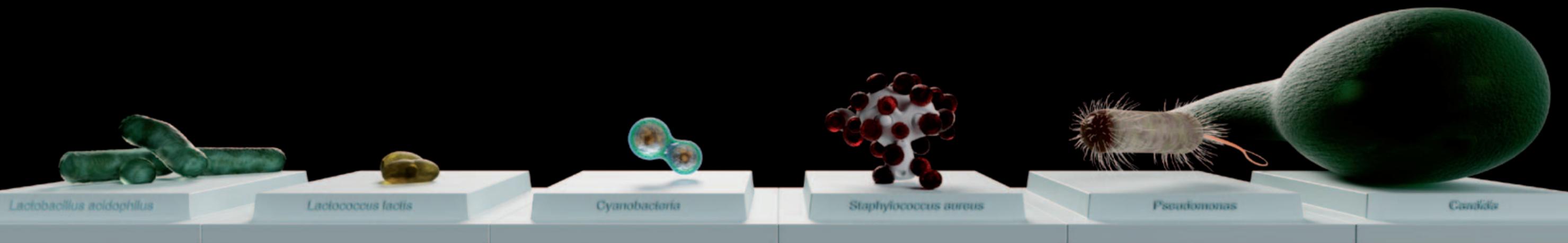


## I GOVERNANTI SEGRETI DEL MONDO



# NASCITA DELLA VITA SULLA TERRA

Quattro miliardi e mezzo di anni fa è nata la Terra. A quel tempo, il pianeta era costituito da gas e polvere. Nel corso del tempo, la Terra si è raffreddata, si è formata una crosta e si è raccolta l'acqua. Tre miliardi e mezzo di anni fa è nato il primo essere vivente. Non si sa come ciò sia avvenuto. I composti chimici si sono raggruppati e da questi si è formato un essere vivente sotto forma di singola cellula vivente. Questa cellula si è divisa e si sono formati altri organismi unicellulari. Piccole creature come queste sono chiamate microrganismi perché sono così minuscole che non possiamo vederle a occhio nudo. La vita ha probabilmente avuto origine nell'acqua. Questo perché le forme di vita più antiche sono ancora organismi unicellulari che vivono in acque calde, come in prossimità di sorgenti gorgoglianti in fondo al mare.

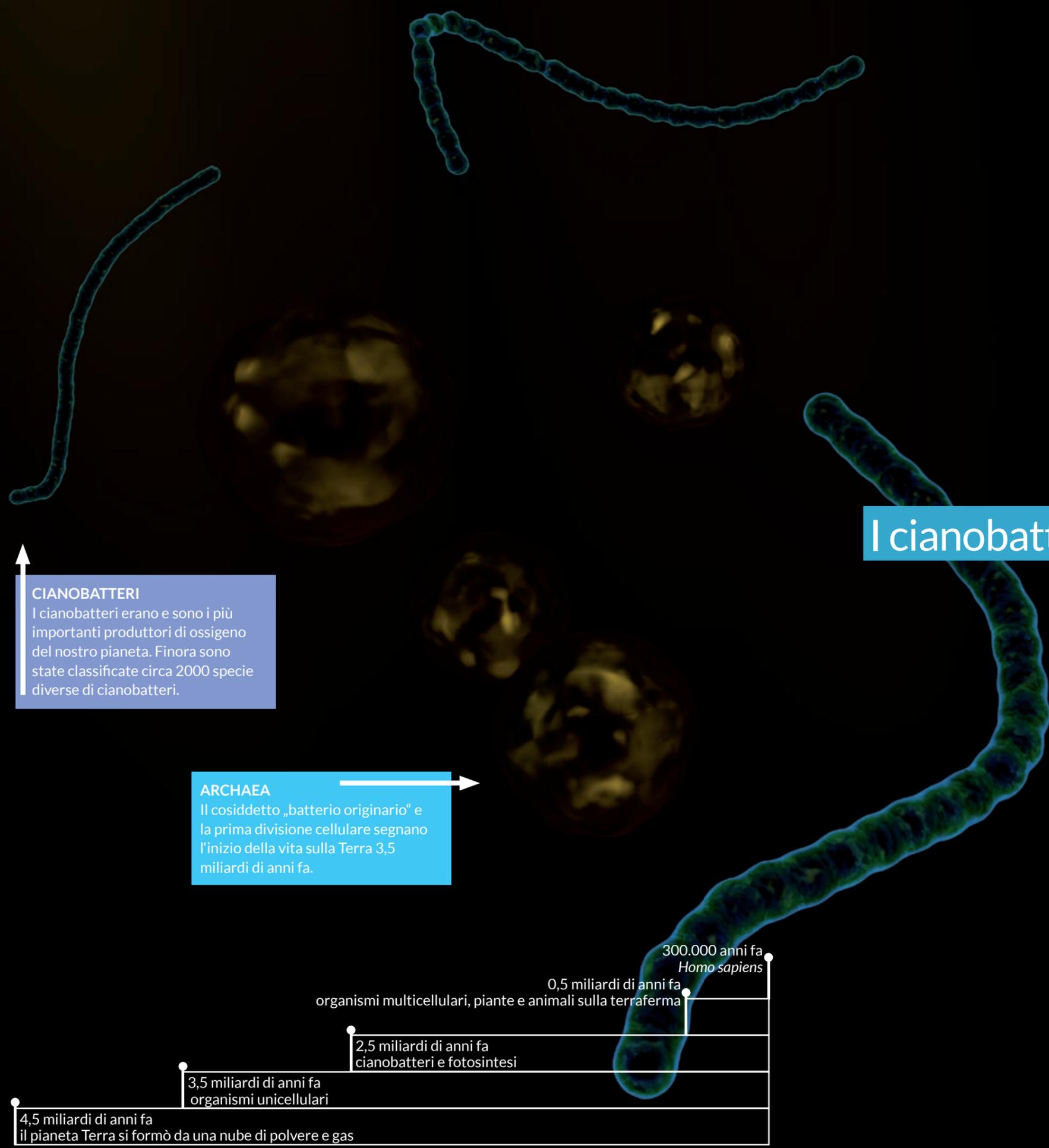
## I cianobatteri hanno „inventato“ la fotosintesi

Un miliardo di anni dopo la comparsa della prima forma di vita unicellulare si è verificato il passo successivo e decisivo per la vita sulla Terra: i cianobatteri hanno prodotto zucchero e ossigeno - con un po' di acqua, un po' di gas dall'ambiente e con l'aiuto della luce solare. La fotosintesi è stata così „inventata“. I cianobatteri erano quindi in grado di produrre il proprio cibo. L'ossigeno prodotto dai cianobatteri si è accumulato nell'atmosfera nel corso del tempo. Questo ha creato una delle basi più importanti per l'ulteriore sviluppo della vita: l'aria che respiriamo, da cui dipende la nostra vita.

### FANTASTICO

I cianobatteri sono stati i primi produttori di ossigeno. Hanno bisogno della luce solare per la fotosintesi. Questo è probabilmente il motivo per cui i cianobatteri possono percepire la luce. È stato a lungo un grande mistero come riescano a farlo. I cianobatteri hanno un diametro di 3 micrometri, cioè 3 milionesimi di metro. Non esistono dispositivi di misurazione ottica sufficientemente piccoli per misurare la rifrazione della luce nei batteri. I ricercatori hanno utilizzato un trucco. In poche parole, hanno misurato la rifrazione della luce intorno ai batteri. E hanno scoperto che, sebbene il batterio sia costituito da una sola cellula, questa funziona come un occhio. La luce entra attraverso una minuscola lente, direttamente di fronte alla quale si attivano i filamenti di locomozione e il batterio può muoversi verso la fonte luminosa.

Studio  
Schuergers N. et al. (2016)  
Cyanobacteria use micro-optics to sense light direction.  
<https://doi.org/10.7554/eLife.12620>



#### CIANOBATTERI

I cianobatteri erano e sono i più importanti produttori di ossigeno del nostro pianeta. Finora sono state classificate circa 2000 specie diverse di cianobatteri.

#### ARCHAEA

Il cosiddetto „batterio originario“ e la prima divisione cellulare segnano l'inizio della vita sulla Terra 3,5 miliardi di anni fa.

## I microrganismi presenti nell'acqua producono OSSIGENO

Senza microrganismi, non ci sarebbe vita sul pianeta Terra. Ancora oggi, la nostra vita dipende da questi organismi presenti nell'acqua perché producono la maggior parte dell'ossigeno.



## II MICROBIOMA in acqua

### Le alghe si sono tenute a lungo per sé

Nei milioni di anni successivi si sono evoluti organismi multicellulari come le alghe. Le alghe hanno un nucleo cellulare per proteggere le loro informazioni genetiche. Probabilmente si sono unite ai cianobatteri e sono state in grado di effettuare la fotosintesi. Le alghe sono state gli unici organismi vegetali presenti sulla Terra per circa due miliardi di anni.

### Le alghe - I PULITORI

Le alghe possono assorbire azoto e fosfati dalle acque reflue. Tutto ciò di cui hanno bisogno è la luce del sole e l'anidride carbonica. Durante il processo di depurazione, le alghe producono ossigeno. E crescono, naturalmente.

La biomassa delle alghe aumenta e può essere utilizzata per produrre biocarburante. Una situazione vantaggiosa per tutti.

### Le alghe come MATERIA PRIMA

Le alghe formano una varietà di sostanze e sono quindi oggetto di ricerca anche come materia prima sostenibile. Forniscono grassi, come i salutari acidi grassi omega-3, e sono ricche di minerali e vitamine. Le alghe si moltiplicano rapidamente e producono 30 volte più olio della colza o del mais.

