

/103

AVISO DE NOTIFICACION

CORREO CERTIFICADO

Radicación	1 7292- 19-0 Fecha: 2006-08-22 08:33:02
Trámite	2 PATENTES
Evento	1 REGDEPOSITO
Actuación	432 COMUNICACTOADM
Destinatario	SERGIO ROLANDO CABRERA MANRIQUEZ Folios

Señor (a) (es)
SERGIO ROLANDO CABRERA MANRIQUEZ
AVENIDA 5 NORTE N° 25N-48 BARRIO VERSALLES DE LA CIUDAD DE CALI VALLE
CALI VALLE

REF RESOLUCION 24861

FECHA 20/09/2006

Expediente 1 7292

Trámite 2 PATENTES DE INVENCION

Evento 1 REGISTRO/DEPOSITO/CONCESION/DEPOSITO

Actuación 432 COMUNICACION ACTO ADMINISTRATIVO

2.00016088

Comendidamente le solicito presentarse a este Despacho ubicado en la Carrera 13 No 27 - 00 Piso Quinto (5) de la ciudad de Bogotá D C dentro del término de cinco (5) días hábiles contados a partir del envío de la presente citación en horario de 8 30 a m a 5 00 p m jornada continua con el fin de notificarle personalmente el contenido de la resolución de la referencia profenda dentro del expediente tramitado con el número de radicación citado en el asunto

De no hacerse presente en el término indicado anteriormente la providencia en mención se notificará por edicto el cual se fijará por el término de diez (10) días en el Centro de Documentación e Información

Para su comodidad el texto completo de la resolución se encontrará disponible en la página web de la Entdad desde el día hábil siguiente al de su notificación la cual podrá ser consultada desde un computador con acceso a Internet en la página www.sic.gov.co con el número de resolución a través de la opción servicios en línea - caracter general - consulta actos administrativos

Secretaría General

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

REPUBLICA DE COLOMBIA
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

RESOLUCION 24861

Por la cual se niega una patente de invención

Rad N° 01-007292

EL SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO
en ejercicio de sus facultades legales en especial de las que se confirieron en el artículo 4, numeral 5 del decreto 2153 de 1992 y

CONSIDERANDO

PRIMERO Que mediante escrito radicado en esta Superintendencia el 01 de febrero del 2001 bajo el número 01007292 se presentó la solicitud de patente para la invención denominada "PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE SUSTRATO ORGANICO FERMENTADO" contenida en el expediente de la referencia

SEGUNDO Que efectuado el examen de forma en cuanto a los requisitos que debe llenar la solicitud y cumplidas las exigencias legales se ordenó publicar el extracto sin que se hubieran presentado oposiciones por parte de terceros

TERCERO Que el artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina establece que "Si la oficina nacional competente encontrara que la invención no es patentable o que no cumple con alguno de los requisitos establecidos en esta Decisión para la concesión de la patente, lo notificará al solicitante. Este deberá responder a la notificación dentro del plazo de sesenta días contados a partir de la fecha de la notificación. Este plazo podrá ser prorrogado por una sola vez por un período de treinta días adicionales si el solicitante no respondiera a la notificación dentro del plazo señalado o si a pesar de la respuesta subsistieran los impedimentos para la concesión, la oficina nacional competente denegará la patente

CUARTO Que realizado el examen de fondo, se requirió al solicitante en los términos del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, para que presentara respuesta a las observaciones de carácter técnico visibles a folios 75 a 79 del cuaderno administrativo relacionadas con la patentabilidad o cumplimiento de los requisitos establecidos por esta Decisión para la concesión de la patente. Frente a dicho requerimiento no hubo pronunciamiento alguno por parte del mismo motivo por el cual es procedente negar el privilegio de patente solicitado con fundamento en lo dispuesto en el artículo 45 de la Decisión 486

RESUELVE

ARTICULO PRIMERO Negar el privilegio de patente de invención para la solicitud correspondiente a PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE SUSTRATO ORGANICO FERMENTADO"



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

REPUBLICA DE COLOMBIA
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

RESOLUCION 24861

Por la cual se niega una patente de Invención

Rad N° 01-007292

ARTICULO SEGUNDO Notificar personalmente el contenido de la presente resolución al doctor Sergio Rolando Cabrera Manriquez, o a quien haga sus veces, en su calidad de apoderado del señor Samuel Gerardo Silva Arias entregándole copia de la misma advirtiéndole que contra ella procede el recurso de reposición interpuesto ante el Superintendente de Industria y Comercio al momento de la notificación o dentro de los 5 días hábiles siguientes a ella

NOTIFÍQUESE Y CUMPLASE

Dada en Bogotá D C a los **20 SET** 2006

EL SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO

JAIRO RUBIO ESCOBAR

Doctor

SERGIO ROLANDO CABRERA MANRIQUEZ

Avenida 5 Norte N° 25 N – 48 Barrio Versalles

Call Valle del Cauca

202021



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

REPUBLICA DE COLOMBIA
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

RESOLUCION 24861

Por la cual se niega una patente de invención

Rad N° 01-007292

EL SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO
en ejercicio de sus facultades legales en especial de las que se confineron en el artículo
4 numeral 5 del decreto 2153 de 1992 y

CONSIDERANDO

PRIMERO Que mediante escrito radicado en esta Superintendencia el 01 de febrero del 2001 bajo el numero 01007292 se presentó la solicitud de patente para la invención denominada "PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE SUSTRATO ORGANICO FERMENTADO" contenida en el expediente de la referencia

SEGUNDO Que efectuado el examen de forma en cuanto a los requisitos que debe llenar la solicitud y cumplidas las exigencias legales se ordenó publicar el extracto sin que se hubieran presentado oposiciones por parte de terceros

TERCERO Que el artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina establece que "Si la oficina nacional competente encontrara que la invención no es patentable o que no cumple con alguno de los requisitos establecidos en esta Decisión para la concesión de la patente lo notificará al solicitante. Este deberá responder a la notificación dentro del plazo de sesenta días contados a partir de la fecha de la notificación. Este plazo podrá ser prorrogado por una sola vez por un período de treinta días adicionales si el solicitante no respondiera a la notificación dentro del plazo señalado o si a pesar de la respuesta subsistieran los impedimentos para la concesión la oficina nacional competente denegará la patente

CUARTO Que realizado el examen de fondo se requirió al solicitante en los términos del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, para que presentara respuesta a las observaciones de carácter técnico visibles a folios 75 a 79 del cuaderno administrativo relacionadas con la patentabilidad o cumplimiento de los requisitos establecidos por esta Decisión para la concesión de la patente. Frente a dicho requerimiento no hubo pronunciamiento alguno por parte del mismo, motivo por el cual es procedente negar el privilegio de patente solicitado con fundamento en lo dispuesto en el artículo 45 de la Decisión 486

RESUELVE

ARTICULO PRIMERO Negar el privilegio de patente de invención para la solicitud correspondiente a "PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE SUSTRATO ORGANICO FERMENTADO"

**SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO**

El Suscrito Secretario General AD - HOC
Hace Constar que la presente copia es una copia
fática coincide con el original que se encuentra
enido a la vista

Sección Centro, Carrera 13 No. 27-00 Pisos 2, 5, 7 y 10
Tr. 40A No. 38-50 Conmutador 3620840
Fax: 362 28 95. Línea 9800-910 185
Web www.sic.gov.co e-mail info@sic.gov.co
Bogotá D.C. Colombia

Secretario General AD - HOC

24861



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

REPUBLICA DE COLOMBIA
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

RESOLUCION 24861

Por la cual se niega una patente de Invención

Rad N° 01-007292

ARTICULO SEGUNDO Notificar personalmente el contenido de la presente resolución al doctor Sergio Rolando Cabrera Manriquez, o a quien haga sus veces en su calidad de apoderado del señor Samuel Gerardo Silva Arias entregándole copia de la misma, advirtiéndole que contra ella procede el recurso de reposición interpuesto ante el Superintendente de Industria y Comercio al momento de la notificación o dentro de los 5 días hábiles siguientes a ella

NOTIFÍQUESE Y CUMPLASE

Dada en Bogotá D C a los **20 SET. 2006**

EL SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO

JAIRO RUELO ESCOBAR

Doctor
SERGIO ROLANDO CABRERA MANRIQUEZ
Avenida 5 Norte N° 25 N – 48 Barrio Versailles
Cali, Valle del Cauca

202021

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

El Suscrito Secretario General AD - HOC
Hace Constar que la presente resolución
fórmula coincide con el original que
tenido a la vista

Sede Centro Carrera 13 No 27-00 Pisos 2, 5, 7 y 10
Sede CAN Tr 40A No 38-80 Conmutador 3820840
Fax 382 28 95 Línea 9800-910 165
Web www.sic.gov.co e-mail info@sic.gov.co
Bogotá D C Colombia

Secretario General AD - HOC

one on the parts of the impulse and pulse continues partly de la oración
(27-3) [R. Sall y W. G. Mazon, *Biological Science*, 4, 231 (1962)].

$$\underline{I} = \underline{E} (D_1/D_2)^{1/2} \quad (27-5)$$

donde S_1 y S_2 son los extremos curvados en los recipientes más pequeños y grandes, respectivamente, y D_1 y D_2 representan las distancias de

Las temperaturas de las rocas pueden ser pequeñas y grandes.

Algunos estudiosos dicen que el sector pesquero no es exportador neta, porque, en el proceso del muelle y luego de beneficiarlo, el producto es enviado en conserva. Una estimación en la punta de 230.000 toneladas (t) de congelados se exporta. Se los transporta al tiempo de ser vendidos como una exportación más al extranjero, una poca se vende local para ser transformada en alimentos grandes, porque se respaldan sus

El mismo contenido de Ryskind y su uso en las partes de construcción de la formación, y es exclusivamente un factor de la asociación. La asociación también es válida si se considera el impulso como una bomba y se sitúa en exactamente por medio de un momento constante. Como el momento modifica desde principio sobre el efecto de los barbotos en el comportamiento de la asociación, las oscilaciones que hacen por las elisiones de los barbotos se amplían poco.

Los prospectivos de origen de la biomasa en el ferrocarril verde, por la general, entre 2 y 3 g/g (4) [1] 2.3 0.31 (4) 10. Este prospectivo es un candidato de origen del orden de 1.5 g/g de C_2H_4 (4) [0.03 0.32 (4) 10]. En un dimensionar de 300 m³ (16 000 t) la materia orgánica el lugar de las constituciones volumétricas de transferencia de origen del orden de 250 400 m³. Estas equivalencias de transferencia de origen sólo se pueden obtener con velocidades de curación del orden de 0.5 VVM (volumen de aire a STP/volumen de licor caldo) y con unidades de potencia de agitación mecánicas bastante extensas, que varían entre 2.4 y 3.2 kW/m³ (1.2 1.6 hp/100 gal).

A menudo, la eliminación de estos temas problemáticos del diccionario por el enciclopedista. La agudeza analítica junto con el color manifiesto de la literatura en desarrollo sugiere la capacidad de captar los rasgos de desarrollo general que aparecen en una sola disciplina. En consecuencia, estos artículos merecen ser puestos en evidencia en el interior del formulario en sistemas de clasificación extensos, través de un interconector de color. Por lo general, en formaciones sistematizadas, los temas, los aspectos de clasificación internos en sus dominios, porque causan la formación con los patrones de desarrollo. Existen varias razones para la eliminación de color en los formularios generales, como, por ejemplo, los planes de desarrollo de media superior.

La recuperación del medio pesquero para explotarlo. El nivel de control: los flujos de partículas no debe estar fuera del punto de interacción, porque la contaminación de la inmersión de medio fluyente provocará los microorganismos contaminados y, en consecuencia, las posibilidades de producción se incrementan considerablemente. Los cambios en el nivel de interacción y el flujo de salida para prevenir la contaminación. Sin embargo, esto es posible sólo para el equipo propuesto, en el cual las operaciones efectuadas son relativamente más fáciles de controlar y controlar.

Una vez que se ha construido la planta, las condiciones de agitación, momento, transformación de las ligas y de sales están más o menos establecidas y se pueden definir los ciclos de esterilización. Las condiciones del medio que se pueden lograr en el equipo de la planta, deben satisfacer para el equipo de la planta piloto y el laboratorio (por ensayos agitados) con objeto de asegurar que se pueden transferir los resul-

Zetorinamida. Algunos fitonutrientes antiguos y recientemente crean, por ejemplo, la de alcohol y esteroides, los mismos organismos que son fuertes y hacen por su parte, el crear condiciones desfavorables para sus competidores. La levadura, por ejemplo, reduce el pH mediante la producción de ácidos para de azúcar y un subproducto de alcohol es otro fuerte producto que le permite crecer su dominio. Así, en los líquidos modernos solubles vitaminas aceites esenciales los oxidados para reducir el pH en la combinación, que puede ser un desafío para la calidad del producto de efecto al sabor, la potencia, la

nessa. In quistione. Le due posizioni sono, infatti, molto diverse: una presuppone un'analisi di tipo "top-down", che parte dall'osservazione dei fenomeni e si proietta verso le loro cause, l'altra invece è di tipo "bottom-up", che parte dalle cause e si proietta verso i fenomeni. La prima è tipica della ricerca di tipo "qualitativo", la seconda invece è tipica della ricerca di tipo "quantitativo".

