

CULTIVO ARTESANAL DE SPIRULINA (Resumen de la version francesa) 28/08/2005

ÍNDICE

[PROLOGO](#) [ESTANQUES](#) [FACTORES CLIMATICOS](#)
[MEDIO DE CULTIVO](#) [INOCULACION](#) [COSECHA](#)

[COMO ALIMENTAR EL CULTIVO](#) [ATENCIONES DEL CULTIVO](#)
[CONSERVACION](#) [SECADO](#) [CONSUMO](#)

ANEXO

[CONCENTRACION](#) [SALINIDAD](#) [ALCALINIDAD](#) pH
[HUMEDAD](#)

PROLOGO

El presente no es un nuevo libro sobre la spirulina; hay excelentes libros para responder a las siguientes preguntas:

- ¿ qué es la spirulina (*Arthrospira platensis*) ?
- ¿ dónde vive naturalmente?
- ¿ cómo fué descubierta en los años 1960?
- ¿ cuál es su composición nutritiva?
- ¿ a qué normas de calidad debe responder?
- ¿ cómo se la puede producir industrialmente?
- ¿ porqué se le predice un futuro brillante?

Consultar por ejemplo: "Microalga Spirulina, Superalimento del Futuro", por Robert Henrikson, Ediciones Urano (1994).

El único objetivo de este manual resumido es de aportar mi experiencia práctica en el cultivo de la spirulina en pequeña escala a quienes así lo necesitan.

Si algunos términos técnicos les parecen difícil de comprender, ustedes pueden consultar un manual de química para alumnos de colegio que podrá aclararlos.

¡En práctica, cultivar spirulina no es más difícil que cultivar tomates!

Si Ud tiene acceso a Internet, pueden ver una buena descripción de este proceso artesanal en <http://www.spirulinasource.com> ilustrado con muchas fotografías.

ESTANQUES

La spirulina vive en agua a la vez salada y alcalina, contenida en un recipiente (o estanque) resistente a la corrosión; poco importa su forma, salvo los ángulos que deben ser redondeados para facilitar la agitación y

limpieza de los rincones. Generalmente utilizamos estanques con bordes de 40 cm (el doble de la profundidad normal del cultivo).

Los estanques pueden tener una superficie de 1 m² - es lo que corresponde a la necesidad de spirulina de una persona - pero los de 5, 10, 20 hasta 40 m² son más económicos. Las dimensiones son sobretodo limitadas por la necesidad de agitar el estanque.

El fondo del estanque debe tener un hoyo y una ligera pendiente para facilitar su desagüe.

Es preferible tener dos estanques que uno sólo grande por razones prácticas (transvase de uno al otro para limpiarlo por ejemplo).

Un modo de realizar económicamente estos estanques utiliza plásticos de 0,5 mm de espesor (PVC, EVA), de calidad alimentaria de preferencia; los laterales son soportados por un muro de ladrillos o una estructura de madera o tubos metálicos o PVC. Si hay termitas en la región, se recomienda colocar bajo el plástico una delgada capa de ceniza y una capa de arena seca.

El hormigón es un buen material para los estanques, pero necesita albaniles experimentados. La calidad del revoque es muy importante. Antes de agregar el medio de cultivo es recomendable pintar la superficie del estanque con dos manos de pintura común a la cal.

Un invernadero sobre los estanques ofrece muchas ventajas a condición de que pueda ser aireado y sombreado.

La agitación de los estanques se puede hacer a mano con escoba, una vez cada hora o dos horas (mas frecuente si el sol es fuerte). Si se dispone de electricidad se puede utilizar pequeñas bombas de acuario para agitar los estanques (una potencia media de 1 W/m² es suficiente).

Los estanques industriales son agitados con paletas, pero ésta es una técnica considerada como un poco difícil a emplear para los pequeños estanques artesanales que son los que aquí nos interesan.

FACTORES CLIMATICOS

La temperatura del medio de cultivo es el factor climático de mayor importancia para la rapidez de crecimiento y la calidad de la spirulina. Por debajo de 20°C el crecimiento es prácticamente nulo, aunque muchas spirulinas no mueren incluso a 0°C. La temperatura óptima para

el crecimiento es 37°C. Encima de 42°C, la spirulina está en grave peligro.

