

SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

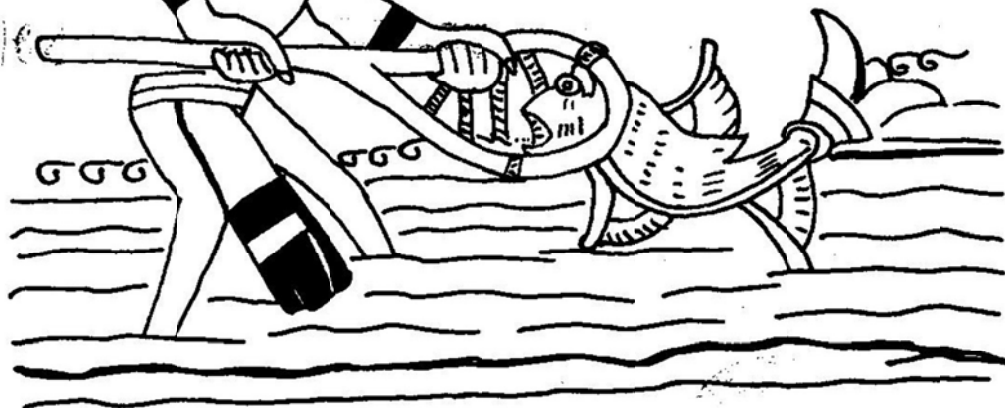
DIRECCION GENERAL DE PESCA

**TRABAJOS
DE
DIVULGACION**

VOLUMEN

VII

NUMERO:



MEXICO D. F.

SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIRECCION GENERAL DE PESCA
E INDUSTRIAS CONEXAS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS BIOLOGICOS PESQUEROS
CONTRIBUCION DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
BIOLOGICO-PESQUERAS.

Serie:
TRABAJOS DE DIVULGACION
Núm. 64
VOLUMEN VII

NOTAS SOBRE EL APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL
DE ALGUNAS AGAROFITAS.

Compiló: BIOL. HECTOR CHAPA SALDAÑA.
Revisó: BIOL. SERGIO A. GUZMAN DEL PROO.

México, D. F., junio de 1963.
i-oseguera-s.

INTRODUCCION .

La Península de Baja California en su costa occidental es rica en algas marinas de interés comercial. En la actualidad gran número de ellas se explota en la región noroccidental de la península y entre las especies que se extraen ocupan un renglón de gran importancia, las algas rojas productoras de agar.

Durante la Segunda Guerra Mundial la industria del agar en México, tuvo un incipiente desarrollo como resultado de las condiciones de emergencia y necesidades de aquella época. Una pequeña planta extractora de agar se estableció en la Ciudad de México por los años de 1940 a 45. La materia prima provenía de la costa occidental de Baja California. Después de la guerra al parecer los gastos de transporte, unidos a la enorme afluencia en el mercado mundial del agar japonés, hicieron incosteable el funcionamiento de dicha planta.

En fecha reciente se estableció en Ensenada, Baja California, la Compañía Agar-México con una planta extractora de agar que en la actualidad funciona en baja escala, ya que el mayor porcentaje de la materia prima se exporta en bruto a los Estados Unidos de América.

Actualmente, el país importa agar-agar, en cantidades anuales por un valor que sobrepasa al millón de pesos. En el presente trabajo se destaca en forma muy amplia la importancia del agar cuyos usos son tan variados.

Se ha elaborado este trabajo como una aportación al conocimiento de las algas marinas haciendo hincapié en su importancia comercial. Forma parte de una serie de trabajos que sobre este particular están en proceso de elaboración y saldrán a la luz en breve, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras, en algunos de los cuales se incluyen investigaciones originales realizadas en Baja California como fruto de la aportación económica suministrada por los permisionarios y concesionarios de algas marinas, a quienes por el presente conducto se hace público agradecimiento de la misma.

Mediante ellos se inicia la necesaria tarea de estudiar, evaluar y aprovechar al máximo la flora marina de México.

NOTAS SOBRE EL APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL
DE ALGUNAS AGAROFITAS.

Compiló: BIOL. HECTOR CHAPA SALDAÑA.

Revisó: BIOL. SERGIO A. GUZMAN DEL PROO.

DEFINICIONES. La definición generalmente aceptada para el agar, - fué la establecida por Tseng (1944), y consiste en que agar es la forma gel extraída de Gelidium, Gracilaria y otras algas rojas. - Es insoluble en agua fría, pero soluble en agua caliente a un 1 % de solución, formando así una gelatina firme. Ya que la propiedad de formar geles es la más importante del agar, la definición puede ser mejorada designando como un "gel firme" a aquel cuya superficie recién cortada puede soportar por lo menos 50 gramos de peso cuando se agregue a una velocidad de .05 gramos por segundo a través de un embudo que tenga un área circular de 1 cm². Sin embargo los geles formados por Gigartina, Agardhiella, Gloiopeltis, Phyllophora y algunas especies de Gelidium y Gracilaria que no cumplan con este requisito, pueden ser llamados "agaroides".

De acuerdo con la Farmacopea XII de los Estados Unidos, agar es el extracto mucilaginoso de Gelidium corneum (Hudson) Lemoroux, y de otras especies del género Gelidium (Familia Gelidiaceae) y algas íntimamente relacionadas con él (Clase Rhodophyceae). El Departamento de Producción del mismo país, para reforzar la Orden M-96, definió al agar como cualquier sustancia mucilaginosa, ya sea seca o en otra forma, extraída de Gelidium corneum, Gelidium cartilagineum, Gelidium amansii, Gracilaria confervoides, -- Gracilaria lichenoides, Eucheuma speciosum, Eucheuma isiforme, -- Eucheuma denticulatum, Gigartina spinosa Gigartina mamilosa, y de otras especies y géneros nombrados e íntimamente relacionados con las algas de la Clase Rhodophyceae.

También se le conoce como "agar agar", gelatina china, - gelatina japonesa, etc. Aunque ninguna definición indica las propiedades físicas o químicas que son un requisito material satisfactorio para que el material sirva como medio de cultivo bacteriológico.

El agar comercial es una goma común de muchas de las algas rojas.

El agar es un coloide obtenible de algas marinas que poseen una combinación única de propiedades físicas que han hecho posible los usos que se han desarrollado tanto con éste producto. Los usos de éste en bacteriología son tan vitales que en 1942 el Departamento de Producción de Guerra de los Estados Unidos expidió una orden (la ya dicha Orden M-96) que limitó el uso del agar solamente para usos bacteriológicos, y ésta disposición permaneció en vigencia hasta agosto de 1944.

Siendo las propiedades del agar tan distintas, según la fuente de que sea obtenido, el término agar debería ser utilizado más bien en un sentido genérico. Aparentemente todos los agares tienen un factor constitucional común que es el eslabonamiento de moléculas carbohidratadas común a todos ellos, de éstos eslabonamientos el que parece ser más general es el de la B-galactosa piranosa.

POSICION TAXONOMICA. Las plantas que se incluyen en el grupo de las algas, han sido clasificadas dentro de las Talofitas, teniendo en cuenta la base de la teoría de que las algas y los hongos fueron desarrolladas a partir de un ancestro común. En trabajos recientes que toman en cuenta las características fisiológicas, se indica que los hongos se derivaron de los protozoarios y no de las algas por degradación como lo afirmaban antiguos estudios.

