

Jean-Paul JOURDAN

"Le Castanet", F-30140-MIALET, Francia

Tel : (33) 4 66 85 02 26 - Fax : (33) 4 66 85 02 39

E-Mail: jjp@bsi.fr

CULTIVO ARTESANAL DE SPIRULINA

03/07/2000

INDICE

[Prólogo](#) 3

[Estanques](#) 4

[Factores climáticos](#) 5

[Medio de cultivo](#) 6

[Siembra](#) 8

[Cosecha](#) 9

[Cómo mantener el medio de cultivo](#) 9

[Cuidados del cultivo](#) 11

[Conservación](#) 12

Secado 13

Consumo 13

ANEXOS

Comparación de muestras 15

Disco de Secchi 16

Salinidad 18

Alcalinidad 18

pH 18

Humedad de la spirulina seca 19

PROLOGO

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

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

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

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

Si algunos términos técnicos les parecen difíciles de comprender, pueden consultar un manual de química de bachillerato que podrá aclararles.

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

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

ESTANQUES

La espirulina 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 espirulina de una persona - pero los de 5, 10, 20 hasta 40 m² son más económicos. Las dimensiones están sobre todo limitadas por la necesidad de agitar el agua del 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 construir a bajo coste estos estanques es utilizando plásticos de 0,5 mm de espesor (PVC, EVA), de calidad alimentaria de preferencia; los laterales consisten en 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 albañiles 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 una escoba, una vez cada hora o dos horas (más frecuentemente si el sol es fuerte). Si se dispone de electricidad, se pueden 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 de emplear en 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 espirulina. Por debajo de 20°C el crecimiento es prácticamente nulo, aunque muchas espirulinas no mueren incluso a 0°C. La temperatura óptima para el crecimiento es 37°C. Por encima de 42°C, la espirulina corre grave peligro.

La iluminación es indispensable para el crecimiento de la espirulina (fotosíntesis), pero no debe ser mantenida de forma continua durante las 24 horas del día. Durante la noche, en la espirulina continúan produciéndose reacciones bioquímicas, como la síntesis de proteínas y la respiración. La respiración disminuye la masa de la espirulina (la "biomasa") sobre todo cuando la temperatura es elevada. Desde este punto de vista las noches frescas son buenas, pero la espirulina no puede soportar una fuerte exposición al sol con frío (por debajo de 15°C). Aunque la iluminación es un factor esencial, el pleno sol no es ideal para la espirulina: una media sombra es preferible. Si el sol

es la única fuente de calor para obtener una buena temperatura, es un problema: una temperatura ambiente elevada es preferible.

Un filamento individual de espirulina no puede soportar una exposición prolongada al sol: es destruido por fotolisis. 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 se corre el riesgo del aporte de polvo y hojas al cultivo.

Anotación : la iluminación y el calentamiento artificiales pueden ser utilizados para hacer crecer la espirulina. Los tubos de neón sirven para iluminar pero las lámparas ordinarias tienen la ventaja de calentar al mismo tiempo que iluminan.

MEDIO DE CULTIVO

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

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

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.

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:

g/litro

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 ($\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$) 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 elevadas pues provocan la formación de depósitos minerales y desequilibrios en la fórmula.

La concentración en potasio puede ser aumentada a voluntad, mientras 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 sustituyente del bicarbonato/carbonato de sodio (es necesario dejar la lejía expuesta al aire el tiempo suficiente, para que se carbonate hasta que su pH descienda por debajo de 10,8, antes de utilizarla como base del medio de cultivo).

En caso de necesidad (o situación de supervivencia) 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 del medio de cultivo en un estanque es alrededor de 20 cm, aunque es posible cultivar con 10 cm hasta 40 cm.

SIEMBRA

Hay que escoger una simiente (cepa) de espirulina con forma helicoidal, con pocos o sin filamentos rectos (al menos 50 % en espiral). Una simiente concentrada se obtiene fácilmente a partir de un cultivo sano, tomándola de la nata (sobrenadante), o diluyendo con medio de cultivo una masa de espirulina fresca recién cosechada pero sin exprimir. A la concentración máxima de 3 g de espirulina (peso seco) por litro, la simiente se puede guardar y transportar durante una semana sin que se degrade, ésto a condición de que el recipiente esté a medio llenar y se ventile al menos dos veces al día. Si la ventilación se hace con burbujas continuas de aire, la concentración puede llegar a ser hasta de 10 g/l.

