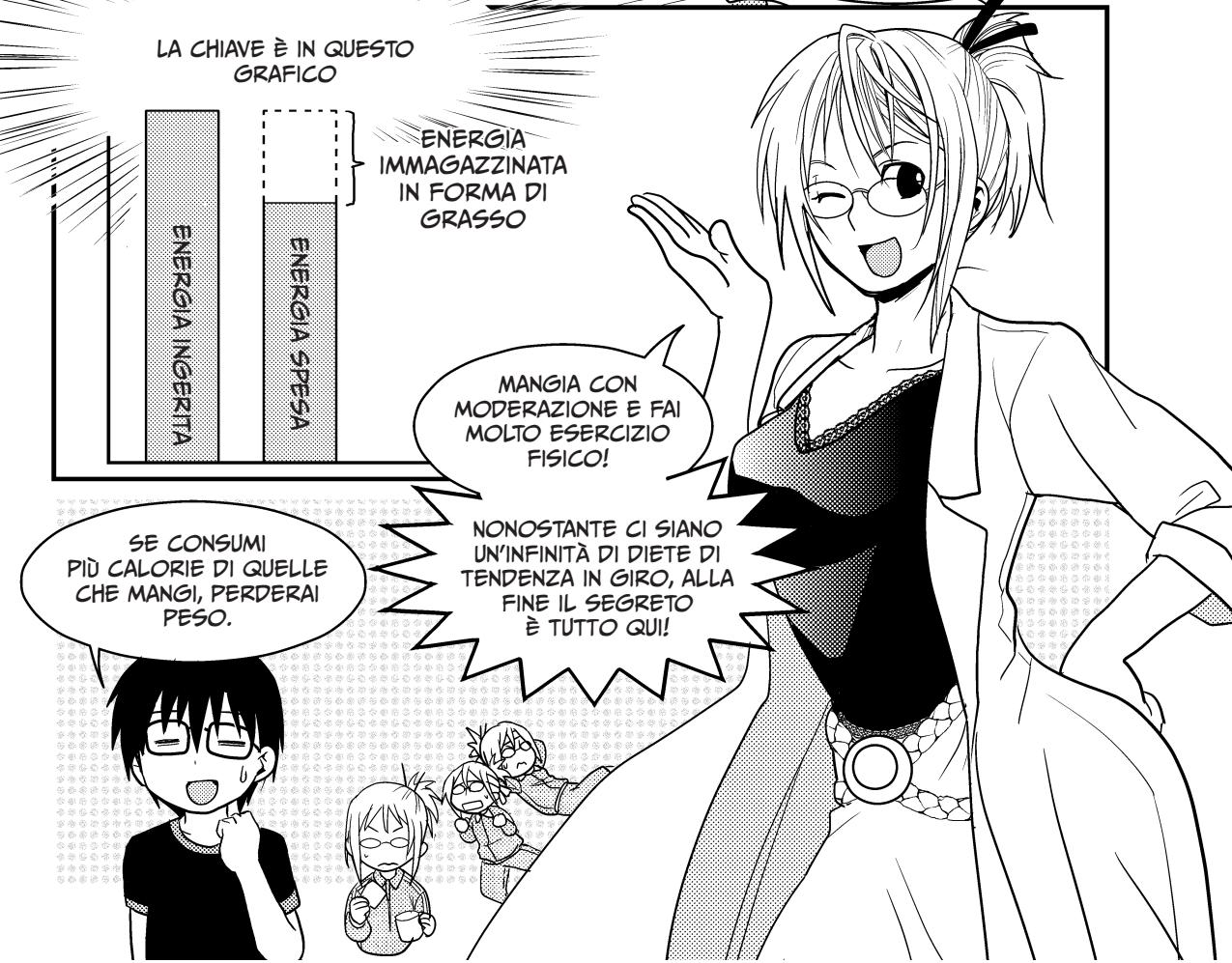
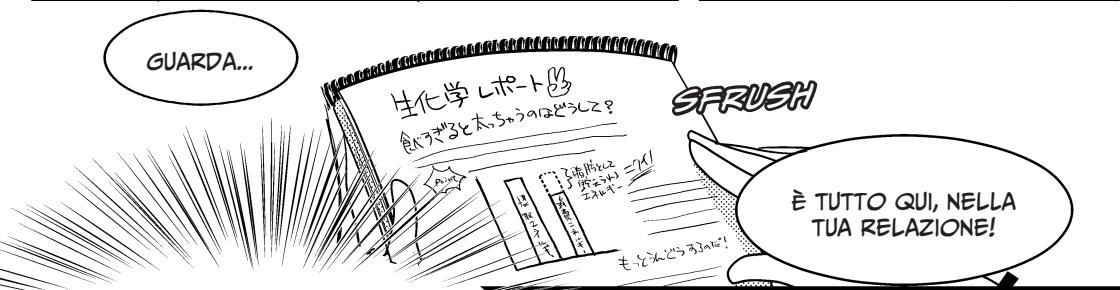
Una soluzione contenente α -amilasi (per esempio la saliva) viene aggiunta in una provetta contenente una soluzione nella quale è stato dissolto dell'amido. Se vi si aggiunge subito una soluzione di iodio, prima che le molecole di amido si scompongano, l'amido reagirà con lo iodio e produrrà un colore blu-violetto. Però, col passare del tempo, l'amido verrà idrolizzato, cioè scomposto dall' α -amilasi, e il colore cambierà progressivamente (blu-violetto \rightarrow violetto \rightarrow rosso \rightarrow arancione \rightarrow arancione pallido). Alla fine, quando tutto l'amido sarà idrolizzato, la soluzione diventerà incolore. L'attività enzimatica dell' α -amilasi può essere misurata usando uno spettrofotometro per valutare le variazioni di colore con un valore numerico.