Actualmente se cree también que la mayoría de las clases de la antigua subdivisión Algae, se han desarrollado a lo largo de líneas filogenéticas separadas. Esto es sugerido por la morfología de las células reproductoras, la pigmentación y la fisiología.

En la actualidad se divide a las plantas en siete clases, de las cuales las algas forman un grupo puramente artificial y constituyen la División N° 1 (Smith 1938). Casi todas las algas se reproducen por esporas, no tienen flores, frutos ni semillas. El grupo de algas se divide en cuatro sub-grupos siguientes:

1.- CYANOPHYTA: o algas azul-verdosas. Ampliamente distribuidas en los océanos, en las aguas dulces y en el suelo. Son plantas individuales o en colonias; cuando son individuales son microscópicas y no se las usa comercialmente.

2.- CLOROPHYTA: o algas verdes. Son las más abundantes en las aguas dulces, pero se encuentran también ampliamente distribuidas en los océanos. Tienen gran variedad de especies marinas tropicales. Son de poco valor económico, sin embargo algunas especies se usan como alimento en las Islas Hawaii, Japón y otras islas -- del Pacífico.

3.- PHAEOPHYTA: o algas pardas y cafés. Son casi en su totalidad marinas y características de las aguas frías de todo el mundo, aunque también hay algunas especies de aguas tropicales. Las algas gigantes y las algas rocosas intertidales de las costas del norte de los Estados Unidos y México, son de gran importancia económica.

4.- RHODOPHYTA: o algas rojas. Aparecen con gran variedad de especies en las aguas tropicales, pero también abundan en las --- aguas oceánicas templadas y frías. Este grupo de algas rojas son las que se utilizan para obtener el agar y los agaroides de alto valor económico, aunque las algas cafés están aumentando su importancia. Aunque todas las algas rojas contienen un pigmento rojo característico (ficoeritrina), a menudo su coloración fluctúa entre el amarillo-verdoso y el negro púrpura debido a la clorofila (verde) y otros pigmentos presentes. De aproximadamente 2,500 especies de rodofíceas conocidas, solamente 50 se encuentran en las aguas dulces.

Una característica de las algas rojas, responsable de su valor económico, es el desarrollo de un complejo coloidal formado de carbohidratos como constituyente de las paredes celulares. Químicamente este complejo (véase también el capítulo de propiedades químicas) es un éster del ácido sulfúrico de carbohidratos simples llamados generalmente galactanas. Una gran variedad de este grupo de sustancias se encuentra en todo el grupo de las algas rodofíceas, y puede ser que cada especie desarrolle un polisacárido distinto para cada una de ellas. La mayoría de estos "ficocoloides" -- como se los conoce, forman realmente una solución coloidal cuando se calientan, y un gel cuando se enfrían. Esto sucede con el agar, la carragenina o gelatina irlandesa obtenida del musgo irlandés (Chondrus sp.)

H I S T O R I A

El agar en la forma que se emplea, ha sido una parte -- muy importante de la dieta de los pueblos orientales durante varios cientos de años. El descubrimiento de sus propiedades gela-

tinizantes fué accidental. Las propiedades gelatinizantes comprenden su deshidratación y purificación por un tratamiento que se le ocurrió a un posadero japonés hace aproximadamente 300 años. Este notificó que un poco de planta marina que él había desecado durante la estación invernal, se había congelado, y que al deshelarse perdió la mayor parte de su agua, de modo que al secarlo bajo el sol se convirtió en una masa blanda y fofa. Por lo tanto se descubrió que los geles pueden ser fabricados fácilmente a partir de algas marinas. El descubrimiento fué la base de la floreciente industria de agar del Japón, la cual comenzó desde 1769. La deshidratación del agar es la propiedad que permite su transporte y exportación.

En 1903 había cerca de 500 fábricas pequeñas de agar en Japón, con una capacidad promedio cercana a las 4,000 libras por año cada una de ellas. Antes de la segunda guerra mundial, el Japón tenía el monopolio del agar.

En los Estados Unidos la industria del agar se originó en 1919 cuando Chokichi Matsuoka, familiarizado ya con la industria del agar de su nativo Japón, completó sus trabajos experimentales para demostrar que el agar podría ser hecho partiendo de Gelidium cartilagineum. Matsuoka dijo haber utilizado sin embargo a el alga "gloipeltis", habiendo la circunstancia de que el género Gloipeltis no es un recurso del cual pueda obtenerse agar, por lo tanto lo seguro es que utilizó Gelidium cartilagineum abundante a lo largo de la costa del Pacífico de California y Baja California. Matsuoka formó la Compañía Americana de Agar (Agar American Company) que comenzó a producir cantidades significativas de agar en 1920 en Glendale, Calif., pero fué incapaz de competir con éxito con el agar importado de muy bajo costo. Los procesos industriales utilizados por Matsuoka fueron los amparados por dos patentes, la primera (1921) que describe un procedimiento esencialmente igual al japonés, excepto que propuso entonces la refrigeración mecánica; la segunda (1923) en la que se hablaba de agar seco lo suficientemente quebradizo para pulverizarlo rápidamente mediante revestimiento con una solución de azúcar y volver a secarlo.

El negocio de Matsuoka fué vendido en 1923 a John Becker, ingeniero americano, que modernizó los procedimientos. Becker obtuvo a su vez cuatro patentes, una de ellas (1929) de un proceso altamente mecanizado y otra con equipo para deshidratación. La Compañía Americana de Agar luchó contra los bajos pre-

cios del agar japonés, cerrando en 1933. Inmediatamente después las instalaciones fueron tomadas por la Compañía Química y de -- Agar (American Agar and Chemical Co.) bajo la dirección de Mr. L. Small, quien las utilizó para procesar y congelar mariscos.

En 1933 S.F. Corfield estableció la Compañía de Agar de los Estados Unidos (United States Agar Company) en National City, Calif., Posteriormente él mismo adquirió la Compañía Química y De Agar y sirvió como gerente durante varios años hasta su muerte. La Compañía de Productos Marinos (Marine Products Company) llamada primeramente Compañía Química y de Agar, fué la única fábrica que hacía éste producto hasta el comienzo de la segunda guerra -- mundial.

La Compañía Productos Agar (Agar Products Company), bajo la dirección de E.S. Moorhead, se fundó en Los Angeles en --- 1941. Esta fábrica trabajó activamente durante la guerra y durante la escasez que siguió. Desde 1947 se especializa en agar altamente purificado y crudo para usos especiales, ya que el precio del agar japonés es tan bajo que no permite producir el agar doméstico U.S.P. Se organizaron otras dos fábricas menores tan luego como el agar llegó a ser una materia crítica de tiempos de guerra, pero aparentemente cesaron de producir cuando la importación de agar japonés comenzó nuevamente.

ALGAS UTILIZADAS EN CALIFORNIA EN LA FABRICACION DE AGAR.

