

HIDROCOLOIDES NATURALES DE ORIGEN VEGETAL.

Investigaciones recientes y aplicaciones en la industria de alimentos

EDUARDO RODRÍGUEZ SANDOVAL

Ingeniero Químico Universidad Nacional de Colombia, aspirante a Doctor en Ingeniería con énfasis en Alimentos Universidad del Valle.
edurosa@univalle.edu.co

ANGÉLICA SANDOVAL ALDANA

Ingeniera Química Universidad Nacional de Colombia, aspirante a Doctor en Ingeniería con énfasis en Alimentos Universidad del Valle.
angelsan@univalle.edu.co

ALFREDO AYALA APONTE

Ingeniero Agrícola, Ph. D. en Ingeniería de Alimentos Universidad Politécnica de Valencia (España),
Profesor Universidad del Valle, adscrito al Departamento de Ingeniería de Alimentos.
alfayala@univalle.edu.co

Fecha de recepción: agosto 27 de 2003

Clasificación del artículo: Revisión
Fecha de aceptación: diciembre 04 de 2003

Palabras clave: Hidrocoloides, pectina, carragenina, goma guar

Keywords: Hydrocolloids, pectin, carrageenan, guar gum

Resumen

Los hidrocoloides son polímeros de alto peso molecular que actúan como estabilizantes, espesantes y/o gelificantes en sistemas alimenticios. Los hidrocoloides de origen vegetal más utilizados en la industria de alimentos son la carragenina, la pectina y la goma guar. La carragenina se ha empleado principalmente en productos derivados lácteos; la pectina actúa como gelificante bajo condiciones de alta acidez y concentración de azúcar; la goma guar es

espesante en sistemas acuosos. El artículo tiene como objetivo mostrar las aplicaciones e investigaciones recientes sobre las gomas naturales de origen vegetal más representativas del mercado global: carragenina, pectina y goma guar. Las principales investigaciones que se han llevado a cabo sobre estos polisacáridos son el fenómeno de interacción entre la carragenina y la caseína, la formación de gel a partir de pectinas de bajo y alto metoxilo y la estabilidad de la goma guar a diferentes condiciones de proceso.

Abstract

Hydrocolloids are long-chain polymers with high molecular weight which perform as thickeners, stabilizers and/or gelling agents in food systems. The most important gums from plants sources in food industry are carrageenan, pectin and guar gum. Carrageenan has been used mainly in milk-base products. Pectin acts as a gelling agent under acidic conditions and a high sugar level. Guar gum is a thickener agent in water systems. The chief researches, which have been took place about these polysaccharides, are the specific interaction between carrageenan-casein, gelation of low and high methoxyl pectin and the stability of guar gum under different process conditions.

1. Introducción

La palabra goma se deriva del término egipcio *quemi*, o *kami*, que se refiere a la exudación pegajosa de la planta *Acanthus*. En Asia, en los años 800 al 600 A.C, se utilizaron las gomas de

algas marinas como componentes de varias preparaciones de alimentos hindúes. Con el paso del tiempo muchos exudados de plantas se descubrieron y la palabra «goma» se aplicó a todo tipo de material con propiedades adhesivas, espesantes y gelificantes, tornándose más confusa su clasificación. Después de la II Guerra Mundial varios científicos en el campo (como Smith, Montgomery, Whistler, Glicksman y otros), unieron esfuerzos para adoptar una terminología uniforme (Glicksman, 1982). Actualmente, para propósitos prácticos las «gomas» se han dividido en dos tipos, las solubles y las insolubles en agua. Las primeras todavía se conocen como «gomas», pero gradualmente han sido reemplazadas por una designación más científica como «coloides hidrofílicos», o preferiblemente hidrocoloides. Las segundas se refieren al chicle, la rosina, el látex de caucho, entre otros, y se conocen en sentido general como «resinas». Los hidrocoloides se pueden agrupar en tres categorías principales como se muestra en la Tabla 1 (Glicksman, 1982; Penna, 2002).

Clasificación	Compuestos
Hidrocoloides Naturales	<i>Exudados de plantas</i> : Arábigo, Tragacanto, Karaya, Ghatti
	<i>Semillas de plantas</i> : Garrofin, Guar
	<i>Extractos de algas marinas</i> : Agar, Alginatos, Carragenina
	<i>Almidones</i>
	<i>Animal</i> : Gelatina, Albúmina, Caseína
Hidrocoloides Semisintéticos	<i>Subproducto vegetal</i> : Pectina, Arabinogalactano
	<i>Derivados de la celulosa</i> : Carboximetilcelulosa (CMC), Metilcelulosa, Hidroxipropilcelulosa
	<i>Gomas de fermentación microbiano</i> : Xantan, Gelano
	<i>Almidones modificados</i> : Carboximetil Almidón, Hidroxipropil Almidón
Hidrocoloides Sintéticos	<i>Modificados químicamente</i> : Alginato de Propilenglicol, Pectina Metoxilada
	<i>Polímeros vinílicos</i> : Polivinilalcohol (PVA), Polivinilpirolidina (PVP)
	<i>Polímeros de óxido de etileno</i> : Polyox.

