

Los procesos biotecnológicos futuro y sostenibilidad

Por **José Mario Díaz Fernández**

Departamentu de Ingeniería Química
y Teunoloxía del Mediu Ambiente
Universidá d'Uviéu

Semeyes **Amanda Laca**

1. L'ENFOQUE Y L'ALGAME

Un oxetivu frecuente en procesos de producción biotecnológica ye llograr productos metabólicos útiles a partir de materiales biológicos. Nos procesos de fermentación, por exemplu, los aspectos clave son la regulación y optimización de les transformaciones biológicas y de microorganismos. Dalgunos métodos de recuperación de los productos son comunes a los que s'empleguen nos procesos químicos (separación, desecación, etc.), magar que cuando los materiales biológicos son más lábiles y requieren mayor pureza, diseñense métodos o equipos específicos.

El desenvolque de la industria biotecnológica en campos relacionaos col aprovechamientu de los recursos bióticos, nos sectores de la salud, alimentación, medioambiente y educación, requier del desenvolque d'un número altu de conocimientos interdisciplinarios. L'oxetivu ye formar profesionales que, con sentíu críticu,

apliquen los principios y métodos de la Ingeniería de Bioprocesos para el aprovechamiento racional y integral de los recursos bióticos en la producción de bienes y servicios que contribuyan a mejorar el nivel de vida de la sociedad. Todo ello tiene que encontrarse con conocimientos básicos de biología, física, química y matemáticas, de las ciencias de la ingeniería y del diseño.

El su campo de aplicación se amplía. Puede emplearse en el sector industrial, incluyendo el alimentario, en empresas procesadoras de alimentos, como las de fermentación (vinos, cervezas, antibióticos, enzimas, ácidos orgánicos, fermentos o licores, etc.), en la obtención de aminoácidos, polisacáridos, etc., o en la obtención de materiales energéticos, o de productos biológicos de uso diverso. También se aplica en el campo de la salud: desarrollo de productos farmacéuticos, nuevas drogas, hormonas, etc. Bajo el punto de vista académico y de investigación, son áreas de desarrollo, campos como la ciencia y tecnología de los alimentos, la tecnología microbiana y la tecnología de enzimas; pero también, campos tales como la aplicación de la ingeniería genética, la biotecnología vegetal y el cultivo de células y tejidos animales. Los conocimientos adquiridos por los profesionales formados tendrán interés para empresas públicas o privadas, asesorías, laboratorios de investigación, sectores de producción primaria y de transformación en la industria de procesos. En un campo donde puede resultar beneficioso desarrollar una actitud entusiasta que permita participar en la creación de empresas.

2. LAS BIOTRANSFORMACIONES

Los procesos de transformación

Podemos considerar algunos tipos de transformaciones: a) El compuesto o sustrato A dará el producto P., por ejemplo, una hidrólisis; b) Una

reacción catalítica, por ejemplo, por acción de la enzima E. o c) Por medio de microorganismos, que es característica de microorganismos y reacción autocatalítica.



Equipos auxiliares para los procesos

Para completar los diagramas de flujo hay que conocer la estequiometría de las reacciones biológicas. Por ejemplo, para saber cuántos kg de ácido láctico se pueden obtener por fermentación de 1 kg de residuo con lactosa.

Los diagramas de flujo van a constituir una red, con una ruta de flujo a partir del origen, que puede avanzar, retroceder, sumarse o restarse; con nodos, uniones y elementos. Habrá distintas uti-

lidades o procesos, requiriéndose un instrumentación. En los procesos podrá extraerse, remover o limpiar un elemento. Para los cálculos tiene que escoger un elemento al que referir los balances. Con frecuencia entámbase para calcular aproxi-

mao, delimitar y mejorar las aproximaciones, buscar semejanza, y finalmente hacer la simulación. En algunos niveles de descripción, algunos con diferente interpretación nos damos:

- De bloques; son los más básicos ya indiquense las operaciones que se van usando.
- De flujo; indiquense las corrientes principales con operaciones y elementos básicos.
- Detallado o completo; si presenten más especificaciones, con diferentes grados.
- El documento fundamental en el desarrollo de la ingeniería que incluye todas las características del proceso, es el P&ID (*Process and Instrumentation Diagram*).

