

I BATTERI E IL LORO RAPPORTO CON LE COLTIVAZIONI E LA SALUTE UMANA

I BATTERI E L'AGRICOLTURA

Gli organismi viventi sono caratterizzati da una complessa rete di relazioni con i microrganismi che vivono con essi: le cellule vivono in natura in associazione con altre cellule in una sorta di agglomerato chiamato popolazione. Le popolazioni sono quindi composte da gruppi di cellule correlate, generalmente derivate da una singola cellula per divisioni cellulari. Il luogo dove la popolazione microbica vive si chiama habitat. In natura raramente le popolazioni vivono isolate, piuttosto esse convivono ed interagiscono con altre popolazioni cellulari assemblate nelle cosiddette comunità microbiche.

Le popolazioni delle comunità microbiche interagiscono secondo diverse modalità, con effetti benefici o dannosi. In molti casi interagiscono e cooperano per procurarsi gli alimenti; spesso i prodotti di scarto dell'attività metabolica di un gruppo microbico fungono da nutrienti per un altro. Gli organismi di un habitat interagiscono anche con l'ambiente fisico e chimico. Gli habitat sono molto diversi tra loro: uno favorevole alla crescita di un organismo può essere dannoso per un altro. L'efficienza della comunità microbica in un dato habitat è quindi determinata dalle caratteristiche fisico-chimiche dell'ambiente. Quando parliamo di organismi viventi insieme alle caratteristiche fisico-chimiche del loro ambiente stiamo parlando di ecosistema. I maggiori ecosistemi microbici sono quelli degli organismi superiori, siano essi animali o piante.

Le proprietà di un ecosistema sono spesso, e in notevole misura, sotto il controllo delle attività microbiche. Quindi, benché i microrganismi sembrino essere poco rilevanti in natura, essi sono estremamente importanti negli equilibri di ogni ecosistema.

L'interazione della pianta con la comunità microbica del suolo, ad esempio, è un'importante componente dell'ecosistema. Molti microrganismi terricoli, infatti, esercitano una funzione benefica per la pianta: essi sostengono la decomposizione e la mineralizzazione dei residui organici, facilitano l'assorbimento dei nutrienti, promuovono la crescita, fissano l'azoto e possono proteggere le piante dall'attacco dei patogeni.

Tutto il sistema dell'agricoltura dipende in gran parte dalle attività microbiologiche. In un terreno agrario ci sono 10 milioni di batteri per grammo di terreno e questi sono diversi l'uno dall'altro. In due grammi di terreno agrario noi abbiamo l'equivalente della popolazione di New York e questa ha una sua funzione biologica. Infatti, quando le piante hanno "deciso" di colonizzare questo

suolo, esse sono partite dal mare, in cui la vita si era sviluppata ed hanno dovuto fare i conti con un suolo che non era assolutamente ospitale e privo di qualunque fonte di nutrienti organici. Hanno quindi dato luogo ad una simbiosi mutualistica e si sono organizzate con tutti quei microrganismi che si erano nel tempo sviluppati nell'acqua.

La simbiosi mutualistica è quel tipo di associazione tra due organismi necessaria alla sopravvivenza di entrambi, dalla quale entrambi ricavano un reciproco vantaggio.

Le alghe quindi, al momento di colonizzare la terraferma, hanno dovuto inventarsi non solo un sistema radicale che non esisteva prima, ma anche una serie di aiuti, di probiotici, che permettessero a questa pre-pianta di colonizzare questo ambiente inospitale. Ciò è stato possibile grazie ai microrganismi (funghi, batteri, funghi saprofiti, cioè tutto un insieme di microrganismi appartenenti ai vari fila) che partecipavano a questa colonizzazione e che da allora sono parte essenziale di questo sistema che la pianta non ha mai smesso di utilizzare.

I funghi micorrizici, sia AM (endomycorrize arbuscolari) che ECM (ectomycorrize) o i batteri azotofissatori (rizobi), instaurano delle simbiosi mutualistiche con le radici.

La maggior parte dei batteri presenti su suolo agrario è concentrata sulle radici delle piante poiché c'è un rapporto suolo-pianta per cui i batteri sono in gran parte nutriti dagli essudati radicali. Il 20% del fotosintetato che una pianta produce come fotosintesi clorofilliana è utilizzato per nutrire i batteri che sono sulle radici. Siccome la pianta induce attraverso i suoi segnali la produzione di sostanze batteriche, decide anche quali batteri "vuole" emettendo particolari essudati radicali.