Tabla 1. Clasificación de los hidrocoloides

Fuente: Glicksman, 1982

Los hidrocoloides son polímeros de cadena larga y alto peso molecular, que se disuelven en agua proporcionando un efecto espesante. Todos ellos imparten viscosidad a los sistemas acuosos; sin embargo, solo algunos son capaces de formar gel bajo ciertas condiciones de pro-

ceso. Estos polímeros también se utilizan para efectos secundarios que incluyen estabilización de emulsiones y suspensiones, control de la cristalización, inhibición de la sinéresis y formación de películas, entre otros (Dziezak, 1991).

La utilidad e importancia de los hidrocoloides se fundamentan en sus propiedades funcionales: la estabilización, el espesamiento y la gelificación. Estas propiedades son originadas principalmente por las interacciones de los polisacáridos con el agua, actuando de dos formas distintas: como espesantes por la retención de agua o como gelificantes por la construcción de una red tridimensional macroscópica de cadenas interconectadas, dentro de la cual se liga un sistema acuoso (Penna, 2002). Los hidrocoloides generalmente se comercializan en forma de polvo y, para realizar una efectiva hidratación, debe asegurarse que cada grano forme una partícula individual con la mezcla, lo cual previene la formación de grumos o aglomerados (Sanderson, 1996; Penna, 2002).

Los mercados más importantes para este tipo de aditivos son Estados Unidos, Europa y Japón, de acuerdo con el IMR International (Centro de Información para los Hidrocoloides en el Sector Alimentos) (Pro Found, 1999). El presente trabajo tiene como objetivo mostrar las aplicaciones e investigaciones recientes sobre las gomas naturales de origen vegetal más representativas del mercado global: carragenina, pectina y goma guar.

2. Hidrocoloides de origen vegetal

2.1 Carragenina

La carragenina es el nombre genérico de los polisacáridos lineales sulfatados de D-galactosa y 3-6-anhidro-D-galactosa, extraídos de numerosas especies de algas marinas rojas de la clase Rhodophyceae. Los tres principales tipos de moléculas de importancia industrial son kappa, iota y lambda carragenina (ver Figura 1). Las dos primeras actúan como agentes gelificantes mientras que la última se comporta como un espesante (Glicksman, 1983; Roberts, 1999).

Después de cosechadas, las algas se secan al sol o por medios mecánicos y se llevan a la planta de procesamiento, donde se lavan para remover la arena y el material extraño, luego se maceran y se extraen con una solución alcalina a un tiempo y temperatura de cocción determinados; posteriormente se lava el extracto caliente, se seca, muele, mezcla y estandariza. Las carrageninas son solubles en agua caliente, generalmente a 70 °C, mientras que en agua fría solo se disuelve la lambda carragenina. Asimismo, las carrageninas son solubles en leche caliente, pero tienden a gelificarse durante su enfriamiento. La kappa y la iota carragenina forman geles térmicamente reversibles bajo calentamiento y