La siembra consiste simplemente en mezclar la simiente con el medio de cultivo. Es recomendable mantener el nuevo cultivo inicialmente y en curso de crecimiento (**dilución progresiva con medio de cultivo nuevo**) con una concentración de espirulina 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,

- si se aumenta la superficie del estanque (diluciones progresivas) manteniendo la profundidad del cultivo a bajo nivel (no superando 10 cm) y la concentración de espirulina alrededor de 0,3 g/l.

Cuando la superficie final del estanque es la deseada, aumentar el nivel y la concentración del cultivo al nivel deseado hasta la concentración óptima de 0,4 g/l antes de iniciar la cosecha.

COSECHA

El mejor momento para la cosecha es por la mañana.temprano porque ::

- la baja temperatura hace el trabajo más agradable,
- habrá más horas de sol para secar el producto,
- el porcentaje de proteínas tiene su máximo por la mañana,
- la filtración es más rápida.

La cosecha está dividida esencialmente en dos etapas:

- La filtración, para obtener una biomasa con un 10 % de materia seca (1 litro = 100 g de peso seco),
- El exprimido, para eliminar el medio de cultivo residual y obtener la "espirulina fresca", lista para 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 (poliéster o poliamida) de aproximadamente 40 μ (0,04 mm) de poro o malla. El filtro puede ser un saco colocado encima del estanque para reciclar directamente lo filtrado. Antes de ser filtrado, el cultivo debe ser pasado por un colador o un tamiz con malla de 0,3 mm para eliminar los cuerpos extraños como insectos, trozos de vegetales, etc. Se puede hacer uso de un recipiente con bordes rectos, evitando mover el fondo donde se encuentran los depósitos. La filtración se puede acelerar moviendo o raspando suavemente la malla. Una vez que la mayor parte del agua ha sido eliminada, la espirulina (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 prensado final se hace simplemente por presión: la biomasa se extiende en forma de torta de unos centímetros de espesor, en una malla (puede ser la misma utilizada para la filtración, preferiblemente redoblada por una tela sólida 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 suficientemente consistente. 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 espirulina, 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 MANTENER EL MEDIO DE CULTIVO

El principio consiste en reemplazar, después de cada cosecha, los elementos nutritivos tomados del medio de cultivo por la espirulina 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 CO₂, la absorción de éste corresponde a una productividad máxima (cuando el pH llega a 11) de 4 g de espirulina 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 cubierto por un plástico con soporte de madera (con una superficie de alrededor de un 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 espirulina producida.

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

Además del carbono, la espirulina consume los nutrientes habituales en agricultura: N,P,K, S, Mg, Ca, Fe y oligoelementos. En la mayoría de los casos, los oligoelementos y el calcio son aportados por el agua y las impurezas de las sales utilizadas. En ciertos casos el agua contiene demasiado calcio, magnesio o hierro, lo cual produce depósitos minerales que pueden ser molestos.

No hay que utilizar los fertilizantes agrícolas granulados de disolución lenta ("slow release"), ya que contienen muchas impurezas. Utilizar los fertilizantes solubles cristalizados que se venden 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 espirulina a condición de limitar su concentración en el medio a 50 mg/litro. La urea en exceso puede transformarse en nitrato o en amoníaco. Si en el cultivo se percibe un poco de olor a amoníaco no hay peligro, pero si el olor es fuerte, al menos una parte de la espirulina morirá.

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

Urea 300 g

Fosfato monoamónico 50 g

Sulfato dipotásico 40 g

Sulfato de magnesio (SO₄Mg,7 H₂O) 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 toman medicamentos como antibióticos. La dosis a utilizar es alrededor de 17 ml/g de espirulina cosechada.

CUIDADO DEL CULTIVO

Además de la cosecha y del mantenimiento de los elementos nutritivos del medio, un cultivo de espirulina requiere de otros cuidados para mantenerse sano.

La agitación es necesaria pero no de forma continua. Una vez al 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 espirulina decanta al fondo del estanque (caso anormal pero que puede producirse por ejemplo después de una brusca dilución por la lluvia), es necesario agitar frecuentemente para evitar la asfixia del cultivo.

La capacidad fotosintética de la espirulina se satura a la luminosidad correspondiente a un tercio de pleno sol. El sombreado es benéfico para la salud de la espirulina y además útil para reducir la evaporación del agua, la temperatura (< 40°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 mucho si el aporte de carbono es insuficiente.

