

ALGAS INDUSTRIALES DE CHILE.*

ALFREDO H. LLAÑA

(1 Fig.)

SUMARIO:	Pág.
1. — Generalidades sobre la utilización de las algas ...	124
2. — Agar-agar ...	126
3. — Extracción y purificación del agar-agar ...	128
4. — Procedimiento japonés ...	128
5. — Procedimiento norteamericano ...	129
6. — Algas agaríferas chilenas ...	130

Las algas han sido utilizadas en la economía humana desde tiempos muy remotos, principalmente por los pueblos de Europa, Oriente y de algunas regiones de las costas africanas y americanas.

Ya en la época de los fenicios, según sostienen algunos, se utilizaba un alga del Mediterráneo, *Rytophloea tinctoria*, de la cual se extraía la famosa púrpura de Tiro. En la época de los romanos, se usaba, entre otras, el *Plocamium coccineum*, en la fabricación de cosméticos con los cuales se embellecían las damas de aquella época. De otras algas, como las Laminarias, se ha usado los estipes en la fabricación de mangos de cuchillos y aún, en las costas de Inglaterra y de Francia, se utilizan varias algas en la fabricación de cuerdas de pesca, y estopa para diversos usos. En las antiguas farmacopeas, figuraban muchas algas con propiedades terapéuticas, empleadas unas como emolientes en las afecciones de las vías respiratorias, otras, de propiedades vermífugas, como especies de los géneros *Laurencia*, *Ceramium*, *Gigartina*, etc., y además, con mayor frecuencia, aparecen las algas utilizadas como medicación yodada, en forma de polvos, tabletas, etc. Los usos actuales de las algas marinas, fuera del alimenticio, se orientan a la obtención de los llamados *ficocoloides*, destinados posteriormente a numerosos usos industriales. Además, en varias regiones se ha continuado utilizando algas marinas para la extracción del yodo, cenizas potásicas, carbón activado, etc., etc.

Sin duda, el uso más antiguo y difundido, es el de las algas marinas en la alimentación del hombre y de los animales. Las

*) Con este artículo sobre las algas marinas de la costa de Chile susceptibles de beneficiarse industrialmente, se inicia una serie de trabajos de divulgación, destinados a dar a conocer la materia prima y sus posibilidades comerciales de acuerdo con las investigaciones que realiza la Estación de Biología Marina. El autor de estos trabajos, Jefe de la Sección Botánica, ha permanecido dos años (1945-1947) en los EE. UU., bajo los auspicios de la Fundación Rockefeller, a fin de especializarse en estas materias.

especies y cantidades de ellas utilizadas con este fin, varían según las localidades y la riqueza de otros medios alimenticios de las poblaciones. Sin embargo, hay especies como *Ulva lactuca*, *Porphyra vulgaris*, *Chondrus crispus*, etc., que, por tener una vasta distribución geográfica, son utilizadas en la alimentación por los habitantes de numerosas regiones de Europa y América.

Es, talvez, en países de Oriente donde el consumo y la explotación industrial de las algas marinas ha alcanzado mayor desarrollo. Para algunos de ellos, la exportación de productos manufacturados destinados a la alimentación o a la industria han sido un fuerte pilar de su economía. Tal ha sido el caso del Japón, donde operaban cientos de fábricas (sobre 500), que dominó el mercado mundial de exportación de agar-agar hasta 1939. Las necesidades de la última guerra dieron extraordinario impulso a la industria de las algas marinas especialmente en los Estados Unidos, Inglaterra y Rusia, países que dependían en gran parte de las importaciones japonesas ya que su explotación interna referente a este rubro era muy pequeña.

Los usos conocidos en Chile se refieren al empleo en la alimentación humana y de algunos animales, y como abono en ciertas regiones del sur del territorio. Así, se consumen bajo el nombre de «luche» o «luchi», una Rodoficea y una Cloroficea: *Porphyra columbina*, y *Ulva lactuca*, respectivamente. La *Durvillaea antarctica* es nuestro bien conocido «Cochayuyo», cuyo aparato adhesivo y parte inferior del tallo se come en ensaladas con el nombre de «Ulte», «Huilte» o «Coyofe». Los cerdos son alimentados en Chiloé con cocimientos en los cuales entra abundantemente el «Yapín», (*Iridaea Boryana*). Asimismo se utiliza en esa región como abono la «Lamilla» que está formada principalmente por especies de *Enteromorpha* y *Ulva*, que han entrado en putrefacción.