REAZIONE DI COLORE



METODO DI MISURA DELL'ATTIVITÀ DELL' α -AMILASI.







SPAGGIATA!

MANGERÒ PIZZA E
DOLCI FINO A DIVENTARE
ENORME!

MI TRASFORMERÒ IN
UNA BALENA SPAZZA-
MERENDE!

KUMI, STAI DAVVERO
ESAGERANDO. CE NE VUOLE
DI STRADA PER DIVENTARE
UNA BALENA.

AL MASSIMO PUOI
DIVENTARE UN
LEONE MARINO DI
MEDIA GRANDEZZA...

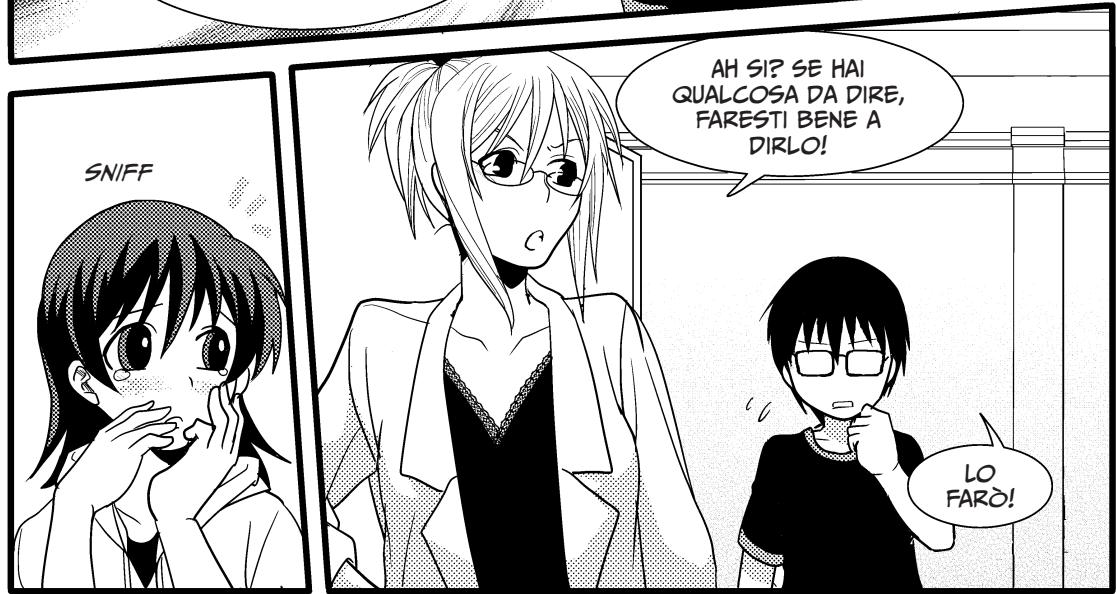
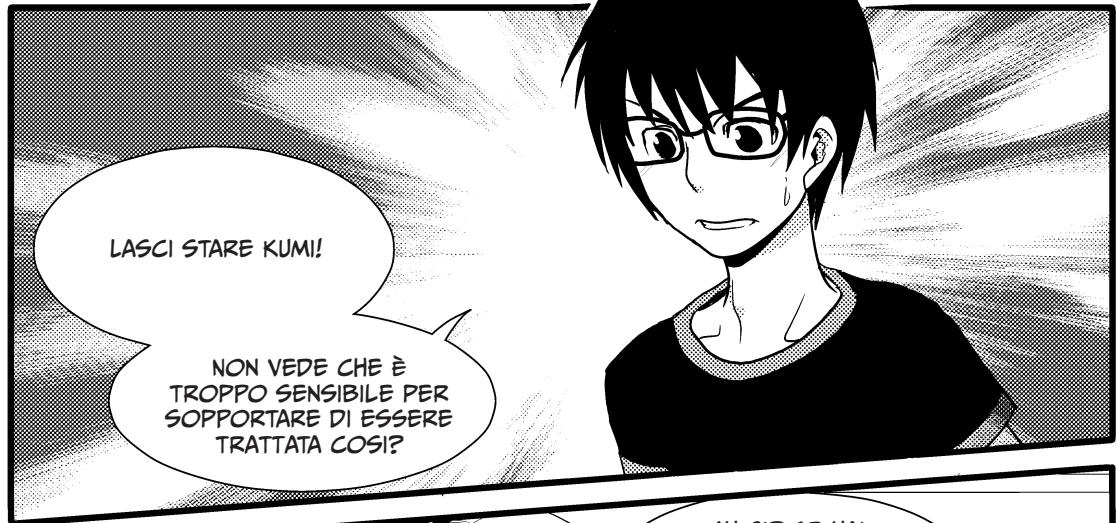
...OPPURE UN PICCOLO
ORSO CHE STA PER
ANDARE IN IBERNAZIONE,
RICOPERTO DAL
GRASSO ACCUMULATO IN
INVERNO.



