

UNA NUEVA VISIÓN DE LA CARRAGENINA

Cristiane de Sá Perenha, DuPont Nutrición y Salud - América del Sur, Gerente Técnico Lácteos



La carragenina es un ingrediente alimentario que se utiliza ampliamente en todo el mundo. Extraído de algas marinas rojas, es un hidrocoloide que se utiliza de varias formas en innumerables tipos de alimentos, pudiendo ser utilizada para suspender nutrientes en fórmulas infantiles o reducir el contenido de grasa en helados sin sacrificar la textura o el sabor.

La carragenina es un componente vital en muchos alimentos que comemos todos los días y ha sido ampliamente utilizada en la cocina durante siglos y por la industria alimentaria desde la década de 1930 y de este de entonces, nunca se mostró inseguro para el consumo humano.



Para investigar la seguridad de la carragenina y desmitificar informaciones imprecisas de estudios desactualizados, se realizó un nuevo estudio de acuerdo con las Buenas Prácticas de Laboratorio (OMS, 2015). Este estudio se centró en la seguridad de la carragenina en las fórmulas infantiles, es decir, la que es consumida por la población más vulnerable. El Comité Conjunto de Expertos de la FAO/OMS sobre Aditivos Alimentarios (JECFA), que reúne a algunos de los toxicólogos más respetados del mundo para evaluar la seguridad de los aditivos alimentarios y cuyos estándares son aceptados por más de 130 países, comunicó que el estudio respetó sus estrictos estándares y aprobó la carragenina para uso en fórmulas infantiles y en fórmulas para bebés con necesidades médicas especiales (OMS, 2015). Dicho estudio llegó a la conclusión de que la carragenina no se absorbe y no es citotóxica, además

de no inducir estrés oxidativo ni inducir proteínas pro-inflamatorias.

Cuando la carragenina es removida de un producto alimenticio, una de las consecuencias es el uso de múltiples aditivos para sustituirla y, en consecuencia, la necesidad de etiquetas de ingredientes más largas y productos más caros. Además, la carragenina no es transgénica y se produce a partir de algas marinas cosechadas en forma sustentable, mientras que sus sustitutos pueden no serlo.

Las especies de algas usadas para extraer carragenina para uso en productos lácteos sufrieron cambios a lo largo de los años, como resultado del crecimiento del mercado y limitaciones de aprovisionamiento. Antes de 1970, las carrageninas usadas en productos lácteos eran en su mayor parte extraídas de las especies *Chondrus*, *Gigartina* y *Furcellaria*, de Canadá, Francia, España y Dinamarca. Estas

algas marinas, después de la extracción alcalina, producían una gama de carrageninas de tipo kappa-1 y mezcla de iota/lambda. Desde mediados de la década de 1970, ocurrieron dos cambios en el suministro de materia prima: por un lado, se hizo comercialmente viable el cultivo de especies de *Eucheuma* por crecimiento vegetativo a través de la siembra, inicialmente en Filipinas y luego en Indonesia y Tanzania. Por otro lado, las abundantes especies de *Gigartina* e *Iridaea* que crecen naturalmente en Chile desde Concepción a la Isla de Chiloé también comenzaron a ser cosechadas y exportadas secas, limpias y preservadas a procesadores de carragenina en Estados Unidos, Europa y Asia. Estos eventos cambiaron el mix de extractos de carragenina disponibles para productos lácteos (Bixlera, Johndro y Falshaw, 2001)



¿POR QUÉ AÑADIR CARRAGENINA EN LOS ALIMENTOS?