En California el alga principal para producir agar es -- el Gelidium cartilagineum. Otras dos especies, G. nudifrons Gardner y G. arborescens Gardner, se usan con extensión limitada, pero como se las encuentra a profundidades mayores y producen un -- agar de inferior calidad (con referencia al poder de gelificación), su importancia es escasa. El material de estas especies -- sin embargo es mezclado indiscriminadamente con G. cartilagineum. La especie Gracilaria confervoides fue usada en California alguna vez; sin embargo en los años más recientes no ha sido colectada -- debido a la fuerza de gelificación relativamente baja que tiene. -- En el Oceano Atlántico la misma especie produce un agar de más alta fuerza de gelificación.

Gelidium cartilagineum crece fuertemente adherida a las rocas hasta una profundidad de 8 a 9 metros. Se la extrae por medio de buceo (véase el capítulo de métodos de recolección) y va--

liéndose de aparatos especiales para efectuar el corte, por lo -- cual es difícil y costosa su colecta.

En el año de 1945 se produjo la mayor cantidad de Gelidium cartilagineum en Baja California, fuente de producto como materia prima para las fábricas de los Estados Unidos.

R E N D I M I E N T O S.

Las industrias de California ordinariamente obtienen un rendimiento de 15 a 20 % del Gelidium cartilagineum de las aguas del Pacífico. En las costas del Atlántico el rendimiento de todas las especies utilizadas: Gracilaria confervoides, G. foliifera e Hypnea musciformes, ha llegado también a un 15 a 20 % en escala comercial. Los rendimientos de más de 20 % son raros. Los rendimientos en el laboratorio con material cuidadosamente preparado llegan de 40 a 45 % o más. Con Gelidium, solamente cerca de 3 libras de material fresco se requieren para dar 1 libra de material seco, mientras que con Gracilaria e Hypnea se requieren de 10 a 15 libras. Por lo tanto el rendimiento de agar de Gelidium fresco es de cerca del 6 %, mientras que el de Gracilaria e Hypnea es solamente de 2 %.

METODOS DE RECOLECCION

En California virtualmente todo el Gelidium recolectado es obtenido por buzos que llevan equipo completo, trabajan en profundidades de 10 a 13 pies. Gelidium cartilagineum está siempre totalmente adherido a las rocas de la línea más baja de mareas -- hasta una profundidad de 50 o más pies. Se desarrolla mejor en -- donde las aguas son más turbulentas. El buzo arranca el alga de las rocas a mano y la coloca en una canasta provista de una cuerda, la cual puede llevar de 60 a 70 libras al estar llena. La mayoría de los buceos se hacen entre mayo y noviembre y solamente -- en días de relativa calma. El promedio de días del año probables para bucear va de 100 a 120. En un día, un buzo puede hacer de -- dos a tres descensos, cada uno, de una a dos horas y con períodos de descanso. Un buzo veterano puede obtener una y media toneladas de Gelidium fresco bajo condiciones ideales de trabajo. La cosecha diaria promedia alrededor de 1500 libras (en 1947). Aunque Gelidium cartilagineum se encuentra desde San Francisco hacia el sur hasta Punta San Bartolomé en Estados Unidos, su mayor abundancia comercial está restringida al área de Punta Concepción, -- Calif., hasta Bahía Magdalena, B.C. La planta crece a una altura

de 4 pies, pero se la considera cosechable cuando ha alcanzado de 12 a 18 pulgadas (en 1944). La mayor parte del Gelidium procesado en California durante la guerra y después de ella, procedió de Baja California, en donde la producción de materia prima es cerca de 10 veces mayor que la de California USA (1947). En 1946 se importaron cerca de 225 toneladas de Gelidium seco de México para ser procesadas en California, USA.

Justamente antes de la segunda guerra mundial, cerca del 92 % del agar utilizado en los Estados Unidos, se importó del oriente y cerca del 20 % de esa cantidad se utilizó en medios de cultivo bacteriológico. Durante la guerra no hubo importaciones, pero el Departamento de Producción pudo satisfacer las necesidades domésticas esenciales por medio de almacenamientos de materia prima y por control. Al mismo tiempo se expandió la producción de Gelidium en el sur de California y en el litoral mexicano.

BIOLOGIA DE LAS ALGAS

La biología de Gelidium cartilagineum es bastante sencilla y esencialmente igual a la del musgo irlandés (género Chondrus). Las esporas producidas por tres tipos de plantas germinan y producen nuevas plantas si han tenido la suerte de fijarse favorablemente sobre una roca adecuada. Las plantas maduras son muchas veces hechas pedazos por las tormentas, constituyendo en este caso un material industrial pobre. Sin embargo el crecimiento en el caso de las algas del género Gracilaria tiene lugar aún después de la poda.

La biología de Gracilaria confervoides es bastante compleja, pues en la costa del Atlántico (Carolina del Norte) se ha observado que consta de dos fases, una de las cuales no da crecimiento anual a la otra. Una fase es típicamente igual a la de un alga roja y semejante a la de Gelidium: Las plantas adheridas a las piedras o a las conchas, producen esporas que a su vez producen nuevas plantas si se fijan sobre un sustrato favorable. Esta fase de Gracilaria confervoides está ampliamente distribuida en Carolina del Norte y en los océanos templados de todo el mundo. En Carolina del Norte sin embargo la fase esporuladora adherida no ocurre con suficiente abundancia para ser de valor económico, tal como sucede en Australia y Sudáfrica. La otra fase es libre, y puede ser llevada y arrastrada por las aguas y no forma esporas, se trata de una planta que no se adhiere a las rocas en nin-

guna época de su vida. Descansa libre en aguas someras y quietas o es arrastrada mientras crece. Su reproducción es puramente un resultado del crecimiento y una consecuencia de las roturas accidentales. En el otoño las plantas de esta fase se acumulan en grandes cantidades en áreas donde las mareas no son muy fuertes y no las desparrraman.

PROCEDIMIENTO INDUSTRIAL EN CALIFORNIA.

El Gelidium crudo y seco es empapado y lavado en agua dulce durante cerca de 12 horas. Después se lo pasa a los cocedores de vapor a presión en los cuales se agrega la solución de agar diluida en un tercer cocimiento y de un lote previo. La cantidad de agua es de cerca de un galón por cada libra de Gelidium seco. La cocción es hecha a 15 libras de presión durante cerca de 6 horas. El residuo de algas es separado y cocido por segunda vez, generalmente de 8 a 12 horas. La solución de agar y el residuo, son separados por un filtro. La solución de agar no refinada es bombeada en un tanque de almacenamiento en donde se la guarda en caliente, mientras se adhiera a un filtro de tierra de diatomeas, y se la agita. Como se la fuerza a pasar por un filtro, se convierte en un líquido claro color ámbar. Posteriormente es enfriada y gelificada durante cerca de 24 horas en tubos abiertos. El gel firme de agar es cortado con una cuchilla a modo de pequeñas laminillas que van a caer dentro de botes helados con capacidad de 100 libras, los botes son colocados en un cuarto frío a -14°F (-10°C) durante dos días. El gel de agar congelado es derretido en tanques a cerca de 50°F (10°C) y después va a un rehidratador en el cual pasa sobre una criba más abajo de la cual es aplicado el vacío. Las laminillas de agar se derriten por medio de agua en exceso y son retenidas sobre la criba y transportadas a un fogón secador vertical a través del cual es forzado aire a 215°F (101.7°C). Como el agar húmedo en láminas que contenía al principio cerca de 90 % de humedad se reseca más y es más claro, las laminillas son empujadas al tope del secador y dentro de la bomba baja. Ahora contienen cerca de 35 % de humedad. El blanqueo es entonces hecho por tratamiento con 1.0 % de solución de hipoclorito de sodio a la temperatura del cuarto, después de lo cual el exceso de hipoclorito es reducido mediante tratamiento con solución de sulfito de sodio. Las laminillas de agar son de nuevo enviadas a través de secadores y la humedad es reducida a 20 %. Las laminillas son luego molidas por martillos de molino y quedan así listas para el mercado.

