

EL AGAR-AGAR CHILENO.

PROF. REGINA CUBILLOS M.
(2 Figuras)

	Págs.
SUMARIO:	
1.—Introducción	70
2.—Datos sobre la importancia económica del agar en Chile	72
3.—Especies chilenas agaríferas y su distribución	74
4.—Química del agar-agar	75
5.—El agar en el ciclo biológico del mar	77
6.—Métodos de extracción	79
7.—Procedimientos ensayados en el Laboratorio de Montemar	82
8.—Propiedades físicas y químicas del agar obtenido	84
9.—Resultados y conclusiones	87
10.—Bibliografía	87

1.—Introducción.

Es sabido que hasta comienzos de la última Guerra Mundial, el único país que surtía al mundo de agar-agar, era Japón, cuyo pueblo conocía esta substancia desde hace varios siglos, debido a que necesitó explotar su riqueza en algas y los animales de sus mares, porque los productos de la tierra se hicieron insuficientes para alimentarlo. El aprovechamiento de las algas fué facilitado por la gran abundancia de estos vegetales en las costas del país, y también por la configuración geográfica de éste.

La utilización de las algas en la alimentación, data allí de tiempos muy remotos, y la extracción del agar fué lograda, en un comienzo, según se refiere, por el azar.

A mediados del siglo XVII (1658), un cocinero japonés descubrió la técnica de la congelación, habiendo dejado restos de gelatina de algas a la intemperie y observado que perdían agua, abreviando su desecación, sin perjudicar la gelificación. Esta experiencia dió origen a técnicas empíricas que posteriormente fueron evolucionando, hasta constituir un método científico de extracción del agar.

Varios son los nombres con que este producto se expende en el comercio, siendo el más conocido el malayo **agar-agar**, que designa genéricamente en esta lengua las algas comestibles, aunque en un principio se usó este término sólo para denominar a *Eucheuma spinosum*, alga comestible que crece en grandes cantidades en

los mares de la Malasia. Otro nombre también empleado es el japonés **kanten**, que significa cielo helado, lo que alude al hecho de que para secarlo se emplea el ya mencionado método de la congelación, exponiéndolo a la intemperie, durante las noches de Invierno, que en Japón, son muy frías.

El agar fué introducido por los Chinos en Europa y América, a mediados del siglo XIX, empleándolo como un sustituto del colapiz en los postres. Los pueblos orientales lo habían incorporado a su alimentación, desde mucho tiempo antes con los mismos fines, especialmente las familias acomodadas, que le adicionaban sustancias edulcorantes y aromas especiales.

La idea de usarlo como medio de cultivo en Bacteriología, fué concebida por una dueña de casa alemana, la señora Fanny Eilshemius Hesse, cuyo esposo, ayudante de Koch, la propuso a su jefe. Koch empleó el agar con éxito en sus experiencias sobre el microbio de la Tuberculosis, en 1882, y en una nota preliminar, publicada ese mismo año, mostró que el agar-agar, era un excelente medio de cultivo bacteriológico.

Poco a poco, en los diversos países de Occidente, se fueron encontrando para el agar, mayor número de usos, y durante la última guerra, se empleó abundantemente en la alimentación, debido a que se produjo escasez de materiales nutritivos por la falta de contingente humano para atender las faenas del campo. Esta exigencia fué agravada por el cierre del mercado del Japón que era directa o indirectamente el proveedor mundial del agar. La escasez de esta sustancia para fines bacteriológicos y bélicos determinó la necesidad de elaborar agar en esos países.

En América, el primer intento de elaboración de agar-agar fué el de Chokichi-Matsuoka, que instaló en 1920 una fábrica en Tropica (Nueva Glendale) California, y empleó el método japonés de extracción. En su patente, recalcó que las especies empleadas eran las del Género *Gloiopeltis*, mencionando muy a la ligera, al género *Gelidium* como sustituto. Tseng [5] afirma que esto lo hacía para evitar la competencia y que las algas empleadas por Matsuoka habían sido, sin duda, del género *Gelidium*, pues *Gloiopeltis* no se encuentra en California y no se había usado antes en ningún país como fuente productora de agar. En 1923, la empresa de Matsuoka fué comprada por una compañía dirigida por el ingeniero John Becker, quien perfeccionó el método, pero no logró dar auge a su industria.

Después de la última guerra, en vista de las múltiples aplicaciones del agar, se interesaron en su elaboración diversos países. Los Estados Unidos de Norte América establecieron de nuevo en California una fábrica que llegó a producir hasta 50.000 lbs. anua-

les [27]; Rusia, Gran Bretaña, Australia y Nueva Zelandia, organizaron por este mismo tiempo, la explotación de las algas agaríferas.

En nuestro país, la extracción industrial del agar es hoy una realidad, sin embargo, sigue siendo una sustancia poco conocida y por esto algunos investigadores se han interesado en su estudio, desde el punto de vista de su extracción, composición y aplicaciones.

Entre éstos debo mencionar al Profesor de Botánica de la Escuela de Farmacia de la Universidad de Chile, Sr. Juan Ibáñez y al Sr. Nibaldo Bahamonde, que desarrolló, bajo la dirección del Profesor Fernando Oberhauser, una tesis sobre esta materia intitolado «Extracción del Agar-agar de Algas Marinas de Chile». Las algas utilizadas fueron del Género *Gracilaria*, recolectadas en las playas de la Bahía de Ancud entre Lechagua y Quetalmahue.

2.—Datos sobre la importancia económica del agar en Chile.

En Chile, se ha empleado especialmente el agar para usos bacteriológicos y su importación comienza a registrarse sólo desde el año 1930, aún cuando en cantidad relativamente pequeña (337 Kg.). Esta cantidad fué aumentada con oscilaciones hasta el año 1938, en que se importaron 1.258 Kg. Al año siguiente hubo un notorio descenso, pues sólo entraron al país 294 Kg., tal vez, en razón del comienzo de la Segunda Guerra Mundial que restringió el comercio exterior.

Cabe decir, que en los primeros años que se importó agar, éste se compró a casas europeas distribuidoras de artículos de laboratorio, de Alemania, Francia o Italia, y sólo algunos kilos a un país productor, la China.