L'*Emiliania huxleyi* è un'alga del gruppo dei flagellati calcarei. La cellula algale è circondata da piastrine calcaree. Alcune rocce calcaree, come il gesso, sono spesso costituite in larga misura da flagellati calcarei. Quando scriviamo su una lavagna con il gesso, in pratica stiamo scrivendo con le alghe.



### UNICO

Le alghe producono olio. Ma alcune alghe sono in grado di produrre oli molto speciali, ovvero n-alcani. Una microalga molto speciale, chiamata *Dicrateria rotunda*, ha gocce di olio n-alcantico nelle sue cavità, con una lunghezza di catena di 10-38, che è la stessa lunghezza di catena del petrolio. La *Dicrateria rotunda* è la prima creatura conosciuta in grado di produrre petrolio.

Studio

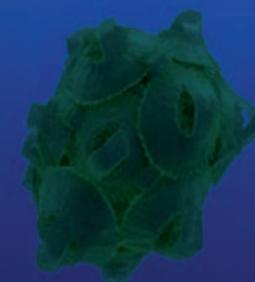
Harada N. et al. (2021)

A novel characteristic of a phytoplankton as a potential source of straight-chain alkanes.

<https://doi.org/10.1038/s41598-021-93204-w>

### L'ecosistema marino è essenziale per LA VITA SULLA TERRA

Il 70% della Terra è coperto dall'acqua. Le erbe e le alghe marine possono immagazzinare 20 volte più carbonio delle foreste terrestri. Questo le rende un fattore immenso nella lotta contro la crisi climatica. Tuttavia, se l'habitat marino continua a essere distrutto e il carbonio immagazzinato viene rilasciato, si può prevedere un'enorme immissione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera terrestre. La vita ha avuto origine nel mare e senza gli oceani non ci sarà vita sulla Terra in futuro.



*Gephyrocapsa oceanica*

## I microrganismi sono costituiti da una o poche cellule

Gli organismi più piccoli vengono chiamati microrganismi semplicemente perché sono davvero piccoli. I microrganismi comprendono batteri, protozoi, archei, funghi e microalghe.

## Ogni organismo forma un'unità con il suo microbioma

Per microbioma si intende l'insieme di tutti i microrganismi che colonizzano un particolare habitat, ad esempio la pelle umana, le foglie di una pianta o le radici di una particolare specie vegetale nel terreno. Il microbioma è una comunità di vita molto complessa e diversificata. Il più noto è il microbioma dell'intestino umano.

### STRAORDINARIO

È difficile stimare quanti tipi diversi di batteri, funghi e alghe vivano sul nostro pianeta. Tuttavia, esistono le cosiddette leggi di scala che possono essere utilizzate per calcolare la diversità delle specie. Nel 2016, gli scienziati hanno applicato queste leggi di scala anche ai microrganismi e li hanno calcolati: sul nostro pianeta potrebbero esserci 1 trilione o 1000 miliardi di microrganismi. Un milione di milioni di specie diverse. Di questi, finora ne sono stati catalogati 10 milioni. In laboratorio se ne possono coltivare circa 10.000.

Studio  
Locey K. J. et al. (2016)  
Scaling laws predict global microbial diversity.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1521291113>

## La biodiversità è alla base di sistemi

Anche se noi esseri umani siamo tecnicamente avanzati, dipendiamo dalla natura e da tutta la sua diversità. E questa diversità comprende anche i più piccoli: i microrganismi. I diversi microrganismi sono ovunque: nell'aria, nel suolo e nell'acqua. Anche le piante, gli animali e gli esseri umani ne sono popolati. Ogni pianta e ogni animale è l'habitat di milioni e milioni di microrganismi. Maggiore è la biodiversità di piante e animali, maggiore è la diversità dei microrganismi che li colonizzano. Se una specie vegetale o animale si estingue, con essa scompaiono migliaia di microrganismi, tra cui innumerevoli ancora sconosciuti. Esistono miliardi di specie diverse, di cui finora si conosce solo una parte.

**ecologici  
stabili**

## La biodiversità è emersa dagli esseri viventi più semplici

Per ben tre miliardi di anni, le più semplici creature viventi con poche cellule hanno popolato la Terra. E poi, circa 500 milioni di anni fa, tutto è accaduto improvvisamente e molto rapidamente. In breve tempo si sviluppò un numero enorme di specie diverse. Piante e animali diversi hanno colonizzato la Terra, formando una variopinta biodiversità.

## La diversità ci mantiene in salute

Il principio fondamentale della natura è: la vita è diversità. Più un habitat è vario, più è sano. Il principio della diversità si applica anche ai sistemi creati dall'uomo, come l'agricoltura. Per molti anni l'uomo ha ignorato questo principio, alterando gravemente l'equilibrio. Le monocolture, gli allevamenti eccessivi o l'uso di sostanze chimiche sono i motivi per cui la diversità intorno a noi sta diminuendo costantemente e il pianeta sta già affrontando conseguenze visibili.

## La biodiversità descrive un ampio spettro

La biodiversità comprende la varietà di animali, piante e microrganismi. La diversità genetica descrive la diversità all'interno di una specie. La biodiversità comprende anche gli habitat, come gli oceani, i prati e le foreste. Tutte e tre le aree sono comprese nel termine „biodiversità“.



# IL SUOLO È RICCO DI MICRORGANISMI

Trilioni di microrganismi vivono insieme nella zona radicale di una pianta. La somma di tutti i microrganismi di una comunità di questo tipo costituisce il microbioma. Più gli abitanti sono diversi, meglio è per tutti. Perché in ogni microbioma la diversità è il fattore decisivo per una coesistenza funzionante. E tutti gli abitanti hanno determinati compiti da svolgere: i funghi possono formare filamenti sottilissimi. Nel terreno, li usano per accedere alle aree più remote, dove le radici delle piante non riuscirebbero altrimenti a penetrare. I batteri e i funghi presenti nel suolo elaborano il materiale vegetale morto, decomponendo le sostanze che servono come cibo per altri organismi. I funghi, a loro volta, sono come un servizio di consegna perché possono assorbire le sostanze nutritive e consegnarle alle piante. In cambio, i batteri e i funghi ricevono gli zuccheri fotosintetici dalla pianta.

## TUTTI TRAGGONO BENEFICIO DA UN SUOLO SANO

In linea di principio, le piante si stabiliscono in luoghi dove possono trovare ciò di cui hanno bisogno per sopravvivere. In agricoltura, spesso le condizioni devono essere adattate perché manca la diversità e il suolo è molto stressato. Per introdurre le sostanze nutritive nel terreno è necessario ricorrere ai fertilizzanti, che però spesso rimangono attivi solo per un breve periodo, perché vengono dilavati o diventano inefficaci. Una vita sana del suolo con un microbioma intatto può aiutare a risparmiare fertilizzanti chimici.

## Comunità accoglienti

Tutte le piante hanno bisogno di azoto come nutrimento. Tuttavia, l'azoto è spesso presente solo in una forma che non può essere assorbita direttamente dalle piante. I batteri, tuttavia, possono modificare l'azoto in modo che una pianta possa utilizzarlo. Ecco perché alcune piante invitano i batteri a vivere con loro nelle radici. Entrano in una relazione simbiotica con i batteri. Lo si nota particolarmente bene con i legumi. Queste piante formano addirittura dei noduli, che ospitano milioni di cosiddetti batteri e che convertono l'azoto per la pianta.

## nelle radici

### Rhizobium

Le leguminose entrano in una simbiosi unica con i batteri. L'azoto presente nell'aria viene convertito e immagazzinato nei batteri dei noduli. Per questo motivo i legumi vengono coltivati anche come coltura intercalare e sovescio in agricoltura. La pianta viene lavorata nel terreno. In questo modo, l'importante azoto entra nel terreno ed è disponibile per le piante coltivate successivamente.

## ENORME

Le piante sono importanti fonti di carbonio per il suolo. Le parti morte delle piante vengono convertite in carbonio e CO<sub>2</sub> dagli organismi del suolo. Ma anche gli stessi organismi del suolo muoiono naturalmente. Se un batterio muore nel suolo, il suo fluido cellulare viene assorbito dall'ambiente, circa il 10% del batterio morto serve come cibo per altri microrganismi, circa il 50% viene convertito in minerali e circa il 40% del carbonio organico rimane nel suolo. I batteri e i funghi morti costituiscono gran parte della materia organica del suolo. Il suolo è il più grande serbatoio di CO<sub>2</sub> al mondo. Circa 2.600 miliardi di tonnellate di carbonio sono immagazzinate nel suolo (il doppio rispetto all'atmosfera).

Non tutti i microrganismi sono così accoglienti e familiari come i batteri noduli del suolo. I microrganismi sulle foglie delle piante hanno condizioni di vita più difficili. I rapidi cambiamenti di luce solare, calore, freddo, pioggia e vento li mettono a dura prova. Per questo motivo, amano vivere in rientranze sulla superficie della pianta o protetti da un „ombrello“ nella parte inferiore della foglia. Batteri, funghi e alghe si depositano sulle foglie. Spesso viaggiano con il vento da lontano, su distanze di centinaia di chilometri. I batteri presenti sulle foglie aiutano la pianta a rafforzare il suo sistema immunitario, proteggendola dalle malattie. Le piante con un microbioma ottimale sono anche più resistenti a fattori di stress come la siccità e il sale.

# Scudi microbici su una foglia

## Aromi da metilobatteri

I microrganismi più comuni sulle foglie sono i metilobatteri. Sono anche in parte responsabili del sapore di frutta e verdura.