ESPECIES DE ALGAS PRODUCTORAS DE AGAR EN OTROS PAISES.

En Rusia el agar se obtiene a partir de Ahnfeltia plicata (Hudson) Fries, y un agaroides a partir de Phyllophora rubens (L.) Greville. Estas algas se encuentran la primera principalmente en el Mar del Japón cerca de Vladivostok y en las vecindades de Arcángel en el Mar Blanco, y la segunda en el Mar Negro.

En Nueva Zelanda se obtiene agar de cuatro especies: -- Pterocladia lucida (R. Br.) Agardh, P. capillacea (Gmelin) Bornet y Thuret, Gelidium caulacanthum Agarkh, y Gracilaria confervoides. La primera de las cuales es el principal recurso para obtener agar a causa de su abundancia. El agar que se obtiene a partir de Pterocladia tiene propiedades similares al de Gelidium y es satisfactorio para su uso bacteriológico.

En Australia Gracilaria confervoides ha sido usada como materia prima para agar desde 1942. En 1945 la producción fue -- cerca de 2 toneladas por mes.

En Sudáfrica se investigaron durante la guerra varias -- especies como posibles recursos para la obtención de agar. Aunque allí existe el Gelidium cartilagineum, Gracilaria confervoides fue la más utilizada a causa de su gran abundancia. Gelidium pristoides, abundante en Sudáfrica produce un agar de bajo índice de gelificación. Los agaroides han sido obtenidos en pequeña escala de Shria vittata y Gigartina radula.

Se sabe que en China había por lo menos tres pequeñas -- fábricas de agar desde antes de la invasión japonesa de 1937.

En México la producción de agar comenzó en 1945 a partir de Gelidium cartilagineum de Baja California, y siempre ha sido un importantísimo productor de materia prima para la industria de Estados Unidos.

También se ha reportado producción de agar de las Indias Orientales Holandesas (hoy Indonesia) y de los Establecimientos del Estrecho.

Véase la Tabla No. 1.

Tabla No. 1 Algas reportadas como fuentes de agar.

Nombre	Lugar	Notas
<u>Ahnfeltia plicata</u>	Rusia (costa marítima y Mar Blanco).	La de la costa marítima es la mejor.
<u>Camphylaephora</u> -- <u>naeoides</u>	Japón y China.	
<u>Endocladia muricata</u>	California	Registrada originalmente por Field en 1921.
<u>Eucheuma spinosum</u> <u>isiforme</u> <u>denticulatum</u>	Japón y China	Se informa que es -- usada en forma considerable en esos países.
<u>Gelidium amansii</u> <u>australe</u>	Japón, China y California.	Gel similar al que se obtiene de <u>Chondrus</u> sp.
<u>Gelidium pristoides</u>	Sudáfrica	Goma difícil de disolver. Baja fuerza de gelificación, opaca.
<u>Gigartina asperifolia</u> <u>canaliculata</u> <u>serrata</u>	California	Estas algas requieren tratamiento especial para obtener la goma.
<u>Gloiopeltis</u>	California	
<u>Gracilaria confervoides</u>	Japón, China, Australia, S. Africa y California.	Este alga es la fuente principal de agar en Australia y Sudáfrica.
<u>Gracilaria lichenoides</u>	Japón, China y Australia.	
<u>Phyllophora nervosa</u> <u>capillaceae</u> sp.	Rusia (Mar Negro)	Este género está íntimamente relacionado con <u>Gelidium</u> .
<u>Suhria vittata</u>	Sudáfrica	Gel similar al que se obtiene de <u>Chondrus</u> .

PROPIEDADES.

Cuando la goma de algas se sumerge en agua, aumenta muchas veces su volumen inicial. El agar absorbe hasta 10 veces su propio peso de agua de este modo. En una suspensión caliente de agar en agua a aproximadamente 90°C, formará una solución que se convierte en un gel firme al enfriarse. Las características exclusivas y excepcionales del agar son las bajas concentraciones a las cuales se convierte en un gel firme (un agar de buena calidad a una concentración tan baja como .5% se gelificará y el intervalo particular de temperaturas al cual tiene lugar la transición de sol a gel es aproximadamente de 37° a 39°C.) El punto de fusión de los geles formados es el mismo que la temperatura de solidificación. Este efecto de histeresis puede explicarse por teoría de que la gelación del agar es causada por una precipitación de la fase agar en la forma de micelas que retienen el líquido por un mecanismo igual al de las esponjas. La fusión del gel requiere una redisolución del agar. La analogía con una esponja permite comprender otros de los fenómenos físicos de los geles de agar, tales como la sineresis.

En los Estados Unidos y durante la segunda guerra, un equipo de miembros del Servicio de Producción fué asignado para investigar la posibilidad de expandir la producción de agar, y encontrar extractos de gomas de algas domésticas que pudieran ser utilizadas en la fabricación de agar. Diferentes estudios fueron conducidos a lo largo de los litorales Atlántico y Pacífico para localizar abastecimientos potenciales de algas.

En California los miembros del Servicio de la Institución Scripps, realizaron estudios sobre biología de las algas, métodos de cosecha o recolecta y métodos para aumentar los rendimientos en la extracción y preparar un producto satisfactorio. En la costa del Atlántico los miembros del Servicio condujeron experimentos para determinar si las gomas extraídas de las algas diferentes al género Gelidium podrían ser adecuadas para usarlas en los cultivos bacteriológicos. Se efectuó mucho trabajo también para obtener datos acerca de las propiedades físicas y químicas que pudieran ser incorporadas en los patrones de aceptación del agar, y correlacionar estos hallazgos con los datos bacteriológicos.

En general las propiedades que hacen al agar superior - con otros coloides son las siguientes:

- Alto poder gelificante.
- Alta claridad del gel.
- Gran firmeza del gel.
- Baja temperatura de gelificación.
- Alta histéresis.
- Alta absorción de humedad.
- Baja viscosidad.
- Baja sinéresis
- Bajo contenido de materia insoluble.

Aunque probablemente el 95 % del agar fabricado en los Estados Unidos se extrae de algas del género Gelidium, se utilizan otros géneros como Pterocladia, Endocladia, Gracilaria, Gigartina y Ahnfeltia, las cuales contienen agar o gomas agoroideas, pero su uso comercial no es muy general. La mayor parte de agar del estado de California, procede de Gelidium cartilagineum. El rendimiento de Gracilaria es grande en cuanto a producción de agar de la costa del Atlántico, pero mucho de él no es agar en la exacta definición del término.