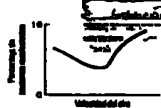
Los factores comunes de estos climas son 1) la alta humedad de acompañamiento por floración y 2) nubes con color producido opalescente. La unificación por floración es una especie más o menos extensa que se ve en la sección IV. Los climas para la leguminosa biopneumática son que 1) el medio líquido; y los lípidos están algo así como en vapor, son presiones en cual la temperatura más todos los organismos e impurezas; 2) el tamaño de las partículas celulares es del orden submicroscópico y 3) el nivel climático debe ser constante y no fluctuante sea de comportamiento absoluto.

[illegible]

La universalidad de las Rápidas por Situación es lo realmente que hacen atractivas desde la perspectiva de los líderes de movimiento que el director propone del porro. Cuando el color de los lagrimales, la situación, es una situación libre, los cambios, el espíritu y el mundo están sujetos a una serie de cambios de la situación, pero la universalidad que el color es libre y no tiene ninguna condición. El tiempo tiene que ser suficiente para que se pueda observar, observar, observar primero y observar también al completo. Cuando algunas cosas están en el mundo, observar, observar, observar, en cualquier momento de la vida del mundo que el color y las situaciones son las mismas de las

La importancia del problema de la esterilización del vino se apoya en las estadísticas anuales de una fermentación altamente aeróbica en la que se utilizan aproximadamente un volumen de aire por volumen de ucedo por ucedo. Para una fábrica con 20 fermentadores de 100 GLO cada uno, se consumen dos millones de Litros (2000 m³) de aire. Se utilizan compuestos muy grandes y, por lo tanto, se requieren dos,

En la figura 27-10 se presentan los datos experimentales de modificación para la eliminación de bacterias de los comederos de aves melíferas filosas de Nara. Para un flujo determinado existe una velocidad (velocidad del aire) a la que la eficiencia de filtración es máxima, debido que cuando las distintas velocidades de recirculación para los diferentes intervalos de la velocidad del aire. A altas velocidades los interruptores los hacen girar en el sentido de la flecha y electroválvulas abren para que el aire circule y sea eficaz con los interruptores.



FRL 83-18 Transferencia característica de historias mediante un Sistema Eléctrico

cismos en la velocidad del alire. A velocidades altas, los botones de fuerza, que son directamente proporcionales a la velocidad del alire, desaparecen el punto principal. La intensidad de los efectos de fuerza en el tal que por debajo de determinadas velocidades del alire en efecto sobre las aceleraciones no igual cero. Si el efecto del filtro se basa en el resultado observado una velocidad de operación del alire que ocurre en la eficiencia máxima, los aumentos en los flujos breves de potencia pueden causar pérdidas de operación con baja eficiencia. Por la reducción de partículas horizontales de 1 por con una gran velocidad superior de 1,0, comparadas con los cambios de alire (velocidad y presión) del alire reducidos, una velocidad en igual (con temperatura 28).

V_{max}, d 0.02-df (97-5)

donde la velocidad $V_{\text{máx}}$ está en unidades por segundo y el diámetro de la fibra, d_f , está en micrómetros.

En la actualidad, existe una tendencia a utilizar los flujos de cuentas para la estimación del aire como objeto de cálculo en modelos estadísticos con unidades de medida relativamente pequeñas. A pesar de que los muestreos son bastante efectivos para la estimación del aire y pueden capturar partículas más grandes que el diámetro del paso, la intensidad puede variar que pasa. Por mayor seguridad se recomienda un diámetro del paso de 0.2 a 0.3 μ m. Los muestreos idénticos no deben utilizarse, porque muestreos idénticos introducen errores dentro de los pasos y no se demuestran cuando se producen colisiones de partículas dentro de la muestra. La intensidad tiende a disminuir

de las secciones transversales y rombioceros en un manifiesto. El resultado del flujo de materiales al fondo para la filtración de los depósitos de la columna de cartuchos sucesivos. Sólo el 60% de la carga de productos disueltos puede utilizarse en el cilindro para considerar la retención importante que afectan los perfiles al reducirse en la muestra. En la figura 27-19 aparece un flujo con 12 cartuchos de muestra y uno con una gráfica de las velocidades características de flujo en función de la carga de presión.

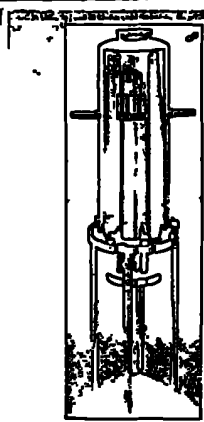
Extracción del metal. Se puede esperar una cinética de primer orden para la destrucción de la materia viva por acción de calor y radiación. Una relación lineal, donde el logaritmo de la fracción neta sobreviviente se grafica en función del tiempo. Sin embargo, una cinética no logarítmica de las partículas muertas se concuerda, cuando, para las espumas de las bacterias. En su modelo de dicho comportamiento se requiere una inactivación de las espumas, derivada de su estado intermedio cuando, momentáneamente, está al quiescente.

63666

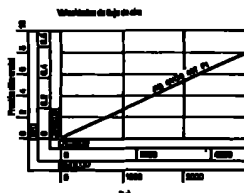
donde C_a , C_y y C_p son las concentraciones de vapores residuales, volátiles y pesados, respectivamente. Las gráficas características aparecen en la figures 27-30.

En la tabla 27 se muestra la resistencia térmica relativa para los diferentes tipos de microorganismos que se encuentran en los medios característicos relacionados con los procesos críticos de biocontrol. Las espores de las bacterias son bastante más resistentes al calor húmedo que cualquier otro tipo de contaminante microbiano. Por consiguiente, un ciclo de esterilización basado en la destrucción de las esporas de las bacterias debe destruir toda la vida.

Como se predice la conexión de Arrhenius (Ecu. 4), una gráfica de la velocidad de sustrato de los microbios en función del recíproco de la temperatura resulta ser lineal y la pendiente es una medida de la energía



1



1

FIG. 27-19 Unidad de 12 corchetes y datos de prueba para un corchete. a) Ajustamiento para 12 corchetes. b) Prueba de ajuste para el filtro de 12 corchetes. 30°C con desajuste en unidades. Flujo de aire: 1 l/min y 30°C. Las corchetes muestran 76 cm de longitud y 7.36 mm de diámetro, con un diámetro de 0.015 mm, con una masa de 23 mg. (Cortado de Miller y Cota)

in de Arrondissementen en steden, andere instellingen en instellingen die participeren in de afvalmarkt. Een reeks van maatregelen wordt genomen om de afvalmarkt te stabiliseren en de "dumps of verontreinigde afval" (DVA) te verwijderen, wat kan leiden tot de afvalmarkt en de afvalmarkt.

Lodos activados

Utilizan los mismos principios que los dos métodos anteriores con la diferencia de que los microorganismos se encuentran formando partículas floculantes en un tanque agitado a éste se le añade continuamente agua y se le suministra el oxígeno mecánicamente. La aplicación mecánica tiene el triple propósito de mantener suspendidas las partículas, mejorar la transferencia de oxígeno y crear condiciones homogéneas en el reactor. Los organismos absorben y oxidan la materia orgánica, de manera que la fase líquida (licor mixto) contiene poca materia orgánica en solución y una alta concentración de sólidos suspendidos una parte de ellos se sedimenta en un tanque de clarificación y otra se recircula para mantener la misma concentración de células en el tanque de aereación. La parte de sólidos suspendidos que se recircula son microorganismos vivos y de ahí deriva el nombre de lodos activados.

Los lodos que se obtienen en los tanques de sedimentación y clarificación son de carácter putrescible y debido a su gran cantidad, es necesario procesarlos antes de proceder a eliminarlos. Se emplean centrifugas o filtros para concentrarlos y después se queman o entierran, esta parte del tratamiento es muy costosa y hasta ahora no ha sido resuelta satisfactoriamente.

TRATAMIENTO TERCIARIO

Implica la purificación del agua para volverla a utilizar nuevamente. El tratamiento se selecciona de acuerdo con el uso a que se destine esa agua.

Cuando se va utilizar el agua para el enfriamiento o el transporte de materiales no se le da ningún pretratamiento pero si desea utilizarla para generar vapor o lavar a presión, es necesario ablandarla y desoxigenarla. Para poder recircular agua en la industria alimentaria y en la del papel es necesario desinfectarla y desmineralizarla.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OXIDACIÓN BIOLÓGICA

Conviene enumerar algunas de las características y rangos de las variables en que opera el tratamiento secundario por métodos microbiológicos. Trataremos de hacer una comparación entre el proceso de oxidación biológica y los procesos de fermentación y de establecer relaciones y analogías entre ellos.

La tabla C1 sintetiza las principales propiedades físicas y biológicas encontradas en los procesos de tratamiento secundario de aguas, la temperatura es, por lo general, más baja y no se controla, lo que da lugar a una mayor variación de temperaturas. La concentración del sustrato es baja y de naturaleza variable, el volumen es uno o dos órdenes de magnitud mayor y la potencia por unidad de volumen unas 20 veces menor. Otra característica distintiva entre los dos procesos es que en el tratamiento secundario de aguas se utiliza un cultivo mixto de composición variable y desconocida (en un solo tratamiento se han llegado a identificar más de 100 especies). Por lo que se refiere a similitudes, ambos sistemas requieren de la transferencia de oxígeno para el crecimiento microbiano. Finalmente el proceso de oxidación biológica

Corrección general de la oxidación biológica

TABLA C.1

Algunas propiedades físicas y biológicas encontradas en los procesos de tratamiento secundario de aguas

Propiedad	Rango de operación
Temperatura (°C)	10 - 30
Variedad	2 - 3
Reología	Newtonianos
Variedad en la viscosidad (cp)	1 - 10
Concentración del sustrato (g/l)	0.1 - 5
Carga (DBO) (ppm)	100 - 5 000
Volumen del reactor (gal)	50 000 - 400 000
Potencia por unidad de volumen (HP/1000 gal)	0.05 - 0.5
Tasa de crecimiento (h ⁻¹)	0.05 - 0.1
Carga (lb DBO/día-1000 ft ³)	10 - 1 000
Cultivo	Mixto

opera por lo general en forma continua, pero con fluctuaciones de flujo y de composición.

Para poder hacer un cálculo adecuado y satisfacer el nivel de purificación que se haya escogido en el diseño de sistemas de oxidación biológica deben considerarse los siguientes criterios:

- régimen de mezclado: flujo tapon o completamente agitado
- diagrama de flujo: selección de un sistema de uno o más tanques de aereación en serie con recirculación de lodos, y
- nivel de carga: se considera de alta carga 1.0 lb DBO₅/lb SSLM convencional de 0.2 a 0.6 lb DBO₅/lb SSLM de 2 etapas de aereación y etapa de estabilización 0.07-0.2 lb DBO₅/lb SSLM y de aereación extendida 0.07 lb DBO₅/lb SSLM.

Se pueden hacer ciertas combinaciones entre los criterios anteriores, en el caso de los sistemas convencionales de lodos activados la combinación consiste en utilizar un sistema de flujo tapon o uno completamente agitado, tanques de aereación con recirculación de lodos y un factor de carga de 0.3 lb DBO₅/lb SSLM para este sistema el tiempo de residencia es de unas 24 h con una concentración de SSLM de 1 200 a 3 000 mg/l la producción de exceso de SST es de 0.4 a 0.5 lb/lb de DBO₅ removida.

Todos los criterios mencionados son solo guías, pues en la realidad los sistemas, en el mejor de los casos, se acercan al modelo teórico y ello ha hecho que el diseño sea en gran parte empírico. Sin embargo últimamente se han hecho algunos intentos para encontrar modelos matemáticos que basados en principios fundamentales representen el tratamiento de oxidación biológica. 11 14

Modelos matemáticos y sistema de diseño**Lagunas de estabilización**

Las ecuaciones de diseño propuestas para lagunas de estabilización son las siguientes. 15

Tratamiento de aguas por métodos biológicos

La carga orgánica volumétrica es una medida de la rapidez con la que los organismos tratarán la carga orgánica.

Carga orgánica volumétrica

La carga orgánica volumétrica kg de DBO o DQO/volumen del tanque es el volumen del tanque de aereación necesario para una carga orgánica.

Como se ha explicado existen varios niveles en el tratamiento de aguas sin embargo el proceso general es el siguiente 6 7

TRATAMIENTO PRELIMINAR

Tiene por objeto eliminar los sólidos de tamaño considerable como piedras, papeles, plásticos, madera, lodos arena, etc. Se efectúa por medio de un desarenador que es un canal de velocidad constante. Los sólidos grandes que no han quedado detenidos por medio de rejillas así como las arenas y lodos se sedimentan.