La iluminación es indispensable para el crecimiento de la spirulina (fotosíntesis), pero no se debe mantenerla 24 horas continuas por día. Durante la noche reacciones bioquímicas continúan produciéndose en la spirulina como la síntesis de proteínas y la respiración. La respiración disminuye la masa de la spirulina (la "biomasa") sobretodo cuando la temperatura está elevada. Desde este punto de vista las noches frescas son buenas, pero la spirulina no puede soportar una fuerte iluminación al frío (debajo de 15°C). Aunque la iluminación es un factor esencial, el pleno sol no es ideal para la spirulina: una media sombra es preferible. Si el sol es la única fuente de calor para llegar a una buena temperatura, es un problema: por eso una temperatura ambiente elevada es preferible.

Un filamento individual de spirulina no puede soportar una exposición prolongada al sol: es destruido por fotólisis. De aquí la necesidad de agitar el cultivo.

La lluvia es benéfica para compensar la evaporación del agua, pero es necesario vigilar que no desborde el estanque.

El viento es también benéfico para la agitación de la superficie y para airear el cultivo, pero está el riesgo del aporte de polvo y hojas en el cultivo.

Notamos que la iluminación y el calentamiento artificiales pueden ser utilizados para hacer crecer la spirulina. Tubos de neón convienen para iluminar pero las lámparas ordinarias tienen la ventaja de calentar al mismo tiempo que iluminar.

MEDIO DE CULTIVO

El agua utilizada para hacer el medio de cultivo debe ser limpia o filtrada para eliminar las algas contaminantes.

El agua potable es conveniente. Si contiene demasiado cloro, se debe aerear.

Si el agua es muy dura, provocará la formación de depósitos desagradables pero no peligrosos. La utilización de agua salobre puede ser interesante pero es necesario analizarla antes de utilizarla.

Algunas aguas contienen bastante o demasiado magnesio y/o hierro.

CULTIVO ARTESANAL DE SPIRULINA (Resumen de la version francesa) 28/08/2005

El agua de mar, muy rica en magnesio, puede ser utilizada pero con precauciones o tratamientos que no están incluidos en este documento.

El medio de cultivo puede obtenerse disolviendo los productos químicos siguientes en el agua:

	<u>g/litro</u>
Bicarbonato de sodio	8
Sal	5
Nitrato potásico (o salitre)	2
Sulfato dipotásico	1
Fosfato monoamónico	0,1
Sulfato de magnesio ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)	0,2
Solución de hierro (10 g de Fe/l)	0,1
Cal (si el agua es muy poco dura)	0,02

Si se utiliza sal no refinada, no se necesita el sulfato de magnesio.

La solución de hierro se prepara disolviendo 50 g de sulfato de hierro ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) y 50 ml de ácido clorhídrico concentrado en un litro de agua. Se puede también utilizar una solución saturada de hierro (clavos) en vinagre con un poco de jugo de limón o carambola.

Este medio de cultivo se utiliza para iniciar nuevos cultivos o para completar el nivel de los estanques luego de vaciarlos parcialmente.

La composición arriba mencionada puede variar en amplias proporciones. Así, en lugar de los 8 g de bicarbonato, se puede utilizar una mezcla de 5 g de carbonato de sodio y 1 g de bicarbonato, obteniendo un pH de 10,4.

Ciertos iones pueden ser introducidos en cualquier concentración, aunque limitada por la salinidad total que no debe sobrepasar de 25 g/l. Se trata de los iones: sulfato, cloruro, nitrato y sodio.

Los iones fosfato, magnesio y calcio no pueden ser utilizados en concentraciones muy elevada sin provocar la formación de depósitos minerales y desequilibrios en la fórmula.

La concentración en potasio puede ser aumentada a voluntad, salvo que ella no supere 5 veces la concentración de sodio (se trata de concentraciones en peso). Esto permite utilizar la potasa extraída de la ceniza de madera, con la lejía como reemplazante del bicarbonato/carbonato de sodio (es necesario dejar la lejía expuesta al aire suficiente tiempo para que ella se carbonate hasta que su pH baje debajo de 10,8 antes de utilizarla como base del medio de cultivo).

En caso de necesidad (o situación de sobrevivencia) es posible reemplazar nitrato, fosfato y sulfato con la orina de personas o animales en buena salud y que no consuman medicamentos como antibióticos. La dosis es de 4 ml/l de medio.

El nivel normal de medio de cultivo en un estanque es alrededor de 20 cm, aunque es posible cultivar con 10 cm hasta 40 cm.