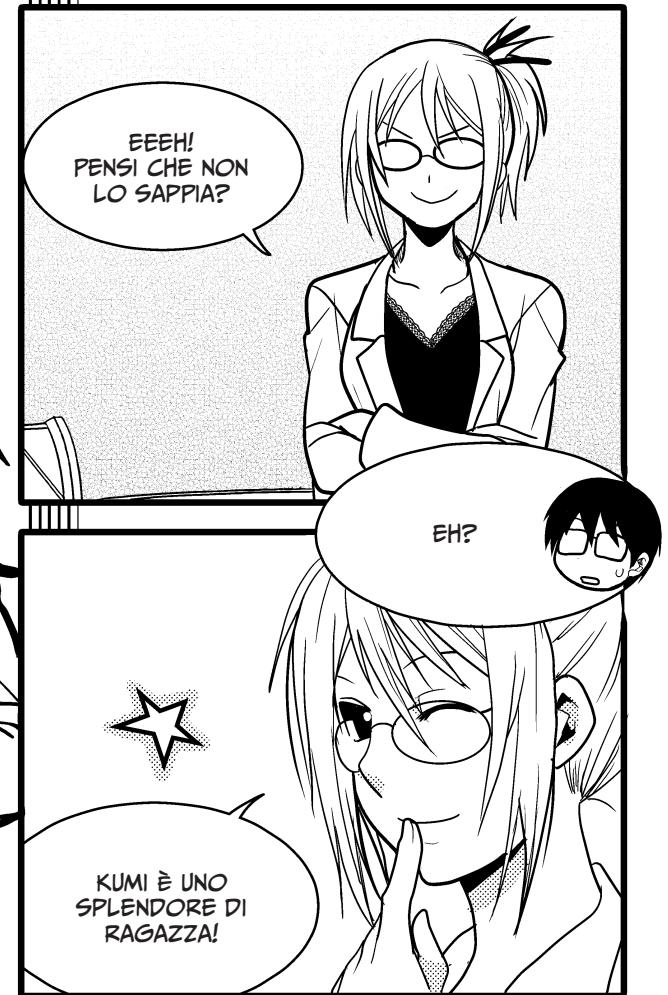
AH AH AH
MA DOPOTUTTO...
SE CI PENSI, ALLA
FINE GLI ANIMALI
CICCIOTTELLI SONO
SEMPRE I PIÙ
CARINI, QUINDI NON
PREOCCUPARTI!

EHI, PROFESSO-
RESSA...

SOB SOB SOB







TENTAVO SOLO UN
PO' DI PSICOLOGIA
INVERSA!

OCCHIOLINO

E DIREI CHE HA
FUNZIONATO ALLA GRANDE!
ERA ORA CHE NEMOTO
TI DICESSE QUELLO CHE
PROVAVA! ♪

SI, QUESTA
LEZIONE È STATA
UN SUCCESSO
FENOMENALE, SE
POSso DIRMELO
DA SOLA.