Prendiamo in esempio le leguminose, che rappresentano uno dei maggiori raccolti in agricoltura. Queste piante vivono in stretta associazione con una specie batterica che forma alle loro radici strutture chiamate noduli. In questi l'azoto atmosferico (N_2) è convertito in un composto azotato fissato che può essere utilizzato dalle piante nel loro sviluppo. In questo modo l'attività batterica che si espleta nei noduli radicali delle leguminose riduce la necessità di utilizzare costosi fertilizzanti azotati.

Un altro esempio di interazione tra organismi diversi, in questo caso tra microrganismo e microrganismo, è quella che viene definita lotta biologica, ovvero "l'utilizzo di organismi naturali o modificati, di geni o prodotti genici, atti a ridurre gli effetti degli organismi indesiderati, e per favorire quelli utili all'uomo, alle coltivazioni, agli animali e ai microrganismi simbiotici". L'obiettivo principale è la riduzione, tramite uno o più organismi, della densità di inoculo o delle capacità patogeniche di un parassita, nel suo stato attivo o dormiente, riduzione che si verifica naturalmente oppure mediante l'introduzione massiva di uno o più antagonisti.

I meccanismi attraverso cui si esplica la lotta biologica sono molteplici ed includono: l'inibizione del patogeno attraverso la produzione di composti antimicrobici (antibiosi); la competizione per nutrienti o siti di colonizzazione; l'inattivazione di fattori di germinabilità del patogeno presenti su

semi o radici; l'inibizione di fattori di patogenicità, quali ad esempio tossine ed enzimi, prodotti e rilasciati dall'agente patogeno; il micoparassitismo attraverso la produzione di una vasta gamma di enzimi degradanti la parete cellulare.

Il successo della lotta biologica richiede non solo lo studio del potenziale agente antagonista, ma anche la conoscenza delle complesse interazioni ecologiche che si instaurano tra la pianta, l'agente patogeno, la microflora naturale e l'ambiente in genere.

Particolarmente interessante è l'interazione realizzata con la pianta dai PGPR (plant-growthpromoting rhizobacteria), ovvero batteri benefici non simbiotici che popolano la rizosfera; con questo termine vengono comunemente indicati batteri appartenenti ai generi *Pseudomonas*, *Serratia*, *Azospirillum* e *Bacillus*.

I PGPR interagiscono con la pianta conferendo caratteristiche positive all'ospite, in particolare un aumento della crescita delle radici e dell'intera pianta e l'inibizione di alcuni patogeni vegetali presenti nel suolo, ma non sono capaci di infettare e invaderne i tessuti.

Oltre a queste azioni di protezione della pianta e di contributo di sviluppo della stessa, i microrganismi sono anche importanti per la produzione di un determinato profumo, o la particolare capacità di produrre antiossidanti e altre qualità.

A riguardo sono state effettuate alcune sperimentazioni dall'Azienda CCS Aosta in collaborazione con il Dott. Giorgio Masoero, ex ricercatore del CRA per la Zootecnia di Caramagna (CN). Nel suo laboratorio si sperimentano gli effetti della componente microbiologica delle radici con i più moderni e rapidi strumenti di analisi: un gascromatografo del tipo "naso elettronico" e lo spettrometro portatile NIR (near-infra-red).

LE API E I MELI:

In una prova in campo, effettuata presso l'Azienda La Cremonina (Castelfoglio), si è osservato che intorno a un gruppo di piante micorrizzate (inoculate all'impianto con un consorzio microbiologico composto da funghi e batteri) volavano una cinquantina di api, mentre sulle vicine piante non micorrizzate se ne contavano non più di cinque. Un campione di fiori e di foglie è stato così tempestivamente trasferito ai laboratori dell'azienda del CRA sita in Caramagna.

Le piante micorrizzate sviluppano una maggior quantità di aromi dai petali, in media del 10% ma con forti differenze tra i dieci sensori (fig.1), e ciò può spiegare il maggior richiamo per le api. Interessante è inoltre il fatto che anche le foglie degli alberi micorrizzati, più numerose ma di taglia leggermente ridotta, risultano di un 10% più odorose e con una gamma di aromi più variegata (fig.2). Da notare che la risposta ottenuta con i raggi NIR, una luce invisibile riflessa dai petali e dalle foglie, conferma esattamente l'ordine di grandezza delle differenze che risultano fra piante

micorrizzate e normali: sarebbe come dire che il naso e l'occhio della scienza dimostrano quello che gli esseri semplici riconoscono al volo e in volo.