INOCULACION

Escoger una simiente (cepa) de spirulina bien espiralada, con pocos o no filamentos rectos (al menos 50 % espiralada. Una simiente concentrada se obtiene fácilmente a partir de un cultivo en buena salud, tomándola de la nata o rediluyendo con medio de cultivo una masa de spirulina fresca cosechada pero no exprimida. A la concentración máxima de 3 g de spirulina (contada en seco) por litro, la simiente se puede guardar y transportar durante una semana sin que ella se degrade, ésto a condición de que el recipiente sea medio lleno y ventilado al menos dos veces por día. Si la ventilación se hace con burbujas continuas de aire, la concentración puede llegar a 10 g/l.

La inoculación consiste simplemente en mezclar la simiente con el medio de cultivo. Es recomendable mantener un nuevo cultivo inicialmente y en curso de crecimiento (dilución progresiva con medio de cultivo nuevo) con una concentración de spirulina alrededor de 0,3 g/l (bien verde).

Se puede esperar una tasa de crecimiento de 30 % por día si:

- la temperatura es correcta,
- el medio de cultivo es a base de bicarbonato,
- se aumenta la superficie del estanque manteniendo la profundidad del cultivo a bajo nivel (no superando 10 cm) y la concentración de spirulina alrededor de 0,3 g/l.

Cuando la superficie final del estanque es la deseada, aumentar el nivel y la concentración del cultivo hasta el nivel deseado y la

concentración óptima de 0,4 g/l antes de iniciar la cosecha.

COSECHA

El mejor momento para la cosecha es temprano en la mañana, por muchas razones:

- la baja temperatura hace el trabajo más agradable,
- habrá más horas de sol para secar el producto,
- el porcentaje de proteínas está a su máximo en la mañana,
- la filtración está mas rápida.

La cosecha comprende esencialmente dos etapas:

- Filtración para obtener una biomasa a 10 % de materia seca (1 litro = 100 g de seco),
- Exprimido para eliminar el medio de cultivo residual y obtener la "spirulina fresca", lista a ser consumida o secada, conteniendo alrededor de 20 a 25 % de materia seca según las cepas y la salinidad del medio.

La filtración se efectúa simplemente por gravedad a través de una malla sintética (polyester o polyamide) de aproximadamente 40 μ (0,04 mm) de apertura. El filtro puede ser un saco colocado encima del estanque para reciclar directamente lo filtrado. Antes de ser filtrado el cultivo debe pasar por un colador o un tamiz de malla 0,3 mm para eliminar los cuerpos extraños como insectos, trozos de vegetales, etc. Se puede hacer uso de un recipiente de bordes rectos, evitando mover el fondo donde se encuentran los depósitos. La filtración se puede acelerar moviendo o raspando suavemente la malla. Cuando la mayor parte del agua es colada, la spirulina (la biomasa) se junta formando como una "bola" gracias al movimiento de la malla. A veces, la bola no puede formarse bien o se pega.

El exprimido final se hace simplemente a presión: la biomasa se pone como una torta de unos centímetros de espesor en una malla (la misma que sirve para la filtración es buena, preferiblemente doblada por una tela fuerte de algodón) entre dos placas ranuradas con pesos encima (piedras, ladrillos, bloquetas, etc.) o en una prensa o un lagar. Una presión de 0,2 kg/cm² durante un cuarto de hora es suficiente para eliminar el agua intersticial, aunque a veces la presión y/o el tiempo deben ser más largos para obtener una torta prensada suficiente firme. Detener la presión cuando el "jugo" se vuelve demasiado verde.

Este sistema es más adecuado que el lavado con agua para eliminar los restos del medio de cultivo sin destruir la spirulina, salvo que

el exprimido sea muy difícil o imposible debido a una biomasa de calidad inferior (100 % de filamentos rectos por ejemplo). En este ultimo caso el lavado debe hacerse de preferencia con agua potable ligeramente salada y acidificada.

COMO ALIMENTAR EL CULTIVO

El principio consiste en reemplazar, luego de cada cosecha, los elementos nutritivos tomados del medio de cultivo por la spirulina cosechada, a fin de mantener la fertilidad del medio de cultivo. En la práctica los nutrientes se pueden añadir regularmente cada día según la productividad media.