Studio  
Siegmond B. et al. (2011).  
Die Bedeutung von Methylobakterien für die Aromabildung von Erdbeeren. Die Ernährung, 35, 149-155

# Valori interni di una pianta

All'interno di una pianta si trovano ancora più batteri che sulla superficie della foglia. Qui possono accumularsi milioni di batteri, ma il solo numero non porta alcun beneficio. La diversità è più importante dell'abbondanza. Perché molti degli stessi batteri non migliorano il microbioma. Il numero di microrganismi diversi che popolano la pianta è fondamentale. Particolarmente importanti sono tutti quei microrganismi che allontanano le malattie o forniscono sostanze nutritive.

Studio  
Shalev, O. et al. (2022)  
Commensal Pseudomonas strains facilitate protective response against pathogens in the host plant.  
<https://doi.org/10.1038/s41559-022-01673-7>

1 μm

## I microrganismi producono gas per GLI IMPIANTI DI BIOGAS

Nello stomaco della mucca vivono fino a 200 tipi diversi di batteri. Digeriscono il cibo vegetale, ma producono anche una grande quantità di gas nel processo. Durante la ruminazione, i gas, CO<sub>2</sub> e metano, fuoriescono dalla bocca della mucca - fino a 200 litri al giorno.

Il gas metano prodotto dai microrganismi della mucca non può essere catturato e utilizzato come energia. Tuttavia, gli impianti di biogas utilizzano microrganismi simili per produrre gas. I microrganismi vengono alimentati con piante e rifiuti organici, digeriscono le piante e producono gas nel processo.

### GENIALE

I microrganismi della mucca sono in grado di digerire quasi tutto, alcuni di essi decompongono persino la plastica. Finora questi batteri sono sempre stati studiati singolarmente. Gli scienziati austriaci hanno scoperto che la degradazione della plastica è migliore quando è coinvolto l'intero microbioma del rumine.



Studio  
 Quartinello F. et al. (2021)  
 Together Is Better: The Rumen Microbial  
 Community as Biological Toolbox for  
 Degradation of Synthetic Polyesters.  
[https://doi: 10.3389/fbioe.2021.684459](https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.684459)

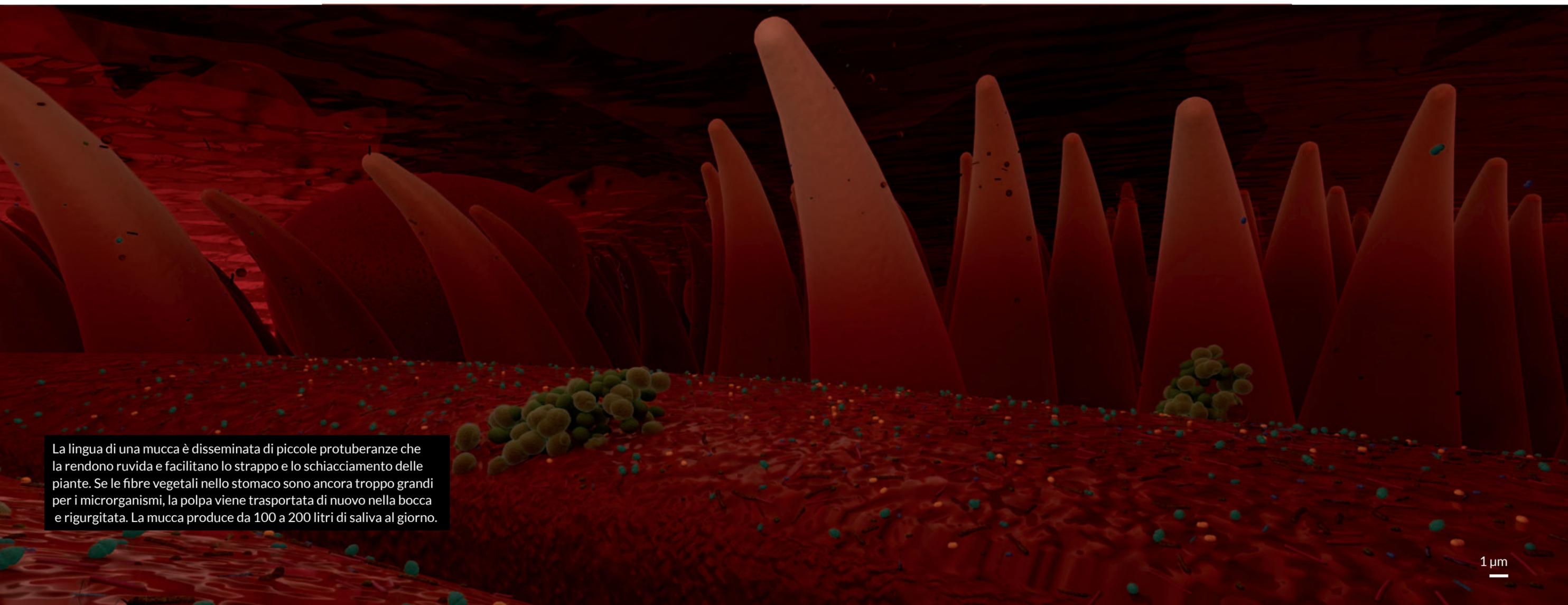
Una mucca è molto più di quanto possiamo vedere. Perché ogni mucca ospita anche trilioni di batteri che la aiutano a digerire il cibo e a mantenersi in salute. Senza questi batteri, la mucca non potrebbe sopravvivere.

## I MICRORGANISMI DIGERISCONO IL MANGIME PER LE MUCCHE

Molte piante che una mucca mangia sono in realtà indigeste per lei. Il compito della digestione è svolto da batteri che vivono in comunità con la mucca. Quando una mucca ha ingerito un gruppo di piante, i batteri iniziano a fermentare il mangime, producendo zucchero nutriente.

Tutto ciò che i batteri non riescono a decomporre viene riportato in bocca, dove viene energicamente salivato e poi rigurgitato. La polpa fine delle piante ruminata passa in un altro stomaco, il rumine. I microrganismi presenti convertono la polpa in componenti digeribili.

Ma alcuni dei microrganismi stessi servono anche come cibo per la mucca. Oltre a una media di 100 kg di erba, una mucca digerisce ogni giorno fino a 10 kg di microrganismi. Le piante che una mucca mangia determinano la moltiplicazione dei microrganismi.



La lingua di una mucca è disseminata di piccole protuberanze che la rendono ruvida e facilitano lo strappo e lo schiacciamento delle piante. Se le fibre vegetali nello stomaco sono ancora troppo grandi per i microrganismi, la polpa viene trasportata di nuovo nella bocca e rigurgitata. La mucca produce da 100 a 200 litri di saliva al giorno.

# BATTERI CHE NON CI FANNO INACIDIRE

Il latte viene utilizzato per la produzione di prodotti lattiero-caseari da migliaia di anni: già nell'età della pietra si produceva il formaggio. Fondamentale per la produzione del formaggio è il microbioma del latte, ovvero i batteri e i funghi contenuti nel latte. Influenzano la maturazione e il gusto del formaggio a latte crudo. I batteri lattici, ad esempio, convertono il lattosio in acido lattico e il latte diventa acido. Nell'ambiente acido, le proteine del latte formano dei grumi (chiamati caseina), che conferiscono al formaggio la sua struttura solida.

## La qualità del latte dipende anche dai microrganismi

Nella mammella di una mucca ci sono innumerevoli vesciche di latte. Filtrano dal sangue proteine, grassi, lattosio, minerali e vitamine che si ritrovano poi nel latte. I componenti del latte variano a seconda di ciò che la mucca mangia e dei microrganismi che vi si sono insediati.

## I batteri lattici frenano i batteri nocivi

L'acido lattico formato dai batteri impedisce ai batteri nocivi di moltiplicarsi: questo fa sì che gli alimenti si conservino più a lungo. Tuttavia, i batteri lattici non si trovano solo nel latte, ma anche nelle verdure. Sono responsabili della trasformazione del cavolo in crauti o delle verdure in verdure acide. Hanno voce in capitolo anche nella panificazione: la pasta madre è composta da batteri lattici, lievito e farina e, nel migliore dei casi, aiuta il pane a lievitare in modo soffice. I batteri lattici sono batteri estremamente utili anche per l'intestino umano, perché garantiscono che i batteri nocivi si moltiplichino meno facilmente.

## Pro e pre

I batteri lattici sono annoverati tra i probiotici. Si trovano nello yogurt, nei crauti, nel kimchi e in altri alimenti fermentati. Mangiamo gli alimenti e quindi ingeriamo anche i batteri. Molti sopravvivono anche all'ambiente molto acido dello stomaco e si depositano nell'intestino. I prebiotici, invece, sono alimenti che non contengono direttamente batteri, ma sono il cibo preferito dai batteri del nostro intestino. Questi includono tutte le fibre alimentari, come quelle presenti in frutta, verdura, legumi e prodotti integrali. I batteri lattici e i bifidobatteri amano le fibre e si moltiplicano quando le alimentiamo. Zucchero e troppe proteine, invece, tendono a far crescere microrganismi spesso associati a malattie.

## IMPRESSIONANTE

La caseina è un ottimo legante, combina diverse sostanze e aderisce ai substrati. Per le vernici a base di caseina, i pigmenti colorati vengono aggiunti alla caseina. La colla di caseina con un potere adesivo molto elevato viene prodotta quando la caseina viene mescolata con la calce. Pare che da migliaia di anni l'uomo utilizzi il latte come base per le pitture; i composti proteici del latte si trovano persino nelle pitture rupestri. Il potere legante della caseina fu utilizzato anche da un monaco nel 1531. Riscaldava il formaggio e lo raffreddava. Più spesso lo faceva, più la massa raffreddata diventava solida. Con esso riuscì a modellare gli oggetti e chiamò il materiale „corno artificiale“. La ricetta esatta per il corno artificiale venne elaborata da un alchimista di nome Bartholomäus Schobinger ed è considerata la prima ricetta per la plastica in Germania. Intorno al 1900, un tipografo e un chimico tedeschi mescolarono la caseina con varie sostanze chimiche e inventarono così la galalite, una plastica a base di caseina con la quale fu realizzata una grande varietà di oggetti come bottoni, maniglie e anche gioielli.