El nivel de agua del 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 acumulan muchos depósitos en el fondo del estanque, podemos reducirlos mediante bombeo o sifonado del medio de cultivo cerca del fondo, allí donde encontramos el depósito en mayor cantidad. Después hay que agregar medio de cultivo nuevo en cantidad igual al del volumen eliminado. Otro método para sacar los depósitos, más radical, consiste en transvasar el cultivo a otro estanque y limpiar el fondo.

En las grandes empresas industriales productoras de espirulina, el contenido en nutrientes e incluso en oligoelementos del medio de cultivo, se determina por análisis químico, teniendo así la posibilidad de agregar la cantidad exacta de los elementos que faltan. Este método resulta demasiado costoso para pequeños cultivos; en éstos, 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 por encima de 10,2 así como un buen aporte de nitrógeno bajo forma de urea.

El cultivo es un ecosistema en el que diversos organismos viven en simbiosis: bacterias adaptadas al medio que se nutren de los desechos orgánicos y zooplancton (como paramecios) que se nutre de bacterias, transformándolas en nutrientes minerales y CO₂ para la espirulina. Las bacterias y el zooplancton consumen además el oxígeno producido por la espirulina, lo que favorece el crecimiento de la espirulina. Estos procesos biológicos son bastante lentos, de manera que si el nivel del medio de cultivo es bajo y/o de alta productividad, podría haber acumulación de desechos que enturbiarían el cultivo y dificultarían la cosecha. Para mejorar esta situación, basta con renovar el medio parcialmente o bajar la productividad sombreado el estanque o dejando subir la concentración de espirulina; la mejora se produce normalmente al cabo de una o dos semanas.

El cultivo puede ser colonizado por pequeños animales que viven a expensas de la espirulina, como larvas de moscas Ephydra, o de mosquitos, rotíferos o amebas (generalmente no tóxicas). Según nuestra experiencia, estas invasiones únicamente provocan una reducción de la productividad. Para eliminar estos animales físicamente, podemos utilizar un colador (para larvas) y para eliminarlos biológicamente, podemos aumentar momentáneamente la salinidad, el pH o la temperatura del cultivo. Incrementar la temperatura hasta 42°C parece ser el de más fácil realización (con un invernadero) y también muy eficaz. Frecuentemente estos depredadores desaparecen por sí mismos al cabo de algunas semanas.

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

Las algas verde-azules tóxicas como *Anabaena*, *Anabaenopsis arnoldii* y *Microcystis*, no se desarrollan en un cultivo de espirulina bien cuidado, pero por seguridad es recomendable hacer controlar microscópicamente el cultivo por un microbiólogo una vez al año. Un cultivo de larvas de artemia en agua salada (30 g de sal por litro) puede ser utilizado para verificar la ausencia de algas tóxicas: se agrega al cultivo de artemias un poco del cultivo de espirulina y se observa el comportamiento de las larvas: si al cabo de seis horas o más éstas siguen vivas y en plena forma, significa que 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 si el pH es superior a 9,5, lo que es el caso durante la producción de espirulina. Sin embargo es recomendable hacer controles bacteriológicos de la espirulina cosechada al menos una vez al año y en caso de epidemia (el vibrio del cólera puede sobrevivir hasta un pH de 11).

CONSERVACION

Es cierto que la espirulina fresca (la biomasa prensada), tanto desde el punto de vista organoléptico como por su valor nutritivo y de coste, es superior a toda otra forma de espirulina. Puede conservarse 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 otra solución. Agregando un 10 % de sal fina a la biomasa prensada y añadiendo una ligera capa de aceite, se asegura una conservación de aproximadamente un mes. El salado modifica el producto: su consistencia se vuelve más fluida, 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 espirulina 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 espirulina 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 pero es imposible de ser utilizado en pequeña escala. La liofilización es un proceso ideal para la calidad, incluso en pequeña escala, pero de coste tremendo.

El secado solar es frecuentemente utilizado por los pequeños productores, pero requiere de algunas precauciones. Si se realiza por exposición directa al sol, que es la forma más rápida, debe ser de muy corta duración ya que si no la clorofila será destruida en la superficie y el producto aparecerá grisáceo o azulado.