TRATAMIENTO PRIMARIO

Consiste en la separación de los sólidos suspendidos más pesados que el agua. Se realiza en tanques circulares o rectangulares y existen tres formas de hacerlo

Sedimentación

Las impurezas son separadas aprovechando únicamente la fuerza de gravedad y la coalescencia natural de las partículas.

Congulación

Se agregan sustancias que induzcan y aceleren la coalescencia y sedimentación de las partículas sólidas, sustancias coloidales y macromoléculas. Generalmente se usa $Fe(OH)_3$, $Al_2(SO_4)_3$ u otros polielectrolitos.

Floculación

Cuando se agita el agua mecánicamente se forman agregados o se aumenta la coalescencia de partículas, que se sedimentan fácilmente.

Precipitación química

Se agregan sustancias como $CaCO_3$, Na_2SO_4 o $AlPO_4$ para eliminar las impurezas disueltas en el agua (dureza del agua, fierro, manganeso, fosfato, etc.)

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Elimina la materia orgánica disuelta en el agua con tal propósito se puede emplear el método químico o procedimientos biológicos.

La precipitación química se hace con polielectrolitos, $Fe_2(SO_4)_3$, $Al_2(SO_4)_3$, que forman un lodo que se sedimenta. Da buenos resultados pero es costoso.

Tratamiento secundario

La oxidación biológica es un método preferido de tratamiento secundario

consiste en la oxidación de la materia orgánica por medio de microorganismos en condiciones aeróbicas y en algunas casos anaeróbicas.

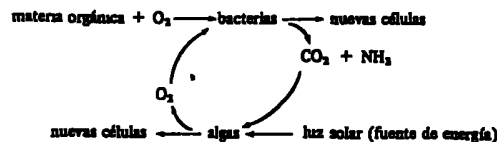
Existen tres métodos para efectuar la oxidación biológica:

a) lagunas de oxidación, estabilización o aeración, b) filtros biológicos, y c) lodos activados.

Cada uno de estos métodos es eficaz si se usa en los rangos de operación en que su eficiencia es mayor. Se recomienda al lector revisar las referencias 5 y 8 para analizar con más detalle la selección del método.

Lagunas de oxidación

Constituyen el método óptimo en climas cálidos y soleados. Son poco profundas (1 m) para que todo el volumen reciba la energía solar. El tiempo de retención es de varias semanas, suficiente para que se forme un cultivo mixto de algas y bacterias, que interactúan de la forma siguiente:



Algunos investigadores han querido aprovechar la producción de algas como fuente de proteínas (se colecta de la superficie) pero el peligro de intoxicación no ha permitido que esta idea haya progresado.

Filtros biológicos

Consisten en lechos de piedras o de algún otro material poroso (en Inglaterra son muy comunes y se emplea plástico como material de soporte), sobre los cuales crece una película de microorganismos que se adhieren al soporte. Al filtro se le añade en forma continua o intermitente el agua que se trata por medio de un mecanismo distribuidor. El líquido escurre entre los intersticios y es consumido por la película de microorganismos. Este sistema ofrece poca resistencia a la transferencia de masa y no necesita airearse. El tiempo de retención varía de acuerdo con el diseño del filtro, pero su rango es de 2 a 8 h, los filtros tienen generalmente una profundidad de 1.5 a 2 m y su superficie fluctúa entre 50 y 200 m². El efluente que se obtiene contiene poca materia orgánica en solución pero tiene una alta concentración de sólidos suspendidos porque la película de organismos es desplazada y desprendida cuando alcanza determinado tamaño, lo que obliga a lavar un tanque de amentamiento para obtener la calidad de agua deseada.

y la fauna además esta disminución del oxígeno disuelto establece condiciones anaeróbicas que en el mejor de los casos, causa molestias.

b) Otros nutrientes (nitratos, amoníaco, fosfatos). Por ser el N y el P elementos esenciales para la vida, un exceso de ellos causa un proceso de eutrofización que intensifica la producción de formas de vida improductivas (algas verdes de agua) que consumen nutrientes con una rapidez mayor que las especies productivas (peces, plancton) y llevan el sistema a una rápida extinción.

c) Elementos tóxicos. Pequeñas concentraciones de plomo, cadmio y mercurio que son letales.

d) Derrivos del petróleo: solventes y productos tóxicos.

e) Otros: insecticidas, fierro, cloro, detergentes, etc.

Para poder eliminar cada uno de estos contaminantes es necesario emplear un método específico que depende en gran medida de la calidad del agua que debe tratarse. Es fácil comprender los problemas prácticos que se presentan para desarrollar un tratamiento de aguas. En primer lugar la composición del agua es variable e indeterminada (en la industria este problema es menor) los volúmenes que deben tratarse fluctúan aunque son generalmente grandes el grado de contaminación no está establecido de manera definitiva, pues a medida que se estudian los efectos de los contaminantes resulta necesario disminuir todavía más las concentraciones de los mismos, no existe una conciencia a nivel individual y menos empresarial que justifique los gastos del tratamiento. Es decir se trata de un problema que aunque todavía no se ha definido perfectamente requiere de urgente solución.³ Es evidente que el método científico es el único capaz de frenar la contaminación pero debe tenerse cuidado de no caer en el error de crear soluciones que aunque aparentemente conservan el medio ambiente también imponen una exigencia de aumento de ritmo de crecimiento del medio ambiente.

Después de esta breve introducción se definirán algunos conceptos o parámetros, utilizados por los que trabajan en el tratamiento de aguas y que ejemplifican muy bien los problemas que acabamos de mencionar.

PARAMETROS DE MEDICION

Los contaminantes de aguas pueden ser clasificados de acuerdo con su estado (sólido líquido o gaseoso) con la forma en que se encuentran (disueltos suspendidos, agregados o formando colonias) y con su naturaleza (orgánica inorgánica organismos vivos). Para el tratamiento primario y secundario la cantidad de sólidos suspendidos y la de materia orgánica soluble son los valores más importantes.

La cantidad de sólidos suspendidos se determina por gravimetría es importante conocer que la carga = gasto X concentración para desarrollar el método de tratamiento primario.

La determinación de la cantidad de materia orgánica se hace de varias maneras para el diseño se deben considerar todas las suposiciones en que se basó la medición.

DBO

La demanda biológica de oxígeno, DBO, es la cantidad de oxígeno requerida

Parámetros de Medición

durante la oxidación de materia orgánica e inorgánica, por organismos aeróbicos o bacterianos. Este parámetro mide los efectos combinados de las sustancias putrescibles en solución. El DBO efectúa la oxidación del material carbónico orgánico y la del material inorgánico. Debido a que una estabilización completa requiere de mucho tiempo se definió un nuevo parámetro, DBO₅.

DBO₅

Este parámetro mide la cantidad de oxígeno disuelto en una muestra de agua, antes y después de cinco días de incubación a 20°C.

Ambos parámetros, DBO y DBO₅, suponen la siguiente cinética, basada en la experimentación.^{4,5}

$$\frac{dS}{dt} = -kS \quad [1]$$

Integrando cuando S = concentración del sustrato (oxígeno), S₀ a t = 0, y S a t = t, se obtiene

$$S = S_0 e^{-kt} \quad [2]$$

y DBO = S₀ - S sustituyendo en la ecuación [2] se obtiene

$$DBO = S_0 (1 - e^{-kt}) \quad [3]$$

La constante de velocidad de reacción k es un promedio de todas las reacciones de oxidación que ocurren en un tiempo determinado. La ecuación [3] supone que k es constante y que el DBO es independiente de la dilución en que se efectuó la prueba. A pesar de su variabilidad y limitaciones, se usa DBO, como elemento en el diseño de tratamientos.

DQO

La demanda química de oxígeno DQO es la cantidad de materia orgánica e inorgánica susceptible de ser oxidada. Es un método sujeto a menos variaciones y más rápido la determinación se hace con dicromato de potasio.

SST

Otro parámetro importante es el crecimiento microbiano para su medición se emplea el método gravimétrico debido a que los lodos activados forman partículas floculantes que no permiten platear y obtener una cuenta de organismos vivos. Existen dos parámetros que lo determinan SSV sólidos suspendidos volátiles y SST sólidos suspendidos totales.

SSLM

Los sólidos suspendidos en el licor mucoso, SSLM, son las partículas floculantes por bacterias suspendidas en dicho licor. La carga de lodos, kg de DBO o

refiere a modelos de un solo sustrato para casos más complicados debe recurrirse a la literatura citada.

OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

Otros muchos factores ambientales pueden afectar la actividad enzimática, éstos incluyen la fuerza iónica del medio, la presión (especialmente al uso de los reactivos en gases), los buffers empleados, la pureza de los reactivos y de la enzima, etc. Todos ellos deben determinarse experimentalmente, o por lo menos escogerse arbitrariamente y mantenerlos constantes durante cualquier estudio enzimático.⁷

NOMENCLATURA

C_1	C_2	= constantes
E		= concentración de la enzima (g/l mg/ml)
ES		= concentración del complejo enzima-sustrato (g/l)
E_T		= concentración de enzima total
I		= concentración del inhibidor
K_M		= constante de Michaelis-Menten (mg/ml)
K_d		= $k - 1/k$, constante de disociación del complejo ES
k_p		= constante de rompimiento de ES a $E + P$
P		= concentración del producto (g/l mg/ml)
S		= concentración del sustrato (g/l, mg/ml)
V_{max}		= velocidad máxima (g/l-h)
V_i		= velocidad inicial de reacción (g/l h)
v		= velocidad inicial de reacción con una concentración de sustrato determinada (g/l h)

REFERENCIAS

1. L.H. Segel, *Enzyme Kinetics. Behavior and Analysis of Rapid Equilibrium and Steady State Enzyme Systems* John Wiley Nueva York, 1975
2. K.J. Laidler y F.S. Basling, *The Chemical Kinetics of Enzyme Action* 2a. ed., Clarendon Press, Oxford, 1973.
3. M. Dixon y E.C. Webb, *Enzymes* Academic Press, Nueva York, 1964.
4. J.C. Merrett y C.F. Stoneman, *Enzymes and Equilibria* Heinemann Educational Books, Londres, 1974
5. R. Langst, *Enzymatic Regeneration of ATP*, tesis doctoral, Instituto Tecnológico de Massachusetts, Cambridge, mayo de 1974.
6. R.A. Mawling, *Immobilized Enzymes for Industrial Reactors* Academic Press, Nueva York, 1975
7. W.W. Cleland (ed) P.D. Boyer (ed.) *The Enzymes* 3a. ed., Academic Press, Nueva York, 1970.
8. E. Floerena, *Enzyme Kinetics*, McGraw-Hill, Nueva York, 1973
9. E.A. Darrow, *Quantitative Problems in Biochemistry* 3a. ed., Churchill Livingstone, Edinburgo, 1972.
10. W.R. Vieth y K. Vankataramanian, *Chem. Tech.* marzo 18 (1974).
11. A.E. Humphrey "Tecnología de la fermentación" curso en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, Cambridge, julio de 1972.
12. A. Auld, *J. Chem. Educ.* 51 (6), 381 (1974).

Tratamiento de aguas por métodos biológicos

La purificación de aguas industriales y aguas negras municipales ha ido adquiriendo importancia al comprenderse mejor los efectos ecológicos negativos que ocasiona arrojar contaminantes a las corrientes naturales de agua.

Los drenajes municipales e industriales llevan disueltas sustancias de diversas índoles en concentraciones tan altas que aun al ser descargadas en grandes cuerpos de agua (mares, ríos, lagos, canales) no se logra reducir su efecto indeseable además de que aceleran considerablemente su extinción y agravan las consecuencias que acarrea el fenómeno de eutrofización artificial.^{1,2}

La contaminación de aguas ocasiona que la duración de dichos cuerpos de agua sea cada vez menor perdiéndose así un recurso vital para el desarrollo humano, al irrigarse cultivos con aguas insalubres y tóxicas, en el mejor de los casos, éstas no cumplen los requerimientos nutricionales de la planta y en el peor pueden ocasionar intoxicación humana y animal cada día el transporte de agua potable a los centros urbanos será más difícil y costoso. Estos que son tan sólo unos ejemplos de los daños que ocasionan las aguas contaminadas, han tenido efectos tan graves en la ecología que los gobiernos e instituciones internacionales han elaborado legislaciones para afrontar este problema.

El deterioro ambiental causado por el crecimiento industrial y urbano ha creado la necesidad de tratar el agua para disminuir la concentración de contaminantes desarrollando una tecnología adecuada.