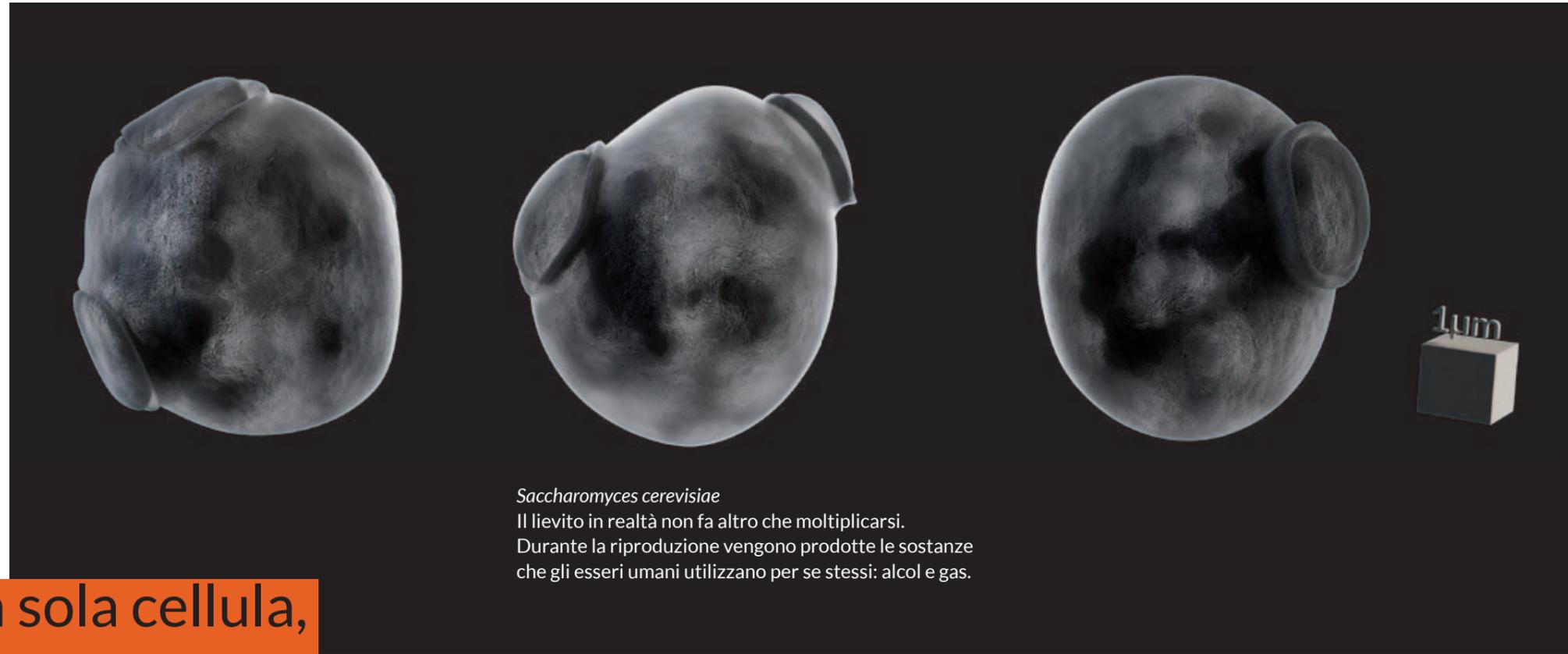
I batteri lattici vivono di preferenza nel tratto digestivo dei mammiferi, ma si trovano anche nello stomaco delle api e delle rane.

## STRUTTURA DELLA CASEINA

La caseina è la proteina del latte che viene coagulata dall'acido lattico prodotto dai batteri, conferendole una struttura più solida.

# Non solo i funghi possono essere mangiati

I lieviti sono funghi costituiti da una sola cellula. Si riproducono formando un piccolo germoglio sulla cellula madre. All'interno, il nucleo cellulare viene raddoppiato per divisione e trasportato nel germoglio. Il germoglio si separa dalla cellula madre e nasce un piccolo nuovo lievito. Naturalmente, questo processo richiede energia. Il lievito ottiene questa energia principalmente dallo zucchero e, mentre la cellula converte lo zucchero in energia, vengono prodotti alcol e il gas CO<sub>2</sub>. Questo metabolismo è noto come „fermentazione“. Il lievito chiamato *Saccharomyces cerevisiae* è il nostro lievito da panificazione e il lievito di birra. Nella produzione della birra fornisce il contenuto alcolico della bevanda. Quando si cuoce con la pasta madre, la moltiplicazione del lievito fa sì che si creino piccole bolle di gas e che l'impasto diventi soffice.



*Saccharomyces cerevisiae*  
Il lievito in realtà non fa altro che moltiplicarsi. Durante la riproduzione vengono prodotte le sostanze che gli esseri umani utilizzano per se stessi: alcol e gas.

## Il lievito è costituito da una sola cellula, ma funziona come una spugna

I lieviti sono utilizzati negli impianti di trattamento delle acque reflue per purificarle. I metalli pesanti come zinco, rame e cadmio aderiscono al lievito e possono essere rimossi chimicamente. Anche altri microrganismi, come batteri e alghe, contribuiscono alla depurazione delle acque reflue attraverso il „biosorbimento“.

## Il lievito nella produzione alimentare

I lieviti si trovano ovunque. Sono presenti nell'aria, nelle e sulle piante e in altri alimenti. Sono semplicemente ovunque. Si può fare un lievito madre mescolando farina e acqua e aspettando. I lieviti si moltiplicano e la pasta madre cresce. Tuttavia, i lieviti presenti in natura non sono in grado di gestire tutta la produzione di alcol e di prodotti da forno del nostro mondo. Pertanto, i lieviti vengono allevati e moltiplicati in modo specifico e poi utilizzati nella produzione alimentare.

## Lieviti e batteri diversi si sostengono a vicenda...

... e il risultato è una bevanda di tendenza: il kombucha. Si tratta di un tè fermentato con l'aiuto di lieviti e batteri. La particolarità del kombucha è che il processo di fermentazione viene effettuato da batteri e funghi che vivono in simbiosi. Vari funghi lieviti, come il lievito di birra o il lievito di fissione *Schizosaccharomyces pombe*, batteri dell'acido lattico e batteri dell'acido acetico convertono lo zucchero in gas (ecco perché il kombucha è leggermente frizzante) e acido. Si dice che il kombucha abbia proprietà curative, anche se le ricerche scientifiche al riguardo sono scarse.

## Un fungo finto chiamato SCOBY

Il kombucha viene spesso definito un fungo del tè. Questo non è corretto, perché non si tratta di un fungo, ma di una comunità di batteri e lieviti. Il termine tecnico è SCOBY. È l'acronimo di „Cultura simbiotica di batteri e lieviti“ - „Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast“.

Studio Villarreal-Soto S. A. et al. (2018) Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.1406>

# L'interno dell'intestino umano

Questo è l'aspetto dell'intestino di una persona dall'interno: i villi intestinali sono sporgenze dell'intestino tenue e hanno una dimensione di circa un millimetro. I microvilli più piccoli si trovano sui villi intestinali. I microvilli sono estensioni filiformi delle cellule. I villi e i microvilli intestinali ampliano la superficie interna dell'intestino di molte volte, creando un enorme „salotto“.

Trilioni di microrganismi come batteri, fagi e funghi vivono lì e svolgono il loro prezioso lavoro. Insieme formano il microbioma intestinale. Nell'intestino sono protetti dalle influenze esterne e ricevono cibo a sufficienza. In cambio, producono vitamine e molte altre sostanze preziose per noi. Un microbioma intestinale diversificato favorisce la digestione e protegge dalle malattie.

**Un grande**

**vantaggio per il conto sanitario**

Quello che mangiamo ci ripaga: i prodotti biologici non solo hanno un buon sapore, ma sono anche ricchi di microrganismi salutari per l'uomo. È la diversità dei microrganismi a sostenere al meglio l'intestino e la salute. I ricercatori erano soliti pensare che i microrganismi fossero uccisi dai succhi gastrici e che quindi non svolgessero alcun ruolo nell'intestino. Ma è ormai dimostrato che molti microrganismi entrano nell'intestino indenni.

Studio

Wassermann B, et al. (2019)  
An Apple a Day: Which Bacteria  
Do We Eat With Organic and  
Conventional Apples?  
doi: 10.3389/fmicb.2019.01629



Un batteriofago T4 infetta un batterio *Escherichia coli*.

### SORPRENDENTE

Con dimensioni di 0,02-0,2  $\mu\text{m}$ , i batteriofagi sono i componenti più piccoli del plancton. Tuttavia, i batteriofagi costituiscono la parte numericamente più consistente del plancton dei nostri oceani: il cosiddetto virioplancton conta  $10^{31}$  batteriofagi.

## I virus come aiutanti

I virus sono forme speciali. Per definizione, non sono esseri viventi, perché non possono riprodursi da soli. Per farlo hanno bisogno di un ospite. Alcuni virus utilizzano l'uomo come ospite, come nel caso dei virus della corona o del raffreddore. Ma i virus utilizzano anche funghi, piante e animali come ospiti.