Escala de análisis

El análisis de las transformaciones, o cambios de materiales, se hace a partir de principios físicos básicos generales, incluso que la metodología se hace específica a diferentes niveles. Incluso que el análisis clásico de astronomía puede hacerse con iguales ecuaciones que el flujo en un río. Uno de los aspectos que definen una disciplina es la escala o dimensión en que se analicen los fenómenos.

Los cálculos suelen requerir elaborar un modelo, escoger alguna semejanza, componer un método y hacer una simulación, para lo que hay que reunir distintos conocimientos. Habrá que hacer un plan, establecer un programa con contrastes.

La Ingeniería de producto

El objetivo final de una producción es tener un producto con ciertas características y precio. Hay muchas características diferentes que pueden resultar de interés, como, olor, aroma, dureza, perfume, limpio, suave, ligero, seco, viscoso, pegajoso, adherente, o por ejemplo el envoltorio.

La importancia de la velocidad con la que se hacen las transformaciones biológicas y fundamental para saber el tiempo que hay que dar al proceso o el volumen en que tiene que procesarse un cierto caudal

3. LOS PROCESOS BIOLÓGICOS Y LA SU VELOCIDAD

La velocidad de los procesos

La importancia de la velocidad (cinética) con la que se hacen las transformaciones biológicas y fundamental para saber el tiempo que hay que dar al proceso (en sistemas discontinuos), o el volumen en que tiene que procesarse un cierto caudal (en continuo). La cinética para la especie A suele notarse como los moles de A transformados por m^3 y segundo. También puede referirse a la masa de catalizador o a una superficie. Son ejemplos la cinética de orden 1, de orden 0, de tipo Michaelis-Menten o Monod.

La cinética suele determinarse primeramente en el laboratorio, pero ha de considerarse que en el

proceso industrial, la cinética puede cambiar por la presencia de impurezas, o a la modificación de alguna condición que se cumple con lo procurado en el laboratorio.

En la operación con microorganismos suelen usarse bacterias, levadura, moho... de distinta casta y vitalidad para fermentar en fase líquida o fermentar sólido. El fermento, no estéril, se lleva a guiar a un caldo o suero, pudiendo crecer, por lo que se puede mejorar. Ha de escogerse alimento, dándole estímulo, pueden consumirse nutrientes pudiendo llegar a pasar hambre, alentar, y llegar a debilitar el crecimiento.

Esterilización

Es una reacción para pasar de biomasa viva a



biomasa muerta. Constituye una operación básica previa para la producción por acción de microorganismos individuales deseados vs. no deseados, o en otras aplicaciones como por ejemplo para la separación de productos.

Equipos para las biotransformaciones

La forma de flujo puede determinarse con el método estímulo-respuesta, con inyección tipo impulsivo o salto, pudiendo determinarse modelos de tipo compartimento, o por ejemplo incluyendo la dispersión axial.

El dimensionado busca relacionar el volumen o el tiempo con la eficiencia. Puede determinarse lo que vaya sumando o restando un reactivo, determinar el compuesto «no convertido», o si conviene aplicar exceso de alguno. Con frecuencia se usa un catalizador que aumenta la velocidad, pudiendo hincharse o contraerse, encocharse o esborrarse, o inclusive inactivarse.

En fase líquida resultan importantes, por lo menos, la sema, la respiración, los tiempos, el resto o borra, o cuidar la materia recalcitrante. Para la fermentación en fase sólida, la «masa a fermentar» suele ponerse en una «pila de fermentación», en ocasiones previa sema, cuidar el alentar, el poso o borra, entre otros.