La carragenina es un ingrediente único y versátil, y su aplicación en alimentos tiene múltiples razones:

- Se utiliza para hacer los alimentos más saludables, sustituyendo componentes que pueden ser ricos en grasa o azúcar sin comprometer el sabor.
- Permite reducir el desperdicio, ya que aumenta la vida útil de los alimentos, manteniendo su calidad. Por lo tanto, aumenta la disponibilidad de alimentos y permite proveer comida a más personas en todo el mundo.
- Muchos alimentos, como la mayonesa y los aderezos para ensalada, se separan sin la ayuda de un estabilizante para mantenerlos homogéneos, y esta es una de las funciones de la carragenina.
- Otra función importante es la de modificar la textura de los alimentos, ya que los diferentes tipos de carrageninas, así como sus combinaciones, permiten lograr una variada gama de texturas diferentes.
- Posee bajo costo de aplicación, reduciendo el precio de los alimentos.
- Es halal, kosher y adecuada para las dietas vegetarianas y veganas.

PROPIEDADES DE LA CARRAGENINA

Las propiedades físicas y químicas de este hidrocoloide dependen de su composición y estructura molecular. La cadena de carragenina consiste en unidades de repetición: dos unidades de galactosa, con niveles variables de sulfato, dependiendo del tipo de carragenina: kappa, iota

o lambda (Figura 1). Los cuatro tipos principales de carragenina son kappa, kappa-2 o híbrida, iota y lambda, y cada uno produce una textura característica. La carragenina kappa produce geles fuertes y frágiles sujetos a la sinéresis, mientras que la carragenina iota forma un gel cohesivo y elástico, que es muy resistente a la sinéresis. Lambda es incapaz de formar gel, pero puede ser utilizada como un espesante (Danisco Dinamarca).

Las dos propiedades más importantes de los extractos de carragenina son la formación del gel y la interacción con proteína. En este artículo revisaremos sólo las interacciones con la goma algarroba, también conocida con LBG, y almidón.

FORMACIÓN DE GEL

El proceso de gelificación que ocurre al enfriar el gel de leche a base de carragenina puede ser dividido en tres etapas:

- 1- Una etapa preliminar antes de la interacción de moléculas.
- 2- Interacciones proteína-carragenina y proteína-proteína.
- 3- Interacciones carragenina-carragenina que construyen la estructura del gel.

Las carrageninas kappa y iota forman geles térmicamente reversibles cuando las soluciones acuosas son calentadas y enfriadas. Este fenómeno es el resultado de la formación de una estructura de doble hélice por los polímeros de carragenina. A temperaturas por encima del punto de fusión del gel, los polímeros de carragenina existen como hélices al azar. Al enfriarse, se desarrollan las dobles hélices y, en presencia de ciertos cationes, las secciones de las hélices dobles se agregan en las zonas de unión. Esto crea una red tridimensional. Sólo las carrageninas iota y kappa forman geles en presencia de ciertos cationes, como Ca^{++} y K^+ , respectivamente.

Las características del gel se diferencian de acuerdo con el tipo, especie de alga, proceso de extrac-

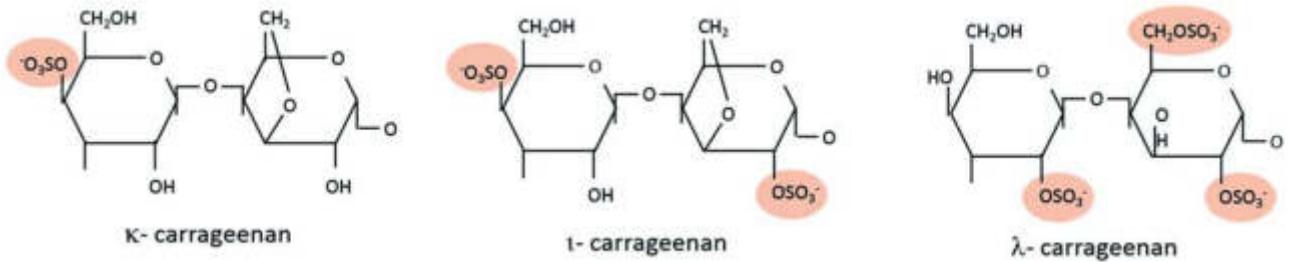


FIGURA 1 – Tipos de carragenina

ción, medio, pH del medio, y presencia y concentración de sales.