El agar obtenido de Gelidium difiere del de Gracilaria en algunos aspectos. Las propiedades de los coloides obtenidos de otras especies comerciales pertenecientes a otros géneros, son suficientemente similares para justificar su comparación, sin embargo diferencias significativas en las propiedades físicas cuyos valores se encuentran en la Tabla 2, nos dan los datos de Gelidium y Gracilaria.

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas.

	<u>Gelidium</u> No. 1 Agar en lamini llas.	Goma de <u>Gracilaria</u> Comercial de tres fuentes.
Poder de gelificación (valor umbral)	0.14 %	0.28 %
Dureza del gel a 1.5 %	Alta	Mediana o baja
Claridad, a 1.5 %	300 mm.	70 mm.
Temp. de gelificación - a 0.5 %, pH de 7.3	32.5 °C	40 °C
Temp. de gelificación - a 1.5 %, pH de 7.3	36 °C	45 °C
Temp. de gelificación - a 5.0 %, pH de 7.3	42.5 °C	55 °C
Materia insoluble	0.08 %	2.75 %
Absorción de humedad - a 37 °C y pH de 7.3	20 X	9 X
Histerésis a 1.5 %	58 °C	44 °C
Sinéresis a 1.5 % y 37 °C	Ninguna	3 %
Viscosidad a 1.5-5 %	Baja	Alta

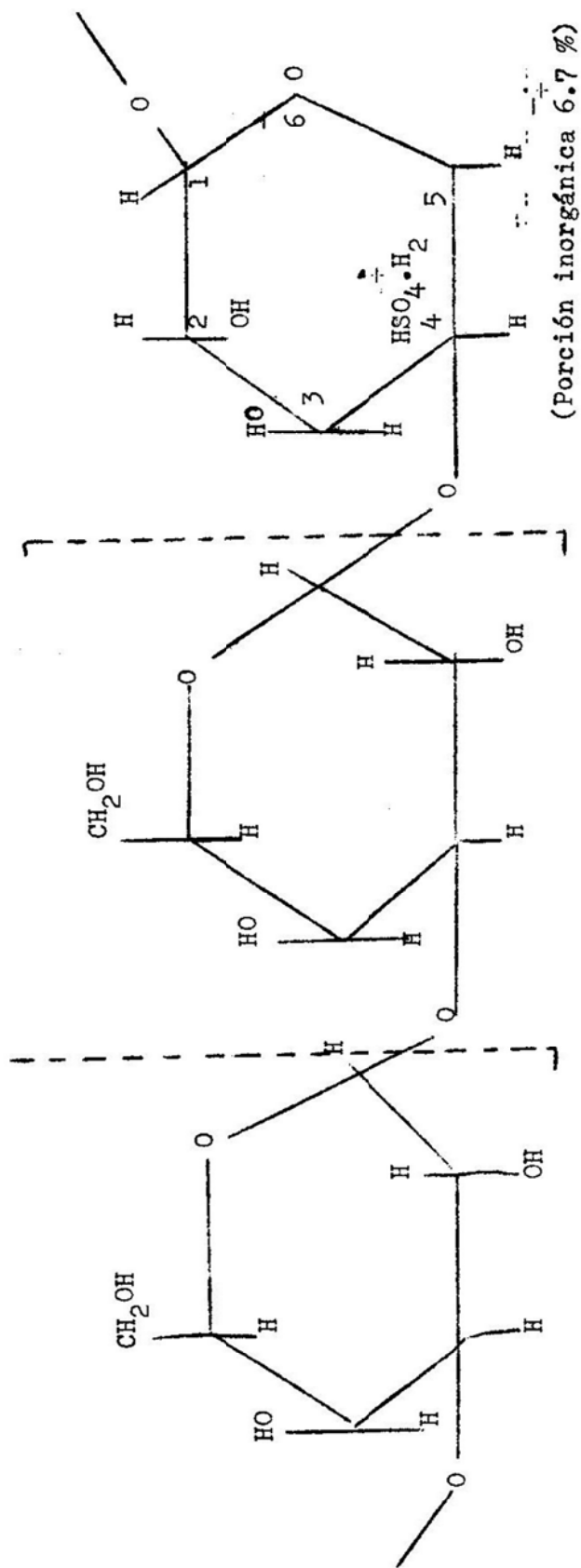
La comparación arriba indicada da para Gelidium una calidad superior a Gracilaria como formadores de agar, para uso en microbiología, trabajos dentales, farmacia, medicina, fotografía, manufactura de alimentos y trabajos industriales, con la excepción de aquellos usos que necesitan una alta temperatura gelificante. Tales usos pueden ser por ejemplo los procesos de flujo continuo y empaque de carne y pescado cuando es esencial una rápida transportación después de calentar. Cuando no se dispuso de agar de Gelidium, el agar de Gracilaria entró en servicio en la manufactura de cosméticos, separadores de pilas secas y como emulsificador en grafito coloidal y lubricantes. (Véase también el capítulo de usos del agar).

Aunque las algas agaríferas fueron usadas probablemente como alimentos en China antes de nuestra Era, su uso comercial es históricamente reciente. Se dice que comenzó en las vecindades de China 1700 años antes de nuestra Era. Los japoneses parecen haber iniciado sus operaciones cerca de Osaka algunos 60 años después.

NATURALEZA QUIMICA. El agar es un éster sulfúrico de una galacta na lineal. (véase la fórmula). De acuerdo con Jones y Peat --- (1942), quienes trabajaron muy ampliamente, el agar consiste en una cadena 9 d-residuos galactopiranosos unidos por los ligamentos 1,3 y terminados por un residuo 1-galactosa. La gran complejidad de su estructura química ha causado discusión entre los especialistas; en efecto, Percival y Thompson (1942) expresaron la opinión de que Jones y Peat han sobresimplificado la estructura del agar al hacer sus conclusiones. Percival y Thompson sostienen que el contenido teórico de metosil del agar metilado propuesto por Jones y Peat en su fórmula, podría ser 42 %, siendo que el valor más alto observado no excede de 35 %. Barry y Dillon (1944) examinaron agar preparado a partir de Gelidium latifolium; después de una purificación repetida, obtuvieron un contenido en cenizas de 2.59 %, y de azufre de 0.364 %. Esta proporción de azufre corresponde a un grupo sulfato por cada 53 unidades galactosas. Percival y Thompson están de acuerdo en que el agar no contiene más de un grupo no reducido al final por cada 140 unidades de galactosa a causa de la pérdida de cantidades detectables de tetractilgalactosa en los productos de hidrólisis de agar metilado.

La hidrólisis de la estructura del éster por el ácido y el calor, destruye el poder de gelificación. Esta estructura indica también que hay un contenido de ceniza irreductible que varía entre dos o tres por ciento de acuerdo con determinaciones -- efectivas y reales. El éster del ácido sulfúrico requiere la presencia de iones metálicos predominantemente magnesio y calcio.

Una de las dificultades que confunden el trabajo químico sobre el agar, es el hecho de que muy pocos investigadores han usado agar de materia prima positivamente conocida. El agar de manufactura comercial es de poco valor para estudios químicos a causa de que está compuesto por extracciones de una variedad de algas imposibles de separar. Esto es particularmente cierto con el agar japonés, el cual está hecho de fuentes mezcladas intencionalmente. Deberá asumirse que, hasta que los datos indiquen otra cosa, cada especie de alga produce un ficocoloide diferente químicamente de los demás. Por esta razón los resultados de Barry y Dillon (1944) no pueden contradecirse con los de Jones y Peat ---



ESTRUCTURA DEL AGAR, DE ACUERDO CON JONES Y PEAT.
 Cadena de residuos de 9 d-galactopiranosas, unidos por los ligamentos 1,3
 y terminada por un residuo de l-galactosa reducida.