Diferentes tipos de biorreactores son:

El tanque aballáu

Es el sistema más usado en la práctica. Permite mantener la biomasa en suspensión, suministrando y nutrientes, incluyendo por ejemplo oxígeno. Para ajustar la composición a las necesidades de los microorganismos en cada momento, suele ser mejor emplear un sistema discontinuo, o con adición de algunos nutrientes de forma intermitente. En algunos procesos de producción a gran escala, el tanque aballáu



se usa con flujo continuo, para aumentar la productividad, y mantener el sistema en condiciones de propiedades constantes. La operación en **tanque aballáu aeróbico** es una alternativa económica, por ejemplo, para la producción de vinagre (el sistema se denomina acetador Frings). Se mete aire por la base, en forma de burbujas, usualmente aprovechando la propia velocidad del agitador para la rotura y distribución. Introdúcese además una hélice de enfriamiento (serpentin) y por el interior del mismo pasa agua fría. La capacidad de enfriamiento que se requiere, puede dar la impresión de que el interior del tanque parece simplemente un cambiador de calor.

Tanques no aballaos

Suelen aplicarse en procesos tradicionales que se desarrollaron sin equipos de mezcla mecánicos, y los que ahora no se quieren camu-

dar las propiedades del producto, al modificar el proceso. En el caso en particular, de fermentaciones para la producción de bebidas alcohólicas, en que la formación de CO_2 actúa ya como un elemento de abolladura (abolladura autoinducida). Un ejemplo abundante conocido es la producción de cerveza en tanques cilíndricos, nos que el fermento acaba concentrándose en la base, y donde el fermento es lo que genera el CO_2 , resultará que el mayor altura del tanque produce un valor más elevado de la potencia de abolladura. Si queremos facilitar la estimación de microorganismos del líquido, será muy positivo que se formen flocos (o biopelículas, que pueden tratarse en una forma análoga). Lo inconveniente de que se formen biopelículas o flocos, es que el interior puede quedar sin oxígeno, pudiendo resultar esa parte no activa.

Columnas de relleno

Suelen aplicarse para microorganismos que formen biopelículas. Los microorganismos, con frecuencia, pueden fijarse con el tiempo a las superficies sólidas formando biopelículas. La cantidad de estos microorganismos puede aumentar abundante si se enfrenta el área de soporte colocando relleno en una columna. Así, en la producción de ácido acético en biocolumna, se usa foraxa, quedando inmovilizadas en la superficie las bacterias acéticas. Por la parte superior se hace pasar la bebida alcohólica (etanol, es decir, el vino o la sidra), naciéndose. Al final cuéyese ácido acético. Un problema importante es que puede taponarse la columna de relleno en el flujo de la corriente por debajo de la parte superior de la biopelícula.

4. LOS PROCESOS ELEMENTALES

Los procesos elementales

Los principios básicos de la física constituyen la base del análisis. Al aplicar una fuerza a un sistema puede resultar un sistema equilibrado o inestable, pudiendo resultar una aceleración, y acumular cantidad de movimiento. La presencia de diferencia de altura, incluyendo desnivel o inclinación, obliga a incorporar el término de energía potencial. Cuando se trabaja con gases, en particular al comprimirse o moverse, resulta más complejo el análisis. El sistema puede presentar también algún tipo de oscilación, y al oscilar o balancearse el elemento tienen que incorporarse algunos otros términos o números adimensionales.

Los fenómenos superficiales son importantes, así, corroer, cuajar, adherir, puede que hagan decaer, adelgazar, amortiguar, o debilitar alguna propiedad. Son también importantes muchos fenómenos biológicos, tales como germinar, enraizar, aguijar o envizcar, atenuar, aviejar, dañar, revivir... por ejemplo, de una semilla o un microorganismo.

El fundamento del análisis incluye conceptos como semejanza y tratarse de un sistema cerrado o continuo, fuente o sumidero, entrada y salida, el efecto de aumentar, atenuar, oscilar o cortar el esfuerzo, mover fuerte, mover cíclico, o mover desde equilibrio.

La formación de burbujas, al brotar o surgir, al burbujear o rebullir, y al ascender en el líquido, existen diferencias de velocidades entre el gas y el líquido. Los líquidos pueden pingar, rosar, formar chorro o chorro fino o bisbilera, o caer un golpe de agua, pero también pueden esbarriar o esnidar, estancar o remansar.

