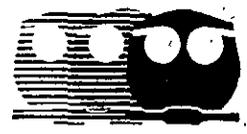


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE QUÍMICA



COMPENDIO DE HIDROCOLOIDES:
FUNDAMENTACION Y APLICACIONES EN LA
INDUSTRIA ALIMENTARIA

TRABAJO MONOGRAFICO
DE ACTUALIZACION
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO DE ALIMENTOS
P R E S E N T A :
JORGE CARRANZA VELASCO

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
SECRETARÍA DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE INGENIERÍA

224906

MEXICO, D.F.

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado Asignado:

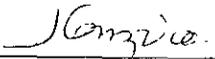
Presidente
Vocal
Secretario
1er. Suplente
2do. Suplente

Prof: Francisca A. Iturbe Chiñas
Prof. Francisco J. Casillas Gómez
Prof. Ma. De Lourdes Gómez Ríos
Prof. Felipe de Jesús Rodríguez Palacios
Prof. Arturo Navarro Ocaña

Sitio donde se desarrolló el tema:

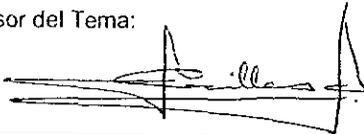
Programa Universitario de Alimentos (PUAL)
Edificio de la Coordinación de Servicios Académicos. Planta Baja.
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, México, D.F.

Sustentante:



Jorge Carranza Velasco

Asesor del Tema:



M en C. Francisco Javier Casillas Gómez

A mis padres Jorge y Patricia, por traerme a este mundo y ofrecerme lo mejor de él ...
la vida. *Gracias por apoyarme en todo sentido, por dejarme ser libre y por compartir con
ustedes este éxito.*

“Unirse es el principio, mantenerse juntos es el proceso, trabajar juntos es el éxito”.

Henry Ford

AGRADECIMIENTOS

A mi hermano Alejandro, por la paciencia que me ha tenido todos estos años y por aguantar todas mis locuras.

"La inspiración existe pero tiene que encontrarte trabajando".

P. Picasso

A mi tía Paty, por estar conmigo en los malos y en los buenos momentos, por su ayuda desinteresada en cualquier situación, por guiarme en los momentos más difíciles, por ser mi motor de esperanza, por sus consejos, por sus alientos, por creer en mí (y en mis locuras), por comprender mis errores y mis defectos, por su paciencia, por su conocimiento, por enseñarme lo sencilla que es la vida y el valor que ésta tiene, por estar ahí siempre...gracias mil.

"Nada es mentira. Basta con un poco de fe y todo es real."

Louis Jovet

A mis amigos:

Lucy López (Lucas), Desireé Argott y Anel Flores, por mantenerme al margen de la "angustia" todos los días, por contar con ustedes en todo momento, por ofrecerme su amistad y por compartir los mejores ratos de locura que pasé en la Facultad.

A Mayrén Zamora, por su valiosa amistad, su apoyo y por todos los momentos que pasamos juntos en la carrera.

A Edith Barrios (Nerd), por ser un personaje muy especial en mi vida, por creer en mí, por alentarme en todo, por su intenso amor a la vida y su gran respeto al amor...y por ser mi amiga, gracias.

A Horacio Biord (Pana), por ser un excelente amigo, por su ayuda en todo momento y por enseñarme que las fronteras sólo son geográficas.

A Verónica Loera (Vero), por su maravilloso sentido de ubicación y por su desordenado corazón.

A Lupita Varela, por su amistad, por creer en mí y por apoyarme a salir adelante ante la adversidad.

A Diana Martínez (Vecina), por su amistad y por su corazón de pollo.

Gracias a todos, porque "La amistad verdadera no significa igualdad de opiniones, implica respeto por las diferencias".

A mis abuelos Carmen Colín y Roberto Velasco, por su cariño.

A mi tía Amparo Hernández, por toda su ayuda y el interés que siempre ha mostrado en mí

A Susana Carrillo, por su gran apoyo facilitándome terminar mi licenciatura.

A mis tíos René Velasco y Carlos Velasco, por toda su colaboración para la realización de esta obra.

A mi tía Lala, por creer en mí y enseñarme la libertad del ser humano.

"Pueden, porque creen que pueden".

Virgilio

Al Ing Luis Mendoza, por su ayuda en la finalización de mis estudios.

A la M. en C. Lucy Cornejo (Amiguis), por ayudarme e impulsarme a finalizar este trabajo.

"Ciertos libros parecen haber sido escritos no para aprender de ellos sino para que se reconozca lo que sabía su autor".

Goethe

Al M. en C. Francisco Javier Casillas, por brindarme su tiempo y su ayuda asesorando este trabajo y por permitirme finalizar mis estudios de esta manera.

A la M. en C. Fanny Iturbe, por proporcionarme su tiempo revisando este documento.

A la Q.F.B. Lulú Gómez, por su ayuda durante el proceso de edición y por su dedicación para la revisión de este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente a la Facultad de Química por brindarme una formación de excelencia.

A Dios, por estar siempre conmigo.

CONTENIDO

CAPÍTULO I

Introducción	1
--------------	---

CAPÍTULO II

Objetivos	2
-----------	---

CAPÍTULO III

ANTECEDENTES

3.1 Legislación	3
3.1.1 Reglamentación para aditivos alimentarios	3
3.1.2 Organismos internacionales y locales	7
3.1.2.1 Organismos internacionales	8
3.1.2.2 Organismos europeos	9
3.1.2.3 Organismos reguladores en México	9
3.2 Aditivos alimentarios	10
3.3 Hidrocoloides	12
3.4 Selección y aplicación de hidrocoloides	16

CAPÍTULO IV

HIDROCOLOIDES NATURALES

4.1 Generalidades	18
-------------------	----

4.2 HIDROCOLOIDES OBTENIDOS DE EXUDADOS DE PLANTAS

4.2.1 GOMA ARÁBIGA	20
4.2.1.1 Origen	20
4.2.1.2 Estructura	20
4.2.1.3 Propiedades funcionales	21
4.2.1.4 Parámetros fisicoquímicos de calidad	22
4.2.1.5 Propiedades fisicoquímicas	22
4.2.1.6 Compatibilidad	23
4.2.1.7 Incompatibilidad	23
4.2.1.8 Preservativos	24
4.2.1.9 Sinergismo	24
4.2.1.10 Aplicaciones	24
4.2.2 GOMA DE TRAGACANTO	25
4.2.2.1 Origen	25
4.2.2.2 Estructura	26
4.2.2.3 Parámetros fisicoquímicos de calidad	27
4.2.2.4 Propiedades funcionales	27
4.2.2.5 Propiedades fisicoquímicas	28
4.2.2.6 Compatibilidad	29
4.2.2.7 Preservativos	30
4.2.2.8 Toxicidad	30
4.2.2.9 Aplicaciones	30

4.2.3	GOMA KARAYA	31
4 2.3.1	Origen	31
4.2.3 2	Estructura	31
4.2.3.3	Parámetros fisicoquímicos de calidad	32
4.2.3.4	Propiedades funcionales	32
4.2.3.5	Propiedades fisicoquímicas	33
4.2.3.6.	Compatibilidad	34
4.2.3.7	Sinergismo	34
4 2.3.8	Toxicidad	34
4.2.3.9	Aplicaciones	34
4.2.4	GOMA GHATTI	35
4.2.4.1	Origen	35
4.2.4.2	Estructura	35
4.2.4.3.	Propiedades funcionales	35
4.2.4.4	Propiedades fisicoquímicas	36
4.2.4.5	Toxicidad	36
4.2.5	GOMA DE MEZQUITE	36
4.2.5.1	Origen	36
4 2.5.2	Estructura	38
4.2.5.3	Propiedades funcionales	39
4.2.5.4	Parámetros fisicoquímicos de calidad	39
4 2.5.5	Propiedades fisicoquímicas	40
4 2.5.6	Compatibilidad	41
4.3	HIDROCOLOIDES OBTENIDOS A PARTIR DE SEMILLAS DE PLANTAS	42
4.3.1	GOMA DE ALGARROBO (LOCUST BEAN)	42
4.3.1.1	Origen	42
4.3.1 2	Estructura	43
4 3 1.3	Propiedades funcionales	44
4.3.1.4	Parámetros fisicoquímicos de calidad	44
4.3.1 5	Propiedades fisicoquímicas	44
4.3.1.6	Compatibilidad	46
4.3.1.7	Incompatibilidad	46
4.3.1.8	Sinergismo	47
4 3 1.9	Toxicidad	47
4.3.1.10	Aplicaciones	47
4.3.2	GOMA GUAR	47
4.3.2.1	Origen	47
4.3.2.2	Estructura	48
4.3.2.3	Propiedades funcionales	49
4.3.2.4	propiedades fisicoquímicas	49
4.3.2.5	Parámetros fisicoquímicos de calidad	50
4.3.2 6	Preservativos	51
4.3.2.7	Compatibilidad	51
4.3.2 8	Sinergismo	52
4.3.2.9	Toxicidad	52
4.3.2.10	Aplicaciones	52
4.3.3	GOMA DE TAMARINDO	53
4.3.3.1	Origen	53
4.3.3.2	Estructura	53
4.3.3 3	Propiedades funcionales	54

4.3.3.4	Parámetros fisicoquímicos de calidad	54
4.3.3.5	Sinergismo	55
4.3.3.6	Toxicidad	55
4.3.3.7	Aplicaciones	55
4.4	HIDROCOLOIDES OBTENIDOS DE EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS	56
4.4.1.	AGAR	56
4.4.1.1	Origen	57
4.4.1.2	Estructura	59
4.4.1.3	Propiedades funcionales	59
4.4.1.4	Propiedades fisicoquímicas	59
4.4.1.5	Sinergismo	59
4.4.1.6	Aplicaciones	60
4.4.2	ALGINATOS	60
4.4.2.1	Origen	60
4.4.2.2	Estructura	61
4.4.2.3	Propiedades funcionales	62
4.4.2.4	Propiedades fisicoquímicas	62
4.4.2.5	Factores que afectan a las soluciones	63
4.4.2.6	Sinergismo	65
4.4.2.7	Aplicaciones	65
4.4.3	CARRAGENINAS	66
4.4.3.1	Origen	66
4.4.3.2	Estructura	69
4.4.3.3	Propiedades funcionales	71
4.4.3.4	Parámetros fisicoquímicos de calidad	71
4.4.3.5	Sinergismo	79
4.4.3.6	Aplicaciones	79
4.5	ALMIDÓN	81
4.5.1	Origen	81
4.5.2	Estructura	82
4.5.3	Propiedades funcionales	85
4.6	PECTINAS	86
4.6.1	Origen	86
4.6.2	Estructura	86
4.6.3	Propiedades funcionales	87
4.6.4	Propiedades fisicoquímicas	87
4.6.5	Sinergismo	88
4.7	HIDROCOLOIDES OBTENIDOS DE EXTRACTOS VEGETALES	89
4.7.1	INULINA	89
4.7.1.1	Origen	89
4.7.1.2	Estructura	89
4.7.1.3	Propiedades funcionales	91
4.7.1.4	Propiedades fisicoquímicas	91
4.7.2	GOMA KONJAC	91
4.7.2.1	Origen	91
4.7.2.2	Estructura	91
4.7.2.3	Propiedades funcionales	93

4.7.2.4	<i>Propiedades fisicoquímicas</i>	93
4.7.2.5	Parámetros fisicoquímicos de calidad	94
4.7.2.6	Sinergismo	94
4.8	HIDROCOLOIDES OBTENIDOS A PARTIR DE EXTRACTOS ANIMALES	95
4.8.1	GRENETINA	95
4.8.1.1	Origen	95
4.8.1.2	Estructura	95
4.8.1.3	Propiedades funcionales	97
4.8.1.4	Parámetros fisicoquímicos de calidad	97
4.8.1.5	<i>Propiedades fisicoquímicas</i>	97
4.8.1.6	Sinergismo	99
4.8.1.7	Aplicaciones	100
4.8.2	QUITINA	101
4.8.2.1	Origen	101
4.8.2.2	Estructura	101
4.8.2.3	Propiedades funcionales	102
4.8.2.4	Propiedades fisicoquímicas	102
4.8.2.5	Toxicidad	103
4.8.3	QUITOSANO	103
4.8.3.1	Modificaciones químicas	103
4.8.3.2	Origen	103
4.8.3.3	Estructura	104
4.8.3.4	Propiedades funcionales	105
4.8.3.5	Propiedades fisicoquímicas	105
4.8.3.6	Compatibilidad	107
4.8.3.7	Incompatibilidad	107
4.8.3.8	Toxicidad	107
4.8.3.9	Aplicaciones	107
4.8.4	CASEÍNA	108
4.8.4.1	Origen	108
4.8.4.2	Propiedades funcionales	108
4.8.4.3	Parámetros fisicoquímicos de calidad	109
4.8.4.4	Aplicaciones	114

CAPÍTULO V

HIDROCOLOIDES SEMISINTETICOS

5.1	ALMIDONES MODIFICADOS	116
5.1.1	Origen	116
5.1.2	Propiedades funcionales	119
5.1.3	Aplicaciones	119
5.2	DEXTRINAS (MALTODEXTRINAS)	120
5.2.1	Origen	120
5.2.2	Estructura	121
5.2.3	Propiedades funcionales	121
5.2.4	Parámetros fisicoquímicos de calidad	121
5.2.5	Aplicaciones	122

5.3 DERIVADOS CELULOSICOS	124
5.3.1 Clasificación y aspectos generales	124
5.3.2 Derivados de celulosa en alimentos	126
5.3.2.1 Éteres de celulosa	127
5.3.2.1.1 CARBOXIMETILCELULOSA DE SODIO	127
5.3.2.1.1.1 Origen	127
5.3.2.1.1.2 Estructura	128
5.3.2.1.1.3 Propiedades funcionales	128
5.3.2.1.1.4 Propiedades fisicoquímicas	128
5.3.2.1.1.5 Compatibilidad	131
5.3.2.1.1.6 Sinergismo	131
5.3.2.1.1.7 Aplicaciones	131
5.3.2.1.2 HIDROXIPROPIL METIL CELULOSA	132
5.3.2.1.2.1 Origen	132
5.3.2.1.2.2 Estructura	132
5.3.2.1.2.3 Propiedades funcionales	132
5.3.2.1.2.4 Propiedades fisicoquímicas	133
5.3.2.1.2.5 Sinergismo	133
5.3.2.1.3 METILCELULOSA	133
5.3.2.1.3.1 Origen	133
5.3.2.1.3.2 Estructura	134
5.3.2.1.3.3 Propiedades funcionales	134
5.3.2.1.3.4 Propiedades fisicoquímicas	134
5.3.3 Éteres celulósicos con características especiales	135
5.3.3.1 CELULOSA MICROCRISTALINA	135
5.3.3.1.1 Origen	135
5.3.3.1.2 Estructura	135
5.3.3.1.3 Propiedades funcionales	136
5.3.3.1.4 Propiedades fisicoquímicas	136
5.3.3.1.5 Toxicidad	137
5.3.3.1.6 Aplicaciones	137
5.4 HIDROCOLOIDES DE ORIGEN MICROBIANO	140
5.4.1 Generalidades	140
5.4.1.1 GOMA XANTANA	140
5.4.1.1.1 Origen	140
5.4.1.1.2 Estructura	141
5.4.1.1.3 Propiedades funcionales	142
5.4.1.1.4 Propiedades fisicoquímicas	142
5.4.1.1.5 Compatibilidad	144
5.4.1.1.6 Incompatibilidad	144
5.4.1.1.7 Sinergismo	145
5.4.1.1.8 Toxicidad	145
5.4.1.1.9 Aplicaciones	145
5.4.1.2 GOMA GELANA (GELLAN GUM)	146
5.4.1.2.1 Origen	146
5.4.1.2.2 Estructura	147
5.4.1.2.3 Propiedades funcionales	147
5.4.1.2.4 Propiedades fisicoquímicas	148
5.4.1.2.5 Sinergismo	151
5.4.1.2.6 Aplicaciones	152

5.4.1.2.7 Legislación	153
5.4.1.3 DEXTRANA	153
5.4.1.3.1 Origen	153
5.4.1.3.2 Estructura	155
5.4.1.3.3 Propiedades funcionales	156
5.4.1.3.4 Propiedades fisicoquímicas	157
5.4.1.3.5 Aplicaciones	158
5.4.1.3.6 Toxicidad	159
CAPÍTULO VI	
CONCLUSIONES	160
BIBLIOGRAFÍA	162

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La aceptación de un alimento depende de muchos factores, entre los que destacan sus propiedades sensoriales. Muchas sustancias se añaden deliberadamente a los alimentos para mejorar sus *propiedades funcionales*, aunque con frecuencia dichas sustancias se encuentran también presentes de forma natural en algunos alimentos. Sin embargo, cuando estas sustancias se adicionan intencionalmente a los alimentos se les ha denominado como "aditivos alimentarios". Los aditivos alimentarios son aquellas sustancias que se adicionan intencionalmente y en pequeñas cantidades a los alimentos con el propósito de modificar sus *propiedades funcionales para conferirles ciertas características sensoriales* y únicamente si existe una necesidad tecnológica demostrable que no pueda alcanzarse por otros medios que sean económica y tecnológicamente factibles.

Dentro de los aditivos alimentarios se encuentran los hidrocoloides, los cuales son sustancias hidrofílicas que en solución se dispersan como coloides. Los hidrocoloides tienen diferentes propiedades funcionales tales como aumentar la viscosidad de las soluciones, formar geles, proporcionar estabilidad a emulsiones, suspensiones y espumas y también actúan como agentes espesantes. Debido a estas propiedades los hidrocoloides tienen un amplio uso en la industria alimentaria, en la elaboración de alimentos dietéticos, sopas, cremas, salsas, postres, bebidas, confitería, productos lácteos y en productos derivados de cereales, entre otros.

Los diferentes hidrocoloides se clasifican en naturales, semisintéticos y sintéticos. Estos compuestos se encuentran disponibles en el mercado para emplearse como aditivos alimentarios, sin embargo, la información existente sobre estas sustancias está muy dispersa y es difícil encontrar un documento que reúna a todos los diferentes hidrocoloides que se aplican en la industria de los alimentos; por lo que se decidió realizar una investigación bibliográfica sobre dichos aditivos con el fin de obtener un compendio donde se encuentren los diferentes hidrocoloides que se emplean en los alimentos, su origen, las propiedades que los caracterizan, algunos aspectos legales y su aplicación y funcionalidad en los sistemas alimentarios.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

Revisar la información bibliográfica sobre hidrocoloides, para elaborar un compendio en el que se encuentren sus propiedades funcionales y sus aplicaciones en la industria alimentaria.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Ordenar la información obtenida por grupo de hidrocoloide.
- Informar las principales aplicaciones de los hidrocoloides en la industria alimentaria

CAPÍTULO III

ANTECEDENTES

3.1.LEGISLACIÓN

3.1.1 REGLAMENTACIÓN PARA ADITIVOS ALIMENTARIOS

Actualmente existe una gran consternación en los consumidores alrededor del mundo acerca del uso de los aditivos alimentarios, principalmente debido al hecho de que la mayoría de estos ingredientes son comúnmente declarados en las etiquetas de los alimentos que los contienen por sus nombres químicos los cuales no son comunes y causan miedo entre las personas.^{10, 144}

Los hidrocoloides son considerados como aditivos, por lo tanto es necesario comenzar por la definición de "aditivo". Según el concepto de la Administración de Alimentos y Drogas (Food and Drug Administration, FDA), un aditivo es aquella sustancia adicionada intencionalmente a los alimentos para obtener o promover un resultado de manera directa o indirecta que afecte las características de cualquier tipo de alimento.²⁶ La definición incluye todas "Aquellas sustancias utilizadas en producción, proceso, tratamiento, empaquetado, transportación o almacenamiento de alimentos". Los aditivos se pueden dividir en: directos o intencionales e indirectos. Los directos son aquellos que se adicionan para un propósito específico como en el caso de los colorantes, saborizantes, edulcorantes, estabilizantes, vitaminas y minerales. Los indirectos se encuentran dentro del alimento como impurezas debido a su utilización durante el empaquetado, almacenamiento o manejo del producto en general.^{18, 26} Los aditivos desempeñan un papel funcional en la mayoría de los alimentos que llega a considerarse como un atributo natural del mismo.^{5, 145}

De manera general, los aditivos tienen como objeto propiciar alimentos sanos y agradables al consumirlos.^{146, 147}

La seguridad de un aditivo alimentario es la condición más importante para su uso. Es por ello que se han implementado normas estrictas acerca de los estudios que

deben realizarse para tener suficiente evidencia de que no causarán daños en la salud pública^{52 72}

Todos los aditivos alimentarios que se están empleando actualmente o se hayan propuesto para uso, deberán haber sido sometidos a pruebas y evaluaciones toxicológicas adecuadas. Esta evaluación deberá tener en cuenta entre otras cosas cualquier efecto acumulativo sinérgico o de potenciación de su uso. Únicamente deberán aprobarse los aditivos alimentarios que no presenten riesgo para la salud del consumidor a la dosis de empleo propuesta y habrán de ajustarse en todo momento a la especificación aprobada. Todos los aditivos alimentarios deberán mantenerse bajo continua observación y deberán reevaluarse siempre que sea necesario.

El empleo de aditivos alimentarios está *justificado cuando cumplan uno o más de los fines señalados a continuación y no presente riesgos para el consumidor:*

- Mantener la consistencia del producto a lo largo de su vida útil.
- Mejorar la palatabilidad y las características microbiológicas de los alimentos, de manera que se pueda disponer de ellos en forma sana y con las características sensoriales adecuadas para el consumo humano.
- Propiciar reacciones de fermentación deseables en el producto final y controlar la acidez/alcalinidad de los sistemas alimenticios.
- Realzar o mejorar los sabores y colores naturales de los alimentos *impartiendo características sensoriales deseables.*
- Proporcionar ingredientes o *constituyentes necesarios* para alimentos fabricados para grupos de consumidores que tienen necesidades dietéticas especiales.
- *Aumentar la calidad de conservación o la estabilidad de un alimento o mejorar sus propiedades sensoriales sin que altere la naturaleza, sustancia o calidad del mismo.*
- Proporcionar ayuda en la fabricación, elaboración, preparación, tratamiento empaquetado, transporte o almacenamiento del alimento a condición de que el aditivo no se utilice para encubrir los efectos del empleo de materias primas defectuosas o prácticas indeseables.

El "Reglamento de la Ley Federal de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios" en México, establece, en el título noveno: *Aditivos para Alimentos*, que el registro de un nuevo aditivo requiere de:

- a) Identificación del aditivo: nombre químico, nombre común, fórmula química, condensada y estructural.
- b) Justificación de su función tecnológica.
- c) Estudios toxicológicos de *origen nacional* o extranjero, a corto y largo plazo en los que se incluya la DL₅₀ en mamíferos de laboratorio y la ingestión diaria admisible para evaluar su inocuidad, especialmente con relación al cáncer.
- d) Métodos analíticos para determinar su identidad, pureza y contaminaciones, tanto en el aditivo como en los productos que lo contengan.
- e) Productos en que se propone su empleo y proporción.

Además estipula que cualquier aditivo alimentario que muestre indicios de efectos cancerígenos o acumulativos o cualquier otro riesgo a la salud, de inmediato se prohibirá su importación, elaboración, almacenamiento, distribución y venta, y en su caso, se cancelará su registro sanitario.⁴

Puesto que muchos países son importadores y exportadores de alimentos es necesario tener un control en el mercado de los aditivos alimentarios. Reconociendo esto, la FDA (Food and Drug Administration) a través del Codex Alimentarius ha implementado un programa de estándares alimenticios para proteger la salud de los consumidores y establecer prácticas seguras en el comercio de alimentos de todo el mundo.¹⁴⁷ La FDA establece que *ningún aditivo alimentario* podrá ser utilizado sin haberse sometido a pruebas que avalen su seguridad. Son requeridos los siguientes estudios para garantizar la inocuidad de un aditivo alimentario.¹⁴⁸

- toxicidad aguda
- toxicidad subcrónica
- toxicidad crónica
- carcinogenicidad
- mutagenicidad
- embriotoxicidad
- teratogenicidad
- comportamiento bioquímico en animales

También son requeridas especificaciones químicas del nuevo aditivo alimentario en donde se determine la Dosis Diaria aceptable (ADI) que es la *cantidad que se puede ingerir* diariamente en la dieta durante toda la vida sin ningún riesgo para la salud. Esta dosis está expresada en mg/kg de peso corporal y corresponde a la centésima parte

de la cantidad máxima que puede ser administrada en los animales de experimentación sin defectos tóxicos.¹⁴⁹

Como parte de la reglamentación de la FDA se ha establecido la "Cláusula Delaney" la cual propone en una de sus partes que ningún aditivo alimentario debe ser considerado como seguro si se encuentra que induce cáncer cuando es ingerido por el hombre o por animales. Esto significa que un aditivo no será aprobado a ninguna dosis, no importa que tan baja sea, si puede provocar cáncer.¹⁵⁰ La prueba de Ames es una de las pruebas recomendada dentro de la cláusula Delaney para los estudios de carcinogenicidad a través de la mutagenicidad del compuesto, además de que no considera como infalibles las pruebas en animales para determinar la seguridad de todos los aditivos alimentarios.¹⁵¹

A pesar de que en la actualidad se han estipulado una gran cantidad de disposiciones para evitar el uso de aditivos alimentarios que pueden representar un riesgo para la salud del consumidor, todavía no hay estándares internacionales acerca de los procedimientos para la investigación en carcinogénesis; no obstante ya se han aceptado una gama de pruebas presuntivas capaces de mostrar el carácter mutagénico y carcinogénico del compuesto que nos permiten prohibir su uso. Con base a estas normas, la seguridad de los aditivos alimentarios está soportada y hemos dejado de emplear al hombre como sujeto de experimentación.⁴⁵

Las bases actuales para la regulación de aditivos se encuentran en el Acta Federal de Alimentos, Drogas y Cosméticos (FD&C) publicada en el año de 1938, dando a la FDA autorización plena en cuanto a la legislación de aditivos utilizados en los alimentos. En 1958, se creó una enmienda a esta Acta en donde se estipula la necesidad de una autorización previa por parte de la FDA para la utilización de los aditivos citados en dicha Acta. En esta enmienda, se reconocen dos tipos específicos de aditivos que son:

SUSTANCIAS PREVIAMENTE AUTORIZADAS: Aquellas sustancias que fueron aprobadas para su uso en cierto tipo de alimentos antes de la enmienda de 1958, como por ejemplo, los nitratos de sodio y potasio utilizados para la curación de los embutidos, los cuales se encuentran limitados en la cantidad presente en el producto final.

SUSTANCIAS RECONOCIDAS COMO SEGURAS, (GENERALLY RECOGNIZED AS SAFE): Los aditivos conocidos como GRAS pertenecen a este grupo. La definición de este tipo de aditivos se encuentra dentro de una lista publicada por la FDA (21 CFR 192) mencionando a los que se consideran GRAS. Esta lista genera cierta controversia en cuanto a los aditivos que no estaban en ella por lo que, en 1971, la FDA publica una regulación (21 CFR 170.30) que se revisa nuevamente en 1976. Dentro de este documento, la definición de un aditivo GRAS indica lo siguiente: "Aquel ingrediente alimenticio de origen biológico natural que ha sido consumido ampliamente por sus propiedades nutricionales en los Estados Unidos previo al 1º de enero de 1958, sin que se le conocieran efectos perjudiciales, sometido únicamente a procesos convencionales antes del 1º de Enero de 1958, será considerado como GRAS de manera ordinaria sin una mención específica en las Partes 182 o 186.1 de este capítulo". Sin embargo, los aditivos que se encuentran clasificados en este punto han sido sujetos a estudios toxicológicos hasta nuestros días. En el momento en que se llegara a detectar algún efecto nocivo para el ser humano, dicho aditivo pasaría a la lista de no aptos.¹⁰

Dentro de la clasificación GRAS, existe lo que se conoce como buenas prácticas de manufactura que limita la cantidad de aditivo a utilizar en alimentos. En este renglón el productor será el encargado de determinar cuanto se agregará para alcanzar el efecto deseado. En lo que respecta a los hidrocoloides, la mayoría se consideran como aditivos GRAS para su utilización dentro de los alimentos.¹⁴⁶

3.1.2 ORGANISMOS INTERNACIONALES Y LOCALES

Las legislaciones internacionales y locales se basan en los estudios anteriores para definir posiciones en cuanto a la utilización de diferentes aditivos en la preparación de alimentos.¹⁴⁸ Actualmente, los aditivos se encuentran regulados de manera más estricta que en años pasados, de esta manera se asegura la eficiencia y seguridad en la aplicación de los mismos en los alimentos. Tanto a nivel internacional, como en cada país, existen organismos dedicados a preservar el cumplimiento de las disposiciones en los que se refiere a los aditivos.

3.1.2.1 ORGANISMOS INTERNACIONALES

ADMINISTRACION DE ALIMENTOS Y DROGAS (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, FDA)

Organismo reconocido a nivel internacional, el cual, por medio de la Ley Federal de Alimentos, Drogas y Cósmeticos (FD&C) publicada en 1938, regula la *confiabilidad en lo referente al uso de aditivos en alimentos*. En el título 21 Subparte A de "Previsiones Generales" del Código de Regulaciones Federales (CFR) se encuentran los títulos bajo los cuales se regulan los diferentes hidrocoloides naturales y seminaturales.¹

CÓDIGO ALIMENTARIO (CODEX ALIMENTARIUS)

Organización resultante del interés de la Organización de las Naciones Unidas para los Alimentos y Agricultura (United Nations Food and Agriculture Organization, FAO) y por la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, WHO) por crear un organismo dedicado a establecer los *lineamientos a seguir para los diferentes alimentos elaborados alrededor del mundo*. Debido a esto, existen diferentes comités internacionales ubicados en diferentes países que elaboran estatutos para los aditivos utilizados, tanto en alimentos naturales como para procesados. Las disposiciones de esta organización se aceptan a nivel internacional, al menos en lo que se refiere a las importaciones de productos manteniendo un estándar para todos.¹⁵²

COMITÉ UNIDO DE EXPERTOS EN ADITIVOS ALIMENTARIOS (JOINT FAO/WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, JECFA)

Organismo que regula la *seguridad de los aditivos alimentarios de manera individual manteniendo una responsabilidad absoluta por parte de la JECFA*. Este organismo es una unión al programa de la FAO/WHO; no se trata de un organismo específico para hidrocoloides o gomas, sin embargo, el Comité del Codex Alimentarius realizó una petición a la JECFA para que revisara los *intervalos de seguridad* de los diferentes aditivos con el objeto de establecer la ingesta diaria aceptable o ADI para el ser humano. Dentro del compendio publicado por la JECFA se pueden encontrar las técnicas autorizadas para la identificación de los diferentes hidrocoloides para evitar adulteraciones en los mismos.¹⁵³

3.1.2.2 ORGANISMOS EUROPEOS

COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA (CEE)

Organismo europeo que regula los aditivos permitidos en esa parte del mundo. Los hidrocoloides mencionados en este trabajo se encuentran aceptados por esta organización mediante un número fijado por ellos mismos. De igual forma se encuentran reguladas las aplicaciones y porcentajes de los mismos.

3.1.2.3 ORGANISMOS REGULADORES EN MÉXICO

SECRETARÍA DE SALUD (SSA)

Órgano regulador en lo referente a los aditivos mediante el "Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios", publicado el 18 de enero de 1988 en el Diario Oficial de la Federación, donde se definen como aditivos: "aquellas sustancias que se añaden a los alimentos y bebidas con el objeto de proporcionar o intensificar aroma, color o sabor, prevenir cambios indeseables o modificar en general su aspecto físico". Esta secretaría, a través de la Dirección General de Normas, se ha encargado de la publicación del Reglamento de Salud, el cual, mediante la emisión de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) regula a todos los alimentos. La NOM es la regulación que contiene las especificaciones a cumplir por los productos, procesos y servicios del área alimenticia, que pueden ser un riesgo para la seguridad o la salud de las personas, animales o vegetales, así como para el medio ambiente o causar daños a los recursos naturales. En la generación o emisión de estas normas, participan de manera directa la Administración Pública Federal (según sea el caso) por medio de un proceso claro, confiable y coordinado, los industriales, comerciantes, investigadores y consumidores por medio de las diferentes cámaras o instituciones que los representan.