Entre los contaminantes que puede contener una corriente en la que se descargan aguas negras, desechos industriales o agrícolas, se cuentan:

a) Materia orgánica biodegradable. La demanda de oxígeno por la descomposición de estos materiales se satisface con el oxígeno disuelto en el agua en que se descargaron, mismo que es necesario para el mantenimiento de la flora

en un estado amorfo alrededor de las microfibrillas de celulosa de la pared celular de la planta, su función principal es servir como elemento de soporte y aglutinante a la planta.¹⁵ El contenido de lignina en los materiales celulósicos naturales varía entre 15 y 30%

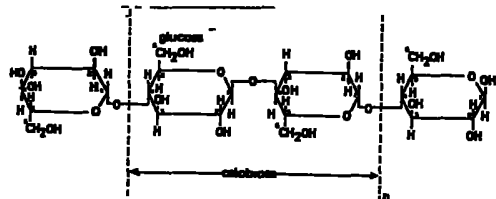


Figura 10.2. Estructura molecular del polímero de celulosa.

La tabla 10.4 presenta la composición aproximada de diferentes desperdicios celulósicos se nota claramente que la relación celulosa/hemicelulosa varía de acuerdo con el origen del material en el caso de materiales agrícolas esta proporción es de aproximadamente 2 mientras que en el papel las hemicelulosas constituyen una fracción insignificante

Para producir proteína microbiana a partir de desperdicios celulósicos (incluyendo el bagazo) se presentan diversas opciones generales que surgen al considerar los tres componentes principales. Muchos investigadores han enfocado su trabajo a la degradación y utilización de la celulosa como fuente de proteína microbiana.^{19 23} Para ello han considerado dos rutas: a) hidrólisis de la celulosa para producir azúcar y la fermentación de ésta para producir biomasa y b) la fermentación directa de los desperdicios celulósicos. Las hemicelulosas quedan incluidas en las dos rutas mencionadas. Solo la lignina ha permanecido olvidada como material fermentable aunque recientemente se ha logrado aislar mutantes capaces de utilizar exclusivamente lignina. Aun

TABLA 10.4

Composición química de algunos desperdicios celulósicos (en % de peso seco)

Componente	Bagazo	Paja de trigo	Madera	Papel
Celulosa	46	34	44-50	75
Hemicelulosa	25	25	20-26	
Lignina	20	13	7-12	10
Silíceo, gomas, cereas, ceras	9	28	Balsos	15
Total	100	100	100	100
Referencia	(16)	(14)	(17)	(18)

cuando el uso de estos organismos no sea para producir proteínas microbianas, pueden emplear para el pretratamiento de los materiales celulósicos, como la madera, o para aprovechar toda la lignina que queda después de su uso en la industria papelera.^{24 25} En la figura 10.3 se presentan los resultados obtenidos por Eriksson,²⁴ cuyo trabajo ha consistido en la manipulación genética de un hongo, denominado PB-1 para que no ataque la celulosa ni la hemicelulosa de los desperdicios celulósicos. Al mezclar esporas de estos hongos con pilas de astillas de madera, sólo se atacada la lignina. En el primer mes la pérdida de peso del sustrato se debe exclusivamente al ataque y utilización de las ligninas pero si se prolonga el tiempo de incubación también la celulosa es destruida, probablemente porque la lignina ha sido casi totalmente consumida. Este proceso está apenas en sus inicios y es muy probable que el tiempo de incubación se reduzca a medida que se conozca e investigue la enzimología básica de las enzimas que degradan la lignina.

Las rutas de hidrólisis de desperdicios celulósicos son varias, pero su clasificación puede hacerse empleando como criterio el catalizador que utilizan bajo este punto de vista son dos las vías: hidrólisis ácida e hidrólisis enzimática.

Hidrólisis ácida

Este procedimiento consiste en someter el desperdicio celulósico a altas presiones y temperaturas, en un medio acuoso con una baja concentración de ácido. La hidrólisis de celulosas para producir azúcares fermentables fue investigada y utilizada en Alemania antes de la Segunda Guerra Mundial y posteriormente, en Estados Unidos se siguió investigando y se establecieron varios procesos comerciales.^{17 19 26-28} Uno que utiliza alta concentración de ácido y otro con baja concentración. El primero requería de una inversión en equipo extremadamente alta y el segundo se escogió para producir azúcar y posteriormente alcohol (a través de fermentación). Después de este trabajo a mediados del decenio de los sesenta se volvió a reconocer los méritos

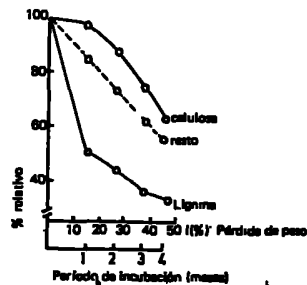


Figura 10.3. Utilización de la lignina por el hongo PB-1.²⁴

TABLA 10.3

Comparación entre el proceso continuo y el de batch para la producción de levadura a partir de melazas^a

Proceso	Batch	Continuo
Producción máxima en 168 h (ton)	225	300
Número de fermentadores necesarios	10	8
Volumen total de fermentación (m ³)	675	540
Kg de levadura/m ³ de volumen (por semana)	340	365
Kg de levadura/h (promedio)	1 360	1 815
Costo hombre/ton (plantas solamente)	7.0	3.8
Número de tanques adicionales	9	0
KWh consumidos/ton de levadura	500	430

especies más comúnmente utilizadas son *Saccharomyces cerevisiae* (levadura de pan) y *Candida utilis*. En el capítulo 9 se indican las características de la biomasa producida. Las condiciones de operación tienen rangos de variación muy amplios pero se pueden considerar como generales las siguientes.^{4 y 10}

Concentración celular	30 50 g/l
Tasa de crecimiento	0.2 0.5 h ⁻¹
Temperatura °C	30°C
Rendimiento (con base en la sacarosa utilizada)	0.3 0.5 g sacarosa/g células
Rendimiento de oxígeno	1.0 1.2 g de oxígeno/g células
Productividad	3.5 g/h

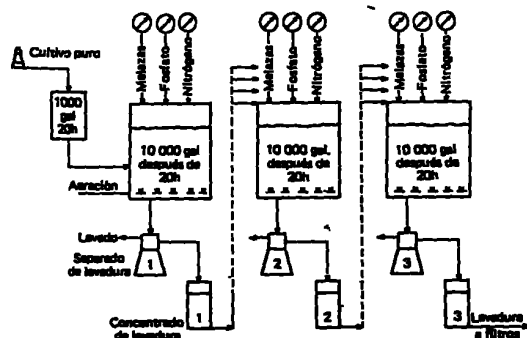


Figura 10.1 Diagrama de flujo de un proceso batch productor de proteínas microbianas a partir de melazas.⁸

Los problemas tecnológicos que plantea el procesamiento de melazas son relativamente sencillos y el factor determinante de éste es el precio de las melazas aprovechables y sus posibles usos. Hasta hoy se considera que las melazas tienen un mejor aprovechamiento y rendimiento económico si se las utiliza para otros fines, y no para la producción de antibióticos o alimentación animal (mezcladas con bagazo). Sin embargo cuando la proteína microbiana sea utilizada para alimentar al hombre, es muy probable que los problemas tecnológicos que enfrenten los demás procesos hagan que el costo de biomasa producida a partir de melazas sea competitivo.

BAGAZO

Siendo el bagazo un material compuesto principalmente por carbohidratos, conviene hacer una revisión de la química de sus constituyentes para comprender claramente las opciones y sus posibilidades.

La celulosa es sin duda, el material orgánico más abundante en la Tierra, renovable por naturaleza y de la cual se pueden obtener muy diversos productos.^{11 12} Como compuesto primario de la naturaleza, y en muchos casos considerado desperdicio, su utilización presenta ventajas económicas y ecológicas.

Los llamados desperdicios celulósicos comprenden

- a) desperdicios agrícolas (paja, bagazo, olotes, hojas, etc.)
- b) desperdicios del procesamiento de alimentos (cáscara de frutas, pulpa, pedazos de vegetales, etc.), y
- c) desperdicios de madera (aserrín, corteza, astillas, etc.) y desperdicios municipales (40 a 60% de los desperdicios sólidos de la basura son papel).

Todos los residuos celulósicos están formados por tres componentes principales: celulosa, hemicelulosa y lignina asociadas a pequeñas cantidades de resinas, gomas, proteínas, grasas y minerales.

La celulosa es un polímero de glucosa (elementos de D-glucosa unidos por enlaces β-1,4 glucosídicos) cuyo tamaño promedio es de 10 000 unidades. En la figura 10.2 se muestra su estructura. En la pared celular se presenta en forma de fibrillas elementales de un diámetro de 35 Å, cada una de ellas contiene aproximadamente 40 cadenas de celulosa unidas por puentes de hidrógeno. Estas fibrillas elementales se agrupan, a su vez, en microfibrillas de diferentes tamaños mediante enlaces formados por hemicelulosas.¹³ En los vegetales el porcentaje de celulosa varía entre 40% (en algunas maderas) y 95% (en el algodón).

Las hemicelulosas comprenden los polisacáridos de bajo peso molecular que normalmente están asociados a la celulosa y pueden ser aislados del material original por extracción con soluciones alcalinas.¹⁴ La mayoría de las hemicelulosas son, básicamente, polímeros lineales de cadena corta formados por azúcares y diversos tipos de azúcares. Los principales azúcares en hemicelulosas son D-xilosa, D-manosa, D-glucosa, D-galactosa, L-arabinosa, ácido 4-O-metil-D-glucurónico y ácido D-glucurónico. La cantidad de hemicelulosas en los materiales celulósicos naturales varía entre 10 y 30%.¹⁴

La lignina es un compuesto complejo formado por un polímero tridimensional de residuos de fenil-propano por la polimerización-dehidrogenación de un precursor probablemente del tipo del alcohol coniférico. Está depositada

TABLA 10.1

México: producción de azúcar y subproductos derivados a partir de 1965²

Año	Café molida (10 ³ ton)	Azúcar (10 ³ ton)	Subproductos		
			Bagazo (10 ³ ton)	Mielaza (10 ³ ton)	Alcohol (10 ³ l)
1965	22 431	1 983	6 896	932	63 085
1970	24 534	2 208	8 135	954	51 824
1971	25 985	2 393	8 426	1 071	58 960
1972	26 254	2 359	8 243	1 043	55 004

desarrollo. Conviene aclarar que la utilización de la caña de azúcar para producir proteína unicelular es una idea relativamente nueva, por lo que los datos con que se cuenta son escasos y es necesario en ocasiones extrapolados de otros materiales de composición similar. Su manejo sin embargo debe ser cuidadoso, pues los problemas varían notablemente según el material y la escala de operación utilizados.

AZÚCAR

El azúcar —sacarosa— es probablemente una de las materias primas más fácilmente fermentables, puesto que tanto desde el punto de vista microbiológico como tecnológico los problemas que involucra su uso son menores. En microbiología aplicada se tiene una vasta experiencia en lo que se refiere al crecimiento microbiano cuando se emplea azúcar como sustrato. Por otra parte la gran mayoría de las especies empleadas y reconocidas como fuente de biomasa utilizan este hidrato de carbono con facilidad y rendimientos elevados. Los requerimientos de transferencia de oxígeno al fermentador y enfriamiento del cultivo son relativamente menores que los de otros sustratos (véase apéndice A). Sin embargo el precio del azúcar en el mercado internacional hace que la proteína microbiana así producida resulte más cara que la obtenida a partir de fuentes convencionales (soya, harina de pescado etc.) por lo que es muy poco probable que en el futuro se utilice para este propósito.

MIELES

Las melazas, o muelas incristalizables, son la forma menos depurada de la sacarosa: se obtienen de los hiecos madres concentrados una vez cristalizadas las soluciones de azúcar. Las muelas son una fuente reconocida y utilizada en diversas fermentaciones. En México se produce alcohol a partir de ellas pero en otros países las muelas se emplean desde hace bastantes años para producir proteína microbiana.^{3,4}

La composición química y las propiedades físicas de las melazas varían de acuerdo con factores agrícolas, condiciones climatológicas durante el crecimiento de la caña y principalmente con las condiciones de procesamiento del jugo de caña durante la producción de azúcar. Así puede ocurrir que distintas

muestras de muelas producidas en el mismo ingenio y durante el mismo período tengan composiciones químicas diferentes. La tabla 10.2 da la composición promedio de las melazas, se observa que éstas contienen esencialmente 70% del peso seco, aunque son los demás componentes, y en porcentaje en la composición los que hacen que determinadas melazas resulten mejores materias primas que otras para el crecimiento de levaduras.

TABLA 10.2

Análisis de melaza de caña de azúcar⁷

%	México	México	Francia
Humedad	16	23	19
Materia seca	77	84	81
Azúcar invertida total (como glucosa)	52	63	56
Nitrogeno total	0.4	1.5	0.7
Calcio	7	11	9
Fósforo	0.6	1.0	0.9
Calcio	0.1	1.1	0.5
Magnesio	0.03	0.10	0.07
Potasio	2.6	5.0	3.6

Los procesos de producción han ido cambiando constantemente este cambio ha dependido del mejoramiento de la preparación de las melazas de su clarificación de la aplicación de procesos continuos en lugar de procesos batch, de la modernización de los sistemas de aeração y de la separación y filtración de las levaduras. De los problemas anteriores, el de la clarificación merece atención especial pues de su solución depende la calidad del producto. Webb⁷ recomienda el siguiente método de clarificación de melazas.

