

DISEÑO DE UNA CÁMARA PILOTO PARA FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO

Alejandro Fernández, Daniel Solís-Escalante, Edgar Salgado*, Juan Aranda; UPIBI-IPN, Av. Acueducto s/n La Laguna Ticomán; esalgado@ipn.mx

Palabras clave: Fermentación en estado sólido, cámara de fermentación, demanda de oxígeno

Introducción. Se denomina fermentación en estado sólido (FES) al crecimiento de microorganismos sobre sustratos sólidos sin agua libre. Debido al bajo contenido de líquidos, en la FES se requieren fermentadores relativamente pequeños sin que se sacrifique el rendimiento del producto, además la baja actividad de agua reduce las contaminaciones pues solo algunas bacterias son capaces de crecer en estas condiciones. Por otro lado, la FES es lenta y presenta problemas para la transferencia de calor y masa. Para evitar estos problemas se diseñan fermentadores con control de las variables más críticas del proceso. Los biorreactores usados en se clasifican en función del sistema de aireación y agitación, así se tienen los tres tipos más comunes: biorreactores empacados, biorreactores de tambor y biorreactores de charolas (1). Estos últimos presentan capas delgadas de sustrato en charolas, generalmente una sobre otra, donde se lleva a cabo la fermentación, este estilo de fermentación es común en Japón para la producción de Sake por lo que a estos fermentadores también se les conoce como tipo *Koji*, que es el nombre del hongo usado en la producción de sake. Todos estos biorreactores son de diseño simple y los principales parámetros a controlar son la temperatura y la humedad (2).

En este trabajo se diseñó completamente una cámara piloto para fermentación tipo *Koji* que permitirá el control preciso de temperatura y humedad e un intervalo amplio de operación, lo que permitirá optimizar diversos procesos.

Metodología. Se diseñó un biorreactor de charolas para fermentación *Koji* teniendo como microorganismo de diseño a *Aspergillus niger* sobre un sustrato de salvado de trigo. Para el desarrollo del diseño se estableció un sistema de balance de materia y energía, el cual partió en relación a la demanda de oxígeno requerida por el microorganismo $0.2 \text{ mmolO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}_{\text{cel}}^{-1}$ (3). Se determinaron los parámetros esenciales de la fermentación y se calculó y especificó un sistema de humidificación y los equipos necesarios así como las características de los mismos para el control de dichos parámetros. Se consideraron varios diseños que en principio podían proporcionar el mismo servicio, todos fueron calculados y comparados.

Resultados y discusión. Con los datos obtenidos a partir de balances de materia y energía se demostró que se puede disminuir el consumo energético requerido por la cámara al recircular parte del flujo de aire exhausto sin que se afecte la oferta de oxígeno ni que interfiera el CO_2 generado. En tal sistema se requieren 0.03 kg s^{-1} contra 0.02 kg s^{-1} de aire seco y 2 kW contra 1.6 kW para el proceso sin recirculación y con recirculación respectivamente. La remoción del calor metabólico se lleva a cabo con el método de enfriamiento con aire

saturado (*evaporative cooling*), el cual ha demostrado ser un sistema efectivo mientras se mantenga una aireación uniforme sobre el sustrato. El porcentaje de humedad del aire a la entrada de la cámara de fermentación es casi del 100% evitando así que el sustrato se seque. Los datos obtenidos demuestran que el diseño soporta la remoción de calor metabólico mayor a 100 W . Los equipos principales del diseño son: Fermentador, soplador, filtro HEPA, dos intercambiadores de calor y un humidificador (Figura 1).



Fig. 1. Vista tridimensional de equipos principales del sistema fermentativo en estado sólido.

Conclusiones. Es indispensable mantener las condiciones de humedad, temperatura, oxígeno y dióxido de carbono dentro de los parámetros óptimos para que la FES te conserve sus ventajas respecto a la fermentación sumergida. El diseño de la cámara de fermentación presentado se enfoca en mantener y controlar estos parámetros además de tener un gasto bajo de energía. La recirculación del aire de la salida a la entrada de la cámara parece ser una buena opción para disminuir aun más los costos del proceso.

Agradecimientos.

Al IPN por los apoyos otorgados.

Referencias.

- (1) Raghavarao, Ranganathan, Karanth. 2003. Some engineering aspects of solid-state fermentation. *Biochem. Eng. Journal.* vol (13):127-135.
- (2) Robinson, Nigam. 2003. Bioreactor design for protein enrichment of agricultural residues by solid state fermentation. *Biochem. Eng. Journal.* vol (13): 197-203.
- (3) Nagel. 2002. Process control of solid state fermentation Simultaneous control of temperature and moisture content. *tesis.*
- (4) Viniegra-Gonzales. 2003. Advantages of fungal enzyme production in solid state fermentation over liquid fermentation systems. *Biochem. Eng. Journal.* vol (13): 157-167.