Los hidrocoloides tienen asignados ciertos códigos para cada uno de ellos, así como su número correspondiente, tanto en la FDA, como en la CEE. De igual forma, se les ha asignado un número como sustancia química por el Chemical Abstracts Service (C.A.S.). Este número se asigna a cada material que aparece en la literatura siendo uno de los más utilizados como identificación de los mismos.¹⁵⁴

3.2 ADITIVOS ALIMENTARIOS

La adición de sustancias químicas a los alimentos para *modificar sus propiedades* se ha venido realizando desde los tiempos prehistóricos.¹ El uso de levaduras en la panificación y en la elaboración de cerveza tuvo su origen entre *los antiguos egipcios* hacia el año 3000 a.C. La adición de la sal también aparece alrededor de esta fecha, siendo utilizada seca como sazonador y conservador de la carne fresca y en forma de salmuera como conservador de frutas y verduras.²

El nitrato de potasio (salitre) raspado de las paredes de las bodegas de sal, era frecuentemente usado junto con la sal para conservar la carne en los tiempos bíblicos. Una de sus impurezas, el nitrito de sodio, no sólo potenciaba y estabilizaba el color rojo de la carne fresca sino que también era empleado por sus poderosas propiedades bactericidas. El imperio Romano se distinguió notablemente por hacer gran uso de las especias (quizás los primeros agentes saborizantes) e introdujeron la pimienta en muchas partes de Europa durante el primer siglo a.C. Al mismo tiempo el empleo de gomas naturales como espesantes llegó a ser una práctica ampliamente expandida en el Medio Oriente y los extractos de algas marinas se utilizaban para propósitos similares en el Oriente, particularmente en Japón.²

Como consecuencia del rápido aumento de la población a principios de este siglo, la producción de alimentos pasó de una escala familiar y de limitada distribución (dentro del mismo pueblo o ciudad) a una escala industrial y de amplia distribución. Los alimentos producidos en una ciudad son distribuidos dentro de todo el país e incluso exportados. Por otra parte, esto indica que los alimentos tardan en llegar al consumidor final, por lo que tienen que ser debidamente conservados, debido a esto hicieron aparición en el campo alimentario los aditivos o sustancias que añadidas a los alimentos en pequeñas cantidades aseguraban su conservación. Poco a poco fueron introduciéndose más y más, y pasaron de ser simples conservadores a sustancias con las que se trataba de "mejorar" la apariencia y demás cualidades sensoriales de los productos alimenticios para hacerlos más atractivos al consumidor.³

Del continuo y rápido desarrollo de la Industria Alimentaria surge la necesidad de brindar al consumidor una serie de nuevos productos para satisfacer sus necesidades básicas. También es necesario mejorar los productos que ya se encuentran en el mercado para obtener un buen nivel competitivo, sobre todo en estos tiempos en

donde la variedad de un mismo producto es grande. Esto, en conjunto, ha ocasionado el uso de aditivos alimentarios de todo tipo para obtener productos de calidad apetecibles al consumidor.³ Los avances tecnológicos en los alimentos procesados han aumentado la variedad y el uso de los aditivos. Hoy en día, más de 2500 aditivos diferentes se adicionan intencionalmente a los alimentos con el fin de obtener una característica deseada en el producto elaborado¹ y de todos ellos, la gran mayoría se encuentra en uno de los siguientes grupos: antioxidantes, potenciadores de sabor, emulsionantes, conservadores, colorantes, saborizantes, aromatizantes, secuestradores, agentes tensoactivos, amortiguadores de pH, acidulantes, edulcorantes, antiespumantes, clarificantes, blanqueadores, humectantes, vitaminas, enzimas, estabilizantes y espesantes.⁵

En relación con la legislación mexicana sobre aditivos, el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, expedido en 1999, define como aditivos "aquellas sustancias que se añaden a los alimentos y bebidas, con el objeto de proporcionar o intensificar aroma, color o sabor, prevenir cambios indeseables o modificar en general su aspecto físico. Queda prohibido su uso para: a) ocultar defectos de calidad; b) encubrir alteraciones y adulteraciones en la materia prima o en el producto terminado; c) disimular materias primas no aptas para el consumo humano, d) ocultar técnicas y procesos defectuosos de elaboración, manipulación, almacenamiento y transporte; e) reemplazar ingredientes en los productos que induzcan a error o engaño sobre la verdadera composición de los mismos, y f) alterar los resultados analíticos de los productos en que se agreguen".⁵

De los aditivos más empleados hoy en día, encontramos a los hidrocoloideos.⁴

Existe una gran cantidad de terminologías para describir a los hidrocoloideos. Normalmente éstos términos provienen, ya sea del origen o de las funciones que realizan. Tres de los más comunes dentro de la industria de los alimentos para denominarlos son: gomas, estabilizantes, espesantes o hidrocoloideos.

Hidrocoloide: Se emplea como una contracción de coloide hidrofílico y describe su inclinación por los sistemas acuosos y por sus características coloidales. Un coloide es aquella partícula sólida o semisólida en suspensión y dispersa en un líquido, como el agua, con un tamaño que varía, generalmente con grupos ionizables en la superficie que producen una carga eléctrica que la estabiliza a través de fuerzas de repulsión.⁶

Estabilizante: sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir en los alimentos cualquier cambio fisicoquímico.⁶ Se refiere a un producto que previene la separación de los multicomponentes de un sistema alimentario.⁵

Espesante: Compuesto, que por su capacidad de absorber y retener gran capacidad de agua, incrementa la viscosidad de sus soluciones.⁵

3.3 HIDROCOLOIDES

Los hidrocoloides comúnmente llamados gomas son polímeros hidrofílicos de cadena larga y alto peso molecular que generalmente forman parte de los polisacáridos, se disuelven o dispersan en agua y tienen la capacidad de formar redes tridimensionales para actuar como agentes espesantes y gelificantes; además de presentar algunas propiedades funcionales tales como las de estabilizar emulsiones, suspensiones y espumas y aumentar la viscosidad de los sistemas acuosos.^{5,7}

Los hidrocoloides son importantes y útiles en los sistemas alimenticios debido a su funcionalidad y no directamente a su composición; es decir, el efecto que ejercen en un producto dado interesa más que la constitución del hidrocoloide en sí; sin embargo, la relación entre estructura y función es muy estrecha. Los hidrocoloides conocidos como estabilizantes, espesantes o gomas, cumplen diversas funciones en los alimentos procesados: controlan viscosidad y separación de fases, previenen sinéresis, aumentan vida de anaquel, retardan la formación de cristales, suspenden partículas, forman geles, retienen humedad, crean cuerpo y forma, regulan el punto de congelación, aportan fibra natural, estabilizan espumas, emulsifican aceites y grasas, espesan y dan consistencia, retienen líquidos, forman películas y membranas protectoras, adhieren componentes, enmascaran sabores, reemplazan componentes grasos y/o surfactantes y mejoran la presentación. Como podemos observar son múltiples las aplicaciones y prácticamente las encontramos en todo producto.^{8,9}

Las propiedades funcionales de los hidrocoloides como son las de espesante y gelificante, dependen de varios factores:

- a) Los intrínsecos propios de la molécula como el peso molecular, los grados de ionización y de ramificación, etc.

b) y los extrínsecos que son propios del sistema, tales como el pH, la fuerza iónica, la temperatura, la concentración, de los otros componentes, etc.⁵

Algunos hidrocoloides dependen de factores como la presencia de iones específicos (alginato-Ca²⁺), proteínas (carrageninas-caseína) o de tratamiento térmico (grenetina).^{1, 10}

Cada hidrocoloide presenta características físicas y químicas determinadas, que no pueden fácilmente ser sustituidas con el uso de otro hidrocoloide; la combinación de dos o más de estos compuestos creará nuevas propiedades funcionales que en lo individual no tienen.⁵

La aplicación de hidrocoloides en los alimentos es muchas veces dependiente de la propiedad más importante que ejerce un solo hidrocoloide en un sistema. Debido a que los productos alimenticios actuales se ven sujetos a más presiones respecto a proceso, desempeño, innovación, apariencia, consideraciones nutricionales y de mercado, la aplicación de un solo hidrocoloide no es siempre suficiente para *afrentar* tales presiones. Las propiedades sinérgicas que presentan algunos hidrocoloides al estar presentes en las proporciones adecuadas, *ejercen un efecto mejorado* que puede abarcar varias propiedades funcionales a la vez, en una mezcla única.⁸ Por tal motivo, cuando *no se cuenta con la goma* específica para un proceso o producto, existe la alternativa de utilizar una mezcla de dos o más hidrocoloides que produzcan un *resultado satisfactorio*, tanto en funcionalidad como en costo, por ello los industriales deben buscar el hidrocoloide o mezcla de ellos para sus productos.⁸ La aplicación de sistemas específicos de hidrocoloides constituidos de diversas gomas en las proporciones óptimas para su uso en alimentos, o los sistemas particulares, son tendencias que refuerzan y enfocan de mejor manera las diversas funciones de lo que una goma pretende como aditivo.⁸

La característica más importante de los hidrocoloides es la *capacidad que tienen* para interactuar con el agua, de tal manera que en concentraciones bajas producen soluciones viscosas y cuando estas se incrementan *llegan incluso a establecer geles*.⁵

Los hidrocoloides tienen una *amplia variedad* de configuraciones, las cuales proporcionan diferentes propiedades a las soluciones¹⁰ (figura No.1)

Lineal



Ramificada simple



Lineal sustituida



Ramificada

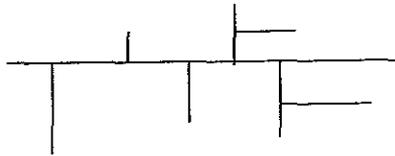


Figura No.1 “ARREGLOS ESTRUCTURALES DE LOS HIDROCOLOIDES”¹¹

La funcionalidad de los hidrocoloides en sistemas acuosos está gobernada por las propiedades reológicas del hidrocoloide en solución y por su configuración molecular.⁸ Las propiedades de la solución de hidrocoloide pueden modificarse por interacciones con otras gomas, modificándose su funcionalidad por alteraciones reológicas como solubilidad, gelificación típica y por su reactividad.⁷ Los hidrocoloides son en general proteínas y polisacáridos¹⁰ que se pueden clasificar de acuerdo a su origen, método de aislamiento, función, textura, termoreversibilidad, tiempo de gelificación o carga,¹¹ pero para fines más prácticos estos compuestos se dividen en tres grupos principales: naturales, semisintéticos y sintéticos.⁹

Los hidrocoloides naturales representan el grupo original o básico y comprende productos naturales derivados de plantas y animales.⁴ Los hidrocoloides semisintéticos se elaboran a partir de un polímero natural que se somete a alguna transformación química; con la finalidad de crear materiales nuevos o de mejorar propiedades funcionales en los ya existentes, en esta categoría están los almidones modificados, los distintos derivados celulósicos, las dextrinas y las gomas de origen microbiano. Los hidrocoloides sintéticos son polímeros vinílicos y acrílicos solubles en agua con características funcionales parecidas a las gomas naturales pero sin ninguna relación estructural con ellas.⁴ Hasta la fecha no están aprobados para el consumo humano.^{5,9}

Únicamente la polivinilpirrolidona (PVP) se permite emplear para aplicaciones muy específicas en alimentos para mascotas ⁴

En general se puede decir que las gomas o hidrocoloideas se utilizan por las siguientes razones: 1) Corregir o disminuir defectos en el alimento; 2) Aumentar la satisfacción sensorial derivada de los productos alimenticios; 3) Desarrollar nuevos productos o sistemas alimenticios. Por lo regular el uso de los hidrocoloideas dentro de los alimentos cumple con las recomendaciones dadas por la FAO y la WHO con respecto al uso de aditivos alimentarios. ⁴

A continuación se presenta el cuadro No.1 que incluye la clasificación por grupo y origen de hidrocoloide.

**CUADRO No.1 "CLASIFICACIÓN GENERAL DE ALGUNOS
HIDROCOLOIDES"¹²**

NATURALES	SEMISINTÉTICOS	SINTÉTICOS
EXUDADOS DE PLANTAS: Goma Arábica Goma de Tragacanto Goma Karaya Goma Ghatti Goma de Mezquite	DERIVADOS CELULOSICOS: Carboximetilcelulosa Metilcelulosa Hidroxipropilmetilcelulosa Hidroximetilcelulosa Celulosa Microcristalina Metiletilcelulosa Hidroxipropilcelulosa	POLÍMEROS VINILICOS: Polivinilpirrolidona (PVP) Polivinilalcohol (PVA) Polímeros carboxivinílicos (Carbopol)
EXTRACTOS DE SEMILLAS: Goma de Algarrobo Goma Guar Goma de Tamarindo	GOMAS DE ORIGEN MICROBIANO: Goma Xantana Goma Gelana Dextrana	POLÍMEROS ACRÍLICOS: Acido poliacrilamínico Poliacrilamina
EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS: Agar-agar Alginatos Carrageninas	DERIVADOS DE ALMIDÓN: Almidones modificados Maltodextrinas	OTROS: Polímeros de óxido de etileno
EXTRACTOS VEGETALES: Inulina Goma Konjac Pectinas		NOTA: el uso de los hidrocoloideos sintéticos no está permitido en alimentos.
OTROS: Almidón Celulosa		

Los hidrocoloides han cobrado gran importancia dentro de la industria de alimentos debido a la diversidad de funciones que pueden cumplir dentro de un producto¹⁰, además de que las únicas restricciones establecidas por la FDA, Comunidad Europea y Autoridades Mexicanas para su empleo, están relacionadas con buenas prácticas de manufactura, pues los hidrocoloides son productos naturales o derivados de estos en su mayoría e inocuos.⁹ Por tanto la FDA ha catalogado a estos compuestos como aditivos alimentarios como seguros o "GRAS" (Generally Recognized As Safe)¹³

3.4 SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE HIDROCOLOIDES

Las propiedades funcionales de los hidrocoloides son las razones básicas para el uso de estos materiales como aditivos de alimentos. Sin embargo la selección de la mejor goma para cualquier aplicación específica involucra más que solamente la selección de la propiedad funcional requerida. Tienen que considerarse muchos factores con el propósito de seleccionar la goma adecuada y el nivel de uso óptimo. Entre estos podemos enfistar los siguientes:^{1, 10}

1) Tipo de aplicación en el alimento.

Mezcla seca, lata de aerosol, alimento deshidratado, alimento congelado, alimento líquido o gel.

2) Apariencia de producto terminado.

Cuerpo, características de vaciado, tersura, habilidad gelificante.

3) Propiedades ópticas de producto terminado.

Transparente, translúcido, opaco, color.

4) Costo.

5) Viscosidad.

Consistencia, tixotropía, dilatancia, habilidad gelificante.

6) Sensación bucal (textura)

Viscoso, gomoso, correoso

7) Sensación al tacto.

Rasposo, aceitoso, arenoso, uniforme.

8) Olor.

Húmedo, rancio.

9) Propiedades emulsificantes.

10) Propiedades especiales.

No iónico, estabilidad al ácido, formador de películas, estabilizador de espumas.

11) Uso de combinaciones de gomas.

Efecto sinérgico, efecto antagónico.

12) Compatibilidad.

Con constituyentes funcionales del sistema alimenticio; con aditivos funcionales o inertes al sistema.

13) Estabilidad.

Temperatura, humedad, tiempo, empaque.

14) Preservación.

Estatus bacteriológico de aditivos de gomas, subjetividad al ataque de bacterias, compatibilidad de conservadores aprobados.

15) Consideraciones legales.

Toxicidad, GRAS, estándares de identidad, niveles permitidos.

En general, podemos tomar como puntos más sobresalientes para la selección de un hidrocoloide en la industria alimenticia los siguientes factores:

1) Justificación del uso del hidrocoloide en el producto

2) Propiedades físicas y químicas requeridas para el producto final

3) Alternativas para sustituir el hidrocoloide por otro tipo en caso de que se presente escasez

4) Estabilidad en el precio del hidrocoloide.¹⁴

Además de la errónea elección del sistema hidrocoloide, también es común el uso excesivo de estos aditivos, principalmente por desconocer la naturaleza del producto, repercutiendo de esta manera en el costo final del mismo.¹⁵

CAPÍTULO IV

HIDROCOLOIDES NATURALES

4.1 GENERALIDADES

La apariencia física y las propiedades de los hidrocoloides naturales son de importancia para determinar su valor comercial, además de definir la utilidad de los mismos. Las propiedades de los hidrocoloides varían considerablemente dependiendo de las fuentes botánicas de las que provengan, y aún así, existen diferencias sustanciales en los hidrocoloides de la misma especie si son recolectados en diferentes condiciones climáticas o por la época del año en que se efectúe su cosecha. Las propiedades físicas pueden afectarse también por la vida media del hidrocoloide y el tratamiento al que se somete después de su recolección.¹²

Dentro de esta categoría se encuentran aquellas gomas que son polisacáridos complejos que se obtienen de árboles y arbustos que crecen principalmente en África y Asia. Son secretadas o exudadas cuando se realiza una incisión o lesión en el tejido de la planta y al contacto con el aire, las gomas forman escamas lustrosas brillantes con una variedad de colores que van del blanco al café oscuro; dependiendo de su nivel de impurezas.¹⁶ Cada una de estas gomas es considerada por la FDA (United States Food and Drug Administration) como aditivos "generalmente seguros", es decir, aditivos GRAS. Cada una de ellas cuenta con su propio capítulo comenzando en el título 21 en las partes 172.580-172.874 y en las partes 182.1480-184.1724 respectivamente.^{12, 17, 18}

4.2 HIDROCOLOIDES OBTENIDOS DE EXUDADOS DE PLANTAS, ÁRBOLES O ARBUSTOS

Este tipo de hidrocoloides son los más conocidos, ya que su utilización data de tiempo atrás sobre todo porque podían recolectarse manualmente. Son del tipo de resinas segregadas por árboles o arbustos, las cuales se consideran como un mecanismo de defensa natural de las plantas para sellar heridas en la corteza. Este tipo de proceso se da particularmente en climas semiáridos; el exudado es una solución que tiende a cubrir la herida y a endurecerse para prevenir infecciones y deshidratación en la planta. El exudado inicial es suave y pegajoso por lo que es factible que se atrapen insectos, polvo, pelo de animales y basura en general. De igual manera, puede absorber taninos de la corteza y desarrollar un ligero color amarillento y si las concentraciones de taninos son altas, éstas llegan a producir sabores astringentes cuando la goma se encuentra en solución. Es por esto, que de acuerdo a la cantidad de impurezas, el color de las gomas y la especie de origen se determina la calidad, uso específico y por consiguiente, precios de las mismas. La recolección de los exudados requiere de mucho trabajo, comenzando por la insición o sanja que se hace en la corteza del árbol para incitar la exudación; sigue la recolección de la goma seca o semiseca por grupos de personas nómadas, en seguida viene la selección, empaque y finalmente el envío del producto a un almacén. Una vez en el lugar de procesamiento se somete a una molienda, un tamizado para remover impurezas, en algunos casos purificación y finalmente secado por aspersion para que el producto quede listo para ser utilizado en la industria.^{18,19}

Dentro de este grupo encontramos a la más conocida y utilizada que es la goma arábica; siguiendo en importancia: karaya, tragacanto, ghatti y mezquite.^{11,19}

4.2.1 GOMA ARÁBIGA

4.2.1.1 ORIGEN

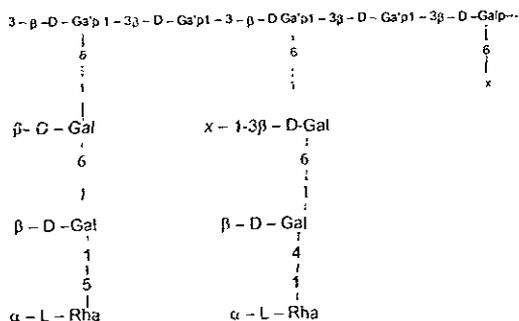
Entre los polisacáridos que proceden de exudados de plantas, la goma arábica es el mejor y desde hace más tiempo conocido. Se tienen datos del conocimiento de este hidrocoloide que indican que esta goma era empleada por los antiguos egipcios desde el año 2650 a C., para unir los vendajes de lino durante el proceso de momificación en Egipto ¹³

Este producto también recibe el nombre de goma Acacia, ya que se obtiene al remover la corteza de árboles como *Acacia senegal* que crece en Sudán. Esta goma es producida como glóbulos en forma de lágrimas que exudan por heridas o incisiones de la corteza de árboles del género Acacia, subfamilia *Minosoideae* y familia *Leguminosae*.^{20,21,18,22} Una vez endurecida, el exudado es recolectado a mano por los nativos y vendido a una serie de intermediarios los cuales lo venden a los diferentes productores que harán la refinación y transformación con la que ya puede ser utilizada en la industria. La goma proviene de África, específicamente de Sudán, particularmente de la zona de Kordofán, donde se produce la mejor calidad de goma arábica, con el 75% del total mundial, el resto se produce en Senegal, Mauritania, Nigeria, Mali y Chad. El 80% de la producción de goma arábica proviene de la *Acacia senegal*, el 10% de *Acacia seyal* y el 10% restante de *Acacia laeta*, *campylacantha* y *drepanolobium*.^{21,18,22} La producción de la goma es estimulada por la separación intencionada de la corteza, del mismo modo que se obtiene la resina de los pinos.^{4,5} Dos de sus características principales son su alta solubilidad en agua (hasta 50%) y la baja viscosidad que desarrolla. A diferencia del resto de las otras gomas, las soluciones de la arábica tienen un comportamiento Newtoniano en concentraciones hasta de 40% pero al incrementarse, ésta desarrolla las características pseudoplásticas de la mayoría de las gomas.^{4,5,14} La goma es de color blanco o amarillo pálido, carece de olor perceptible y es viscosa al paladar.²³

4.2.1.2 ESTRUCTURA

La goma arábica es una sal neutra o ligeramente ácida de un polisacárido complejo que contiene iones calcio, magnesio y potasio.²² La goma arábica es un

heteropolisacárido muy ramificado formado por una cadena principal de unidades de D-galactosa, L-ramnosa, L-arabinosa y ácido D-glucurónico. Contiene a su vez una pequeña cantidad de proteína que es fundamental cuando se trata de productos enfocados a los concentrados para la fabricación de bebidas embotelladas²²



X= L-Ara

11 - D Gal 1 - 3L - Ara -

11 - L - Ara 1 - 3 L - Ara -

L - Ara 1 - 3 L - Ara -

L - Ara1 - 3 L - Ara 1 - 3 L - Ara

11 - L - Ara 1 - 3 L - Ara - 3 L - Ara -

FIGURA No.2 "ESTRUCTURA PARCIAL DE LA GOMA ARÁBIGA"²¹

Se le considera una molécula globular compleja y altamente ramificada, su forma es parecida a una espiral.²²

Su peso molecular varía entre 250,000 y un millón de Daltones y sus moléculas se presentan como espirales cortas y muy plegadas de 1050 a 2400 Å de longitud.^{5,20}

4.2.1.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Emulsificante

Estabilizante

Encapsulante

Enturbiantes²⁴

4.2.1.4 CUADRO No2 "PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE CALIDAD"²⁸

	Valor reportado ²⁸
% Humedad	15 %
% Cenizas totales	4.5 %
% Cenizas insolubles en ácido	0.5 %
% Cenizas solubles en agua	50 mg/100 g

4.2.1.5 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

• SOLUBILIDAD

En agua: soluble en frío y en caliente.

En leche: soluble en frío y en caliente.

En soluciones salinas: soluble en frío y en caliente.

En soluciones azucaradas: Soluble en caliente.

En etanol: insoluble arriba del 60%

La solubilidad aumenta con pH arriba de 6.²⁴

La goma arábica es insoluble en grasas y en la mayoría de los disolventes orgánicos. El rango óptimo de sólidos en solución de la goma arábica es de 0-8%.²⁴

• VISCOSIDAD

La goma arábica genera una baja viscosidad de aproximadamente unos 100 cps. La influencia de sus grupos ácidos hace que la viscosidad de sus dispersiones se vea afectada por la adición de ácidos o de álcalis y por la presencia de cationes. La viscosidad es baja en el intervalo de pH bajo y alto alcanzando su máximo a pH 6-8.²⁵ La goma arábica no se usa normalmente cuando se requiere la propiedad de pegajosidad. Su viscosidad aumenta muy lentamente arriba del 25% de concentración. Abajo del 25% de concentración la viscosidad aumenta rápidamente en proporción al contenido de goma. Una solución al 30% tiene cerca de 100 cps. Al 40% de concentración o más la goma es pseudoplástica, ya que decrece su viscosidad y aumenta su resistencia al esfuerzo de deslizamiento y de corte. El incremento de temperatura reduce su viscosidad considerablemente. Las soluciones de goma arábica se vuelven más viscosas cerca del

pH 6 a 7. La viscosidad de la goma es afectada en gran manera por factores como: la edad del árbol del que provienen, la lluvia, la edad de la goma después de la recolección así como el secado y las condiciones de almacenamiento.^{5, 20}

- **RANGO ÓPTIMO DE pH**

La goma arábica presenta una alta estabilidad en un rango óptimo de pH de 2.0 a 10.0

CUADRO No.3 "ENSAYOS DE IDENTIDAD DE LA GOMA ARÁBIGA"²⁷

CON CLORURO FÉRRICO	PRECIPITADO SOLUBLE EN EXCESO DE REACTIVO
CON SUBACETATO DE PLOMO	PRECIPITADO DE COLOR BLANCO FLOCULENTO O DE MASAS COMPACTAS
CON TETRABORATO DE SODIO	REACCIÓN NEGATIVA
CON SOLUCIÓN DE YODO	REACCIÓN NEGATIVA
PRESENCIA DE TANINOS	REACCIÓN NEGATIVA

4.2.1.6 COMPATIBILIDAD

Es compatible con goma ghatti, con goma de mezquite, con gomas provenientes de acacias y con otros hidrocoloides vegetales, algunas proteínas, carbohidratos y almidones.

Produce emulsiones estables con la mayor parte de los aceites en un amplio rango de pH.²⁴

4.2.1.7 INCOMPATIBILIDAD

La goma arábica es incompatible con alcoholes solubles en agua, cetonas, goma xantana, alginatos y grenetina. Con bórax, cloruro férrico, acetato de plomo y cloruro mercurioso. Con grenetina y alginato de sodio.²⁴

4.2.1.8 PRESERVATIVOS

La goma arábica al igual que otros hidrocoloides vegetales está sujeta al ataque bacteriano y puede ser preservada usando benzoato de sodio o ácido benzoico al 0.1%.

El metil propil parahidroxibenzoato es muy buen preservativo usado en el intervalo de 0.17 a 0.3%.²⁴

4.2.1.9 SINERGISMO

Con goma karaya aumenta la estabilidad de las emulsiones.

Con goma de tragacanto emulsifica y con otras gomas provenientes de Acacias como ghatii aumenta la emulsificación de los sistemas

Con almidones modificados y goma de mezquite encapsula aceites esenciales. Con Metilcelulosa al 6% en solución y con 4% de arábica se genera una viscosidad de 50 cps.

Con CMC al 2% y arábica al 2% se obtiene una mezcla útil para deshidratar jugos y bebidas y para encapsular colores y sabores^{29,30}

4.2.1.10 APLICACIONES

Dentro de las aplicaciones generales de este tipo de goma tenemos que es un excelente agente emulsificante en sistemas aceite:agua (O/W); utilizado también como agente encapsulante sobre todo en sabores cítricos, ya que protege, aísla de la oxidación y evita la volatilización de los componentes principales.^{3,9} Retarda la cristalización de los azúcares en dulces y caramelos. Actúa como estabilizador de espuma en cerveza y de salsas y aderezos para ensaladas. Se emplea como agente enturbiante en la elaboración de bebidas gaseosas y como clarificante de jugos de manzana. Es un buen formador de películas en la industria de la confitería evitando la migración de la grasa en productos a base de chocolate. Se emplea como adhesivo sobre todo en merengues y glassés para la industria de la panificación y se ha observado que es un excelente agente mejorador de textura en panificación.^{9, 21, 19, 24}

4.2.2. GOMA DE TRAGACANTO

4.2.2.1 ORIGEN

El tragacanto es un exudado de diversas especies de Astragalus, género botánico perteneciente a la familia de las leguminosas; los cuales crecen silvestres en las regiones del Medio Oriente; principalmente en Irán, Siria y Turquía.^{1, 5, 13} Sin embargo, algunos investigadores han demostrado que esta especie no es la única en lo que se refiere a la producción de la goma de tragacanto, y mencionan como especie alterna a *A. microcephalus*.

La goma de tragacanto se encuentra en las zonas montañosas y secas de Irán, Siria, Turquía y Asia menor variando la calidad de poblado en poblado. La sustancia viscosa se origina en la médula o en los radios de las porciones aéreas de la planta. Incidiendo en la corteza fluye la sustancia como una masa pegajosa que se solidifica en pocos días. El producto comercial de buena calidad se compone de fragmentos blancos o amarillentos de 1 a 3 mm de espesor y en forma de hojuela. Se suele manejar como producto en polvo, de color blanco o débilmente amarillo.²³

Su uso se describe desde la época de Teofrasto, filósofo griego (siglo III a.C.) hasta nuestros días. El nombre de tragacanto proviene del griego tragos (cabra) y de akantha (cuerno), es decir, cuerno de cabra, debido básicamente a su forma curvada parecida a un pequeño cuerno. También se le conoce con los nombres de goma de hoja o goma siria.

La goma de mejor calidad se obtiene de arbustos pequeños, los cuales requieren de grandes cantidades de agua durante el período de crecimiento, pero una vez terminado, el agua es indeseable ya que un exceso de lluvia puede provocar que parte de la goma se pierda y merme la producción de la misma.^{31, 32}

Puede presentarse en dos maneras diferentes, en pequeños listones curvos (*Maftuli*) o en forma de hojuelas (*Kharmani*) que se curvean después de secarse. La goma en forma de listón es larga, plana, flexible, curva y de color blanco, mide entre 5 y 15 cm. Las hojuelas de tragacanto son de forma oval, gruesas, quebradizas y miden entre 1.3 y 5 cm.

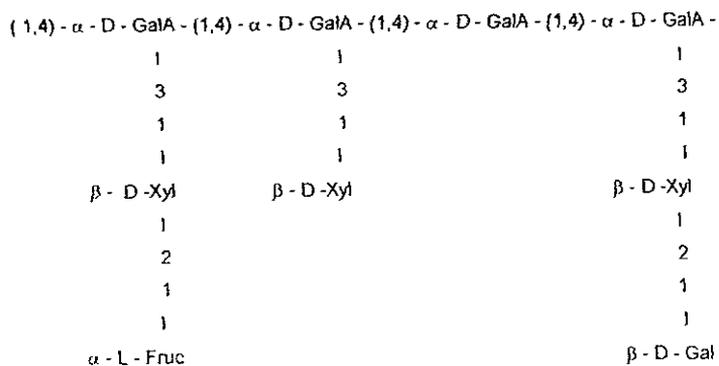
Las *características* antes descritas nos indican que la goma de tragacanto en la forma de listón es de mayor calidad que la de hojuelas, ya que presentan coloraciones blancas lechosas u opacas. Las de menor calidad suelen ser quebradizas y translúcidas.³³

La forma de obtención de este exudado es muy parecido al utilizado para la goma arábica. Básicamente se trata de realizar incisiones en los arbustos productores para que se genere una *secreción gomosa que pretende proteger al arbusto como tal*. Este exudado gomoso se seca y se recolecta a mano entre los meses de mayo a octubre variando el tipo de goma recolectada, ya que de abril a septiembre la mayor parte de la cosecha se trata de goma de *tragacanto en forma de listones* y en los meses de agosto en adelante la mayor parte de la recolección es en hojuelas. Una vez recolectada la goma se clasifica de acuerdo al tipo de forma que presenta, se limpia de polvo y materia extraña, se muele y se tamiza para *obtener el producto listo para el consumo en la industria*.³¹

4.2.2.2 ESTRUCTURA

La estructura química de la goma de tragacanto ha sido tema de controversia dentro del mundo científico ya que se han tenido dificultades para determinar exactamente su composición. *Se considera a la goma de tragacanto como una mezcla compleja de polisacáridos que incluyen ácido D-galacturónico, D-galactosa, L-fructosa, D-xilosa, y L-arabinosa, los cuales se presentan como sales de calcio, magnesio y potasio. Sin embargo, la mayoría de los investigadores concuerdan en que el tragacanto se compone por lo menos de dos partes mayoritarias, las cuales reciben el nombre de "Basorina" la más abundante (60 -70%) que se hincha en presencia del agua y se compone de una compleja estructura de ácidos polimetoxilados y la parte conocida como "Tragacantina" que es la fracción soluble y consiste en un anillo de tres moléculas de ácido glucurónico y una molécula de arabinosa con unión de dos moléculas de arabinos. Se cree que la basorina sufre una demetoxilación para dar lugar a la segunda parte, sin embargo, esto no ha sido totalmente comprobado. El peso molecular del tragacanto es aproximadamente de 840,000 Daltones y un tamaño de partícula de 4500 por 19 Å, lo que da como resultado una alta viscosidad.*³³

FIGURA No.3 "ESTRUCTURA MOLECULAR DEL ÁCIDO TRAGACÁNTICO"³³



Donde

D-GalA es ácido D-galacturónico

D-Gal es D-galactosa

D-xyl es D-xilosa

L-fruc es L-fructosa

4.2.2.3 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE CALIDAD

En cuanto a los estándares fisicoquímicos establecidos por el Codex alimentario encontramos lo siguiente.^{26 33}

Arsénico (como As)	no más de 3 ppm
Cenizas totales	no más del 3%
Cenizas insolubles en ácido	no más del 0.5%
Metales pesados	no más de 40 ppm
Viscosidad	mínimo 250 cps

Además no deben encontrarse indicios de goma karaya ya que esto significaría adulteración del producto final.^{26, 33}

4.2.2.4 PROPIEDADES FUNCIONALES

Estabilizante

Espesante

Emulsificante

4.2.2.5 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- **SOLUBILIDAD**

En agua: soluble en frío y en caliente.

En leche: soluble en frío y en caliente.

En soluciones salinas: soluble en frío y en caliente.

En soluciones azucaradas: soluble en caliente.

