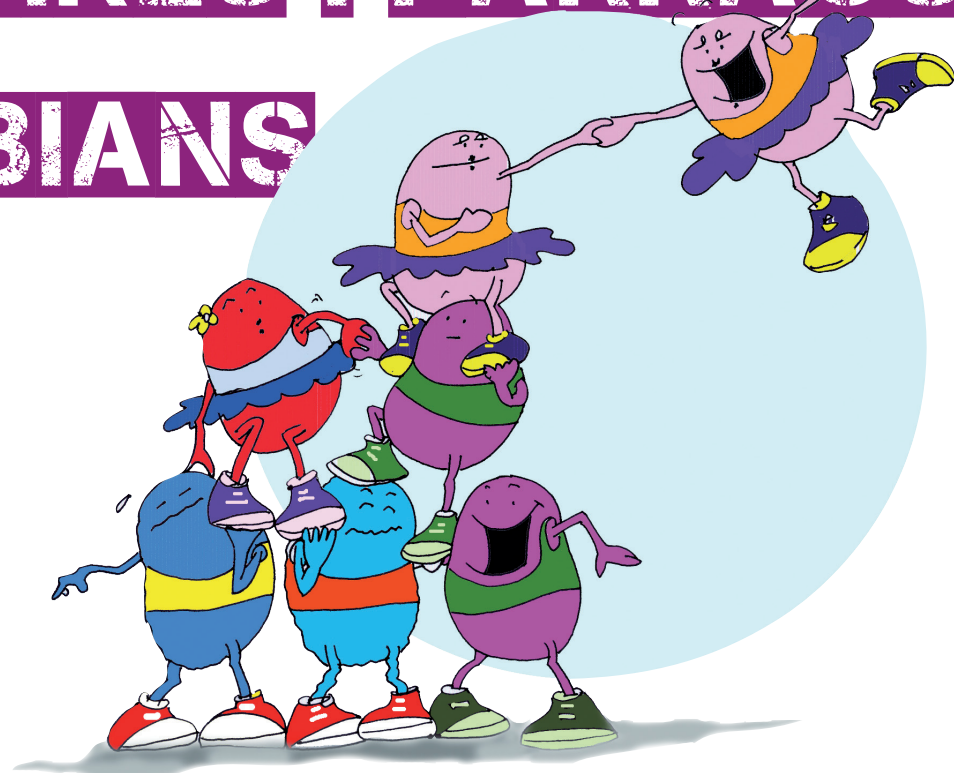


RAMPOINES I PARRACS

MICROBIANS



Escrit per

Mercè Berlanga
 Departament de Microbiologia i
 Parasitologia Sanitàries, Universitat
 de Barcelona
 Ricard Guerrero
 Departament de Microbiologia,
 Universitat de Barcelona

Els biofilms (o biopel·lícules) són comunitats de microorganismes que creixen immersits en una matriu de polisacàrids i estan adherits a una superfície. Gran part d'aquests microorganismes són bacteris bentònics, o sèssils, encara que també hi poden haver microorganismes eucariotes. Les cèl·lules bacterianes sèssils tenen un fenotip que difereix significativament de les cèl·lules planctòniques de la mateixa espècie. En un biofilm hi ha poblacions de diferents espècies organitzades espacialment segons els seus patrons metabòlics. Cooperen de manera que funcionen com una comunitat integrada. Els biofilms constitueixen un enclavament protegit en ambients hostils i en les infeccions cròniques, ja que aquest tipus de creixement comunitari els protegeix dels agents antimicrobians, com ara els antibiòtics i les cèl·lules del sistema immunitari.

ris viuen agrupats, agafats a superfícies, formant part de comunitats heterogènies, en les quals diferents poblacions (o espècies) contribueixen a la protecció, el manteniment i la dispersió del conjunt. En molts casos, convivim amb els biofilms sense adonar-nos-en. Es troben recobrint les pedres dels rius, el vidre de la peixera, el gerro de les flors, els cascots dels vaixells, les canonades d'aigua, la tosca dental, l'interior

dels budells i les parets de la vagina (vegeu el núm. 20 d'OMNIS CELLULA, p. 45-49).

RAMPOINES I PARRACS

Segons les condicions ambientals, un mateix bacteri pot créixer adherit a una superfície o viure de manera planctònica en el medi líquid. Amb un mateix genotip, el bacteri adherit expressa un patró diferent de gens i presenta un fenotip també diferent. Fins ara, suposàvem que les característiques morfològiques i bioquímiques dels bacteris eren les que s'expressaven en cultiu axènic, o bé en líquid o bé en placa. Estàvem acostumats a veure colònies rodones, brillants, com en el cas del llevat del pa, del vi i de la cervesa (*Saccharomyces cerevisiae*,

Dibuix. Formació d'un biofilm. Poblacions de diferents bacteris grampositius i gramnegatius adherits sobre una superfície. (Autora: M. Berlanga.)