HChS.

(1942), ya que ambos grupos de investigadores usaron agar obtenido desde diferentes especies de algas.

Los estudios químicos de los ficocoloides para ser seguros deben partir y comenzarse desde el alga seca, identificada -- por un taxonomista calificado. Parte del material deberá ser depositado en un herbario para alguna referencia futura. Los investigadores deberán entonces extraer su propio agar para los análisis, después remover cuidadosamente las huellas de otras especies de algas que podrían contribuir con sustancias ficocoloidales extrañas. De este modo otros químicos estarían en condiciones para repetir el trabajo y verificar los primeros resultados obtenidos. No deberá haber ninguna duda con respecto al recurso de agar bajo exámen, tanto de su pureza como de su fuente.

Cuando el Fish and Wildlife*Service inició sus investigaciones, había dos industrias establecidas para la producción de goma de algas: la extracción de alginatos de Macrocystis pyrifera en California, y de Laminaria sp. en Maine; así como la extracción de carragenina del musgo irlandés (Chondrus crispus) colectadas a lo largo de la costa del Atlántico de Estados Unidos desde el Cabo Cod hacia el norte hasta las provincias marítimas canadienses.

La literatura describe a la carragenina como el éster sulfúrico de una galactana. Su estructura básica, por lo tanto, parece semejante a la del agar. El contenido normal de cenizas en la carragenina es, sin embargo, mucho mayor (aproximadamente el 20 % del peso en seco), y se requieren concentraciones de 5 % de goma seca para formar un quasi-gel. Este gel es blando y tiene de fluir a los 37°C y es muy opaco. La solución caliente de la goma es extremadamente viscosa. Puesto que la colecta del musgo irlandés era ya una industria establecida, se hizo un intento para mejorar las propiedades de gelación de la goma extraída. Sin embargo el uso de estas sales es refutable desde el punto de vista de su uso bacteriológico. Después de eliminar primero las fracciones más fácilmente solubles del alga, pueden extraerse las fracciones restantes difíciles de disolver, las cuales tienen sucesivamente una mayor potencia de gelificación.

Ha sido preparado un extracto capaz de formar un buen gel en concentración de 3 %, pero es aún opaco y la solución caliente viscosa. Existe ya en el mercado un extracto mejorado del

* Servicio de peces y vida silvestre.

musgo irlandés con las mismas propiedades, y aunque puede utilizarse para algunos propósitos bacteriológicos, no puede substituir al agar en las técnicas estándar.

Las diferencias típicas de ese material deben tenerse presentes. Walker y Day han estudiado el uso del extracto de Chondrus (musgo irlandés) para trabajo bacteriológico y han descrito sus ventajas y desventajas.

NATURALEZA FISICA. El agar difiere de todos los ficocoloides en una combinación única y exclusiva de propiedades físicas, de las cuales dos son virtualmente suyas: su alta fuerza de gelificación y su amplio radio de histéresis (por ejemplo la diferencia entre la temperatura de gelación y fusión). Otras de las propiedades son también importantes, pero varían de acuerdo con la materia prima.

Agar de Gelidium cartilagineum de California y Baja California, y de G. amansii del Japón, se notan por su baja viscosidad cuando están en forma líquida o fundida, por su baja sinéresis (exudación de agua en estado de gel), y por su uniforme baja temperatura de gelificación (34 a 40 C; 93 a 104° F). Son estas propiedades las que hacen del agar de Gelidium el gel ideal como agente para los cultivos bacteriológicos.

La presencia del alga Gracilaria confervoides a lo largo de la costa de Carolina del Norte y en gran abundancia, fué puesta de manifiesto por el Laboratorio Marino de la Universidad de Duke. Las propiedades de la goma procedente de este alga fueron estudiadas cuidadosamente, ya que es semejante superficialmente al agar y ha sido mencionada como fuente de agar en otras 5 regiones del mundo.

En iguales concentraciones esta goma forma geles transparentes del mismo poder de gelificación que el agar comercial. Sin embargo la temperatura de transición de sol a gel es mucho mayor que en el agar normal. De hecho hay dos temperaturas de transición.

Cuando la viscosidad de las soluciones de agar se calca conforme van enfriándose, se nota una repentina elevación en la temperatura de transición. En tales estudios sin embargo, la viscosidad de la goma de Gracilaria en las bajas concentraciones, muestra dos repentinamente elevaciones. Estos datos se interpretaron

como que la goma contenía por lo menos dos componentes, pero los intentos para efectuar una separación, no han tenido éxito. Los geles de la goma de Gracilaria muestran también excesiva sinéresis. En 24 horas exudan de 3 a 5 veces más que concentraciones semejantes del agar normal. Esta gran cantidad de líquido libre hace que el gel resbale en su recipiente e induce a la dispersión de las colonias bacteriológicas en cultivo cuando la goma se utiliza como medio bacteriológico.

Aunque la goma de Gracilaria es inadecuada para el trabajo bacteriológico se asemeja suficientemente al agar para reemplazarlo en algunos usos industriales. Esta goma está siendo producida comercialmente y ha sido usada en farmacia y alimentos. Se ha probado experimentalmente la goma de Gracilaria en la preparación de un lubricante utilizado en el estiramiento del alambre de tungsteno que se usa para fabricar lámparas eléctricas incandescentes.

El examen de goma de Gracilaria procedente de tres lugares diferentes: California, Sudáfrica y Australia, se vió que -- son muy semejantes entre sí en propiedades físicas, las de California y Australia, pero diferentes de las de Sudáfrica y de la Costa Atlántica de los Estados Unidos. Sin embargo dichas muestras no resultaron adecuadas para trabajo bacteriológico debido al bajo potencial de gelificación y alta temperatura de transición de sol a gel. El único ejemplo probado de Sudáfrica, difirió de las otras muestras en tres características físicas y fue el único adecuado para propósitos bacteriológicos según dichas características. No obstante el crecimiento de los distintos microorganismos puede no ser igual al que tendrían en un medio normal.

Las algas Ahnfeltia, Eucheuma y Gelidium no se han encontrado en abundancia suficiente en la costa del Atlántico de -- los Estados Unidos para garantizar una cosecha importante. De la Florida se han reportado varias algas con contenido en gomas semejantes al agar, los extractos de algas de estas especies más similares al agar fueron examinados y ninguno fue adecuado para el -- trabajo bacteriológico por tener todos altas temperaturas y baja potencia de gelificación. Además, las soluciones de estas gomas resultaron viscosas. Como evidencia de la diversidad en las características físicas de las materias semejantes al agar, se muestra en la Tabla No. 3.

Para la obtención de datos en los que se basen los pa--

Tabla No. 3 Propiedades de los extractos de algas.