Condiciones de mezcla

Hay que darse y el grado de mezcla más adecuado a cada tipo de bioproceso, por ejemplo para suministrar a los biocatalizadores el entorno adecuado para la producción en condiciones rentables. Puede requerirse también para disolver materiales o para suministrar nutrientes, o para suspender partículas, o para optimizar cada proceso en particular. Nunca falta necesariamente que el sistema sea perfectamente homogéneo, por ejemplo por costo

aumentar la velocidad de consumo de O_2 al tiempo que la solubilidad en el agua atenua. Los años 40 la transferencia de O_2 supuso uno de los problemas clave en los estudios para mejorar el desarrollo de la disciplina conocida como Ingeniería Bioquímica. Este problema de transporte de materia entre dos fases produce también en otras situaciones, por ejemplo al disolver sólidos.

Los procesos biológicos suelen ser exotérmicos. Para mantener un bioproceso a 25 °C ha de enfriarse el sistema, lo que nunca es tan fácil, ni siquiera en el laboratorio

que ello pueda implicar. Pero además hay procesos que son más eficaces si nunca hay mezcla completa. La mezcla en un recipiente requiere agitar, batir, ximelgar, o con vuelco, con diferentes tipos de agitador o somorguier: paleta, ancla...

Transferir materia

Es muy importante la transferencia a través de la interfase, en particular de O_2 desde la fase gas a la fase líquida, por ejemplo en un fermentador. Suele suponer una limitación importante para trabajar con fermentadores en condiciones aerobias. Si se necesita introducir 100 g/L de glucosa en el fermentador, nunca hay problema con la solubilidad, pero, la solubilidad del O_2 (desde el aire) en el agua es del orden de $[\text{O}_2]^* = 0,01 \text{ g/L}$. Así, los microorganismos podrían consumir estos 0,01 g de O_2 en menos de un minuto, mientras que, sin embargo, queda y muchísima glucosa por consumir. Al aumentar la temperatura el problema se complica, pues puede

Transferencia de energía (calor)

Los procesos biológicos suelen ser exotérmicos, generan calor. Para mantener un bioproceso a 25°C, frecuentemente ha de enfriarse el sistema, lo que nunca es tan fácil, ni siquiera a nivel de laboratorio cuando hablamos de más de 2 o 3 litros, pero resulta más complejo conforme se aumenta el volumen, y el área de intercambio con el exterior por unidad de volumen (del generador de calor) atenua. Por ejemplo, es una limitación fundamental en la producción del fermento del pan. Puede llegar a ser difícil que entamen algunos procesos, en condiciones rentables, por las dificultades de eliminar calor.

Con frecuencia hay que evaluar el flujo de calor para calentar un sistema más frío, o para enfriar un sistema más caliente. Para evitar la transferencia de calor puede usarse un aislante o una pantalla térmica. En ocasiones donde se produce un cambio de fase, puede requerirse evaluar el frente de avance de una fase. Puede llegar a un estado en el que



Liofilizador

tuvo que se congelar y xelar. También suele requerir evaluarse el flujo de calor preciso para vaporizar, bullir o hervir un líquido. Puede trebolgar o ferver. En relación con el uso de horno, quemar o rustrir, tiene que considerarse la llama, chispas, arroxar, o afumar; caldiar, xamuscar o ambarar.

La descripción de las operaciones básicas puede hacerse muy amplia. Si hay dos corrientes pueden ir en sentido diferente, a contracorriente o en contrario, o en el mismo sentido. Con frecuencia se determina el volumen y el largo de los equipos, o el tiempo preciso de operaciones discontinuas. En sistemas sólido/líquido, pueden usarse operaciones tales como prensar, filtrar o espesar. Las operaciones de evaporación y condensación están relacionadas con el flujo de calor. La radiación es un fenómeno importante, caracterizado, por ejemplo, como el asoleamiento en naturaleza, teniendo que tener en cuenta por caso conceptos como zona oscura, cuerpo irradiado, el cuerpo radiante, el resplandor, relucir, rugosidad...

Operaciones de separación

La operación de separación (con frecuencia opuesta a la de dispersar) implica estremar compuestos, y con frecuencia quitar impurezas. Por ejemplo en la operación con membrana, se logra una refugia y un permeado. Suele requerir escoger primero las operaciones y después los equipos. La operación de secar, para transformar un sólido húmedo en sólido seco, es abundante usual. La operación opuesta, humedecer, puede hacerse para ablandar, desfacese, esboronar o disolver el sólido. Hay muchas operaciones con aire: humidificación para modificar la humedad y secado. Otras operaciones impliquen fundir o congelar formando hielo. Algunas operaciones implican separar en fase espuma, o en medio denso. Junto a las operaciones tradicionales, para separar y para concentrar componentes se usan con frecuencia operaciones en columna y de membrana.