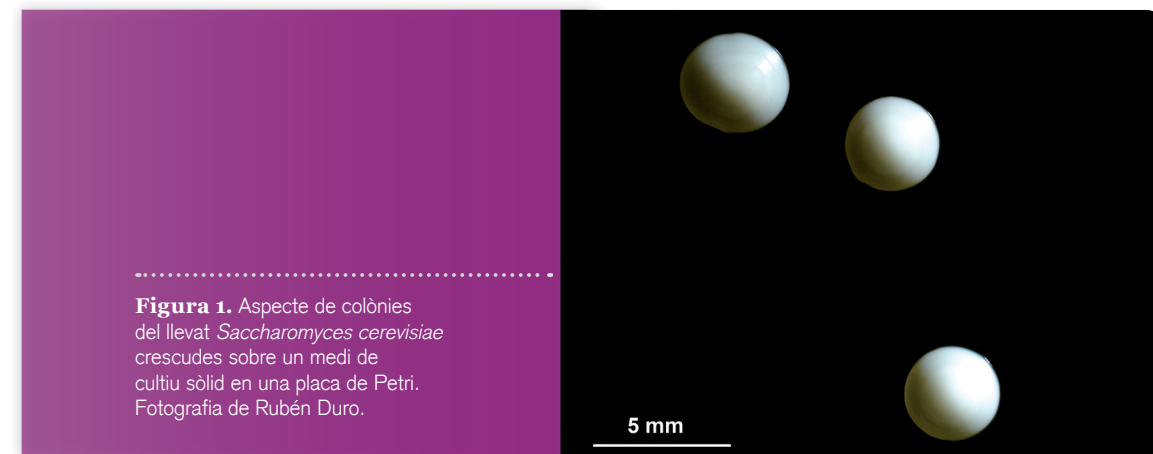


Figura 1. Aspecte de colònies del llevat *Saccharomyces cerevisiae* crescudes sobre un medi de cultiu sòlid en una placa de Petri. Fotografia de Rubén Duro.

fig. 1). Cada colònia bacteriana o de llevat, generalment, és el resultat de la divisió successiva d'un únic individu, i pot arribar a tenir un nombre d'individus que pot estar entre 10^7 i 10^8 . Per arribar a un creixement tan important, han disposat de tots els avantatges del medi i de les condicions de cultiu: tots els nutrients que necessiten, una temperatura, concentració d'oxigen, pH i humitat òptims, etc. Diríem que són microbis que van elegantment vestits a mida, i que viuen tranquils perquè ningú més no els disturba.

Però això solament passa al laboratori. Al món real cap espècie no es troba sola; ha de conviure i competir amb molts altres microorganismes. Ha d'aprofitar rampoines com a aliment i els seus vestits elegants s'han convertit

en parracs, a causa de les condicions de vida difícils. Els biofilms són moltes vegades masses gelatinoses, sense una forma definida (fig. 2). Dins els biofilms, els microorganismes estan més protegits de les variacions de l'ambient, poden optimitzar l'entrada dels escassos aliments disponibles i, sobretot, no són tan fàcilment atacats pels agents externs.

FORMACIÓ I DISPERSIÓ DELS BIOFILMS

L'etapa inicial del procés de formació del biofilm és l'adhesió sobre la superfície. En bacteris gramnegatius (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*) s'ha vist que els flagels i les fimbries intervien en l'etapa d'adhesió. Un cop el bacteri s'ha adherit a la superfície, comença a dividir-se i les cèl·lules filles s'estenen al voltant del lloc de fixació,