Sea cual fuere la fuente de calor, la biomasa fresca debe ser expuesta bajo una forma suficientemente delgada que permita su secado antes de que empiece a fermentar. Dos fórmulas para ello: la pasta puede ser esparcida en capa delgada sobre una lámina de plástico o formando "tallarines" cilíndricos de pequeño diámetro ("spaghetti" de 2 mm de diámetro) sobre un plato perforado. En la primera fórmula, el aire caliente pasa horizontalmente sobre la lámina, mientras que en la segunda, el aire sube verticalmente a través del plato perforado. En teoría y en la práctica, la extrusión es el mejor método, si el diámetro de los tallarines frescos no sobrepasa los 2 mm. Pero al mismo tiempo hace falta que los cilindros tengan la resistencia mecánica suficiente 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 carece de la firmeza suficiente. De todas formas un buen flujo de aire es el factor más importante para evitar accidentes de secado.

Antes y después del secado, la espirulina debe ser protegida del polvo y de los insectos y no debe ser tocada con las manos.

La temperatura de secado debe ser limitada a 65°C y el tiempo de secado a 6 horas (aunque una vez secada la espirulina puede quedar más tiempo al calor en el secador sin problema). Si se seca a baja temperatura, es preferible terminar con 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 tallarines 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 espirulina han estado expuestas, ciertamente un día, a un producto seco de calidad mediocre. La espirulina fresca y de buena calidad es neutra, de tal forma que puede reemplazar la mantequilla sobre las tostadas y puede servir para enriquecer prácticamente cualquier alimento; deliciosas bebidas heladas pueden ser preparadas mezclando la espirulina, especialmente fresca, con zumo de frutas. La espirulina fresca es una pasta fácil de diluir, mezclar o esparcir.

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

Añadiremos que en agua a unos 70°C, el bello color verde de la espirulina (clorofila) a veces se vuelve marrón.

ANEXOS

COMPARACION DE MUESTRAS DE ESPIRULINA

Los principales análisis necesarios para juzgar la calidad de una muestra de espirulina (contenido en proteínas, hierro, ácido gammalinolénico, y análisis microbiológico) deben realizarse en un laboratorio, aunque algunas pruebas muy sencillas pueden ser llevadas a cabo por el mismo productor, por comparación de muestras. 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 espirulina 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 tanto en tanto): el pH inicial debe normalmente ser cercano a 8 para descender luego a 6 o menos, pero ciertos productos comerciales están largamente fuera de estas cifras (generalmente pH superiores).

Después 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). Basta con poner una gota de la solución sobre un papel de filtro (filtro de 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 espirulina a baja temperatura; recomenzar la prueba después de haber calentado la muestra seca a 70°C durante un minuto.

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

MEDIDA DE LA CONCENTRACION EN ESPIRULINA

EL DISCO DE SECCHI

El "disco de Secchi" es un instrumento constituido por una barra de 30 cm de largo, graduada en centímetros (o en concentraciones después de calibrar), que posee en su extremidad inferior un disco blanco. Permite una medida aproximada de la concentración en espirulina.

Antes de medir, se agita para homogeneizar, y luego se dejan decantar los depósitos algunos minutos. Hay que anotar la profundidad en centímetros, en el momento preciso en que el disco desaparece de nuestra vista.

MEDIDA DE LA SALINIDAD DEL MEDIO DE CULTIVO

Se lleva a cabo con la ayuda de un densímetro para densidades superiores a 1 (como los que se venden en las tiendas de acuariofilia o para medir la densidad de la orina) y se aplica la corrección de temperatura siguiente:

$$D_{20} = D_T + 0,000325 \times (T - 20)$$

donde:

D_{20} = Densidad a 20 °C

D_T = 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:

$$\text{Si } D > 1,0076: \text{SAL} = 1250 \times (D_{20} - 1,0076) + 10$$

$$\text{Sino: SAL} = 1041 \times (D_{20} - 0,998)$$

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 medidor de pH debe ser ajustado una vez por semana. Las soluciones muestra pueden comprarse, o prepararse 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 la temperatura sobre el pH:

pH a 20 °C = pH a T°C + 0,00625 x (T - 20)

MEDIDA DE LA HUMEDAD EN LA ESPIRULINA SECA

Colocar en un recipiente transparente y hermético (como un “ Tupperware ”) aproximadamente el mismo volumen de muestra de espirulina y de aire junto con un termo-higrómetro que se pueda leer desde fuera sin necesidad de abrir el recipiente. Calentar o enfriar hasta una temperatura de alrededor de 25°C. Esperar a que la temperatura y la humedad se equilibren.

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

25 % HR = 5 % agua

32 % HR = 6

43 % HR = 8

49 % HR = 9

Para que se conserve bien la espirulina seca, su % de agua debe ser inferior al 9 % (es la norma).