La concentración de células que hay en un bioproceso puede ser aproximadamente del 0,1 %, y es difícil que llegue al 1 %

Eliminación de agua

Conviene evitar la dilución no que se atopen las células y productos en muchas fermentaciones. La concentración de células que hay en un bioproceso puede ser aproximadamente de 0.1% (y es difícil que llegue al 1%). Esto quiere decir que de cada 100 kg de cultivo, 0,1 kg son células y

- Sedimentación, aprovechando la fuerza de gravedad.
- Centrifugación, por medio de la fuerza centrífuga.
- Evaporación: se hace en fase líquida (operación con adición de calor).
- Filtración (a presión o vacío).
- Secado: Operación donde se transforma materia (agua) de fase sólida a fase gas. Suele darse a una concentración moderada de agua, p.ex., menos del 70%.



Cromatógrafu GC-MSD

99,9 kg de fase acuosa. Ello es, en la producción de biomasa tendríamos que eliminar 99,9 kg de fase acuosa, que puede constituir un residuo, para lograr al final 1 kg de producto. El proceso es análogo cuando se quieren conseguir productos de interés. Son y que resulten muy importantes las operaciones de eliminación de agua (fase acuosa) tales como:

5. TRANSPORTE, CONTROL Y EMPAQUETADO

Tresporte de fluyíos

En el transporte de flujos en una tubería o tubo, tenemos que considerar el transporte de cantidad de movimiento $m\bar{v}$ (del que la conservación, si no hay fuerzas externas, es uno de los cinco principios físicos básicos). Para empezar el movimiento y superar después las fuerzas de fricción tenemos que aportar fuerzas exteriores.

El carácter viscoso del flujo estudiado se denomina reología. Es abundante diferente en el caso de una pasta, papilla, rella, grolla o llamarga. El movimiento de flujos es el resultado del balance de fuerzas. Los elementos pueden torcerse, endolcarse, deformarse, esgarrarse, dar la vuelta... pudiendo aparecer torbolinos o remolinos, con movimientos al azar. Los flujos pueden moverse en tuberías, o en canal (o presas), detenerse en un banco, con aliviadero pudiendo generar un puxu y foles, desaguar, vertir o taponar los flujos. La presencia de torques puede

obstruir, detener o atrancar el flujo requiriéndose desatranca. Otras veces puede tener un furacu, paleta o garganta, como parte del equipo. También puede espesar o formar un sedimento. El tanque puede llenar o vaciarse, acogolmar y desbordarse. Al entemecer llamuega, tiene que s'aballar y masar, o reducir. Nel flujo d'aire, con aire frío o aire caliente, pueden hacerse de las operaciones, soplar, dilatar, expandir o comprimir, inflar o llenar un recipiente, o dar un golpe d'aire.

Operaciones con sólidos

Hai un ampliu número d'operaciones específicas, asina, esmenuzar, trociar, cribar, masar, golpear, pulgar, ablandiar, alteriar, amontonar, dar vueltas, hinchar, encoyese, resgar, allisar, pulir... Dalgunos equipos frecuentes son: moxeca, montón, molín, morteru, peñeru, vañu, peñera, maya, aventador, tambor, cestu, llechu, moldu... El tipu de partículas ye mui diversu, povisa, brasa, poxa, cachu, fragmentu, freba, fino, blandio, dondo, crespo, suave, arregallao, amazacotao... En relación col líquido puede lavarse, enjuagar, rosar, reducir, chiscar...

Procesáu mecánicu

Los materiales pa los equipos sométense a distintos procesos de tratamiento, escurrir, acurtiar, agrandar, estender, deformar, doblar, curvar, o ablandiar.. o superficialmente, endurecer, o modificar pa dar carácter flexible, duru, débil, tenacidad. Pero los materiales pueden estropiarse o deteriorarse, agrietar, resquebrar, fracturar, allisar, rallar, raspar, mellar, mozcár, avieyar..., y tener grieta, fienda, resquebra, raxa, mella, muezca o puerco. El material sucio o con manchas tiene que se limpiar, esfregar...