En etanol: insoluble arriba del 60%.²⁴

- **VISCOSIDAD**

La goma proporciona la más alta viscosidad de todos los hidrocoloides de exudados de plantas, 3400 cps.¹² Es soluble en agua caliente y la adición de ácidos, álcalis o NaCl al igual que pasa con la arábica, reduce su viscosidad y los geles que forma son susceptibles de ataque microbiano.³ La parte nombrada anteriormente como basorina es la que se hincha en presencia de agua, sin embargo, la tragacantina sí se disuelve y juntos dan la combinación perfecta para generar la viscosidad más alta en lo que se refiere a los exudados de plantas. La viscosidad aproximada de una solución al 1% es de 3,400 cps que generalmente es alcanzada después de 24 horas a temperatura ambiente o por calentamiento a 50°C durante dos horas. Su viscosidad es proporcional a la cantidad de goma que se utilice para preparar las soluciones. Una solución de goma en una concentración del 2 al 4% forma un gel espeso.

La goma de tragacanto muestra un comportamiento pseudoplástico, es decir, las soluciones concentradas de la goma tienden a disminuir sus viscosidades cuando se incrementa el esfuerzo cortante. Una vez que cesa este esfuerzo, la viscosidad se vuelve a recuperar. Sin embargo, cuando el esfuerzo es demasiado fuerte la viscosidad puede verse afectada indeterminadamente.³¹ La viscosidad es más estable a un pH entre 4 y 8.⁵

FORMACION DE GELES

No forma geles en presencia de otras gomas como el algarrobo o la goma xantana. No muestra sinergismo con la goma arábica ya que al mezclarse estas dos, resulta una

disminución en la viscosidad del tragacanto. Sin embargo, las emulsiones en donde se utilice esta combinación resultan ser de mayor calidad.³¹

- **RANGO ÓPTIMO DE pH**

Las soluciones de goma de tragacanto son ácidas, sus valores de pH promedio se encuentran entre 5 y 6, alcanzándose la máxima viscosidad a un pH de 8 y la más estable en un pH de 5. Llega a disminuir su viscosidad abajo de 4 y arriba de 6, sin embargo, presenta estabilidad cuando se aplica en sistemas con pH de 2, aumentando las posibilidades de aplicación dentro de los alimentos.³¹

Es estable a pH de 7. Es una goma seleccionada para usarse a pH bajo ya que es más estable a pH ácido y muy resistente a la hidrólisis ácida.^{24, 5}

4.2.2.6 COMPATIBILIDAD

Forma soluciones no Newtonianas y pseudoplásticas en concentraciones abajo del 1% (3000 a 6000 cps) a un pH de 10.5 con almidones modificados, goma arábica, goma de algarrobo, carrageninas, goma karaya, MC y CMC. Con goma arábica disminuye la viscosidad de los sistemas alimentarios.

Se usa mezclada con goma guar y con goma de algarrobo en rellenos para pasteles y pays.

Con CMC como estabilizador de productos lácteos. Con goma de algarrobo a 80°C durante 10 minutos para formar soluciones pseudoplásticas.

Con una mezcla de goma guar, xantana, CMC y MC para aumentar la viscosidad en productos lácteos y en pastelería para evitar el rebosamiento del relleno de pays.

Con HPMC en la elaboración de merengues y cremas batidas. Con carrageninas y goma de algarrobo forma un gel fuerte y de alta viscosidad. Con una mezcla de goma karaya, goma de algarrobo, CMC, MC, alginatos y pectinas se forman geles con baja

viscosidad. Con goma guar se obtienen geles con un marcado incremento en la viscosidad.^{1, 5, 10}

4.2.2.7 PRESERVATIVOS

La goma de tragacanto puede ser atacada por bacterias. El glicerol o el proplenglicol a una concentración de 94 ml/L sirve como un excelente preservativo.²⁴

4.2.2.8 TOXICIDAD

La goma de tragacanto es un hidrocoloide no tóxico y considerado como aditivo alimentario GRAS.²⁴

4.2.2.9 APLICACIONES

Por su capacidad de resistir valores de pH bajos y por su carácter emulsificante, la goma de tragacanto puede aplicarse en un sinnúmero de alimentos, se utiliza en aderezos para ensaladas aumentando la cremosidad de los mismos y como un excelente agente estabilizante, espesante y emulsificante debido a su estabilidad al calor, al añejamiento y a la acidez y a su larga vida de anaquel, en este tipo de aplicaciones las concentraciones varían entre 0.4% y 0.75%. De igual forma se utiliza en aderezos bajos en calorías y como agente de suspensión en salsas. En la industria de la panificación se usa para elaborar glassés y coberturas más brillantes y con mejor textura. En emulsiones para hornear y recubrimientos se usa como un emulsificante y como agente espesante. Se utiliza en helados como un agente ligador de agua libre, evita la formación de cristales demasiado grandes y ayuda a suspender trozos de fruta para mejorar la distribución en el producto final. Se utiliza como agente mejorador de la vida de anaquel en leche. Su capacidad ligante de agua libre la hace imprescindible para utilizarse en rellenos de caramelo duro sobre todo en aquellos hechos a base de frutas cítricas y en la industria confitera en general.^{26, 32, 33, 34} En rellenos de fruta sirve como un agente espesante o de suspensión y forma un relleno cremoso, con buen brillo, transparencia y larga vida de anaquel. Se emplea en la elaboración de jarabes de sabores para aumentar la viscosidad y mejorar la mezcla en muchas aplicaciones.²⁴

A pesar de todas las aplicaciones en donde puede introducirse la goma de tragacanto, su uso se ha limitado por problemas políticos, ya que el principal productor es Irán y obviamente existe un desabasto grande a nivel mundial lo que incrementa el precio de la goma considerablemente. Debido a esto se han utilizado sustitutos que resultan más económicos y con un mejor abasto como lo son los alginatos y algunas celulosas resistentes a valores de pH bajos.^{13, 33}

4.2.3 GOMA KARAYA

4.2.3.1 ORIGEN

Además del tragacanto genuino obtenido del género *Astragalus*, existe el tragacanto indio, también llamado goma karaya o goma kufira.²³

La goma karaya es el heteropolisacárido obtenido de la exudación del árbol *Sterculia urens* que crece en la India Central, del Norte y Este de la zona montañosa de la India y algunas zonas de Ceylán.^{13, 5, 35}

El árbol mide aproximadamente 10 metros de alto. La goma de mayor calidad se recolecta en los meses de marzo y junio después de la época del monzón. El exudado, una vez endurecido, es recolectado a mano por los nativos, los cuales clasifican el producto de acuerdo al tamaño y color de la goma; se somete a un proceso de limpieza para eliminar astillas, tierra, etc. se muele, tamiza y estandariza y finalmente se envasa para venderse. La calidad de la goma depende del color y de las impurezas contenidas en la misma, normalmente los colores van del blanco hasta el café claro, donde la más clara será la goma de mejor calidad.³⁶

4.2.3.2 ESTRUCTURA

La goma karaya se considera un polisacárido de alto peso molecular parcialmente acetilado en un 8%. Formado por cadenas de L-ramnosa, D-galactosa y ácido D-galacturónico parcialmente acetiladas, y con algunas cadenas de ácido D-glucurónico en proporciones de 4:6:5 respectivamente. Tiene un peso molecular del orden de 9.5 millones de Daltones.

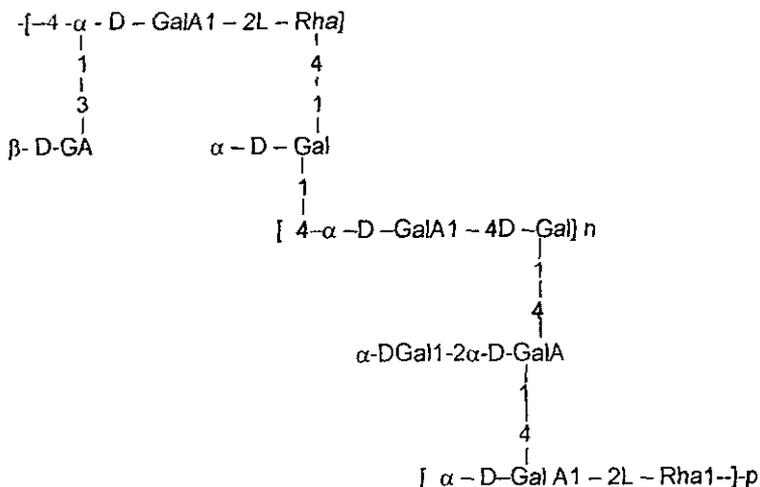


FIGURA No.4 "ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA GOMA KARAYA"³⁵

La goma karaya tiene la peculiaridad de liberar ácido acético con el tiempo; esta característica depende principalmente de la temperatura, humedad y tamaño de partícula de la goma dando como resultado su olor característico.^{5 13. 35}

4.2.3.3 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE CALIDAD

En cuanto a los estándares físicoquímicos establecidos por el Codex Alimentario encontramos lo siguiente:^{37 35}

arsénico (como As)	no más de 3 ppm
cenizas solubles en ácido	no más de 1.0 %
metales pesados	no más de 40 ppm
plomo	no más de 10 ppm
materia insoluble	no más de 3%
humedad	no más de 20%

4.2.3.4 PROPIEDADES FUNCIONALES

Estabilizante

Emulsificante

4.2.3.5 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- SOLUBILIDAD

Es una de las gomas menos solubles en agua y genera una viscosidad de 3000 cps en soluciones acuosas al 1%. No forma soluciones cristalinas, aquí las partículas de goma absorben el agua presente en el sistema para dar soluciones viscosas a bajas concentraciones. Por tanto, las viscosidades pueden abarcar rangos de 400 cps al 0.5% hasta 10,000 al 3% en soluciones acuosas. Las soluciones decrecen en viscosidad con el tiempo y suelen presentar olores acéticos o avinagrados.^{35,32} La solubilidad decrece con la adición de ácidos o álcalis o aumento del valor del pH. La solución se aclara en medios ácidos y se oscurece en alcalinos debido a la presencia de taninos. A valores de pH por debajo de 7 comienza la pérdida de grupos acetilo debido a una rápida saponificación de la goma y es así que las soluciones se transforman en mucilagos correosos aumentando la viscosidad de la solución en sí. Este fenómeno es irreversible y se le conoce como deacetilación

La goma karaya se hidroliza lentamente en soluciones de HCl al 10% soportando por lo menos 8 horas a temperatura ambiente. La adición de algunos electrolitos como cloruro de sodio, calcio o sulfato de aluminio puede ocasionar disminuciones en la viscosidad de las soluciones. La goma puede soportar concentraciones hasta de un 25% de electrolitos mostrando un ligero decremento en la viscosidad inicial así como una separación de sólidos.^{35,32}

La goma en polvo pierde su capacidad de producir viscosidad si se almacena a elevadas temperaturas y humedad. Las dispersiones de goma karaya tienen una alta viscosidad cuando se preparan con agua fría, sin embargo, el calentamiento aumenta la solubilidad de la goma.

Muestra un comportamiento pseudoplástico, es decir, las soluciones de la goma tienden a disminuir sus viscosidades cuando se incrementa el esfuerzo cortante. Una vez que cesa este esfuerzo, la viscosidad se vuelve a recuperar. Sin embargo, cuando el esfuerzo es demasiado fuerte la viscosidad puede verse afectada indeterminadamente.³¹

Las temperaturas altas afectan la viscosidad de la goma, por lo que es preferible la hidratación de la misma en agua fría.³¹

FORMACION DE GELES

Forma geles aparentes en concentraciones de 2 a 3%. Forma películas suaves sobre todo cuando se utiliza en combinaciones con los glicoles para plastificar.²⁴

- **RANGO ÓPTIMO DE pH**

En lo que respecta al pH, la goma karaya alcanza su máxima solubilidad entre los 6 y 8, siendo el pH normal de una solución al 1% entre 4.5 y 7. El rango óptimo de pH es de 4.3 a 4.8. A valores de pH alcalinos la goma forma una pasta en forma de hilos.^{1,13}

4.2.3.6 COMPATIBILIDAD

Como la goma karaya es similar a la goma de tragacanto en muchos aspectos, en los últimos años, ésta se ha estado empleando como un adulterante o un reemplazante parcial del tragacanto.¹³

4.2.3.7 SINERGISMO

Con *alginato/carragenina* aumenta su capacidad para ligar agua en los sistemas alimentarios.¹⁰

4.2.3.8 TOXICIDAD

No tóxica.

4.2.3.9 APLICACIONES

En sherbets y paletas heladas se emplea este hidrocoloide para prevenir la formación de cristales demasiado grandes y para evitar la sinéresis o la migración de agua libre, la dosificación aproximada es de 0.4% sola o combinada con un 0.15% de goma de

algarrobo. Como agente emulsificante en sistemas *aceite/agua* previniendo la separación de fases, esto se aplica en aderezos para ensaladas. Se utiliza en productos cárnicos en porcentajes de 0.25% como retensor de agua y por sus propiedades adherentes. En panadería se utiliza para evitar el envejecimiento prematuro del pan, además permite que las masas se sometan a un exceso de mezclado sin que se presenten problemas posteriores. Por su capacidad ligadora de agua libre, se utiliza en la elaboración de merengues, cremas para batir y coberturas.^{26, 32, 35, 38}

4.2.4 GOMA GHATTI

4.2.4.1 ORIGEN

Es el exudado del tronco del árbol *Anogeissus latifolia* el cual es nativo de la India.¹³

La goma ghatti fue originalmente desarrollada como un sustituto de la goma arábiga. Las principales razones de selección de esta goma son su habilidad de emulsificar, estabilizar, dar viscosidad y ligar agua.¹²

4.2.4.2 ESTRUCTURA

La goma es soluble en agua y su estructura está formada por moléculas de L-arabinosa, D-galactosa, D-manosa, D-xilosa y ácido D-glucurónico.¹³ Tiene un peso molecular de 12,000 Daltones.⁵

4.2.4.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Estabilizante

Espesante

Ligador de agua

4.2.4.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- **SOLUBILIDAD**

Alta, hasta 90% en agua.

- **VISCOSIDAD**

Genera una viscosidad de 700 cps en soluciones acuosas al 1%, en frío y en caliente. La máxima viscosidad la desarrolla a pH de 5-7.

CONDICIONES PARA GELIFICAR: No gelifica

4.2.4.5 TOXICIDAD

Su uso se encuentra restringido.¹³

4.2.5 GOMA DE MEZQUITE

4.2.5.1 ORIGEN

El mezquite (*Prosopis spp*) es una planta leguminosa que se halla distribuida ampliamente en las regiones áridas y semiáridas del planeta, particularmente las situadas en la zona subtropical de América, África y Asia. Aunque puede crecer en una gran variedad de suelos, el mezquite predomina en aquellos que reciben menos de 8 cm anuales de precipitación pluvial así como en áreas de pastizal y valles de ríos. Como otras leguminosas, el mezquite produce vainas y en sus raíces contiene nódulos bacterianos capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. Las plantas silvestres producen de 30 a 40 kg de vainas por hectárea y por año, pero en plantaciones de alta densidad el rendimiento se eleva hasta casi 3,000 kg anuales por hectárea.³⁹ El mezquite es un árbol perteneciente a la familia de las leguminosas que crece en las zonas áridas y semiáridas de México. De su madera se obtiene carbón vegetal, el néctar de sus flores es una fuente de miel, es un

árbol que mejora el suelo y sus semillas parecidas al frijol sirven como alimento; pero también se ha visto que es un árbol productor de goma.

La goma de mezquite es el exudado gomoso del tronco y ramas del árbol *Prosopis juliflora*. Es de color ámbar y se condensa en forma de gotas en las rugosidades de la corteza de los árboles viejos con más frecuencia que en los jóvenes.⁴⁰ La goma se obtiene en forma de polvos de color café oscuro y se ha observado que en la época más fría, es decir, de diciembre a enero, los mezquites secretan goma en cantidad abundante, la cual al secarse queda en forma de abultamientos o gotas ambarinas,⁴¹ por lo que para obtener un mayor rendimiento se recomienda realizar la recolección en diciembre y enero o antes de la época de lluvias pueden realizarse otras incisiones en la corteza para obtener mayor abundancia de la goma.⁴¹ La goma de mezquite se presenta en forma de lágrimas esferoidales hasta de 35 mm de diámetro o como masas verniformes de color variable, desde el amarillo ámbar hasta el café rojizo. Por la presencia de numerosas pequeñas fisuras, que pueden ser translúcidas o ligeramente opacas, la superficie es vidriosa con grietas y estrangulamientos anulares muy juntos, principalmente en la parte convexa; las fracturas son brillantes y ocasionalmente iridiscentes. Las lágrimas son muy frágiles y tiene en su interior oquedades esféricas o cilíndricas y algo comprimidas. Son prácticamente inodoras y producen una sensación mucilaginoso en la lengua.²⁸

La goma de mezquite tiene propiedades muy similares a la goma arábiga por lo que se emplea como sustituto.⁴² Al igual que otros productos del mezquite, la goma también era recolectada por los indígenas y actualmente por la población de las regiones secas. El mezquite sirve para obtener mucilago y para la fabricación de dulces. En algunos lugares del norte del país se consume la goma del mezquite como alimento diluida en agua y con azúcar.⁴² La utilización de las vainas como alimento no es nueva. En algunas regiones de México los niños acostumbran chuparlas y con la harina prensada se prepara un dulce conocido como "mezquitamal". En México y Centroamérica se utilizan las vainas para fabricar bebidas fermentadas (como vino o cerveza), destiladas (semejantes al mezcal) y no fermentadas como el mezquitatole.

Existen registros de que en el suroeste de los Estados Unidos, los pueblos Pima molían las vainas para producir una especie de pinole a partir del cual elaboraban pan.

calcio y a pesar de la complejidad de su constitución se ha propuesto una estructura parcial.⁴³

4.2.5.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Espesante

Estabilizante

Encapsulante

Enturbiante

Clarificante

4.2.5.4 CUADRO No.4 "PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE CALIDAD"²⁸

	VALOR REPORTADO
% Humedad	12 %
% Cenizas totales	3 %

CUADRO No.5 "ENSAYOS DE IDENTIDAD"²⁷

	goma de mezquite
con cloruro férrico	no precipita
con subacetato de plomo	no flocula
con tetraborato de sodio	no precipita
Con solución de yodo	No aparece coloración rojiza o azul
Presencia de taninos	Negativa

4.2.5.5 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- **SOLUBILIDAD**

Se disuelve en tres veces su peso de agua y da un buen mucilago de color *ligeramente amarillo*. La solución resultante fluye fácilmente y es ácida al papel tornasol.²⁸ La solución acuosa de la goma de mezquite es levorrotatoria y tiene una rotación óptica de -36° .⁴⁴

- **VISCOSIDAD**

Genera una viscosidad de 3000 cps en soluciones acuosas al 1%. La viscosidad disminuye por la adición de electrolitos fuertes o valores de pH elevados. La goma en polvo pierde su capacidad de generar viscosidad si se almacena a temperaturas elevadas y humedad.

REOLOGÍA

Vernon Carter y colaboradores han realizado estudios sobre la reología de la goma de mezquite comparándola con las propiedades de la goma arábiga. Las propiedades reológicas de las emulsiones estabilizadas por ambas gomas se estudiaron en un reómetro interfacial con el cual se midió la tensión superficial expresada en dinas por centímetro (dinas cm^{-1}). Los valores obtenidos de este parámetro resultaron ser mayores para las emulsiones estabilizadas con goma de mezquite que para aquellas conteniendo goma arábiga, por lo que se concluye que la goma de mezquite es un mejor agente estabilizador de emulsiones incluso con un mejor rendimiento, ya que la cantidad requerida de goma de mezquite es menor que la necesaria de goma arábiga para conseguir la estabilidad del sistema donde se incorpora.⁴⁶

La goma de mezquite forma películas interfaciales más resistentes que las de la goma arábiga debido a que presenta una estructura menos rígida y tiene un grado mayor de ramificación, lo cual demuestra que puede usarse en forma efectiva como emulsificante.⁴⁷

El poder espesante de la goma de mezquite es mayor que el de la goma arábica debido a que las emulsiones estabilizadas por la goma de mezquite mostraron una viscosidad, expresada en centipoises (cps), 1.5 a 2.5 veces mayor que las emulsiones estabilizadas con ésta presentan menor grado de coalescencia que con la goma arábica.⁴⁹

4.2.5.6 COMPATIBILIDAD

Es compatible con goma ghaffi, goma arábica y otras provenientes de acacias.⁵

4.3 HIDROCOLOIDES OBTENIDOS A PARTIR DE SEMILLAS DE PLANTAS

A través de los años el uso de diferentes semillas ha sido muy amplio en las áreas de farmacia, cosmética, textiles, alimentos y en la industria del papel. A este tipo de hidrocoloides se les conoce también como galactomanosas, por su estructura formada por moléculas de D-manosa y de D-galactosa, ya que provienen de ciertas plantas de la familia de leguminosas del género *Ceratonia* y *Cyamopsis*. El proceso de obtención de las mismas es básicamente una molienda en donde se separa la cascarilla del endospermo, el cual es molido, clasificado y empacado. Los grados de pureza y el precio de las gomas dependen de la calidad de las harinas obtenidas.⁴⁹

4.3.1 GOMA DE ALGARROBO (LOCUST BEAN)

4.3.1.1 ORIGEN

Esta goma es un polisacárido neutro compuesto de manosa y galactosa en una relación 4:1. La goma se encuentra presente en el endospermo de las semillas del árbol *Ceratonia siliqua*, el cual es típico de los países mediterráneos, principalmente en Portugal y España. Su cultivo data de más de 200 años. En los tiempos antiguos los egipcios empleaban esta goma por sus propiedades adhesivas para el proceso de momificación. Los árabes nombraron a la semilla de algarrobo como "karat", y emplearon su peso estándar como una unidad de peso para las piedras preciosas. También se le conoció como "Pan de San Juan", ya que al parecer este árbol fue el alimento de San Juan "El Bautista" durante su estancia en el desierto.⁴⁹

El árbol de algarrobo alcanza alturas de 12 a 15 m, sus frutos son vainas color café oscuro de 10 a 20 cm de largo, 2 a 5 cm de ancho, 6.5 a 9.5 cm de grueso y con un peso entre 20 y 40 g. Cada vaina contiene aproximadamente 10 semillas cuya composición es:

⁵⁰

Germen	25-30%
Endospermo	40-45%
Cascarilla	25-30%

La obtención de la goma de algarrobo engloba varias etapas: primeramente la obtención de las vainas del árbol mediante la agitación de las ramas; posteriormente la vaina se tritura mecánicamente para obtener las semillas a las que se les quita la cascarilla y el germen dejando únicamente el endospermo el cual se muele, clasifica, tamiza y estandariza hasta obtener una harina de color crema a café claro.⁴¹

4.3.1.2 ESTRUCTURA

Su estructura química corresponde a una galactomanana formada por una cadena de moléculas de D-manosas unidas (1,4) a la cual se le unen varias ramas de D-galactosa a través de enlaces (1,6) cada cuatro o cinco manosas.⁵

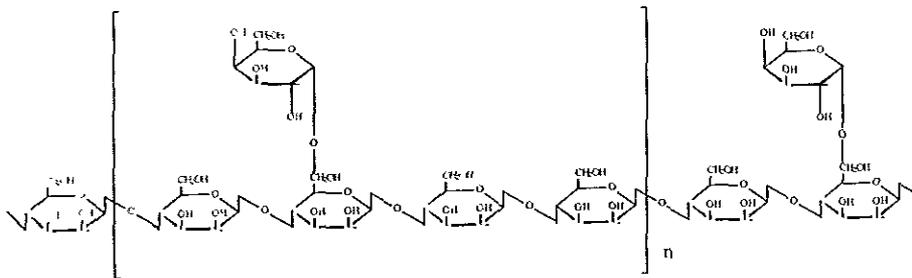


FIGURA No.6 "ESTRUCTURA BÁSICA DE LA GOMA DE ALGARROBO"^{5,50}

Se dice que la molécula de la goma de algarrobo tiene ramificaciones en bloques de 25 unidades sustituidas de D-galactosil y diseminadas en regiones más largas donde se encuentran unidades de manosas no sustituidas. esta característica es la diferencia principal entre la goma guar y la goma de algarrobo. El peso molecular de este hidrocólide se encuentra en el rango de 300,000 a 360,000 Daltones.²⁶

4.3.1.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Gelificante

Espesante

Estabilizante

4.3.2.4 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE CALIDAD

COMPOSICIÓN DE LA SEMILLA DE ALGARROBO⁴⁹

Galactomanosas	Mínimo 73%
Materia Insoluble en ácido	Máximo 5%
Arsénico (As)	Máximo 3 ppm (0.0003%)
Cenizas Totales	Máximo 1.2%
Metales Pesados (Pb)	Máximo 20 ppm (0.002 %)
Plomo	Máximo 10 ppm (0.001 %)
Humedad	Máximo 15%
Proteína	Máximo 8%

4.3.1.5 PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

• SOLUBILIDAD

La goma de algarrobo es insoluble en agua fría y debe ser calentada para disolverse.

En agua: soluble arriba de 85°C.

En Leche: soluble arriba de 85°C.

En soluciones salinas: soluble arriba de 85°C.

En soluciones azucaradas: soluble arriba de 85°C.

En etanol: Insoluble arriba del 20%

Su solubilidad aumenta con pH y cationes divalentes.^{1, 10, 24}

Cuando se dispersa en agua fría, si se aumenta la temperatura de la dispersión causa un decremento en la viscosidad, que va seguido de un incremento brusco. El incremento,

que comienza a una temperatura de alrededor de 45°C, va creciendo a medida que los agregados insolubles son completamente hidratados. La más alta viscosidad se obtiene dispersando la goma en agua a 95°C y después enfriando.^{24, 31, 50}

La solubilidad completa se presenta a los 80°C en agua o en sistemas lácteos. La goma de algarrobo es ligeramente soluble en frío por lo que las dispersiones deben realizarse a temperaturas aproximadas de 85°C para alcanzar la disolución total, la cual se mantiene así aún después de disminuir la temperatura de la solución. El color de las soluciones es blanco translúcido u opaco dependiendo de la cantidad de impurezas que puedan presentarse en la solución.^{31, 50}

La goma de algarrobo se disuelve también en alcoholes de bajo peso molecular, dimetilformamida y dimetilsulfóxido. Es insoluble en etanol en concentraciones mayores de 20%. No se afecta por la presencia de sales comunes y puede precipitar en presencia de sales de amonio cuaternarias y acetato de plomo.^{31, 49, 50} Este hidrocoloide presenta un rango óptimo de sólidos en solución de 0-80%.⁴⁹

- **INSOLUBILIDAD**

En la mayoría de los disolventes orgánicos y precipita en acetato de plomo, ácido fosfotungsténico y ácido tánico.²⁴

- **VISCOSIDAD**

La máxima viscosidad se desarrolla cuando la goma se calienta cerca de los 95°C y luego se enfría.²⁴

Una solución de goma entre 2% y 3% de concentración forma una pasta viscosa, que no fluye y que no tiene tendencia a formar gel. Los rangos de viscosidad que se manejan en la goma de algarrobo van de 2,500 a 3,500 cps; esta viscosidad se puede ver afectada por diferentes factores como: el contenido de galactomanosas, humedad, tamaño de partícula, grado de pureza y la temperatura de la solución.^{31, 50}

FORMACIÓN DE GELES

Esta goma no forma geles, sin embargo, genera propiedades gelificantes cuando se combina con goma xantana, además de ser compatible con las otras gomas.¹³ También se ha observado que en presencia de borato de sodio forma un gel no comestible. Forma geles plásticos transparentes, que no tienen sinéresis, son cohesivos pero no se adhieren al vidrio. El gel es reversible bajando el pH abajo de 7 o calentándolo y puede formar geles si se mezcla con goma xantana.²⁴

FACTORES QUE INFLUYEN

La temperatura afecta la formación de geles. Las soluciones de goma de algarrobo se gelan por la adición de pequeñas cantidades de bórax a un pH abajo de 7.5.²⁴

- **RANGO ÓPTIMO DE pH**

La goma de algarrobo es estable a pH de 3.5 a 11.00 y una viscosidad constante a pH de 4 a 10.5.

EFECTO EN LECHE A pH 7: ninguno^{1, 24}

4.3.1.6 COMPATIBILIDAD

Es compatible con todas las gomas, especialmente con goma de algarrobo y carrageninas para disminuir sinéresis, aumentar la fuerza del gel y modificar textura.^{24, 31, 53}

4.3.1.7 INCOMPATIBILIDAD

Con alcoholes insolubles en agua y cetonas.²⁴

4.3.1.8 SINERGISMO

Con carrageninas aumenta la fuerza del gel, modifica textura y reduce la sinéresis. Con goma karaya para ligar agua e inhibir cristales. Con goma guar se emplea para disminuir la viscosidad en los sistemas alimentarios.^{1, 10, 24}

4.3.1.9 TOXICIDAD

No tóxica²⁴

4.3.1.10 APLICACIONES

Dentro de sus aplicaciones, se considera como un agente de cuerpo, estabilizante de emulsiones e inhibidor de sinéresis. Se ha utilizado en productos enlatados, salsas, postres, bebidas, queso crema, helados y embutidos en general. En el queso, aumenta la velocidad de coagulación en un 10%, se utiliza con gran éxito en quesos untables favoreciendo la cremosidad de los mismos. En helados ayuda a soportar los cambios de temperatura y aumenta el cuerpo por incorporación de aire. Mejora el punto de fusión de helados ayudando a la percepción de los sabores. Facilita el extruido y enfundado de productos cárnicos, excelente ligador de agua libre. Mejora la textura, la vida de anaquel y el sabor en diversos productos de panificación, también evita el desmoronamiento en panes y panqués. Se usa en productos dietéticos con el fin de proporcionar el cuerpo que se resta por suprimir ingredientes como el azúcar y las grasas. Se utiliza en productos extruidos como retenedor de humedad. También tiene amplio uso en alimentos para mascotas.^{24, 31, 49, 50, 51, 52}

4.3.2 GOMA GUAR

4.3.2.1 ORIGEN

La goma guar pertenece a la familia de las leguminosas, se obtiene del endospermo de la semilla de la planta *Cyamopsis tetragonolobus*, la cual crece en climas áridos y semiáridos de India, Pakistán y Bangladesh principalmente. Se le considera una fuente

importante de nutrición para animales y humanos. Se introduce en E.U.A. a principios del siglo XX como una cosecha *nueva para las zonas semiáridas del sudoeste* y su auge comienza hasta después de 1945 cuando se da el desbaste en la harina del algarrobo. Una pequeña cantidad de esta planta se cultiva en los Estados Unidos de Norteamérica en los estados de Texas y Arkansas.¹³ Requiere de climas monzónicos para su crecimiento óptimo; el ciclo de cultivo de la planta va de 20 a 25 semanas y la cosecha se realiza *básicamente en otoño*.⁴⁹

La planta es muy resistente, su altura es de 0.9 a 1.20 m, sus frutos son vainas que miden de 5.1 a 7.6 cm. Dentro de cada vaina se encuentran de 6 a 9 semillas que pesan 0.3 g por cada 10 semillas. La estructura básica de las mismas consta de un 15% de cascarilla, 45% de germen y 40% de endospermo aproximadamente.⁵⁰

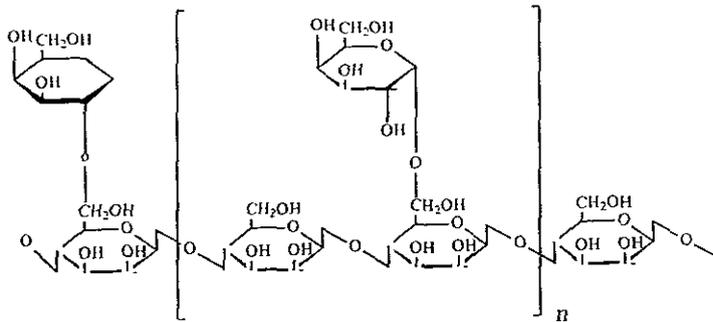
El proceso de elaboración de la goma guar es relativamente sencillo y generalmente consta de una selección mediante el uso de *tamices eliminando semillas pequeñas o rotas, basura, piedras, etc.* Posteriormente, se separa la cascarilla y el de la goma varía de acuerdo al proceso de refinación al cual fue sometido la semilla. Es un polvo que va del blanco al amarillento, casi inodoro y con un sabor suave. Los tamaños de partícula varían de 100 a 250 mallas. Es un polvo que va del blanco al amarillento, casi inodoro y con un sabor suave. Los tamaños de partícula varían de 100 a 250 mallas.^{26, 50}

La goma guar confiere a los productos una ligera sensación pegajosa o viscosa en la boca. Interactúa con la goma xantana aumentando la viscosidad de las soluciones; combinándola con agar o carragenina kappa aumenta la fuerza del gel.^{24, 50}

4.3.2.2 ESTRUCTURA

Su estructura química está ramificada y la cadena principal consiste en unidades de α -D-manopiranosas unidas (1,4) y a la cual se le añaden ramas de α -D-galactopiranosas unidas por enlaces β (1,6). Su peso molecular es variable pero el promedio se considera entre 200,000 y 300,000 Daltones.^{5, 26, 50}

FIGURA No.7 "ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA GOMA GUAR"²⁶



4.3.2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Espesante

4.3.2.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- SOLUBILIDAD

Soluble en agua caliente y fría

En leche: soluble en frío y en caliente

En soluciones salinas: en frío y en caliente

En etanol: insoluble arriba del 20%.