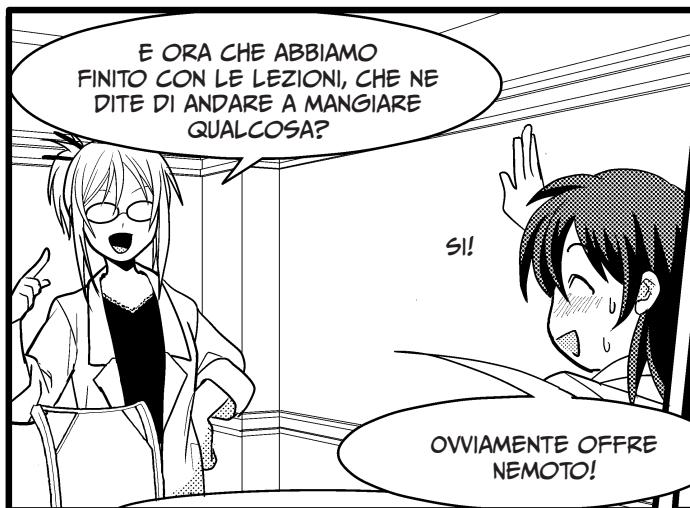
UNA
TRAPPOLA

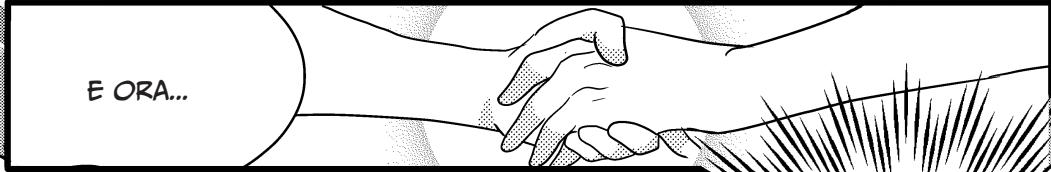
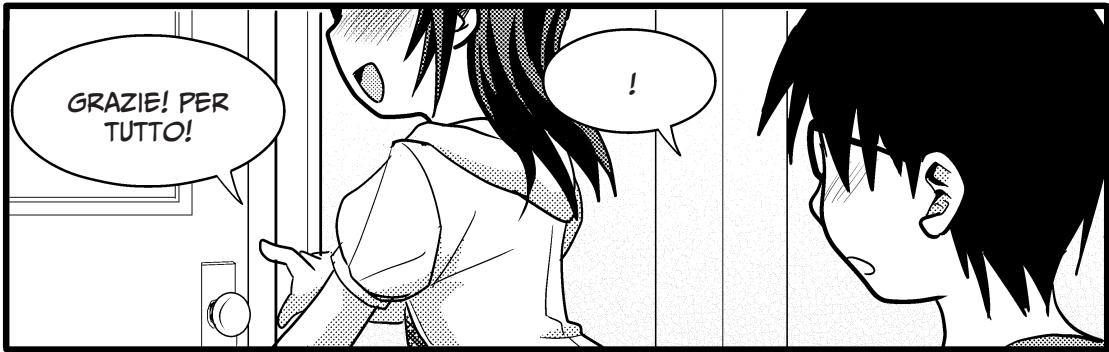
QUESTO È CERTO. HO FINITO
CON LE DIETE ALLA MODA!

KUMI, HAI STUDIATO
DURAMENTE E HAI
IMPARATO COSE
IMPORTANTI SUL TUO
CORPO, GIUSTO?

E HAI ANCHE RICEVUTO
ALTRE INFORMAZIONI
IMPORTANTI... EH, EH!

ROSSORE





ANDIAMO AD
ABUFFARCI!!



INDICE

A

- A (adenina), 206
- AB0, sistema gruppi sanguigni, 126
- accettore, 54
- acetil-CoA, 72, 85, 115–117, 120–122
- acidi grassi, 45, 95–96
 - insaturi, 96
- acido,
 - citrico, ciclo (TCA), 67, 71–73, 115
 - palmitico, 116
 - piruvico, 29–30
- acido nucleico,
 - (v. anche nucleotide), 199–203
- deossiribonucleico,
 - (v. DNA, acido deossiribonucleico)
- biologia molecolare e biochimica, 228–230
- cellule, origine, 231
- nucleina, 204
- ribonucleico, (v. RNA, acido ribonucleico)
- tecniche DNA ricombinante, 229–230
- acido nucleico, esperimenti, 232
- centrifugazione, 235
- cromatografia a colonna, 232–233
- elettroforesi e western blot, 233–234
- lectin blotting, 234–235
- misura della reazione degli enzimi, 236–237
- acil-carnitina, 121
- acil-CoA, 120–121
- adenina (A), 206
- adenosina,
 - difosfato (ADP), 82
 - monofosfato (AMP), 207
 - trifosfato (ATP), 22–23, 82, 106
- alcool, 20, 153
- aldosi, 83
- α -amilasi, 143, 144, 162, 163