Con sólidos, de las operaciones posibles son esmenuzar, trociar, masar, pulgar, ablandiar, allisar... y dalgunos de los equipos: moxeca, morteru, peñeru, peñera, maya, moldu... Las partículas son mui diversas: povisa, brasa, poxa, freba, arregallao, amazacotao...

Sistemas de control

Fai falta un sistema de control pa caltener el proceso de producción industrial nes condiciones apropiadas. Pueden estreme distintas escalas o jerarquías. Dende'l control direutu, a través de controladores onde se coloquen distintos tipos de sistemas d'actuación, válvules, bombes, etc., usando diferentes ajustes en función de las necesidades de control (control proporcional, integral...), hasta'l control de máxima jerarquía nos ordenadores de control, y l'ajuste en función de los sistemas d'emergencia.

El control, de distinto nivel jerárquico, busca establecer unas condiciones que evolucionen o se caltengan predeterminadas nel equipo. Pa controlar un sistema, en forma básica, mide una señal que se compara con un valor consigna, procurando evitar el ruido. Fai falta conocer el comportamiento transitorio, y evaluar el comportamiento inestable. El sistema suele manipularse, descomponerse en partes, evitar retrasar, sobreelevar, desajustarse o perder el control.

6. CONSIDERANCES MEDIOAMBIENTALES

Las líneas de producción y de residuos

Nun diagrama simple de bloques pueden estrearse dos líneas de flujo: (1) La de producción que conduce desde las materias primas hasta la obtención de producto, liberándose materiales no útiles; y (2) la de residuos, que recoge y procesa los materiales que parecen inútiles.

Las materias primas en muchos bioprocesos pueden tener un costo considerable, puede llegar a ser del 50% del costo total, polo que podemos

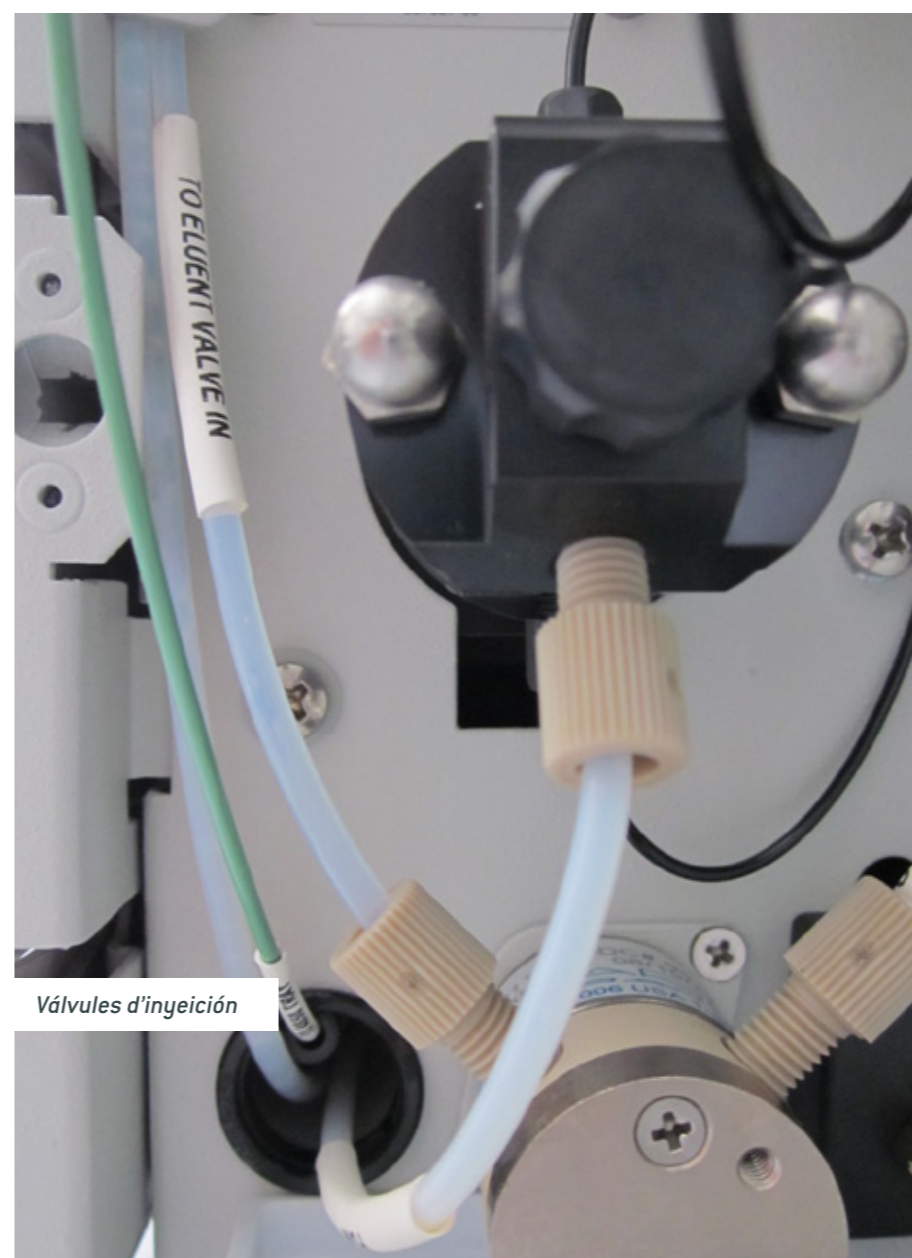
tener un gran interés en amenorar el costo en dalgún porcentaje. Éste ye'l motivo de que muchos procesos fermentativos usen como materia prima los residuos d'otras industrias, por ejemplo, las fábricas d'antibióticos pueden utilizar residuos de la industria azucarera. N'otros procesos, con productos d'alto valor amestáu, la materia prima representa, al contrario, un porcentaje mui baxu, lo que fai que se usen inclusive materiales puros o especialmente preparados.