LA GRANELLA DEL MAIS MICORRIZATO E' PIU' AROMATICA:

Un'altra osservazione è stata realizzata confrontando al naso elettronico una serie di 21 mais ibridi convenzionali con due granelle ottenute da colture micorrizzate. Anche in questo caso si registra una levitazione del profilo aromatico, in media del 18%, ma con aumenti fino al 300% in un sensore e del 200% in un altro (Fig.3). La variazione del profilo aromatico è fenomeno ricorrente ed è stato constatato, ad esempio, anche sul basilico: l'aumento di composti aromatici indotti dalle micorrize viene correttamente previsto sia dal naso elettronico sia dall'esame NIR delle giovani foglie.

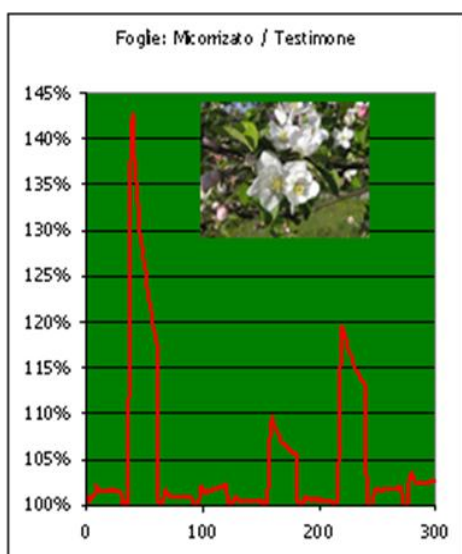


Figura 1: Aumento % del segnale aromatico nei petali di meli micorrizzati rispetto ai petali dei testimoni non micorrizzati (10 sensori del Naso Elettronico x 30 secondi = 300 punti).

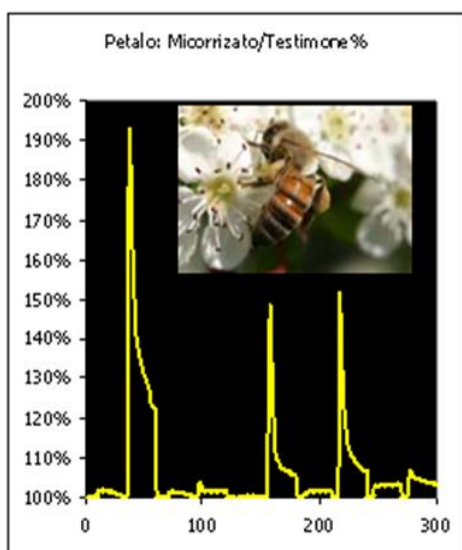


Figura 2: Aumento del segnale aromatico nelle foglie di meli micorrizzati rispetto ai testimoni non micorrizzati.

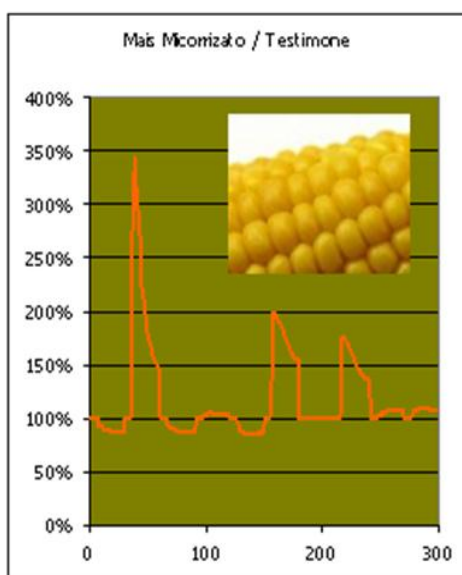


Figura 3: Aumento del segnale aromatico nella granella di mais micorrizzati rispetto ai testimoni non micorrizzati.

Quanto accennato ricade in campi scientificamente nuovi. In particolare, nel settore enologico - nonostante il vino sia una delle sostanze più annusate - gli studi applicati alle uve, alle bucce e alle foglie sono una novità che potrebbe riservare interessanti sorprese.

In natura, dove nulla è realmente nuovo e molto si ricicla (pensiamo semplicemente all'aria e all'acqua), gli odori rappresentano una sorta di "linguaggio universale" regolato dai codici di attrazione e di repulsione per gli organismi viventi.

Con gli strumenti che oggi abbiamo a disposizione è possibile indagare il complesso mondo delle relazioni pianta-microrganismi ed è giusto pensare che, utilizzando le conoscenze attuali, sia ipotizzabile una nuova frontiera dell' agricoltura" con meno chimica e più microbi", più rispettosa quindi dell'ambiente e della biologia delle piante.

L'ottimizzazione delle pratiche colturali appare inoltre come il metodo più naturale, sicuro ed economico per migliorare la qualità del cibo, permettendo inoltre di mettere in relazione i temi di salute umana e nutrizione con i concetti di ecologia e salvaguardia ambientale.