- misura dell'attività, metodo, 237

- amaranto, (v. Phytolacca americana)
- amido, 66, 132, 136, 237
 - di riso, 136–137
- amilopectina, struttura, 137–139
- amilosio, struttura, 137–139
- amminoacidi, 154–157
 - ciclo del carbonio, 45
 - struttura primaria, 158
 - struttura quaternaria, 161
 - struttura secondaria, 159
 - struttura terziaria, 160
 - proteine, sintesi, 27–28
- AMP (adenosina monofosfato), 207
- anfipaticità, 93
- angina pectoris, 104
- anidride carbonica,
 - ciclo del carbonio, 46
 - fissazione, 51, 57–59
 - fotosintesi, 32
- anticodone, 224
- anti-nutrienti, 193
- apparato del golgi, 16, 17
- arteriosclerosi, 103–104
- atomo, 53
- ATP (adenosina trifosfato), 22–23, 82, 106
- attivazione, energia di,
 - (v. energia di attivazione)
- autolisi, 216
- auto-replicazione, 231
- autosplicing, 227

B

- β -ossalidazione, 119–120
- β , tipo, 143
- binaria, scissione,
 - (v. scissione binaria)
- biochimica, definizione, 6, 8
- biochimico, 228–229
- biogeochimico, ciclo, 40–44
- biologia molecolare,
- biochimica, 228–230
- origine delle cellule, 231
- tecniche DNA ricombinante, 229–230
- biopolimero, 36–37, 228

C

- C (carbonio), (v. carbonio (C))
- C (citosina), 206, 208
- carboidrati, 60–62
 - monosaccaridi, struttura ciclica, 63
 - piante e, 48
 - saccaridi e suffisso -osio, 63
- carboni insaturi, 96
- carbonio (C), 36
 - ciclo biogeochimico, 43
 - ciclo del, 45–47
 - fissazione, 57
 - legami, 36
- carbossilico, gruppo, 95
- catabolismo proteico, enzimi, 164, 165
- catalisi, 216
- catalizzatore, 175
 - biologico, 175
- catena idrocarburica, 95
- catena laterale, 159
- cellula,
 - endoteliale, 113
 - interno di, 18–25
 - materiale genetico, 202
 - membrana, 16
 - origine, 231
 - reazioni chimiche, 26–35
 - respirazione, 37, 65
 - schiumosa, 103
 - struttura, 14–17
- cellulosa, 132, 142
- centrifugazione, 235
- cerebrale,
 - emorragia, 104
 - infarto, 104
- chetosi, 83
- chimico, legame,
 - (v. legame chimico)
- chitina, 132

- ciclo,
 - acido citrico, (v. TCA, ciclo)
 - biogeochimico, 40–44
 - carbonio, 45–47
 citidina monofosfato, 208
 citoplasma, 16
 citosina (C), 206, 208
 citosol, 16, 30
 clorofilla, 49–55
 cloroplasto, 17
 - fotosintesi, 32
 - struttura, 49
 CoA (coenzima A), 85
 - acetil-CoA, 72, 85, 115–117, 120–122
 - acil-CoA, 120–121
 - malonil-CoA, 116–117
 - succinil-CoA, 72
 colesterolo,
 (v. anche lipoproteine)
 - buono, 100, 105
 - cattivo, 100, 105
 - libero, 101
 colonna chromatografica, 232–233
 complementarietà delle basi, 209–211
 configurazioni complementari, 211
 consumatori, 48
 contatore a scintillazione liquida, 236
 chromatografia,
 - di affinità, 233
 - su colonna, 232–233
 curva sigmoidea, 196
- D**
 densità, 101
 deossiadenosina monofosfato, 207
 deossicitidina monofosfato, 208
 deossiguanosina monofosfato, 208
 deossiribonucleico, acido,
 (v. DNA, acido deossiribonucleico)
 deossiribosio, 207
 deossitimidina monofosfato, 208
 deossiuridina monofosfato, 208
- detossificazione, 21
 diacilglicerolo, 92
 digestione, 7
 DNA (acido deossiribonucleico), 17, 202–203, 218–219
 - replicazione, 211, 212–214
 - ricombinazione, 229–230
 DNA polimerasi I, 212
 - misurazione dell'attività, 236
- E**
 EC, numero, 166
 ecosistema, 40–41
 - ciclo biogeochimico, 40–44
 - ciclo del carbonio, 45–47
 elettrone, catena di trasporto, 52–55, 67, 74–78
 elettroforesi, 233–234
 eme, 160
 emiacetale, 63
 emoglobina, 161
 endoplasmatico, reticolo,
 (v. reticolo endoplasmatico)
 energia,
 - ATP, 82
 - consumo, 106–110
 - di attivazione, 176
 - grasso, 118–122
 - ingerita e consumata, 106–110
 - metabolismo, 38
 energia, creazione, 66–67
 - catena di trasporto degli elettroni, 74–78
 - ciclo dell'acido citrico, 71–73
 - degradazione del glucosio tramite glicosi, 68–70
 enzima, 37, 193–195
 - affinità, 181
 - allosterico, 196–199
 - catabolismo proteico, 164, 165
 - classificazione, 166–167
 - DNA polimerasi, 212–214, 236
 - glicosil-transferasi e gruppi sanguigni, 168–171
 - idrolasi, 172–173
 - lipoproteina lipasi, 112
 - misurazione attività α -amilasi, 237
 - numero EC, 166
- proteine e aminoacidi, 150–161
 - substrato, 162–165
 esone, 219, 227
 esperimenti, 232
 - centrifugazione, 235
 - cromatografia su colonna, 232–233
 - elettroforesi e western blot, 233–234
 - lectin blotting, 234–235
 - misurazione attività α -amilasi, 237, 237
 - misurazione attività DNA polimerasi, metodo, 236
 etere, estrazione, 204
 eucariota, 227
- F**
 fagocita, 103
 filamento antisenso, 222
 filamento senso, 222
 fosfato, 205
 fosfolipidi, 16, 93, 95
 fosfopanteteina, gruppo, 85
 fosforilazione, 56
 fotofosforilazione, reazione, 50–56
 fotosintesi, 79–81
 - anidride carbonica, fissazione, 57–59
 - cloroplasti, struttura, 49
 - fotofosforilazione, reazione, 50–56
 - piante, 48
 fotosistema I, 55
 fotosistema II, 55
 frutta,
 - dolce, 133–135
 - saccaridi, 131–132
 - zucchero, 130
 fruttofuranosio, 83
 fruttopiranosio, 83
 fruttosio, 59, 61, 116
 furanosio, 83
- G**
 G (guanina), 206, 208
 galattosio, 62
 geni, 19
 - DNA, 17, 202–203, 218–219