En 1935, se adquirió por primera vez en el Japón, pero a pesar de que la cantidad fué considerable, sólo alcanzó a un 25,91 % del total importado, en dicho año, desde países no productores, siendo Alemania el principal proveedor.

Durante la Guerra, la importación se redujo al mínimo, el comercio con Japón se mantuvo sólo hasta el año 1942, suspendiéndose hasta hoy. Con tal motivo, Estados Unidos pasó a ser el principal proveedor del agar para Chile; pero, con una cantidad relativamente pequeña, en comparación con la importada en los años precedentes.

En los años 1945 y 1946 aparece México como un proveedor de mayor importancia que Estados Unidos.

En el cuadro siguiente se indican las cantidades de agar importadas entre los años 1930 y 1949:

En el año 1947 hubo un nuevo y marcado descenso en la importación, debido a que, desde fines de 1945 empezó a producirse agar en Chile, en la fábrica Pons y Cía., de Santiago. Esta firma inició sus actividades en Noviembre de dicho año, con una producción mensual de 200 Kgs., que al siguiente ascendió a 1.000 Kgs. mensuales gracias al mejoramiento de su planta productora. El método que emplea en la fabricación, es el estadounidense, basado en la gelificación y purificación de las soluciones coloidales de agar, mediante bajas temperaturas.

Poco a poco esta fábrica ha aumentado su producción; y con ello, el país ha ido disminuyendo las importaciones, y desde 1945 Chile exporta agar, especialmente a Argentina, que consume esta sustancia en gran cantidad, no sólo en Bacteriología, sino sobre todo en la alimentación, para darle cuerpo a mermeladas y dulces, particularmente de camote (*Ipomoea edulis*).

Los únicos datos estadísticos de exportación registrados son del año 1948, en los que figura Chile con envíos a Estados Unidos 5.200 Kgs. y a Argentina 11 Kgs., que hacen un total de 5.211 Kgs.

En Chile la clientela de esta fábrica está formada especialmente por los Institutos Biológicos que la usan como medio de cultivo, por Laboratorios de productos farmacéuticos y por fábricas de jaleas alimenticias, de rápida preparación culinaria.

Del género de clientes de la fábrica, se deduce que todavía en nuestro país no se ha iniciado el empleo de esta sustancia en otras industrias, como ser fábricas textiles, de pinturas, etc.

Hace dos años se estableció en Quilpué una fábrica de agar de la firma Pérez, de la Piedra y Cía. que, por diversas razones no logró prosperar.

La Estación de Biología Marina, a fin de cooperar a la industrialización de los productos del mar, se ha preocupado de los diferentes problemas relativos a la extracción del agar, al estudio de las diversas algas del litoral que pueden emplearse con tales fines, y al conocimiento de su naturaleza química, etc.

3.—Especies chilenas agaríferas y su distribución geográfica.

El género *Gelidium* Lamouroux, 1813, es el utilizado de preferencia en todos los países para la extracción del agar-agar. Las especies son comunes en los mares tropicales y templados. En Chile está representado por las siguientes:

G. lingulatum J. Ag., 1871 y

G. filicinum Bory, 1826.

A continuación, describo someramente ambas especies e indico su área geográfica y su habitat.

GELIDIUM LINGULATUM J. Ag., 1871.—Es una rodofícea de talo erecto, aplanado, dicótomo y pinado con pínulas alternas u

opuestas. Las frondas, de color púrpura, presentan bordes denticulados, alcanzan 35 cms. de altura. Los ejemplares forman penachos que los pescadores llaman vulgarmente champas.

Se encuentra en Chile meridional, desde Antofagasta hasta Talcahuano, bajo la línea de las mareas, en lugares rocosos y, por lo general, de difícil acceso.

GELIDIUM FILICINUM Bory, 1826.—Es similar a la especie anterior, siendo más pequeña. Su talo es aplanado, con frondas, comprimidas como hoja de espada, que parten de una base común y presentan en toda su extensión pinulas muy largas, distribuidas sin orden y de bordes crenados, partidos u ondulados.

La planta alcanza hasta 15 cms. de altura; su color es púrpura oscuro y su aspecto recuerda el de un helecho, de ahí su nombre específico, *filicinum*.

Su área es más extensa que la de la especie anterior, pues comprende las costas de Perú y Chile, hasta Talcahuano. Crece en las rocas del bajío donde el mar golpea fuertemente.

Otro género agarífero chileno es *Gracilaria* Greville, 1830. Sus representantes tienen frondas de aspecto cartilaginoso en forma de filamentos cilíndricos o comprimidos, de color verdoso, con ramificaciones dicotómicas. La especie utilizable es *Gracilaria emanaeformis* Bory, que habita la costa del Perú y Chile, hasta la Isla de Chiloé.

4.—Química del Agar-agar.

El agar-agar es un ficocoloide que ha ido adquiriendo progresivamente, en los últimos años, una gran importancia, y ha hecho necesario investigar su constitución química, su origen y el papel fisiológico que desempeña en la planta, habiendo avanzado por ello, en forma notable, los conocimientos referentes a él.

El estudio de su naturaleza química ha llevado a establecer el siguiente concepto: el agar-agar es un complejo coloidal, químicamente ubicado entre las gomas vegetales, que guarda semejanza con los péctidos y sirve como material de reserva y es el principal constituyente de la pared celular en las algas rojas.

Aunque todas estas algas poseen agar, sólo determinadas especies merecen, por su mayor riqueza, el nombre de agaríferas. (1) Tales son, la mayor parte de las especies de los géneros *Gelidium*, *Gracilaria*, *Eucheuma*, *Gigartina*, *Phyllophora* y *Ahnfeltia*.

Tseng (1944) lo define como un extracto no nitrogenado, seco y amorfo, parecido a la gelatina, extraído de ciertas especies

(1) A menudo se emplean como sinónimos los términos *agarfita* (Planta con agar), o el término eufónico *agarófita* de igual significado.

de algas rojas, principalmente del Género *Gelidium*. Además, agrega el mismo autor posteriormente, (1945) que se trata de un éster sulfúrico de un galactano lineal insoluble en agua fría, pero soluble en agua caliente, cuya solución neutra al 1 % forma gelatina estable entre 35 y 50°, y que funde de 80 a 100°.

El análisis señala la presencia de azufre, y en pequeña cantidad de ión Ca; la hidrólisis produce galactosa, lo que fundamenta la hipótesis de que se trata de un galactano.