Insoluble en disolvente orgánicos.^{21, 24}

Su solubilidad e hidratación en agua fría dan como resultado soluciones muy viscosas, en donde su viscosidad obtenida dependerá de diferentes factores como la temperatura, pH, tiempo de hidratación, concentración, tipo de agitación y tamaño de partícula de la goma. Algunos de los disolventes donde es factible la solubilización de la goma guar son: agua, hidróxido de amonio, hidrazina, formamida y etilendiamina, no es soluble en hidrocarburos, alcoholes, cetonas, glicoles de alto peso molecular, éter y dimetilsulfóxido. La viscosidad que se obtiene de las soluciones formadas por goma guar es directamente proporcional a la cantidad de goma que se agrega. Es soluble en

presencia de sal incrementando ligeramente la viscosidad de las soluciones. Cuando se tiene una solución de goma guar en presencia de azúcar, la hidratación de la goma es mucho más lenta debido a la competencia que se presenta por el agua existente en el sistema. El azúcar protege a la goma contra la hidrólisis en sistemas ácidos o la pérdida de viscosidad cuando la solución se somete a altas temperaturas.^{31, 49, 50}

- **VISCOSIDAD**

La goma guar genera una viscosidad alta en frío y baja en caliente de aproximadamente 3000 cps. La viscosidad alcanzada depende de la temperatura, tiempo, concentración, pH, grado de agitación y tamaño de partícula en polvo. En agua fría, la máxima viscosidad se alcanza entre 1 y 4 horas. Para su uso en alimentos, la viscosidad de una solución al 15% varía entre 2,000 y 3,000 cps. La máxima viscosidad se alcanza después de 2 hrs. de preparada; de igual forma se puede alcanzar la máxima viscosidad cuando las soluciones se preparan con agua entre los 25 y 40°C alcanzando viscosidades iniciales desde 3000 cps hasta los 6000 cps.^{31, 49, 50}

La goma guar muestra un comportamiento pseudoplástico o "adelgazamiento" en solución cuando se le aplica una fuerza; este comportamiento depende de la concentración y del peso molecular de la goma.

Cuando la goma se utiliza en exceso (arriba de un 0.5%) puede disminuirse la percepción de los sabores y del dulzor, esto es por la red formada con el agua y la goma que llega a disminuir el transporte de las pequeñas moléculas de azúcar o sabor.^{31, 49, 50}

4.3.2.5 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE CALIDAD

Su composición fisicoquímica según el Codex Alimentario es la siguiente: ⁵⁰

Galactomanosa	75-85%
Humedad	8-14%
Proteína (N x 6.25)	5-6%
Fibra	2.3%
Cenizas	0.5-1%

FORMACIÓN DE GELES

La goma guar es un agente gelificante pero se emplea como estabilizador, ligante de agua y como generador de viscosidad.¹⁰

El ion borato actúa como un formador de ligaduras con goma guar ya hidratada, forma geles estructurales y cohesivos. La formación y fuerza de estos geles dependen del pH, la temperatura y la concentración de los reactivos. La transformación de la solución-gel es reversible ajustando el pH abajo de 7 o por calentamiento. La nueva solución tendrá la misma viscosidad que la solución original.^{24,31, 49, 50}

FACTORES QUE INFLUYEN PARA LA FORMACIÓN DE GELES

Temperatura

Sales multivalentes miscibles en agua.^{1,24}

- **RANGO ÓPTIMO DE pH**

El pH de una solución de goma guar al 1% está entre 7.5 y 9. Las soluciones de goma guar tienen una acción amortiguadora y son muy estables entre pH 4 y 10.5. Estable a valores de pH entre 4 y 10, pero a valores de pH menores sufre una degradación importante que afecta directamente la viscosidad del sistema disminuyéndola ya que la hidratación de la goma se ve afectada. El pH óptimo para la mejor hidratación de la goma guar se encuentra alrededor de 8.⁵⁰

4.3.2.6 PRESERVATIVOS

Para evitar el ataque microbiano, se puede usar poliparahidroxibenzoato en una concentración del 0.02%.²⁴

4.3.2.7 COMPATIBILIDAD

La goma guar es compatible con goma de algarrobo, goma xantana, goma de tragacanto, goma karaya, goma arábica, ι-carragenina, agar, alginatos, pectinas, metil

celulosa, carboximetil celulosa, almidones modificados, almidones nativos, polímeros sintéticos y proteínas solubles en agua.^{1, 10, 24}

4.3.2.8 SINERGISMO

Con goma xantana, agar-agar y κ -carragenina, estabiliza bebidas de chocolate en polvo.²⁴

4.3.2.9 TOXICIDAD

No tóxica³

4.3.2.10 APLICACIONES

Se emplea en productos lácteos como ligador de agua y como agente de rápida hidratación, espesante y modificador de la viscosidad. Actúa como agente estabilizante en helados y sorbetes. Se usa en quesos como ligante de agua aumentando la palatabilidad, cremosidad y untabilidad sobre todo en queso crema. En panificación aumenta el rendimiento de las pastas durante el amasado, da mayor resistencia y modifica la textura. Se utiliza como mejorador de masas para evitar el envejecimiento prematuro, el desmoronamiento de los panes, para mantener la frescura durante la vida de anaquel de los productos y mejorar el decorado de pasteles. Se utiliza en productos cárnicos como agente lubricante, ligador de agua, para mejorar la textura después de enfriar el producto, facilitar el embutido de productos como las salchichas y ayuda a procesos como el ahumado. Se emplea en bebidas para espesar bebidas de fruta y algunas bebidas dietéticas libres de azúcar. En salsas y aderezos para ensaladas se utiliza como agente de suspensión, mejora la palatabilidad, el cuerpo y las texturas, sirve como agente espesante y para mantener la estabilidad y la apariencia de los aderezos. En bebidas se usa para dar cuerpo sobre todo en aquellas que son dietéticas y que no contienen azúcar dentro de su formulación. El uso de un 1% de goma guar en productos de extrusión resulta favorable para evitar que los productos se desmoronen, aumenta la absorción de agua y el esponjado de los mismos. En cuanto a las aplicaciones en la industria se cotiza básicamente por su gran capacidad de generar altas viscosidades en pequeños porcentajes, por su bajo costo, por ser un excelente estabilizante y retenedor

de agua. El porcentaje de utilización en general, no debe sobrepasar el 2% para evitar problemas dentro de los procesos de producción. Se utiliza en combinación con otro tipo de gomas como el algarrobo y las carrageninas, así como con emulsificantes en lo que son helados, sherbets, paletas heladas y coberturas para evitar la formación de cristales grandes de hielo y lactosa perceptibles por el ser humano.^{24, 31, 49, 50, 54, 55}

4.3.3 GOMA DE TAMARINDO

4.3.3.1 ORIGEN

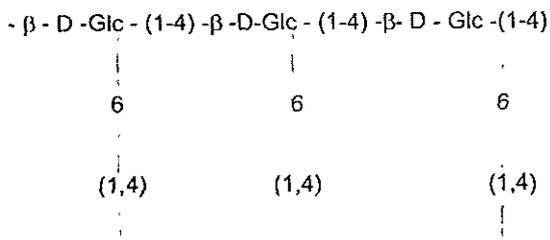
Este hidrocoloide se obtiene de la semilla del fruto del tamarindo (*Tamarindus indica* L.) que sólo se explota en la India. El género *Tamarindus* de Linneo comprende plantas de la familia de las leguminosas, subfamilia de las *Cesalpinoideas* y tribu de las *Tamarindeas* o de las *Amberstieas*. La única especie *Tamarindus Indica* es probablemente originaria de África trópicale y se ha extendido por todos los países tropicales como planta cultivada.⁵⁶

En la India que es el principal productor de semillas en el mundo, se ha encontrado que el mayor provecho de estas es para obtener pectina. Las propiedades principales de la goma de tamarindo, las cuales tienen una relación importante sobre las propiedades engomantes y gelificantes son la gelatinización, la viscosidad y las características de película. La tercera parte de la cantidad de pectina de tamarindo se requiere para dar una pasta cuya eficiencia engomante es equivalente a la que da la pasta de almidón de maíz. Estudios en laboratorios de la India han encontrado que la pectina de la semilla de tamarindo tiene una capacidad engomante de 300% mejor que el almidón de maíz.⁵

4.3.3.2 ESTRUCTURA

La goma de tamarindo químicamente pertenece a la familia de la goma guar y de algarrobo.⁵⁸

FIGURA No.8 "ESTRUCTURA PARCIAL DE LA GOMA DE TAMARINDO"⁵⁸



4.3.3.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Gelificante

Estabilizante

4.3.3.4 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE CALIDAD

CUADRO No.6 "ESPECIFICACIONES FÍSICOQUÍMICAS DE LA GOMA DE TAMARINDO"²⁴

	Mínimo	Máximo
Humedad (%)	-----	5.0
Cenizas (%)	-----	5.0
Proteína	-----	-----
Acidez (%)	7.0	9.0
pH (solución al 10%)	2.5	3.0
Granulometría a través de malla 100	600	-----
Color	característico	
Sabor	característico	
Cuenta total (Mesófilos aerobios) (col/g)		5000 máximo
Cuenta organismos coliformes (col/g)		Negativo
<i>E. coli</i>		Negativo
<i>Staphylococcus aureus</i> 1g		Negativo
Patógenos (25 g)		Negativo
Cuenta de hongos y levaduras		100 máximo

- **SOLUBILIDAD**

La goma de tamarindo presenta una alta capacidad de absorción de agua y es soluble en agua-alcohol y en éter al 2.50%.^{59,60}

- **INSOLUBILIDAD**

Precipita en alcohol al 99.68%.^{59,60}

- **VISCOSIDAD**

Genera su viscosidad a 80°C en un tiempo de 70 a 80 segundos. La viscosidad se ve estabilizada por la presencia de álcalis²⁴

4.3.3.5 SINERGISMO

Se emplea con goma de tragacanto en la industria de los colorantes y en la elaboración de jaleas dando más fuerzas y transparencia que otras pectinas de frutos.²⁴

4.3.3.6 TOXICIDAD

No tóxica.²⁴

4.3.3.7 APLICACIONES

Se emplea como agente estabilizante de helados, mayonesas y quesos, aceites esenciales, formulaciones de bebidas instantáneas, en refrescos y dulces con pulpa de tamarindo y deshidratante en productos en polvo. También tiene otras aplicaciones dentro de la industria química en el tratamiento de algodón, seda artificial, en el encuadernado de papel y en la fabricación de explosivos.⁵⁷

4.4 HIDROCOLOIDES OBTENIDOS DE EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS

Las algas pertenecen a una de las divisiones más grandes del reino vegetal, son básicamente plantas que contienen pigmentos fotosintéticos los cuales *definen* los colores característicos de cada una de las especies que conforman el grupo. Las gomas que pertenecen a este grupo, como lo son el agar, las carrageninas y los alginatos se extraen de las algas rojas y de las pardas.⁴

CUADRO No.7 "COMPOSICION QUIMICA APROXIMADA DE LAS ALGAS"⁶¹

COMPONENTE	ALGAS CAFÉS	ALGAS ROJAS	ALGAS VERDES
Agua	75-90%	70-80%	70-85%
Minerales	30-50%	25-35%	10-25%
Carbohidratos	30-50%	30-60%	25-50%
Proteínas	7-115%	7-15%	10-15%
Lípidos	2-5%	1-5%	1-5%
Celulosa	2-110%	2-10%	20-40%

Una de las muchas funciones que cumplen los hidrocoloides naturales es la de actuar como agentes gelantes; dentro de este grupo se encuentran las carrageninas, alginatos, agar-agar y pectinas. En algunos casos, se presentan sinergismos como el que resulta de la combinación de goma xantana con goma de algarrobo dando como resultado geles. El concepto de gel se define como "sistema rígido de 2 fases (sólido-líquido) resistente a fluir bajo presión y que es capaz de mantener su estructura con la forma característica del molde en que enfría". De los agentes gelantes más usados dentro de la industria de los alimentos se encuentran el agar, los alginatos y las carrageninas en sus diferentes tipos, donde las características estructurales son las que marcan la *tendencia* de uso dentro de la industria alimentaria.⁴

4.4.1 AGAR

4.4.1.1 ORIGEN

El agar es un polisacárido que se obtiene como extracto seco de ciertas clases de algas marinas de la clase Rhodophyceae llamadas algas rojas, y generalmente de las especies *Gelidium cartilagineum*, *Gracilaria confervoides* y *Pteroclaia capillacea*.

En México y en Japón la cosecha es realizada por los buzos quienes cortan las plantas desde la raíz; en otras partes del mundo las algas son cosechadas por recolectores a lo largo de las orillas de las playas.¹³ Una de las características más importantes del agar, y que en gran parte definen sus cualidades, es la gran fuerza gelatinizante y su resistencia a ser prensado, en estado gel, cualidades que determinan su valor comercial.

El poder de gelificación del agar sobresale entre todos los hidrocoloides. Cuanto más fuerte es el agar menor cantidad es necesaria para formar el gel, por lo que se torna más económico. Como la dureza del gel varía sensiblemente con la temperatura se fija su determinación a 230°C. La determinación de dureza y/o resistencia a la rotura, designada vulgarmente "fuerza del gel", normalmente se expresa en g/cm².

El agar-agar japonés es en general, poco resistente, comprendiendo normalmente 3 categorías:

- 1) Con una fuerza de 300 g/cm²
- 2) Con una fuerza de 200 g/cm²
- 3) Con una fuerza de 100 g/cm²

El producto portugués es considerado de más alta calidad internacionalmente debido a la calidad de su materia prima, posee una fuerza que frecuentemente sobrepasa los 500 g/cm². Su aspecto físico es comúnmente como un polvo blanco-amarillento, dependiendo del proceso de blanqueado al que es sometido. Cuando se destina a bacteriología es necesario un grado de agar muy puro por lo que su tono amarillento es muy tenue. En lo

que respecta a textura, presenta aspectos muy variados, pues en función del grado de molienda del producto obtenido después de la extracción y el secado, se encuentra en escamas, gruesas o finas, granulado, grueso, fino, superfino e impalpable. Cuando se reduce a polvo puede perder algo de su fuerza gelatinizante. El agar japonés aparece frecuentemente en tiras forma bastante apreciada, por ser más difícil su adulteración.

Antes de la Segunda Guerra Mundial Japón producía más del 95% de la producción mundial de agar. Pero como consecuencia de las dificultades creadas por la guerra, diversos países instalaron fábricas para la obtención de este producto a partir de algas agarofitas propias de sus castas. Las algas para este propósito pertenecen generalmente al género *Gelidium*.

En Inglaterra *Gelidium latifolium*.

Costa Occidental de Estados Unidos, *Gelidium cartilagineum*.

España, *Gelidium corneum*.

Portugal, *Gelidium sesquipedale*.

Costas de Baja California, *Gelidium robustum* y *Gelidium cartilagenium*.

Con la misma finalidad también han sido tratadas otras algas en varios países así en la costa oriental de Estados Unidos, África del Sur, Dinamarca, etc. Las agarofitas más frecuentes pertenecen al género "Gracilaria". En Rusia extraen agar en cantidad y calidad baja, a partir de "*Phyllophora rubens*" del Mar Negro y también "*Anngeltia gigartinoide*" de las Islas Sakalinas.

La calidad del agar depende, en gran parte, de la materia prima utilizada. Las algas agarofitas, *Gelidium sesquipedale*, son consideradas las mejores del mundo para tal efecto ⁶²

El agar es una valiosa sustancia coloidal, principalmente en virtud de su naturaleza fuertemente hidrófila y su gran resistencia de gel.

En términos generales, se emplea siempre que se necesita volumen o cuando se desea un agente de suspensión, estabilización, espesamiento o gelación.⁶³

4.4.1.2 ESTRUCTURA

El agar es uno de los agentes gelificantes más potentes y estructuralmente se compone de D-galactosa, y por 3,6 -anhidro-L-galactosa.²³

4.4.1.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Espesante

Gelificante

4.4.1.4 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

VISCOSIDAD

Las propiedades gelificantes del hidrocoloide y la resistencia térmica de sus geles son las razones primarias por las que se selecciona el agar para su empleo en alimentos.²³

Temperatura de gelado: 35–40°C.

Forma geles a concentraciones de 0.04%.²³

FORMACION DE GELES

Los geles que se obtienen al emplearse el agar son duros y quebradizos y tienden a perder agua (sinéresis). Este hidrocoloide forma geles más cohesivos y elásticos cuando se mezcla con carrageninas, goma de algarrobo y cloruro de potasio.⁷

4.4.1.5 SINERGISMO

Con carrageninas

Con goma de algarrobo para aumentar la fuerza del gel (50-200%)

Con goma de algarrobo/grenetina para evitar la sinéresis.

Con carboximetilcelulosa para aumentar la fuerza del gel.²³

4.4.1.6 APLICACIONES

Se aplica para estabilizar galletas, pudines y merengues. En niveles de 0.15 % proporciona frescura a sherbets y helados.²⁴ En pastelería es ampliamente utilizado en la manufactura de recubrimientos para pastel, para conservar la textura y humedad del producto.⁶⁴ También se emplea en la elaboración de rellenos, como espesante.⁶³

En productos enlatados y conservas se utiliza para aumentar la viscosidad del medio de cobertura, por ejemplo en salsas de tomate, mostaza, etc. Como recubrimiento de carnes y aves enlatados.⁶³

En la elaboración de mermeladas para darles consistencia, se utiliza el agar en una concentración aproximada de 0.2%, de acuerdo a la consistencia final deseada. En confitería en la elaboración de dulces y malvaviscos que requieran una consistencia de gel. En la elaboración de embutidos: para su envoltura, conservando estos así humedad y textura. En flanes, pudines y gelatinas: sustituyendo la pectina y grenetina. En general el agar puede ser empleado en cualquier producto como sustituyente de la grenetina.⁶³

4.4.2 ALGINATOS

4.4.2.1 ORIGEN

Un gran número de aplicaciones ha sido desarrollado para los alginatos durante los cincuenta años de su utilización comercial. El alginato fue preparado por primera vez por Stanford en 1880 y fue aislado puro por Krefling en 1896. Es entonces cuando una serie de compañías se forman para explotar el alginato crudo a partir de algas.

En 1920, la producción de alginato llega a Estados Unidos empezando por primera vez a comercializarse en forma de alginato de sodio puro, pero no fue hasta la década de los treinta que el alginato fue explotado comercialmente.⁶⁵

El término "alginato" es usado para referirse a un grupo de polisacáridos extraídos de las algas cafées o *Phaeophytas*, que son variedades de algas que crecen en aguas templadas. Los alginatos pueden distinguirse de otros extractos algales, como agar o

carrageninas, los cuales se obtienen de las algas rojas, ya que las propiedades y la composición química del alginato difieren significativamente de las propiedades de las carrageninas y el agar.⁶⁵

Las moléculas de alginato proveen de flexibilidad y fuerza a las plantas, propiedades necesarias, para adaptarse a las condiciones de crecimiento en el océano.⁶⁶ Existen diferentes especies de algas cafés pero sólo algunas abundan de forma significativa. Las especies más usadas para la extracción de alginatos son *Laminaria hyperborea*, *Macrocystis pyrifera* y *Ascophyllum nodosum*.⁶⁵

CUADRO No.8 "COMPOSICIÓN TÍPICA DE DIFERENTES ALGAS CAFÉS"⁶⁵

ALGA	CONTENIDO DE ALGINATO DE SODIO (%) EN BASE HUMEDAD	CONTENIDO DE ALGINATO DE SODIO (%) EN BASE SECA
<i>Laminaria hyperborea</i> (tallo)	3.0-3.5	25-27
<i>Laminaria hyperborea</i> (hoja)	2.8-3.8	15-25
<i>Laminaria digitata</i>	4	20-26
<i>Ecklonia maxima</i>		40
<i>Macrocystis pyrifera</i>		26
<i>Lessonia nigrescens</i>	6-8	35
<i>Ascophyllum nodosum</i>		26-28
<i>Laminaria japonica</i>		25
<i>Durvillea antarctica</i>		46
<i>Durvillea potatorum</i>		53

El alginato se encuentra en la pared celular como mezcla de las sales de calcio, sodio y potasio del ácido algínico. Comercialmente se encuentra disponible como la sal de sodio. El alginato de sodio es soluble en agua, produce soluciones viscosas y es usado en la industria en general como un agente espesante y estabilizante.⁶⁶

4.4.2.2 ESTRUCTURA

Los alginatos o sales del ácido algínico, están formados por unidades monoméricas de ácido D-manurónico y L-glucurónico. El ácido algínico es un copolímero compuesto

por dos unidades monoméricas, el ácido D-manurónico (M) y el ácido L-gulurónico (G), ligadas entre si, formando moléculas lineales unidas por enlaces glucosídicos (1,4). Las propiedades de un alginato en particular dependen de su peso molecular y de la proporción y el arreglo de las unidades de ácido manurónico y gulurónico presentes. Estas características son determinadas por la variedad de la cual se extrae el alginato.⁶⁵ Debido a las relaciones entre los monómeros, los alginatos son comúnmente llamados "High M" (alto en manurónico) o "High G" (alto en gulurónico). *Macrocystis pyrifera* y *Ascophyllum nodosum* son del tipo M, mientras que *Laminaria hyperborea* es del tipo G.⁶⁵

CUADRO No.9 "COMPOSICIÓN DE LAS ALGAS CAFÉS COMERCIALES"⁶⁵

	<i>Macrocystis pyrifera</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Laminaria hyperborea</i>
Ácido manurónico (%)	61.0	65.0	31.0
Ácido gulurónico (%)	39.0	35.0	69.0
Regiones M (%)	40.6	38.4	12.7
Regiones G (%)	17.7	20.7	60.5
Segmentos alternantes (%)	41.7	41.0	26.8

4.4.2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Agente gelificante a altas concentraciones de cloruro de calcio y alginato.
 Agente espesante con bajas concentraciones de cloruro de calcio.

4.4.2.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

· SOLUBILIDAD

Insolubles en agua fría.
 Solubles en alcoholes: 20% etanol
 Solubles en glicerol
 En leche: insoluble por la presencia de iones calcio
 En soluciones salinas: en caliente

En soluciones azucaradas: en caliente

En etanol: arriba de 40°C

En agua: en presencia de iones sodio, potasio y amonio en frío o en caliente.²⁴

La solubilidad de los alginatos se ve afectada por la presencia de iones calcio en solución (con calcio son insolubles a pH=7). Se solubilizan en presencia de iones potasio, sodio y amonio en soluciones frías y calientes. La solubilidad de los alginatos aumenta con la disminución de ácidos carboxílicos. El ácido algínico y el alginato de calcio son insolubles en agua. Estos absorben grandes cantidades de agua y forman gránulos pastosos. En cambio el alginato de sodio, puede formar soluciones en agua.^{65, 68}

- **VISCOSIDAD**

Los alginatos generan una viscosidad de 200 a 3500 mPas a una temperatura de 20°C en una concentración del 1%. La viscosidad depende de los iones calcio presentes en el sistema. Si la temperatura aumenta, entonces los alginatos disminuyen su poder de generar viscosidad.^{7 24} La estabilidad del gel disminuye por la presencia de cationes divalentes como el calcio o el bórax.²⁴

CARACTERÍSTICAS DEL GEL

Forman geles estables a temperatura ambiente.

- **RANGO ÓPTIMO DE pH**

De 4-10²⁴

4.4.2.5 FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES DE LAS SOLUCIONES

Las propiedades de las soluciones de alginatos dependen de algunas variables fisicoquímicas. Las variables físicas que afectan las características de flujo de las soluciones de alginato son: peso molecular, temperatura y la presencia de disolventes miscibles en el agua. Las variables químicas son: pH, agentes secuestrantes y sales monovalentes.^{65, 68}

A) Temperatura

Las soluciones de alginato, sufren un decremento en la viscosidad cuando se incrementa la temperatura. La viscosidad de una solución de alginato decreciente en aproximadamente 12% por cada 5.5°C que se incrementa la temperatura.⁶⁸ La reducción en la temperatura causa un incremento en la viscosidad de la solución de alginato pero no influye en la formación de un gel. Una solución de alginato que ha sido congelada y descongelada no pierde sus propiedades ni cambia su viscosidad.⁶⁵

B) Disolventes Miscibles en Agua

La adición de disolventes miscibles en agua (alcoholes) a una solución de alginato resulta en un incremento en la viscosidad y eventual precipitación. Una solución al 1% de alginato puede tolerar 20% de etanol y 70% de glicerol.⁶⁵ La fuente de alginato, el grado de polimerización, la presencia de cationes y la concentración pueden afectar la tolerancia a los disolventes de la solución de alginato.⁶⁵

C) Efecto del pH

La tolerancia de las soluciones de alginato a valores de pH mayores de 10 es baja. A valores de pH altos, puede haber beta eliminación e hidrólisis resultando en despolimerización y pérdida de la viscosidad. Los alginatos de propilenglicol son más estables a valores de pH ácidos. El alginato de sodio es precipitado a valores de pH menores de 3.5 mientras que el alginato de propilenglicol con grado de esterificación 60% resiste en solución valores de pH abajo de 2. La estabilidad a condiciones ácidas aumenta con el grado de esterificación, pero en condiciones extremadamente ácidas las cadenas de alginato pueden despolimerizarse perdiendo viscosidad.⁶⁵

D) Efectos secuestrantes

Los agentes secuestrantes son usados en las soluciones de alginato para prevenir que este reaccione con los iones polivalentes. El uso de secuestrantes (citratos, fosfatos, etc.) como protectores es común en muchas de las aplicaciones del alginato. La contaminación con iones polivalentes puede ocurrir en el agua, químicos, pigmentos o

cualquier otro material de origen natural. La viscosidad de una solución de alginato depende del peso molecular y del nivel de calcio residual.

Los secuestrantes son usados para estabilizar la viscosidad debido a la presencia de este calcio residual.⁶⁵

E) Efectos de sales monovalentes

La viscosidad de una solución de alginato disminuye por la adición de sales monovalentes. El efecto de estas sales puede variar dependiendo de la fuente de alginato y del grado de polimerización. Este efecto se puede deber a que el calcio presente en el alginato es reemplazado por la sal monovalente teniendo un efecto en la viscosidad de la solución.⁶⁵

4.4.2.6 SINERGISMO

Se usa con goma arábica para producir microcápsulas que se utilizan como fijadores de sabor para varios tipos de alimentos. Con goma de algarrobo, xantana, guar y konjac para incrementar la gelificación y la fuerza del gel. Con carrageninas para aumentar la viscosidad e impartir textura.²⁴

4.4.2.7 APLICACIONES

Los alginatos se aplican en productos lácteos como agentes estabilizadores de helados, malteadas o licuados, en leches chocolatadas, pudines instantáneos, bebidas estilo rompopo, jarabes, queso cottage, queso tipo Neufchatel, queso crema queso untable, crema batida y yogurth. En bebidas como agentes suavizadores, como clarificantes en cerveza y en el añejamiento de espíritus. Tienen grandes aplicaciones en la industria de la panificación en la elaboración de masa de pan y pasteles, rellenos para pay, merengues, galletas, emulsiones de aceites cítricos, rellenos de pasteles y betunes y rellenos congelados para pay. En confitería en geles de dulces, caramelos y bombones. También tienen importantes aplicaciones es aderezos para ensaladas y salsas, condimentos, alimentos dietéticos, productos cárnicos y productos pesqueros.⁶⁹

4.4.3 CARRAGENINAS

4.4.3.1 ORIGEN

La utilización de estos hidrocoloides data de 3000 a.C. gracias a sus atributos medicinales. En Europa se conocen y utilizan sobre todo las algas provenientes de Irlanda, Inglaterra, Francia, Noruega y otras partes del continente. En lo que respecta al mundo occidental, su aplicación y uso comienza en fechas posteriores utilizando las especies que crecían en las costas de Europa, África y Norteamérica. Las carrageninas reciben el nombre de vernáculo del "Musgo Irlandés" por su origen en la costa irlandesa, específicamente en un pueblito llamado "Carraghen", de ahí su nombre con el que se conocen a nivel mundial.⁷⁰

Las carrageninas han sido usadas en alimentos por siglos, el uso más remoto se ha reportado en Irlanda, donde el alga roja *Chondrus crispus* era calentada junto con leche para dar un producto espeso; desde entonces esta alga se conoce con el nombre de "Moho de Irlanda".⁶⁵ Durante el siglo XIX el uso del moho de Irlanda se expandió hacia niveles comerciales, utilizándolo en la clarificación de cerveza y en la industria textil.⁷¹ En el siglo XIX se comercializa y es hasta nuestros días cuando el producto obtiene una aceptación mundial. Durante la hambruna que afectó a Irlanda, la población utiliza las carrageninas para elaborar la tradicional "Sopa de San Patricio".⁷⁰ A principios del siglo XX, la producción de carragenina se industrializó en Inglaterra. Por 1930, la producción de carragenina había empezado en los Estados Unidos, pero no fue hasta la Segunda Guerra Mundial que esta producción tomó importancia; después de la Guerra, la posición de la carragenina en el mercado avanzó y durante los años sesenta la producción se había concentrado en unas cuantas compañías; las cuales cubrían más del 80% de la demanda de estos compuestos en alimentos, y es desde entonces que las carrageninas se han empleado comercialmente para espesar, suspender o gelificar.⁷¹

Los métodos de obtención de antaño eran arcaicos, se consumía la planta completa o se realizaba una extracción simple mediante el método de ebullición. Es en 1844 cuando comienza la producción en serie y en 1871 se otorga la patente de extracción de carragenina mediante la precipitación con alcohol. Fue hasta 1937 que se produce y comercializa como se conoce hasta nuestros días.⁷⁰ Actualmente, la producción de

carrageninas comienza con la recolección del alga mediante métodos tradicionales utilizando embarcaciones con maquinaria especial que raspa las rocas, suelo del océano, etc. y se transporta a tierra firme, las algas también pueden ser arrastradas por la marea a la orilla de la playa sobre todo después de tormentas o cambios bruscos de la temperatura.⁷² El alga fresca se seca al sol o en hornos, posteriormente se empaqueta y envía a los centros procesadores, existen algunos centros de cultivo que tienen sus plantas procesadoras en el mismo lugar de recolección lo que da como resultado productos de menor costo.^{4, 26, 71} El proceso de extracción se puede resumir de la siguiente manera: al alga seca recibe un lavado con agua fría para eliminar arena, impurezas y cualquier material extraño, se somete a un proceso de maceración y extracción utilizando una solución alcalina, temperatura y agitación vigorosa durante un período de 10 a 30 horas lo que desintegra y modifica alcalinamente. la cantidad de álcali utilizado, la temperatura del proceso y el tiempo de cocimiento determinan la cantidad de 3,6- anhidro galactosa del producto final. El concentrado obtenido se filtra a través de sílica y se decolora con carbón activado, el paso de la decoloración puede ser opcional dependiendo de la cantidad deseada.