I BATTERI E L'ALIMENTAZIONE

Gli alimenti fermentati fanno da sempre parte della dieta dell'uomo. Si calcola che al giorno d'oggi circa il 20% della dieta nei paesi sviluppati sia composta da alimenti fermentati e nei paesi in via di sviluppo questa percentuale può arrivare a superare il 50%.

In un certo senso, la fermentazione può essere definita come un processo di deterioramento di un alimento che produce risultati desiderabili. Molti alimenti di origine animale e vegetale sono facilmente deteriorabili: la crescita di microrganismi indesiderati può renderli pericolosi per la salute, alterarne le caratteristiche nutrizionali, o renderli inaccettabili da un punto di vista sensoriale, producendo alterazioni dell'aspetto, dell'odore o del sapore. Tuttavia, la crescita di microrganismi può produrre anche cambiamenti desiderabili: l'alimento può diventare più sicuro da un punto di vista igienico, più conservabile, sviluppare nuove proprietà sensoriali. Le prime fermentazioni alimentari sono nate sicuramente per caso: i microrganismi utili sono naturalmente presenti su molte materie prime di origine animale e vegetale e, se le condizioni sono favorevoli per il loro sviluppo, crescono rapidamente e prendono il sopravvento, limitando la crescita dei microrganismi indesiderati (patogeni, microrganismi putrefacenti, etc.).

I primi alimenti fermentati sono nati quindi per caso ma l'uomo ha imparato rapidamente a manipolare le condizioni che favorivano le fermentazioni, sviluppando le migliaia di prodotti

fermentati che conosciamo oggi. Le prime registrazioni storiche della produzione di formaggi risalgono al 6000 a.C. Gli egizi producevano pane e vino già nel 4000 a.C. e le prime notizie sulla produzione di birra in Mesopotamia risalgono al 1750 a.C.

Oggi, un'enorme varietà di alimenti è prodotta per fermentazione, cioè mediante un processo per cui un materiale grezzo subisce un cambiamento ad opera delle attività enzimatiche dei microorganismi ed acquista caratteristiche fisiche od organolettiche nuove e/o desiderabili. Bevande alcoliche, pane e prodotti da forno, formaggi e latte fermentati, salumi sono prodotti fermentati noti a tutti. Tuttavia, processi di fermentazione avvengono durante la produzione di molti alimenti affumicati, di molti prodotti di origine vegetale (crauti, cetrioli, olive), del cacao, del caffè, della salsa di soia, del tempeh e di migliaia di prodotti ottenuti da materie prime vegetali o animali nei paesi in via di sviluppo (prodotti fermentati indigeni).

Gli effetti benefici dei prodotti fermentati e del loro consumo giornaliero sono ampiamente dimostrati e coinvolgono tanto le popolazioni in via di sviluppo quanto i Paesi sviluppati.

Il problema della cattiva nutrizione e delle deficienze vitaminiche si sta diffondendo anche in questi ultimi dove, certamente, non manca la possibilità di alimentarsi.

Di fatto le industrie farmaceutiche ci bombardano quotidianamente con preparati multivitaminici integranti l'alimentazione. Nel nostro benestante mondo Occidentale le vitamine sono aggiunte nella preparazione del cibo, come misura di sicurezza per la salute pubblica. Esempi sono l'aggiunta di vitamina A e D in latte e burro e la riboflavina nel pane. I succhi di frutta vengono invece fortificati con acido ascorbico.

Il problema non si basa solo sul limitato e standardizzato consumo di prodotti fermentati, ma anche sull'utilizzo di prodotti che hanno subito altri processi di conservazione che ne distruggono le proprietà organolettiche e nutritive.

Di seguito riportiamo le proprietà benefiche date dal processo fermentativo.

-Incremento del valore nutritivo:

1. *Arricchimento nel contenuto di vitamine, proteine, aminoacidi essenziali:* sia ha un incremento nel contenuto di vitamine del gruppo B poiché sono le più sintetizzate dai microorganismi, ma anche dell'acido ascorbico.

I bambini nati e nutriti da madri che soffrono di carenza in tiamina possono sviluppare il Beri-Beri con conseguente morte nei primi tre mesi di vita per deficienza cardiaca. I microorganismi coinvolti nella fermentazione del Tapè Ketan (fermentazione di origine indonesiana in cui il riso viene inoculato con una soluzione madre precedentemente preparata, trasformandosi in un dolce-acido e leggermente alcolico) sintetizzano tiamina, risolvendo questo enorme problema nella nutrizione della madre.