El mayor elemento nutritivo es el carbono, que el medio de cultivo absorbe espontáneamente del aire bajo la forma de anhídrido carbónico (CO₂) cuando su pH es mayor de 10. Como el aire contiene muy poco de CO₂, la absorción de éste corresponde a una productividad máxima (cuando el pH llega a 11) de 4 g de spirulina por día y por m² de estanque. Es posible inyectar CO₂ suplementario para aumentar la productividad, bajo la forma de gas de fermentación alcohólica o de una botella de CO₂ líquido: el gas burbujea en el medio de cultivo debajo de un plástico con soporte de madera (con superficie alrededor de 4 % de la del estanque) que lo retiene como una campana durante el tiempo que tarde en disolverse. Una dosis de CO₂ conveniente es de 1 kg por kg de spirulina producida.

El azúcar puede reemplazar el CO₂ como fuente de carbono (medio kg de azúcar = 1 kg de CO₂).

Ademas del carbono la spirulina consume los nutrientes habituales en agricultura: N,P,K, S, Mg, Ca, Fe y oligoelementos. En la mayor parte de casos los oligoelementos y el calcio son aportados por el agua y las impurezas de los sales utilizados. En ciertos casos el agua contiene demasiado calcio, magnesio o hierro, lo cual produce depósitos minerales que a veces incomodan.

No utilizar los fertilizantes agrícolas granulados de disolución lenta

CULTIVO ARTESANAL DE SPIRULINA (Resumen de la version francesa) 28/08/2005

("slow release") que contienen muchas impurezas. Utilizar los fertilizantes solubles cristalizados vendidos para las soluciones nutritivas hortícolas.

En Chile el salitre potásico es la fuente preferida de nitrógeno pero en la mayoría de países la urea es la fuente de nitrógeno más económica. La urea es excelente para la spirulina a condición de limitar su concentración en el medio a 50 mg/litro. La urea en exceso puede transformarse en nitrato o en amoniaco. Si en el cultivo se siente un poco el olor de amoniaco no hay peligro pero si el olor es fuerte al menos una parte de la spirulina morirá.

He aquí una fórmula clásica de alimento por kilogramo de spirulina (seca) cosechada:

Urea	300 g
Fosfato monoamónico	50 g
Sulfato dipotásico	40 g
Sulfato de magnesio (SO ₄ Mg,7 H ₂ O)	40 g
Cal	10 g
Solución de hierro (10 g/l)	50 g

En caso de necesidad todos los nutrientes salvo el hierro pueden ser proporcionados por la orina de personas o animales en buena salud y que no consumen medicamentos como antibióticos. La dosis a utilizar es alrededor de 17 ml/g de spirulina cosechada.

ATENCIONES DEL CULTIVO

Ademas de la cosecha y alimentación, un cultivo de spirulina requiere de algunas atenciones para mantenerse en buen estado de salud.

La agitación es necesaria pero no continuamente. Una vez por día, justo después de la cosecha, es bueno agitar el fondo del estanque para evitar la fermentación anaeróbica de los depósitos orgánicos. La agitación superficial debe realizarse una vez cada dos horas o más frecuentemente si hay gran iluminación.

Si la spirulina decanta al fondo del estanque (caso anormal pero que puede producirse por ejemplo luego de una brusca dilución por la lluvia) es evidente que es necesario agitarla frecuentemente para evitar

que se asfixie.

La capacidad fotosintética de la spirulina es saturada por una luminosidad correspondiente a un tercio de pleno sol. Un sombreamiento es benéfico para la salud de la spirulina y además útil para reducir la evaporación del agua, la temperatura ($< 40^{\circ}\text{C}$) o el pH (< 11). En la práctica es muy raro que la temperatura sea demasiado alta en estanques al aire libre, pero el pH puede subir muy alto si la alimentación en carbono es insuficiente.

El nivel de agua en el estanque debe mantenerse alrededor del nivel deseado. La evaporación puede compensarse agregando agua. Un exceso de lluvia puede ser rectificado vaciando una parte del medio para luego agregar los nutrientes contenidos en el volumen del medio arrojado.

Si se acumula mucho depósito al fondo del estanque, podemos reducirlo mediante bombeo o sifón del medio de cultivo cerca del fondo, allí donde encontramos el depósito en mayor cantidad. Luego agregar el medio de cultivo nuevo en cantidad igual al del volumen arrojado. Otro método, más radical, para sacar los depósitos consiste en transvasar el cultivo en otro estanque para limpiar el fondo.