A partir de este momento, se pueden tomar dos caminos: la precipitación directa o la concentración del extracto utilizando evaporadores con presión para obtener un concentrado de 2 a 3% siendo esta última opción la que elimina o minimiza los costos de producción. El concentrado se precipita con alcohol, usualmente 2-propanol, dando lugar a un residuo fibroso que se separa por presión; el alcohol es recuperado por medio de destilación, finalmente, el concentrado se seca a presión o en cámaras con gas inerte. Algunas veces se realiza una estandarización de las carrageninas grado alimenticio con sacarosa, dextrosa o mezclando diferentes grados de calidad de las mismas carrageninas obtenidas durante el proceso. Las carrageninas comerciales pueden contener buffers o cloruro de potasio como ayudantes a la formación de geles, muchas de estas prácticas se encuentran definidas por las tradiciones o aplicaciones específicas.^{4, 26, 71, 72}

Los copolímeros predominantes se designan como kappa, iota o lambda. La kappa carragenina se obtiene en mayor cantidad cuando se utiliza la especie *Euchema cottoni*; en la especie *Chondrus crispus* y en la *Gigartina* se encuentra una combinación de kappa y lambda carragenina que dependiendo del tratamiento de extracción en la materia prima será la fracción que predomine. La iota carragenina se obtiene de *Euchema spinosum*

principalmente; su estructura es similar a la de la kappa excepto en la fracción 3,6-anhidrogalactosa sulfatada en el C2.²⁶ La lambda carragenina tiene una estructura diferente a las dos anteriores, sus unidades monoméricas son principalmente D-galactosa-2-sulfato (en la unión 1,3) y D-galactosa-2,6-disulfato en la unión (1,4). La médula espinal de todos los tipos de carragenina se basa en la repetición de la secuencia de los polisacáridos de β -D-galactopiranososa en las posiciones 1 y 3 y en la α -D-galactopiranososa con uniones glucosídicas en las posiciones 1 y 4.⁷¹

CUADRO No.10 "DISTRIBUCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ALGAS ROJAS"⁶⁶

Alga	Localización	Tipo	Contenido de carragenina en base seca
<i>Euchema cottonii</i>	Filipinas, Indonesia	κ	58-65%
<i>Euchema spinosum</i>	Filipinas, Indonesia	ι	
<i>Chondrus crispus</i>	Canadá, Estados Unidos, Francia	$\lambda a, \kappa b$	
<i>Chondrus ocellatus</i>	Corea	$\lambda a, \kappa b$	
<i>Gigartina stellata</i>	Francia, España	$\lambda \alpha$	
<i>Gigartina acicularis</i>	Francia, España, Portugal, Marruecos	λ	
<i>Gigartina pistillata</i>	Francia, España, Portugal, Marruecos	$\lambda a, \kappa a$	
<i>Gigartina canaliculata</i>	México	$\lambda a, \kappa b$	45%
<i>Gigartina chamissoi</i>	México	$\lambda a, \kappa b$	
<i>Gigartina radula</i>	Chile	$\lambda a, \kappa b$	
<i>Gigartina skottsbergii</i>	Chile	$\lambda a, \kappa b$	

4.4.3.2 ESTRUCTURA

Las carrageninas son polisacáridos lineales constituidos de residuos enlazados y alternados de β -1,3 y α -1,4-galactosa. Estas unidades se repiten como disacáridos y son llamadas carrabiosas. Los residuos 1,4 ligados comúnmente se encuentran presentes, aunque no siempre, como residuos 3,6 anhídridos. Las carrageninas difieren del agar en que el residuo 1,4-ligado en el agar es el L-enantiómero, mientras que en las carrageninas es el D-enantiómero; en cambio, el residuo 1,3 ligado es D-galactosa, tanto en carrageninas como en agar. ⁶⁸ Variaciones en la estructura básica resultan de la sustitución en los grupos hidroxilo de los residuos del azúcar. Los sustituyentes pueden ser aniónicos (sulfato, piruvato) o no iónicos (metoxilo).⁶⁸

Las carrageninas están altamente sulfatadas y varían en su contenido de éster sulfatado y de grupos 3,6-anhidro, esto hace que se clasifiquen en tres grandes grupos llamados kappa (κ), iota (ι) y lambda (λ). La diferenciación química se fundamenta en los siguientes cuatro puntos:

- 1.- Grado y forma de sulfatación.
- 2.- Presencia de los residuos de 3,6-anhidrogalactosa unidos en 1-4.
- 3.- Presencia de diferentes anillos de piranosas.
- 4.- Cationes asociados a los grupos sulfatados en las carrageninas.⁷⁴

Generalmente las carrageninas iota y kappa contienen menor proporción de éster sulfato, mientras que las lambda contienen mayor cantidad de éster sulfato.⁷³ Existen también otras fracciones de carragenina las cuales se han llamado mu (μ), nu (ν), teta (τ) y epsilon (ϵ)⁶⁸

El peso molecular de las carrageninas grado alimenticio va de 10^5 a 10^6 Daltones. La biosíntesis de cadena principal de las carrageninas parece llevarse a cabo en los cuerpos de Golgi, básicamente se cree que la sulfatación de las mismas se lleva a cabo en las paredes de la célula por acción de las sulfotransferasas presentes. La estructura específica de cada uno de los tipos de carragenina determina sus características fisicoquímicas, por lo que es importante describir las diferencias entre cada una de ellas.¹⁹

KAPPA CARRAGENINA: Compuesta por unidades alternadas de D-galactosa-4-sulfato y 3,6-anhidro-D-galactosa. El contenido máximo posible en este tipo de carragenina de 3,6-anhidro-D-galactosa es de 35%, el cual no se encuentra de forma natural, el máximo encontrado es de un 28% en la especie *C. crispus*, sin embargo, es factible aumentar este porcentaje cuidando las condiciones del proceso de extracción. En el aspecto funcional el incremento en la parte anhidra de la molécula aumenta la sensibilidad de la carragenina hacia la molécula de calcio.

IOTA CARRAGENINA: Compuesta por unidades alternadas de D-galactosa-4-sulfato y 3,6-anhidro-D-galactosa-2-sulfato. La diferencia fundamental entre la kappa y iota carragenina es la sulfatación que se presenta en las posiciones 2 y 6. Esta sulfatación se puede incrementar de 25 a 50% ocasionado un decremento en la sensibilidad a los iones potasio. cuando se tiene un 80% de sulfatación en el C2 la sensibilidad a los iones calcio se vuelve predominante.

LAMBDA CARRAGENINA: Esta es una carragenina que se distingue por no formar geles como los otros dos tipos. Compuesta por D-galactosa-2-sulfato y D-galactosa-2,6-disulfato, se encuentra sulfatada en C4 con un 70% de sulfatación en C2. La cantidad tan alta de carbonos sulfatados da por resultado una conformación de zig-zag.¹⁹ Para definir las propiedades de las carrageninas se debe de comenzar por decir que a través de sus grupos sulfatados se realizan las diferentes uniones con los iones metálicos tales como el potasio, calcio y sodio lo que proporciona ciertas características a estos productos. El uso de estas sales y el intercambio iónico permiten transformar la solubilidad de una carragenina en agua caliente o en agua fría. con la adición de otro tipo de gomas, como la de algarrobo con la que se pueden modificar las características funcionales de los geles originales. Las carrageninas son polielectrolitos fuertemente aniónicos con un peso molecular alto, el cual, proporciona la posibilidad de reaccionar con grandes y pequeñas partículas por medio de diferentes mecanismos. En general se puede decir que las carrageninas son multifuncionales y que su comportamiento varía de sistemas acuosos a sistemas lácteos. En sistemas acuosos reaccionan como un hidrocoloide típico impartiendo características espesantes y gelificantes, mientras que en sistemas lácteos se presentan reacciones con las proteínas de la leche dando características adicionales de estabilidad.¹⁹

4.4.3.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Estabilizantes

Ligantes

Espesantes

Gelatinizantes⁷⁴

4.4.3.4 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE CALIDAD

Las especificaciones fisicoquímicas para las carrageninas en general se definen en FCC III de la siguiente manera: ⁴

Arsénico (como As)	No más de 3ppm (0.0003%)
Cenizas solubles en ácido	No más de 1.0%
Cenizas totales	No más de 35%
Metales pesados (como Pb)	No más de 40 ppm (0.004%)
Plomo	No más de 10 ppm (0.001%)
Humedad	No más del 12%
Sulfatación	Entre 18% y 40% en base seca
viscosidad al 1.5% en solución	No menos de 5 cps a75°C

CUADRO No.11 "PRINCIPALES PROPIEDADES DE LAS CARRRAGENINAS"⁷¹

	Kappa	iota	lambda
Contenido de humedad	> 12%	> 12%	> 12%
Cenizas	> 35%	> 35%	> 35%
Color del polvo	Amarillento	amarillento	amarillento
Solubilidad	en agua a 60°C	en agua a 60°C	en agua a 20°C
Viscosidad	24 cps	24 cps	24 cps
Gelación	con iones potasio	con iones calcio	no gelifica
Metales pesados	> 0.004%	> 0.004%	> 0.004%
Sulfatos	18-40%	18-40%	18-40%

• SOLUBILIDAD

Las carrageninas son solubles en agua fría. La solubilidad se ve afectada por la presencia de iones calcio. En sistemas acuosos reaccionan como un hidrocoloide típico impartiendo características espesantes y gelantes, mientras que en sistemas lácteos se presentan reacciones con las proteínas de la leche dando características adicionales de estabilidad. La solubilidad de las carrageninas se da principalmente en agua caliente a temperaturas de 70°C, aunque llega a presentarse el caso de una dispersión en sistemas fríos sobre todo en la carragenina tipo lambda y las sales sódicas de la iota y kappa carragenina. La hidratación de las carrageninas se afecta por la presencia de sales y disolventes orgánicos tales como metanol, etanol, acetona y glicerina que disminuyen el rango de solubilidad. Un exceso de sales retarda y en algunos casos, previene la hidratación y solubilización de la kappa y lambda carragenina. En lo referente a la iota, esta muestra un comportamiento singular disolviéndose sin problema en soluciones salinas.^{25 70}

La presencia de grandes cantidades de azúcar como sacarosa o dextrosa no impiden la solubilización de las carrageninas, *sin embargo, es necesario* aumentar la temperatura y el tiempo de permanencia de la carragenina en la solución preparada.⁷⁰ En este caso la carragenina tipo iota resulta menos soluble que las otras dos. En lo que se refiere a la solubilidad en leche, el comportamiento general depende de la sensibilidad del tipo de carragenina a los iones calcio presentes en el sistema, por ejemplo, la carragenina lambda tiene un efecto espesante en este tipo de sistemas mientras que la kappa y la iota no presentan características significativas a menos que se mezclen con fosfatos como el pirofosfato o el fosfato tetrasódico.

Como se mencionó anteriormente el efecto del azúcar en este tipo de hidrocoloideos naturales ocasiona cambios en los tratamientos térmicos. Kappa y lambda carrageninas pueden solubilizarse en caliente en soluciones hasta de un 65% de azúcar mientras que la carragenina iota presenta una solubilidad limitada en estas condiciones.¹⁹

CUADRO No.12 "SOLUBILIDAD DE LAS CARRAGENINAS EN DIFERENTES MEDIOS DE SOLUCIÓN"⁷¹

LÍQUIDO	KAPPA	IOTA	LAMBDA
agua caliente	soluble arriba de 60°C	Soluble arriba de 60°C	soluble arriba de 70°C
agua fría	soluble en presencia de iones sodio, insoluble en presencia de iones potasio y calcio	Soluble en presencia de iones sodio, insoluble en presencia de iones potasio y calcio	soluble en presencia de iones sodio, insoluble en presencia de iones potasio y calcio soluble
Leche caliente	Soluble arriba de 70°C	Soluble arriba de 70°C	soluble arriba de 70°C
Leche fría	insoluble, se hincha	insoluble	soluble en caliente
Solución concentrada de azúcar	soluble en caliente arriba de 20°C	Ligeramente soluble en caliente	soluble en caliente
Solución concentrada de cloruro de sodio	insoluble	soluble en caliente	soluble en caliente
Solución al 35% de etanol	insoluble	insoluble	soluble en presencia de iones sodio

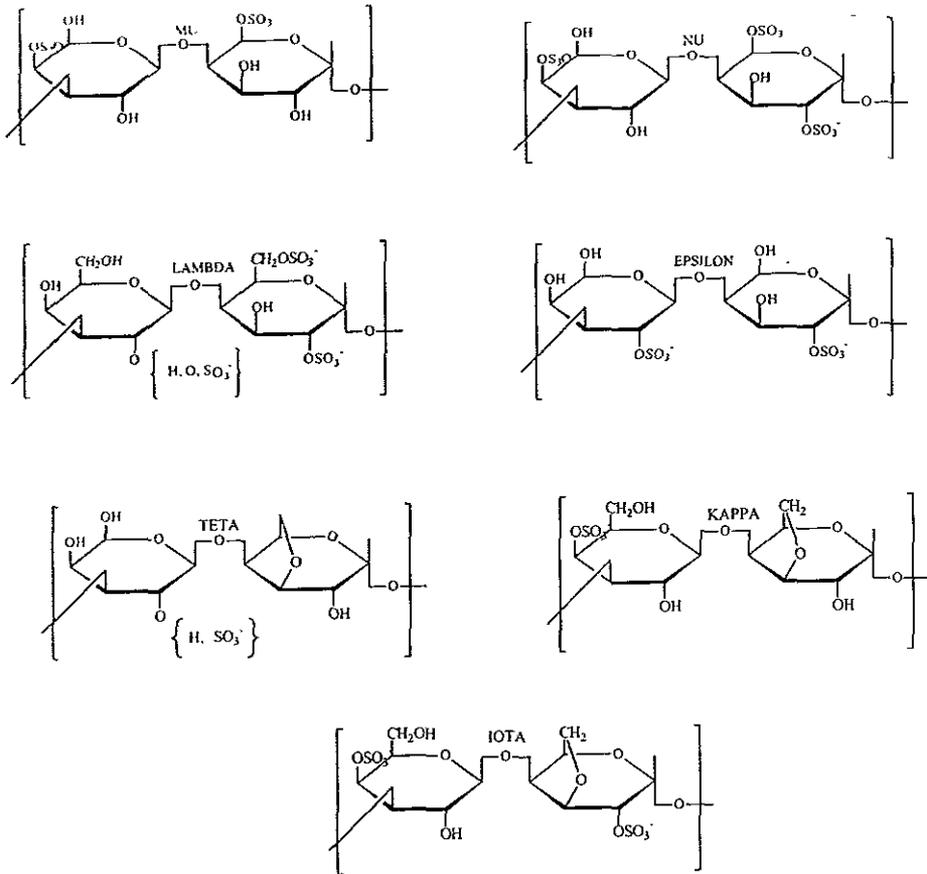


FIGURA No.10 "ESTRUCTURA MOLECULAR DE LAS CARRAGENINAS"^{26, 68}

VISCOSIDAD

Generan una viscosidad de 500 a 800 mPas (200 cps) a una temperatura de 75°C en una concentración del 1%. Si aumenta la temperatura disminuye su capacidad de formar viscosidades. Debido a su estructura molecular lineal y a su naturaleza polielectrolítica, las soluciones de las distintas fracciones de carragenina son muy viscosas. Los grupos sulfato ionizados le confieren una carga negativa, lo cual ocasiona que el polímero se extienda en forma muy rígida; además, los grupos hidroxilo y también los sulfato, de naturaleza hidrófila, *retiene constantemente* una capa de agua en estado inmovilizado a

través de puentes de hidrógeno. En estas condiciones las moléculas de carragenina tienen poca movilidad y presentan una gran resistencia para fluir, lo que provoca que la viscosidad de sus soluciones sea elevada. Las propiedades viscoelásticas y las características reológicas de las soluciones de carragenina han sido estudiadas por Kokini y colaboradores. Al igual que sucede con otras macromoléculas lineales que contienen grupos ionizables, la viscosidad de las soluciones de carragenina se incrementa exponencialmente al aumentar su peso molecular o la concentración del polímero. Debido a que los tipos *iota* y *kappa* gelifican, para incrementar la viscosidad de las soluciones acuosas generalmente se emplean carrageninas ricas en la fracción *lambda*. Debido a esta característica, la carragenina se usa para proporcionarle consistencia y textura a distintos aderezos para ensaladas, a la mostaza y a varias salsas, en general se usa en productos en los que se desea incrementar la viscosidad como, como jugos de frutas y derivados de la confitería.^{71,72, 73, 74}

FORMACIÓN DE GELES

Las carrageninas requieren de temperatura baja para desarrollar sus propiedades funcionales. Las carrageninas *kappa* e *iota* tienen la capacidad de formar geles termoreversibles cuando provienen de soluciones que contienen diferentes tipos de sales, principalmente de *KCl*. La temperatura de gelación varía de acuerdo al tipo de carragenina con la que se trabaja, la concentración de sólidos iónicos y no iónicos y de la presencia de otros polisacáridos. Algunas veces un exceso de cationes puede debilitar el gel, especialmente iones sodio que inhiben el proceso de gelado en la *kappa* carragenina aún cuando se encuentren iones potasio y calcio en el medio. Los geles obtenidos con *kappa* carragenina son frágiles y presentan *sinéresis* una vez que el gel ha sido cortado, la *iota* carragenina, contrastando con la *kappa*, presenta un gel fuerte, elástico y sin *sinéresis*. El otro tipo de carragenina (*lambda*) no forma geles aún en presencia de diferentes iones.^{26, 70, 71}

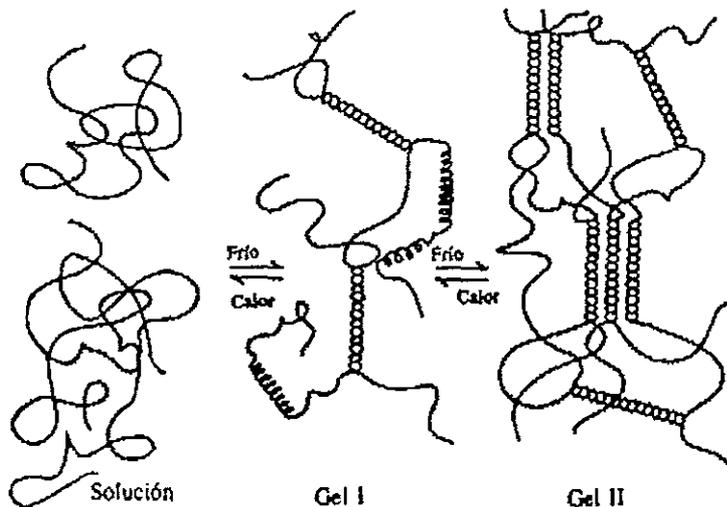


FIGURA No.11 "MECANISMO PROPUESTO PARA EL GELADO EN LAS CARRAGENINAS"⁷⁰

FUERZA DE LOS GELES FORMADOS

Se ve afectada por la presencia de iones calcio y potasio y requieren de bajas temperaturas.²⁶

GELIFICACIÓN

La capacidad de gelificación de las moléculas de carragenina está directamente relacionada con la formación de dobles hélices y, por tanto, con su contenido del azúcar 3,6-anhidro-galactosa, a medida que aumenta éste, se obtienen geles más rígidos. La presencia de los grupos sulfato en posición 6 provoca una ruptura de la linealidad del polímero y por consiguiente no se integran las dobles hélices, esto trae consigo que los geles sean débiles y, en casos extremos, que no se formen. La carragenina lambda (alto contenido de sulfatos en C-6 y sin el azúcar anhidro) no gelifica en presencia de calcio o potasio, sin embargo cuando se trata con álcalis, el grupo sulfato en C-6 desaparece y se

produce 3,6-anhidrogalactosa. Esta alteración hace que la carragenina obtenida gelifique fácilmente.⁷⁴

Rees considera que la formación de los geles de carragenina se basa en la estructura tridimensional establecida entre las moléculas del polímero. A temperaturas por encima del punto de fusión del gel, las cadenas de carragenina presentan una conformación al azar ya que la agitación térmica no les permite integrar las hélices (solución) al enfriarse, se produce una transición sol-gel debido a que las carrageninas se unen a través del establecimiento de dichas hélices que sirven de puntos de unión (gel I). Finalmente, al enfriar aún más, se induce la agregación de estas uniones, provocando la gelificación de todo el sistema (gel II). Con este modelo se explica la estructura del gel de la siguiente manera: todas las moléculas de carragenina se encuentran interactuando entre sí y forman un complejo tridimensional, en el que las dobles hélices sirven de enlaces y sostén de la estructura. Los grupos hidroxilo y sulfato, que se orientan perpendicularmente en relación con la dirección del polímero tienen la capacidad de retener agua a través de puentes de hidrógeno. De esta forma, pequeñas cantidades de carragenina, como 1.0%, son suficientes para integrar un gel que retiene una proporción de agua. Debido a su estructura, peso molecular, composición química y facilidad de formar dobles hélices, cada fracción de carragenina produce geles o dispersiones con propiedades diferentes. Así, los geles establecidos con la kappa son rígidos, muy resistentes, térmicamente reversibles, tienen temperaturas de formación y de fusión muy concretas y presentan histéresis (la temperatura de fusión es superior a la de formación del gel). La carragenina lambda no produce geles y sus soluciones son pseudoplásticas y las más viscosas entre las logradas con las distintas fracciones, sus propiedades reológicas son totalmente independientes de la presencia de los iones inorgánicos. Los geles hechos con la carragenina iota son elásticos, térmicamente reversibles, se forman y funden a temperaturas mayores que los obtenidos con la kappa y presentan muy poca histéresis, sus dispersiones son tixotrópicas y resisten un mayor contenido de sales que las de las otras fracciones. La capacidad de las moléculas de carragenina de retener agua y de formar geles de distintas durezas y propiedades está muy relacionada con las sales y solutos que se encuentran presentes en el sistema.^{77, 78}

- **RANGO ÓPTIMO DE pH**

La máxima estabilidad la alcanzan en el rango alcalino aproximadamente a pH de 9.0. Son sensibles a los ácidos. Las carrageninas presentan estabilidad a valores de pH de 7 y superiores, pero en valores ácidos la estabilidad decrece sobre todo cuando se combinan con temperaturas altas. A valores de pH bajos se presenta una hidrólisis del polímero de la carragenina dando como resultado una pérdida en las propiedades estabilizantes y de formación de geles. Sin embargo, cuando el gel ha sido formado la hidrólisis se suspende dando lugar a un gel estable. La estabilidad que presentan las carrageninas a valores de pH bajos es como sigue: $\text{iota} > \text{lambda} > \text{kappa}$.^{26, 70, 71}

- **REACCIÓN CON PROTEÍNAS**

La fabulosa capacidad de reacción de las carrageninas en presencia de las proteínas depende de diferentes factores tales como la concentración, tipo de proteína, temperatura, pH del sistema y el punto isoeléctrico de la proteína. Arriba del punto isoeléctrico de la proteína cualquier ion metálico polivalente que se encuentre dentro del sistema actúa como un puente entre los grupos carboxilo cargados negativamente de la proteína y los ésteres sulfatos de la carragenina. La reactividad parece depender directamente del número y la posición de los grupos sulfato así como del contenido de estructuras 3,6-D-anhído-D-galactosa en la carragenina siendo estas características, necesarias para el proceso de gelado en un medio acuoso. Una solución de proteína por debajo de su punto isoeléctrico esta cargada positivamente mientras que las carrageninas no tienen punto isoeléctrico y están cargadas negativamente a cualquier pH. Cuando la solución se mezcla se presenta una reacción: $\text{catión de la proteína} + \text{anión de la carragenina} = \text{carragenato de proteína (precipitado)}$ En cambio, cuando la proteína y la carragenina se mezclan a valores de pH por debajo del punto isoeléctrico ambas se cargarán negativamente y no existirá precipitación gracias a la repulsión de ambas. Con la presencia de ciertos iones como por ejemplo el calcio, se pueden formar sales insolubles que precipitan.^{26, 53, 70, 71, 72, 75}

4.4.3.5 SINERGISMO

Con goma de algarrobo controla la formación de cristales, imparte *textura*, estabiliza emulsiones, aumenta la gelificación, aumenta la fuerza del gel, aumenta la cohesividad y previene la *sinéresis*, ya que al mezclarse, forman geles elásticos sin *sinéresis* y con una mayor fuerza. Con goma guar y carboximetilcelulosa aumenta la cohesividad del gel. Con goma konjac y con almidones de trigo y maíz aumenta la fuerza del gel.^{26, 70, 71}

4.4.3.6 APLICACIONES

Dentro de todas las aplicaciones que tienen las carrageninas en la industria alimentaria, estas se pueden dividir funcionalmente en dos grupos importantes:

Las que reaccionan en sistemas acuosos y las que lo hacen en sistemas lácteos.

Las carrageninas actúan como agentes estabilizantes, de viscosidad o como agentes gelantes, por lo que se emplean en leches *chocolatadas* para estabilizar y evitar la sedimentación de las partículas de *cocoa* en el fondo de los recipientes, generalmente se usa *kappa carragenina* en concentraciones de 0.02-0.03%. Se utilizan en leche evaporada, helados, sustitutos de crema para el café, leches pasteurizadas, leches esterilizadas, productos en polvo y en general cualquier producto lácteo se basa principalmente en la relación e interacción con los caseinatos, proporcionando *cuerpo* y suspensión de sólidos insolubles. En *yogurth* mejoran la viscosidad y la suspensión de la *fruta*. En *leche evaporada* estabilizan la *grasa*. Estabilizan y emulsifican grasas y proteínas. Proporcionan texturas suaves y cremosas cuando se utiliza para postres tipo *pudding*. No son estabilizantes que puedan emplearse satisfactoriamente en helados a menos que se combine con otro tipo de gomas como algarrobo, guar, xantana, CMC, etc., una vez elaborado el estabilizante este prevendrá la separación de las grasas y otros sólidos mejorando la distribución de los mismos *previniendo el crecimiento* de cristales de hielo y lactosa que ocasionan lo que se conoce como "*arenosidad*".^{26, 70}

Por su naturaleza hidrófila retienen humedad y mantienen la calidad sensorial de muchos postres y productos de la confitería. En rellenos de *puddings* o pasteles favorecen la gelatinización y brindan más *cuerpo*.⁷⁴

La kappa carragenina se usa en concentraciones de 0.01 a 0.05% combinada con las otras gomas. La tipo lambda puede ser utilizada en diferentes jarabes y mieles. La carragenina kappa se utiliza en concentraciones de 0.01 a 0.05% para inducir la cuajada en el queso cottage; funciona como agente aereador, de cuerpo y textura en cremas batidas. En el área de la panificación se reporta su uso como mejoradores de masas en concentraciones de 0.1%. Por ser un polisacárido no metabolizable, se usa para sustituir el almidón en alimentos dietéticos.^{53, 70, 71, 72, 75} Además de estabilizar las proteínas y la grasa láctea, la carragenina ayuda a mantener las emulsiones de aceite en agua encontradas en muchos alimentos³² y se emplea para lograr ciertas texturas y propiedades reológicas en algunos productos cárnicos⁷⁷ y en otros imitación de queso.⁷⁴

4.5 ALMIDÓN

4.5.1 ORIGEN

El almidón es el polisacárido más abundante en la naturaleza y de mayor importancia comercial.⁷⁹

El polímero del almidón se sintetiza en las plantas a partir del monómero dextrosa. La dextrosa es sintetizada a su vez por medio del proceso de la fotosíntesis. El polímero se organiza en partículas microscópicas llamadas gránulos que se depositan en las semillas o raíces de las plantas para servir como almacenaje natural de energía para la germinación y el crecimiento.

El almidón de los cereales ya era conocido por el hombre de las antiguas culturas (egipcios, unos 4000 años a.C). Catón ya describió 170 años a.C. un procedimiento para obtener almidón a partir de los cereales²³ Los distintos almidones exhiben formas, estructuras y tamaños típicos de cada una de las plantas originarias.²³

Los almidones se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, y se emplean en productos alimenticios para impartir o controlar características como textura, frescura, consistencia y estabilidad durante el almacenamiento.⁸¹

Las fuentes más comunes de almidón son el maíz, papa, trigo, tapioca y arroz. El mercado actual del almidón, puede dividirse a grosso modo en dos grandes grupos, uno que comprende, los almidones nativos de cualquier origen y el otro que incluye los almidones modificados químicamente.

El almidón no es en manera alguna una sustancia uniforme, sino que constituye una mezcla de amilosa y amilopectina. Estos dos componentes se diferencian entre sí claramente en lo que se refiere a sus propiedades físicas y químicas. La amilosa es soluble y tiene un peso molecular de 10,000 a 50,000, mientras que la amilopectina es insoluble, de estructura ramificada y tiene un peso molecular capaz de llegar a un millón.

La fracción amilósica adopta una estructura rectilínea. La proporción existente entre amilosa y amilopectina difiere de unas clases a otras de almidones. En el maíz la proporción es de 23:77, y en el *almidón de papa* 18:82. También hay diferencias en la longitud de la cadena ramificada de la amilopectina. En los últimos años se han producido cultivos nuevos de almidones que contienen amilopectina pura.

En virtud de su elevada tasa de amilopectina, los almidones nativos se pueden gelatinizar ya que con temperaturas relativamente bajas, de +60 a 70°C, forman *grumos* viscosos opalinos y mediante la acción del calor o de los ácidos pueden perder una parte *considerable de su capacidad* espesante. Es interesante la estabilidad de la facultad espesante en condiciones de congelación, encontrando también empleo particularmente de estos almidones para tales fines. Se han utilizado así mismo en combinación con otros almidones o sustancias aglutinantes para contrarrestar posibles tendencias a la gelificación. Si se permite que un almidón se gelatinice en medio acuoso, entonces *desempeña la amilopectina, en el aspecto coloidoquímico, el papel del espesante de la solución*, mientras que la amilosa actúa como sustancia gelificante. En los almidones sucede que la amilopectina y la capacidad espesante desarrollada por ella resultan fácilmente alteradas, tendiendo por la acción del calor o de la agitación intensa a pasar del estado imbibido al diluido y poco viscoso. En cambio, la fracción amilósica se ve por lo común poco alterada por acciones mecánicas o por los ácidos. Los *almidones nativos* tienen la facultad de formar geles consistentes y resistir altas temperaturas.²³

4.5.2 ESTRUCTURA

Químicamente el almidón está compuesto por 2 polisacáridos con D-glucosa, como unidad básica: la amilosa y la amilopectina.⁸²

La amilosa está formada por largas cadenas no ramificadas en las que todas las unidades de D-glucosa se encuentran unidas mediante enlaces α -1,4. La amilopectina, por su parte tiene muchas ramificaciones con una longitud media de 24 a 30 residuos de glucosa dependiendo de la especie. Los enlaces del esqueleto son α -1,4, mientras que los de las ramificaciones son enlaces β -1,6.²⁹

La proporción de amilosa-amilopectina y la *organización de los dos polímeros* en el

gránulo por medio de los puentes de hidrógeno, otorgan al almidón la propiedad única de la gelatinización (hinchamiento) a través del calentamiento y la retrogradación (reasociación) con el enfriamiento.⁸⁰

Los almidones como tal presentan muchas desventajas en su uso: se hidratan fácilmente, se hinchan muy rápido, se rompen, pierden viscosidad, producen pastas con poco cuerpo y muy cohesivas, etc. Lo anterior se debe a la retrogradación la cual está determinada por la cantidad de amilosa en el grano y es por ello que para mejorar las propiedades de los almidones estos se modifican químicamente.⁸³

La mayoría de los almidones nativos como maíz, papa, trigo, tapioca y arroz se componen de dos tipos de polímeros de glucosa: amilosa, que es un polímero lineal y amilopectina, es una cadena ramificada. La fracción lineal es la que imparte las propiedades gelificantes al almidón. Los almidones comunes poseen tanto amilosa como amilopectina en proporciones casi constantes en una misma especie. 27% de amilosa y 73% de amilopectina en maíz, 24% de amilosa y 76% de amilopectina en trigo, 18% de amilosa y 82% de amilopectina en tapioca, 22% de amilosa y 78% de amilopectina en papa.⁸⁴ Sin embargo existen variedades que poseen almidón formado básicamente por amilopectina, variedades céreas, y otras en cuyo almidón predomina la amilosa. Estas diferencias en composición del almidón están reflejadas en sus propiedades⁸⁵ así como en la morfología del gránulo, pues la forma y el tamaño del gránulo dependen del contenido de amilosa, por ejemplo en el almidón de maíz con un 25% de amilosa los gránulos son angulares, a medida que este contenido de amilosa va aumentando, los gránulos se vuelven más redondeados.⁸⁶

Los gránulos de almidón son, en general, birrefringentes, es decir, tienen dos índices de refracción y cuando son irradiados por luz polarizada presentan la "cruz de malta" debido a que dentro del gránulo existen zonas cristalinas de moléculas de amilosa ordenadas paralelamente mediante puentes de hidrógeno y zonas amorfas en las que las moléculas de amilopectina no pueden asociarse entre sí ni con las moléculas de amilosa. Por ésto, muchos de los gránulos de las variedades céreas de amilopectina, no presentan birrefringencia. El almidón se considera como un material semicristalino de acuerdo con los patrones de difracción de rayos X. Se han distinguido tres tipos de estructura cristalina para los gránulos de almidón intactos y los tres patrones característicos de difracción se

han distinguido como A, B y C. El tipo de patrón depende de la fuente botánica del almidón, el patrón A se observa en muchos almidones de cereales mientras que el B sólo en papa, algunas variedades de maíz con alto contenido de amilosa y en almidones retrogradados. El patrón C de rayos X se presenta en algunos almidones de guisantes y frijoles, y es en realidad una forma intermedia entre los patrones A y B. Tanto la birrefringencia como el espectro de rayos X se pierden cuando el almidón se gelatiniza. La gelatinización del almidón se refiere al fenómeno que ocurre cuando éste es calentado en una suspensión acuosa. Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría debido a que presentan en sus polímeros fuertes uniones (puentes de hidrógeno) que los mantienen estables. Los gránulos absorben a una pequeña cantidad de agua pero esto es reversible mientras no se alcance la gelatinización.

Cuando una suspensión de almidón en agua se calienta, empieza un proceso de absorción de agua en las zonas amorfas del gránulo donde los puentes de hidrógeno son pocos y débiles. Conforme el gránulo absorbe agua se va hinchando y llega un momento en que pierde su propiedad de birrefringencia y su patrón de rayos X. La temperatura a la cual sucede esto es la temperatura de gelatinización y debido a que depende de las fuerzas de unión dentro del gránulo, las cuales varían de una especie a otra y de un gránulo a otro dentro de una misma especie, se habla de un intervalo de gelatinización.⁸⁸

CUADRO No.13 "TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN DE ALGUNOS ALMIDONES"⁸⁷

FUENTE	TEMPERATURA (°C)
maíz	62-72
maíz rico en amilosa	67-80
maíz céreo	63-72
sorgo céreo	67-74
papa	58-67
tapioca	51-65
trigo	58-64
arroz	62-78

El intervalo de gelatinización de un almidón se mide a través de la pérdida de birrefringencia con una plataforma de Kofler en un microscopio de luz polarizada. Con este método se obtienen curvas de temperatura de gelatinización graficando el porcentaje de gránulos que pierden la birrefringencia en función de la temperatura.⁸⁸

Es importante observar que la gelatinización ocurre normalmente en presencia de agua, pero se ha sugerido que en su ausencia ocurre a 220 C.⁸⁹

4.5.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Gelificante

Espesante²⁴

Para actuar como agente gelificante se requiere de una alta concentración de almidón.

Para actuar como agente espesante se requiere diluido.²⁴

CUADRO No.14 "PROPIEDADES QUE IMPARTE LA AMILOSA AL ALMIDÓN"⁸⁷

ALMIDÓN	CONTENIDO DE AMILOSA	CLARIDAD	ESTRUCTURA DEL GEL	TEXTURA
papa	20	clara	no gelifica	pastosa
maíz	27	ligeramente opaca	gel firme	gelatinosa
maíz céreo	0	clara	gel suave	pastosa
tapioca	17	clara	gel suave	gelatinosa
maíz con alto contenido de amilosa	50-80	opaca	gel rígido	gelatinosa

4.6 PECTINAS

4.6.1 ORIGEN

La sustancia que se había supuesto era la causa de que los jugos de fruta se convirtieran en jalea, fue aislada por Braconnot en 1824 quien le denominó pectina.