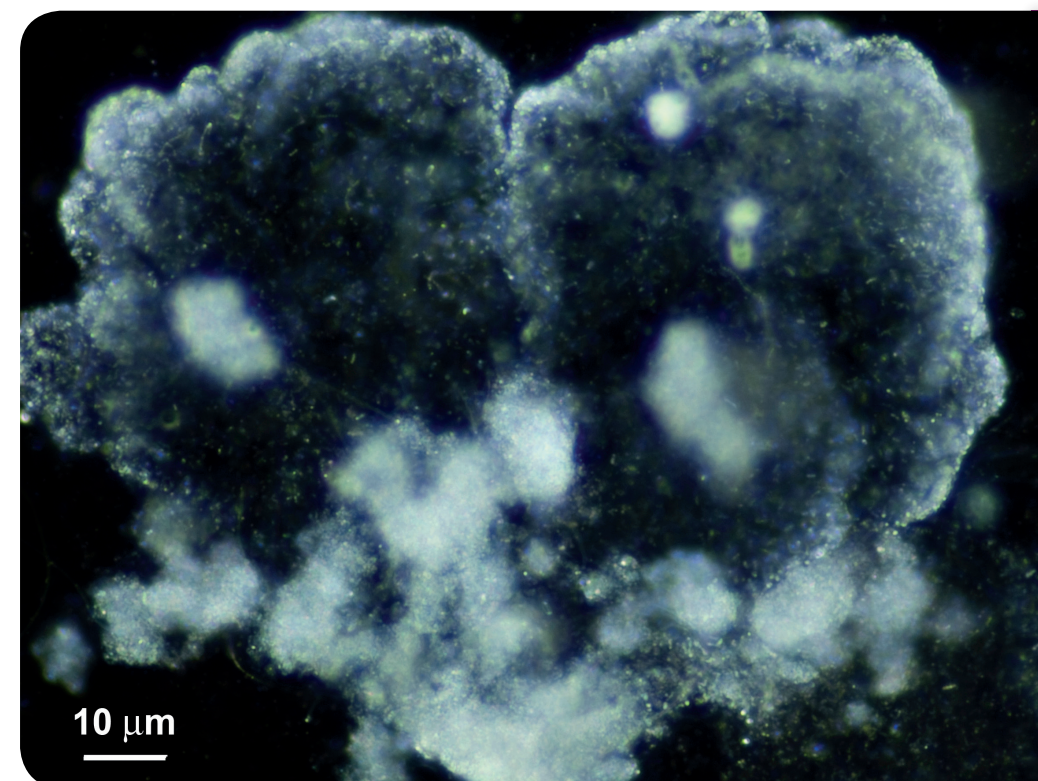


Figura 2. Estructura amorfa d'un biofilm aquàtic. Fotografia de Rubén Duro.

i amb això integren una microcolònia similar al procés de formació de colònies en plaques amb agar. En una etapa posterior, el bacteri comença a secretar polisacàrids, que constitueixen la matriu del biofilm, tot produint unes estructures globulars amb canals. Depenent de les condicions ambientals en què es trobi, el bacteri pot produir diferents molècules. Quan el biofilm ha arribat a una certa mida, alguns microorganismes de la matriu del biofilm es desprenen i van a colonitzar noves superfícies, completant així el cicle de desenvolupament i dispersió del biofilm (fig. 3).

PERCEPCIÓ DE QUÒRUM

La formació del biofilm és un fenomen de percepció de quòrum (*quorum-sensing*) molt freqüent en els bacteris (vegeu *Què Cal Saber?* núm. 149, <http://www2.iec.cat/institucio/societats/SCBiologia/QueCalSaber/QCS149.pdf>). El sistema de percepció de quòrum és un mecanisme de regulació que depèn de l'acumulació al medi d'una

triu que distribueixen els microorganismes de la comunitat del biofilm segons les condicions abiòtiques òptimes o permissives imperants.

BIOFILMS: XUNQUERS EN LA INDÚSTRIA ALIMENTÀRIA

El principal problema dels biofilms en la indústria alimentària és que, en resistir els microorganismes molts dels tractaments de neteja i desinfecció convencionals, la planta de producció dels aliments pot representar un reservori de patògens, que en algun moment es poden transferir a l'aliment, abans, durant o després del processament. Els casos més estudiats són els del patògen grampositiu *Listeria* (fig. 4).

La formació de biofilms en la indústria alimentària pot estar causada principalment per una neteja i una desinfecció incorrectes de les superfícies en contacte amb els aliments; i per errors de disseny de l'equipament que dificulten les tasques de neteja i desinfecció. Les superfícies