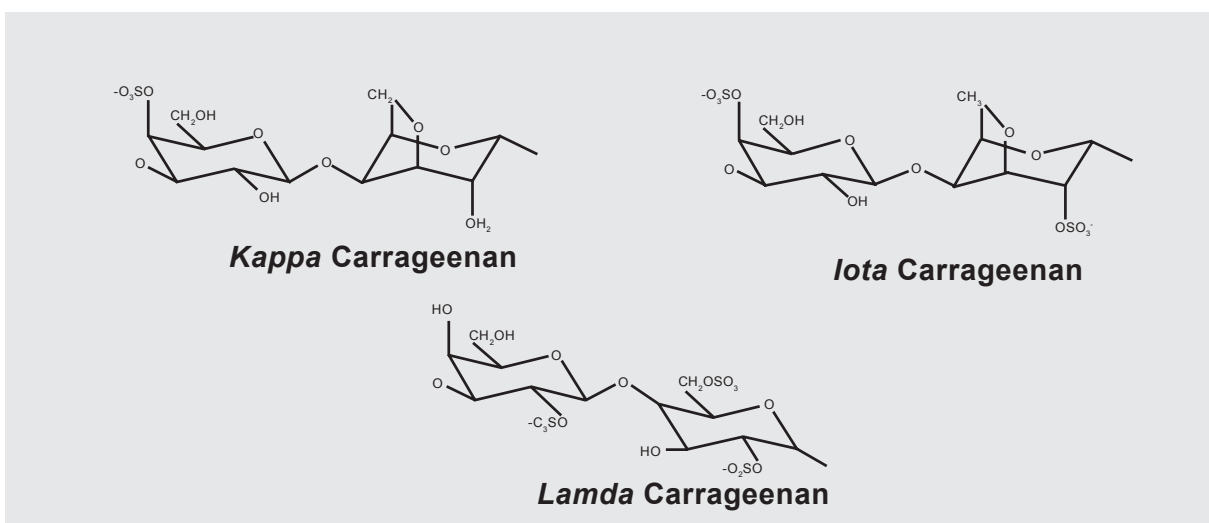


Figura 1. Estructura de las carrageninas más utilizadas en la industria de alimentos

enfriamiento de soluciones acuosas. La presencia de torsiones en la cadena, así como el número, tipo y posición de grupos sulfato tienen un gran efecto en las propiedades gelificantes (Glicksman, 1983).

2.1.1 Aplicaciones. Las aplicaciones de la carragenina se han dividido en dos grupos principales: los sistemas basados en agua y en leche. Aunque la leche es un sistema acuoso, la interacción única entre la carragenina con micelas de caseína han desarrollado varias aplicaciones específicas en la industria láctea que la hacen diferente de los sistemas acuosos (Glicksman, 1983).

La estabilización con carragenina de leche evaporada, leche achocolatada, helado de crema, café crema, entre otros, ha sido en gran medida por la reacción y constitución del complejo entre el caseinato de sodio y la carragenina a niveles de pH específicos. Las aplicaciones típicas de la carragenina en sistemas acuosos son postres gelificados, alimento para animales, refrescos en polvo, aderezos, salsas, carne procesada, etc. La carragenina tiene la habilidad para interactuar con las sustancias proteicas de la carne roja y de las aves (Glicksman, 1983, Helguera, 1995).

2.1.2 Investigaciones. La funcionalidad de la carragenina en la leche se atribuye a la interacción específica entre esta y la caseína para formar un complejo que se agrega en una red tridimensional como gel (Tziboula, 1999). Varias investigaciones se han enfocado en estudiar el comportamiento y las propiedades físicas del sistema (kappa o iota) carragenina con caseína. Oakenfull et al (1999) investigaron las propiedades físicas del gel constituido por kappa carragenina y caseinato de sodio y llegaron a la conclusión que la fuerza del gel disminuye cuando se adiciona caseinato de sodio a una concentración fija de kappa carragenina; sin embargo, a medida que la concentración de caseinato se incrementa, los agregados de estos, con la kappa

carragenina, se vuelven suficientes para generar una red continua. Tziboula y Horne (1999) estudiaron el efecto de la concentración de carragenina en la gelificación con diferentes fracciones de proteína láctea demostrando que la formación de gel difiere de acuerdo con la composición del medio dispersante; por esta razón, la concentración mínima requerida de carragenina para la gelificación es mayor en leche que en suero de leche y leche descremada ultrafiltrada. La influencia de la temperatura de gelificación en la interacción entre iota carragenina y la caseína de la leche descremada fue estudiado por Langendorff et al (1999); ellos comprobaron que, por encima de dicha temperatura, la carragenina no absorbe las micelas de caseína causando su floculación por depleción, mientras que a temperaturas menores hay una fuerte interacción entre iota carragenina y las micelas de caseína.

La proteína de soya se usa como ingrediente funcional en productos lácteos análogos que tienen menos calorías y grasa. El incremento de la producción de tofu (cuajada de leche de soya) por la interacción proteína de soya-carragenina fue investigada por Karim et al (1999), quienes demostraron que la carragenina, a una baja concentración (2 g/l), aumenta la capacidad de retención de agua del gel de proteína de soya sin influir marcadamente en la dureza del tofu precipitado con glucona-D-lactona. Baeza et al (2002) investigaron los procesos de gelificación de la kappa carragenina con el aislado de proteína de soya y observaron un incremento en la temperatura y la velocidad de gelificación, así como en la dureza, cohesividad, gomosidad y elasticidad del gel formado por estos dos biopolímeros en solución acuosa, con relación al gel constituido solo por carragenina.

2.2 Pectina

Los «ácidos pectínicos» son los ácidos poligalacturónicos coloidales que contienen una proporción de grupos éster metilo. El término «pectina» designa a los ácidos pectínicos solu-

bles en agua con diversos contenidos de grupos éster metilo y diferente grado de neutralización, los cuales forman geles con azúcar y ácido bajo condiciones apropiadas (Figura 2). Actualmente, la principal materia prima para la producción de pectina son los subproductos de la manufactura de jugos de frutas, como residuos de manzana y cáscaras de cítricos. Las pectinas comerciales son productos estandarizados para obtener siempre la misma fuerza en el gel (Pilnik, 1971; Sakai, 1993).

