

ELS BACTERIS I LA CONSERVACIÓ DEL MEDI AMBIENT

Comunicació presentada el dia 27 de gener de 1977
per

JOAN AGUILAR

Departament de Bioquímica. Facultat de Farmàcia. Universitat de Barcelona.

SUMMARY

Bacteria and the conservation of the environment

In the last 100 years a great quantity of artificial chemicals appeared in the environment formed by the natural compounds producing what we know as pollution.

Both natural and artificial compounds are or may be degraded by bacteria, algae or fungi. The knowledge of the biochemistry of these processes and the study of the fisiology and the genetics of the cells that carry them will enable us to use these living organisms in solving the pollution problems.

A case is presented and discussed.

La biosfera, així com tots els organismes que la componen, existeixen en un estat dinàmic. Es troben banyats per un flux d'energia solar que reben durant el dia i que és irradiada a l'espai durant la nit. Una part d'aquesta energia és utilitzada en el manteniment dels processos biològics que constitueixen la vida i al mateix temps un gran nombre de compostos orgànics són sintetitzats, transformats i degradats de manera que formen el que s'anomena cicle del carboni.

Per al funcionament coordinat del cicle tan important és la síntesi com la degradació dels compostos carbonats que el constitueixen. Així, en el món vegetal, s'acumulen grans quantitats de polímers com la cel·lulosa, la lignina i d'altres compostos com alcaloides, terpens, etc. Llurs carbons han d'ésser reciclats imprescindiblement i això es fa principalment mitjançant la seva degradació en el catabolisme microbià.

Malgrat la importància que en l'economia del cicle del carboni tenen els processos de degradació, el químic ha trobat sempre més interessant estudiar les reaccions de síntesi que les de degradació, de manera que aquestes últimes han estat comparativament poc o molt oblidades i per tant menys conegudes.

En els últims cent anys, una gran quantitat de compostos químics artificials han fet aparició en el medi ambient. L'home ha tingut un gran interès a sintetitzar-los i fer-ne ús, però no s'ha preocupat massa de llur degradació. Això ha fet que molts d'aquests compostos s'hagin acumulat i s'acumulin com a conseqüència de la manca de reciclatge de llurs carbonis. L'acció de l'home ha vingut, doncs, a interferir i alterar l'equilibri tant del cicle del carboni com de cicles d'altres elements tot creant allò que hom anomena pollució.

S'ha format avui dia un estat d'opinió bastant sòlid sobre les possibilitats d'utilització de bacteris, algues i fongs en la «descontaminació» del medi ambient. Sembla, realment, que la base per a la degradació de la majoria dels compostos abans esmentats pugui trobar-se en un estudi i coneixement més aprofundits de les vies metabòliques degradatives del món microbià, així com a l'estudi dels processos d'evolució i dels mecanismes que els han anat conformant per tal de poder eventualment utilitzar aquest potencial degradatiu dels microorganismes.

Cal aquí remarcar un doble requeriment per tal que tot això pugui portar-se a terme. La possibilitat, per a un compost orgànic, d'ésser degradat i per als seus carbonis d'ésser reutilitzats en una nova síntesi es troba íntimament lligada a la presència de dues característiques en la interrelació entre el compost que ha d'ésser degradat i la bioquímica de l'organisme que l'ha de degradar.

Primerament, el compost ha d'ésser substrat dels enzims que l'haurien de transformar, segurament enzims originàriament destinats a la transformació d'altres compostos similars. Solament així podran els compostos entrar en la via metabòlica que eventualment els arribarà a degradar. Si aquest primer punt es compleix, un segon condicionament ha de donar-se simultàniament: que el compost a degradar sigui capaç d'induir o desreprimir la síntesi de l'enzim per al qual serveix de substrat.⁷ La literatura és plena d'exemples de substrats d'un enzim que no actuen com a inductors.⁸

Pensant en aquests tipus de problemes hom es pregunta immediatament: Si els bacteris han disposat de milions i milions d'anys per a adquirir tota llur potencialitat catabòlica que els permet degradar o transformar, es pot dir, tots els compostos naturals, ¿quants anys els caldrien per a adquirir la capacitat de degradar compostos químics artificials que han estat llençats al medi ambient fa 100, 50, 20 o 10 anys? La resposta a aquesta qüestió topa immediatament amb dos problemes gegantins.

Per una banda, el coneixement incomplet que tenim actualment de les vies metabòliques dels bacteris. La investigació bioquímica ha estat enfocada principalment a l'home i a les disfuncions del seu organisme, però existeixen una infinitat de temes bioquímics que, pel fet de trobar-se fora d'aquest marc (si més no sense un lligam directe amb el metabolisme humà), han quedat relativament apartats de les recerques actuals. El segon problema per a arribar al fons de la qüestió plantejada resideix en el fet que, si hom vol utilitzar els bacteris per a la degradació

dels productes químics artificials, és necessari un coneixement profund dels mecanismes i estratègies utilitzats per la natura en l'adquisició de les capacitats metabòliques que ara posseeixen els microorganismes i, potser, de les noves capacitats que poden adquirir. Tot això constitueix l'objectiu dels estudis actuals d'evolució experimental o evolució provocada al laboratori.¹