Sin embargo, son muchas las especies de algas marinas de la costa de Chile susceptibles de ser aprovechadas en la alimentación humana o de los animales. Varias de ellas, se consumen en Europa, Oriente, Islas del Pacífico y otras regiones de nuestro continente.

Numerosos intentos de industrialización de las algas marinas se han hecho en nuestro país, ya sea en la fabricación de abonos potásicos, carbón activado o el simple empleo del *Chondrus canaliculatus* en reemplazo del *Chondrus crispus*, en usos farmacéuticos e industriales. Más recientemente, se ha comenzado en el país la explotación industrial de las especies destinadas a la obtención de agar-agar, gelatina vegetal y alginatos. Para el primero, figuran principalmente dos especies del Género *Gelidium*: el *Gelidium lingulatum*, y el *Gelidium filicinum*; para el segundo,

varias especies de *Iridaea* y *Gigartina*. En la obtención de materias primas para la fabricación de tabletas de «kelp meal» se han hecho ensayos con el *Macrocystis pyrifera*, el *Macrocystis integrifolia* y la *Lessonia fuscens*. La obtención de productos destinados al apresto de tejidos, a base de ficoloides, se encuentra aún en su fase de experimentación, pero, sin duda, puede ser una industria de gran porvenir en Chile, debido a la cantidad de materia prima existente en sus costas.

Actualmente como consecuencia del trabajo de numerosos investigadores, se han perfeccionado considerablemente los métodos de explotación y ha sido posible el descubrimiento de nuevos productos industriales y de nuevos usos para los ya conocidos.

Entre los productos industriales más importantes obtenidos de las algas marinas figuran en primer lugar los llamados ficoloides, siendo cuatro los conocidos actualmente: agar-agar, carragenina, iridoficina y algin. La industria extractiva de los ficoloides se ha colocado en la actualidad entre las más importantes industrias químicas, habiéndosele dado especial impulso en Estados Unidos e Inglaterra. De las sustancias mencionadas más arriba, las tres primeras, el agar-agar, la carragenina y la iridoficina, son extraídas de las *Rhodophyceae* o algas rojas, en tanto que la algin, lo es de las *Phaeophyceae* o algas pardas.

Agar-agar

Agar-agar o agar, es el nombre comercial dado al extracto gelatinoso extraído de varias especies de *Rhodophyceae*. El origen de la palabra es según algunos autores, malayo; nombre dado en esta lengua a algunas especies comestibles de algas rojas, principalmente, *Eucheuma muricatum* f. *depauperata* = *Eucheuma spinosum*.

Los orígenes de la industria del agar-agar hay que buscarlos en el Japón de hace unos 300 años. Por esa época los postres endulzados de gelatinas extraídas de algas marinas eran comunes en las mesas bien tenidas de China, Japón e India, y según se cuenta, un mayordomo japonés, Tarozaemon Minoya, descubrió casualmente los fundamentos del actual método de purificación y deshidratación del agar-agar. Una mañana observó que restos de gelatina que él había dejado afuera, se habían congelado durante la noche, y al descongelarse durante el día por acción del sol, había pasado a formar una sustancia papirácea, transparente y porosa. Esto sigue siendo esencialmente la base del método de purificación del agar-agar y durante muchos años ha sido también el método seguido por la mayoría de las fábricas japonesas.

El agar-agar no aparece como un artículo importante del comercio hasta la segunda mitad del siglo XIX. Uno de sus primeros

y más importantes usos fué como medio de cultivo semi-sólido en bacteriología; esto fué sugerido por Fanny Hesse en 1881, cuyo esposo trabajaba con Roberto Koch, en cuyas publicaciones sobre la etiología de la tuberculosis aparece en 1882, mencionado este nuevo método.

En la actualidad, el agar-agar ha encontrado numerosos usos en la industria y en la medicina: a) medio de cultivo bacteriológico, b) laxativos, c) cosméticos, d) conservas, especialmente de carnes y mermeladas, e) gelatinas alimenticias, f) pasteles y otras clases de golosinas, g) emulsificante y clarificante, h) aprestos y estampado de telas. También se ha hecho experiencias destinadas a la preparación de plásticos de esta sustancia.