Los residuos d'un bioproceso pueden obtenerse como la diferencia entre la masa que entra y la que se aprovecha. Puede tratarse de materiales que quizás sean valiosos, pero que nunca se los encontrará valer económicamente. Parece pues, a priori, considerar que es deseable tener bioprocesos con una línea de producción de gran capacidad, y que sea pequeña la línea de residuos que se generan.

Los residuos orgánicos

La considerancia de la concentración y la biodegradabilidad de la materia orgánica nun residuo complejo, son la información básica inicial pa pensar nel tratamiento biológico de residuos. Con frecuencia nunca se puede abordar nin plantear un análisis químico perfectamente definido de cada uno de los componentes (determinar cuántos gramos hai de glucosa, de fructosa, etc.) en mezclas complejas y variables nes que puede haber más de 100 compuestos diferentes. Por lo tanto, suele indicarse globalmente tola materia orgánica (por ejemplo, 1 g materia orgánica total/litro).

Por lo tanto, el impacto de la diferente composición química na biodegradación, la forma habitual d'espresar la materia orgánica total, se hace en forma de cuántos gramos de O_2 se precisen pa oxidar, por ejemplo, 1L de disolución con materia orgánica. Esa oxidación de la materia orgánica puede ser química, la DQO (demanda química d'oxígeno), que davezu se fai con dicromato, magar que hai normas pa hacerlo también con permanganato. La oxidación también puede medirse por medio del O_2 que precisen los microorganismos mezclados pa degradar la materia orgánica, lo que se denomina DBO (demanda biológica d'oxígeno). Normalmente'l parámetro que más se usa ye la DBO_5 (l'oxígeno que se precisa nun periodo de 5 días, a una temperatura dada). Es-





HPLC semipreparativa

Todos los procesos están sujetos a la normativa legal y ha de hacerse porque sean sostenibles

tes definiciones úsense tanto en tratamientu aerobiu nel que se xenera $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, como nel tratamientu anaerobiu en que se xenera CH_4 y CO_2 , (juntu con hidróxenu, derivaos del azufre, etc.).