- diluir a 20% el contenido de sacarosa
- agregar ácido sulfúrico y calentar a 66°C
- agregar superfosfato de calcio y hervir
- neutralizar con cal y dejar reposar por varias horas;
- decanatar el sobrenadante y filtrar el residuo y
- si es necesario decolorar utilizar para ello carbón activado.

Las ventajas que significa emplear cultivo continuo en lugar de cultivo batch se aprecian claramente en la tabla 10.3 la principal diferencia se debe al tiempo muerto entre fermentación y fermentación cuando se opera en forma batch. Todos los requerimientos de volumen, horas-hombre, tanques de almacenamiento y energía disminuyen en el proceso continuo, además de que la calidad del producto es menos variable. En la figura 10.1 se presenta el diagrama de flujo típico de un proceso batch en que se emplean melazas y se indican las diversas etapas y los tamaños de operación habituales, en la industria. No se incluyó la sección de pretratamiento de la melaza aunque existe en todos los procesos comerciales.

De particular importancia es la selección de una cepa adecuada capaz de crecer y sacar provecho de los diferentes constituyentes de las muelas. Las

45. F. Glacélio (en) Reunión sobre la manufactura de proteínas a partir de hidratos de carbono, ONUDI, Viena, octubre de 1973
46. F. Fournier, et al. (en) Reunión sobre la manufactura de proteínas a partir de hidratos de carbono, ONUDI, Viena, octubre de 1973
47. ONUDI, Reunión sobre la manufactura de proteínas a partir de hidratos de carbono, Viena, octubre de 1973.
48. C.D. O'Brien y C.E. Dunlap *Compost Science* primavera-verano 6 (1969)
49. A.E. Humphrey *Process Biochem.* Junio 19 (1970).
50. R. Quintana, "Biotecnología Industrial" curso en el Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM México, agosto de 1974

Producción de proteína microbiana a partir de la caña de azúcar y sus subproductos

La caña de azúcar constituye una de las principales fuentes posibles para la producción de proteína unicelular derivada de la fermentación del azúcar y demás subproductos. La industria azucarera tiene en México una gran importancia, tanto por el volumen de producción como por la cantidad de mano de obra que emplea. En la tabla 10.1 se presentan algunas estadísticas de la producción anual de los derivados de la caña de azúcar: azúcar, bagazo, molasses y alcohol. Los tres últimos son considerados subproductos, pero conviene señalar que la producción de bagazo es 35 veces mayor que la del azúcar y se estima que en 1974 se produjeron cerca de once millones de toneladas de bagazo. Aunque se puede producir proteína unicelular a partir de cada uno de los productos derivados de la caña de azúcar en el análisis siguiente sólo se consideran el azúcar, las molasses y el bagazo por las razones que se explicarán más adelante.

El alcohol (etanol) es producido por la fermentación de molasses cuando se emplea *Saccharomyces cerevisiae* en condiciones anaeróbicas, y aun cuando es factible producir proteína microbiana a partir de etanol (véase apéndice A y capítulo 9), de ninguna manera se recomienda que así se haga, puesto que las molasses pueden utilizarse directamente para este propósito. El jugo de caña es otro producto que puede ser fermentado directamente antes de ser procesado, con lo que se evita el problema de clarificación aunque no se tiene conocimiento de que se realice en alguna parte.

Los productos que se analizarán son:

- a) azúcar
- b) molasses, y
- c) bagazo.

Cada uno de ellos presenta características y problemas diferentes, y su aplicación depende de las soluciones tecnológicas disponibles o en vías de

y β . La viscosidad no ha sido considerada aunque varios autores¹ han señalado su importancia y efecto en el cambio de escala. Particularmente en las fermentaciones micetales (y gr. antibióticos) la alta viscosidad del medio hace que el k_L disminuya y por lo tanto para tener una buena aereación es necesario que el P/V aumente.

La práctica actual es tratar de mantener constante la transferencia de oxígeno (ecuación [1]) es decir $k_L a$, así como la velocidad de la punta del impulsor cambiando la relación entre el impulsor y el diámetro del tanque.

La tabla 6.3 es un ejemplo de escalamiento utilizando como criterio la velocidad volumétrica de transferencia (constante) para tanques con y sin similitud geométrica. Cuando es necesario o deseable mantener iguales volumen de aire por volumen de líquido por minuto ocurre que la velocidad lineal del aire a través del tanque aumenta en proporción directa al diámetro. Sin embargo si el porcentaje del oxígeno absorbido es pequeño en la escala pequeña, es posible disminuir el volumen de aire/volumen de líquido/minuto (VVM) aumentando la eficiencia de absorción. Lo anterior se logra aumentando el valor de $k_L a$. El último caso muestra los efectos del cambio en la geometría.

En cualquiera de los casos anteriores es importante tener una forma de estimar $k_L a$. Eissler⁷ hizo recientemente una recopilación de datos provenientes de fermentadores industriales, y encontró que P/V disminuye la escala según la siguiente relación

$$P/V \propto (V)^{-0.27} \tag{4}$$

el tiempo de mezclado encontrado varió de 5 a 100 segundos en escalas de 50 l a 100 m³ y obtuvo la correlación siguiente

$$t_M \propto (V)^{0.3} \tag{5}$$

en el mismo rango de escalas halló que las tasas de transferencia de oxígeno varían entre 100-400 mM O₂/l-h determinados en sistemas de sulfito. Las transferencias biológicas son menores en el orden de 60-300 mM O₂/l h. Los coeficientes de transferencia, $k_L a$ fueron de 400 a 800 h⁻¹. La velocidad de la punta del impulsor varió entre 3.7 m/seg, pero en varias ocasiones se encontró como el parámetro dominante en el escalamiento de fermentaciones productoras de antibióticos.

TABLA 6.3

Escalamiento a velocidad volumétrica de transferencia constante⁸

Propiedad	Planta piloto 20 gal	Planta industrial 2 500 gal		
Diámetro	1.0	5.0	5.0	5.0
Altura/Diámetro	1.0	1.0	1.0	3.5
VVM	1.0	1.0	1.0	2.8
Velocidad de aire	0.1	0.5	0.2	0.1
Eficiencia de absorción %	x	x	x	0.1
$k_L a$ requerido	1.0	< 1.0	> 1.0	>>> 1.0

Desarrollo histórico

La correlación entre la concentración de penicilina producida y la potencia consumida en agitación en fermentadores de diferentes volúmenes fue investigada por Bartholomew *et al*¹¹ y Gaden¹² y comunicaron que el escalamiento de la producción de penicilina puede efectuarse con éxito con un P/V de 1.5-3.0 HP/in³. La figura 6.2A muestra la correlación de la penicilina producida y la transferencia de oxígeno obtenida por Karow *et al*¹³ para tanques de 5 l a 15 000 gal. Nótese el efecto que tiene en la fermentación el duplicar la presión y el flujo molar del aire manteniendo la velocidad superficial del aire y la absorción constante. Esto significa que la transferencia efectiva de gas se duplica para cada uno de los tres casos en que se varió. La productividad se mejoró marcadamente en condiciones de agitación que estaban limitadas por la presión atmosférica.

Bartholomew *et al*¹¹ encontró que la producción de estreptomucina puede escalarse con un P/V de 2 HP/m³.

La potencia requerida para agitar un tanque ha sido estudiada por muchos investigadores (véase apéndice D). La correlación que ha tenido mayor éxito hasta la fecha, fue propuesta por Michel y Miller¹⁴

$$P_g = C (P_g^0 ND^3 / Q_g)^{0.85} \tag{6}$$

Nagata¹⁶ y otros han encontrado otras ecuaciones empíricas que toman en consideración los efectos de diferentes geometrías, rangos de operación y tipos de fluidos.

La figura 6.2B presenta un caso en que la fermentación es afectada por una agitación excesiva. En consecuencia fue necesario reducir la potencia y la transferencia de oxígeno para lograr el máximo de concentración. La vitamina B₁₂ se produce en un medio muy viscoso y los picos encontrados son mucho mas pronunciados.⁶

Muchas otras fermentaciones se desarrollaron con base en la tasa de oxidación del sulfito (véase referencias 2, 6, 15), pero por ejemplo, Maxon y Steel¹⁶ comunicaron que el escalamiento de novobiocina no se podía efectuar con base en la tasa de oxidación de sulfito, sino que podía usarse como criterio de escalamiento la tasa específica de consumo de oxígeno de *Streptomyces aureus*, correlacionando Q_{O₂} con la velocidad de la punta del impulsor independientemente del diámetro usado. Más tarde en 1966 Steel y Maxon¹⁷ usando un diseño especial de agitador encontraron que la potencia requerida era independiente de los cambios en la viscosidad aparente del cultivo el agitador de múltiples tubos dio el mismo rendimiento de novobiocina y Q_{O₂} que un agitador de turbina pero con la mitad de la potencia. Yoshida *et al*¹⁸ demostraron que la tasa de absorción de oxígeno en solución de sulfito de sodio es, por unidad de volumen líquido más rápida que en agua pura, especialmente con agitación forzada, que crea burbujas más pequeñas y una área interfacial mayor. Por todo ello se considera que el método de oxidación no es adecuado para escalamiento de fermentación, especialmente en cultivos de alta viscosidad o no newtonianos.

Diferentes criterios para cambio de escala en tanques geoméricamente similares, con medio y propiedades físicas constantes ($N_{Re} > 10^4$, $N_p = \text{constante}$)

Criterio	Relación	Relación
Potencia por unidad de volumen constante	$P/V = (N^2 D^3)$	$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{1/\alpha}$
Flujo volumétrico del impulsor por unidad de volumen constante	$Q/V = N$	$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3$
Velocidad tangencial constante	$N D = K$	$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_1}{D_2}$
N_{Re} similar	$N_{Re} = ND^2$	$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$
Tiempo de mezclado igual	$t = t_M N^{-1} D^{-1}$	$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{1/\alpha}$
k_L constante	$k_L = (ND)^{2\alpha-1}$	$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}$
$k_L a$ constante	$k_L a = \left(\frac{P}{D^3}\right)^\alpha$	$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{\frac{1}{\alpha}}$
$k_L a$ constante	$k_L a = \left(\frac{P}{D^3}\right)^\alpha \frac{N}{N_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{\frac{1}{\alpha}}$	

$$\alpha = K \beta = K$$

N_p = número de potencia.

Reynolds ni el tiempo de mezclado son buenos criterios de escalamiento. En el primer caso P/V es demasiado pequeño y no asegura una buena traslación. El criterio de tiempo de mezclado igual requiere un consumo muy alto de potencia.

Cuando las células microbianas o agregados celulares son afectados por grandes esfuerzos cortantes, y por rompimiento de los agregados, el escalamiento empleando como criterio la velocidad de la punta del impulsor constante disminuye la potencia por unidad de volumen en la misma proporción que la escala del fermentador aumenta, haciendo que el $k_L a$ disminuya.

En la práctica es difícil mantener la geometría similar para realizar un escalamiento basado en métodos de análisis dimensional. Oldshue³ ha demostrado la ventaja de escalar sin obedecer a la similitud geométrica, aunque la dificultad reside en la carencia de información sobre dicho cambio.

Alba et al.² sostienen que se puede utilizar como criterio k_L constante,

pero los datos de la tabla 6.2 indican que no es el mejor criterio, ya que lo mismo pasa al valor de $\alpha = 0.6$. Lo mismo se puede decir de $k_L a$ constante, que, al cambiar de escala, el valor de P/V aumenta en vez de disminuir.

Los mejores criterios para pasar de una escala a otra son el $k_L a$ constante o k_L constante, estando ambas de acuerdo con la ecuación (3) de la figura 6.1. Conviene señalar que si se mantiene la similitud geométrica, no es posible escalar siguiendo más de un criterio.

Usualmente se escoge $k_L a$ constante como criterio de escalamiento, como se indica en la ecuación (3) en función de muchas variables (ver ecuación 5) en el caso de la tabla 6.2 se escogieron dos correlaciones para calcular el coeficiente de transferencia y los resultados dependen de las dependencias.