En las grandes empresas industriales productoras de spirulina el contenido del medio de cultivo referido a cada nutriente, e incluso los oligoelementos, se determina por análisis químico, teniendo así la posibilidad de agregar la cantidad exacta de elementos que faltan. Este método resulta demasiado costoso para pequeños cultivos; en estos lo adecuado es renovar parcialmente el medio de cultivo de vez en cuando (por ejemplo 10 % cada mes).

Para evitar la formación de grumos con la cepa Lonar es recomendable mantener el pH encima de 10,2 así como un buen aporte de nitrógeno bajo forma de úrea.

El cultivo es un ecosistema en el cual diversos organismos viven en simbiosis: bacterias adaptadas que se nutren de deshechos orgánicos y zooplancton (como paramecias) que se nutre de bacterias, transformandolas en nutrientes minerales y CO_2 para la spirulina. Bacterias y zooplancton consumen además el oxígeno producido por la spirulina, lo cual es favorable para el crecimiento de la spirulina. Estos procesos biológicos son bastante lentos, de suerte que si el nivel del cultivo es bajo y/o si la productividad en spirulina es elevada, podría haber acumulación de deshechos resultando en alta turbiedad y dificultad de cosecha. Para mejorar tal medio de cultivo sucio, basta

renovarlos parcialmente o bajar la productividad sombreando el estanque o dejando subir la concentración de spirulina; el mejoramiento se produce normalmente en una o dos semanas.

El cultivo puede ser colonizado por pequeños animales que viven a expensas de la spirulina, como larvas de moscas *Ephydra* o de mosquitos, rotíferas o amebas (normalmente no tóxicas). Según nuestra experiencia estas invasiones no producen otros efectos molestos que una reducción de la productividad. Para eliminar estos animales físicamente podemos utilizar un colador (para larvas) o para eliminarlos biológicamente podemos aumentar momentáneamente la salinidad, el pH o la temperatura del cultivo. El incremento de la temperatura hasta 42°C parece el más fácil a realizar (con un invernadero) y también muy eficaz. Frecuentemente estos predadores desaparecen ellos mismos al final de algunas semanas.

Un cultivo donde la salinidad o la concentración en spirulina son muy bajas puede ser invadido por una alga verde monocelular (comestible): la clorela; felizmente la clorela cae al fondo del estanque cuando la agitación es apagada, quedando en la oscuridad donde ella muere al cabo de unos días. Lo mismo ocurre con las diatomeas.

Algas azul-verdes tóxicas como *Anabaena*, *Anabaenopsis arnoldii* y *Microcystis* no viven en un cultivo de spirulina bien atendido, pero por seguridad es recomendable hacer verificar su ausencia con un microscopio por un microbiólogo una vez por año. Un cultivo de larvas de artemias en agua salada (30 g sal por litro) puede ser utilizado para verificar la ausencia de algas tóxicas: agregar al cultivo de artemias un poco del cultivo de spirulina y observar el comportamiento de las larvas: si al cabo de seis horas o más ellas están siempre llenas de vitalidad, no hay una concentración peligrosa de algas tóxicas. Podemos adquirir huevos de artemias en las tiendas de acuariofilia.

Normalmente las bacterias patógenas habituales no pueden sobrevivir en el medio de cultivo cuando su pH supera 9,5 lo que es el caso durante la producción. Sin embargo es recomendable hacer controles bacteriológicos de la spirulina cosechada al menos una vez por año o en caso de epidemia (el vibrio del cólera puede sobrevivir hasta pH 11).

CONSERVACION

Es cierto que la spirulina fresca (la biomasa prensada) es superior a toda otra forma de spirulina tanto del punto de vista organoléptico como

por su valor nutritivo y de costo. Ella se conserva dos días en el refrigerador a 7°C o diez días a 1°C. Además se congela fácilmente.

Para quienes no disponen de refrigerador ni congelador, el salado puede ser una solución. Se agrega 10 % de sal fina a la biomasa prensada, asegurando una conservación como de un mes, bajo una ligera capa de aceite. El salado modifica el producto: su consistencia se vuelve más fluída, su color más oscuro (la ficocianina azul es liberada) y el gusto se parece al de la pasta de anchoas.

El secado es el único modo de conservación comercial. Convenientemente embalada y almacenada la spirulina seca puede conservarse hasta cinco años; pero el secado es costoso y frecuentemente da al producto un gusto y olor que pueden ser juzgados desagradables por el consumidor.

