



MECANISMOS DE RESISTENCIA A ESTRÉS OXIDATIVO Y Cd²⁺ EN ARQUEAS METANOGÉNICAS

Ricardo Jasso Chávez, Departamento de Bioquímica, Instituto Nacional de Cardiología, México D.F. CP 14080,
rjassoch@gmail.com

Palabras clave: metanogénesis, polifosfato, biopelícula

El gas metano (CH₄) es el principal constituyente del gas natural y es una fuente importante de energía en Estados Unidos y Europa. En México, el uso del gas natural es la tercera fuente de energía fósil más utilizada. La combustión de metano tiene la capacidad calorífica más alta para un hidrocarburo por lo que los esfuerzos que se realicen para aprovechar al gas metano pueden proveer significativos beneficios energéticos, económicos y ambientales.

La mayor parte del metano producido en el planeta es de origen biológico en un proceso conocido como metanogénesis y lo realizan microorganismos pertenecientes al dominio *Archaea*. Los organismos metanogénicos son de interés biotecnológico debido a su participación en el tratamiento de residuos caseros e industriales así como la producción de biocombustibles. La metanogénesis es una vía de transporte de electrones que tiene como función generar gradientes transmembranales de Na⁺ y H⁺, los cuales se utilizan para la síntesis de ATP para la duplicación celular. La producción de metano puede verse comprometida cuando hay limitación de fuente de carbono o cuando estos organismos habitan en condiciones adversas de temperatura y pH extremos, o en presencia de metales pesados tóxicos, O₂ u organismos competidores. En los biodigestores la degradación de materia orgánica genera grandes cantidades de CO₂ + H₂, formato, metil-aminas, metanol y acetato, todos ellos son fuentes de carbono que consumen los metanogénicos. Sin embargo, la acumulación progresiva de los metales pesados en los biodigestores y el O₂ presente afectan fuertemente la síntesis de gas metano.

En nuestro laboratorio se obtuvieron cultivos estables de *Methanosarcina acetivorans* resistentes a 1.4 mM Cd²⁺ o 2 % O₂ (V/V), los cuales generan la misma cantidad de gas metano que los cultivos control; incluso la exposición a 0.1 mM Cd²⁺ activa la velocidad de síntesis de metano 6 veces más que en los cultivos sin cadmio. Además se determinó que *M. acetivorans* es capaz de remover hasta el 75 % del Cd²⁺ disuelto en el medio. Por otro lado, en células pre-adaptadas a O₂, se determinó que *M. acetivorans* expresa una amplia maquinaria enzimática para contender contra el estrés oxidativo como SOD, catalasa y peroxidasas, los cuales permiten una constante síntesis de gas metano aún en la presencia de O₂.

El incremento en la síntesis de metabolitos (moléculas con grupos tiol y polifosfatos), así como la síntesis de una biopelícula (conformada principalmente por DNA, carbohidratos y proteínas), fueron mecanismos comunes en los cultivos adaptados tanto a Cd²⁺ como a O₂, sugiriendo que las vías de síntesis de estos metabolitos y de carbohidratos pueden ser blancos moleculares para modificarlas e incrementar la síntesis de biogás metano en condiciones desfavorables y, al mismo tiempo, lograr remover metales pesados de los sedimentos.

La inducción de la síntesis de biopelícula en *M. acetivorans* sugirió que la vía gluconeogénica debe estar muy activa, ya que la formación de macromoléculas en particular de los precursores para la síntesis de la pared celular y la biopelícula, debe iniciarse a partir de moléculas sencillas (acetato o metanol). A este respecto hemos encontrado que: (i) la vía además de proveer moléculas para la duplicación celular, genera la acumulación de glucógeno el cual se degrada cuando se ha agotado la fuente de carbono externa para proveer energía en forma de ATP a través de la glucólisis y de la metanogénesis; y (ii) hay una delicada regulación transcripcional que permite la síntesis y degradación de enzimas involucradas en la gluconeogénesis (piruvato fosfato dicinasa y fructosa 1,6 bifosfatasa) y glucólisis (fosfofructocinasa-1 y piruvato cinasa).

Respecto a la vía de síntesis de polifosfato (polyP), hasta el momento se ha determinado que la cantidad de polyP acumulado en células adaptadas a Cd²⁺ o a O₂ cultivadas en acetato sobrepasa por 20 veces la cantidad de moléculas con grupos tiol, indicando que la acumulación de polyP es el mecanismo preferente para generar mayor resistencia a concentraciones elevadas de Cd²⁺ y O₂. Además, el aumento en polyP conlleva una mayor acumulación intracelular de Cd²⁺ respecto a células no adaptadas. Este dato sugiere que si se modifica la vía de síntesis de polyP para aumentar su contenido, se podría remover grandes cantidades de Cd²⁺ del medio y además, mantener constante y de manera controlada, la producción de metano.