La manufactura comercial de la pectina empezó en el año de 1908 con bagazo de manzana seco como materia prima. Entre 1920 y 1940 quedó establecida la producción de pectina a escala comercial en cierto número de naciones, y llegaron a formar parte importante del comercio internacional.⁹⁰

Las fuentes naturales más importantes de las sustancias pécticas son los frutos y hortalizas. Inicialmente se creyó que las sustancias pécticas estaban ausentes de los tejidos lignificados de las plantas, pero se descubrió su presencia no sólo en los tejidos vegetales sino incluso en la madera aunque muchos de estos en muy baja proporción. Las sustancias pécticas se hallan en los frutos no maduros en forma de protopectina, sirven de cemento que manteniendo unidas las fibras y las células de celulosa, formándose así los tejidos, es decir, funcionan como ligaduras que atan célula a célula, formando puentes que interaccionan cada una con textura sólida o semisólida.

Las principales fuentes de obtención de las pectinas son el bagazo de las manzanas, las cáscaras de los frutos cítricos, las rebanadas secas de la remolacha azucarera, el henequén, el orujo de las uvas, los arándanos, el tejocote, el receptáculo de las semillas del girasol y el camote.⁹⁰

4.6.2 ESTRUCTURA

La estructura química de las sustancias pécticas es siempre compleja, sin embargo, su análisis elemental muestra que en ellas sólo participan como elementos carbono, hidrógeno y oxígeno.

La estructura del compuesto consiste en unidades repetitivas de ácido D-galacturónico y por unidades de L-arabinosa y D-galactosa. con los grupos metilo esterificados.²³

4.6.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Gelificantes

Espesantes

Estabilizantes²⁴

4.6.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- TIPOS DE PECTINAS

De alto metoxilo: gelifican en presencia de ácido.

De bajo metoxilo: requieren de la presencia de cloruro de calcio para poder gelificar.²³

- SOLUBILIDAD

Pectinas altas en metoxilo:

En agua. solubles en caliente

En leche: solubles en caliente y en frío

En soluciones salinas: insolubles

En soluciones azucaradas: en caliente

En etanol: insolubles arriba del 20%

Su solubilidad disminuye en presencia de azúcar, iones calcio y compuestos con pesos moleculares bajos.¹

Pectinas bajas en metoxilo:

En agua: solubles en caliente

En leche: en caliente

En soluciones salinas insolubles

En soluciones azucaradas: en caliente

En etanol. insolubles arriba del 20%

Su solubilidad aumenta con la disminución de azúcar y iones calcio¹

- **RANGO ÓPTIMO DE pH**

De alto metoxilo pH= 2.0-3.5

De bajo metoxilo pH= 2.9-5.5¹

4.6.5 SINERGISMO

Con goma guar para aumentar clarificación.

Con goma de algarrobo, xantana, guar y konjac para aumentar gelificación²⁴

4.7 HIDROCOLOIDES OBTENIDOS DE EXTRACTOS VEGETALES

Son polímeros que generalmente se encuentran como reserva energética en varios vegetales, tales como la alcachofa y el maguey, además de algunas raíces y tubérculos.⁵

91

4.7.1 INULINA

4.7.1.1 ORIGEN

La inulina es la fructosana más difundida, su hidrólisis total produce, además de fructosa, de 5 a 6% de moléculas de glucosa que se considera se encuentran en los extremos de la cadena. La inulinasa es la enzima que actúa sobre los correspondientes enlaces glucosídicos de este polímero; debido a que las furanosas que contiene (fructosa) hacen que la inulina sea muy lábil a la hidrólisis, se ha sugerido usarla como fuente para la obtención comercial de fructosa de alta pureza.^{5, 91}

La inulina fue descubierta en 1804 por Rose quien la separó de extractos de *tubérculos de alcachofa* de Jerusalén. El nombre de inulina fue primeramente usado por Thompson en 1811 y se deriva de que fue encontrada también en plantas de *Inula helenium*.⁹²

4.7.1.2 ESTRUCTURA

Estudios realizados sobre inulina obtenida de *Dahlia tuber* la cual fue metilada en una atmósfera de nitrógeno con hidróxido de sodio y sulfato de metilo y posteriormente hidrolizada con ácido oxálico, analizando los productos resultantes por cromatografía concluyen que la molécula de inulina está constituida por unidades de fructosa con uniones β -2,1, y que la cadena es terminada por una molécula de glucosa unida mediante un enlace tipo sacarosa.⁹²

En estudios efectuados sobre alcachofa de Jerusalén para observar los carbohidratos presentes en los tubérculos de ésta, mediante cromatografía en papel y polarimetría, se observó la presencia de polisacáridos de fructosa, que se caracterizan por medio de precipitación con diversos agentes como etanol, acetona e hidróxido de calcio. Con base a los resultados obtenidos se plantea la siguiente estructura para la inulina. Estudios estructurales sobre inulina de *Inula helenium* confirman la presencia de derivados de glucosa en los hidrolizados de inulina metilada y argumentan que ésta se encuentra en una proporción de 2.9 moles x 100 radicales libres de hexosa, teniendo la molécula de inulina una longitud de cadena de 35 unidades y un peso molecular de 5600. Posteriores estudios sobre un hidrolizado parcial de inulina de alcachofa de Jerusalén reportan la presencia de sacarosa, inulobiosa (1-β-fructosilfructosa), iníotriosa (1-β-fructosilulobiosa) y concluyen que la molécula de inulina es terminada en la configuración de sacarosa.⁹⁴

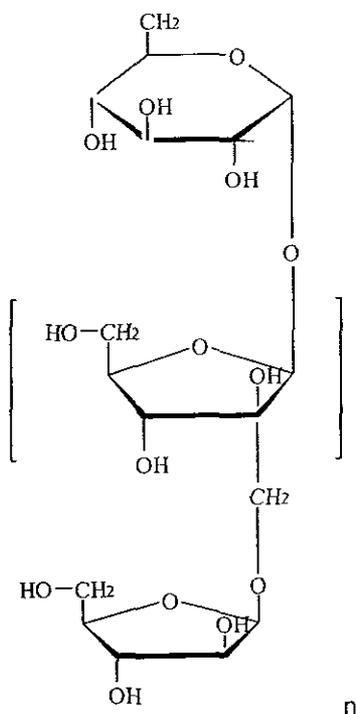


FIGURA No.11 "ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA INULINA"⁹³

4.7.1.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Espesante

Estabilizante

4.7.1.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

• SOLUBILIDAD

Es soluble en agua caliente y ligeramente soluble en agua fría y disolventes orgánicos.²⁷

La inulina se degrada con 5.9 y 24% de hidróxido de sodio e hidróxido de calcio en un tiempo de 20 a 120 minutos a 98-100°C. Con NaOH a 100°C durante 60 minutos se degrada en un 20%.⁹³

La inulina comercial con solución saturada de hidróxido de calcio a 100°C durante 60 minutos se degrada en un 12.5%.⁹³

4.7.2 GOMA KONJAC

4.7.2.1 ORIGEN

La goma konjac es el producto seco pulverizado y extraído de la raíz de la planta del mismo nombre (*Amorphophallus konjac*). La planta se cultiva en Japón y algunos países asiáticos durante la primavera y se cosecha usualmente después del tercer año de cultivo, en el otoño. La goma konjac se ha utilizado en Japón para la elaboración de geles y pastas estables en agua caliente. En los Estados Unidos se ha empleado desde los principios de los años 1900.¹³

4.7.2.2 ESTRUCTURA

Este hidrocoloide está compuesto por unidades de glucomanana de alto peso

molecular, entre 200, 000 y 2,000,000 Daltones (haciéndola de una viscosidad pseudoplástica), compuestas de moléculas de manosa y glucosa en una razón aproximada de 3:2, respectivamente.

La molécula de glucomanano (componente funcional de la harina de konjac) tiene ramificaciones laterales cortas y grupos acetilo presentes en razón de 1 por cada 6 unidades de azúcar. El rango de hidratación es controlado primeramente por la distribución del tamaño de partícula; el grado de gelificación o no gelificación con agua es controlado por los grupos acetilo.¹³

La deacetilación de la molécula usando una base débil y reafirmando con un calentamiento, durante el procesamiento del alimento, mantienen la formación de geles térmicamente estables.¹³

El proceso de obtención de la goma, es a partir del tubérculo seco que contiene alrededor del 30-35% de goma glucomanana. Una vez que se extrae la harina y después de la molienda, del 60-80% de goma glucomanana de ésta serán bases de glucomanano.¹³

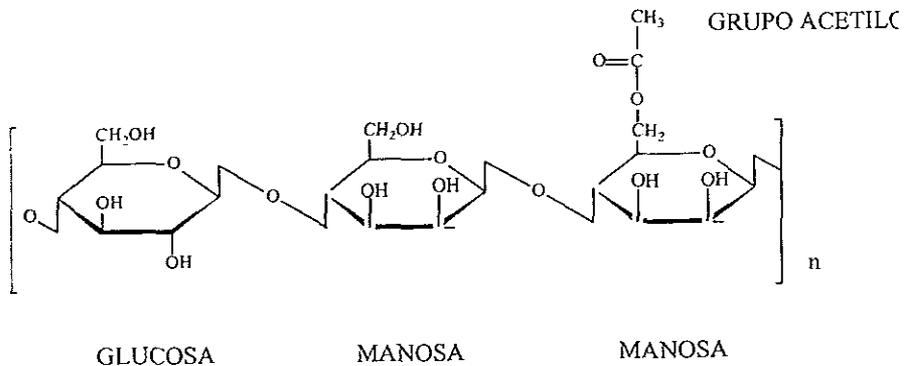


FIGURA No.12 "ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA GOMA KONJAC"¹³

4.7.2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Gelificante

Espesante

Estabilizante¹³

4.7.2.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

• SOLUBILIDAD

La goma konjac se dispersa en agua caliente (90°C) o fría y forma una solución viscosa con un pH entre 4.0 y 7.0. La solubilidad se incrementa por calentamiento y agitación mecánica de las soluciones. La adición de álcalis débiles a las soluciones de goma konjac, ayudan a formar un gel fuerte y muy estable a los cambios de temperatura¹³

• VISCOSIDAD

Este hidrocoloide presenta una viscosidad muy alta lo que permite la formación de geles estables al calor y al derretimiento.

FORMACIÓN DE GELES

La goma konjac gelifica a altas temperaturas en un intervalo de 40-60°C.

CONDICIONES PARA GELIFICACIÓN

Efecto sinérgico con κ -carragenina y goma xantana

CARACTERÍSTICAS DEL GEL

Forma un gel elástico. Los geles formados con goma konjac no se ven afectados por la presencia de cationes y soportan cambios de temperatura.¹³

4.7.2.5 CUADRO No.15 "PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE CALIDAD"⁶⁷

% Humedad	No más del 15%
% Cenizas totales	No más del 5%
Arsénico	No más de 3 mg/kg
Plomo	No más de 5 mg/kg
Metales pesados	No más de 10 mg/kg
% Proteína	No más de 8%

4.7.2.6 SINERGISMO

Con κ -carragenina: forman un gel elástico y térmicamente reversible después de calentarse y enfriarse.

Con goma xantana: forman un gel con *propiedades viscoelásticas* únicas.

Con almidón: aumentan la viscosidad de los sistemas.¹³

4.8 HIDROCOLIDES OBTENIDOS A PARTIR DE EXTRACTOS ANIMALES

4.8.1 GRENETINA

4.8.1.1 ORIGEN

Es un extracto refinado de colágeno que se extrae del tejido de algunos animales. Es una sustancia anfotérica y forma soluciones verdaderas en agua. Las propiedades adhesivas y gelatinizantes del resultado de la cocción de tejidos animales fueron ya conocidos desde hace muchos años, y aplicadas a diversos usos. Papin demostró hacia el año de 1680 que se puede extraer grenetina de los huesos.⁹⁵

Herrisant fue el primero que en 1756, separó de los huesos las sales de calcio por un tratamiento con ácidos. Changeux observó en 1775 que por la cocción con agua de harina de huesos se obtenía gelatina sin emplear como Papin presión a vapor.⁹⁵

Como materias primas más importantes para la fabricación de grenetina se encuentran:

- a) Sustancias colágenas: cuyos tejidos por cocción se convierten en gelatina, por ejemplo, cabezas de ternera, cartilagos, tendones, pieles y pellejos.
- b) Huesos: se diferencian del resto anterior por su gran contenido de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

4.8.1.2 ESTRUCTURA

La grenetina está formada químicamente por hidroxiprolina y glicina. Así como las moléculas de otras proteínas, las moléculas de la grenetina son muy largas y complejas con valores de peso molecular de 10,300 a 100,000 Daltones, pero mediante procedimientos de fraccionamientos han producido pesos moleculares arriba de 250,000 Daltones.

- TIPOS DE GRENETINA

Existen dos tipos de grenetina.

Tipo A obtenida por y tratamiento ácido del tejido, punto isoelectrico a pH 7-9.

Tipo B obtenida por tratamiento alcalino del tejido, punto isoelectrico a pH 4.7-5.

El % de composición de la grenetina ha sido como sigue: ⁹⁵

C = 50.5%

H = 6.85

N = 17%

O = 25.2%

La hidrólisis completa de la grenetina produce un gran número de aminoácidos simples de estructura conocida en las siguientes proporciones:

CUADRO No.16 "AMINOÁCIDOS PRESENTES EN LA GRENETINA"⁹⁵

AMINOÁCIDO	PROPORCIÓN
Ácido aspártico	9.6
Reginina	8.5
Alanina	11.2
Citina	0.1
Ácido glutámico	6.1
Glicina	26.5
Histidina	1.1
4-hidroxi prolina	14.6
Isoleucina	1.9
Leucina	4.1
Licina	4.8
Metionina	0.9
Fenilalanina	2.2
Prolina	17.2
Cerina	3.7
Treonina	1.7
Valina	2.8

4.8.1.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Gelificante

Estabilizante

Espumante

Aereante^{24, 95}

4.8.1.4 CUADRO No.17 "PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE CALIDAD"²⁴

Humedad	8% mínimo 12% máximo
Color	Amarillo tenue hasta ámbar
<i>E.coli</i>	negativo
Anaerobios	negativo
Licuefacientes	negativo
<i>S. aureus</i>	negativo
Recuento total	menor de 10/g

4.8.1.5 PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

• SOLUBILIDAD

Es soluble en agua caliente. La solubilidad no se ve afectada por la presencia de iones en solución.

En agua: es soluble arriba de los 40°C.

En leche: arriba de 40°C.

En soluciones salinas. arriba de 40°C.

En soluciones azucaradas: arriba de 40°C.

En etanol: insoluble arriba del 60%.^{1, 24}

Las partículas de gredina sólida y seca al estar en agua fría se hinchan y se disuelven al calentarse, por lo tanto la solubilidad está en función de la temperatura.⁹⁵

Bajas concentraciones de sales como PO_3 , citratos y sulfatos ayudan a la solubilidad de la gretina, mientras que elevadas concentraciones pueden precipitarla.⁹⁵

La gretina es soluble en polialcoholes como el glicerol, propilenglicol, sorbitol, manitol. Se hincha en agua fría a 14°C y se solubiliza completamente en agua caliente a 760°C .²⁴

• INSOLUBILIDAD

En alcohol

Acetona

Tetracloruro de carbono

Benceno

Petróleo

En agua fría (120°F)⁹⁵

La gretina precipita en presencia de sulfato de amonio, aldehídos, ácido pícrico, ácido tánico, ácido tricloroacético y complejos orgánicos.

• VISCOSIDAD

La gretina se ve afectada por altas temperaturas. Genera una viscosidad de 20-70 mps si disminuye la temperatura y la viscosidad aumenta.

150 g de gretina producen una viscosidad de 30-70 mps

250 g de gelatina producen una viscosidad de 30-50 mps.

La gelificación y la viscosidad se ven afectadas por:

- calentamiento prolongado
- por hervir la gretina
- por la presencia de exceso de álcali o ácido
- por acción bacteriana⁹⁵

Al 6.66% genera una viscosidad de 50, 45, 40 y 35 mps.²⁴

CARACTERÍSTICAS DEL GEL

Forma geles térmicamente reversibles. Los geles formados con gnetina se ven afectados por el pH del medio en el que se encuentren y por la temperatura del sistema. Forma geles rígidos en concentraciones de 10-30%.

FUERZA DEL GEL

La fuerza del gel aumenta con el tiempo a $\text{pH}=7$.²⁴

- RANGO ÓPTIMO DE pH

A $\text{pH}=7-9$ tiene menor viscosidad (sí proviene de un proceso ácido).

A $\text{pH}=4.5$ menor viscosidad (sí proviene de un proceso alcalino).

A pH de 5-7 genera una coacervación, es decir, se une la gnetina del tipo A con la del tipo B, lo cual reduce la efectividad de la protección de la gelatina.⁹⁵

CARÁCTER ANFOTÉRICO

La gnetina es una proteína típica que tiene la habilidad de actuar como ácido o como base. A pH de 4-8 tiene su punto isoeléctrico siendo estable a más de 65°C .⁹⁶

Efecto del pH

A $\text{pH}=3$, pierde fuerza el gel a temperaturas altas

A $\text{pH}=7$ y temperatura alta no pierden fuerza el gel

A $\text{pH}=3$, en solución disminuye la viscosidad.

El rango óptimo de pH se encuentra en el intervalo de 4-6.

4.8.1.6 SINERGISMO

Con goma de algarrobo, xantana, guar y konjac se incrementa la gelificación.

Con CMC aumenta la viscosidad de los sistemas. Se emplea una mezcla de CMC-

carrageninas en la elaboración de helados. Con CMC-azúcares se emplea como agente espesante, para retardar la cristalización y reducir sinéresis. Con CMC-almidones como espesante y prevenir sinéresis. Con CMC-soya para aumentar la viscosidad de los sistemas.

Con CMC-caseína para inhibir la precipitación de la caseína en su punto isoeléctrico, para aumentar la viscosidad de los sistemas y estabilizar y espesar sistemas a bajos valores de pH que contengan caseína.^{24, 95, 96}

4.8.1.7 APLICACIONES

Tiene grandes aplicaciones en la elaboración de postres lácteos como los helados estabilizando la grasa y los cristales de agua, en productos lácteos ácidos, en gelatinas de agua y en salsas. En la elaboración de jarabes se emplea para proporcionarles transparencia y brillantez e impartirles textura y elasticidad.

En confitería tiene aplicaciones como agente gelificante, agente espumante, agente aglutinante y estabilizador de espumas. En jaleas y gomas de grenetina proporciona brillantez, transparencia, textura elástica y firme. En productos aereados como el malvavisco, turrón, caramelos y caramelos masticables, pastillas y confituras comprimidas y en caramelos blandos. En malvaviscos estabiliza la emulsión aire-agua. En caramelos y caramelos masticables acelera la dispersión del aire (da una textura ligera, suave) actúa como agente aglutinante de agua, (impide el exudado), como agente de batido, agente estabilizador y emulsionador, disminuye la adherencia a los dientes y al empaque y modifica la textura. En merengues aerea y mantiene la estructura. Se emplea como agente espumante en caramelos y bombones. En panificación como se emplea como incorporador de aire a la masa para dar estructura al producto. Da mayor resistencia al manejo y transporte a los productos elaborados con albúmina de huevo ya que proporciona una apariencia más blanca que la albúmina.^{24, 95, 96}

4.8.2 QUITINA

4.8.2.1 ORIGEN

La quitina es un polisacárido natural que aparece como un constituyente estructural en los crustáceos e insectos. Generalmente se le encuentra como un mucopolisacárido (conjugado con proteína). También se le encuentra como sustituto de celulosa en algunas plantas o conjuntamente con la celulosa. Se ha observado que produce suspensiones más estables que las formadas por la carboximetilcelulosa.⁹⁷

En estructuras animales la quitina se encuentra formando parte de la cutícula que cubre el epitelio. Generalmente se encuentra calcificada. La quitina actúa como polielectrolito catiónico y presenta una buena capacidad de emulsificación.⁹⁷ La quitina es un sólido blanco y generalmente posee algunos grados de alcalinidad. En el futuro este compuesto se empleará como agente para tratamiento de aguas y como ingrediente funcional en alimentos como controlador de textura.⁹⁷

CUADRO No.18 "ESTIMADOS GLOBALES DE FUENTES POTENCIALES DE QUITINA A PARTIR DE ALIMENTOS MARINOS"⁹⁸

	RESIDUO SECO 10 ³ TON	QUITINA 10 ³ TON
crustáceos	154	39
krill	801	56
almejas y ostras	482	22
calamar	21	1
total	1458	118

4.8.2.2 ESTRUCTURA

Su unión química es similar a la celulosa y ambas pueden producir materiales con una amplia variedad de propiedades potencialmente provechosas. La quitina es un polímero de cadena larga y recta de n-acetilglucosamina unidas por enlaces β . Puede ser considerada como un derivado de la celulosa en el cual cada hidroxilo en el carbono 2 ha

sido sustituido por un grupo etil amino-NHCOCH₃⁹⁹

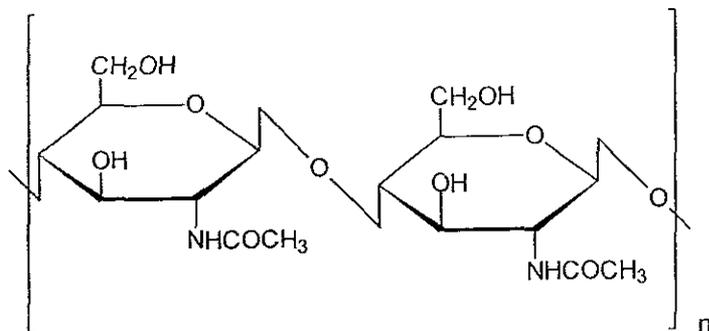


FIGURA NO.13 "ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA QUITINA"⁹⁹

4.8.2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Emulsificante

Gelificante

Agente quelante⁹⁷

4.8.2.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- SOLUBILIDAD

La quitina es insoluble en agua, en ácidos diluidos, en álcalis calientes y disolventes orgánicos. Es insoluble en ciertas concentraciones de sales *neutras* tales como tiocianato de litio u óxido de litio, o en hexafluoro isopropanol o hexafluoro acetona sesquihidratada. Otros sistemas de disolventes más complejos tales como *ácido tricloroacético-diclorometano-hidratado* de cloral han sido reportados.^{99, 100}

- VISCOSIDAD

La quitina puede ser dilatada (esponjada) en suspensión caliente de álcali. Después de una simple turgencia en tratamiento cáustico, la quitina puede ser solubilizada como un

verdadero xantato con disulfuro de carbono y reprecipitada como un filamento o película, a la manera de la "viscosa" de la que se obtiene el rayón.⁹⁷

FORMACIÓN DE GELES

En conjunción con grupos aniónicos forma geles similares a los de los alginatos.¹⁰¹

4.8.2.5 TOXICIDAD

Este hidrocoloide no ha sido aprobado por la FDA por lo que su uso está restringido a alimentos para animales.¹⁰¹

4.8.3 QUITOSANO

4.8.3.1 MODIFICACIONES QUÍMICAS

Pueden hacerse un gran número de derivados de la quitina que muestran diferentes propiedades físicas y químicas. Además de los xantatos estos derivados incluyen: quitosano (quitina desacetilada o poliglucosamina), carboximetilquitina, hidroxietilquitina, nitroquitina y quitosano ciano etilado. Además de éstos, otros posibles derivados pueden ser obtenidos, puesto que el grupo amino del quitosano puede reaccionar con nitrito para dar un intermediario diazonio relativamente estable, este intermediario podría ser usado para unir una gran variedad de grupos aromáticos al polímero de quitosano produciéndose nuevos derivados con diferentes propiedades. El derivado de la quitina que mayor atención y usos ha recibido es el quitosano.^{102, 103, 104}

4.8.3.2 ORIGEN

El quitosano se obtiene actualmente a partir de la quitina obtenida del caparazón de crustáceos. La materia prima empleada es el desperdicio del procesamiento industrial de estos mariscos. En los Estados Unidos se obtiene la quitina de cangrejo y de camarón, mientras que en el Japón se emplean en especial el camarón y el langostino.⁹⁸ Además de los mencionados existen otros mariscos cuyos desperdicios de procesamiento pueden ser aprovechados para la obtención de quitina y consiguientemente de quitosano, como son

el krill, las almejas y ostras y el calamar.⁹⁸

Un estudio de las aplicaciones sugeridas para la quitina y sus derivados, señalan que el quitosano ha recibido mayor atención que los otros derivados, y que los usos del quitosano están ampliamente determinados por su alta capacidad de unirse con otras sustancias, entre las que se pueden mencionar a la celulosa y sus derivados. Esta afinidad por productos de la celulosa es además incrementada por la similitud estructural de estos dos polímeros.^{105, 106}

4.8.3.3 ESTRUCTURA

El quitosano es la forma desacetilada de la quitina, es un polielectrolito catiónico con un grupo amino y dos hidroxilos libres por cada anillo de glucosa. El quitosano es un polímero de D-glucosamina que, junto con la quitina, constituyen los únicos polímeros catiónicos naturales, lo que los hace de gran interés para diversas áreas industriales. La estructura de estos polisacáridos es semejante a la de la celulosa, con enlaces β -1,4. La unidad que constituye al quitosano es la D-glucosamina, mientras que la de la quitina es el derivado N-acetilado de la glucosamina.

En forma natural el quitosano siempre se presenta con un bajo porcentaje de grupos acetilados.^{105, 106}

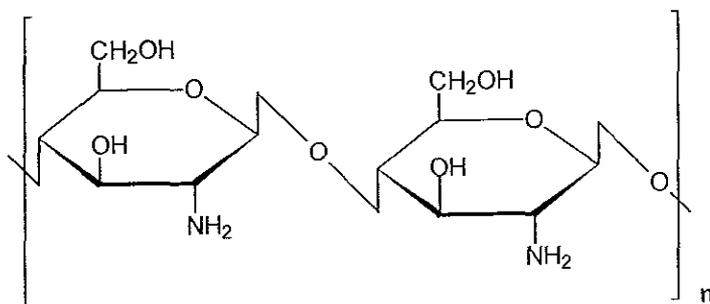


FIGURA No.14 "ESTRUCTURA MOLECULAR DEL QUITOSANO"¹⁰¹

4.8.3.4 PROPIEDADES FUNCIONALES

Agente coagulante en el tratamiento de desperdicios, ya que puede unir a él numerosas moléculas mediante interacción iónica y precipitar junto con ellas.

Agente clarificante para jugo de manzana y zanahoria, reduciendo la turbidez a cero en una concentración de 0.8 kg/m³.

Agente reductor de la cuenta microbiana en jugo de manzana inoculado con bacterias Gram positivas y Gram negativas.

Vehículo para aditivos alimentarios aprovechando la ventaja de que no lo absorbe el organismo humano.¹⁰⁷

El quitosano ha resultado ser un agente permeabilizante para las membranas celulares de tejidos vegetales, siendo útil en la encapsulación de estos tejidos de modo que ayuda a la liberación de metabolitos secundarios.¹⁰⁸ El quitosano también ha sido evaluado como material de soporte en la elaboración de biocatalizadores.¹⁰⁹

Puede resultar de gran interés el empleo del quitosano en la inmovilización de enzimas empleadas en la industria alimentaria. Este es usado comercialmente para inmovilizar la enzima glucosa isomerasa.¹⁰⁹

4.8.3.5 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA: 440%

CAPACIDAD DE RETENCION DE GRASA: 170%

CAPACIDAD DE ENLAZAR AL COLORANTE FD & C ROJO No. 40: 0.2 a 16 mg de colorante/g de polímero a pH de 5.5 y 7.0.¹⁰⁷

- **SOLUBILIDAD**

Es insoluble en agua pura, pero a diferencia de la quitina es soluble en medio acuoso ligeramente acidificado. Es soluble en ácidos débiles tales como: ácido acético, fórmico,

lático, málico, malónico, propiónico y ácido adípico, a concentraciones del 1%. Se disuelve en ácido succínico al 5%.^{97, 105, 106, 110}

Es soluble en ácido oxálico, cítrico, pirúvico o ácido tartárico a una concentración de ácido del 10%.

Es soluble en ácidos inorgánicos excepto en sulfúrico y fosfórico, en concentraciones alrededor del 1% generalmente después de una agitación y calentamiento prolongado. La solubilidad aumenta con el decremento de la longitud de la cadena.^{97, 105, 106, 110}

Una mezcla de dimetilformamida y tetróxido de dinitrógeno es un disolvente excelente de la celulosa, quitosano y algunos otros polisacáridos marinos incluyendo alginatos y agar-agar.^{97, 105, 106, 110}

El quitosano es catiónico, mientras que la mayoría de los otros polielectrolitos son aniónicos. De acuerdo a esta característica el quitosano forma complejos insolubles con taninos naturales, lignosulfuros y otros electrolitos aniónicos y puede por lo tanto ser usado para removerlos o recuperarlos de una solución.

El quitosano es soluble en HCl o en ácidos orgánicos, como el acético o el fórmico además es soluble en ácido nítrico diluido. Es parcialmente soluble en ácido sulfúrico a cualquier concentración a temperatura ambiente.^{97, 105, 106, 110}

- **VISCOSIDAD**

El quitosano da soluciones poco viscosas con dimetilformamida y tetróxido de dinitrógeno. El quitosano disuelto en medio acuoso ligeramente acidificado, está presente en la solución como la sal ácida y el pka del grupo amonio cargado positivamente es aproximadamente de 6.2, cuando se eleva el pH alrededor de 6.5 el quitosano precipita en forma gelatinosa; mediante este proceso se pueden clarificar soluciones, ya que partículas finas de sustancias suspendidas en el medio son atrapadas por el precipitado y de este modo queda clarificada la solución, propiedad que da una muy buena aplicación para el quitosano. El mismo quitosano en su forma gelatinosa ha sido propuesto para ser usado como espesante, estabilizador o modificador de textura en varios productos de

consumo que ahora son formulados con gomas naturales y almidones.^{101, 111}

4.8.3.6 COMPATIBILIDAD

Soluciones ácidas de quitosano son compatibles con agua no iónica, gomas solubles, almidón, dextrinas, glucosa, sacarosa, alcoholes polihídricos, (glicoles, glicerol, sorbitol, etc.), aceites, grasas, ceras y emulsiones no iónicas.^{101, 111}

4.8.3.7 INCOMPATIBILIDAD

El quitosano podría ser incompatible en solución con la mayoría de las gomas solubles (incluyendo alginatos y pectinas) y agua iónica, así como también, con carboximetilcelulosa y poliacrilatos.^{101, 111}

4.8.3.8 TOXICIDAD

Se han realizado diversos estudios sobre los efectos del quitosano en la dieta encontrándose una DL₅₀ en animales de laboratorio de 16g/kg de peso corporal.⁹⁶

4.8.3.9 APLICACIONES

El quitosano en su forma de precipitado gelatinoso ha sido propuesto para ser usado como espesante, estabilizador o modificador de textura en varios productos de consumo que ahora son formulados con gomas naturales y almidones. No obstante las características de buena solubilidad y formación de películas, las propiedades más notables del quitosano son las relacionadas con su rara densidad de carga y su resultante capacidad de unión molecular. Estos rasgos se manifiestan en una fuerte habilidad para capturar ciertos iones metálicos de soluciones, sirve como un separador cromatográfico de derivados de moléculas biológicas y para formar complejos con moléculas cargadas negativamente. El quitosano tiene gran afinidad por los tintes y es adhesivo para muchas sustancias no metálicas incluyendo: vidrio, caucho y un extraordinario número de filamentos sintéticos o materiales fibrosos. También se emplea como adhesivo celulósico y como aditivo para unir materiales celulósicos en la industria papelera y textil.^{97, 105, 106, 110,}

¹¹¹

4.8.4 CASEÍNA

4.8.4.1 ORIGEN

La leche contiene 30-35 g/litro de proteína total de alta calidad nutritiva. Existen seis productos genéticos de la glándula mamaria de carácter mayoritario: α -caseínas, β -caseínas, κ -caseínas, β -lactoglobulinas y α -lactoalbúminas, y todos los cuales exhiben polimorfismo genético. Las proteínas de la leche se clasifican en caseínas y proteínas del suero. Todas las caseínas forman un complejo esférico singular altamente hidratado, conteniendo fosfato cálcico, denominado micela. Estos complejos varían de tamaño desde 30 hasta 300 nm de diámetro. Debido a las características anormales de las caseínas y del complejo micelar, las proteínas de la leche pueden separarse fácilmente en las fracciones caseína y proteína del suero. La caseína constituye la mayor fracción de las proteínas de la leche bovina, y el coágulo formado por la aglomeración de micelas de caseína retiene la mayoría de proteína total de la leche durante la fabricación de queso.²⁰

4.8.4.2 PROPIEDADES FUNCIONALES

Emulsificante

Espesante

Estabilizante²⁴

Retensor de agua

- **PODER EMULSIFICANTE**

Por su alto contenido de proteína, facilita la interacción aceite-agua en sistemas alimenticios que requieren una textura plástica como embutidos y otros productos cárnicos, chocolates y sustitutos de leche y en caramelos.²⁴

- **PODER ESTABILIZANTE**

Es empleada para estabilizar licores de crema, ya que la proteína de la crema en presencia de alcohol y calcio tiene alta tendencia a la coagulación, y la presencia del

caseinato de sodio inhibe dicha tendencia; por otro lado, se emplea en sopas y postres como estabilizante al tratamiento térmico, obteniéndose homogeneidad en el producto terminado. Es empleada para estabilizar sopas y postres enlatados por su alta estabilidad al tratamiento térmico, *inhibiéndose coagulaciones en el producto terminado.*²⁴

- **CARÁCTERÍSTICAS ESPESANTES**

Por estas características es empleada en postres, helados, yogurth y otros productos lácteos, ya que al ser adicionado, actúa como agente regulador de la viscosidad que además incrementa el contenido proteico sin alterar las cualidades sensoriales.²⁴

- **PODER DE RETENCIÓN DE AGUA**

Cuando es adicionada a formulaciones de embutidos o productos similares, el rendimiento obtenido se incrementa por el contenido de agua que es capaz de ligar, impartiendo, además una textura firme al producto terminado.²⁴

4.8.4.3 CUADRO No.19 "PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DE CALIDAD"¹¹²

COLOR	cremoso-blanco
SABOR Y OLOR	neutral, limpio
pH (SOLUCIÓN AL 10 %)	4.5 - 5.0
SEDIMENTACIÓN	B
DENSIDAD (25 g)	0.4 g/ml
PROTEÍNA (N x 6.38)	86 %
PROTEÍNA (N x 6.38) BASE SECA	95.6 %
CENIZAS	2.2 %
HUMEDAD	10.0 %
GRASA	2.0 %
LACTOSA	0.2 %
ANTIBIÓTICO. PESTICIDA	negativo

- **SOLUBILIDAD**

La caseína es parcialmente soluble en NaOH 0.5 N. La solubilidad decrece por la pérdida de humedad (almacenamiento). Es insoluble en NaOH 0.2 N y en alcohol. Es una molécula anfotérica con un punto isoeléctrico de 4.6 (aquí presenta mínima solubilidad).¹¹²

Abajo de pH 4.6 se combina con ácidos

Arriba de pH 4.6 se combina con bases

Es insoluble en agua: 0.005 g/L a 5 C

0.2 g - 0.11 g/L a 25 C

Es más soluble en soluciones diluidas de sales neutras en agua pura.¹¹²

CUADRO No.20 "MÁXIMA SOLUBILIDAD DE LA CASEÍNA EN g/L EN UNA SOLUCIÓN DE NaCl 0.5 N"¹¹²

SOLUBILIDAD (g/L)	DISOLVENTE
7.6	NaCl 0.5 N
4.7	KCl 0.5 N
5.5	CaCl ₂ 1 N
3.6	BaCl 0.2 N
3.8	SrCl 1 N
6.5	MgCl 1 N
3.3	K ₂ SO ₄ 0.01 N
4.4	MgSO ₄ 0.1 N
15.1	NaF 0.5 N
3.8	2Na ₃ (PO ₄) 0.15 N

La caseína se disuelve rápido (en el punto de ebullición) en:

tiocianato de litio

tiocianato de calcio

yoduro de calcio

bromuro de calcio

(Las soluciones concentradas permanecen estables cuando se enfrían)¹¹²

1.88 g/L de caseína se disuelven en KBr 0.1 N a 25°C.