Fuerza de gel: kappa > híbrida > iota

Deformación: kappa > híbrida > iota (los geles en agua de carragenina híbrida se asemejan a la iota en presencia de Ca²⁺ y a la kappa con catión K⁺).

Reversibilidad al cizallamiento: iota > híbrida > kappa

El catión requerido para formar gel varía según el tipo de carragenina:

kappa: K⁺

lota: Ca²⁺⁺

Híbrida: ambos K⁺ y Ca²⁺

Lambda: no gelifica.

DuPont Nutrition & Health comercializa todos estos tipos de carrageninas bajo las marcas: Grindsted®, Gelcarin®, Viscarin®, Lactogel®, Lactarin®, SeaGel® y Seakem®.

INTERACCIÓN LECHE-CARRAGENINA Y CARRAGENINA-CARRAGENINA

La carragenina es el agente gelificante preferido en los productos lácteos porque forma gel en concentraciones mucho más bajas en comparación con cualquier otro agente gelificante y proporciona así soluciones de bajo costo. La reactividad de la carragenina con leche se ve principalmente en bajas concentraciones, en concentraciones superiores al 0,5% la diferencia en la fuerza del gel entre las soluciones de leche y agua (con catión) es

menor. Las carrageninas muestran reactividad en leches descremadas y enteras, sugiriendo que las proteínas son los principales ingredientes involucrados. El hecho de que el caseinato soluble no aumenta la gelificación de carragenina sugiere que las proteínas sirven como rellenos o adsorben carragenina. El caseinato de calcio insoluble presenta baja fuerza de gel en el agua, pero en la leche diluida puede restaurar la reactividad de la leche (la fuerza del gel es aún mayor que en la leche, lo que puede ser explicado por las diferencias en las concentraciones de sal). La explicación es que, en la solución de KCl, la proteína precipitó antes del inicio de la gelificación de la carragenina. La proteína del suero produce un ligero aumento en la fuerza del gel, pero mucho menor que la caseína. Los resultados sugieren que las micelas de caseína en la leche son responsables de la reactividad de la carragenina. El mecanismo por el cual el gel se forma fue descrito como un proceso de tres etapas (Xu *et al.*, 1992):

1 - Al enfriarse, las moléculas de carragenina adoptan una estructura molecular ordenada.

2 - Interacción entre caseína (CAS) y kappa carragenina (CGN). En particular, el complejo kappa-caseína puede estar involucrado en enlaces iónicos, puentes de disulfuro u otro tipo de unión. La interacción CGN-CAS puede ser vista en las figuras 2, 3 y 4 (Spagnuolo *et al.*, 2005).

3 - Se sugiere que la carragenina se agrega alrededor de sí misma en las zonas de unión. La gelificación comienza y la viscosidad aumenta rápidamente. Las investiga-

FIGURA 2 – Micela de caseína por FE-SEM. BarZ200 nm

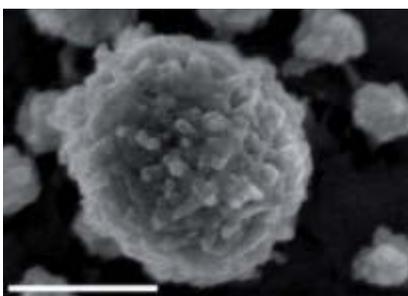


FIGURA 3 – k-carragenina por FE-SEM. BarZ100 nm

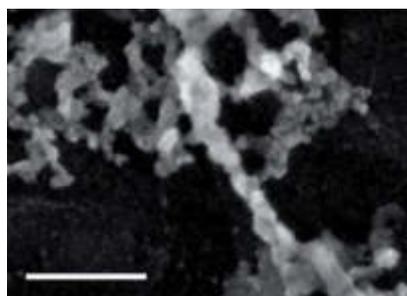
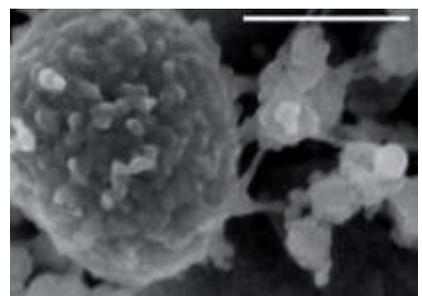