El tratamientu de residuos (sólidos, líquidos y gases)

Pola mor de la prevalencia de materia orgánico, habitualmente biodegradable, nos residuos de los procesos biotecnológicos, el tratamientu biolóxicu de los residuos constitúi un bioprocesu al que se tien de poner atención. Tenemos de recordar que'l procesu de producción ha de considerarse globalmente toles llinies, y l'actuación sobro los residuos ye una parte integral del propiu procesu. El tratamientu ye diferente acordies cola fase na que s'atopen los residuos.

Sólida.- Si son sólidos asimilables a residuos sólidos urbanos (RSU), suelen llevarse a un vertedoriu afayadizu, col costu que represente, p.ex.,

20 euros por m^3 amás del tresporte. Si nun son RSU, sinón residuos tóxicos o peligrosos (RTP), el tratamientu sedrá más costosu, por exemplu en vertedoriu controláu o incineración. El responsable de los residuos ye la empresa xeneradora hasta que nun algama un certificáu de que se desfixo de mou afayadizu d'ellos.

Líquida.- La materia orgánico en fase acuosa, habitualmente biodegradable, suel tratarse per aciu d'un tratamientu biolóxicu, análogo a como se produz nel mediu ambiente, por exemplu en ríos, pero intensificáu, lo que requier más costu enerxéticu.

Residuos en fase gas.- Suelen denominarse como compuestos orgánicos volátiles (COV). Namái se traten en dalgunes situaciones específicas, por exemplu, oxidándolo (térmica o catalíticamente), absorbiéndolo, o reteniéndolo nun soporte. El tratamientu biolóxicu ye tamién una alternativa interesante, de magar s'absuerbe en fase acuosa, o simultáneamente a l'absorción nun procesu (por exemplu en columna).

L'impautu nel mediu ambiente

L'impautu nel mediu ambiente resulta diferente según el mediu. En fase gas, el residuu pue presentarse difuso, en penachu o fumareda, y suel facer falta captalo pal so tratamientu. Inclúise la situación de «feder». En fase acuosa los vertíos, trataos o non, viértense, y la basa remánase en formes diverses. Nel ambiente natural, los diferentes medios tienen la so propia carauterística, por exemplu tipo buelguizu, arrecife, llamorgal o zona agrícola. Les operaciones de tratamientu previu suelen requier alcantarillar, llevando hasta vertedoriu, dempués, un pozu o balsa, y darréu rexes o rexina con rastru pa estremar la broza y la piedra menúo. Al final la basa llévase a cierta sequedá. Suel asitiase tamién una balsa de trueno (pa xarabatu) o de seguranza, pa protexer el procesu de tratamientu o el mediu ambiente de situaciones puntuales.

Pa sólidos, en xeneral precísase «coyer el residuu», coyida d'escrementos, llimpiar, tratar o llevar a vertedoriu. Nel campu alimentariu son per frecuentes, «residuos de carne», «residuos d'estrumer», de podrén...

7. FINAL

Temas económicos y legales

En tou bioprocesu que se desendolca considérase la rentabilidad como un criteriu básicu. Nel funcionamientu social resulten precisos llabores como l'entamar, financiar, apalancar o aforrar. La investigación de mercáu resultará fundamental, amás de «trabayar bien», concertar, y tener «sentíu común», arriendes de tener suerte.

Por supuestu hai que fabricar en condiciones afayadices, tantiguar y axustar les condiciones d'operación, probar nueves condiciones y satisfacer la calidá amañoso «al máximu». Asegurar la calidá, evitar el defectu, y el «productu de mala calidá», malu o «ensin calidá» son importantes al igual qu'evitar la porquería y el desorde. La xestión de recursos humanos, la seguranza, y la investigación, el desendolcu ya innovación son, por supuestu, claves. Buscar ya indagar nuevos productos o estratexes, requier imaxinación, observar, guetar y pensar nesos nuevos productos. Pa cabu, l'actividá de divulgar ye mui conveniente en munchos campos,

Amás, tolos procesos, dende la implantación de la empresa, la fabricación, y la comercialización tán sujetos a la normativa legal, a importantes rellaciones cola sociedá, y cada vegada más a considerances de sostenibilidad: facer por ser sostenibles.