Producto	Temperatura de gelificación en °C.	Ruptura de la carga gramos (1)	Concentra ciones %	Notas
Extracto de musgo irlandés		0 10 75	2 3 5	Solución viscosa
Extracto de musgo irlandés (alga pre-lavada)		165	3	Solución viscosa
Extracto de musgo irlandés (comercial, mejorado)	31	15	1	
Agar en tiras (comercial)	37	80 270	1 1 ½	
Extracto de <u>Gracilaria confervoides</u> (Sudáfrica)	37	187 337	1 1 ½	
Agar japonés	38	70 80	1 1 ½	
Agar reformado	39	113 267	1 1 ½	
Bacto-agar (muestra nueva)	39	215 350	1 1 ½	
Agar de <u>Gelidium</u> (extracto de laboratorio)	39	360 450	1 1 ½	
Extracto de <u>Gracilaria confervoides</u> (Carolina del Norte)	43 59	113 650	½ 1 ½	
Extracto de <u>Gracilaria cornea</u> (Florida)	46	0 10 15	1 2 3	Solución viscosa
Extracto de <u>Gracilaria confervoides</u> (Australia)	46	95 167	1 1 ½	
Extracto de <u>Gracilaria confervoides</u> (California)	47	120	1	
Extracto de <u>Gracilaria floridiana</u> (Florida)	48	20 110 210	1 2 3	Solución viscosa

(1) Granos por centímetro de circunferencia de inmersión.

trones de identidad y calidad, se efectuaron análisis de 73 muestras seleccionadas al azar procedentes de las existencias gubernamentales en los Estados Unidos, dichas muestras consistían de -- agar puramente japonés. Los datos muestran que el contenido proteínico varió de 1.3 a 4.2 %, con un 86 % de las muestras conteniendo menos de 1.8 %. Los residuos insolubles en agua variaron de 0.3 a 1.1 % excepto en unas pocas muestras sucias que contenían por encima del 7.8 % de este material. El contenido en cenizas osciló de 3.0 a 7.0 %. La mayoría de las muestras contenían aproximadamente 4.0 % de cenizas. Por lo menos el 70 % de las muestras poseía de 50 a 90 mg de fierro y de 4 a 8 mg de cobre por kilogramo de agar, más no más de 0.25 % de ceniza insoluble en ácido.

Ninguna muestra se gelificó a 45°C, y todas lo hicieron a 35°C bajo las condiciones del experimento. El intervalo en viscosidad fue de 3.5 a 8.0 centipoises a 45°C incluso 88 % de las muestras.

La carga de ruptura mostró un pequeño máximo en la curva de frecuencias a 80, y otro mayor a 120 g X cm. de circunferencia de inmersión. La sinéresis alcanzó de 0.5 a 1.0 mm de líquido libre por 100 gramos de gel. Estas características físicas -- fueron determinadas usando geles de 1.5 % (peso en seco) de concentración.

En comparación, geles de concentración de 1.5 % (peso en seco) preparado de 50 muestras en el laboratorio, de goma de Gracilaria confervoides procedente de Carolina del Norte, mostró carga de ruptura variando de 60 a 340 gramos X cm de circunferencia de inmersión. La sinéresis abarcó de 0.9 a 5.0 mm de líquido libre por cada 100 g. de gel. Cerca de 80 % de las muestras gelificaron a temperaturas mayores de 45°C. El contenido de cenizas de cuatro muestras provenientes de varias fuentes, incluyendo una muestra comercial purificada, abarcó de 5.5 a 8.0 %. Estas muestras de goma de Gracilaria se encontraron impropias como sustitutos del agar como medio bacteriológico a causa de su excesiva sinéresis, alta viscosidad y gelación no uniforme. La última característica fue demostrada por la presencia de masas de gel en soluciones, sobre temperaturas de tal modo que permitieron completa gelación.

ABSORCION DEL AGAR. Aunque insoluble en agua fría, el agar seco absorberá agua en grandes cantidades por hinchazón y mediante el

calor. La cantidad de agua absorbida hasta establecer un equilibrio, es una variante que depende de una serie de factores entre los que se incluye el contenido original de humedad de la muestra seca de agar. De acuerdo con las observaciones de Clark (1925), la máxima absorción ocurre si la humedad original es de 313 mg de agua por cada gramo de agar. La absorción total es progresivamente menor con humedad original también menor hasta el cero, o con humedad original mayor. Los trabajos de Clark deberán repetirse utilizando una variedad de agar procedente de distintas fuentes que se conozcan de antemano. El agar utilizado por Clark era aparentemente de origen japonés y probablemente se trataba de una mezcla de extractos de más de una docena de especies de algas.

Los solutos de todas clases afectan también la absorción del agar. Soluciones diluídas de KCl (cloruro de potasio) y NaCl (cloruro de sodio) a concentraciones entre 0.001 M y 0.01 M causan un incremento en la cantidad de agua absorbida por el agar. A concentraciones sobre 0.1 N los electrólitos inhiben la absorción del agar en el orden de series liotrópicas por competición de los iones con las micelas del agar por el agua. Los no electrólitos producen el mismo efecto (de acuerdo con Dokan, 1924).

FLOCULACION DEL AGAR. Para efectuar la precipitación del agar, es necesario alterar los dos factores que estabilizan las soluciones hidratadas coloidales liofílicas y la carga eléctrica. La presencia de pequeñas cantidades de electrólitos, siempre presentes en las soluciones de agar con la excepción de aquellos preparados de agar purificado por electrodialisis, cambian la carga eléctrica de las partículas de agar. Bajo estas circunstancias el agar puede precipitar variando una solución derretida en un volumen igual de 95 % de alcohol o agregando 1.0 % de tanino. La precipitación alcohólica se usa para purificar y deshidratar el agar sobre una escala comercial, aunque el proceso de ordinario es prohibitivo debido a su costo.

El agar puede ser precipitado por altas concentraciones de electrólitos, el fenómeno es llamado "salación". Las sales en suficiente concentración cambian tanto la carga eléctrica como el agua por hidratación. Buchner y Kleijn (1927) estudiaron el efecto relativo de los electrólitos como agentes floculantes del agar, y produjeron las siguientes sales sódicas para disminuir la efectividad: citrato ferrocianico, fosfato dibásico, tartrato, tiosulfato, fosfato tribásico, molibdato, formato, acetato, bromato y cloruro. Encontraron también que ciertas sales sódicas (clo

rato, bromuro, ioduro y cromato) no solamente fallan como causantes de la floculación, sino que la inhiben al estar presentes en el momento de agregar las sales de floculación.

U S O S D E L A G A R.

Los usos de los tres más importantes ficocoloides: agar, algina y carragenina, son en general semejantes, ya que sirven como estabilizadores, emulsificadores, condensadores, vehículos productores de cuerpos y agentes gelificantes. Sin embargo cada uno de ellos tiene ciertos usos particulares.

La propiedad exclusiva del agar, como ya se dijo, es su fuerza y poder de gelificación, y la baja viscosidad de algunos agares derretidos es una de las propiedades importantes aplicada en otros usos. Mientras que el agar es el más caro de todos los ficocoloides en cuanto a peso, no resulta necesariamente el más caro aún cuando a veces pueda substituirse por el musgo irlandés (*Chondrus* sp.) o alguna algina, ya que en vista de que se necesita poco agar para obtener un gel de fuerza dada; el gel resulta menos costoso fabricado de agar que de carragenina.