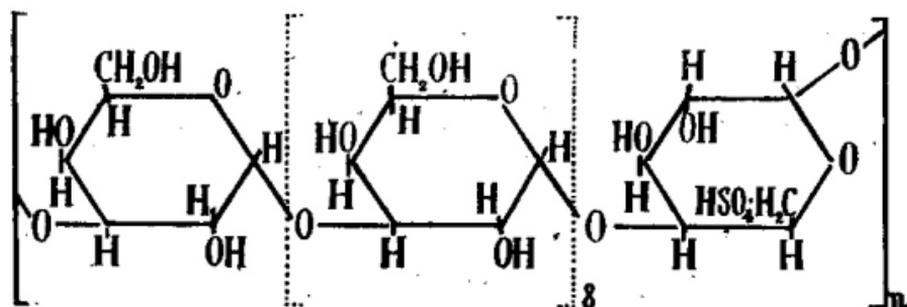
Acerca de la estructura de la molécula de agar-agar, hay disparidad de opiniones entre los diversos autores, pues se ha comprobado que la cantidad de azufre existente, varía según la especie utilizada en la extracción, la época en que se haya cosechado el alga, la parte de la planta empleada y también el mayor o menor tiempo que haya durado la hidrólisis en el proceso de la purificación del agar.

Neubert y Ohle (1922) [27] afirman que la molécula de agar contiene azufre, basándose en que los microorganismos que crecen en el medio agar-agar producen ácido sulfhídrico, lo que indicaría la presencia de dicho elemento químico. Haas (1922), [27] lo corroboró en el carragaen, agar más impuro extraído de *Chondrus crispus*.

Las investigaciones últimas consideran que, en estado natural, el agar es un constituyente de la pared celular de las rodófitas, que probablemente se presenta en forma de sal de calcio, o bien, en forma de mezcla de sales de calcio y de magnesio. Como se extrae en solución de ácidos minerales, Wood [27] deduce que el agar elaborado tiene reacción ácida y que al neutralizarlo con cal o con soda, se formarían las sales de agar. El Ca puede reemplazarse por potasio, sodio, anilina o hidrógeno, y el resto sulfato, por cloruro o nitrato, sin que se pierda la propiedad de gelatinizar, siempre que el pH sea superior a 2. Con pH 2 se produce la hidrólisis a la temperatura ambiente y termina la gelificación con pH 4 y temperatura de 95° C. También se puede producir la hidrólisis por una fuerte alcalinización o por calentamiento prolongado a 95° C. Después de permanecer 2 hrs. a 127° C., el agar pierde por completo el poder de gelificación. A pesar de esto, en la industria conservera, es posible usar estas temperaturas a condición de que actúen por breve tiempo, evitando así la pérdida del poder gelificante o más bien despreciando la pequeña pérdida que, en todo caso, se produce.

La estructura del agar-agar ha sido estudiada por diversos autores. Birie (1936), [28] establece que, tanto la dextro como la levo galactosa, se encuentran presentes en la molécula de esta sustancia; al año siguiente, Percival, Munro y Somerville, los primeros en sugerir los caracteres esenciales de la molécula, sostuvieron

que está formada por núcleos de beta-galacto piranosa, unidos en posición 1-3. Cinco años más tarde (1942) Jones y Peat dieron la fórmula que hasta ahora es la aceptada universalmente; expresa que se trata de un éster sulfúrico de un galactano lineal, formado por una cadena de nueve residuos de dextro galacto-piranosa, que estaría esterificada con HSO_4 en el carbono 6 y por el carbono 4, se uniría a otro grupo igual, n veces. Esta fórmula es la siguiente:



Según estos autores, el resto HSO_4 desempeñaría, en la síntesis biológica del agar-agar, una función análoga a la del radical PO_4 en la síntesis del almidón en las plantas superiores.

Barry y Dillon [8] sostienen que hay más de 53 unidades de galactosa por cada grupo HSO_4 , y, por lo menos 140 con grupo final no reducido. Por el contrario Hope, Esperón y Pérez Miravete [8], sostienen que el número de moléculas de galactosa que corresponden a cada HSO_4 llega solo a 11, y, determinándole por el método microbiológico, no pasaría de 8-9 moléculas de dextro-galactosa. Debe hacerse notar que, por este último método según los mismos autores, no se determina la levo galactosa.

5.—El agar en el ciclo biológico del mar.

La desintegración de las algas en el mar, es un fenómeno de mucha importancia biológica, pues gracia a ella se produce la reintegración de los materiales nutritivos al medio, y se mantiene ininterrumpido el ciclo vital marino. Por lo que se refiere a la desintegración de la celulosa, debemos mencionar las investigaciones de Gran (1902) [2 y 3] que estudió el material de las membranas celulares de las Rodofceas. Fué el primero en aislar un cultivo puro de bacterias que hidrolizan partes importantes del agar en la planta; pero no especificó la sustancia química que lo ataca, por ser poco conocida en esa época su estructura química. Denominó a esta bacteria *Bacillus gelaticus* (= *Pseudomonas gelatica*). La describió como un bastoncito aerobio; muy móvil, del

que actualmente se conocen 3 variedades. Notó que bajo su acción, el agar pierde la tinción característica con el yodo. Más tarde observó que ataca el galactano y que también hidroliza el almidón y la manita.

Considera que es probable la producción de una sulfatasa separadora del H_2SO_4 del agar y luego, una gelasa hidrolizante de los compuestos hidrogenados.

Años después, en 1928, un discípulo de Gran, Lundestad [3] descubrió en las costas de Noruega, varias especies de bacterias disolventes del agar; entre ellas, indicaremos: *Achromobacter Granii*, *Flavobacterium rhodomelae*, *Fl. polysiphoniae*, *Fl. (Pseudomonas) droebachense*, *Fl. delesseriae*, *Fl. boreale* y *Fl. ceramicolá*. De éstos sólo el primero disuelve por completo el agar; los otros, según este mismo investigador, lo descomponen, dejando residuos y además, forman una diastasa hidrolizante del almidón, aún el de las florídeas.