Altro esempio è l'Idli (prodotto tipico indiano, è come un pane leggero dato dalla fermentazione di riso e ceci neri), che vede un incremento della vitamina B₁₂. Il Pulque messicano vede un maggior contenuto in tiamina, riboflavina, niacina, acido pantotenico, acido ammino benzoico, piridossina e biotina.

Sono stati messi a confronto popoli che utilizzano prodotti fermentati con quelli che non ne fanno uso ed è stata constatata una maggior incidenza delle patologie causate da carenza di vitamina del gruppo B.

Per la vitamina C, più che un incremento, sono garantite le condizioni di acidità richieste per la sua stabilità.

La sintesi di sostanze antiossidanti prodotte da batteri durante la fermentazione garantisce la conservazione delle vitamine soggette a stress ossidativo.

I microrganismi possono provocare, in alcuni casi particolari di fermentazione tradizionale, un aumento del doppio nel contenuto proteico. In alcuni alimenti fermentati a base di mais si ha un arricchimento in proteine, lisina e triptofano, dove è stata riscontrata la presenza di batteri azoto fissatori.

Inoltre, la sintesi di sostanze antiossidanti dai batteri in fermentazione garantisce la preservazione delle vitamine soggette a stress ossidativo.

2. *Aumento biodisponibilità dei nutrienti*: la biodisponibilità di un nutriente rappresenta la percentuale dello stesso introdotto con la dieta e che poi viene effettivamente assorbito e quindi disponibile per i processi catabolici e anabolici delle cellule umane.

3. *Aumento della densità*: la densità che si viene a creare nei prodotti fermentati, la concentrazione del substrato, permettono di ottenere un maggior valore calorico dell'alimento. Con una quantità inferiore si ottengono molte più calorie. Come per esempio avviene nelle fermentazioni che riguardano le farine di cereali. Con una semplice concentrazione di un 5% si ha un contenuto calorico di 0,2 Kcal/g, utilizzando il processo di fermentazione si ha una concentrazione del 30%, che porta ad un contenuto calorico di 1,2 Kcal/g. In realtà la fermentazione non aumenta in contenuto calorico, bensì lo concentra in una quantità minore di alimento.

-Aumento della digeribilità:

Soprattutto per la componente glucidica che rappresenta la parte più utilizzata dai microrganismi. Di fatto il metabolismo microbico fa sì che gli amidi complessi siano idrolizzati a monomeri semplici.

Le persone intolleranti al lattosio, se non gravi, possono consumare i prodotti ottenuti dalla fermentazione del latte, in quanto presentano solo tracce del disaccaride che in gran parte è stato idrolizzato.

Così come i glucidi, anche le proteine subiscono idrolisi, tanto che il contenuto in amminoacidi liberi a seguito della fermentazione aumenta notevolmente; di conseguenza la digestione è facilitata.

Stessa cosa vale per i trigliceridi, digeriti dai microrganismi liberano acidi grassi e glicerolo, loro costituenti.

I cibi fermentati sono quindi più digeribili di quelli non fermentati.

-Preservazione e sicurezza:

La sicurezza nel processo di fermentazione del cibo è relazionata ad alcuni principi. Il primo è che i microrganismi fermentati sviluppandosi sul cibo impediscono la crescita delle specie patogene, tossiche e velenose.

Un secondo principio è che le fermentazioni che vedono la produzione di acido lattico sono generalmente sicure. Per esempio la fermentazione lattica delle farine inibisce la proliferazione dei batteri patogeni come *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Shigella flexneri* e *Salmonella typhimurium*.

Il terzo principio che contribuisce alla sicurezza è che le fermentazioni di cibi e bevande che includono la produzione di etanolo sono generalmente sane. L'etanolo è germicida, e se il prodotto è mantenuto in condizioni anaerobiche si conserverà nel tempo e rimarrà stabile.

-Basso costo (se prodotto tradizionalmente):

I cibi fermentati sono generalmente ricavati da risorse poco costose come legumi, cereali, latte...etc. e la maggior parte dei prodotti hanno profitti di margine veramente modesti, fino ad arrivare a prodotti sul mercato notevolmente pregiati (vino, birra, formaggi).

-Diminuzione dei tempi di cottura:

I cibi fermentati richiedono tempi brevissimi di cottura, o non la prevedono affatto.

-Detossificazione:

Il processo fermentativo contribuisce all'incremento della sicurezza rispetto al prodotto fresco, poiché si vengono a creare barriere chimiche e fisiche che possono impedire una contaminazione microbica indesiderata.

Un problema molto grande di contaminazione è dato dalle micotossine, ossia di metaboliti secondari prodotti da alcuni ceppi appartenenti a diverse specie fungine tossinogene.