Voldria ara passar a exposar un bon exemple d'utilització de bacteris per a la descontaminació i també a la seva relació amb estudis d'evolució experimental. L'empresa *Dow Chemical Company* ha publicat, a través de l'*Environmental Protection Agency* dels Estats Units, un treball on es descriu la utilització de bacteris per a la descontaminació de propilenglicol (1,2-propan-diol) de les aigües residuals d'una planta productora d'aquest compost.³

El propilenglicol s'obté per hidròlisi alcalina de la clorhidrina corresponent en un procés que consumeix gran quantitat d'aigua que és llençada amb una pol·lució de glicol de 8.000 ppm. i una salinitat d'un 10 % aproximadament. Dels canals de desguàs de la planta industrial els tècnics de l'empresa isolaren poblacions de diferents microorganismes (com a mínim 5) amb capacitat d'utilitzar el propilenglicol com a font de carboni i d'energia. L'adaptació al laboratori d'aquestes poblacions a salinitats creixents permeté poder utilitzar-les a l'eliminació del glicol pol·lucionant. El mètode era, segons l'informe de *Dow Chemical*, no solament el tècnicament més eficient d'entre 3 o 4 assajats, sinó també l'econòmicament més rendible.

Nosaltres ens interessarem en aquest cas arran de l'obtenció al laboratori del doctor E. C. C. LIN, del Departament de Microbiologia de l'Escola de Medicina de l'Universitat de Harvard, d'uns mutants d'*E. Coli* K 12 amb capacitat d'utilització de propilenglicol com a única font de carboni i energia.⁶ La mutagènesi del tipus salvatge o soca 1 (Prd⁻) va donar lloc a l'isolament del mutant o soca 3 (Prd⁺). L'estudi de la bioquímica de la via metabòlica d'utilització del propilenglicol i de la fisiologia i genètica de les cèl·lules mutants ampliaren els coneixements sobre el metabolisme del glicol.² Posteriorment,⁴ el cultiu continuat de la soca 3 en condicions de baixa concentració de propilenglicol promogueren l'aparició d'un nou mutant, que anomenarem soca AM, amb més gran afinitat pel substrat i, per tant, capaç d'utilitzar-lo tot i ésser present en concentracions de 10⁻⁵ M.

Sabem ara que l'aparició de la nova capacitat a *E. coli* es deu a un enzim, la propan-diol deshidrogenasa, induïble a la soca i constitutiva a les soques 3 i MA i que catalitza la reacció:



El lactaldeid format es oxidat després a àcid làctic i àcid pirúvic i entra així en el metabolisme general de la cèl·lula. No volem entrar aquí en la discussió del sistema, solament afegirem que, malgrat la possibilitat d'induir l'enzim a la soca 1, aquesta no pot utilitzar el propan-diol

per tal com la funció metabòlica de l'enzim en aquestes cèl·lules és la producció fermentativa del glicol.

Ens trobem, doncs, davant d'un cas d'evolució experimental del que tenim tres estadis evolutius representats per les soques 1, 3 i MA les noves activitats dels dos darrers dels quals coincideixem amb les utilitzades per a la descontaminació de les aigües residuals dels processos de síntesi del propilèneglicol. Sembla, doncs, un cas d'estudi interessant per a conèixer les possibilitats que el món microbià pugui oferir-nos en la conservació del medi ambient. Si bé no es pretén dir que de manera directa els mutants obtinguts en el laboratori haurien pogut ésser emprats en aquest cas, sí que creiem que l'estudi del sistema de propan-diòl i dels seus mutants podrien obrir nous horitzons a l'estudi de problemes d'aquest tipus. Podem esmentar ací la descontaminació de pesticides. Ja hi ha dades sobre l'estudi de poblacions microbianes amb capacitat per a metabolitzar determinats pesticides com el Dalapon i d'altres que s'acumulen en els nostres camps.⁵

Actualment estem tractant d'analitzar l'enzim propan-diòl deshidrogenasa de les tres soques per tal de conèixer quines característiques de les activitats enzimàtiques s'han alterat en el transcurs de l'evolució provocada per nosaltres. Esperem que aquesta anàlisi permetrà conèixer millor el procés evolutiu i la relació de la cèl·lula amb el seu medi ambient i pensem que aquest millor coneixement del metabolisme i dels mecanismes d'evolució dels bacteris permetrà a l'home d'utilitzar-los per al seu profit en la descontaminació del medi ambient; cosa que, no solament es justifica com a necessària en aquest treball, sinó que sembla, a més, raonablement factible.

BIBLIOGRAFIA

1. CLARKE, P. H.: *Evolution in the microbial world*. Cambridge University Press, London, p. 183 (1974).
2. COCKS, G. T., AGUILAR, J. i LIN, E. C. C.: «J. Bacteriol.», 118: 83 (1974).
3. DOW CHEMICAL COMPANY: U.S. Environment Protection Agency, Washington D.C. (1971).
4. LIN, E. C. C., HACKING, A. J. i AGUILAR, J.: «Bioscience», 26: 548 (1976).
5. SENIOR, E., BULL, A. T. i SLATER, J. H.: «Nature», 263: 476 (1976).
6. SRIDHARA, S., WU, T. T., CHUSED, T. M. i LIN, E. C. C.: «J. Bacteriol.», 98: 87 (1969).
7. STANLEY DAGLEY, A. E.: «Assays in Biochem.», 11: 81 (1976).
8. WU, T. T., LIN, E. C. C. i TANAKA, S.: «J. Bacteriol.», 96: 447 (1968).