Hasta ahora, la extracción química por hidrólisis ácida ha sido la forma más común de fabricar pectina. La materia prima, previamente lavada y secada, se agrega en agua caliente que contiene un ayudante de proceso (ácidos). Después de un tiempo y temperatura determinados, los sólidos remanentes se separan y la solución se clarifica y concentra. El líquido concentrado se mezcla con un alcohol para precipitar la pectina; este precipitado se separa, se lava con más alcohol y se seca. Los sólidos secos se trituran y se mezclan con azúcar o dextrosa para obtener propiedades funcionales normalizadas (IPPA, 2001). Las sustancias pécticas son insolubles en la mayoría de los solventes orgánicos, pero solubles en agua, formamida y glicerol caliente. Hay dos tipos principales de pectina que producen dos geles distintos: las pectinas de alto metoxilo (> 50% de esterificación, HM) forman geles con azúcar y ácido, y las pectinas de bajo metoxilo (< 50% de esterificación, LM) producen geles con calcio (Pilnik, 1971; Sakai, 1993).

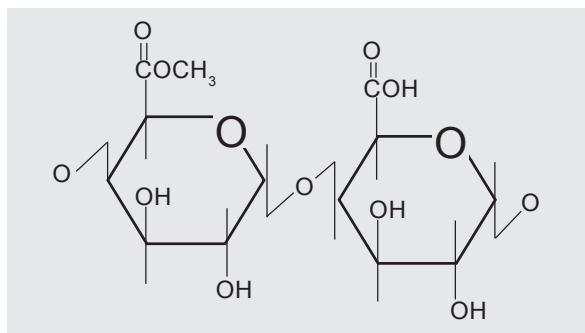


Figura 2. Estructura de la pectina

2.2.1 Aplicaciones. La pectina es un aditivo esencial en la producción de muchos alimentos por sus propiedades gelificantes, espesantes y estabilizantes. Las diversas aplicaciones crean la necesidad de diferentes tipos de pectina comercial (IPPA, 2001):

- * Las pectinas de gelificación rápida se usan tradicionalmente en mermeladas
- * Las pectinas de gelificación lenta se utilizan en salsas, jaleas, productos de panadería, confitería, etc.
- * Las pectinas estabilizantes se emplean en productos proteínicos ácidos, tales como, yogurt, suero y bebidas de soya
- * Las pectinas de bajo metoxilo se utilizan en diversos productos bajos en azúcar, preparaciones de fruta para yogurt, geles de postres y salsas. También, se pueden utilizar en productos altamente azucarados de alta acidez como conservas que contengan frutas ácidas.

2.2.2 Investigaciones. Se han realizado diferentes investigaciones relacionadas con la influencia de los componentes y el efecto de las condiciones de proceso en los geles a partir de pectinas de bajo y alto metoxilo.

Varias aplicaciones tecnológicas de la pectina se obtienen por la interacción que esta presenta con otros compuestos. La hesperidina (flavonoide insoluble) en forma cristalizada contribuye con la turbidez del jugo de naranja; el trabajo de Ben Shalom y Pinto (1999) concluyó que la interacción específica entre la hesperidina y la pectina puede estabilizar la primera en solución acuosa. Khalil (1999) evaluó la absorción de aceite y las propiedades sensoriales de papa a la francesa utilizando un recubrimiento sencillo de una mezcla de cloruro de calcio y pectina o alginato sódico; esta investigación determinó que la papa a la francesa con el recubrimiento de la mezcla de 0,5% de cloruro de calcio y 5% de pectina absorbió menos aceite y obtuvo el mayor puntaje sensorial en todos los atributos.

Fu y Rao (1999) investigaron la pérdida de la estructura del gel de pectina de bajo metoxilo y los iones de calcio con cosolutos como sacarosa y sorbitol durante el calentamiento a un pH 4. Para ello tomaron una concentración fija de pectina (LM) y observaron que la temperatura de fusión se incrementaba con el aumento del contenido de sacarosa y disminuía a mayor concentración de sorbitol. Evageliou et al (2000) analizaron los efectos del pH y la concentración de sacarosa en la formación del gel a partir de pectina de alto metoxilo durante el enfriamiento, así como los cambios que suceden cuando la sacarosa se reemplaza por otros cosolutos (glucosa y fructosa) y demostraron que la red entrecruzada se formó con una concentración de sacarosa al 65% enfriando a 5 °C con un pH de 4,7; al reemplazar la sacarosa por otros cosolutos cambian la temperatura de gelificación, siendo mayor con glucosa que con fructosa.