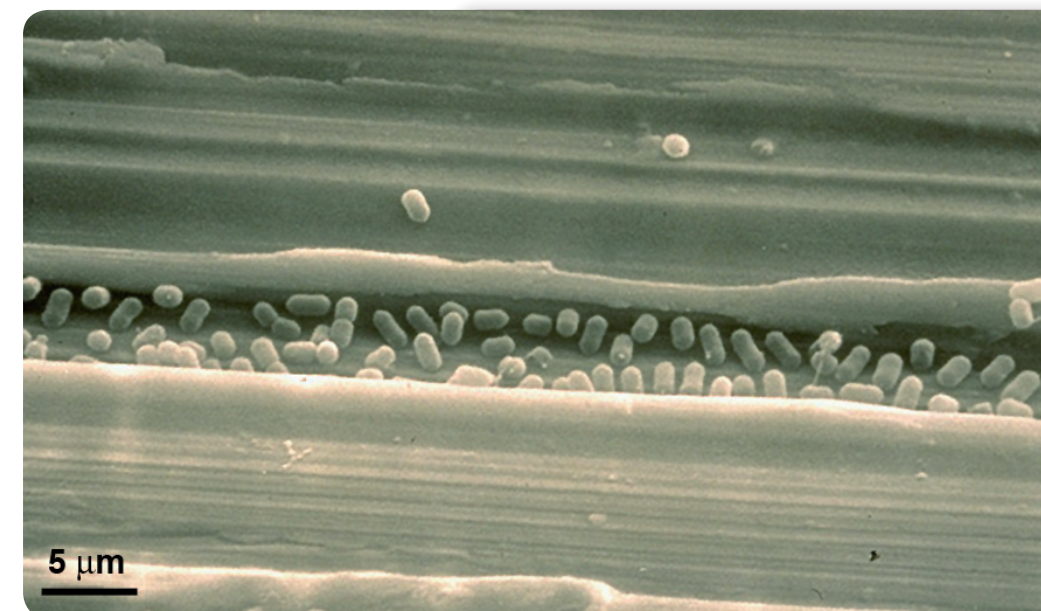


Figura 4. El bacteri grampositiu *Listeria* adherit a una superfície d'acer inoxidable. El bacteri aprofita una petita imperfecció (ratlla) per mantenir-s'hi enganxat. Portada del llibre de T. J. Montville i K. R. Matthews, *Food Microbiology. An Introduction*, ASM Press, 2004.

Actualment s'està intentant desenvolupar inhibidors de la formació del biofilm derivats de la furanona, ja que la molècula original és extremament tòxica. D'una manera semblant, en *Staphylococcus aureus* s'ha descrit un pèptid sintètic de set aminoàcids anomenat RIP (no és un acudit, ve de *RNA III-inhibiting peptide*), que inhibeix la percepció de quòrum i el procés de formació del biofilm.

A MANERA DE «POSTLUDI»

La revelació que els biofilms predominen en pràcticament tots els ecosistemes naturals, industrials i clínics, obliga a estudiar els bacteris d'una manera diferent. L'enfocament reduccionista d'estudiar una soca en cultiu axènic pot revelar-ne la fisiologia i la genètica en un ambient determinat; en les nostres condicions de labo-

ratori, però, no té res a veure amb els processos bacterians que tenen lloc a la natura, o durant una infecció i malaltia d'un hoste. Quan estudiem les cèl·lules planctòniques observem un fenotip particular, que pot diferir dels fenotips del biofilm de sistemes naturals i patògens fins a un 70 % en els gens expressats.

Els biofilms es podrien considerar un superorganisme multicel·lular. Si utilitzem expressions per descriure el creixement embrionari, igual que un oòcit fecundat dona lloc a tota una varietat de tipus cel·lulars durant el desenvolupament del fetus, els bacteris també es diferencien després d'adherir-se a una superfície. Sintetitzen molècules de comunicació que recorden les feromones i les hormones d'insectes i altres animals. Aquestes molècules serveixen per coordinar la construcció de microcolònies dotades d'una estructura complicada, que permet que els nutrients flueixin de fora cap a dins i que els materials de rebuig vagin de dins cap enfora, de manera comparable al sistema circulatori i excretor dels animals. Aquestes observacions indiquen que els bacteris, organismes «inferiors» com hom els denominava fins ara, en realitat ocupen un lloc molt més prominent en l'esquema dels éssers vius. Un lloc pioner i descobridor de la part més gran dels mecanismes bàsics que han permès l'evolució de la vida sobre la Terra. |