Le micotossine, se accumulate nelle derrate ingerite, possono essere responsabili di gravi intossicazioni alimentari conosciute come "micotossicosi", che colpiscono gli animali in produzione zootecnica e, direttamente o indirettamente, l'uomo.

La detossificazione biologica di alcuni tipi di micotossine è stata dimostrata in particolare per ocratossina A, patulina, zearalenone, tossina T-2, fumonisina, vomitossina, diacetossiscirpenolo e deossinivalenolo.

I glucosidi cianogeni (che liberano acido cianidrico, velenoso) contenuti in molti cereali e legumi rappresentano un altro elemento tossico della materia prima. Oltre alla velenosità dimostrata dell'acido cianidrico si ha un aggravamento delle deficienze di iodio espresso in gozzo e cretinismo. C'è anche un evidente legame tra i composti cianogeni e le malattie paralitiche e neuropatie tropicali.

Alcuni dei microrganismi che operano nella fermentazione lattica sintetizzano gli enzimi capaci di idrolizzare i glucosidi cianogeni.

-Arricchimento in aromi e profumi:

I microrganismi, oltre ad incrementare gli aromi grazie la sinergia con le radici delle piante, contribuiscono alla formazione di composti volatili e non durante il processo fermentativo. Questi composti determinano un aroma ed un gusto unici nei prodotti fermentati, rendendo la materia di partenza di gran lunga più appetibile.

-Benefici nutraceutici:

1. il pH basso inibisce la crescita nel cibo di batteri sporigeni e/o tossici e distrugge alcuni patogeni.
2. Alcuni batteri lattici e le muffe producono antibiotici e batteriocine.
3. L'effetto benefico sulla salute dato dai batteri lattici sulla flora intestinale è ben documentato.
4. Alcune sostanze ritrovate nei cibi fermentati hanno un effetto preventivo e protettivo nello sviluppo dei tumori.

Questo tipo di alimentazione tradizionale, basata su cibi fermentati con metodi artigianali, ha anche un altro scopo salutistico non ancora completamente esplorato: con il cibo così fermentato viene ingerita una notevole quantità di microrganismi "benefici", gli stessi già presenti nel cibo a inizio fermentazione (consorzi microbiologici della rizosfera) e responsabili dell'inizio della stessa.

I BATTERI E L'UOMO

Il batteriologo della Washington University, Theodor Rosebury, pubblicò nel 1962 un trattato in cui riassume tutto ciò che allora si sapeva sulle forme di vita batterica che popolano il paesaggio umano e sulle loro interazioni, nel bene e nel male, con il loro "ambiente". In tal modo egli offrì alla scienza il primo censimento completo della "microflora" umana, insieme a quel poco che si sapeva sulle attività delle sue componenti.

Sebbene avesse scritto quel tomo nel più arido gergo accademico, il professor Rosebury era famoso, nel campus, perché provava un gusto particolare a turbare i partecipanti ai suoi corsi mettendoli di fronte a vivide descrizioni del paesaggio microscopico del corpo umano: descrizioni che non si limitavano a suscitare un semplice disgusto, ma finivano per evocare immagini di una bellezza bizzarra. Uno dei racconti preferiti di Rosebury implicava la descrizione, dal punto di vista microscopico dei germi, del baccanale rappresentato in Tom Jones, film del 1963 e vincitore di alcuni Oscar: una scena spesso descritta come il pasto più erotico mai affidato a una pellicola cinematografica:

"Aggiungendo alla cinepresa di Richardson il mio immaginario microscopico, con tanto di zoom, ero in grado, con l'occhio della mente, di mettere a fuoco le piccole fessure delle gengive intorno ai denti di Tom e Jenny mentre consumavano il loro pasto e di osservare il brulichio di vita microbica fervente là in mezzo: le spirochete in frenetico movimento; gli spirilli più spessi, simili a cavatappi; i vibrioni che scivolavano avanti e indietro; e poi ancora le più lente o immobili colonie a catenella e a grappolo di bacilli e cocchi, ammassate dappertutto o ribollenti tra i frammenti di epitelio desquamati insieme alle fibre e al detrito delle cellule e delle particelle di cibo. Come i grandi e splendidi animali nella cui bocca essi vivono, anche questi sono organismi, esseri viventi; e io me li immaginavo, proprio come Tom e Jenny, mentre approfittavano dell'improvvisa disponibilità di nutrimento, dopo un lungo digiuno".