FIGURA 4 – k-carragenina y micelas de caseína por FE-SEM. BarZ200 nm



ciones mostraron que la fuerza del gel de leche de carragenina se reduce a la mitad cuando el pH se aumenta a 7,0. Esto indica que la estructura micelar típica de las proteínas de la leche es importante para la gelificación.

Por encima del punto isoelectrico de la caseína, se cree que las micelas de caseína en la leche (más específicamente la caseína kappa) interactúan con las hélices dobles de carragenina. Se cree que esta es una conexión electrostática entre la carragenina cargada negativamente y grupos cargados positivamente en la secuencia de aminoácidos, lo que aumenta la fuerza del gel. En la leche, una dosis de cinco a diez veces menor de carragenina proporciona la misma fuerza de gel que cuando la carragenina se aplica en agua (Danisco, Dinamarca). Parece haber una concentración mínima crítica para que las micelas de caseína muestren un efecto sobre la gelificación de carragenina. La leche puede ser diluida hasta aproximadamente el 75% sin mucha pérdida de fuerza del gel. Por otro lado, la presencia de micelas extras de caseína no aumenta mucho la fuerza del gel (Spagnuolo *et al.*, 2005) La carragenina lambda puede reaccionar con la kappa caseína y

aumentar la viscosidad de la leche sin formar un gel (Danisco Dinamarca).

La carragenina, como se mencionó, puede formar una estructura de doble hélice debido a la presencia de 3,6 anhidro-galactosa o 3,6 anhidro-galactosa-2 sulfato, presente en algunos tipos de carragenina. Esta formación de doble hélice CGN-CGN puede ser vista en la figura 2 (Spagnuolo, *et al.*, 2005). Pero la presencia de caseinato de sodio puede bloquear esta agregación de hélice y reducir la capacidad de estabilización de Kappa-CGN, debido a la menor disociación de micelas de caseína causadas por el yodato de sodio (NaI) (Vega *et al.*, 2005). Según un estudio de Langendorff *et al.* (1997), tendríamos una cobertura progresiva de la superficie de las micelas de caseína por la cadena de carragenina hasta que se alcanzaba la cobertura total. El sistema es estable hasta una concentración crítica de carragenina. Se sugiere que por encima de esa concentración crítica el exceso de carragenina floclula el complejo CGN-CAS por depleción (Figura 5), causando sedimentación. También, según Snoeren (1995), la adsorción de carragenina sobre micelas de caseína se debe a la atracción electrostática, mecanismo sugerido por analogía con la interacción demostrada entre carragenina y kappa-caseína.

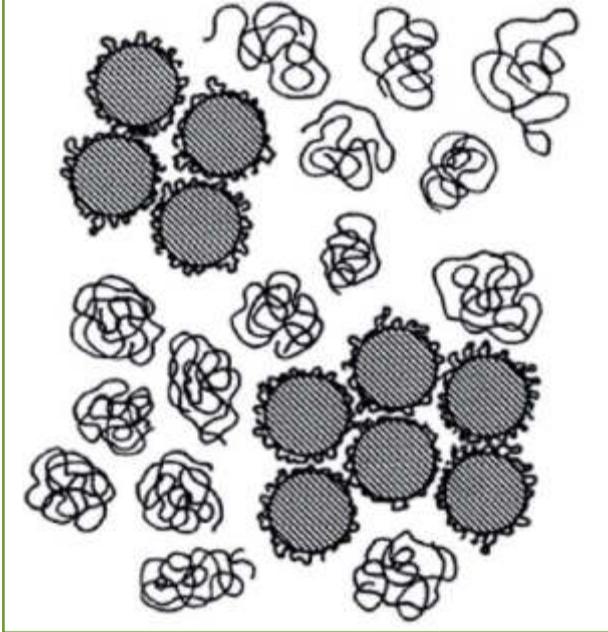
EQUIPAMIENTOS PARA LA INDUSTRIA LÁCTEA



JORVIC
INTEGRATION OF TECHNOLOGIES

www.jorvicsa.com / ventas@jorvicsa.com / Tel.: (+54 9) 353 4920 290/082 / Etruria - Córdoba - Argentina