TABLA 6.2

Variaciones relativas de las variables de operación y diseño para diferentes escalas, de acuerdo con diversos criterios

Variable	Laboratorio 10 l			Planta piloto 80 l						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
P	1.0	8.0	4.0	0.5	53.9	16.0	11.32	4.48	1.44	0.56
P/V	1.0	1.0	0.5	0.0625	6.74	2.0	1.44	0.56	0.21	0.08
N	1.0	0.63	0.5	0.25	1.19	0.79	0.71	0.52	0.39	0.25
Q	1.0	3.04	4.0	2.0	9.52	6.32	3.68	4.16	2.56	1.56
Q/V	1.0	0.63	0.5	0.25	1.19	0.79	0.71	0.52	0.39	0.25
ND	1.0	1.26	1.0	0.5	2.38	1.58	1.42	1.04	0.78	0.5
ND ² /μ	1.0	2.52	2.0	1.0	4.76	3.16	2.84	2.08	1.56	1.0
t_M	1.0	1.53	1.78	2.83	1.0	1.31	1.41	1.74	2.16	2.83
k_L	1.0	0.87	0.76	0.5	1.27	1.0	0.93	0.78	0.63	0.5
$k_L a$	1.0	1.0	0.71	0.25	2.60	1.41	1.2	0.75	0.48	0.25
$k_L a^{0.6}$	1.0	1.59	0.91	0.17	7.32	2.77	2.13	1.0	0.63	0.25

$\alpha = 0.6$

$\alpha = 0.5$

$\alpha = 1$ para 10 litros, $\alpha = 0.8$ para 80 l, $\alpha = 0.5$ para 10⁴ l, $\beta = 0.67$

Criterios:

1. $P/V = \text{cte}$
2. $ND = \text{cte}$
3. $ND^2/\mu = \text{cte}$
4. $t_M = \text{cte}$
5. $k_L = \text{cte}$
6. $k_L a = \text{cte}$
7. $k_L a^{0.6} = \text{cte}$

84

Surge entonces, la pregunta de cuál debe ser el escalamiento de laboratorio → planta piloto → producción o viceversa, es decir un escalamiento hacia abajo (scale down). Puede haber necesidad de escalar un resultado de laboratorio o de tratar de escalar hacia abajo las condiciones ambientales que puedan lograrse en un equipo de producción si se escoge el segundo criterio habrá que determinar el tamaño mínimo que puede utilizarse en el laboratorio o en la planta piloto y que pueda trasladarse a escala industrial. La solución de estos problemas depende de la manera que se escoja para atacarlos, y esa manera dependerá a su vez del tipo de problema particular de que se trate. Existen tres tipos de problemas.

a) un proceso nuevo y una planta nueva,
b) un proceso nuevo en equipo existente y
c) modificación del equipo existente para lograr una mejora en el proceso.
Desde luego en cada caso se desea mantener al pasar de una escala a otra, condiciones ambientales similares. También se desea maximizar la productividad (en procesos de fermentación que son intensivos en costos), o bien la concentración del producto (en procesos de separación que son intensivos en costos). (Se recomienda revisar el capítulo 7 para mayores detalles). Aiba y Okabe⁴ han demostrado la importancia de escalar no sólo el fermentador sino todo el proceso pues la optimización de un equipo o parte del proceso solamente no asegura el beneficio económico de la fermentación.

CONTROL AMBIENTAL

Desde el punto de vista de diseño se debe tratar de delinear las variables físicas (geometría número de impulsores etc.) del fermentador y procurar que se mantengan las mismas condiciones de mezcla, agitación y aereación. Sin embargo no se puede lograr lo anterior porque existen limitaciones dimensionales (ver Apéndice D) y económicas que restringen los procedimientos de escalamiento.

Cuando se tienen equipos dados y se pretende trasladar las condiciones de operación de uno a otro (revoluciones por minuto cantidad de aire por minuto, potencia por unidad de volumen) lo importante es establecer relaciones entre las variables que aseguren la similitud en el medio ambiente al cambiar de escala.

El control ambiental (y su escalamiento) depende por lo tanto de la limitación del equipo. Usualmente es la transferencia de oxígeno la que determina la capacidad de un fermentador y por ello se la ha escogido como criterio para el escalamiento. La transferencia de oxígeno puede establecerse de la manera siguiente:

$$\text{Velocidad de transferencia de oxígeno} = k_L a (C_g^* - C_L) \text{ promedio} \quad [1]$$

$$\text{Velocidad de transferencia de oxígeno} = Q_{O_2} x \quad [2]$$

y el coeficiente de transferencia de masa en general es:⁵

$$k_L a = K (P_g/V)^a (V_g)^b (\mu)^c \quad [3]$$

Se comprende que si se desea trasladar la velocidad de transferencia de oxígeno, se debe poder escalar $k_L a$ que depende de las condiciones ambientales de escalamiento, como se ve en la ecuación [3]. Sin embargo en algunas fermentaciones —particularmente de tipo mical — la "formación" de agregados, el grado de mezclado, el esfuerzo de corte y otros factores también adquieren importancia.

CRITERIOS DE ESCALAMIENTO

La figura 6.1 muestra esquemáticamente la concentración relativa del producto final en una fermentación afectada por P/V o $k_L a$. El patrón hiperbólico que se observa es general, independientemente de las especies microbianas, bacterias, levaduras o mohos.

Lo mejor es seleccionar una variable de operación cuando la concentración del producto ya no aumenta (la línea continua de la figura 6.1) mientras que para fermentaciones que sigan la línea discontinua es aconsejable seleccionar la concentración máxima del producto. Otros factores tales como requerimientos de energía, conveniencia de operación, disponibilidad de equipo deben considerarse antes de determinar el valor óptimo de P/V o $k_L a$ para el escalamiento.

En la práctica se han escogido varios criterios para efectuar el cambio de escala todos ellos basados en resultados empíricos.^{2,6,7} La tabla 6.1 resume los criterios empleados para cambio de escala en tanques agitados por medios mecánicos y las relaciones entre variables de operación y diseño. Basándose en dichas relaciones se calculó la tabla 6.2 en la cual se emplean los ocho criterios mencionados para tres volúmenes de operación: 10, 80 y 10 000.

Al analizar los resultados obtenidos se concluye que ni el número de litros.

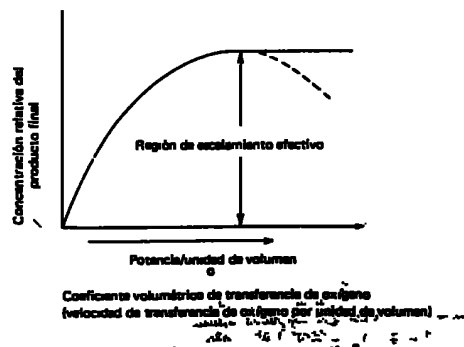


Figura 6.1 Dependencia de la fermentación y las variables de operación.²

3. A. Wilmott, *Handbook of Enzyme Technology* Ellis Horwood, London, 1975
4. F.H. Calderbank y M.R. Moo-Young, *Trans. Inst. Chem. Eng.* 39, 337 (1961).
5. W.W. Eckstein, *Chem. Eng. Prog.* 52, 286, 1956.
6. F.H. Calderbank, *Trans. Inst. Chem. Eng.* 36, 443 (1958).
7. A. Benedek y W. Holdings, *Biotechnol. Bioeng.* 13, 663 (1971).
8. C.W. Robinson y C.R. Wilke, *Biotechnol. Bioeng.* 15, 735 (1973).
9. A.E. Humphrey "Fermentation Technology" curso en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, EUA, julio de 1972.
10. S. Alfa, A.E. Humphrey y M.F. Mills, *Biotechnical Engineering* Academic Press, Nueva York, 1973.
11. J.W. Richards, *Progr. Ind. Microbiol.* 3 143 (1961).
12. H. Fekete, Y. Suzuki y T. Kozaki, *J. Ferment. Tech.* 46 829 (1968).
13. Hasegawa, et al. (en) L. Jinks (ed.), *Continuous Cultivation of Microorganisms* Academic de Chicago, 1964.
14. H. Taguchi et al. *J. Ferment. Tech.* 46, 833 (1968).
15. K.R. Westermark, L.L. Dierendonck y J.A. van Dekken, *Chem. Eng. Sci.* 18, 157 (1963).
16. D.L.C. Wang, R.T. Hatch y C. Correa, VII Congreso Mundial del Petróleo, Vol. 5 Moscú, 1971.
17. J.R. Butts, *Process Biochem.* junio 25 (1969).
18. N. Bishambrough, *The Chemical Engineer* febrero 38 (1972).
19. P. Osvatich, R. Lundell y P. Lahn, *Process Biochem.* mayo 37 (1976).
20. V.W. Uhl y J.B. Gony, *Mixing, Theory and Practice* Vol. 1 Academic Press, Nueva York, 1966.
21. L.E. Gates, T.L. Healey y J.G. Finkle, *Chem. Eng.* diciembre 8 111 (1975).
22. D.S. Dieckhoff y R.W. Hicks, *Chem. Eng. Progress* 2 93 (1976).
23. C.I. Cooney y D.L.C. Wang (en) R.P. Canale (ed.), *Biological Waste Treatment Biotechnology Biotechnology Symposium No. 2* Interscience, Nueva York, 1971.
24. K. Schreier (en) V Simposio Internacional de Fermentación, Berlín julio de 1976.
25. E.G. Foster y R.P.L. Hitchen (en) *Case Studies in Chemical Engineering* ICI Publications, Millbank, 1974.
26. B. Sanderson y D.L.C. Wang (en) 172nd National Meeting of the American Chemical Society San Francisco, agosto de 1976.
27. D. Kasser, A. Elmalek y A. Flechter (en) V Simposio Internacional de Fermentación, Beirut, julio de 1976.
28. L.J. Upton y M.L. Jackson, *Ind. Eng. Chem. Process Des. Develop.* 14 (2) 106 (1975).
29. A. Carilli et al., *Science Reports, Instituto Superior de Saúde*, 1 177 (1961).
30. E.L. Smith y R.N. Greenhalgh, *The Chemical Engineer* enero 28 (1974).
31. B. Atkinson y L.S. Doud (en) T.K. Ghose et al. (eds.) *Adv. Biochem. Eng.* Vol. 4 Springer-Verlag, Berlín, 1976.

Escalamiento de fermentaciones

El problema del paso de una escala a otra (escalamiento) es uno de los de mayor importancia no sólo en fermentación sino en la industria en general. En el caso de la fermentación aeróbica el predecir resultados a escala de producción basados en el escalamiento de datos obtenidos en el laboratorio o en la planta piloto requiere de un análisis cuidadoso de cada una de las escalas, tanto en sus variables físicoquímicas como biológicas.

Por lo general en el laboratorio se opera con matraces agitados (~500 ml) o pequeños fermentadores, donde se buscan nuevos productos, se estudian mecanismos de control y se mejoran las cepas de producción. En la planta piloto (5-500 l) se estudian efectos de aeración, temperatura y control de pH, en muchos casos los fermentadores cuentan con instrumentos para conectarse a una computadora con objeto de estudiar la dinámica del cultivo y de ser posible, establecer un control por retroalimentación. Los fermentadores de producción (5 000-400 000 l) deben operar siguiendo un calendario fijo además, se trata de aumentar la productividad. Alfa et al.² hacen un análisis detallado de los pasos de traslación de resultados de una escala a otra. Solomon,³ por ejemplo indica cuáles son los rangos de operación más comunes en lo que se refiere a potencia por unidad de volumen y a velocidad de agitación.

Escala del fermentador	Potencia de trabajo	Capacidad del fermentador	Velocidad de agitación
Escala Pequeña	8-10 W/l	3 l	200-2000 rpm
Escala Piloto	3- 5 W/l	10 l	200-1200 rpm
Escala Industrial	1- 3 W/l	50 l	100- 800 rpm
		200 l	50- 400 rpm
		500 l	50- 300 rpm

TABLA 2.3

Constantes de saturación (K_s) para diferentes sustratos y microorganismos

Organismo (genere)	Sustrato (unidades)	K_s (mg/l)	K_s ($10^{-3}M$)	Referencia
<i>Escherichia</i>	Glucosa	6.8×10^{-1}	3.8×10^{-3}	15
<i>Escherichia</i>	Glucosa	4	2.2	14
<i>Escherichia</i>	Glucosa	2	1.1	14
<i>Candida</i>	Glicerol	4.5	4.9	16
<i>Candida</i>	Oxígeno	4.5×10^{-1}	1.4	16
<i>Candida</i>	Oxígeno	4.2×10^{-1}	1.3×10^{-1}	17
<i>Saccharomyces</i>	Glucosa	25	14	4
<i>Aspergillus</i>	Glucosa	5	2.8	4
<i>Klebsiella</i>	iones nitrato	3.6×10^{-1}	2.3	18
<i>Klebsiella</i>	iones potasio	3.9×10^{-1}	1.0	18

levadura es por nefelometría (dispersión de la luz) o mediante un medidor Coulter-counter. Ambos métodos dan buenos resultados y permiten trabajar con soluciones diluidas.

Para microorganismos miceliales la masa celular se determina midiendo el peso seco. La técnica es la siguiente: se centrifuga o filtra con un filtro multipore una muestra se lava ésta cuidadosamente con agua o buffer y se pone a secar a 105°C y al vacío de 6 a 18 h hasta alcanzar peso constante. Otro método consiste en centrifugar la muestra en condiciones fijas de tiempo y revoluciones por minuto y en medir el volumen del sólido: esta es una técnica de uso y práctica industrial. Pirt⁴ hace un análisis de cada una de las técnicas anteriores así como de otras usadas en investigación.