Todas estas bacterias son estrictamente aerobias, y viven en la superficie del mar, hasta 10 m. de profundidad. Observó además que su temperatura óptima fluctúa entre 20 y 30°, pero, que podía resistir y crecer a 0° y, que moría después de 3 horas, a 31°. La bacteria *Fl. droebachense* sobrevivía hasta 3 hrs. a 42°. Son halófitas y se desarrollan en muy buenas condiciones, en el medio agar como único hidrato de carbono. Se ha observado que no viven exclusivamente en agar, pues se crían y viven también en buenas condiciones en caldo de carne gelatinizado. Muchas de ellas forman sustancias colorantes amarillas o anaranjadas, pero *Pseudomonas gelaticum*, produce una sustancia verde fluorescente y *Bacterium Granii* y *B. droebachense*, no forman sustancia colorante alguna.

Bavendamm en (1932), [28] estudiando los barros de las Islas Bahamas, encontró un contenido por gramo de 50.000 a 200.000 bacterias consumidoras de agar-agar y que en el mar había de 1 a 2% de estas bacterias, y en consecuencia la gran mayoría de las bacterias no eran agarofagas.

Waksman en 1933 [28] afirma que las bacterias consumidoras de agar son escasas, pero mucho más frecuentes que las que descomponen la celulosa, y se encuentran especialmente entre los conglomerados de diatomeas y alrededor de las grandes algas marinas o de sus residuos. En 1 ml. de diatomeas obtuvo de 2100 a 2500 bacterias licuantes del agar. Luego observó que el almidón, celulosa, insulina, galactano y manita fueron descompuestos por las bacterias hidrolizadoras del agar.

6.—Métodos de extracción.

Los procedimientos empleados para obtener el agar-agar, se basan en la insolubilidad de esta sustancia en agua fría, lo que permite lavar a temperatura ordinaria las algas en agua dulce, para quitar las impurezas solubles, el agua de mar, las sales, etc. antes de someterlas a una cocción prolongada durante varias horas.

Los métodos más empleados son el japonés y el estadounidense; el primero usa procedimientos naturales de poco costo, y el segundo, medios más complejos, y por lo tanto, necesita de mayores capitales. Ambas técnicas tienen ciertas variantes en los diversos países de acuerdo con las necesidades y condiciones que se presentan.

La primera planta de América, establecida en California, empleó el método japonés, que poco a poco fué variando con el uso de maquinarias para acelerar la extracción.

I.—*Método japonés.*—Este método recurre como ya se ha dicho, especialmente a medios naturales y lo emplean casi todas las firmas japonesas elaboradoras de agar. La extracción se hace durante los meses de invierno, dejando el verano y primavera para la cosecha de algas.

A la recolección de este material se dedican equipos de pescadores que se zambullen y podan las algas adheridas a las rocas cercanas a la playa y a poca profundidad, reuniéndolas en canastos especiales para llevarlos a la orilla, sea en botes o bien a nado. En la playa se extienden al sol y a la intemperie para secarlas y blanquearlas parcialmente. Luego se envían a las fábricas en donde quedan almacenadas hasta los meses dedicados a la extracción del agar.

Antes de iniciar el proceso extractivo, las algas se someten a una minuciosa limpieza. Para ello se extienden en patios especiales donde se apalean con el propósito de soltar o moler los cuerpos extraños y después separar a mano las algas ya libres de sus impurezas groseras. Una vez que se ha logrado todo esto, se lavan en corrientes de agua dulce y en seguida se depositan sobre telas y se abandonan al sol y al rocío durante varios días. De este modo, se logra blanquearlas especialmente si el agar se va a emplear en Bacteriología, o en alimentación. Si se destina a otras industrias no es necesario someter las algas a dicho proceso.

Una vez secas se enrollan en estas mismas telas y se guardan hasta el momento de empezar el proceso.

La extracción comienza haciendo hervir el alga con 5 veces su peso de agua dulce, en un tiesto de fierro o de madera. Después de 5 o 6 horas de ebullición, para apresurar la fase digestiva, se agrega una parte de H_2SO_4 , ó 10 partes de vinagre por 1000

partes de algas y se deja hervir media hora más. El líquido hirviente se filtra a través de una tela burda y se deposita el filtrado en grandes tinajas de las que luego se traslada a moldes en forma de bateas, para gelatinizar.

Una vez producida la gelatinización se corta y se le da forma de cintas, haciéndola pasar a través de rejillas de bambú o de metal. Los trozos cortados se dejan al aire libre para congelarlos, aprovechando el frío de las noches invernales.

La congelación completa se logra en 2 ó 3 noches, y el agua que cristaliza fuera del cuerpo del bloque de agar fresco, arrastra las impurezas solubles al licuarse durante el día. Con esto se logra, no sólo una relativa purificación del agar, sino que así pierde gran parte del agua, que concluye de eliminarse dejándolo secar al sol.

En el cuadro siguiente a modo de resumen, condensamos las diversas fases de este método:

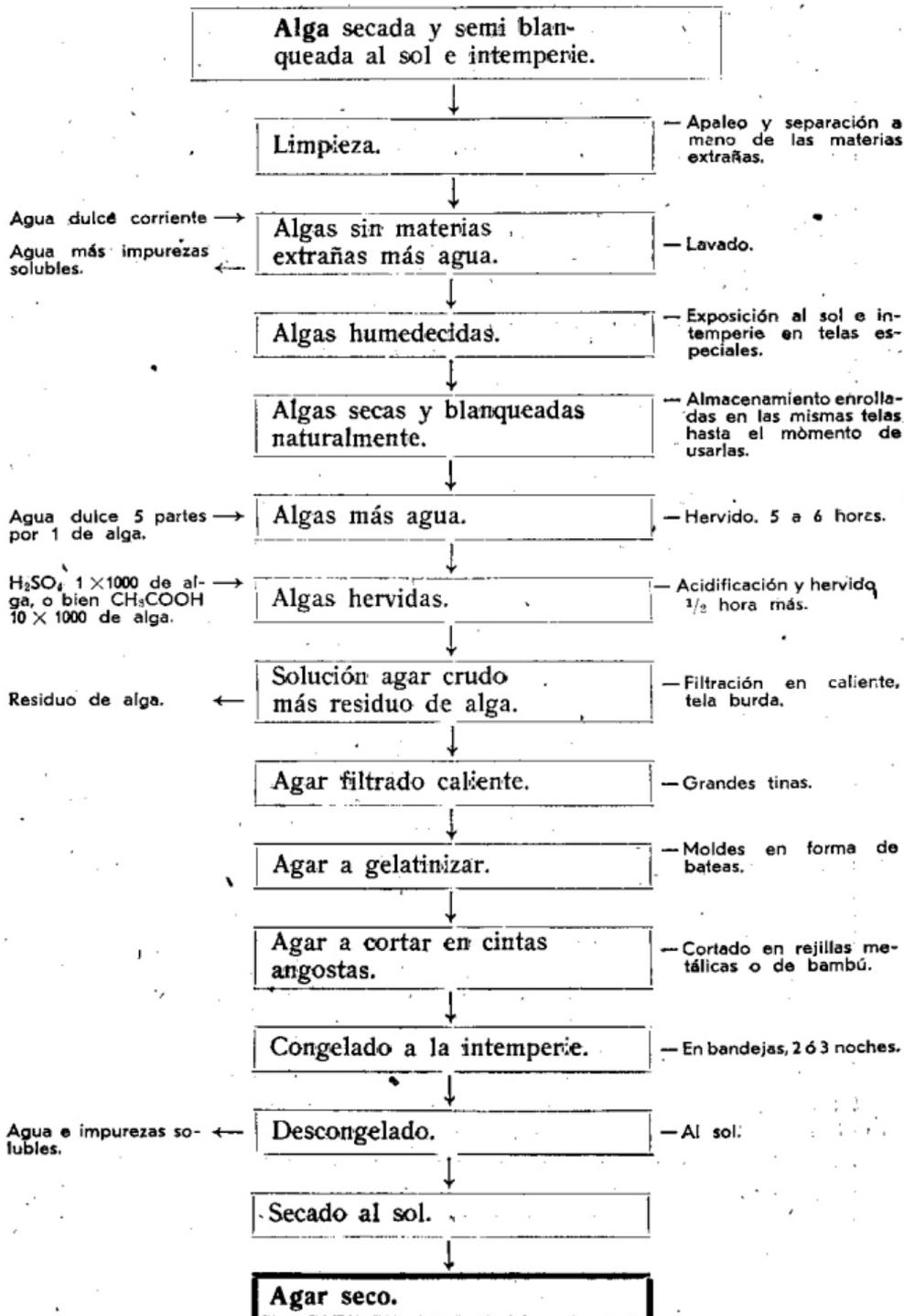
II.—*Proceso estadounidense*.—Como materia prima se emplean algas del género *Gelidium*, que se dejan secar previamente al sol, y, sin esperar a que blanqueen, se someten a un enjuague rápido en agua dulce para quitar algunas impurezas solubles, y, por último, se dejan remojando en tanques especiales durante 12 a 24 horas.

La proporción de algas y de agua dulce empleada, depende de la calidad de la agarófita utilizada; generalmente se agrega 1 galón de agua por libra de alga, lo que expresado en otras palabras, significa que la cantidad de agua dulce requerida es más o menos 10 veces mayor que la cantidad de alga en peso.

Una vez transcurrido el tiempo indicado, se pasan al auto clave y se calienta con vapor de agua a una presión moderada. Esta primera cocción dura alrededor de 6 horas y en ella se obtiene una solución caliente de agar crudo, que se almacena en un tanque especial para filtrar. Las algas usadas, se emplean en dos nuevas extracciones que duran 8 y 12 horas respectivamente. En esta última, como ya el material contiene poco agar, se emplea mezclado con nuevas porciones de algas frescas.

La purificación del extracto se hace a través de un filtro prensa, y, una vez que el caldo está límpido, se vacía en moldes abiertos de capacidad de 150 lbs., donde se deja gelatinizar, durante 24 horas a la temperatura del medio ambiente. En seguida, se congela en una cámara fría a la temperatura de -10° C. por espacio de dos días. Después la gelatina se deshíela en tanques a la temperatura de 10° C. y se pone a desaguar, en un filtro que gira y retiene el agar seco y, por succión sale el agua junto con las impurezas disueltas.

Método de extracción japonés.



El agar así obtenido, contiene 90 % de humedad, y se coloca dentro de un desecador de forma tubular provisto de un fuelle que insufla aire caliente a 102° C., y se mantiene la masa hasta que la humedad baje a 35 %. Alcanzado este porcentaje, las láminas de agar se vacían en grandes vasijas que contienen solución de hipoclorito de sodio al 1 % y a temperatura ordinaria, a fin de blanquearlas. Una vez que se ha obtenido un blanqueo suficiente, se agrega una solución de sulfito de sodio con el objeto de reducir el exceso de hipoclorito y después se lava en agua corriente para quitar los reactivos, antes de poner el agar nuevamente en el desecador de aire caliente en donde debe descender su humedad hasta alrededor de 20 %. En estas condiciones se ensaca para exportarlo, o bien, para usos especiales, se le muele, hasta pulverizarlo, en molinos adecuados.

Tseng [5] condensa las diversas fases de este proceso en el siguiente esquema:

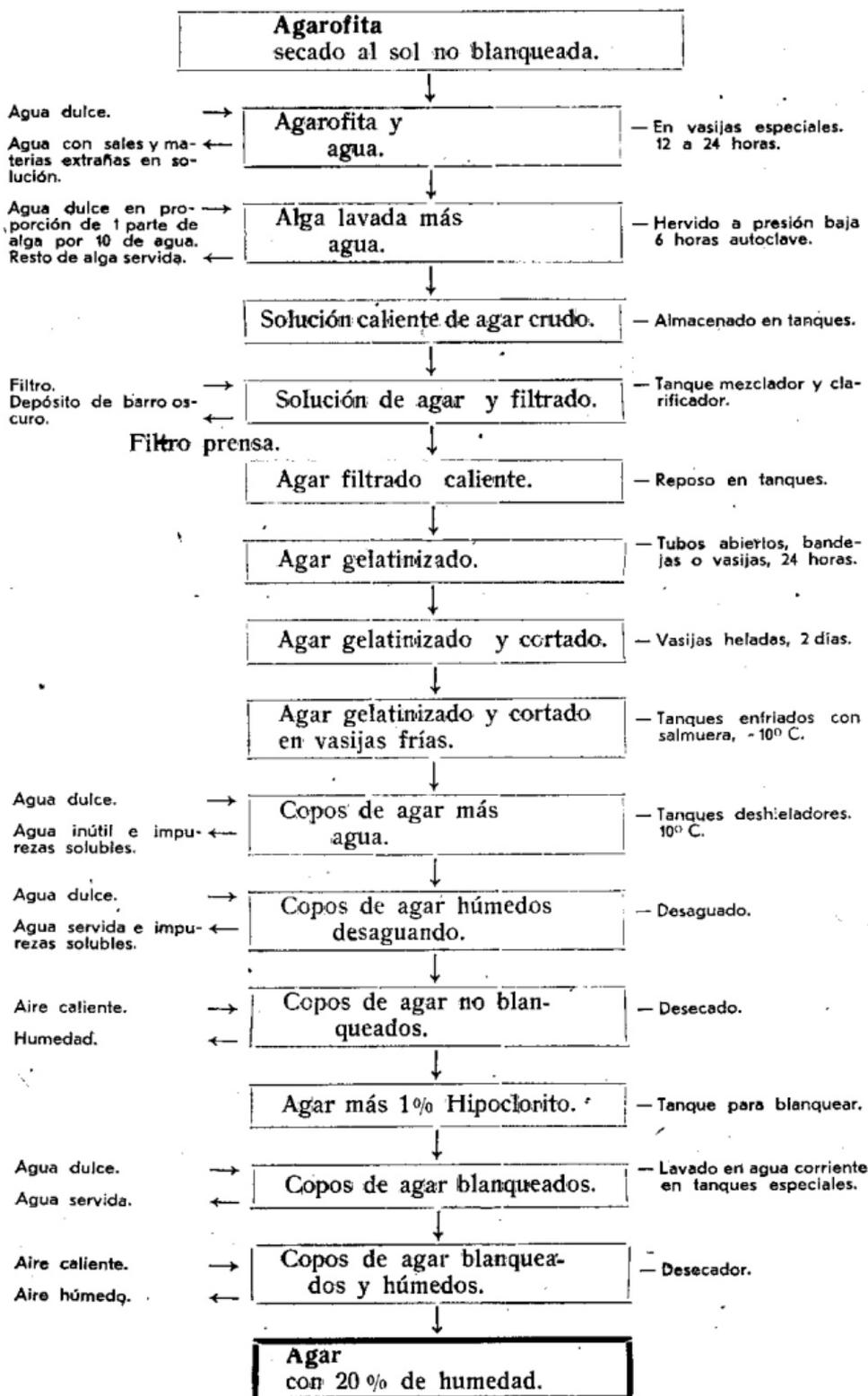
7.—Procedimientos ensayados en el laboratorio de Montemar.

En nuestro laboratorio hemos obtenido este ficocoloide de dos especies de *Gelidium*, *G. filicinum* Bory y *G. linguatum* J. Ag.

Para la extracción de agar partiendo del *G. linguatum* J. Ag. pesamos 100 gramos de alga seca al sol, la lavamos con agua dulce fría, quitando con cuidado las materias extrañas, especialmente arena, que estuviesen adheridas a las algas; repetimos el enjuagado varias veces y dejamos remojando en 3 litros de agua durante el transcurso de una noche. A continuación, colocamos las algas dentro de un saquito de tela burda de tamaño poco menor que el vaso en que se las va a someter a ebullición para evitar que el agar se pegue a las paredes y produzca su ruptura. Hervimos durante 4 horas, revolviendo de vez en cuando para calentar homogéneamente. Al cabo de este tiempo, se agregó H_2SO_4 en la proporción de $0,1 \times 100$ grs. de alga seca y NaH_2PO_4 , como tampón, en la proporción de 1×1200 grs. de alga seca. Una vez adicionado el ácido y el tapón, hicimos hervir durante media hora más, y en seguida el líquido hirviente se pasó a través de un filtro cónico de tela rala, para dejar gelatinizar a la temperatura del medio, hasta el día siguiente.

Catorce horas después se lavó el agar en agua corriente, se cortó en hojas lo más delgadas posible y se las colocó sobre bastidores de tela rala para que escurriera el agua. Durante el día, se dejó al aire y al sol, logrando así que blanqueara y secara a la vez. Se terminó el secado en estufa a temperatura de 30° C. y en corriente de aire, obteniéndose un producto en forma de finas laminillas de color blanco marfil.

Método de extracción estadounidense, según Tseng.



Primera extracción residual.—Las algas ya utilizadas se enjuagaron varias veces en agua fría para quitar los reactivos solubles remanentes. Hecho este lavado, las pesamos y tomando en cuenta los gramos de agar extraídos y el agua absorbida, se agregó agua hasta enterar 1500 cc. Como en este caso, de los 100 grs. de algas, se extrajo 13,695 grs. de agar y pesando las algas servidas 368 grs., el agua absorbida por ellas, se eleva a 254,345 cc., debiéndose agregar 1245,695 cc. para enterar los 1500 cc.

Hervimos estas algas durante 3 horas y al cabo de este tiempo agregamos la mitad del H_2SO_4 y NaH_2PO_4 de la cantidad usada en la primera extracción, y continuamos hirviendo durante media hora más. El agar obtenido lo tratamos en la forma descrita para la primera extracción.

Segunda extracción residual.—Las manipulaciones se hicieron exactamente como en el caso anterior, usando la mitad del ácido y del NaH_2PO_4 , y una vez descontada la cantidad de agar obtenido en las dos extracciones anteriores y el agua absorbida por el alga, se agregó agua hasta completar un litro.

El rendimiento total de agar en las tres extracciones, dió una suma de 23,195 grs. para los 100 gramos de alga seca empleada.

Otras extracciones nos dieron para la misma cantidad de algas, totales de 22,876 grs., 23,535 grs., 24,065 grs. y 24,5 grs. de agar.

Las extracciones hechas en la misma forma a partir de *G. filicinum* dieron un rendimiento que osciló entre 16,170 gr., y 22,279 grs. por cada 100 gramos de alga seca. Se puede observar que en esta especie el rendimiento es un poco inferior, pero el agar extraído es de consistencia y propiedades semejantes al obtenido de *G. lingulatum*.

8.—Propiedades físicas y químicas del agar obtenido.