Rosebury teorizzava che la comunità di "germi" presenti nel corpo umano, con la sua fitta rete di relazioni, rappresentasse anche il più potente baluardo del genere umano contro l'invasione da parte di altri germi, simili ma meno ben adattati, responsabili di malattie. Rosebury diceva che "il mito secondo cui i germi e la sporcizia sono sempre nostri nemici è pericoloso e ha un prezzo". Per farla breve, i batteri sono parte intrigante di un ecosistema umano sano.

Proseguendo con queste argomentazioni, Rosebury descrisse la nascita di un essere umano come l'emergere di un primo lotto di proprietà immobiliare microbica, la cui colonizzazione comporta la fusione di due regni della vita immensamente diversi. Se tutto fila liscio durante le prime ore - e poi nei primi giorni, mesi ed anni - di vita, il risultato finale sarà la formazione di una forza di protezione microbica: una "guida nazionale" che si dispiegherà sulla cute e sulle mucose del bambino, dal cuoio capelluto, con la sua superficie cerosa, ai condotti delle vie respiratorie e dell'apparato digerente, fin giù, nelle pieghe fra le dita dei piedi, umide di sudore. E con ogni probabilità, come lo stesso Rosebury sottolineava, tutto filerà liscio. Questo nuovo essere umano crescerà rigoglioso in un mondo inondato di vita microbica: l'istinto lo spingerà a saggiare con le mani e con la bocca ogni superficie brulicante di batteri che si trovi alla sua portata. Una compulsione parimenti istintiva, ipotizzava Rosebury, spingerà i genitori, i fratelli e le sorelle, nonché gli animali domestici a salutare il nuovo venuto con baci, carezze, leccate e altre manifestazioni di tenerezza: tutte ugualmente cariche di germi.

I preparativi per l'alleanza tra esseri umani e microbi cominciano già prima della nascita. A metà della gestazione un cambiamento ormonale segnala alle cellule di rivestimento della vagina che deve iniziare ad accumulare glicogeno: uno zucchero che viene utilizzato dai lactobacilli. Essi, fermentando il glicogeno, producono acido lattico, abbassando così il pH della vagina a livelli tali da scoraggiare lo sviluppo di invasori potenzialmente pericolosi. I lactobacilli, con la produzione di acido, assicurano una parziale protezione contro *Nisseria gonorrhoeae* e *Chlamidia trachomatis*: batteri trasmessi sessualmente che possono causare la cecità nei neonati che si infettano durante il parto.

Proprio come la colonizzazione della bocca e della cute, quella del tubo digerente umano, che ospita il 99% della microflora del nostro corpo, ha inizio durante la nascita, iniziando dai lactobacilli che il feto incontra nel canale del parto.

Prima di raggiungere l'intestino, tutti i microbi in entrata devono passare attraverso lo stomaco. Nello stomaco dei bambini più grandi e degli adulti gli elevati livelli di acido cloridrico rappresentano una barriera capace di uccidere i microbi.

La secrezione acida, però, comincia a pieno ritmo soltanto a tre mesi di età, arrivando gradualmente ai livelli tipici dell'età adulta nell'arco di diversi anni. Nella prime fasi della vita questo ritardo lascia una porta aperta alla colonizzazione dello stomaco e dell'intestino.

L'intestino tenue è il luogo in cui i microbi in entrata impegnano più direttamente il sistema immunitario quiescente del neonato. In alcune aree sono situate le Placche di Peyer: un mosaico di cellule appiattite, le cui strutture a forma di cupola ricoprono i più

importanti “centri di addestramento” del sistema immunitario. Le fossette sulla superficie delle cellule appiattite sono tasche che intercettano continuamente batteri di passaggio, siano essi vivi o morti. Questo non significa che il sistema immunitario ignori i batteri intestinali, infatti, invece di indurre un’inflammazione che ucciderebbe i germi, le interazioni che hanno luogo nelle Placche di Peyer innescano la produzione di una gran quantità di anticorpi noti come immunoglobuline A o IgA. Come tutti gli anticorpi, ogni IgA attacca un bersaglio specifico, in questo caso un tipo particolare di batterio intestinale. Tuttavia, invece di contrassegnare il batterio destinandolo così alla distruzione, le IgA si limitano ad aggregarsi sulla sua superficie, impedendogli di attaccarsi alla parete dell’intestino.

Nel corso dell’infanzia, il numero delle Placche di Peyer nel rivestimento dell’intestino tenue diminuisce, passando da diverse centinaia ad una trentina. Questo gruppo residuo si concentra lungo il segmento finale dell’intestino tenue, proprio prima che esso si apra in quella grande camera di raccolta dei batteri che è il colon. In queste placche residue, una parte molto ridotta di cellule immunitarie continua a monitorare il passaggio quotidiano di milioni di microbi, riconoscendo la maggioranza di essi come visitatori normali, meritevoli di tolleranza.