4.51 g/L de caseína se disuelven en nitrato de amonio 0.1N a 25°C.

4.06 g/L de caseína se disuelven en oxalato de sodio 0.1 N a 25°C.

9.27 g/L de caseína se disuelven en tiocianato de amonio 0.1 N a 25°C.

11.28 g/L de caseína se disuelven en propionato de sodio 0.1 N a 25°C.

más de 20 g/L de caseína se disuelven en: valeriato de sodio, acetato de potasio, cianuro de potasio y tartrato de sodio.¹¹²

SOLUBILIDAD EN DISOLVENTES NO ACUOSOS Y MEZCLAS

La caseína es insoluble en la mayoría de los disolventes orgánicos. Insoluble en ácido acético glacial.

Es soluble en alcohol si contiene tanto ácido hidrocórico como NaOH. Se disuelve (y se hincha) en ácido fórmico anhidro. Se disuelve en mezclas de ácido fórmico y acético.

Es soluble en 85% de ácido láctico glacial, en ácido fosfórico glacial, ácido pirúvico y fenol concentrado

Las soluciones en ácido fórmico son electrolíticamente conductoras. Es marcadamente soluble en caliente en 50% de alcohol, en 50% de piridina a 20-25°C. Rápidamente soluble en solución acuosa de urea 6.66 M. Es fuertemente soluble en soluciones de dihidroxibencenos y pirrogalol o clorhidrato.¹¹²

SOLUBILIDAD EN ÁCIDOS ACUOSOS

La caseína es soluble en ácido fosfórico y poco soluble en ácido nítrico, ácido monocloroacético ácido tartárico. Es parcialmente soluble en ácido clorhídrico. Ligeramente soluble en ácido sulfúrico, ácido acético, en ácido oxálico y en ácido tricloroacético.¹¹²

**CUADRO No.21 "SOLUBILIDAD DE UNA MUESTRA DE CASEÍNA EN POLVO EN
ACIDO CLORHÍDRICO"¹¹²**

pH DE LA SOLUCIÓN DE ÁCIDO	CANTIDAD DE CASEÍNA DISUELTA	
	1 HORA	22 HORAS
1.40	2.19	3.0
1.87	4.01	7.10
2.06	5.38	7.79
2.18	5.47	7.88
2.36	-----	7.33
2.64	3.48	6.34
2.97	2.498	2.67
3.32	0.55	1.33
4.36	0.42	1.02

La adición de sales inorgánicas a las soluciones de ácidos acuosos precipitan a la caseína y disminuyen su solubilidad.

SOLUBILIDAD EN ÁLCALIS ACUOSOS

La caseína es más soluble en álcalis que en ácidos. La solubilidad se ve afectada por la adición de sales alcalinas. Se disuelve muy bien en NaOH y Ca(OH)₂ (acuosos).

- **VISCOSIDAD DE LAS SOLUCIONES DE CASEÍNA**

Las soluciones acuosas de caseína son relativamente viscosas aún en bajas concentraciones. Si la cantidad de caseína aumenta, también aumenta la viscosidad y si aumenta la temperatura disminuye la viscosidad.

CUADRO No.22 "VISCOSIDAD DE LAS SOLUCIONES ACUOSAS DE CASEINATO DE SODIO"¹¹²

En función de la concentración		En función de la temperatura para una solución que contiene 93.9 g/L	
g/L de caseína	Viscosidad relativa a 25°C (H ₂ O=1)	Temperatura°C	Viscosidad relativa
21.7	1.82	0	145.0
43.5	3.37	9.75	72.5
60.5	6.12	23.0	26.7
70.6	8.48	30.6	17.6
84.9	13.66	40.0	11.4
93.9	23.72	51.7	7.30
		60.2	5.55
		72.7	3.90
		81.25	3.12
		99.6	2.12

Al 12% de sales la caseína forma soluciones pseudoplásticas. El caseinato de sodio y de calcio en solución a un pH de 12-13.5, forman soluciones viscosas que llegan a gelificar.¹¹²

La máxima viscosidad se alcanza a pH de 2.6. Las viscosidades de los caseinatos decrecen en el orden de: potasio, sodio, calcio, bario. La adición de sales neutras disminuyen la viscosidad de las soluciones de caseína.

La caseína genera una viscosidad máxima a pH 9.2 en: fosfato trisódico, arsenato de sodio, fluoruro de sodio, silicato de sodio, carbonato de sodio y en bórax el máximo ocurre a pH de 8.2.

La viscosidad de las caseínas comerciales depende del método de extracción y del contenido de cenizas.¹¹²

GELIFICACIÓN

La caseína forma geles reversibles o irreversibles y elásticos. Cerca de su punto isoeléctrico la caseína es menos higroscópica que el agar pero más que la celulosa. La higroscopicidad decrece con la alcalinidad. El caseinato de sodio es más higroscópico que el caseinato de calcio al mismo pH.¹¹²

• TENSION SUPERFICIAL, PELÍCULAS Y EMULSIONES

En agua acidulada a pH=1 a 2 las películas son "monomoleculares", en espesor de 0.6 a 0.75 micrómetros y cubren un área de 1.27 metros cuadrados por gramo. Arriba de pH 2 las películas son gruesas. En agua destilada son 3 veces más gruesas. Por su capacidad de formar películas en la superficie de las soluciones acuosas la caseína se emplea como agente estabilizante de emulsiones y un efectivo "protector de coloides" para estabilizar dispersiones de sustancias lipofóbicas.¹¹²

4.8.4.4 APLICACIONES

CUADRO No.23 "RECOMENDACIONES DE USO DE LA CASEÍNA"²⁴,

	PORCENTAJE DEL PESO TOTAL DE LA FORMULA
CREMA BATIDA	2.0 a 4.5 %
CREMA BATIDA EN POLVO	4.5%
EMBUTIDOS	máximo 3.0%
BEBIDAS ALCOHÓLICAS LÁCTEAS	máximo 3.0%
CHOCOLATE DE ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA	0.5 a 2.5 %
SUSTITUTOS DE LECHE	2.8 a 3.5%
EXTENSOR DE QUESO MOZARELLA	7.5 a 19.4%
PRODUCTOS PARA DIABÉTICOS	0.5%
IMITACIÓN DE QUESO CREMA	2.0%
CREMA ÁCIDA NO LÁCTEA	1.5%
CREMA BATIDA EN AEROSOL	2.5%
SOPAS DE CREMA	2.0%
YOGUR (RESPECTO AL CONTENIDO PROTEICO)	5.0 a 25%
MÉRENGUES	1 5%
CLARIFICACIÓN DE VINOS	30%

Por su naturaleza proteica, la caseína presenta una gran variedad de aplicaciones en la industria alimenticia; se le emplea en productos cárnicos (embutidos), productos lácteos (helados, yogurth y quesos), sopas, alimentos infantiles, cremas, licores de crema y en la clarificación de vinos (principalmente vinos de mesa), ya que tiene un elevado poder decolorante, arrastrando al flocular taninos que con las leucoantocianinas y el hierro intervienen en el efecto de maderizado del vino. También en la clarificación de vino funciona como desferrizante, ya que elimina el fosfato férrico y aún usando cantidades elevadas no deja sedimentos, y se pueden efectuar clarificaciones hasta de 30°C.^{24, 113}

CAPÍTULO V

HIDROCOLOIDES SEMISINTÉTICOS

5.1 ALMIDONES MODIFICADOS

5.1.1 ORIGEN

Es frecuente que los almidones nativos no cumplan con las especificaciones exigidas. Unas veces son ácido-estables y otras pierden la viscosidad o, al congelarse y luego descongelarse, pierden su capacidad fijadora de agua, proporcionando con ello productos desagradables. De aquí que los almidones nativos sean *tratados (modificados)* por métodos mecánicos, físicos o químicos de manera que satisfagan también en las condiciones de los actuales medios de producción las misiones a ellos encomendadas. Los almidones modificados se diferencian fundamentalmente de los nativos en exhibir más marcadas las características de estos últimos o en caso de desearlo, también de encubrirlas. Los almidones modificados son ampliamente utilizados en la industria alimentaria como agentes espesantes, estabilizantes y humectantes entre otros, en diversos alimentos con distintos valores de pH.⁷⁹

Existen almidones útiles para aplicaciones específicas y se elaboran normalmente por procesos de gelatinización, esterificación, eterificación, fluidización o hidrólisis por ácidos, enlaces y a través de la *crianza de plantas*.⁷⁹

El entrecruzamiento se realiza para controlar la textura y obtener tolerancia al calor, ácidos y esfuerzos cortantes. Como resultados se obtiene un almidón modificado con mejor control y mayor flexibilidad en cuanto a formulaciones, procesamiento y vida de anaquel. El entrecruzamiento del almidón puede verse como una soldadura por puntos del gránulo, al azar, reforzando los puentes de hidrógeno e impidiendo la *solubilización* e hinchamiento del gránulo.

Este tratamiento de entrecruzamiento refuerza la tendencia de los almidones céreos, relativamente suaves, al aplicar mayores tiempos de cocimiento, mayores concentraciones de ácido o agitación severa. Con una modificación muy ligera, el rompimiento en la viscosidad se reduce drásticamente. Con un tratamiento moderado, el hinchamiento del gránulo se restringe al punto que el máximo de viscosidad nunca se alcanza durante el período de mantenimiento. Al aumentar el tratamiento, los máximos de viscosidad primero se incrementan y después declinan a valores muy bajos, mientras que el hinchamiento de los gránulos se inhibe progresivamente. Al mismo tiempo, la opacidad de la pasta y la obtención de *textura corta*. Al aumentar el grado de entrecruzamiento, el almidón se vuelve más tolerante a ácidos y con menos tendencia al rompimiento.

La estabilización es otra modificación importante que previene la gelificación, la sinéresis y mantiene la apariencia en *textura*. Anteriormente se mencionó que la fracción lineal del almidón de maíz cocido se reasociaría a través de puentes de hidrógeno, provocando una gelificación, opacidad y sinéresis. Ya que la variedad (*waxy*) cérea altamente ramificada no contiene amilosa, no se retrogradará ni gelificará bajo condiciones normales de almacenamiento. Sin embargo, una pasta *waxy* o cérea se volverá turbia y apelmasada y mostrará sinéresis, como si la pasta estuviera hecha con maíz regular. Esto se atribuye a una disminución del movimiento cinético al bajar temperatura, permitiendo que las ramificaciones exteriores del almidón céreo se asocien a través de puentes de hidrógeno y lleven a condiciones menos dramáticas, pero similares ocurridas a la amilosa. Para prevenir que esta condición ocurra, los grupos aniónicos se reacomodan a través de todo el gránulo para bloquear la asociación molecular por medio de repulsión iónica, así como por impedimento estérico. El resultado de este tratamiento es un almidón estabilizado, con el que se producirán pastas resistentes a varios ciclos de congelado-descongelado (antes de presentar sinéresis). Los almidones estables a congelación-descongelación son esenciales para la industria de alimentos congelados, pero también tienen aplicación en muchas otras áreas de alimentos como, salsas enlatadas o gravies que deban almacenarse a bajas temperaturas.

Los ingredientes presentes durante el ciclo de cocimiento tienen efectos definitivos en las características de hinchamiento del almidón y en la viscosidad final de la pasta. Los ácidos rompen los puentes de hidrógeno, permitiendo un hinchamiento más rápido de los gránulos. Los sólidos solubles interfieren al captar el agua necesaria para la hidratación.

Las grasas y proteínas tienden a cubrir al almidón, lo cual retarda la hidratación y disminuye la velocidad en el desarrollo de la viscosidad. El pH del medio es muy importante al seleccionar el almidón más adecuado. Un almidón nativo llegará antes al máximo y se romperá más rápidamente a un pH de 2.5 que a uno de 4.0.

El cocimiento del almidón en presencia de altas concentraciones de sólidos solubles puede causar problemas. Los sólidos solubles, como azúcares compiten por el agua requerida para hidratar el almidón y permitir el hinchamiento. Usar almidones ligeramente inhibidos o aún pregelatinizados ayudará a solucionar este problema, pero regularmente la mejor solución es retardar la adición de la mayor parte del azúcar u otros sólidos hasta que el almidón esté completamente cocido. Adicionando así los sólidos dará la viscosidad deseada con el contenido de sólidos deseado.

El almidón comercial modificado por ácido se produce haciendo reaccionar una suspensión al 40% de almidón céreo o no, de maíz con ácido clorhídrico o sulfúrico a 25-55°C. El tiempo de tratamiento viene determinado por el descenso de la viscosidad, y puede variar entre 6 y 24 horas. La mezcla es neutralizada con sosa o hidróxido sódico diluido, y el almidón así tratado, es filtrado y desecado. Estos almidones son utilizados en la elaboración de caramelos de goma y otros productos de confitería, a causa de su capacidad de formar pastas concentradas en caliente que gelifican muy bien al enfriar.

Los almidones pueden sufrir muchas reacciones de los alcoholes, tales como esterificación y eterificación. Puesto que los monómeros D-glucopiranosilo poseen tres grupos hidroxilo libres, el grado de sustitución (GS) puede variar desde 0 hasta 3. Comercialmente, el más importante de todos es el muy ligeramente derivatizado (GS menor de 0.1). Estas modificaciones pueden dar lugar a diferentes cambios en las propiedades coloidales, y en general producen polímeros muy útiles para gran variedad de aplicaciones. Los éteres hidroxietilo de almidón de GS 0.05-0.1 son producidos por reacción de almidón con óxido de etileno a 50°C. EL almidón recién molido sin desecar para el utilizado para la hidroxietilación. Estos derivados son fácilmente filtrables y pueden ser producidos de forma económica en un estado bastante puro. La introducción de grupos hidroxietilo con bajo GS ocasiona una gran modificación de las propiedades físicas. Entre ellos se cuentan la reducción de la temperatura de gelatinización, el

incremento de la velocidad de hinchamiento de los gránulos y la disminución de la tendencia a las soluciones de almidón a gelificar y sufrir retrogradación.

Al seleccionar el almidón más apropiado para realizar alguna función, debe considerarse la temperatura de proceso, la *duración* a esta temperatura y los esfuerzos cortantes a los que será sometido. A mayor temperatura, mayor esfuerzo mecánico y más tiempo de exposición a estos factores, habrá hinchamiento del gránulo y mayor susceptibilidad y fragilidad a la ruptura. Podemos aumentar la tolerancia a esfuerzos mecánicos, temperatura y ácidos, reforzando los puentes de hidrógeno en el gránulo, por el entrecruzamiento.

5.1.2 PROPIEDADES FUNCIONALES

Gelificantes: en alta concentración

Espesantes: *diluidos*²³

5.1.3 CUADRO No.24 “APLICACIONES DE LOS ALMIDONES MODIFICADOS”¹⁴

Almidón modificado	Tratamiento	Ventaja sobre los almidones nativos	Aplicaciones en alimentos
Pregelatinizados	Calor/humedad	Soluble en agua caliente y fría	Rellenos para pay, productos instantáneos y cubiertas
<i>Fluidizados por ácido</i>	Ácido	Aumentan la viscosidad de los geles	Gomitas de gelatina
Oxidados	Hipoclorito	Incremento en la <i>claridad</i>	Salsas y gravies
Eterificados	Óxido de propileno	Incremento en la <i>estabilidad y claridad</i>	Aderezos para ensaladas y rellenos para pay
Esterificados	Anhidrido acético	Aumento en la claridad y formación de películas	Alimentos instantáneos y congelados

Monofosfatados	Ácido fosfórico	Incrementan la estabilidad al congelamiento	Alimentos infantiles y alimentos congelados
Enlaces cruzados	Anhídrido adípico Oxícloruro de fósforo	Incrementan la estabilidad al calor, pH y congelación	Alimentos enlatados y congelados
Catiónicos	Aminas terciarias o cuaternarias	Incrementan la solubilidad y la dispersión en agua fría	

5.2 DEXTRINAS (MALTODEXTRINAS)

5.2.1 ORIGEN

Hidrolizados de almidón

El diferente grado de hidrólisis (conversión) del almidón se refiere principalmente al contenido de azúcares reductores que se expresa como equivalente de dextrosa (DE). Con base a esto, los hidrolizados del almidón se clasifican en dos grupos:

- a) DE menor que 20: maltodextrinas
- b) DE mayor que 20: jarabes de maíz

Las maltodextrinas son polímeros formados por α -D-glucosa, en los cuales, residuos individuales de α -D-glucopiranosil están unidos por enlaces α -1,4 para dar cadenas lineales; y poseen también ramificaciones α -1,6 y se obtienen a partir de una hidrólisis controlada del almidón que puede ser catalizada con ácido (HCl diluido, una enzima (α -amilasa) o ambos).⁸⁰

Las maltodextrinas se encuentran por sus características químicas entre los almidones y los azúcares de elevado peso molecular y van a presentar diferentes

propiedades, dependiendo del DE que tengan. Cuanto mayor es el índice DE, más alta es la proporción de monosacáridos y a la inversa.¹⁸

Entre las dextrinas sobresalientes se tienen las dextrinas pardas (British gums), las dextrinas blancas y las dextrinas amarillas.²⁴

CUADRO No.25 "DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MALTODEXTRINAS"¹⁵

EQUIVALENTE DE DEXTROSA	PROPIEDADES
8-12	Dulzor imperceptible Higroscopicidad baja Solubilidad completa hasta 30% de sólidos
18-22	Dulzor extremadamente bajo Higroscopicidad baja Solubilidad completa hasta 60% de sólidos
28-32	Dulzor moderado higroscopicidad moderada Solubilidad completa hasta 70% de sólidos

5.2.2 ESTRUCTURA

Las maltodextrinas son mezclas originadas al desdoblarse ligeramente el almidón, conteniendo una escasa cantidad de D-glucosa, maltosa y otros polímeros de la D-glucosa.²³

5.2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Imparten cuerpo y viscosidad a las formulaciones a las que se adicionan.²⁴

5.2.4 CUADRO No.26 "PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DE CALIDAD"²⁴

	MINIMO	MAXIMO
Humedad	2.5	5.0
D.E. 10	8.0	14.0
D.E. 20	18.0	24.0
D.E. 25	23.0	28.0
D.E. 30	26.5	32.0
Cenizas	-----	0.87 %
pH (solución al 10%)	4.5	5.5
Reacción de almidón	Negativo	Negativo
Coloración al yodo	Rojo vino	Rojo vino
Arsénico	Negativo	Negativo
Plomo	-----	0.7 ppm
Mesófilos aerobios		10, 000
Hongos y levaduras (UFC/g)		100

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

• SOLUBILIDAD

Las maltodextrinas se disuelven fácilmente en agua a +20°C, proporcionando una solución clara o débilmente opalina. Las soluciones tienen sabor entre neutro y algo dulce, son ligeramente higroscópicas y apenas dan la reacción de Maillard. Cuanto más asciende el índice DE, menor es la acción del estabilizador.

• VISCOSIDAD

Imparten cuerpo y viscosidad a las formulaciones a las que se adicionan.²⁴

5.2.5 APLICACIONES

Actúan como acondicionadores de viscosidad y reguladores de sabor dulce. Se recomienda su uso de 5 a 25% con respecto al edulcorante o sólo en la proporción para

obtener la viscosidad. Se emplean como vehículo para secado por aspersión, en alimentos y postres congelados en salsas en polvo, flanes y batidos en polvo, sopas en polvo, harinas preparadas para pastel y rellenos para pay, mayonesas, pasteles y galletas, bebidas en polvo, productos lácteos y sustitutos de leche, edulcorantes artificiales, alimentos infantiles y en blanqueadores para café.²⁴

CUADRO No.27 "APLICACIONES DE LAS MALTODEXTRINAS"¹¹⁵

INDUSTRIA	USO	PROPÓSITO
Alimentos infantiles	Leches maternizadas	Fuente de energía
	Alimentos envasados	Cuerpo y textura
Lacteos	Helados	Estabilización Inhibición de cristales Control de congelamiento
	Quesos para untar	Cuerpo y estabilización de emulsiones
Confiteria	Caramelos duros	Plastificante
	Confitados	Inhibidor de cristales
	Chicles	
Postres	En polvo y pudines	Control del dulzor Cuerpo y textura
Panificación	Batidos para pastel	Emulsificante Retensor de agua Formador de estructura
	Pastas para pay	Mejorador de hojuela Agente de coloración

CUADRO No.28 "RECOMENDACIONES DE USO DE LAS MALTODEXTRINAS"¹¹⁵

Leches formuladas	1.0-1.5 %
Bebidas de chocolate	1.0-1.5 %
Helados	2.0-3.0%
Salchichas y fiambres (total de sólidos)	5.0-10. %
Cubierta batida en polvo	7.0 %
Blanqueadores de café	5.0 %
Cubierta helada	1.5-2.0 %
Sabores en polvo	4.0 %

A) DEXTRINAS BLANCAS

Representan una continuación de los almidones modificados por ácido. Se obtienen al calentar el almidón en polvo con trazas de ácido mineral y con agitación. Generan una viscosidad baja y son completamente solubles en agua.⁸¹

B) DEXTRINAS AMARILLAS

Se obtienen por la continuación del calentamiento del almidón seco acidificado, a temperaturas más altas que para la obtención de las dextrinas blancas. Se utilizan como adhesivos de estampillas postales y para sobres.⁸¹

5.3 DERIVADOS CELULÓSICOS

5.3.1 CLASIFICACIÓN Y ASPECTOS GENERALES DE LOS DERIVADOS DE CELULOSA

La celulosa se encuentra presente en todas las plantas como principal componente estructural de sus paredes celulares. Está normalmente asociada a varias hemicelulosas y lignina, y el tipo y extensión de estas asociaciones contribuye en gran medida a la textura característica de los alimentos vegetales.²⁰

La celulosa es un homopolisacárido formado por cadenas lineales de anillos de glucosa anhidra que se unen entre sí por enlaces glucosídicos en los lugares 1,4 y por ello poseen en un anillo tres grupos hidroxilos libres, los cuales son decisivos para la formación de los derivados celulósicos.

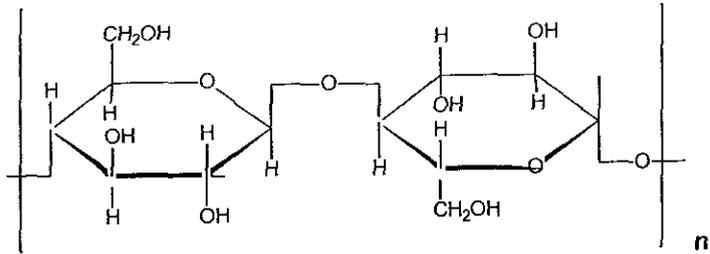


FIGURA No.17 "ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA CELULOSA"¹²³

La celulosa es un polímero natural de elevado peso molecular, cuyo costo es bajo, porque se encuentra en abundancia en la naturaleza. Es un producto difícil de tratar como tal, por su insolubilidad en la mayoría de los principales disolventes. Sin embargo, mediante *reacciones químicas* pueden producirse derivados celulósicos, que cambian estas propiedades de la celulosa e incrementan su utilidad, y se clasifican como sigue: ¹¹⁶

I) Esteres de celulosa

1) Inorgánicos

- a) nitrato
- b) sulfato

2) Orgánicos

- a) acetato
- b) propionato
- c) acetato propionato
- d) acetato butirato

II) Eteres de celulosa

1) Organosolubles y termoplásticos

- a) etilcelulosa
- b) etilhidroxietilcelulosa
- c) cianoetilcelulosa

2) Solubles en agua

- a) carboximetilcelulosa de sodio

- b) carboximetilhidroxietilcelulosa de sodio
- c) hidroxietilcelulosa
- d) metilcelulosa
- e) hidroxipropilmetilcelulosa
- f) hidroxipropilcelulosa
- g) *vanos*

Los derivados celulósicos son muy resistentes a la acción bacteriana y exhiben buenas propiedades de viscosidad. Estos materiales no contribuyen en el valor nutritivo del alimento, al ingerirse, no son metabolizados y son fisiológicamente inertes, por otra parte son productos que no alteran el color, olor y sabor del alimento que los contiene. Para la industria de los alimentos sirven especialmente los éteres de celulosa hidrosolubles que poseen en la molécula un átomo de oxígeno unido a dos restos hidrocarburos.²³

5.3.2 DERIVADOS DE CELULOSA EN ALIMENTOS

Tres son los derivados de celulosa que encontramos comúnmente en la industria alimenticia, *Carboxi metil* celulosa de sodio, Metil celulosa e Hidroxipropil metil celulosa.

Estos productos son conocidos como éteres de celulosa solubles en agua o más comúnmente polímeros solubles en agua. Cada uno de ellos reúne características y propiedades que encuentran una aplicación amplia en la industria alimentaria^{117, 118}

PROCESO DE FABRICACIÓN

La celulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$, que se emplea para la obtención de derivados solubles en agua, proviene de linteres de algodón o de pulpa de madera. Es un polímero lineal de uniones glucosídicas, cuya unidad repetitiva en la cadena es la anhidroglucosa cada una de las cuales, tiene tres grupos hidroxilo. El promedio de las unidades anhidroglucosa por cadena es de 3,500 a 10,000. Esta medida se conoce con el nombre de grado de polimerización. En si la celulosa es una larga cadena lineal en donde encontramos una región cristalina ordenada y otras regiones desordenadas o amorfas. En general un 60 a 70% de la cadena de la celulosa tiene estructura cristalina y el resto es amorfa. La

celulosa de linteres de algodón es la más cristalina. La celulosa como tal, por su estructura, es difícil de tratar, pues es impenetrable por agentes químicos e insoluble. Sin embargo su región amorfa, es sensible a la humedad y sujeta a ser atacada químicamente. El rompimiento de la región cristalina de la celulosa, la hace más manejable y esto puede lograrse por la presencia de bases fuertes como el hidróxido de sodio. Los tres grupos hidroxilo de los anillos de anhidroglucosa son los responsables de que la celulosa pueda ser modificada originando sus distintos derivados. Existen varios métodos para preparar álcali celulosa. Uno de los más usados es partiendo de α celulosa de algodón o madera que debe recibirse blanqueada, purificada, con un bajo contenido de incrustaciones (ligninas y pentosanas), con no más del 8.0% de humedad y generalmente suministrada en rollos.

Esta α celulosa se muele o pulveriza y se somete a una solución de sosa grado rayón al 40% en un reactor con condiciones controladas, por lo general a 25°C durante 2 horas.¹¹⁶

Se ha encontrado de manera empírica que cada éter de celulosa requiere un tipo diferente y específico de álcali celulosa, ya que la distribución uniforme de hidróxido de sodio a través de las cadenas de las cadenas de la celulosa es determinante en la calidad y uniformidad del derivado a producirse.¹¹⁶

5.3.2.1 ÉTERES DE CELULOSA

5.3.2.1.1 CARBOXIMETILCELULOSA DE SODIO (GOMA DE CELULOSA)

5.3.2.1.1.1 ORIGEN

La carboximetilcelulosa de sodio, es conocida también como CMC, Glicolato sódico de celulosa y en la industria de alimentos como goma de celulosa, que establece su carácter de pureza. El término Carboximetil celulosa se usa también en la literatura, refiriéndose específicamente a la de sodio, ya que el ácido libre tiene poco interés comercial. El producto crudo, es decir con bajo grado de pureza fue producido en Europa en los años veintes y era empleado como agente espesante en sistemas acuosos y como adhesivo para papel tapiz. Durante la segunda Guerra Mundial la CMC se empleó en Alemania

para la fabricación de detergentes sintéticos como sustituto de gomas naturales. En 1946, se inició la era comercial de este producto con la apertura en U.S.A. de la planta Hercules Powder Co. A la fecha, otros importantes usos han sido encontrados para este material entre ellos en alimentos, lo que ha originado la apertura de diversas plantas productoras en el mundo, incluso en la República Mexicana.^{116,117}

La Metil celulosa y la Hidroxipropil metil celulosa, fueron tomando importancia en la industria, en etapas posteriores a la CMC, pero actualmente, estos tres derivados forman una importante alternativa en el campo de los aditivos alimentarios.¹¹⁶

5.3.2.1.1.2 ESTRUCTURA

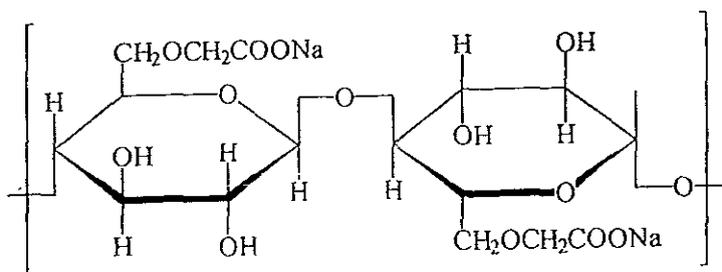


FIGURA No.18 "ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA CARBOXIMETILCELULOSA"¹¹⁶

5.3.2.1.1.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Espesante

Estabilizante¹¹⁶

5.3.2.1.1.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

La CMC es un compuesto blanco, sin olor ni sabor obtenido por la reacción de álcali celulosa con eterificante que generalmente es el monocloroacetato de sodio.

Es un polielectrolito de alto peso molecular que se utiliza en soluciones acuosas básicamente por su poder espesante y de coloide protector. Puede encontrarse en el mercado en grados crudos, técnicos y purificados y sus principales usos por importancia pueden distribuirse de la siguiente manera: detergentes, alimentos, perforación, textiles, papel, farmacia y pinturas.^{10 116}

- **SOLUBILIDAD**

Es un polímero aniónico soluble en agua fría derivado de la celulosa que en su molécula presenta diferentes grados de sustitución que proporcionan diferentes grados de viscosidad. La presencia de iones en solución no afecta la solubilidad de la goma.

En agua: soluble en frío y en caliente.

En leche: insoluble.

En soluciones salinas: insoluble a altas concentraciones de sal.

En soluciones azucaradas: en frío y en caliente.

En etanol: insoluble arriba del 20%.