El agar obtenido en nuestros ensayos no difiere en absoluto del mejor de los que se ofrecen en el comercio. Es de color blanco, pero expuesto a la luz adquiere lentamente color pardo, lo que no ocurre si se le conserva en frascos oscuros. Tiene un alto poder gelificante y la gelatina que forma es muy semejante en su aspecto a la de los huesos, a pesar de su muy diferente naturaleza química.

Su viscosidad es mayor que la de la gelatina animal, comparadas en soluciones de la misma concentración.

De gran importancia industrial es la determinación del poder gelificante, por lo que describo a continuación algunos métodos sencillos y fáciles de realizar en la práctica. Para este fin se utilizan numerosos aparatos de complicada estructura, pero uno

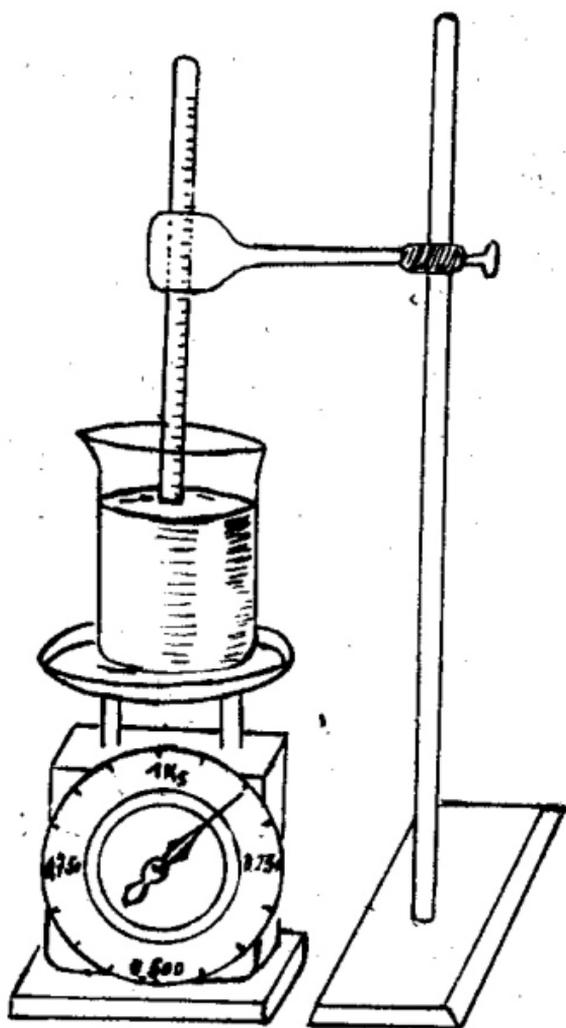


Fig. 12.

simplificado que recomienda L. Stoloff [21] resulta práctico y de fácil manejo. Consiste en una balanza de capacidad de un kilogramo y en un pie metálico que sostiene una varilla graduada y movable (Fig. 12).

Para emplearlo se hace una solución del agar problema en agua destilada y a una concentración definida que se reparte en pequeñas cristalizadoras. Al mismo tiempo, se hace otra solución en iguales condiciones de un agar de poder gelificante conocido que sirve de testigo y comparación. Al cabo de 6 horas los geles están en condiciones de ser investigados; para ello se coloca una muestra sobre el platillo de la balanza de resorte que se gradúa en seguida a cero. Una vez ajustada, se coloca perpendicularmente

sobre la superficie una varilla de sección conocida y de bordes redondeados que se presiona gradualmente hasta provocar la ruptura del gel. La presión ejercida sobre la varilla hasta romperlo, se lee en gramos en la balanza. Esto se repite con todas las soluciones problemas de agar, y se calcula el valor medio.

También es sencillo el método empleado en la fábrica chilena ya mencionada (Fig. 13) y que consiste en dejar caer gota a gota agua destilada sobre un embudo que lleva ajustada, en el extremo, una barra móvil de aluminio, de peso conocido y de 1 cm. de sección. Esta barrita se coloca sobre la superficie de la muestra problema consistente en una solución gelificada de agar al 1%.

En el momento en que se rompe la película superficial del agar, se cierra la llave del agua *A* y por la diferencia de peso en la botella *B*, se calcula el agua realmente gastada. El cálculo se hace, como en el caso anterior, comparativamente con una muestra de agar de poder gelificante conocido.

En una pequeña planta, si no se dispone de aparatos, también es práctico medir el poder gelificante de una muestra con un instrumento mucho más simple, que consiste en una varilla graduada y plana de peso conocido, terminada en punta afilada, para que pueda introducirse con facilidad en una solución de agar al dejarla caer desde una altura determinada. El número de cms. que se introduzca dicha barrita en la masa, expresa el valor de gelificación.

Debe tomarse en cuenta que la concentración del agar está en relación inversa con la elasticidad, o sea, la aguja entrará menos en una solución de gelatina más concentrada.

Para la investigación de las propiedades químicas, hicimos las siguientes reacciones, sirviéndonos de soluciones acuosas de nuestro agar, sin tomar en cuenta la concentración de ella.

1.—Al hacerla hervir con solución de NaOH, diluida, no produjo NH_3 ; reacción que, como se sabe, sirve para diferenciarlo de la gelatina animal.

2.—A una solución hirviente de agar-agar agregamos NaOH al 30 % y continuando la ebullición por algunos minutos agregamos HCl hasta reacción ácida. En estas condiciones se obtuvo desprendimiento de H_2S en buena cantidad, con lo que se comprueba la presencia de azufre.