Tiempo de duplicación

Si se integra la ecuación [1] entre los límites siguientes

$$\int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{K} = \int_0^{t_d} \mu dt \quad [5]$$

donde

$$x_2 = 2x_1$$

$$t_d = \text{tiempo de duplicación}$$

se obtiene que

$$t_d = \ln 2 / \mu$$

La ecuación [5] es de importancia biológica pues si se tabulan los tiempos de duplicación mínimos para bacterias levaduras mohos y protozoarios, se observa que estos tiempos se agrupan, siendo las bacterias las que tienen un t_d menor y los protozoarios uno mucho mayor. En la figura 2.4a se observa la

Distribución de los tiempos de duplicación para microorganismos

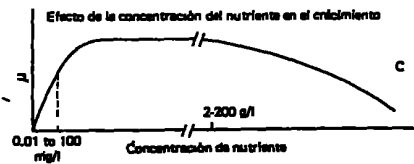
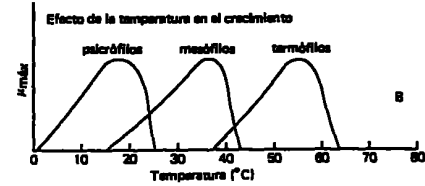
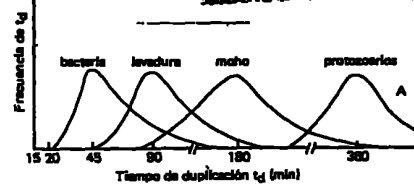


Figura 2.4 Efecto de diversos factores en el crecimiento microbiano.

existencia de traslape de lo que se deduce que un organismo unicelular crece no necesariamente más aprisa que uno micelial.

Como se explicó las condiciones ambientales tienen una gran influencia en el crecimiento microbiano de manera que $\mu = f(T, \text{pH naturalista y composición de los nutrientes, fuerza iónica, etc.})$.

Efectos de la temperatura

La temperatura afecta al crecimiento de manera notable principalmente porque los microorganismos de una especie dada sólo pueden crecer en un rango restringido de temperaturas. La figura 2.4b muestra cómo se pueden clasificar los organismos de acuerdo con la temperatura. Los psicrófilos presentan un rango de 5° a 15°C los mesófilos de 25° a 40°C y los termófilos de 45° a 60°C pero se han reportado casos de hasta 94°C . Los organismos termófilos tienen un gran potencial de utilización pues la alta temperatura

de temperatura, pH, concentración de nutrientes, etc. En la figura 2.1 se indican las diferentes fases que ocurren en un cultivo en las condiciones anteriores estas 4 fases reflejan cambios en la biomasa y en el medio ambiente. Después de un período lag (véase capítulo 3), el crecimiento ocurre a la máxima rapidez y finalmente cesa, ya sea por carencia de los nutrientes o por agotamiento de un producto inhibidor o algún cambio en el ambiente físico-químico. Después de que la biomasa alcanza el máximo, aparece gradualmente una fase estacionaria en la cual la biomasa permanece constante más adelante esta disminuye como consecuencia del metabolismo de mantenimiento o por autólisis.

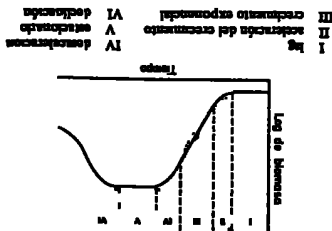


Figura 2.1 Curva de crecimiento típica con seis fases.

La duración de la fase exponencial de crecimiento depende parcialmente de la concentración inicial del sustrato limitante, lo anterior implica que el cultivo pasa de un estado en el cual crece con exceso de sustrato a otro de carencia de sustrato de manera que los periodos a velocidades menores que la máxima no son suficientemente largos para permitir al organismo ajustar su estructura interna a las nuevas condiciones.

Ecuación de Monod

Cuando el crecimiento de un cultivo de lote está limitado por la cantidad inicial de sustrato la curva de crecimiento puede expresarse en términos de los parámetros de crecimiento. La bien conocida ecuación de Monod¹⁴ describe la relación entre la velocidad específica de crecimiento, μ , y la concentración del nutriente limitante S , en un cultivo microbiano.

El modelo de Monod expresa

$$\frac{dx}{dt} = \mu x \quad (1)$$
$$\mu = \frac{\mu_{max} S}{K_s + S} \quad (2)$$

donde x_0 y S_0 son los valores iniciales de la concentración de biomasa y del sustrato limitante, respectivamente. Sustituyendo μ y S en la ecuación (1) se obtiene

$$x - x_0 = Y(S_0 - S) \quad (3)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\mu_{max} (Y S_0 + x_0 - x)}{K_s Y + S_0 Y + x_0 - x} \quad (4)$$

La ecuación (2) está representada en la figura 2.3 en donde μ se grafica como función de la concentración del sustrato. El valor K_s se obtiene cuando $\mu = 0.5 \mu_{max}$. La tabla 2.3 es una recopilación de las constantes de sustrato para diversas sustratos. La tabla muestra que los valores de K_s para las fuentes de carbono y de energía son del orden de 10^{-4} M. Los valores para el oxígeno son de 10^{-4} a 10^{-3} M y para los iones potasio y magnesio 10^{-2} M. En general la relación de Monod se cumple aunque hay desviaciones cuando la velocidad de crecimiento es alta.¹⁵

Concentración celular

La determinación de la concentración celular x se hace de diversas maneras dependiendo de las características físicas de los microorganismos (véase capítulo 8), principalmente su tamaño. El crecimiento celular se determina midiendo el número de células o la masa celular. El número de células se puede medir en organismos unicelulares (bacterias levaduras) utilizando un microscopio se considera que es éste un método barato y rápido para ciertos tipos de células pero con la desventaja de que no se obtiene información acerca del estado de las células (vivas o muertas). Otro procedimiento es "platear" o sea colocar un volumen pequeño del cultivo en una caja de Petri con agar (medio nutritivo) e incubarlo a una determinada temperatura durante un tiempo fijo el resultado que es el número total de células vivas se obtiene contando el número de colonias y multiplicando por la dilución que se haya hecho. El método más empleado para medir el crecimiento en bacteria y

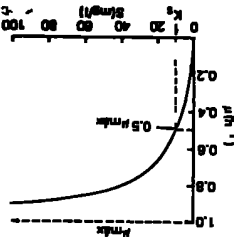


Figura 2.3 Ecuación de Monod, ecuación (2) donde $\mu = 0.5 \mu_{max}$ y $S = K_s$. En la ecuación (1) se obtiene

Compuestos orgánicos de los principales elementos constituyentes de las células microbianas:

indicadas en la tabla 2.1 aplicando el concepto de rendimiento (véase apéndice A) se puede elaborar un balance estequiométrico para definir las cantidades necesarias de cada elemento. La tabla 2.2 es un ejemplo de un medio definido que se utiliza en investigación en el laboratorio. La literatura sobre este aspecto es muy abundante^{6, 7} y debe ser revisada cuando se quiere iniciar una fermentación y se tienen dudas de la composición molar del medio. Conviene advertir que las unidades de los rendimientos varían y es fácil cometer errores en ocasiones se expresan como gramos del sustrato y en otras como gramos del elemento.

Una vez que se proveen los nutrientes necesarios y el microorganismo las células empiezan a crecer y/o a producir algunos metabolitos de interés (la transformación de nutrientes en células y/o productos se denomina metabolismo y en la figura 2.1 se presentan las principales reacciones que ocurren durante este. La glucosa tiene el doble papel de generador de energía y material de construcción celular (la bioquímica se encarga del estudio detallado de cada una de las reacciones y caminos metabólicos). Está fuera de los objetivos de este trabajo el intentar revisar el metabolismo microbiano sin embargo es necesario aclarar que es importante su estudio pues sólo así se comprenderá que se debe enfocar la fermentación desde un punto de vista interdisciplinario. La conversión del sustrato a células ha sido motivo de muchas investigaciones^{8,10} ya que es un factor muy importante para el control, además del rendimiento la demanda de oxígeno y la producción de calor. Por lo general, cuanto más oxidado está el sustrato menor es el rendimiento, otro problema es que los rendimientos dependen también de las condiciones ambientales.⁹ La figura 2.1 indica la importancia de las reacciones metabólicas, sobre todo en que se refiere a la producción de metabolitos



específicos Bolívar y Quintero¹¹ han revisado recientemente los mecanismos de control microbiano tanto para metabolitos primarios como secundarios. Los aspectos energéticos son de gran importancia tanto en lo que se refiere a la generación como a la utilización de la energía¹² pues de acuerdo con ello se clasifica a los microorganismos y porque representan la eficiencia de conversión.

En un cultivo microbiano todas las partes están sujetas a las mismas condiciones

Composición de un medio definido para producir *Klebsiella aerogenes* hasta 10 g/l (peso seco) en cultivo aeróbico⁴

Componentes	Reducción sustrato (g de biomasa/g de sustrato)	Masa de componentes (g)
Agua destilada	-	1 000
Glucosa	1.10	22.7
NH ₄ Cl	8.75	4.37
KH ₂ PO ₄	39.1 para P 39.5 para S 333 para K 430 para Mg	1.13
MgSO ₄ 7H ₂ O		0.232
CaCl ₂ 2H ₂ O	1.33 x 10 ⁴	0.011
FeSO ₄ 7H ₂ O	4.7 x 10 ⁴	0.007
MnSO ₄ 4H ₂ O	2.0 x 10 ⁴	0.002
ZnSO ₄ 7H ₂ O	2.0 x 10 ⁴	0.002
CoSO ₄ 5H ₂ O	1.0 x 10 ⁴	0.0004
CuCl ₂ 6H ₂ O	1.0 x 10 ⁴	0.0004
EDTA	-	0.0004

- Manning, Ralph A. (Ed.), *Immobilized Enzymes for Industrial Reactors* Academic Press, London, 1975.
- Papst, H.J., *Microbial Technology* Reinhold, Nueva York, 1967.
- Prescott, S.C. y C.G. Dunn, *Industrial Microbiology*, McGraw-Hill, Nueva York, 1959.
- Richard, W. Thomas (Ed.), *Industrial Microbiology* Benchmark Papers in Microbiology Vol. 12, Dundas, Hutchinson & Ross, Pennsylvania, 1977.
- Rhodes A. y D.L. Fletcher, *Principles of Industrial Microbiology* Pergamon Press, Oxford, 1966.
- Ross, A.H., *Industrial Microbiology* Butterworths, London, 1961.
- Smith, J.E. y D.R. Buzay (Eds.), *The Filamentous Fungi*, Vol. 1. *Industrial Mycology* Edward Arnold, London, 1975.
- Solomonson, G.L., *Microbial and Methods in Fermentation* Academic Press, London, 1969.
- Turner W.B., *Fungal Metabolites* Academic Press, Inc., London, 1971.
- Udenhofen, L.A. y R.J. Hickey *Industrial Fermentation*, Vols. 1 y 2, Chemical Publishers, Nueva York, 1954.
- Wassman, Alan (Ed.), *Handbook of Enzyme Biotechnology* Ellis Horwood, Chichester, 1975.
- Yamada, K., S. Kinoshita, T. Yamada y K. Aiba (Eds.), *The Microbial Production of Aminoacids*, Elsevier Press Book, Japan, 1972.

REFERENCIAS

1. S. Aiba, A.E. Humphrey y N.F. Mills, *Biochemical Engineering* Academic Press, Nueva York, 1965.
2. S.C. Prescott y C.G. Dunn *Industrial Microbiology* McGraw-Hill, Nueva York, 1959.
3. A. Rhodes y D.L. Fletcher *Principles of Industrial Microbiology* Pergamon Press, Oxford, 1966.
4. R. Stainer, M. Doudoroff y E.A. Adelberg, *General Microbiology* 3a ed., Macmillan, London, 1970.
5. A.H. Ross, *Industrial Microbiology* Butterworths, London, 1961.
6. A.L. Elder (ed.), "The History of Penicillin Production" American Institute of Chemical Engineers, Symposium Series 100, Vol. 66, 1970.
7. C. Rambo, *Biochemistry of Industrial Microorganisms*, Academic Press, London, 1963.
8. D. Parham (ed.), *Fermentation Advances* Academic Press, Nueva York, 1969.
9. A. Enssle y A. Fischer *Adv. Biochem. Eng.* 1: 169 (1971).
10. A.L. Demain (ed.) *Microbes and Biological Productivity* Symposium of the Society for General Microbiology Cambridge University Press, Cambridge, 1971.
11. J.W. Sizer *Adv. Appl. Microbiol.* 6: 207 (1964).
12. P. Simon y R. Monner *Microbiologie industrielle et génie biochimique* Masson Paris, 1970.
13. C.W. Hensel y W.C. Haynes, *Prog. Ind. Microbiol.* 12: 1 (1973).
14. J. Rivière, *Les applications industrielles de la microbiologie* Masson Paris, 1975.
15. A.L. Demain, *Adv. Appl. Microbiol.* 1: 23 (1959).
16. A.L. Demain, *Adv. Biochem. Eng.* 1: 113 (1971).
17. K. Yamada et al., *The Microbial Production of Aminoacids* John Wiley Nueva York, 1972.
18. W.B. Turner *Fungal Metabolites* Academic Press, London, 1971.
19. K.L. Smiley y G.W. Strandberg *Adv. Appl. Microbiol.* 15: 13 (1972).
20. J.W. Sizer *Adv. Appl. Microbiol.* 15: 1 (1972).
21. H.J. Papst, *Microbial Technology* Reinhold, Nueva York, 1967.
22. H.T. Huang y M. Shapiro *Prog. Ind. Microbiol.* 9: 79 (1971).
23. A. Fletcher, *Mining and Minerals Engineer* 7: 14 (1971).
24. M. Sherwood, *School Science Review* 50: 762 (1969).
25. A.C. Olson y C.L. Cooney (eds.), *Immobilized Enzymes in Food and Microbial Processes* Plenum, Nueva York, 1974.
26. J.R. Whitaker "Food Related Enzymes" *Adv. Chem. Series* 136 American Chemical Society Washington, D.C., 1974.