2.3 Goma guar

La goma guar se obtiene del endospermo de la semilla del *Cyamopsis Tetragonolobus*, planta que pertenece a la familia de las leguminosas y crece en zonas áridas o semiáridas de India, Pakistán y una limitada extensión en Texas y Arkansas (Penna, 2002; Dziezak, 1991).

La goma guar es un polisacárido constituido por una cadena recta de unidades de manosa ligada

a los lados con unidades sencillas de galactosa a razón de 2:1 (manosa:galactosa), como se observa en la Figura 3 (Penna, 2002). En la manufactura comercial, la cáscara puede soltarse por remojo en agua y removerse por molienda y tamizado en multietapas o por carbonización de la cáscara con tratamiento térmico. Posteriormente, diferentes molinos de trituración, martillo y rodillos se emplean para separar el germen del endospermo; este último, con cerca del 80% de galactomanano, se lleva a un tamaño de partícula fino para ser comercializado como goma guar. Una de las propiedades importantes de esta goma es su habilidad para hidratarse rápidamente en agua fría y producir soluciones altamente viscosas. La viscosidad que imparte la goma guar a la solución depende del tiempo, temperatura, concentración, pH, fuerza iónica y el tipo de agitación. (Dinesh, 2001).

2.3.1 Aplicaciones. La goma guar no es un agente gelificante y se usa principalmente como agente espesante, estabilizador y retenedor de agua; presenta un color característico de blanco a amarillo claro, no tiene olor y el tamaño de partícula varía de 60 a 200 µm. (Dziezak, 1991; Dinesh, 2001).

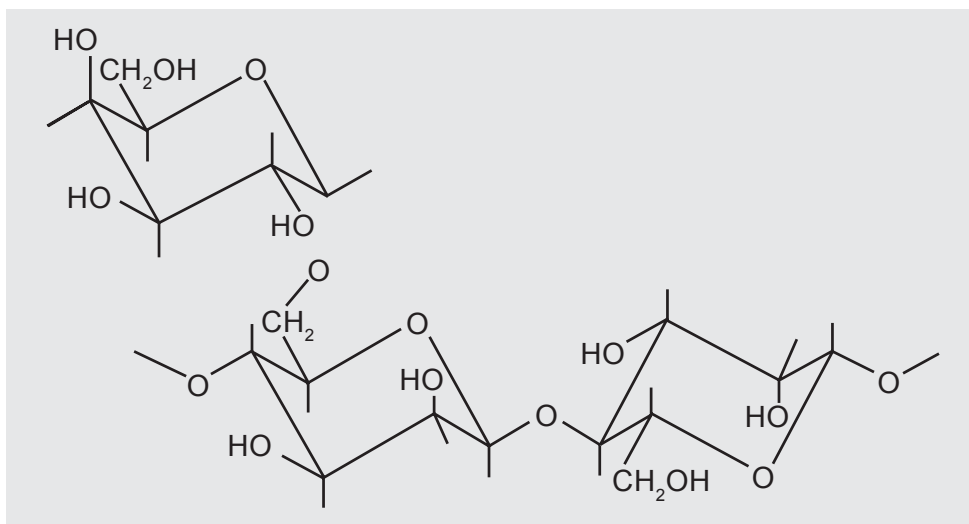


Figura 3. Estructura molecular de la goma guar

Se emplea en situaciones donde se necesita espesamiento, estabilización, control reológico, suspensión, formación de cuerpo, modificación de estructura y consistencia y retención de agua. Además, esta goma no se afecta considerablemente a bajos valores de pH, siendo efectiva en productos ácidos. En productos lácteos, como queso, sherberts y helados de crema, suministra una textura suave y reduce la sinéresis. Es muy eficiente para retener agua en productos cárnicos, alimento para animales y glaseados; igualmente, actúa como estabilizador en aderezos, salsas, bebidas achocolatadas, néctares, jugos, sopas secas, alimentos congelados, productos de panadería, entre otros. (Penna, 2002).

2.3.2. Investigaciones. Los cambios en la viscosidad de la goma guar y la goma garrofin en un medio acuoso, calentando a 121 °C y enfriando a temperatura ambiente para simular el proceso de esterilización, fue estudiado por Kök et al (1999); ellos analizaron que la goma garrofin presentó menor degradación durante el calentamiento a un pH neutro, comparado con la goma guar, debido a la mayor habilidad de la goma garrofin para asociarse en solución.