Alcuni virus attaccano solo i batteri; questi virus sono chiamati batteriofagi. Ad esempio, un batteriofago chiamato T4 attacca solo i batteri *Escherichia coli*. Il T4 si attacca alla superficie del batterio e usa il suo pungiglione per trasportare il suo DNA all'interno del batterio. All'interno del batterio vengono ora riprodotti nuovi virus con le informazioni del DNA del virus introdotto. Quando queste sono pronte, il batterio esplosa e vengono rilasciati fino a 200 nuovi virus. Questo processo è completamente innocuo per l'uomo. Al contrario, i ricercatori medici stanno lavorando per programmare i fagi in modo che possano eliminare in modo specifico i batteri nocivi. Questa terapia fagica può quindi essere utilizzata come alternativa agli antibiotici contro le malattie batteriche.



I batteri *Escherichia coli* sono naturalmente presenti nell'intestino dell'uomo e di altri mammiferi. La maggior parte di essi non causa malattie. Tuttavia, esistono molti batteri *Escherichia coli* che causano infezioni gravi con diarrea, vomito e febbre nell'uomo. L'*Escherichia coli* può essere facilmente coltivato in laboratorio ed è quindi utilizzato come organismo modello in microbiologia.

1  $\mu\text{m}$

*Escherichia coli*

# Problemi con il microbioma

I microrganismi dell'intestino producono molte sostanze. Purtroppo, non tutte queste sostanze sono benefiche per noi esseri umani. Alcune sostanze possono addirittura danneggiare il nostro DNA e sono probabilmente coinvolte nell'insorgenza del cancro. Sono ancora necessarie ricerche scientifiche approfondite per scoprire la relazione tra il microbioma intestinale e il cancro. Queste conoscenze future potrebbero rendere possibili nuove terapie o misure preventive. I trapianti di microbioma sono già in fase di sperimentazione per le malattie croniche dell'intestino.

Studio  
Yiyun C. et al. (2022)  
Commensal microbiota from patients with inflammatory bowel disease produce genotoxic metabolites.  
DOI: [10.1126/science.abm3233](https://doi.org/10.1126/science.abm3233)

Studio  
Sittipo P. et al. (2022)  
The function of gut microbiota in immune-related neurological disorders: a review.  
<https://doi.org/10.1186/s12974-022-02510-1>

## Ruminococcus

I batteri del genere *Ruminococcus* presenti nell'intestino indicano la salute mentale. Solo alcuni di questi batteri sono presenti nelle persone con una malattia depressiva.

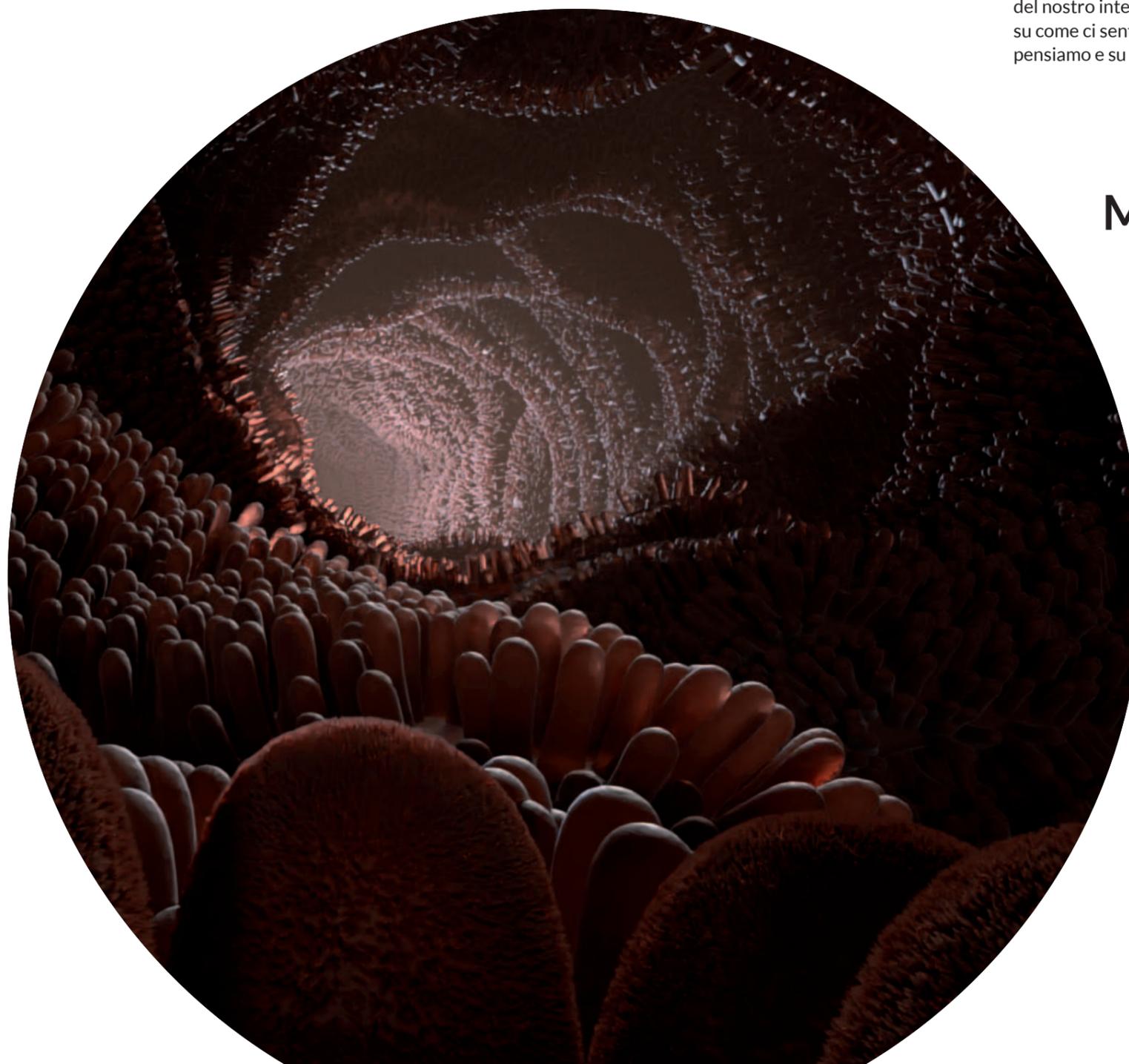
Studio  
Haiyin J. et al. (2015)  
Altered fecal microbiota composition in patients with major depressive disorder.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbbi.2015.03.016>

# Microbioma e asse intestino-cervello

È noto da tempo che un microbioma intestinale sano, in passato chiamato anche „flora intestinale“, protegge dalle malattie. Relativamente nuove, invece, sono le scoperte che il microbioma intestinale influenza il nostro cervello e quindi il nostro umore e le nostre emozioni.

Il nervo vago va dal cervello all'intestino. Questo è uno dei modi in cui il microbioma intestinale comunica con il nostro cervello. Ma i microrganismi possono anche produrre sostanze che possono agire su sostanze messaggere del cervello, come la dopamina o la serotonina. Pertanto, il microbioma del nostro intestino ha un'influenza su come ci sentiamo, su ciò che pensiamo e su ciò che facciamo.

I microrganismi che popolano il nostro microbioma dipendono in larga misura dalla nostra dieta e dal nostro stile di vita. Lo stress cronico e gli alimenti non salutari alterano l'equilibrio del nostro microbioma intestinale. I batteri nocivi possono dilagare e compromettere non solo la nostra salute fisica, ma anche quella mentale.



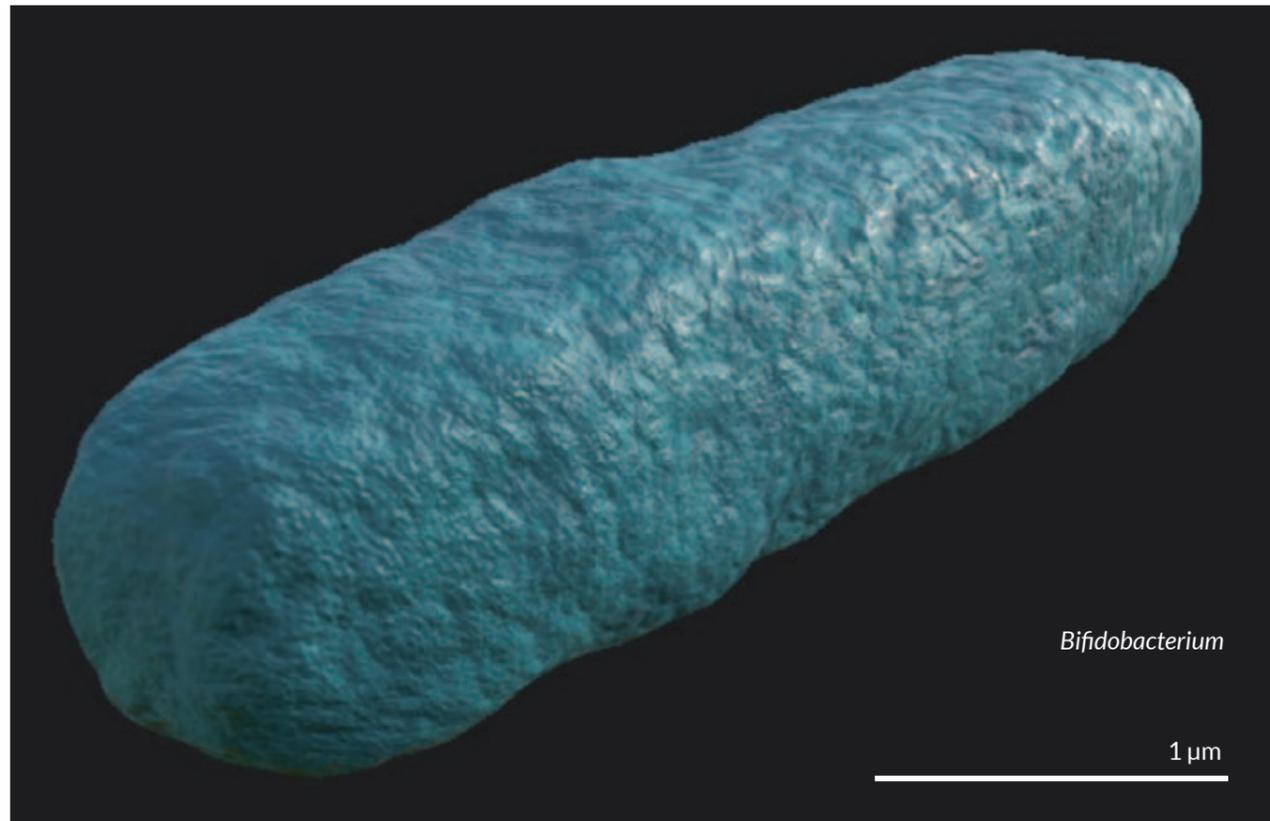
## Microbioma diverso in diversi stati d'animo