Crecimiento microbiano

El estudio del crecimiento y desarrollo microbianos comprende varias disciplinas pues, a pesar de ser un fenómeno natural su descripción en términos cualitativos y cuantitativos es compleja.

Para poder tener crecimiento microbiano, desde el punto de vista de la fermentación es necesario que se cumplan varios requisitos tanto de tipo biológico como físico-químico. En primer lugar es necesario tener un cultivo en condiciones adecuadas, es decir células en estado vegetativo o esporas susceptibles de reproducirse. Para ello es menester conservar adecuadamente las cepas en el laboratorio y es recomendable que cada 3 o 4 meses las cepas almacenadas sean transferidas a nuevos medios.

MEDIO DE CULTIVO

El microorganismo requiere para su crecimiento de una fuente de energía y de fuentes de materia. En la mayoría de las fermentaciones industriales la fuente de energía y la de materia son la misma (v. gr. azúcar), pero es necesario que la fuente de materia contenga todos los elementos constitutivos de la masa celular en las proporciones requeridas por la composición interna del organismo. En la tabla 2.1 se presentan los compuestos orgánicos de los principales elementos de la masa celular y su porcentaje en peso seco; las cifras son de carácter general pero se considera que son representativas de la composición microbiana. La formulación del medio de cultivo debe considerar todos los elementos de la tabla 2.1 así como otros necesarios para la producción de metabolitos especiales.^{2,3} Un problema práctico que se presenta con el uso de medios que no están definidos químicamente, por ejemplo melazas, es que la composición varía con el tiempo, el lugar y la forma de almacenamiento. Para la formulación del medio se deben emplear composiciones similares a las

fisiológicas necesarias para el desarrollo de la fermentación. Como resultado se obtendrá una cantidad de microorganismos mayor que la inicial y diversos productos (antibióticos, esteroides, enzimas, ácidos orgánicos, etc.). Todas estas variables son las que interactúan y deben optimizarse para lograr un proceso adecuado. En el caso de la proteína microbiana por ejemplo lo que se pretende es obtener la cantidad máxima de células y maximizar la producción de CO_2 o de cualquier otro producto extracelular en la producción de antibióticos, por el contrario, se trata de obtener el máximo de productos específicos extracelulares.

No debe olvidarse, sin embargo, que un proceso de fermentación comprende en un sentido más amplio no sólo las reacciones bioquímicas efectuadas por microorganismos y/o por enzimas sino que además comprende las características físicas y de operación del recipiente en donde se lleva a cabo —el fermentador— y las operaciones que se efectúan antes y después de la fermentación. La figura 1.1 presenta el diagrama de flujo de una fermentación típica. Se pueden distinguir tres áreas principales: laboratorio, fermentación y extracción. Cada una de estas áreas será explicada detalladamente en los siguientes capítulos, pero debe hacerse hincapié en que todas ellas funcionan

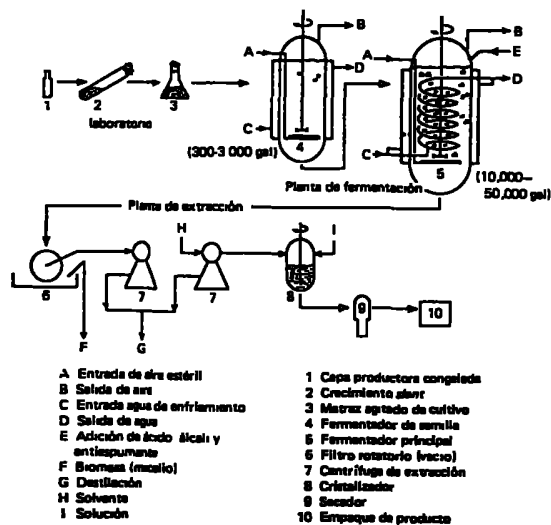


Figura 1.1. Diagrama de flujo de un proceso típico de fermentación.

como un todo y aunque para su estudio se divida, una única descripción de la fermentación siempre deberá tenerse en mente la totalidad del proceso.

Los capítulos de este estudio han sido preparados de acuerdo con las necesidades y los problemas que se presentan en el desarrollo de una fermentación a escala de laboratorio e industrial. El capítulo dos se refiere a la preparación del medio de cultivo y a las condiciones físico-químicas necesarias para obtener un producto deseado con un rendimiento elevado. Los capítulos tres y cuatro analizan la cinética de la fermentación y de sus productos en sus formas de operación más comunes: *batch* y continua. Los capítulos cinco y seis presentan el problema de diseño de fermentadores, de transferencia de masa y cómo se emplean los resultados de laboratorio cuando se pasa a escala industrial. El capítulo siete trata del problema de la esterilidad del medio de cultivo y del aire: la cinética de ésta y sus efectos en la fermentación. En el capítulo ocho se estudia la separación y extracción de productos y se indican los diferentes métodos empleados y cuál es el criterio de selección. En los capítulos nueve y diez se analiza el problema de la proteína unicelular y sus diversas soluciones posibles: bacterias, levaduras, hongos, etc., así como los diferentes sustratos utilizados: *n*-parafinas, metanol, melazas, celulosa, etc. Finalmente el capítulo once constituye una introducción a la tecnología enzimática en sus diversos aspectos.

Debido al enfoque de este trabajo no se hace especial referencia a tres aspectos importantes de la fermentación que han sido ampliamente tratados en otras publicaciones: 1) microorganismos utilizados, productos obtenidos y literatura especializada en fermentación.

MICROORGANISMOS EN LA FERMENTACIÓN

Los microorganismos utilizados en la fermentación son generalmente bacterias, levaduras, hongos, algas y tejido celular animal y vegetal. La figura 1.2 indica la clasificación general y la subdivisión de los protistas debido a sus características particulares: los virus no entran en esta clasificación. Entre los protistas superiores los hongos tienen una importancia industrial mayor.

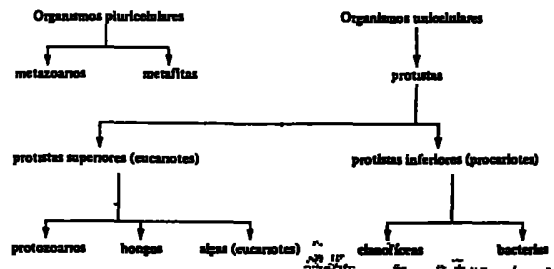


Figura 1.2. Clasificación general y subdivisión de los protistas.

han procurado algún gusto (entre otros, azocharanes y bebidas alcohólicas). Se recomienda revisar los tratados generales de microbiología y fermentación¹⁻³ a todos aquellos que estén interesados en ese desarrollo histórico.

Los principios de la microbiología industrial fueron establecidos cuando Pasteur a mediados del siglo pasado demostró indiscutiblemente que la fermentación alcohólica era producida por levaduras. Desde ese momento hasta la segunda guerra mundial se desarrollaron muchos procesos industriales de fermentación, fundamentalmente las diferentes fermentaciones alcohólicas y la producción de ácidos acético, láctico y cítrico así como la de glicerol, acetona y butanol. Los procesos típicos utilizados durante ese período fueron el cultivo sumergido anaeróbico y el cultivo en superficie aeróbico. Sin embargo debido a la necesidad apremiante de producir antibióticos durante la guerra⁴ hubo que utilizar un proceso industrial más rápido y eficiente que los comúnmente utilizados este fue el cultivo sumergido aeróbico en tanques agitados. No cabe duda de que lo anterior produjo el estímulo necesario para que surgiera la ingeniería bioquímica, pues se hizo evidente la necesidad y las posibilidades de aplicar los principios tecnológicos de ingeniería a la fermentación, y de combinarlos con el conocimiento biológico.

Entre los decenios cuarenta y cincuenta se lograron grandes avances tecnológicos en el cultivo microbiano y se desarrolló el fermentador agitado con controles automáticos para preservar las condiciones adecuadas de la fermentación. La mayoría de los procesos utilizados en esa época son aeróbicos y operan de manera discontinua (en forma de lote o proceso batch).

El último decenio ha visto el desarrollo y establecimiento de los procesos aeróbicos continuos. Dos han sido las áreas que en estos años han tenido avances importantes la producción de proteína microbiana⁵ y la tecnología enzimática. La primera surgió como respuesta a la gran demanda y necesidad de producir alimentos baratos y a gran escala, y al encontrarse que las características microbianas (corto tiempo de duplicación, alto contenido proteico y no dependencia de las condiciones climatológicas) presentan grandes ventajas respecto a otras fuentes de proteínas.

La tecnología enzimática ha recibido un gran impulso debido a que sus posibilidades de aplicación en el área médica y de alimentos son muy prometedoras. En ambas áreas se han registrado importantes avances debido al gran número de investigadores que han dedicado su esfuerzo a resolver los problemas interdisciplinarios surgidos durante su desarrollo haciendo de ellas campos interesantes e intelectualmente atractivos.

Pero la ingeniería bioquímica no sólo ha avanzado y tenido éxito en procesos industriales, sino que ha contribuido al mejor entendimiento del metabolismo microbiano al utilizar la técnica de cultivo continuo que somete a un microorganismo a diferentes condiciones ambientales constantes por largos períodos y estudia los cambios que a nivel celular ocurren cuando el medio ambiente varía. Los aspectos clínicos han adquirido importancia y en

* Se denominan indistintamente *proteína microbiana*, *proteína celular* o *hongos* al producto que se obtiene del crecimiento de microorganismos (y que son ellos mismos). Pueden ser bacterias, levaduras o hongos que utilizan para crecer diversos sustratos en un cultivo aeróbico, con fines de alimentación.

particular la enzimática, que también por el desarrollo de la difusión y el diseño de reactores, ha permitido un conocimiento más íntimo y profundo de los problemas generales de la catálisis. Estos son, sólo dos ejemplos de los logros científicos alcanzados la mejor muestra de la importancia presente y futura que tiene la fermentación es la proliferación de la literatura relacionada y el establecimiento de grupos de investigación científica e industrial dedicados a trabajar en el área. Es muy difícil indicar qué áreas se seguirán desarrollando o surgirán en los próximos años, pero entre las que parecen más probables están: la aplicación de la técnica de cultivo continuo a diferentes tipos de fermentaciones, el diseño de mejores procesos de separación y purificación (utilización de la proteína unicelular por humanos), la fermentación anaeróbica (principalmente producción de metano) el desarrollo del cultivo de tejido celular animal y vegetal (hormonas) a nivel industrial la aplicación en la práctica de la ingeniería genética, la utilización de desperdicios agrícolas e industriales como sustratos de fermentación, y la disminución y control de la contaminación ambiental.

PROCESO DE LA FERMENTACION

Las industrias de procesos bioquímicos se encargan del aprovechamiento bajo condiciones controladas de materiales biológicos tales como microorganismos, tejido celular animal, productos microbianos y enzimas. Los procesos asociados con la producción de microorganismos y de algunos productos específicos son importantes comercialmente.

Como todos los seres vivos los microorganismos crecen se reproducen y segregan algunos compuestos bioquímicos de importancia para el hombre. Estas son las características en que se ha basado la utilización de los microorganismos como productores de fermentación la que de una manera esquemática se puede representar así:

MICROORGANISMOS	ELEMENTOS NUTRIENTES	CONDICIONES AMBIENTALES ADECUADAS
[bacterias, levaduras, hongos, tejido celular etc.]	+ [C, H, O, N, S, P, metales, vitaminas, etc.]	+ [pH, temperatura, humedad, oxígeno disuelto etc.]

Fermentación: Microorganismos + CO₂ + Productos (intra y extracelulares)

Cuando se provee de oxígeno molecular al sistema, la fermentación se denomina aeróbica y hay desprendimiento de CO₂, cuando el oxígeno molecular está ausente, se denomina anaeróbica.

Es decir que para que una fermentación se realice son necesarios los siguientes requisitos: tener un microorganismo de características idóneas para el proceso y/o producto particular, proveer un medio de cultivo adecuado (que contenga todos los nutrientes esenciales en las proporciones y cantidades óptimas de producción) y finalmente, establecer y controlar las condiciones

Canto et al. Ing. Bioquímica

DM

82