Muchas han sido las especies señaladas para la obtención de agar-agar, sin duda por información errada, ya que las verdaderas agarófitas pertenecen a un número reducido de géneros de Rhodophyceae. Las especies susceptibles de producir agar-agar o sustancias agaroides se distribuyen en los siguientes géneros:

Gelidium

G. amansii
G. corneum
G. cartilagineum
G. linguatum
G. filicinum
G. japonicum
G. subcostatum
G. nudifrons
G. arborescens

Gracilaria

G. lichenoides
G. confervoides
G. lemaeniformis
G. foliifera

Camphylaeophora

C. hypnoides

Euchema

E. spinosa
E. isiformis
E. denticulata

Pterocladia

P. capillacea
P. lucida

Gigartina

G. canaliculata
G. mamillosa
G. serrata
G. spinosa
G. asperifolia

Phyllophora

P. nervosa
P. rubens

Endocladia

E. muricata

Suhria

S. vittata

Hypnea

H. spicifera
H. musciformis

Ahnfeltia

A. applicata

Ceramium

C. diaphanum
C. boydenii

De las especies señaladas más arriba, muchas dan extractos mucilaginosos de propiedades semejantes al agar-agar, no llenando las condiciones de este producto, por lo cual, algunos autores reservan el nombre de agar-agar al extracto de las especies de los géneros *Gelidium*, *Gracilaria* y *Pterocladia*. Existe una falta de uniformidad en lo que se refiere a las propiedades químicas y físicas del agar-agar, y ocurre que no siempre los análisis dan

los mismos resultados. Es posible que esto se deba a que el producto mismo carece de uniformidad pues se mezcla en él, a veces diferentes especies, y aún géneros, como ocurre en el agar japonés. Por lo tanto, es de extraordinaria importancia la delimitación y definición del término agar-agar. Esto implica, naturalmente, el conocimiento de la especie o de las especies usadas en su manufactura.

La definición que al autor le parece más aceptable es la propuesta por el Dr. C. K. Tseng (1944), quien lo define como «el extracto seco no nitrogenado, gelatinoide, amorfo, de *Gelidium* y otras algas,, siendo el ester sulfúrico de un galactano linear, insoluble en agua fría, soluble en agua caliente, cuya solución neutra de 1 a 2%, se transforma por enfriamiento, en un gel que se solidifica entre 35-50° C., y se licua entre 90-100°».

Químicamente el agar es la sal cálcica o magnésica de un ester sulfúrico de un galactano linear. El radical hidrocarbonado es de naturaleza coloidal. Las principales sustancias obtenidas por la hidrólisis del agar-agar son, en primer lugar, una galactosa, agregándose pentosa, metilpentosa y otras sustancias, que no siempre se encuentran presentes en los análisis realizados. Estos productos que se consideran como resultantes de la asimilación, se encontrarían impregnando la laminilla media de la pared celular de los tejidos de las Rhodophyceae, en forma de una sustancia gelatinosa que Sauvageau llamó *gelosa*.

Extracción y purificación del agar-agar

El tratamiento general consiste en someter las algas secas o en estado fresco a la ebullición en agua dulce por espacio que varía entre seis a doce horas. Después de separada la parte acuosa, se deja enfriar, transformándose en gel firme el que se somete a la subsecuente purificación y desecación.

Antes de detallar los métodos generales de extracción y purificación es necesario advertir que en las costas de nuestro país existen varias especies de los géneros *Gelidium* y *Gracilaria*, de las cuales dos son susceptibles de aprovecharse industrialmente.

Los métodos de extracción del agar-agar varían ligeramente y, podríamos indicar como básicos, el antiguo método japonés y modernamente, el procedimiento norteamericano.

Procedimiento japonés

La industria del agar-agar fué hasta el año 1939 una de las más importantes industrias marinas del Japón que por muchos años actuó sin competidores en el mundo, y allí han sido inventadas las manipulaciones básicas para su purificación y deshidratación.

La marcha del proceso comprende las siguientes etapas:

- | | |
|----------------|------------------------------|
| I Blanqueo | V Decantación y filtrado |
| II Limpieza | VI Gelificación |
| III Maceración | VII Purificación |
| IV Extracción | VIII Deshidratación y secado |