SECADO

En la industria la spirulina es casi siempre secada por atomización en aire a muy alta temperatura, durante un tiempo muy corto; este proceso da un producto de extrema fineza y poca densidad aparente. Este proceso es imposible de ser utilizado en pequeña escala. La liofilización es un proceso ideal para la calidad, incluso en pequeña escala, pero de costo tremendo.

El secado solar es frecuentemente utilizado por los pequeños productores, pero requiere de algunas precauciones. Si la exposición al sol directo es utilizada, que es la más rápida, debe ser de muy corta duración sino la clorofila será destruida en la superficie y el producto aparecerá grisáceo o azulado.

Sea cual fuere la fuente de calor, la biomasa a secar debe ser puesta bajo la forma suficientemente delgada para secar antes de comenzar a fermentar. Dos fórmulas para ello: la pasta puede ser esparcida en capa delgada sobre un film plástico o puesto como tallarines en cilindros de pequeño diámetro ("spaghetti" de 2 mm de diámetro) sobre un plato perforado. En la primera fórmula el aire caliente pasa horizontalmente sobre el film mientras en la segunda éste sube verticalmente a través del plato perforado. La extrusión es teóricamente y prácticamente mejor si el diámetro de los tallarines frescos no sobrepasa 2 mm, pero al mismo tiempo hace falta que los cilindros tengan bastante resistencia mecánica para guardar su forma durante el secado y no "derretirse"; ésto es lo que impide el uso de este proceso de secado cuando la biomasa prensada es de calidad inferior y no es

bastante firme. De todas formas un buen flujo de aire es el factor mas importante para evitar accidentes de secado.

Durante el secado y después la spirulina debe ser protegida del polvo y de los insectos y no debe ser tocada por la mano.

La temperatura de secado debe ser limitada a 65°C y el tiempo de secado a 6 horas (aunque una vez secada la spirulina puede quedar más tiempo al calor en el secador sin problema). Si se seca a baja temperatura, es preferible terminar por 15 minutos a 65 °C para conseguir un buen grado de esterilización y también bajar la humedad del producto a 5 % de agua.

Si la fermentación ha comenzado durante el secado, la podemos detectar por su olor durante y después del secado.

Las escamas o tallerines secos son generalmente convertidos en polvo por molido para aumentar su densidad aparente y facilitar su almacenamiento.

CONSUMO

Las personas que dicen no poder soportar el gusto ni el olor de la spirulina han estado expuestas, ciertamente un día, a un producto seco de calidad mediocre. La spirulina fresca y de buena calidad es neutra, tal que puede reemplazar la mantequilla sobre las tostadas y puede servir para enriquecer prácticamente cualquier alimento; deliciosas bebidas heladas pueden ser preparadas mezclando la spirulina, especialmente fresca, con jugo de frutas. La spirulina fresca es una pasta fácil a diluir, mezclar o esparcir.

Hay literalmente miles de recetas posibles para utilizar la spirulina fresca, congelada o seca, cruda o cocida.

Notamos que sobre 70°C en presencia de agua el bello color verde de la spirulina (clorofila) a veces se vuelve marrón.

ANEXO

COMPARACION DE MUESTRAS DE SPIRULINA

Los análisis principales necesarios para juzgar la calidad de una muestra de spirulina (contenido en proteínas, hierro, ácido gamalinolénico, y análisis microbiológico) necesitan realizarse en un laboratorio, pero algunas pruebas muy simples pueden ser realizadas por el mismo productor, comparando muestras entre ellas. Una muestra de buena calidad puede servir como referencia.

El examen del color, olor y gusto es revelador de diferencias importantes. El color verde debe tender más hacia el azul que hacia el amarillo.

Para hacer el examen del pH de una spirulina seca, mezclar 4 gramos de polvo en 100 ml de agua y medir el pH al cabo de dos minutos y de 24 horas (agitar de tiempo en tiempo): el pH inicial debe normalmente estar próximo de 8 para descender luego a 6 o menos, pero ciertos productos comerciales están largamente fuera de estas cifras (generalmente pH superiores).