FIGURA 5 – Representación esquemática de la floculación por depleción de las micelas recubiertas de carragenina en mezclas de leche y de carragenina a 65°C (por encima del 0,2% de la carragenina). (Langendorff *et al.*, 1997).



INTERACCIÓN CARRAGENINA – GOMA DE ALGARROBO (LBG)

Las carrageninas kappa y la híbrida muestran sinergismo con LBG en agua. Principalmente las hélices de kappa carragenina inducidas por potasio interactúan con la LBG, resultando en una red más fina con mayor fuerza del gel. La carragenina iota no presenta sinergismo con LBG en lo que se refiere a la fuerza del gel (Danisco Dinamarca).

INTERACCIÓN CARRAGENINA - ALMIDÓN

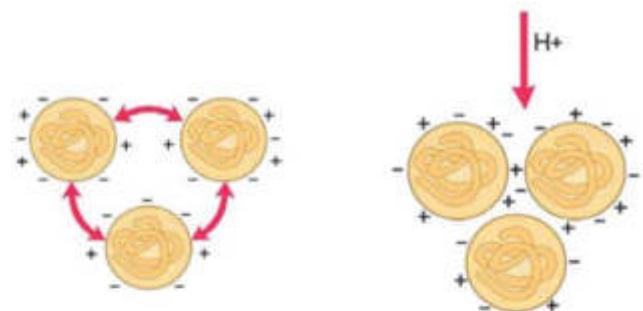
La mayoría de los productos lácteos contienen almidón, principalmente para mejorar el mouthfeel (sensación en la boca, palatabilidad). Algunos productos todavía contienen sólo almidón como único agente espesante o gelificante, pero la mayoría de los postres lácteos, por ejemplo, utiliza una combinación de carragenina y almidón de maíz ceroso, a menudo no gelificante. La carragenina tiene la ventaja de una baja viscosidad de procesamiento, lo que reduce los efectos negativos de los niveles excesivos de almidón en el sabor y la sensación en la boca y añade nuevas texturas a los postres lácteos. La sensación en la boca de los geles de leche de carragenina/almidón es diferente de los geles puros de leche de carragenina (menos frágiles, menos helados), aunque la resistencia a la ruptura y la distancia a la ruptura medida por

reología de gran deformación no difiera mucho. Algunos extractos de carragenina parecen no ser afectados por el almidón, mientras que otros tienen la gelificación influenciada. La interacción almidón-carragenina es válida para todos los tipos de almidón, no sólo en leche, sino también en agua. La microscopia muestra que los gránulos de almidón están menos hinchados en presencia de carragenina, pero esto no explica el antagonismo para algunos extractos. La explicación más probable es el impedimento estérico. La tasa de gelificación de la carragenina es aproximadamente la misma en geles de leche con y sin almidón (Danisco Dinamarca).