Closs et al (1999) evaluaron la separación de fase en un sistema acuoso de almidón de maíz y goma guar, reportando que la mezcla en seco de almidón ceroso de maíz y goma guar con una concentración mayor al 0,3% retarda el proceso

de separación. La interacción de la goma guar y las micelas de caseína fue analizado por Tuinier et al (2000) y Bourriot et al (1999), concluyendo que la mezcla de la goma guar con micelas de caseína genera una separación de fases debido a los mecanismos de depleción-floculación produciendo una efectiva atracción entre las micelas de caseína.

La estabilidad de la goma guar en un sistema acuoso bajo diferentes condiciones ácidas se ha tratado por Wang et al (2000), encontrando que esta goma es relativamente estable bajo condiciones ácidas moderadas (pH 2 - 3,5); sin embargo, alta temperatura y bajo pH reducen su estabilidad en solución.

3. Centros de investigación especializados

En Colombia, los trabajos que se han realizado sobre este tema se han centrado principalmente en la producción de pectina extraída de cítricos y diferentes frutas tropicales (Ardila, 1995; Estrada, 1998, Botero, 1994). Sin embargo, se ha investigado muy poco sobre las interacciones y los efectos que presentan diferentes hidrocoloides en productos alimenticios manufacturados en el país. En el mundo existen diferentes centros, universidades e institutos relacionados con la investigación de hidrocoloides de origen vegetal en el sector de alimentos. Los más representativos se muestran en la Tabla 2.

Centro	País	Investigador
INRA	Francia	J. L. Doublier
King's College London	Reino Unido	S. Ross-Murphy
NIZO	Países Bajos	C. G. De Kruif
Nottingham University	Reino Unido	J. R. Mitchell
SKW Biosystems	Francia	T. P. Kravtchenko
Osaka University	Japón	T. Sakai
Cornell University	Estados Unidos	M. A. Rao
Carfield University	Reino Unido	E. R. Morris
Nestlé Research Center	Suiza	M. A. Roberts
Hannah Research Institute	Reino Unido	A. Tziboula

Tabla 2. Centros de investigación de hidrocoloides de origen vegetal aplicados a los alimentos
Fuente: resumen de los autores

4. Conclusiones

Uno de los parámetros más utilizados para evaluar la calidad de los alimentos es su textura, la cual se controla por los ingredientes adicionales y los procesos utilizados en su elaboración. Los hidrocoloides, polímeros de cadena larga solubles en agua, son los aditivos texturales más utilizados en la industria de alimentos por las propiedades funcionales que presentan en sistemas acuosos. Los hidrocoloides de origen vegetal más empleados en la industria de alimentos son la carragenina, la pectina y la goma guar. La carragenina se aplica en diferentes productos lácteos, debido a su interacción con las micelas de caseína; la pectina se emplea en la

gelificación de sistemas alimenticios que contienen alta acidez y concentración de azúcar. La goma guar se utiliza como espesante en diferentes alimentos.

Las investigaciones recientes de los hidrocoloides mencionados se han enfocado principalmente a los efectos e interacciones que presentan en un sistema alimenticio determinado. El fenómeno de interacción entre la carragenina-caseína y carragenina-proteína de soya, la formación de gel a partir de pectinas de bajo y alto metoxilo y la estabilidad de la goma guar a diferentes condiciones de proceso son los principales estudios que han realizado las universidades y centros de investigación en el mundo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARDILA, S. (1995). Extracción y caracterización de las pectinas de frutas tropicales. Bogotá: Proyecto Colciencias - Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Farmacia
- [2] BAEZA, R. I., CARP, D. J., PEREZ, O. E. y PILOSOFF, A. M. R. (2002). K-carrageenan-protein interactions: Effect of proteins on polysaccharide gelling and textural properties. En: *Lebbsmittel Wissenschaft und Technologie*. Vol. 35, p. 741-747
- [3] BASURTO, L. (2000) Todo sobre la Tara (*Caesalpinia spinosa*). Alnicolsa del Peru S.A.C. Lima. Extraído del World Wide Web: <<http://taninos.tripod.com>>
- [4] BEN-SHALOM, N. y PINTO, R. (1999) Natural colloidal particles: the mechanism of the specific interaction between hespiridin and pectin. En: *Carbohydrate Polymers*. Vol. 38, p. 179-182
- [5] BOTERO, B. y SALCEDO, J. C. (1994). Diseño y evaluación de una línea a nivel planta piloto de producción de pectina a partir de cáscara de Maracuya. Cali, 160 p. Trabajo de grado Ingeniería Química. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, área de procesos de alimentos
- [6] BOURRIOT, S., GARNIER, C. y DOUBLIER, J-L. (1999). Phase separation, rheology and microstructure of micellar casein-guar gum mixtures. En: *Food Hydrocolloids*. Vol. 13, p. 43-49.
- [7] CHA, D. S., CHINNAN, M. S., CHOI, J. H. y PARK, H. J. (2002). Antimicrobial films based on Na-alginate and k-carrageenan. En: *Lebbsmittel Wissenschaft und Technologie*. Vol. 35, p. 715-719
- [8] CLOSS, C. B., CONDE-PETIT, B., ROBERTS, I. D., TOLSTOGUZOV, V. B. y ESCHER, F. (1999). Phase separation and rheology of aqueous starch/galactomannan systems. En: *Carbohydrate Polymers*. Vol. 39, p. 67-77
- [9] COLLAR, C. ANDREU, P., MARTÍNEZ, J. C. y ARMERO, E. (1999). Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. En: *Food Hydrocolloids*. Vol. 13, p.467-475
- [10] CONSTENLA, D. y LOZANO, J. E. (2003). Kinetic model of pectin demethylation. En: *Latin American Applied Research*. Vol. 333, p. 91-96
- [11] DICKINSON, E. (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. En: *Food Hydrocolloids*. Vol. 7, p.25-39.