La recolección de las algas destinadas a la preparación del agar-agar se realiza en los meses de verano. Las algas se dejan secar al sol, donde alternando sucesivamente baños de agua con secadas al sol, se logran blanquear. De esta manera, se almacenan para usos posteriores o se usan directamente en las fábricas. Antes de la extracción se someten a una limpieza mecánica que las desprende de las sustancias extrañas como son algas calcáreas, pequeños crustáceos o arena; en seguida se las somete a una maceración en agua dulce por varias horas desde donde se trasladan al extractor, para ser sometidas a una ebullición continuada durante diez horas. Al cabo de siete, se agrega ácido acético o sulfúrico diluido, y se continúa el proceso por tres horas más, al final de las cuales el líquido se deja reposar para su decantación. La parte clarificada se hace pasar a través de filtros groseros, y luego a través de otros de tela fina, desde donde es vaciada en cubetas de madera. En estas cubetas permanece hasta su gelificación; una vez lograda, la masa de gelatina se corta en cubos de tamaño determinado, los que posteriormente se pasan a través de cribas hasta lograr la formación de largos cilindros de gelatina, si se desea obtener agar-agar en cintas, o sencillamente se corta en cubos pequeños, si esta es la clase que se desea obtener. Estos cilindros, cubos, etc., se someten a la congelación usándose para ello el frío natural. La mayoría de las fábricas japonesas usan este método aprovechando las frías noches invernales, de allí el nombre japonés del agar-agar, «Kanten», que significa cielo frío. Esto mismo contribuye a que el producto japonés tenga un precio más bajo que aquellos en los que se utiliza la refrigeración artificial.

Aprovechando los vientos favorables y el calor del sol se logra descongelar el producto que ha quedado a la intemperie, obteniéndose como resultado una sustancia transparente, porosa y bastante pura. El agar-agar japonés varía mucho en calidad y composición, siendo el mejor el llamado «Kobe N.º 1».

Proceso norteamericano

Este método fué introducido en la industria el año 1923 por John Becker, quien sucedió a un consorcio japonés que se había establecido en 1919 en California. Esencialmente, en el proceso

se ha tratado de eliminar, en lo posible, la mano de obra reemplazándola por maquinarias. El *Gelidium* es sometido a una maceración por doce a catorce horas, y luego es transferido a autoclaves donde se calienta a ebullición mediante vapor a presión de 15 libras por pulgada cuadrada; permanece allí por seis horas para el primer cocimiento, repitiéndose dos extracciones más, de ocho y doce horas respectivamente.

El extracto se somete en seguida a un proceso de clarificación por clarificadores, y se filtra luego a través de filtros prensas. El líquido se transfiere en seguida a vasijas donde permanece durante 24 horas a la temperatura ordinaria, al cabo de las cuales se ha transformado en una gelatina consistente. El gel es transferido a máquinas que lo desmenuzan y vacían en moldes de cien libras de capacidad, los que son sometidos a congelación durante dos días. Después de esto se descongela y se seca por medio de una corriente de aire caliente hasta no contener más de 20% de humedad. Si se desea agar en polvo se pulveriza en un molino de martillos.

Algas agaríferas chilenas

De las dos especies mencionadas anteriormente la más importante es el *Gelidium linguatum* J. Ag., que rinde aproximadamente un 35,5% de agar-agar, y se pueden obtener aproximadamente 10 toneladas mensuales de la materia prima seca.

El *G. linguatum* es una planta erecta de talo aplanado, dicotómicamente ramificado, pinada, con pínulas alternas u opuestas, atenuadas en la base. Las frondas son coriáceas, tiesas, de bordes denticulados; presentan un color púrpúreo oscuro.

Alcanza hasta 30 cm. de altura y los individuos se encuentran reunidos en penachos o en masas conocidas vulgarmente con el nombre de «champas». Habita generalmente en la costa de Chile meridional, bajo la línea de las mareas, eligiendo lugares rocosos y de difícil acceso, donde por lo común el agua es turbulenta.

La reproducción sexual se hace por medio de gametos masculinos reunidos en soros elípticos en los ramos terminales y gametos femeninos sésiles, ubicados profundamente en la corteza de filamentos moniliformes, con un largo tricogino que llega hasta la superficie del talo. Los filamentos del gonimoblasto se desarrollan directamente desde la base del carpogonio, creciendo paralelos al filamento axial. El cistocarpio está ubicado al centro del talo y unido a las porciones corticales por medio de filamentos.



Fig. 22 — *Gelidium lingulatum* J. A. Agardh.

Cistocarpio provisto de dos estíolos, uno a cada lado. La reproducción asexual se hace por medio de esporas nacidas en tetraesporangios crucialmente divididos.

El agar-agar extraído del *Gelidium lingulatum* es de excelente calidad y puede ser destinado a usos bacteriológicos, pues reúne las condiciones requeridas por la estandarización para este tipo de agar-agar. El ajuste del Ph. debe realizarse entre las cinco o seis horas de ebullición, no siendo necesario el agregar ácidos diluídos para la obtención de un producto de buen aspecto.