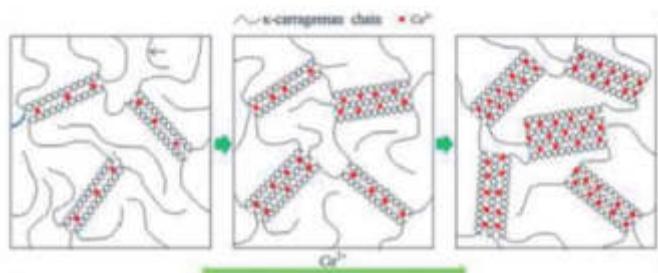
CARRAGENINAS EN NUEVAS APLICACIONES: YOGURT Y LECHE FERMENTADAS

La carragenina se ha utilizado en una amplia gama de aplicaciones alimenticias, pero no en el yogurt. Esta aplicación tiene un pH menor que 4,6 y en este ambiente presenta una carga negativa, mientras que la caseína, la proteína de la leche, presenta carga positiva. Así podrá ocurrir una fuerte interacción de cargas formando un complejo con alta fuerza de gel. El DuPont™ Danisco® Lactogel® FC 5200 es un producto con reacción electrostática de caseína más controlada, lo que significa sinérgica reducida y mayor cremosidad. Este control de carga a pH bajo es el punto clave del Lactogel®. Estas interacciones pueden ser vistas en la figura 6.

FIGURA 6 – Esquema de cargas en productos lácteos de bajo pH que contienen carragenina



sulfate – negative charge
< pH 4.6 – casein / positive net charge



El Lactogel® FC 5200 fue desarrollado para el yogurt y preparados de fruta, usándolo en ambos es posible limpiar la etiqueta, declarando sólo un hidrocoloide: carragenina. Actualmente el mercado de yogurt está dominado por gelatina y pectina como principales texturizantes. Estos ingredientes presentan algunas restricciones relativas al origen y el suministro. Hay todavía una creciente demanda del consumidor vegano y flexitariano por productos sin gelatina. Además, el Lactogel® FC 5200 es libre de GMO, orgánico, Halal, Kosher y proveniente de fuentes naturales.



Masa blanca de yogurt con 5% de proteína (tipo griego)

Con bajas dosis de carragenina es posible reducir el contenido de proteína láctea, bajando el costo de formulación, controlando la sinéresis y aportando más viscosidad al producto final utilizando sólo un hidrocoloide (Tabla 1).

Masa blanca de yogurt con 3% de proteína (cuchareable)

La carragenina es utilizada principalmente para conferir alta viscosidad en formulación sin almidón, produciendo un mejor sabor y reduciendo el número de ingredientes en la lista.

Masa blanca de yogurt bebible

El yogurt puede ser estabilizado a través del preparado de fruta usando el Lactogel®, no siendo necesario el uso de ningún otro aditivo complementario o almidón.

TABLA 1 - Viscosidad en la aplicación de yogurt tipo griego

Viscosidad en D+7, 10°C (cP)	Masa blanca con 5% de proteína
Control	10.000
Lactogel® FC series	15.000-20.000

Preparado de fruta

El Lactogel® FC 5200 puede sustituir xantana, guar, LBG y pectina, suspendiendo pedazos de fruta con baja viscosidad durante el proceso, dispersión en frío y bombeo. Produce una gama variada de consistencias, fuerza de gel y una amplia gama de °Brix y pH, como se muestra en la tabla 2.

TABLA 2 - Viscosidad y consistencia en preparado de fruta

Consistencia Boostwick, 20°C (cm/30s)	Preparado de fruta Regular (Xantana, guar)	Preparado de fruta Con Lactogel®	Aplicación del 10% preparado de fruta en masa blanca con 4,5% de proteína (15°C)
Control	7 cm @0,5%	-	15.550Cp
Lactogel® FC series	-	8 cm @0,7%	20.750Cp

FID INTERNATIONAL S.R.L.

FID Internacional S.R.L. comercializa y distribuye en la Argentina los productos DuPont™ Danisco® para la industria láctea. FID es una empresa joven y dinámica, especializada en la comercialización y distribución de ingredientes para la elaboración de productos lácteos. Ofrece al mercado local carrageninas, emulsionantes y estabilizantes, antimicrobianos, cultivos y hongos, gomas, pectinas, edulcorantes y enzimas. Está ubicada en la localidad de Vicente López (Buenos Aires) desde donde organiza la distribución logística a clientes de todo el territorio nacional.



Tel.: (54 11) 4709-3719 - info@fidsrl.com - www.fidsrl.com