- esone, 219, 227
- introne, 219, 223, 227
- RNA, (v. RNA (acido ribonucleico))
 - glicocalice, 125
 - glicogene, 132
 - glicolipidi, 94
 - glicolisi,
 - degradazione del glucosio, 68–70
 - produzione di energia, 30
 - respirazione, 67
 - glycosiltransferasi, 169–171
 - globina, 161
 - glucofuranosio, 83
 - gluconeogenesi, 29–30
 - glucosio,
 - cibo, 59
 - ciclo del carbonio, 45
 - composizione, 62
 - degradazione tramite glicolisi, 68–70
 - produzione di energia, 30
 - struttura a catena aperta, 61
 - struttura ciclica, 61, 141
 - golgi, apparato,
 - (v. apparato dei golgi)
 - gradiente di concentrazione, 77
 - grafico, 174, 176
 - andamento reazioni chimiche, 175, 177
 - calcolo V_{max} e K_m , 182–192
 - costante di Michaelis-Menten, 180–181
 - energia di attivazione, 176
 - equazione di Michaelis-Menten, 180–181, 191–192
 - misurazione velocità di reazione, 178
 - reazioni chimiche, 175, 177
 - reciproco, 186–190
 - velocità massima della reazione, 178–179
 - grano, 49
 - grasso,
 - energia ingerita e consumata, 106–110
 - fonte di energia, 118–122
 - neutro, 91
 - saccaridi, 111–117
 - sovrallimentazione e aumento di peso, 123
 - guanina (G), 206, 208
 - guanosina monofosfato, 208
- H
- HDL (lipoproteina alta densità), 101–105
- I
- ictus, (v. cerebrale, infarto)
- idrofilico, 16, 93
- idrofobico, 16, 93
- idrolasi, 119, 172–173
- idrolisi, 173
- infarto,
 - cerebrale, 104
 - miocardio, 104
- inibitore, 193–195
 - enzima allosterico, 196–199
- inibizione,
 - competitiva, 193
 - non-competitiva, 194
- insulina, 108
- introne, 219, 223, 227
- invertasi, 133, 134
- isomero,
 - configurazione a D, 84
 - configurazione a L, 84
- K
- Krebs, ciclo (ciclo dell'acido citrico), 67, 71–73, 115
- L
- lattosio, 61
- LDL (lipoproteina bassa densità), 101–105
- lectin blotting, 234–235
- legame chimico, 36, 140–144
 - covalente, 36
 - doppio, 96
 - fosfoesterico, 214
 - glicosidico, 138, 141–143, 173
 - ionico, 36
 - metallico, 36
 - peptidico, 155, 158
- leptina, 109, 110
- Lineweaver-Burk, diagramma, 183–184, 192
- lipidi, 88–90
- colesterolo, 97–99
- grasso acido, 95–96
- ingeriti, 112
- neutri, 91
- tipi di, 91–94
- lipogenesi, 29
- lipoproteina, 100–102
 - arteriosclerosi, 103–104
 - colesterolo buono (HDL) e cattivo (LDL), 105
 - compito, 98–99
 - densità alta (HDL), 101–105
 - densità bassa (LDL), 101–105
 - enzima lipasi, 112
 - estere, 101
 - steroide, 97
- lisosoma, 16–17
- M
- macrofagi, 103
- malonil-CoA, 116–117
- metabolismo, 38, 107, 231
 - basale, 107
- metano, 46
- Michaelis, costante, 180–181
- Michaelis-Menten, equazione, 180–181, 191–192, 196
- micro-organismi unicellulari, 15
- Miescher, Friedrich, 204
- mitochondrio, 16–17, 31, 116
- monoacilglicerolo, 92
- monosaccaridi,
 - aldosi e chetosi, 83
 - configurazione D/L, 84
 - piranosi e furanosi, 83
 - respirazione, 62–63
 - struttura, 131–132
- miocardio, infarto, 104
- mRNA, (v. RNA messaggero)
- N
- NADH, molecola, 54–55, 75
- NADPH, molecola, 54–55
- nucleina, 204
- nucleo, 16, 17, 204
- nucleoside, 205
- nucleotide, 205–208
 - complementarietà delle basi e struttura del DNA, 209–211