Le persone affette da depressione hanno spesso un numero inferiore di alcuni batteri nell'intestino. Questi batteri producono acidi grassi a catena corta e altre sostanze. Se i batteri non sono presenti, la persona è priva di queste sostanze. Proprio questi batteri potrebbero essere utilizzati come una sorta di medicina contro la depressione. Tuttavia, questo è ancora un sogno del futuro. La ricerca sull'asse intestino-cervello è iniziata solo pochi anni fa e troppe domande sono ancora aperte. Sono necessarie ricerche più approfondite per poter dimostrare le connessioni temporali e causali.

Studio  
Thomann A.K. et al. (2022)  
Depression and fatigue in active IBD from a microbiome perspective—a Bayesian approach to faecal metagenomics.  
<https://doi.org/10.1186/s12916-022-02550-7>

## I bifidobatteri si annidano nella parete intestinale

I bifidobatteri agiscono come un blocco contro gli assedi ostili. Si trovano letteralmente sulla parete intestinale. In questo modo, occupano lo spazio e impediscono ai microrganismi nocivi di insediarsi. Inoltre, producono un acido che inibisce la moltiplicazione dei batteri nocivi. In presenza di un numero sufficiente di bifidobatteri, la parete intestinale produce più cellule immunitarie antinfiammatorie.



## L'intestino è pieno di cose da fare

Si stima che nell'intestino umano vi siano circa 10 trilioni di batteri. Il corpo umano è composto da circa 10 trilioni di cellule. Quindi siamo composti dallo stesso numero di batteri delle cellule umane. Il 95% dei batteri intestinali vive nell'intestino crasso. Nell'intestino non ci sono solo batteri. Vi abitano anche funghi, virus e i cosiddetti archaea.

### CANDIDA

Non tutti i microrganismi che vivono nel microbioma umano sono innocui. La *Candida* è un fungo che si trova naturalmente nell'intestino. Se questo fungo si diffonde eccessivamente, può provocare infezioni. I batteri lattici, invece, formano uno scudo protettivo naturale.

## Il microbioma come impronta digitale

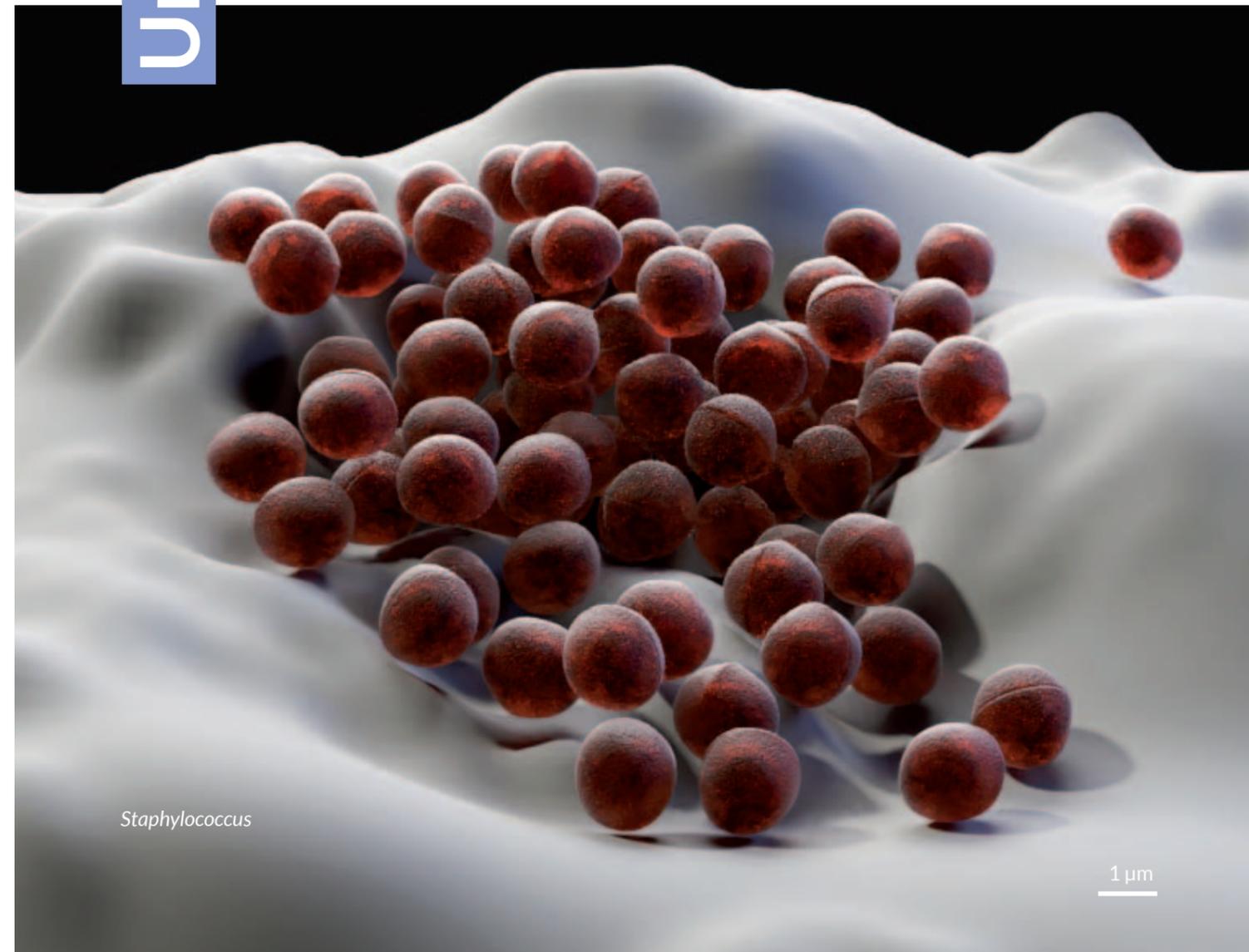
La composizione dei microrganismi presenti nell'intestino di ogni essere umano è molto particolare e differisce da quella di altre persone. Ogni microbioma è unico, come un'impronta digitale.

## Un organo aggiuntivo

Il microbioma intestinale umano è spesso considerato un organo a sé stante. Come altri organi, ha compiti molto specifici, ad esempio le funzioni immunitarie e metaboliche. Ogni microrganismo del microbioma ha il proprio DNA, motivo per cui il microbioma viene spesso definito il „secondo genoma umano“.

### Il trapianto di feci come forma di „trapianto d'organo“

Se il microbioma intestinale può essere considerato un organo a sé stante, sicuramente potrebbe essere trapiantato come gli altri organi? In effetti, già nel IV secolo d.C. in Cina veniva prescritta una „zuppa d'oro“ composta principalmente da feci per le intossicazioni alimentari o le diarree gravi. Sembrava che ristabilisse l'equilibrio nel corpo - cosa stesse accadendo esattamente era, ovviamente, sconosciuto ai medici dell'epoca. Nella medicina moderna, il trapianto di feci viene utilizzato in casi gravi di malattia. Possono dare buoni risultati, ma devono essere eseguiti con la massima attenzione per non trapiantare microrganismi indesiderati.



# Guardare al futuro

I microrganismi sono gli organismi viventi più antichi del nostro pianeta. Per un tempo incredibilmente lungo, oltre miliardi di anni, si sono ripetutamente adattati a nuove condizioni di vita e sono sopravvissuti. L'umanità è giovane di sangue rispetto a loro e si è „ambientata“ in questo mondo antico.

Per molto tempo i microrganismi sono stati completamente sottovalutati. Solo ora la scienza sta comprendendo meglio l'importanza del microbioma per la salute di tutti gli esseri viventi: senza microbioma non sopravvivono né un filo d'erba né una mucca.

Anche i microbiomi sono vitali per l'uomo in tanti modi: molti abitanti di queste comunità sono indispensabili, utili e di grande utilità.

I batteri influenzano persino il clima, ma sono anche influenzati dai cambiamenti climatici. Le conseguenze fatali che una gestione incauta della biodiversità può avere per noi umani non possono essere sopravvalutate.

## DAL MICROSCOPIO ALLA RICERCA SUL DNA

Il mondo dei microrganismi è un cosmo a sé stante con un valore incommensurabile per tutti gli esseri viventi e il loro ambiente. Eppure la maggior parte dei microrganismi non è ancora stata scoperta e studiata.

Questo ha a che fare con il fatto che per molto tempo non sono stati visti nel vero senso della parola. Solo grazie ai microscopi la scienza ha potuto osservarli. Molti microrganismi non sopravvivono abbastanza a lungo in laboratorio per essere studiati.

Molte scoperte rivoluzionarie sono quindi diventate possibili solo grazie alla ricerca genetica negli ultimi anni. Attraverso le analisi del DNA, anche i microrganismi morti possono essere studiati in una certa misura.