Una volta passati attraverso le energiche contrazioni e le cellule intercettatrici dell’intestino tenue, i batteri entrano nell’intestino crasso. Sterile al momento della nascita, esso è destinato a diventare, nel corpo umano, l’equivalente di una fossa pluviale microbica.

La prima ondata di microbi intestinali innesca inoltre la maturazione del rivestimento dell’intestino crasso. I vasi sanguigni sottostanti si estendono verso la superficie dell’organo, dove formano una fitta rete di minuscoli capillari necessaria per mantenere sano il tessuto e per liberare i nutrienti liberati dai batteri residenti. Allo stesso tempo, il primo contatto con i batteri risveglia milioni di cellule staminali intestinali. Una volta attivate, esse cominciano a dividersi incessantemente, e la loro proliferazione rinnova di continuo il delicato strato di cellule superficiali del rivestimento intestinale. Questa continua sostituzione rende il tratto intestinale resistente al tipo di lesione che ha luogo inevitabilmente quando il bambino incomincia a mangiare cibi solidi (contenenti molte tossine naturali).

L’introduzione nella dieta di cibi solidi allinea la comunità intestinale del bambino allattato al seno a quella dei suoi coetanei alimentati con latte artificiale, sebbene non esistano due individui che ospitano esattamente le stesse specie e gli stessi ceppi. In media tendono a predominare una trentina di specie accompagnate da un altro centinaio,

presenti in numero minore. Le più abbondanti e produttive di tali specie comprendono anaerobi che digeriscono la fibra alimentare, per esempio i bacilli *Bacterioides* e *Eubacteria*.

L'intestino umano ospita anche un assortimento di anaerobi di forma sferica detti "cocchi". Fra di essi troviamo specie di *Enterococcus*, *Peptococcus*, *Streptococcus* e *Peptostreptococcus*, i quali fermentano una gran quantità di proteine e grassi complessi riducendoli a zuccheri e acidi grassi: molecole più semplici che l'organismo è in grado di assorbire.

Altri importanti membri della flora intestinale comprendono i clostridi, alcuni dei quali producono tossine.

Fra i membri di minoranza della comunità intestinale troviamo cinque o sei generi di lactobacilli e un piccolo numero di anaerobi facoltativi come *Escherichia coli*.

Circa un essere umano su cinque ospita un quantitativo rilevabile di germi intestinali produttori di metano, come *Methanobrevibacter smithii* e *Methanosphaera stadtmanae*. Questi metanogeni si nutrono dell'idrogeno e dell'ossido di carbonio prodotti dai microbi loro vicini, intenti a digerire la fibra alimentare.

La pelle, la bocca, il naso, il tubo digerente. Da più di vent'anni i microbiologi possono vantare una conoscenza essenziale delle creature che vivono nel corpo umano, insieme a una comprensione dei benefici e dei pericoli associati a questa nostra convivenza.

Il nostro sistema immunitario interagisce in continuazione con il mondo batterico intorno a noi. Nella maggior parte dei casi l'interazione si dimostra benefica, mantenendo i microbi al loro posto e il sistema immunitario in uno stato di tranquilla vigilanza.

La non funzionalità e la mancanza di questi batteri produce un aumento di malattie classificate come autoimmuni.

L'uomo è un sistema biologico aperto che ha bisogno per la sua funzionalità di convivere con una popolazione di microrganismi.

La società di oggi stabilisce degli standard igienici che intendono eliminare l'intera flora microbica considerandola pericolosa nella sua totalità. In verità essa è importante e necessaria all'ecosistema umano e vegetale.

BIBLIOGRAFIA

Antiche tradizioni da salvaguardare. tesi di laurea presentata presso l'Università degli Studi di Urbino, facoltà di Farmacia, Sofia Franceschetti, a.a.2006/2007.

Brock, Biologia dei microrganismi. M. T. Madigan, vol 1. J. M. Martinko, J. Parker. Casa Editrice Ambrosiana, ed.2007.

I buoni e i cattivi: come sopravvivere in un mondo dominato dai batteri. Jessica Snyder Sachs, ed. Longanesi 2009.

Il terroir e la realtà virtuale. Giusto Giovannetti. Porthos 33-34. primavera 2009.

La risposta allo stress idrico. relazione del Dott. Giusto Giovannetti tenuta durante il Convegno "Acqua sangue della terra" presso Montemonaco (AP), 24-25 giugno 2006.

<http://www2.unibas.it/parente/Starter/Microferm.html>