- replicazione del DNA ed enzima DNA polimerasi, 212–214
- RNA, struttura, 214–217 numero EC, 166

- O**
 - energia ingerita e consumata, 106–110
 - glucidi, 111–117
 - grasso come fonte di energia, 118–122
 - sovrallimentazione e aumento di peso, 123
- oligosaccaridi, 131–132, 137
- organello, 16
- organismi pluricellulari, 15
- osio, suffisso, 63
- ossidazione, 37
- ossido-riduzione, 37
- ossigeno, 77, 216

- P**
 - pepsina, 162
 - peptidiltransferasi, 158
 - Phytolacca americana, pianta, 228
 - piranosi, 83
 - pirimidiniche, basi, 206
 - piruvato, 68, 72
 - piruvico acido, 29–30
 - polinucleotide, 209–210
 - polipeptide, catena, 158
 - polisaccaride, 131–132, 137
 - post-genomica, era, 230
 - pre-mRNA, 223
 - prima la replicazione, teoria, 231
 - progesterone, 98
 - proteasi, 204
 - proteine, 150–151, 153–154
 - amminoacidi, 154–157
 - amminoacidi, struttura primaria, 158
 - amminoacidi, struttura quaternaria, 161
 - amminoacidi, struttura secondaria, 159
 - amminoacidi, struttura terziaria, 160
- cellule, 18
- ruolo, 151–152
- proteios, 154

- R**
 - reazione, velocità, 178
 - reciproco, 186–190
 - replicazione del DNA, 211, 212–214
 - respirazione, 37, 64–65, 79–81
 - esterna, 37, 64–65
 - carboidrati, 60–63
 - cellulare, 37, 65
 - creazione di energia, 66–73
 - interna, 37, 65
 - reticolo endoplasmatico, 16, 17
 - ribosomi, 37
 - cellule, 16–19
 - sintesi proteine, 27–28
 - ribozimi, 226–227
 - ricombinazione del DNA, 229–230
 - riduttore, agente, 37
 - riduzione, 37
 - riproduzione, 231
 - RNA (acido ribonucleico), 220–221
 - autosplicing, 227
 - creazione di proteine, 203
 - mRNA, 222–223
 - ribozimi, 226–227
 - rRNA e tRNA, 223–225
 - struttura, 214–217
 - RNA ribosomale (rRNA), 223–225
 - RNA, tipi di,
 - messaggero (mRNA), 222–223
 - ribosomiale (rRNA), 223–225
 - transfer (tRNA), 223–225
 - rRNA, (v. RNA ribosomiale)

- S**
 - saccaridi,
 - aldosi e chetosi, 83
 - eccesso di, trasformazione in grassi, 111–117
 - fissazione del carbonio, 58
 - fotosintesi, 25
 - frutta, 133–135
 - isomeri, 84
 - piranosi e furanosi, 83

