

## BIORREACTORES DE CULTIVO EN ESTADO SÓLIDO

Ernesto Favela-Torres

Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, 93140. CDMX, México. favela@xanum.uam.mx

*Palabras clave: Fermentación, lechos empacados, bioprocesos*

El cultivo en estado sólido (CES), también llamado fermentación en estado sólido, se caracteriza por el crecimiento de microorganismos en condiciones aeróbicas en un sustrato sólido con bajo contenido de agua. El sustrato sólido puede ser un producto o residuo agroindustrial que contiene los compuestos necesarios para el desarrollo de los microorganismos; Entre ellos están el salvado de trigo, la pulpa de café, arroz, cáscaras de fruta. Por otro lado, el sustrato sólido puede ser un soporte inerte embebido con un medio de cultivo *ad hoc* para el tipo de organismo y/o producto de interés; entre los materiales utilizados como soporte se encuentran la espuma de poliuretano, la agrolita, la vermiculita y el aserrín de madera. En general, los CES son cultivos axénicos en los que se inocula el microorganismo de interés; ya sean hongos filamentosos, levaduras o bacterias.

El CES presenta ventajas sobre el cultivo en medio líquido (menor represión catabólica, menor inhibición por sustrato, mayor productividad y mayor secreción de proteínas); sin embargo, en procesos industriales la heterogeneidad del lecho de cultivo en el biorreactor (BR) obstaculiza el transporte de masa y calor en el lecho de fermentación.

A nivel laboratorio, los principales biorreactores usados para procesos de CES son: charolas, matraces Erlenmeyer, columnas tipo Raimbault, frascos de vidrio y bolsas de polietileno. En todos ellos, su pequeña escala (de 5 a 1000 g de materia húmeda) favorece la aireación y el control de temperatura y humedad; sin embargo, el aumentar la escala del biorreactor, se dificulta el control de estas variables; limitando el escalamiento de algunos procesos de CES. Las variables involucradas en el diseño y escalamiento de este tipo de bioprocesos están relacionadas con: i) tipo de microorganismo y su sensibilidad a las condiciones de cultivo (humedad, temperatura y esfuerzos de corte) y ii) naturaleza del sustrato (rigidez, fragilidad, capacidad calorífica, composición, entre otras). Podemos clasificar a los biorreactores de CES en dos grandes grupos: *I*. De lecho empacado y *II*. Con agitación mecánica. Dentro del grupo *I* se pueden distinguir 2 variables muy importantes. La relación altura-ancho (o longitud/diámetro) del lecho de fermentación y *Ib*. El mecanismo de aireación a través o en la superficie del lecho de fermentación.

En prácticamente todos los BR del grupo *I* el control de las variables de operación (temperatura y humedad) es la principal limitante. Dentro de este grupo, los BR de charolas, con relación altura/ancho menor a 0.6 permiten un mejor control de ambas variables. En este tipo de BR, la aireación puede ser a través o en la superficie del lecho de fermentación; sin embargo, la altura del lecho difícilmente excede los 6 cm. Por otro lado, los BR con relación altura/ancho mayor a 1, comúnmente conocidos como biorreactores tubulares de lecho empacado (BTLE) operan con aireación forzada y, en general, a medida que aumenta la escala, se agudizan los problemas de transferencia de masa y calor; provocando gradientes de temperatura, humedad y concentración de oxígeno y dióxido de carbono, que limitan significativamente su escalamiento. Otro aspecto importante de los BTLE es la formación de canales preferenciales de aire en el lecho de fermentación debida a la importante reducción de espacios vacíos (inter e intra-partícula) por el aumento en la población microbiana. Aunque se han desarrollado importantes estrategias para resolver estos problemas, el diseño de este tipo de BR sigue siendo un reto importante. Por otro lado, los BR del grupo *II*, se pueden clasificar en *IIa*. Rotatorios y *IIb*. Agitación interna. La agitación reduce significativamente los gradientes de temperatura, humedad y composición de gases (oxígeno y dióxido de carbono). Además, por su modo de operación permiten la adición de soluciones para el control de pH, humedad o adición de inductores metabólicos. La principal limitante de los BR del grupo *II* es el daño mecánico a la integridad de los microorganismos; particularmente, la de los hongos filamentosos. Esto ha sido parcialmente resuelto a través de sistemas de agitación que generan menores esfuerzos de corte y estrategias de agitación que favorecen la transferencia de masa y calor en el lecho de fermentación con un menor daño a la integridad celular.

Por lo anterior, la selección, diseño, operación y escalamiento de los biorreactores de cultivo en estado sólido debe de ser tratado como un traje a la medida. Para cada tipo de bioproceso debe considerarse el tipo y metabolismo del microorganismo, la naturaleza del sustrato sólido, las condiciones de operación y la escala del biorreactor.