SU USO EN LOS ALIMENTOS. El más amplio uso del agar en los alimentos es el de la repostería. A menudo es agregado a los helados para prevenir su dureza, impedir que se peguen entre sí. Se le ha utilizado como estabilizador en la fabricación de merengues (pasteles). Solamente en algunos casos es substituído el agar por el extracto de musgo irlandés, principalmente cuando la fuerza de gelificación es de tenerse en cuenta. El agar sirve como estabilizador en la fabricación de refrescos de botella, en general combinado con tragacanto u otras gomas. Tanto el agar como la carragenina se usan para controlar la humedad y la consistencia de los pasteles de frutas.

En el queso crema del tipo Nufchatel, el agar y el extracto de musgo irlandés se usan para reducir la tendencia a exudar suero a las temperaturas comunes en el verano, y para mejorar las cualidades de textura.

El agar y el extracto de musgo irlandés se usan en lugar de la gelatina en la fabricación de muchos dulces de goma y como material para la fabricación de diversos tipos de dulces en barra. Gran parte de cualquier substancia formadora de geles en la fabricación de dulces, postres de goma, ensaladas, pudines, --

mantecados de fruta, mermeladas o conservas, es agar o carragenina. La mayonesa es comúnmente estabilizada por cualquiera de estos ficocoloides.

En el empaque de lengua encurtida, aves, pescado y otras carnes blandas, el agar o la carragenina se usan agregándolos para prevenir el enmohecimiento. La gelatina no es satisfactoria por entero ya que se derrite a temperatura veraniega; la carragenina se derrite a menos de la temperatura del cuerpo, mientras -- que el agar se prefiere por su alto poder de gelificación y su alta temperatura de fusión.

EN FARMACIA. El agar es muy ampliamente conocido como agente terapéutico contra el estreñimiento. Es probablemente superior a todos los otros productos indigeribles que se aplican en esos casos debido a que no produce efectos secundarios indeseables. El salvado, remedio más ampliamente utilizado, es a veces irritante. Ya que el agar es indigerible (de aquí que no tiene valor como -- alimento), pasa a lo largo del tubo digestivo sin ningún cambio. Si se lo toma como una suspensión en su forma de polvo en un líquido con cereales o con el pan, absorberá la humedad del tracto intestinal y hará "peso". Ha sido recomendado para personas adultas y para niños en particular. Tomado en forma de gel es menos efectivo ya que no absorbe más humedad y tampoco aumenta el volumen.

Las emulsiones de agar, agua y aceite mineral, son solamente tan efectivas como el aceite constituyente, ya que el agar (o la carragenina) está tan diluido para actuar como ningún otro producto, excepto un emulsificador. La carragenina es menos efectiva que el agar a causa de que es parcialmente digerida y porque también absorbe mucha agua perdiendo parte de su efecto como productora de "peso".

Los antibióticos, compuestos de sulfas, vitaminas y -- otros medicamentos, son algunas veces incluidos dentro de una cápsula de agar con el fin de que su efecto terapéutico sea lento. -- Una cápsula de agar permanece intacta por más tiempo que la fabricada con carragenina o gelatina. De manera que la liberación de una droga en un sitio escogido bajo del estómago, puede ser retardada, como por ejemplo el uso del ácido láctico en un vehículo de agar para inhibir la acción de bacterias intestinales. Las partículas de agar distribuidas en parafina constituyen una píldora re vestida que resulta al fin en una retardación de la liberación --

del contenido. La baja hinchazón de las partículas de agar rompen hasta lo último el recubrimiento.

SU USO COMO MEDIO PARA CULTIVOS BACTERIOLOGICOS. El agar como medio para cultivos bacteriológicos hace las veces de un caldo nutritivo solidificante, de manera que una inoculación de bacterias puede extenderse en una superficie de agar. Las bacterias aisladas no se mueven en dicho medio, de modo que formarán colonias compuestas de células derivadas de la célula original, o agrupaciones informes de la inoculación. El agar es ideal para este propósito a causa de su poder de gelificación, claridad, temperatura de gelación y fusión y su baja viscosidad cuando está fundido.

EN LOS COMPUESTOS PARA IMPRESIONES DENTALES. El agar es a menudo el principal ingrediente en la composición utilizada por los dentistas para hacer impresiones dentales, coronas o placas. En las impresiones el agar está presente en relativa alta concentración, de modo que es producido un gel muy fuerte y algo elástico. Ya que los geles a una temperatura exactamente arriba de la del cuerpo humano, 38 a 40°C (100 a 104°F), el compuesto fundido puede formar un molde a unos pocos grados sobre su temperatura de gelificación. La elasticidad del semisólido formado permite quitarlo sin romperlo o distorsionarlo. Los compuestos para impresiones son también utilizados en trabajos prostéticos.

EN PROCESOS DE LABORATORIO. El gel de agar en la forma de bloques finos ha sido utilizado como vehículo para la aplicación de hormonas sobre vegetales. Este método se conoce como Método de Prueba de Avena (Avena Test Method). El agar ha sido utilizado también en aparatos eléctricos de pH para solidificar el puente eléctrico de cloruro de potasio. La sensibilidad del agar seco a los cambios de la humedad ha sido empleada en más de un aparato hidrogáfico de exactitud para activar el indicador. Se dice que aún es más seguro que el pelo humano.

En la preparación de pequeñas piezas de plantas y animales para su uso como preparaciones microscópicas, los tejidos son a veces incluidos en agar de modo que no sea perdida la preparación al pasarla por una serie de soluciones. Los materiales biológicos son algunas veces incluidos en agar para facilitar su corte en finas secciones con el microtomo de congelación. En los laboratorios químicos el agar se agrega en pequeñas cantidades para facilitar la velocidad de la precipitación del sulfato de bario.

El agar y los ficocoloides semejantes a él, han sido importantes como un recurso de información sobre los fenómenos físicos y químicos de los hidrocoloides. La expansión de los usos y el valor de los ficocoloides conforme se vayan descubriendo nuevos tipos, estimulará considerablemente la investigación de este campo.

O T R O S U S O S .

La adición de pequeñas cantidades de agar o de musgo irlandés, incrementa la efectividad de los rociados contra insectos. En algunos casos la cantidad de nicotina puede reducirse en un tercio sin pérdida de su toxicidad.

Gránulos de humus o de turba son utilizados como vehículo de bacterias nitrificantes para inocular legumbres. Si el material es revestido de agar, el contenido de humedad es más rápidamente controlado y habrá una pérdida más lenta en la viabilidad de las bacterias.

Los ésteres del agar son a veces utilizados como revestimientos o empaques de películas o láminas para prevenir la halación. En soluciones alcalinas esas cenizas son eliminadas. Como ya se dijo, en la manufactura del alambre de tungsteno el agar -- se emplea como un agente suspensor del grafito lubricante. El -- agar producido en la costa del Atlántico de los Estados Unidos, -- teniendo como fuente a Gracilaria, ha resultado mejor para éste -- proposito.

La adición de gránulos de agar en el tabaco, se ha encontrado que sirve como un agente excelente para controlar la humedad.

El agar es también uno de los geles más satisfactorios para los duplicadores hectográficos.