Luego de la prueba precedente podemos muy fácilmente obtener una medida comparativa del contenido en ficocianina (pigmento azul que constituye un cuarto de las proteínas totales). Es suficiente poner una gota de la solución sobre un papel filtro (filtro a café por ejemplo) y dejar secar la mancha: la intensidad del color azul es una medida del contenido en pigmento. Si el pigmento no "sale" bien, es posible que sea debido a un secado de la spirulina a baja temperatura; recomenzar la prueba luego de haber calentado la muestra seca a 70°C por un minuto.

El contenido en carotenoides (el betacaroteno constituye entre 40 a 50 % de los carotenoides totales) puede ser evaluado mezclando una muestra de spirulina seca en polvo con dos veces su peso de acetona o alcohol de 90° dentro de un frasco cerrado y agitado. Al cabo de un cuarto de hora, tomar una gota de la solución decantada y ponerla sobre un papel filtro para examinar el color de la mancha formada. La intensidad del color marrón-amarillo es proporcional al contenido en carotenoides. Notamos que el color de la mancha no se guarda más que unas horas y que en las muestras de spirulinas antiguas almacenadas sin precaución el contenido resulta prácticamente nulo.

MEDIDA DE LA CONCENTRACION EN SPIRULINA

AL DISCO DE SECCHI

El "disco de Secchi" es un instrumento constituido de una barra de 30 cm de largo, graduada en centímetros (o concentracion despues de calibrar), teniendo en su extremidad inferior un disco blanco. Permite una medida aproximada de la concentración en spirulina.

Antes de medir, agitar para homogeneizar, luego dejar decantar los depósitos algunos minutos y anotar la profundidad en centímetros, allí justo donde es imposible distinguir el disco.

MEDIDA DE LA SALINIDAD DEL MEDIO DE CULTIVO

Ella se hace con la ayuda de un densímetro para densidades superiores a 1 (urinómetro por ejemplo) y se aplica la corrección de temperatura siguiente:

$$D20 = DT + 0,000325 \times (T - 20)$$

donde:

D20 = Densidad a 20 °C

DT = Densidad a T°C

ambas expresadas en g/ml o kg/l.

A partir de la densidad a 20 °C, calculamos la salinidad total (SAL, en g/l) del medio de cultivo por las fórmulas:

Si $D > 1,0076$: $SAL = 1250 \times (D20 - 1,0076) + 10$

Sino: $SAL = 1041 \times (D20 - 0,998)$

MEDIDA DE LA ALCALINIDAD DEL MEDIO DE CULTIVO

La prueba se hace por neutralización con ácido clorhídrico normal (ácido concentrado del comercio diluido diez veces); el punto final se medirá a pH = 4.

La alcalinidad (= moléculas de base fuerte por litro) es la relación entre el volumen de ácido utilizado y el volumen de una muestra del medio.

MEDIDA DEL pH DEL MEDIO DE CULTIVO

El pHmetro debe ser ajustado una vez por semana. Soluciones muestras pueden ser compradas, o preparadas como sigue (pH aproximativos a 20°C):

pH = 9,7 a 9,9 (según el contenido del aire en CO₂): disolver 3,3 g de carbonato de sodio + 3,3 g de bicarbonato de sodio en un litro de agua; mantener la solución en contacto con la atmósfera y agregar regularmente el agua para compensar la evaporación.

pH = 7,2: disolver 5,8 g de fosfato diamónico + 11 g de bicarbonato de sodio en un litro de agua y mantenerlo en una botella cerrada.

pH = 2,8: vinagre ordinario a 6° (densidad 1,01)

Corrección de temperatura sobre el pH:

$$\text{pH a } 20^\circ\text{C} = \text{pH a } T^\circ\text{C} + 0,00625 \times (T - 20)$$

MEDIDA DE LA HUMEDAD EN LA SPIRULINA SECA

Colocar en un recipiente transparente y hermético (como un Tupperware) aproximadamente el mismo volumen de muestra de spirulina y de aire junto con un termo-higrómetro que se pueda leer de afuera sin abrir. Calentar o resfriar para que la temperatura sea alrededor de 25°C. Esperar el equilibrio de temperatura y de humedad.

Hay una correspondencia entre el % de humedad relativa (HR) en el aire y el % de agua en la spirulina, así :

25 % HR = 5 % agua

32 % HR = 6

43 % HR = 8

49 % HR = 9

Para que se conserve bien la spirulina seca, su % de agua debe estar menos que 9 % (es la norma).

CULTIVO ARTESANAL DE SPIRULINA (Resumen de la version francesa) 28/08/2005