- [12] DINESH COMPANY. (2001). Guar Gum Properties. India. Extraído del World Wide Web: <<http://www.dineshgum.com/index.htm>>
- [13] DZIEZAK, J. D. (1991). A focus on gums. En: Food Technology. Vol. 45, No. 3, p. 117-120, 122-124, 126, 128, 130-132
- [14] ESTRADA, A. y LÓPEZ, B. (1998). Pectinas cítricas. Efecto del Arrastre de vapor en la extracción y de diferentes métodos de secado. En: NOOS. Revista del Departamento de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Vol. 7, p. 23-34
- [15] EVAGELIOU, V., RICHARDSON, R. K. y MORRIS, E. R. (2000). Effect of pH, suger type and thermal annealing on high-methoxy pectin gels. En: Carbohydrate Polymers. Vol. 42, p. 245-259
- [16] FILIPI, I. y LEE, C. M. (1998). Preactivated Iota-carrageenan and its rheological effects in composite sumiri gel. En: Lebbesmittel Wissenschaft und Technologie. Vol. 31, p. 129-137
- [17] FU, J. T. y RAO, M.A. (1999). The influence of sucrose and sorbitol on gel-sol transition of low-methoxyl pectin + Ca²⁺ gels. En: Food Hydrocolloids. Vol. 13, p. 371-380.
- [18] GILSENAN, P. M., RICHARDSON, R. K. y MORRIS, E. R. (2000). Thermally reversible acid-induced gelation of low-methoxy pectin. En: Carbohydrate Polymers. Vol. 41, p. 339-349
- [19] GLICKSMAN, M. (1982). Food Hydrocolloids. New York: Boca Raton: CRC Press. Vol. 1, 219 p.
- [20] GLICKSMAN, M. (1983). Food Hydrocolloids. New York: Boca Raton: CRC Press. Vol. 2, 199 p.
- [21] GLICKSMAN, M. (1991). Hydrocolloids and the search for the «oily grail». En: Food Technology. Vol. 45, No. 10, p. 94, 96-101
- [22] GLIKO-KABIR, I., PENHASI, A. y RUBINSTEIN, A. (1999). Characterization of crosslinked guar by thermal analysis. En: Carbohydrate Research. Vol. 316, p. 6-13
- [23] HELGUERA, L. (1995). La carragenina: asombroso ingrediente. En: Alimentos Procesados. Vol. 14, No. 8, p. 46, 50-51.
- [24] HWANG J-K. (2001). Production of functional carbohydrates by extrusion reactor. En: Food Science and Biotechnology. Vol. 10, No. 4, p. 445-449
- [25] IPPA. International Pectin Producers Association. (2001). Extraído del World Wide Web: <http://www.ippa.info/history_of_pectin.htm>
- [26] KARIM, A., SULEBELE, G. A., AZHAR, M. E. y PING, C. Y. (1999). Effect of carrageenan on yield and properties of tofu. En: Food Chemistry. Vol. 66, p. 159-165.
- [27] KHALIL, A. H. (1999). Quality of French fried potatoes as influenced by coating with hydrocolloids. En: Food Chemistry. Vol. 66, p. 201-208.
- [28] KYRIAKIDIS, N. B. (1999) Use of pectinesterase for detection of hydrocolloids addition in natural orange juice. En: Food Hydrocolloids. Vol. 19, p. 497-500.
- [29] KÖK, M. S., HILL, S. E. y MITCHELL, J. R. (1999). Viscosity of galactomannans during high temperature processing: influence of degradation and solubilisation. En: Food Hydrocolloids. Vol. 13, ; p. 535-542.
- [30] LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., LAUNAY, B., MICHON, C., PARKER, A. y DE KRUIF, C. G. (1999). Casein micelle/Iota carrageenan interactions in milk: influence of temperature. En: Food Hydrocolloids. Vol. 13, p. 211-218.
- [31] MARCEL (1999). Carrageenan. Manila. Extraído del World Wide Web: <<http://www.marcel.com.ph/carrageenan.htm>>
- [32] MULTON, J. L. (1988). Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. Madrid: Ed. Acribia S.A. 2 ed. 320-353 p.
- [33] OAKENFULL, D., MIYOSHI, E., NISHIMARI, K. y SCOOT, A. (1999). Rheological and thermal properties of milk gels formed with k-carrageenan. Sodium caseinate. En: Food Hydrocolloids. Vol. 13, p. 525-533.