### Conservare i microbiomi: un buon investimento per il futuro

La conservazione della diversità dei microbiomi sarà un fattore cruciale per una bioeconomia sostenibile. Le applicazioni innovative del microbioma possono essere risposte efficaci alle attuali sfide del terzo millennio: mitigazione dei cambiamenti climatici, conservazione della biodiversità, produzione e disponibilità di cibo sano, bioenergia, riciclaggio e gestione dei rifiuti.



*Lactobacillus*

1 μm

## I microrganismi orchestrano la vita sulla Terra

Negli ultimi anni la ricerca sul microbioma è aumentata notevolmente. Le nuove conoscenze sulle comunità microbiche sono numerose. Naturalmente, la ricerca sul microbioma umano è stata particolarmente intensa. Recentemente, tuttavia, è diventato chiaro che i microbiomi possono aiutare ad affrontare altre sfide. Queste includono la fertilità del suolo, la nutrizione e la salute delle piante e degli animali, la sicurezza alimentare, la gestione dei rifiuti, l'adattamento ai cambiamenti climatici, il sequestro del carbonio e la riduzione delle emissioni di gas serra.

Il progetto MicrobiomeSupport ha riunito esperti di diverse aree di ricerca sul microbioma. È stato creato un gruppo internazionale di esperti sul microbioma nei sistemi alimentari. Questo gruppo di esperti potrebbe diventare un comitato permanente per lavorare su priorità comuni e sviluppare conoscenze condivise. Gli esperti hanno anche identificato ciò che ancora manca alla ricerca sul microbioma: infrastrutture di ricerca, accesso e condivisione dei dati, trasferimento delle conoscenze e innovazione, un quadro normativo adeguato per i nuovi prodotti e le nuove applicazioni, sensibilizzazione delle parti interessate e della società. In questo modo sarà anche più facile trovare il modo di colmare queste lacune.



Studio  
Strategic Research and Innovation Agenda for future microbiome activities and applications.  
[www.microbiomesupport.eu](http://www.microbiomesupport.eu)

## IL MOMENTO DELLA GRANDE DOMANDA

La scienza sa molto sui singoli microrganismi, ma sa ancora troppo poco sulle interazioni nel microbioma, cioè tra i singoli batteri, funghi e altri microrganismi. Anche il modo in cui l'ospite influenza il microbioma, come i microbiomi influenzano l'ospite o l'ambiente, è noto solo in parte.

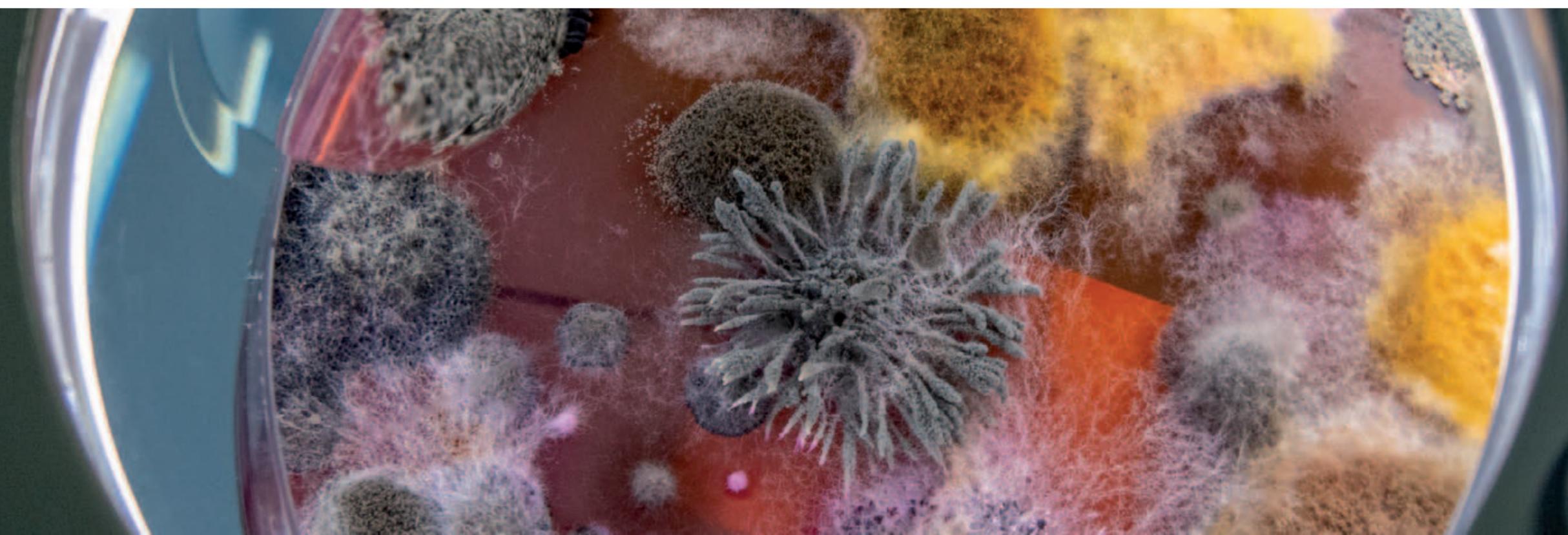
Per questo, dovremmo essere in grado di descrivere e caratterizzare ancora meglio i microbiomi. Quali microrganismi vivono insieme? Che lavoro fanno alcuni microrganismi? Quali sostanze producono? Come cambiano nel tempo o sotto l'influenza di vari fattori esterni? In breve, chi fa cosa, dove e quando, e quali sono gli effetti?

QUELLO CHE  
TUTTI ANCORA  
NON SANNO

### FARE PREVISIONI CON IL „TERMOMETRO CLINICO“ MICROBICO

Solo quando sapremo esattamente come funzionano i microbiomi potremo fare previsioni. Quali batteri sono salutari negli alimenti? Quali microrganismi rappresentano un rischio? In che modo i microbiomi influenzano la durata di conservazione degli alimenti? Il mio microbioma intestinale è sano o ci sono troppi microrganismi? E a che punto i cambiamenti sono patogeni?

Se si conosce la composizione di alcuni microbiomi, si può anche verificare se sono come dovrebbero essere. Si potrebbero determinare caratteristiche o sostanze biologiche che indicano la malattia o la salute di un microbioma. In futuro si potrebbero sviluppare sistemi analitici che misurino le caratteristiche biologiche del microbioma, quasi come un termometro clinico misura la temperatura.



# ALLA RICERCA DI NUOVI FARMACI E TERAPIE

Gli antibiotici uccidono i batteri che causano le malattie. Soprattutto in zootecnia, gli antibiotici sono spesso utilizzati come misura preventiva. Ma se si usano troppi antibiotici, i batteri si abituano e diventano resistenti. La resistenza agli antibiotici è oggi un problema molto grande. Le persone e gli animali malati non possono più essere curati perché i farmaci non funzionano. Nuovi antibiotici efficaci o altre sostanze utili che potrebbero essere alternative agli antibiotici potrebbero essere dormienti nel microbioma. Quindi anche i microbiomi devono essere studiati per trovare nuovi farmaci.

Anche i tentativi mirati di modificare il microbioma intestinale devono basarsi su dati scientifici solidi. I probiotici possono aiutare a ripristinare il microbioma intestinale dopo l'assunzione di antibiotici. L'assunzione di probiotici è facile e senza particolari rischi. La situazione è diversa quando si tratta di trapiantare microbiomi: in questo caso, è necessario attenersi a standard particolari per non trapiantare batteri che causano malattie insieme a quelli che favoriscono la salute, mettendo così a rischio la salute dei pazienti.

## IL DETECTIVE DEL MICROBIOMA

Ogni microbioma è come un'impronta digitale. Se si conoscono con precisione i microbiomi e si è memorizzata la loro composizione in un database di riferimento, ad esempio, è possibile verificare se il microbioma esistente è effettivamente quello che si sostiene essere. In un futuro lontano, ciò consentirebbe di tracciare i percorsi degli alimenti, controllare le certificazioni e individuare le frodi alimentari.

Lactobacillus lactis

Lactobacillus lactis

1 µm

## ALIMENTI PIÙ SANI PER PERSONE PIÙ SANE

Sono necessarie ulteriori ricerche per acquisire nuove e più approfondite conoscenze su ciò che costituisce un microbioma umano sano e sulle sue caratteristiche. L'alterazione della comunità del microbioma umano è associata a un'ampia gamma di malattie. L'alterazione del microbioma è considerata uno dei principali fattori alla base del drammatico aumento delle malattie croniche. La dieta è uno strumento importante per modellare il microbioma. Una dieta sana può quindi aiutare a ripristinare l'equilibrio disturbato.

Sarebbero inoltre necessarie ulteriori ricerche per lo sviluppo di alimenti e diete speciali come parte della terapia medica. È necessario migliorare l'effetto terapeutico ed evitare effetti collaterali indesiderati sul microbioma umano. Ciò sarebbe particolarmente importante per le persone a rischio di malattie croniche e per i pazienti in terapia.

## FERMENTAZIONE E SALUTE

I benefici per la salute degli alimenti fermentati sono stati descritti per secoli, anche se molti non sono stati dimostrati. I potenziali benefici si basano sulla presenza di microrganismi vivi e sui cambiamenti indotti dalla fermentazione negli ingredienti degli alimenti. Gli alimenti basati sulla fermentazione microbica possono influenzare positivamente la composizione del microbioma intestinale e sostenere il metabolismo. Ulteriori ricerche potrebbero aiutare a sviluppare diete sostenibili basate su alimenti fermentati microbicamente per migliorare la salute umana.