- sovrallimentazione e aumento di peso, 123
- suffisso “-osio”, 63
- tipi di, 131–132
- saccarosio, 59, 61–63
- saccarosio-fosfato sintasi, 133–134
- sangue,
 - AB0, sistema gruppi sanguigni, 126
 - glicosil-transferasi, 169–171
 - tipi di, 124–129, 169, 170
 - zucchero nel, 60, 63, 108
- scissione binaria, 231
- sequenza di basi, 219
- spliceosoma, 227
- splicing, 223
- steroide/steroideo, 97
 - ormone, 98
 - scheletro, 97
- stroma, 57
- struttura,
 - ciclica, 61, 63, 141
 - primaria, 158
 - quaternaria, 161
 - secondaria, 159
 - terziaria, 160
- substrato, 37, 162–165
- subunità proteica, 161
- succinil-CoA, 72

- T**
 - T (timina), 206, 208
 - TCA, ciclo (ciclo dell'acido citrico), 67, 71–73, 115
- testosterone, 98
- tilacoide, 49
- membrana, 52
- timina (T), 206, 208
- timo, 228
- transferasi, 168
 - glicosiltransferasi e gruppi sanguigni, 169–171
- trascrizione, 222
- triacilglicerolo, 92, 113–114
- tRNA, (v. RNA transfer)

- U**
 - U (uracile), 206, 208
 - uracile (U), 206, 208
 - uridina monofosfato, 208

V

VLDL (lipoproteina a densità bassissima), 113
vitalismo, teoria, 229
vitamina D, 99

W

western blot, 233–234

Z

zuccheri, 60–61, 116, 130
- catena, 126
- del latte, 63
- nel sangue, 60, 63, 108
Zwitterione, 155

NOTE



NOTE



NOTE



NOTE

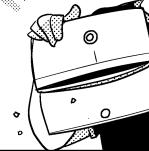


L'AUTORE

Masaharu Takemura, PhD. è attualmente professore associato alla Tokyo University of Science, ed è un esperto di biologia molecolare e didattica della biologia.

ANDRÀ TUTTO BENE FINCHÉ
CONSUMIAMO PIÙ DI QUELLO
CHE INCAMERIAMO!

BURP
PECCATO CHE
COL DENARO
NON FUNZIONI
COSÌ...



UN'AFFASCINANTE GUIDA ALLA BIOCHIMICA. A FUMETTI!



KUMI ADORA IL CIBO SPAZZATURA MA TEME CHE ALLA LUNGA POSSA INCIDERE SULLA SUA SALUTE. DECISA A CAPIRE I SEGRETI DELL'ALIMENTAZIONE, ARRUOLA IL SUO AMICO CERVELLONE NEMOTO E UNA BELLISSIMA BIOCHIMICA, LA PROFESSORESSA KUROSAKA. NE **I MANGA DELLE SCIENZE - BIOCHIMICA** ACCOMPAGNERETE KUMI ALLA SCOPERTA DI BIOPOLIMERI COME IL DNA E LE PROTEINE, DEGLI INCREDIBILI PROCESSI BIOCHIMICI CHE CI MANTENGONO IN VITA, DELLE VIE METABOLICHE CHE RICAVANO ENERGIA DAGLI ALIMENTI E DEGLI ENZIMI CHE CATALIZZANO LE REAZIONI CHIMICHE ALL'INTERNO DELL'ORGANISMO.

ADDENTRANDOVI SEMPRE PIÙ NEI MISTERI DELLE CELLULE VEGETALI E ANIMALI, IMPARERETE:

- » IL METABOLISMO DI MACROMOLECOLE COME CARBOIDRATI, LIPIDI E PROTEINE, O QUELLO DELL'ALCOL;
- » COME QUELLE AUTENTICHE CENTRALI DI ENERGIA CHIAMATE MITOCONDRI PRODUCONO L'ATP;
- » LA TRASCRIZIONE DEL DNA E I DIVERSI TIPI DI RNA CHE CONTRIBUISCONO ALLA DECODIFICA DEL CODICE GENETICO PERMETTENDO LA SINTESI DELLE PROTEINE;
- » COME SI MISURA LA CINETICA DI UN ENZIMA E COME FUNZIONA L'INIBIZIONE ENZIMATICA.

CHE SIATE APPASSIONATI DI SCIENZA, STUDENTI DI MEDICINA O SEMPLICI CURIOSI DI COME IL NOSTRO ORGANISMO TRASFORMA UN DOLCETTO IN ENERGIA, **I MANGA DELLE SCIENZE - BIOCHIMICA** VI INDICHERÀ LA STRADA PER CAPIRE AL MEGLIO I MISTERI DELLA SCIENZA DELLA VITA.



la Repubblica Le Scienze



Pubblicazione settimanale da vendersi esclusivamente
in abbinamento a **la Repubblica** oppure a **Le Scienze**.
Supplemento al numero in edicola.
9,90 euro + il prezzo di **Repubblica** oppure de **Le Scienze**.