- [34] PAGAN J. y IBARZ, A. (1999). Extraction and rheological properties of pectin from fresh peach pomace. En: *Journal of Food Engineering*. Vol. 39, p. 193-201.
- [35] PARK, S. K, CHO, J. M. y RHEE, C. O. (2001). Effect of guar gum, carrageenan and calcium chloride on foaming properties of soy protein isolate. En: *Food Science and Biotechnology*. Vol. 10, No.3, p. 257-260
- [36] PENNA, A. L. B. (2002). Hidrocolóides. Usos em Alimentos. En: *Revista Food Ingredients: Cuaderno de Tecnología de Alimentos y Bebidas*. Vol.17, p. 58-61.
- [37] PHILEXPORT. (1996). An introduction to carrageenan. The Confederation of Philippine Exporters Foundation. Seaweed Industry Association of Philippines (SIAP). Manila. Extraído del World Wide Web: <<http://philexport.org/members/siap/intro.htm>>
- [38] PILNIK, W. y VORGEN, G. J. (1971). Pectic Substances and other Uronides. En: «The Biochemistry of fruits and their products». Cap. 3. Editado por: HULME, A. C. New York: Academic Press. Vol.1, p. 53-85
- [39] PRO FOUND (1999). Natural gums and resins: A survey of the Netherlands and other major markets in the European Union. CBI Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries. Amsterdam. Extraído del World Wide Web: <<http://www.cbi.nl/downloads/natural%20gums/survey%20natural%20gums.pdf>>
- [40] ROBERTS, M. y QUEMENER, B. (1999). Measurement of carrageenans in food: challenges, progress, and trends in analysis. En: *Trends in Food Science and Technology*. Vol. 10, p. 169-181.
- [41] SAKAI, T. SAKAMOTO, T. HALLAERT, J. y VANDAMME, E. (1993). Pectin, Pectinase, and Protopectinase: Production, properties, and applications. En: *Advances in Applied Microbiology*. Vol. 39, p. 213-294
- [42] SANDERSON, G. R. (1996). Gums and their use in food systems. En: *Food Technology*. Vol. 50, No. 3, p. 81-84, 83.
- [43] SANDERSON, G. R. (1981). Polysaccharides in foods. En: *Food Technology*. Vol. 37, No. 7, p. 50-57, 83.
- [44] SMITH, F. y MONTGOMERY, R. (1959). The chemistry of plant gums and mucilages and some related polysaccharides. American Chemical Society. Monograph Series. New York: Reinhold Publishing Corporation. 1-29 p-
- [45] TECANTE, A. DOUBLIER, J. L. (1999). Steady flow and viscoelastic behavior of crosslinked waxy corn starch-k-carrageenan pastes and gels. En: *Carbohydrate Polymers*. Vol. 40, p. 221-231.
- [46] TOLSTOGUZOV, V. (2003). Some thermodynamic consideration in food formulation. En: *Food Hydrocolloids*. Vol. 17, p. 1-23.
- [47] TUINIER, R., GROTHENHUISTEN, E. y De Kruif, C. G. (2000). The effect of depolymerised guar gum on the stability of skim milk. En: *Food Hydrocolloids*. Vol. 14, p. 1-7.
- [48] TZIBOULA, A. y HORNE, D. (1999). Influence of milk proteins on k-carrageenan gelation. En: *International Dairy Journal*. Vol. 9, p. 359-364.
- [49] VELDE, F. y RUITER, G. CARRAGEENAN. «Biopolymers: Polysaccharides II. Polysaccharides from Eukaryotes». Ed.: Baets, S., Vandamme, E., Steibuchel, A. Extraído del World Wide Web: <http://www.wiley-vch.de/books/biopoly/pdf_v06/bpol6009:245_250.pdf>
- [50] WANG, Q., ELLIS, P. R. y ROSS-MURPHY, S. B. (2000). The stability of guar gum in an aqueous system under acidic conditions. En: *Food Hydrocolloids*. Vol. 14, p. 129-134.