## MALATI DI ALIMENTAZIONE

Ogni anno, 600 milioni di persone si ammalano a causa del cibo e 420.000 muoiono per malattie di origine alimentare. Spesso gli agenti patogeni si moltiplicano solo nel percorso dal produttore alla tavola domestica. Un sistema di allerta precoce che indichi i cambiamenti pericolosi nel microbioma già presso il produttore potrebbe ridurre in modo massiccio il rischio di malattie di origine alimentare.

## Microbiomi diversi in agricoltura e nei sistemi alimentari

I microbiomi esistono nell'uomo, negli animali e nelle piante, sia sulla terra che nell'acqua. I microbiomi influenzano la salute del suolo, la produttività delle piante, la salute umana e animale. Pertanto, svolgono un ruolo importante anche nell'agricoltura e nella produzione alimentare.

La popolazione crescerà fino a quasi 10 miliardi di persone entro il 2050. Queste persone hanno bisogno di essere nutrite. Ciò richiede un sistema alimentare equo e sano. La scienza deve conoscere meglio i microbiomi, soprattutto nel sistema alimentare. Allora i microbiomi possono essere messi a frutto.

### I CONVERTITORI DI RIFIUTI

La produzione alimentare è uno dei sistemi con la maggiore impronta ecologica. Lo spreco di cibo deve essere ridotto. I rifiuti e le acque reflue della produzione alimentare potrebbero essere trasformati da microrganismi, in modo da essere riciclati come fonte di energia, come fertilizzante, ma anche come mangime per gli animali o addirittura come cibo per gli esseri umani. Ciò richiede una migliore comprensione dei microbiomi ambientali, ad esempio quelli del suolo, del mare e della pesca. In essi si possono scoprire microrganismi utili per la conversione.



### IL MICROBIOMA IN UN'AGRICOLTURA SANA

Il suolo è uno degli ecosistemi più complicati in assoluto. È un habitat a sé stante e ospita un'incredibile diversità di organismi viventi. Regolano e controllano la fertilità del suolo, il ciclo dei nutrienti e il sequestro del carbonio.

L'impronta ecologica dell'agricoltura è enorme e molti terreni sono gravemente danneggiati dalle lavorazioni agricole. Se sapessimo di più su come i microbiomi influenzano la salute del suolo e quindi la salute delle piante, potremmo produrre pesticidi e biofertilizzanti migliori e non tossici con i microrganismi. Il suolo sarebbe più resistente e gli agricoltori sarebbero meno dipendenti da pesticidi e fertilizzanti chimici tossici.

I microbiomi potrebbero quindi contribuire alla transizione verso un'agricoltura rispettosa del clima e dell'ambiente, che fornisca ai consumatori alimenti sicuri, sani e sostenibili.

Decifrare la complessità del microbioma del suolo e comprendere meglio le interazioni all'interno di questi ecosistemi è necessario per molti aspetti. Questo può aiutare a trovare soluzioni per ripristinare i terreni danneggiati. Ma i microbiomi del suolo possono anche favorire lo stoccaggio del carbonio, che potrebbe contribuire in modo massiccio a mitigare la crisi climatica.

### MICRORGANISMI E SALUTE DEGLI ANIMALI

Le modalità di allevamento dei giovani animali hanno un impatto importante sulla composizione e sulla funzionalità del microbioma, che influisce anche sulle prestazioni e sulla salute degli animali adulti. Animali sani forniscono cibo sano. Gli animali potrebbero anche trarre beneficio dall'inclusione di probiotici, cioè di mangimi con microrganismi sani. Come esattamente? Questo aspetto deve essere studiato.

### CLIMA CHE CAMBIA MICROBIOMA CHE CAMBIA

Qual è l'impatto del cambiamento climatico sui microbiomi nei sistemi alimentari? Sarebbe importante sapere come i microbiomi possono adattarsi e se possono fornire gli stessi servizi per il nostro approvvigionamento alimentare nelle nuove condizioni.

## IL TUTTO È PIÙ DELLA SOMMA DELLE SUE PARTI

È necessario stabilire metodi e approcci graduali per valutare sistematicamente l'impatto dei microbiomi sulla salute umana, animale o vegetale e sulla sicurezza alimentare. Ad esempio, l'effetto barriera ecologica contro sostanze chimiche, additivi o agenti patogeni spesso non è dovuto a singoli ceppi batterici, ma alla loro combinazione. La valutazione di ogni singolo ceppo batterico non riflette le proprietà dell'intera comunità batterica.

Proprio come i microbiomi sono costituiti da un'ampia varietà di fattori, le persone coinvolte nella ricerca sul microbioma dovrebbero essere affiancate da un'ampia varietà di collaboratori. I progetti multidisciplinari che coinvolgono l'industria, l'agricoltura, varie discipline scientifiche e socio-economiche e le agenzie di regolamentazione possono fornire un quadro più completo.

## IL MICROBIOMA DOVREBBE SEDERE IN PARLAMENTO

C'è un nuovo protagonista per quanto riguarda, ad esempio, la sicurezza alimentare e chimica, la produzione vegetale e animale e la salute del pianeta e dei suoi abitanti: i microbiomi. La legislazione è in ritardo rispetto alla scienza. Ad esempio, non esistono ancora requisiti legali espliciti per considerare gli effetti legati ai microbiomi quando si esaminano i rischi e i benefici nell'ambito della legislazione alimentare. Man mano che emergono nuove conoscenze sulla struttura e sul funzionamento del microbioma, occorre tenerne conto nella valutazione della legislazione.

La scienza del microbioma dovrebbe progredire parallelamente alla regolamentazione e alla legislazione. Ciò contribuirebbe a fornire le prove necessarie per migliorare le valutazioni del rischio. Questo, a sua volta, potrebbe facilitare l'approvazione di innovazioni basate sui microbiomi e destinate a promuovere la salute umana, animale e planetaria, nonché ad aumentare la sostenibilità, la produttività, la sicurezza e la qualità nutrizionale degli alimenti.



## CONFRONTO TRA MELE E PERE

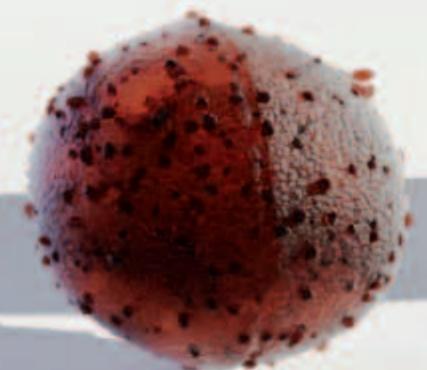
La scienza del microbioma si è sviluppata molto rapidamente nell'ultimo decennio. Molti campi scientifici diversi stanno conducendo ricerche sul microbioma. Ma spesso queste discipline scientifiche utilizzano metodi diversi. Parlano, per così dire, linguaggi scientifici diversi. Questo rende molto difficile confrontare o collegare i risultati. Tuttavia, ciò è fondamentale per una visione complessiva delle prestazioni del microbioma. Pertanto, è necessario creare al più presto un sistema e delle regole uniformi, in modo che tutti gli scienziati che si occupano di ricerca sul microbioma seguano le stesse procedure o almeno simili. Dalla raccolta, conservazione ed elaborazione dei campioni all'analisi e all'interpretazione.

## INFORMAZIONI PER TUTTI

Dovrebbero essere creati anche database open-source che raccolgano informazioni sui microbiomi. Ciò può migliorare il riutilizzo dei dati e dei modelli matematici, nonché l'accesso o la condivisione delle informazioni. Tuttavia, questi sistemi devono garantire una buona protezione dei dati, una capacità di archiviazione sufficiente e consentire un accesso rapido e semplice. Le banche dati devono essere gratuite e facilmente accessibili.

## REGISTRAZIONE

La ricerca sui diversi microbiomi è molto costosa. Uno dei maggiori ostacoli tecnologici al momento è la conservazione dei microbiomi. Come si possono conservare microbiomi complessi in modo che la loro composizione rimanga invariata e i microrganismi continuino a funzionare? E come si fa a verificare che siano ancora funzionanti?



# METTERE IN COMUNE LE CONOSCENZE

Attraverso la ricerca sul microbioma, riconosciamo quanto siano strette e complete le interdipendenze tra uomo, animali, piante e microrganismi.

Di conseguenza, la ricerca sul microbioma interessa un'ampia gamma di settori: dalla medicina ai sistemi alimentari, dall'economia alla tecnologia. È estremamente importante che tutti i settori interessati collaborino strettamente per poter penetrare ulteriormente nel mondo dei microbiomi.

È sempre più evidente che i microrganismi dominano il nostro mondo. In molti casi, il modo esatto in cui lo fanno è ancora un grande mistero.





### **MicrobiomeSupport**

L'Istituto austriaco di tecnologia AIT ha guidato il progetto MicrobiomeSupport. Il progetto è stato finanziato dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea (accordo di sovvenzione: 818116). L'obiettivo: aprire la strada a sistemi alimentari sostenibili e circolari basati sui microbiomi e alla bioeconomia. 29 partner accademici e governativi di 13 Paesi europei e 9 partner internazionali hanno lavorato a stretto contatto per definire standard di qualità per la ricerca sul microbioma e sviluppare raccomandazioni per un'agenda strategica di ricerca e innovazione in Europa e nel mondo.

[www.microbiomesupport.eu](http://www.microbiomesupport.eu)



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 818116.

### **STORY & DIGITAL DESIGN**

Claudia Puck  
Johann Steinegger  
Sebastian Pichelhofer  
Sebastian Postl  
Florian Wurster  
Valentin Postl  
Brigitte Wegscheider

### **SCIENTIFIC ADVICE**

Angela Sessitsch  
Tanja Kostic  
Stephane Compant

### **VIRTUAL REALITY FILM**

<https://www.microbiomesupport.eu/resources/virtual-reality-movie>

\*All images are 3D illustrations.