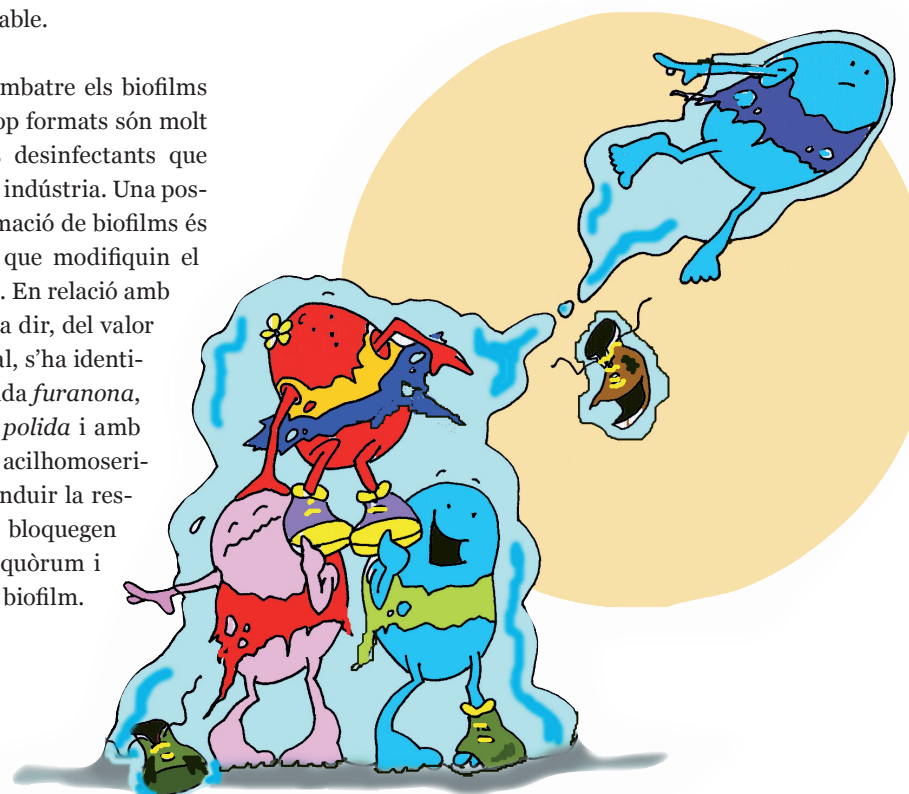


Figura 3. Esquema de la formació d'un biofilm (modificat de <http://www.cs.montana.edu>).

molècula senyal, l'autoinductor, que permet al bacteri percebre la densitat de població existent. En els bacteris gramnegatius, l'autoinductor és principalment l'acilhomoserina lactona, mentre que, en els bacteris grampositius, els autoinductors són pèptids. Quan s'acumula al medi una quantitat suficient d'autoinductor, aquesta molècula activa un receptor específic que altera l'expressió de gens que afecten diversos fenotips. I és que, fenotípicament, aquestes cèl·lules sèssils són diferents de quan són planctòniques. A l'interior del biofilm, els bacteris formen una comunitat funcional coordinada. De fet, els biofilms s'assemblarien als teixits formats per les esponges, en els quals hi ha una certa cooperació, que estan protegits de les variacions sobtades de les condicions ambientals mitjançant el manteniment d'una «homeòstasi» primitiva dins de la matriu d'exopolímers. Aquests polímers retenen la humitat i els nutrients, i permeten la formació de microambients dins de la ma-

es de contacte amb els aliments han de ser llises, no poroses i inerts (no hi ha d'haver cap migració de substàncies cap a l'aliment). El material més utilitzat és l'acer inoxidable.

La millor manera de combatre els biofilms és la prevenció, ja que un cop formats són molt difícils d'eliminar amb els desinfectants que habitualment s'utilitzen a la indústria. Una possible manera d'evitar la formació de biofilms és la utilització de molècules que modifiquin el comportament dels bacteris. En relació amb la percepció de quòrum, és a dir, del valor crític de densitat poblacional, s'ha identificat una molècula anomenada *furanona*, produïda per l'alga *Delisea polida* i amb una estructura similar a les acilhomoserines lactona. En comptes d'induir la resposta, aquestes molècules bloquegen el sistema de percepció de quòrum i la formació consegüent del biofilm.



Dibuix. Dispersió de poblacions microbianes d'un biofilm i colonització de nous espais. (Autora: M. Berlanga.)

Per saber-ne més

HOUDT, R. VAN; MICHIELS, C. W. (2010). «Biofilm formation and the food industry, a focus on the bacterial outer surface». *J. Appl. Microbiol.*, núm. 109, p. 1117-1131.
 KOLTER, R. (2010). «Biofilms in lab and nature: a molecular geneticist's voyage to microbial ecology». *Int. Microbiol.*, núm. 13, p. 1-7.
 LASA, I. (2006). «Towards the identification of the common features of bacterial biofilm development». *Int. Microbiol.*, núm. 9, p. 21-29.
 SAUER, K.; RICKARD, A. H.; DAVIES, D. G. (2007). «Biofilms and biocomplexity». *Microbe*, núm. 7, p. 347-353.