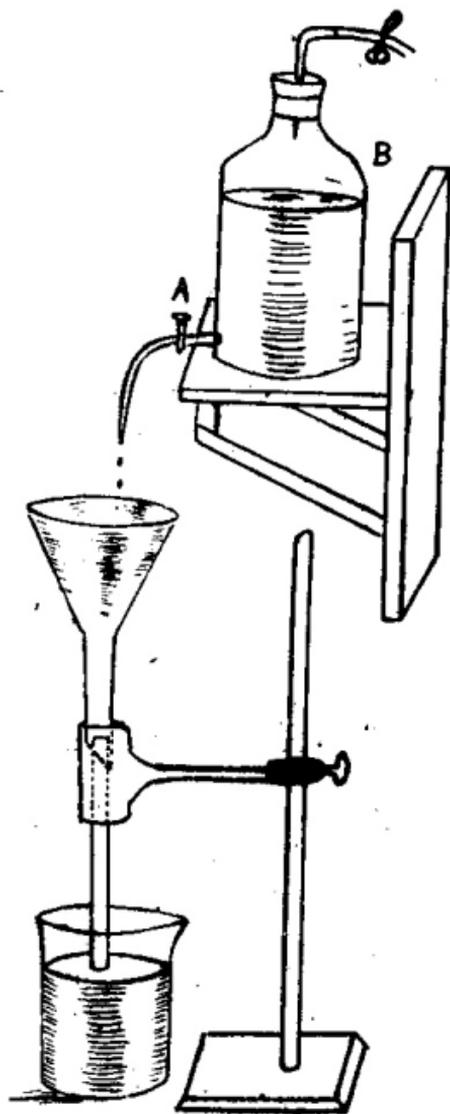


Fig. 13.

3.—A una solución enfriada agregamos algunas gotas de HNO_3 y de NH_3 hasta reacción neutra, hicimos hervir durante algunos instantes para evaporar parte del agua y por último, la dejamos enfriar nuevamente. Horas después se pudo observar la formación de cristales incoloros y aciculares insolubles en agua y alcohol y según Hope [8] es ácido múxico. Esta reacción, según algunos autores, como Wood [27], es típica para el agar, pero según otros sirve sólo para reconocer galactosa.

4.—A una solución fría de agar, agregamos algunas gotas de H_2SO_4 al 10 % e hicimos hervir durante 5 minutos. Se produjo la hidrólisis, dando galactosa libre que con licor de Fehling recién preparado, dió el precipitado rojo ladrillo de óxido cuproso característico.

8.—Resultados y conclusiones.

Los ensayos realizados en nuestro laboratorio permiten formular algunas conclusiones útiles al futuro de la industria del agar en nuestro país.

1).—El rendimiento de las dos especies ensayadas (*Gelidium filicinum* Bory y *G. linguatum* J. Ag.) es muy satisfactorio.

2).—Las características físicas y químicas del agar de nuestras especies corresponden a las del mejor agar importado.

3).—La extensa área y la abundancia con que se presentan ambas especies, permite calcular que existen en gran cantidad en nuestras costas y que es posible industrializar esta riqueza con claras ventajas para la economía del país.

B I B L I O G R A F I A

1. Anónimo. 1947.—The Japanese Agar-agar Industry, United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Fishery Leaflet 263. Chicago.
2. Benecke, W. 1912.—Bakterien. Allgemeine Physiologie der Bakterien. In Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Erster Band, Jena.
3. Benecke, Wilhelm. 1933.—Bakteriologie des Meeres. In Abderhalden-Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Methoden der Meerwasserbiologie. Band 1. Berlin und Wien.
4. Besnard, W. 1948.—Les produits d'origine marine et fluviale. Paris.
5. Chapman, V. J. 1950.—Seaweeds and their uses», London.
6. Grant, Julius. 1944.—Hack's Chemical Dictionary, Third Edition. Philadelphia.
7. Hasenfratz, V. et Frèrejacque, M. 1938.—Oses et Holosides, in Prati-té de Chimie Organique, Grignard V., Dupont G., et Loquin, Tome VIII. Fasc. I. Paris.
8. Hope, P. H.; Esperon M., E. y Perez Miravete, M. 1948.—Composición química del agar mexicano in Rev. de la Soc. Mex. Hist. Nat. Tomo IX. N.º 3-4. Diciembre.

9. Marini, Bettòlo, G. B. et Ibañez, Juan. 1948. — Recherche chimique sulle alghe del Cile. Anno XXX. Agosto. Milano.
10. Miall, Stephen. 1943.—Diccionario de Quimica. Traducido al Castellano por Dr. José Giral, México.
11. Newton, Lily. 1947.—Seaweed research and commercial enterprise in Britain in British Science News. Vol. 1 N.º 2.
12. Newton, Lily. 1945.—El agar-agar y su producción. Endeavour. -- Vol. IV.
13. Osorio Tafall, B. F. 1946.—La obtención del agar en Baja California, in Ciencia. Revista hispanoamericana de ciencias puras y aplicadas. Vol. VII. México:
14. Perrot, Em. et Gatin, G. L. 1912.—Les algues marines utiles et en particulier les algues alimentaires d'Extrême-Orient. In Annales de Inst. Océanographique. Tome III. Paris.
15. Sauvageau, Camille. 1920. — Utilization des Algues Marines. Paris.
16. Scottish Seaweed Research Association. 1949.—Annual Report. Institute of Seaweed Research.
17. Scottish Seaweed Research Association. 1950.—Annual Report. Institute of Seaweed Research.
18. Scheffer, Victor B. 1945.—The Commercial Importance of Seaweed in the United States. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service. Fishery Leaflet 156. Chicago.
19. Selby, Horace H. 1945.—Agar, Agaroids and the American Agar Industry. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Fishery Leaflet 118. Chicago.
20. Stoloff, Leonard S. and Lee, Charles F. 1946.—Agar and other Seaweeds gums: A summary of data on Chemical and Physical Properties. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service Fishery Leaflet 173. Chicago.
21. Stoloff, Leonard S. 1948.—Strenght measurement of agar gels. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Fishery Leaflet 307. Washington.
22. Tressler, Donald K. 1940.—Marine Products of Commerce. New York.
23. Tseng, C. K. 1944.—Agar: A valuable seaweed Product. The Scientific Monthly. Vol. 58, N.º 1. Washington.
24. Tseng, C. K. 1945. — America's agar industry Scripps Institute of Oceanography. La Jolla. California.
25. Tseng, C. K. 1947. — Agar. In Encyclopedia of Chemical Technology. Edited by Kirk Raymond E. and Othmer, Donald F. New York.
26. William, Robert H. 1950. — Florida Seaweeds and their commercial use. State of Florida Board of Conservation on Educational Serie N.º 7. Marine Laboratory, Univ. of Miami.
27. Wood, Ferguson E. Y. 1946. — Agar in Australia. In Council for Scientific and Industrial Research. Bulletin N.º 203. Commonwealth of Australia. Melbourne.
28. Zobell, Claude E. 1946.—Marine Microbiologie. Waltham, Massc. U.S.A.