Su solubilidad aumenta con pH y por la presencia de cationes divalentes. Este hidrocoloide presenta un rango de sólidos solubles de 0 a 80%.^{1, 10}

- **VISCOSIDAD**

En lo que se refiere a la viscosidad de las soluciones, esta depende principalmente del promedio de D.P.(Grado de Polimerización) en la cadena formadora de celulosa presentándose una relación lineal entre ellos. La concentración de las soluciones dará como resultado un incremento en la viscosidad de manera logarítmica y proporcionalmente a la estructura molecular de los éteres de celulosa.¹²¹

COMPORTAMIENTO REOLÓGICO

La CMC tiene propiedades reológicas útiles e interesantes una vez que se alcanza la completa disolución. Por lo general, se presenta un comportamiento no newtoniano en las soluciones del hidrocoloide cambiando la viscosidad al momento de modificar la fuerza cortante. Como en la mayoría de los polímeros lineales hidrosolubles, las soluciones de

CMC son pseudoplásticas debido a las cadenas moleculares largas que se orientan en la dirección del fluido. A medida que la fuerza de corte se incrementa, se presenta una disminución en la resistencia a fluir, cuando se aplica una fuerza de corte menor a la solución la viscosidad aparente se incrementa debido a que no existe una orientación de las moléculas dando como resultado una resistencia a fluir. El comportamiento pseudoplástico de los diferentes tipos de CMC varía de acuerdo con el peso molecular. A medida que el esfuerzo cortante se incrementa, la CMC con pesos moleculares bajos se vuelve menos pseudoplástica que en los pesos moleculares altos. Todos los tipos de CMC presentan comportamientos Newtonianos cuando se les aplican esfuerzos cortantes bajos.^{121 122}

Casi todos los polímeros solubles en agua disminuyen su viscosidad cuando se incrementa la temperatura de las soluciones. Las soluciones de CMC son más viscosas en temperaturas bajas que en altas, en condiciones normales, los efectos de la temperatura son reversibles (50 a 60°C) así que las variaciones no ocasionan cambios en la viscosidad de las soluciones, sin embargo, un calentamiento prolongado a temperaturas altas ocasionará una disminución permanente en la viscosidad.

El comportamiento de las soluciones se modifica ante la presencia de azúcar. La combinación muestra un aumento de la viscosidad conforme se incrementa la concentración del hidrocoloide. La presencia de la celulosa en alimentos con alto contenido de azúcar actúa como un agente ligante del agua libre del sistema.¹²³

- **RANGO ÓPTIMO DE pH**

La viscosidad aparente de las soluciones de CMC es relativamente estable y constante en un rango que va de 4 a 10, alcanzándose la viscosidad más alta entre los rangos de 7 a 9. Por debajo de un pH de 3 se presenta una transformación de la CMC en ácido carboximetil celulósico que precipita y aumenta significativamente la viscosidad de la solución. A valores de pH extremadamente alcalinos (por arriba de 10) la viscosidad disminuye, pero esto no es un problema en el área de los alimentos ya que son raros los sistemas alimenticios que presentan estos valores. El orden de adición de la CMC en un medio ácido es muy importante. Para que una solución de CMC pueda ser estable en un sistema ácido es necesario disolver la goma en el medio y posteriormente acidificar la

solución. En caso de disolver la CMC directamente en la solución ácida la viscosidad obtenida será menor. La resistencia que presenta este hidrocoloide a los ácidos y álcalis se incrementa cuando su grado de sustitución o D.S. va disminuyendo.¹²²

5.3.2.1.1.5 COMPATIBILIDAD

La goma de celulosa es compatible con la mayoría de los polímeros solubles en agua en un sinnúmero de concentraciones. En combinación con la goma de algarrobo, guar o hidroxipropilcelulosa en soluciones acuosas presenta un sinergismo importante que aumenta la viscosidad. No presenta sinergismo con gomas de carácter aniónico, sin embargo, sí es compatible con ellas.^{122, 123}

5.3.2.1.1.6 SINERGISMO

Tiene un efecto sinérgico cuando se mezcla con polímeros no iónicos, como hidroxipropilcelulosa o hidroxietilcelulosa, pero en presencia de electrolitos reduce la viscosidad del sinergismo.⁷

Al mezclarse con HPMC o con MC disminuye la viscosidad de los sistemas. La CMC también es compatible con almidones presentando un efecto sinérgico entre ambos.¹²²

5.3.2.1.1.7 APLICACIONES

Es el estabilizante por excelencia en helados, nieves y paletas actuando como un agente de control en el crecimiento de cristales, mejorador de la palatabilidad, el cuerpo y la textura final de estos productos. Se utiliza como emulsificante en sustitutos de crema. En alimento para animales es un *ligante de agua libre* y ayuda a los procesos de extruido en pellets. En alimentos proteínicos retiene el agua y mejora la palatabilidad. En panificación mejora la viscosidad de las masas preparadas, aumenta la retención de humedad y mejora la textura rígida de los productos finales. En productos cárnicos actúa como ligante de los jugos naturales de la carne, proporciona palatabilidad a las grasas y como agente de textura. En *bebidas carbonatadas*, no carbonatadas, con jugo o sin jugo es un agente de suspensión, modifica la viscosidad de las soluciones, da palatabilidad y cuerpo, estabiliza la proteína en bebidas acidificadas y mantiene la carbonatación por más

tiempo. En postres, merengues, rellenos, pudines y glassés es un agente que controla la formación de cristales de azúcar, mejora la textura e inhibe la sinéresis. Se utiliza ampliamente en productos bajos en calorías proporcionando las características de cuerpo y texturas faltantes, además de una sensación parecida a la que da la grasa. En jarabes, forma soluciones claras permitiendo mantener las características esenciales de estos productos. El nivel recomendado varía de 0.25 a 0.75%.^{122, 123, 124}

5.3.2.1.2 HIDROXIPROPIL METIL CELULOSA

5.3.2.1.2.1 ORIGEN

Es un sólido blanco que fue fabricado por primera vez en U.S.A. y posteriormente en Gran Bretaña, Japón, la Unión Soviética y México. En este caso el agente eterificante es óxido de propileno. Se elabora por tratamiento de un álcali de celulosa con óxido de propileno a elevadas temperaturas y presiones.¹¹⁶

5.3.2.1.2.2 ESTRUCTURA

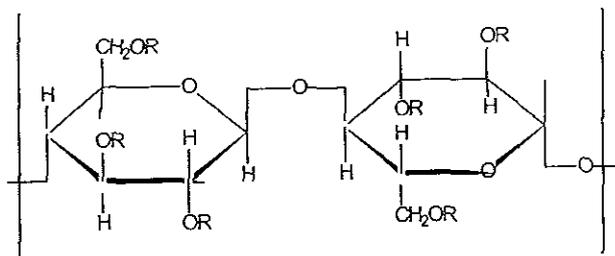


FIGURA No.19 "ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA HIDROXIPROPILCELULOSA"¹¹⁶

5.3.2.1.2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Espesante

Emulsificante¹¹⁶

5.3.2.1.2.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- **SOLUBILIDAD**

Es un compuesto no iónico, soluble en agua, celulosa y éter. Es soluble en agua por debajo de 40°C (pero insoluble a temperaturas de 40-45°C). Es más soluble en disolventes orgánicos y presenta alta tolerancia a las sales.^{7, 116}

- **VISCOSIDAD**

Cuando se combina con polímeros aniónicos como carboximetilcelulosa y alginato de sodio, resulta un incremento sinérgico en la viscosidad, debido a los elevados pesos moleculares de los polímeros.^{7, 116}

Cuando se combina con polímeros no iónicos como goma guar y Celulosa microcristalina resulta una disminución de la viscosidad. La viscosidad disminuye con el calentamiento.^{7, 10, 116}

CONDICIONES DE GELIFICACIÓN

No gelifica (la gelificación puede ocurrir cuando hay cationes trivalentes).^{1, 7}

5.3.2.1.2.5 SINERGISMO

Al mezclarse con MC o con CMC disminuye la viscosidad de los sistemas alimenticios.^{1, 7}

5.3.2.1.3 METIL CELULOSA

5.3.2.1.3.1 ORIGEN

Este derivado es de importancia en alimentos. Se trata de un polvo blanco, sin olor ni sabor como los otros derivados. Sus usos están basados en su solubilidad en agua fría.

Se prepara generalmente a partir de álcali celulosa de linteres de algodón o madera sometida a una eterificación con cloruro de metilo ^{10, 116}

5.3.2.1.3.2 ESTRUCTURA

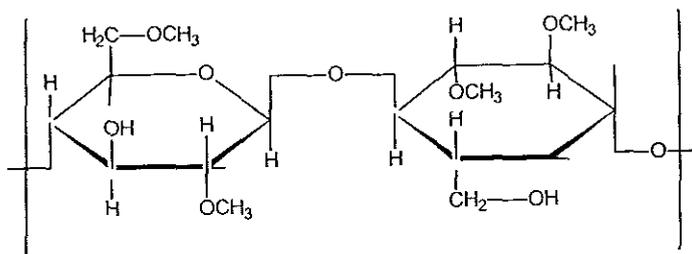


FIGURA No.18 "ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA METILCELULOSA"¹¹⁶

5.3.2.1.3.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Espesante

Gelificante¹¹⁶

5.3.2.1.3.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- **SOLUBILIDAD**

Es un hidrocoloide soluble en agua fría.¹

- **FORMACION DE GELES**

Forma geles con calentamiento y adición de sales.⁷

- **COMPATIBILIDAD**

Es compatible con soluciones con metales pesados.¹⁰

- **SINERGISMO**

Con CMC y con HPMC disminuyen la viscosidad de los sistemas.¹¹⁶

5.3.3 ÉTERES CELULÓSICOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y SUS USOS EN ALIMENTOS

5.3.3.1 CELULOSA MICROCRISTALINA

5.3.3.1.1 ORIGEN

Desarrollos recientes en la tecnología de la celulosa, han permitido la preparación de productos de α celulosa pura, con propiedades hidrofílicas y con aplicación en alimentos. Uno de ellos es la α celulosa microcristalina y cuyo nombre comercial internacional es AVICEL.

Mientras que la α celulosa, normalmente encontrada en plantas naturales es un material fibroso, que no absorbe agua y es prácticamente inerte, el AVICEL, es una α celulosa hoidrolizada, no fibrosa y con capacidad de absorber agua.¹¹⁶ Este producto es preparado con tratamiento ácido. La α celulosa en presencia de ácido clorhídrico, es convertida en dos componentes, una fracción soluble en ácido y otra que no lo es. La fracción cristalina insoluble es lavada y separada, y es llamada celulosa microcristalina. Se encuentra disponible en el mercado en dos formas: Spray dried celulosa y Avicel PH. Es un polvo blanco fino bajo en cenizas y metales insoluble en agua y se dispersa en forma de coloide.^{117, 125, 126}

5.3.3.1.2 ESTRUCTURA

La molécula tiene carga neutra y se compone de unidades de D-glucosa.¹¹⁶

5.3.3.1.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Microencapsulante

Antiapelmasante

Estabilizante

Espesante

Gelificante

Enturbiante^{117, 125, 126}

5.3.3.1.4 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

- **SOLUBILIDAD**

En ácidos

- **INSOLUBILIDAD**

Agua

Disolventes orgánicos

Ácidos diluidos

Aceites²⁴

DISPERSIONES

La dificultad de dispersión de este material, por el exceso de energía requerida, y la detección de sabores *secundarios en alimentos* que lo hacen organolépticamente inaceptable limita su aplicación en alimentos en general. Sin embargo, se encontró que la adición de CMC a la α celulosa antes del secado final del producto, le *imparte propiedades propias de la CMC*, por lo que ya puede ser hidratado y dispersado con un esfuerzo mecánico mucho menor y quedando eliminado su marcado sabor. Las dispersiones de *celulosa microcristalina se pueden proteger con goma xantana*. El Avicel se dispersa en agua formando coloides y geles opacos.^{117, 125, 126}

5.3.3.1.5 TOXICIDAD

Se considera como una sustancia GRAS.²⁴

5.3.3.1.6 APLICACIONES

Como estabilizante en coberturas batidas y emulsiones, postres congelados, alimentos secos mezclados, salsas, productos enlatados, aderezos para ensaladas y en *panificación*. El Avicel en su forma seca o como gel puede ser incorporado como un agente de volumen en gran variedad de alimentos. También actúa como formador de película y fijador de color en alimentos grasos *con colorantes solubles* en agua y de origen vegetal y como agente opalescente para bebidas en polvo.^{19, 24, 117, 125, 126}

CUADRO No.29 "ESPECIFICACIONES TÍPICAS DE CMC, HPMC Y MC 116

PROPIEDAD	CMC	HPMC	MC
Forma física	Polvo y granular	Polvo	Polvo
Olor	No	No	No
Color	Blanco-crema	Blanco	Blanco
Grado de sustitución	0.38 a 1.20	1.2 a 1.90	1.6 a 1.90
Viscosidad en agua (cps)	2.5 (1) a 6,000 (2)	40 a 60,000	15 a 8,000
°T carbonización (°C)	252	290	300
°T gelación (°C)	6 a 13 (2)	60 a 65 (2)	45 a 60 (2)
pH	60.0 a 99.5	4 a 8 (2)	6 a 8(2)
% Materia activa	60.0 a 99.5	96 a 99.5	96 a 99.5
% Humedad	8.0 máximo	5.0 máximo	5.0 máximo
% Metóxilos	19.0 a 30.0	19.0 a 30.0	27.5 a 31.5
% hidroxipropilos	4.0 a 12.0	4.0 a 12.0	4.0 a 12.0
Estructura iónica	Iónico	No iónico	No iónico
Compatibilidad con:	Precipita con metales pesados	Buena	Limitada
- sales	Pobre	Excelente	Buena
- compuestos orgánicos	Deficiente	Excelente	Excelente
Resistencia a enzimas	400 a 3,200	70 a 750	70 a 750
Grado de polimerización	90 a 700	13 a 140	13 a 140
Peso molecular promedio en miles	40 (3)	40	40
Mallas (pasa el 98%)			

(1) Solución al 1% a 20°C

(2) Solución al 2% a 20°C

(3) Para la forma pulverizada

CUADRO No. 30 "CAMPOS DE APLICACION DE LOS DISTINTOS ETERES DE CELULOSA" 16.118

AREA	MC	EC	HEC	HPC	CMC	EHEC	H BMC	HEMC	HPMC	CMHEC
Alimentos	X				X				X	
Farmacia	X	X	X	X	X	X			X	X
Cosméticos	X	X	X	X	X	X			X	X
Petróleo	X		X		X	X			X	
Textil		X	X		X					
Papel					X					
Pintura	X		X			X		X	X	
Removedores	X				X	X	X		X	
Construcción	X			X	X	X			X	
Electrodos				X	X					
Cerámica					X					X
Detergentes							X			
Adhesivos	X	X	X	X		X			X	
Litografía									X	
Polymerización	X			X					X	X
Binders			X							
Recubrimientos				X	X					
Arts.		X		X						
desechables										
Encapsulación				X	X					
Tintas		X		X	X					
Lacas		X								
Acab. de madera		X								
Acab. de papel		X								
Barnices		X								
Plásticos		X								
Películas		X				X				
Aislantes eléctricos						X				
Desmoldantes					X					
Tabaco					X				X	

5.4 HIDROCOLOIDES DE ORIGEN MICROBIANO

5.4.1 GENERALIDADES

A través de los años el hombre ha utilizado las gomas provenientes de plantas y semillas; pero con el paso del tiempo han surgido nuevas gomas con aplicaciones muy amplias dentro de la Industria de los Alimentos. Esta nueva generación se basa en gomas producidas por fermentación microbiana que incluyen la goma xantana, la goma gelana y la dextrana descubierta en 1940. De estas tres, las más utilizadas en industria de los alimentos son las dos primeras.

En 1989 Christensen describió estructuras generales de polisacáridos de origen microbiano, donde afirmó que pueden ser homopolisacáridos lineales (celulosa bacteriana), homopolisacáridos ramificados (dextrana), copolisacáridos lineales (tales como el alginato bacterial, con una distribución variable de monómeros) y polisacáridos lineales o ramificados en los que se repite una unidad regular de cierto carbohidrato, como es el caso de la goma xantana y de la goma gelana. De los polímeros microbianos empleados en alimentos, se encuentran la goma xantana, la goma gelana y la dextrana que son producidos extracelularmente por bacterias del género *Xanthomonas* y *Pseudomonas*.¹⁶

5.4.1.1 GOMA XANTANA

5.4.1.1.1 ORIGEN

Este polisacárido de alto peso molecular fue la primera goma procesada a gran escala por fermentación microbiana; se obtiene cultivando en un medio rico en carbohidratos a los microorganismos *Xanthomonas campestris*. Estas bacterias fueron aisladas originalmente de la planta del "nabo sueco".

Se clasifica dentro de las gomas biosintéticas y es un polisacárido extracelular sintetizado por el microorganismo productor para prevenir la deshidratación y como una barrera protectora para evitar el ataque de otros virus o bacterias. Esta goma ha cumplido con todos los exigentes requisitos para ser utilizada en la industria alimentaria, utilizándose actualmente como un aditivo permitido en casi todo el mundo.

Su desarrollo tuvo lugar aproximadamente en los años 50's cuando una división del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica se encontraba evaluando un programa para encontrar nuevos usos para la glucosa, sobre todo como un medio de fermentación. De estos estudios se obtuvo un polisacárido denominado B-1459 producido por la cepa *Xanthomona campestris* que presentaba características interesantes. Esto ocasionó que diferentes empresas se interesaran ampliamente en su comercialización. En 1964 "The Kelco Co." comienza la comercialización y en 1969 la FDA autoriza su aplicación y uso dentro de la industria de los alimentos.

La producción de la goma se lleva a cabo por medio de una fermentación aerobia con agitación constante y una temperatura de 28°C aproximadamente. El medio básico de fermentación se compone de D-glucosa, cloruro de amonio, buffer fosfato, sulfato de magnesio y elementos trazas como algunas sales; todo esto en conjunto cubre los requerimientos necesarios para el desarrollo de la cepa y por consiguiente del polisacárido. La cepa de *X. campestris* se desarrolló al inicio de la fermentación y conforme transcurre el tiempo duplica su número, es en este momento cuando la producción del polisacárido comienza. Una vez obtenido el polisacárido, se somete a los siguientes pasos: precipitación adicionando una solución de etanol al 50% y un 2% de KCl, purificación mediante una reprecipitación y finalmente la goma obtenida se seca, muele, mezcla para estandarizar y empaqueta para su consumo.^{13, 26, 127}

5.4.1.1.2 ESTRUCTURA

La goma tiene una forma celulósica principal como esqueleto en su estructura, con ramificaciones de trisacáridos unidos glucosa a glucosa en la cadena principal. Está compuesta por unidades de manosa, ácido glucurónico, manosa acetilada, glucosa y ácido pirúvico.

En cada uno de los estudios realizados a la goma xantana para determinar si la estructura helicoidal es simple o doble se obtienen resultados diferentes entre unos y otros. Ya sea sencilla o doble, la goma xantana tiene una estructura rígida con un alto grado de interacción entre las cadenas poliméricas dando como resultado una red de agregados moleculares unidos por fuerzas de valencia secundaria.

El hecho de que dentro de la molécula se tengan grupos piruvato y ácido glucurónico, proporciona las características aniónicas del hidrocoloide. Las soluciones de goma xantana se han estudiado por medio de rotación óptica, resonancia magnética, etc. y a partir de estos resultados se concluye que esta goma al encontrarse en solución presenta una estructura helicoidal o en forma de lombriz con un bajo grado de flexibilidad.^{31, 128}

5.4.1.1.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Espesante

Gelificante²⁴

5.4.1.1.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

• SOLUBILIDAD

Es soluble tanto en frío como en caliente dando soluciones opacas, no tixotrópicas y viscosas. Puede disolverse fácilmente en soluciones al 8% de ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido acético y en soluciones al 25% de ácido fosfórico. Las soluciones obtenidas con estos disolventes pueden ser estables durante varios meses mientras no se modifiquen las condiciones de temperatura a las que se encuentren. Soluciones acuosas de la goma toleran una adición de hasta un 50% de algunos disolventes hidrofílicos como en el caso del etanol.^{31, 26, 128}

En agua: soluble en frío y en caliente.

En leche: soluble en frío y en caliente.

En soluciones salinas: soluble en frío y en caliente.

En soluciones azucaradas: soluble en frío y en caliente.

En etanol: insoluble arriba del 50%.

Interacciona con los iones calcio para aumentar su solubilidad.^{1, 10}

- **VISCOSIDAD**

Presenta una viscosidad alta abajo de los 100°C y se mantiene con el tiempo. La viscosidad de la goma depende directamente de la concentración en la que se aplique el hidrocoloide. Cuando se utiliza el hidrocoloide en concentraciones moderadas, las soluciones obtenidas pueden tener la apariencia de un gel en reposo que presenta poca resistencia al mezclado o bombeo. Mantiene su viscosidad con respecto al pH ácido, al tiempo y a la temperatura y presenta una excelente viscosidad al 1% de sal. La viscosidad se ve afectada por altas temperaturas.

FORMACIÓN DE GELES

Aunque la goma xantana no es un agente gelificante, puede formar geles elásticos termoreversibles cuando se combina con la goma de algarrobo. Cuando se emplea en conjunto con la goma guar, la goma xantana genera grandes viscosidades.

La goma xantana es completamente soluble en agua fría o caliente y produce altas viscosidades a bajas concentraciones.

El efecto de los electrolitos por debajo de 0.15% se puede ocasionar una disminución en la viscosidad; a concentraciones mayores de goma el efecto de los electrolitos es contrario, es decir, la viscosidad aumenta en concentraciones de 0.02 a 0.07% de cloruro de sodio se alcanza la máxima viscosidad en esta goma. El mismo efecto puede presentarse cuando se utiliza cloruro de potasio. La presencia de electrolitos da por resultado una resistencia mucho mayor a los diferentes tratamientos térmicos abarcando temperaturas desde -4°C hasta los 93°C.^{128, 129}

CONDICIONES PARA GELACIÓN

Presencia de goma de algarrobo.

CARACTERÍSTICAS DEL GEL

Cohesivo, gomoso, termoreversible. Si se combina con goma xantana y de algarrobo se producen geles quebradizos.^{128, 129}

- **RANGO ÓPTIMO DE pH**

Se mantiene estable y con viscosidad constante a pH ácido. Se ha visto que es una goma que presenta una excelente estabilidad al calor y al pH, además de que no se ve afectada por la acción enzimática. El rango óptimo de pH es de 1.0-11.0

EFECTO EN LECHE A pH 7: ninguno.

EFECTO EN LECHE Y PROTEINAS A pH ACIDO: precipitación abajo del punto isoelectrico.²⁴

Esta goma resiste valores de pH desde 1 hasta 13. Resiste la degradación enzimática de las proteasas, celulasas, hemicelulasas, pectinasas y amilasas, pero puede ser degradada por agentes fuertemente oxidantes como por ejemplo el peróxido de hidrógeno.^{128, 129}

5.4.1.1.5 COMPATIBILIDAD

Es compatible con la mayoría de las gomas conocidas como alginato de sodio, almidón, etc. Específicamente muestra un sinergismo con lo que son las galactomanosas. La mezcla de goma de algarrobo y goma xantana al calentarse forma geles termoreversibles y elásticos. Con la goma guar aumenta su viscosidad significativamente.²⁴

5.4.1.1.6 INCOMPATIBILIDAD

Alcoholes solubles en agua

Cetonas

Goma arábica a pH de 5 aprox.²⁴

5.4.1.1.7 SINERGISMO

Con goma de algarrobo para *aumentar* textura y dar firmeza.

Con alginato/tragacanto para *aumentar* la adhesividad.²⁴

5.4.1.1.8 TOXICIDAD

La goma xantana se aprobó para su uso en *alimentos* en 1969 y a partir de entonces su empleo en alimentos ha crecido en importancia gracias a cada una de sus características tan especiales como son: estabilidad a los cambios bruscos de temperatura y a los sistemas ácidos en general, por sus propiedades reológicas únicas, como excelente agente de suspensión, compatibilidad con diferentes tipos de sales y la estabilidad que presenta a los cambios de temperatura (*congelación*).¹²⁸

5.4.1.1.9 APLICACIONES

Se emplea como agente espesante en aderezos para ensaladas dando como resultado productos con texturas agradables usando aproximadamente de 0.1 a 0.25%. En bebidas y mezclas en polvo listas para reconstituirse, ayuda a mantener el cuerpo y textura finales proporcionando la sensación de presencia de pulpa. Se usa en jarabes, coberturas y conservas alimenticias como agente de brillo, consistencia y cuerpo. En combinaciones con CMC se usa como estabilizante de bebidas con pulpa en concentraciones desde 0.001 hasta 0.5%. En productos lácteos como queso crema, queso cottage, helados y malteadas se usa para aumentar la cremosidad de los mismos, emulsificar la grasa, retener humedad y como agente de textura; normalmente en este tipo de productos se hacen combinaciones con algarrobo y goma guar para aprovechar los beneficios de las mezclas. En rellenos de pays congelados conserva la textura inicial de los mismos. Ayuda al batido, tamaño de miga y distribución de ingredientes adicionales en la *panificación*. En salsas picantes se utiliza como agente de suspensión de sólidos insolubles y como agente básico de cuerpo, en este tipo de productos también se emplean mezclas con guar o CMC para mejorar la *funcionalidad* del sistema estabilizante. También juega papeles importantes en productos enlatados, congelados y productos dietéticos o bajos en calorías.^{53, 127, 128, 129, 130}

5.4.1.2 GOMA GELANA (GELLAN GUM)

5.4.1.2.1 ORIGEN

Dentro de los agentes gelantes obtenidos por fermentación se encuentra la goma gelana que puede considerarse como una solución importante en cuanto a los problemas de abasto y calidad de los agentes gelantes conocidos actualmente.⁵³

Se considera como un agente gelificante relativamente nuevo, el cual es también obtenido por un proceso de fermentación microbiano producido por el cultivo de los microorganismos *Pseudomonas elodea*, que crecen en los lirios acuáticos de Pennsylvania; su descubrimiento se da en 1978. El uso de la goma gelana en alimentos fue aprobado en los Estados Unidos el 25 de Noviembre de 1992 bajo el número CFR 172 665 como estabilizante y espesante en alimentos de acuerdo con las buenas prácticas de manufactura. También se aprueba su uso en Argentina, Australia, Bélgica, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Francia, Hong Kong, Indonesia, Israel, México, Noruega, Filipinas, Singapur, Africa del sur, Sri Lanka, Taiwan y Tailandia. La CEE la aprueba con el número E 418 anexo de la lista de aditivos permitidos. La JECFA, junto con el Comité de la Comunidad Económica, Científica Europea le otorgan una ingesta diaria aceptable (ADI) como "no especificada". En Japón se le considera como un aditivo natural a partir de 1988.^{128, 131}

La producción de este hidrocoloide es por fermentación en un medio estéril que contiene carbono, fosfatos, fuentes orgánicas e inorgánicas de nitrógeno y algunos elementos traza. Se controla con aireación, la agitación, la temperatura y el pH del medio. De esta fermentación se obtiene un caldo viscoso que se pasteuriza para eliminar cualquier tipo de impureza previa a la recuperación de la goma, la cual puede hacerse de dos maneras diferentes:

- a) Directamente del caldo obtenido de la fermentación, dando como resultado un producto altamente acetilado.
- b) Deacetilar con álcalis dando un producto ligeramente acilado. En este paso puede o no clarificarse el producto.^{128, 131, 132}

5.4.1.2.2 ESTRUCTURA

La estructura molecular de este hidrocoloide es una secuencia lineal de tetrasacáridos formado por unidades de glucosa, ácido glucurónico y ramnosa en una proporción de 2:1:1 respectivamente. Los grupos acilo son grupos acetilo y glicerilo unidos en las posiciones 0-6 y 0-2 de las unidades de glucosa. Su peso molecular se estima en $1-2 \times 10^6$ tanto para la forma acilada como para la deacilada.¹³²

Como resultado de las investigaciones realizadas a lo largo de muchos años utilizando difracción de rayos X se ha encontrado que la estructura primaria de la goma gelana es una hélice paralela, doble y tridimensional orientada hacia la izquierda. El par de moléculas que forman la hélice se unen por medio de puentes de hidrógeno y la interacción con el agua, estabiliza la formación de los geles los cuales son altamente cristalinos, rígidos y quebradizos cuando hay ausencia de grupos o-acilos.¹³²

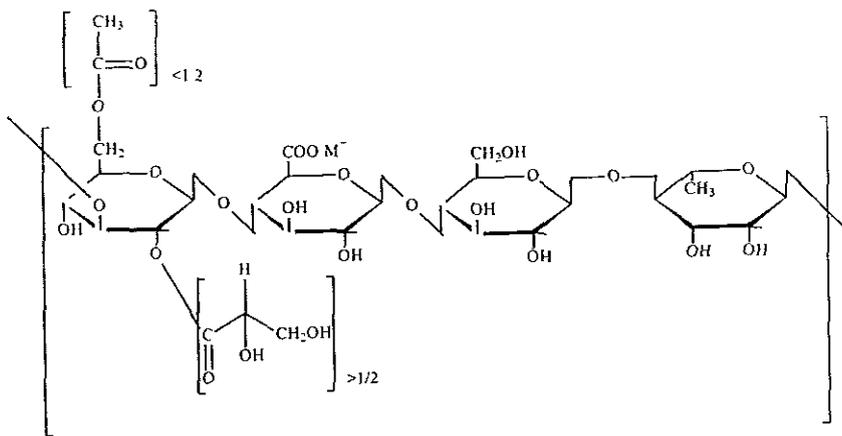


FIGURA No.19 "ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA GOMA GELANA"¹³²

5.4.1.2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Esta goma obtenida por fermentación es capaz de proporcionar diferentes rangos en cuanto a texturas de geles y puede ser utilizada para duplicar las características de otros tipos, en resumen, se trata de un agente gelante multifuncional que proporciona textura, estabilidad, formación de película y suspensión dentro de los alimentos en general¹³²

5.4.1.2.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- SOLUBILIDAD

La goma gelana necesita ser calentada para disolverse en agua y requiere de cationes para *gelificar las soluciones frías*. Dos de sus principales características son su estabilidad al calor y a los medios ácidos.

Los agentes fuertemente oxidantes, así como las mezclas hechas con agentes reductores causan una degradación en la goma gelana. Adicionalmente a esto, los surfactantes *catiónicos pueden precipitar* debido a la interacción que se presenta con las cargas negativas de los grupos carboxilos de la goma.¹³²

FORMACIÓN DE GELES

Una de las características más importantes de la goma gelana es la formación de geles cuando se encuentra en presencia de casi todos los iones incluyendo los de hidrógeno, muestra una afinidad por los iones divalentes de calcio y magnesio aunque en ocasiones llega a reaccionar con los iones de sodio y potasio, sin embargo, esa misma presencia previene la hidratación de la goma por lo que resulta necesario el uso de temperaturas y agua desionizada para lograr una completa hidratación de la misma.

La goma gelana ha sido evaluada ampliamente *contra diferentes hidrocoloides gelantes para obtener el perfil de textura del gel, que se forma. Los parámetros que se tomaron en cuenta fueron: dureza, módulo, fragilidad, elasticidad y cohesividad.*

Dureza: fuerza necesaria para romper el gel

Módulo. Firmeza aparente del gel al aplicar una presión ligera.

Fragilidad: Máxima fuerza aplicada al gel antes de que este se fracture.

Elasticidad. Acción retráctil del gel al momento de aplicar una fuerza.

Cohesividad. *Dificultad en romper el gel dentro de la boca.*^{131, 132}

Los resultados obtenidos después de esta *evaluación muestran que existe una textura similar entre la goma gelana y, la kappa carragenina y el agar en términos de dureza,*

fragilidad, y elasticidad, sin embargo el gel obtenido con la goma gelana es mucho más firme que los otros dos agentes gelantes. Además de lo anterior, el gel de goma gelana presenta una buena estabilidad a valores de pH ácidos además de permitir una percepción de los sabores mucho más intensa que en cualquier otro tipo de gel gracias a la firmeza, fragilidad y baja dureza del mismo. Las características generales de los geles formados por la goma gelana se basan en una concentración de 0.25% de goma y en la cantidad suficiente de iones para inducir la gelación. Sin embargo, pueden presentarse diferentes comportamientos dependiendo de la concentración y tipo de ion utilizado en el sistema ^{131, 132}

De los diferentes estudios se ha llegado a la conclusión que la cantidad de iones calcio necesarios para la formación de gel se encuentra entre 0.016 y 0.05 %; dentro de este rango, la dureza y el módulo son moderadamente insensibles a los cambios iónicos además de que la fuerza del gel permanece relativamente constante. La elasticidad también permanece constante pero la fragilidad generalmente disminuye cuando se incrementa la concentración de calcio.¹³¹

Con los iones divalentes tales como el magnesio, se presentan efectos similares en las características del gel, de igual forma con iones monovalentes como sodio y potasio se observa esta misma tendencia, sin embargo, la cantidad de iones monovalentes necesarios para la gelación es relativamente mayor con los otros tipos.

Los puntos de fusión y gelación son importantes en las características de los geles, en este tipo de hidrocoloide, estas dos características dependen fuertemente de la concentración y del tipo de iones presentes en el sistema. La mayoría de los geles de goma gelana donde se utiliza calcio, gelana temperaturas entre los 25 y 40 °C mientras que en aquellos donde se utiliza el sodio tienen un rango entre 40 y 50°C. en lo que se refiere al punto de fusión, a concentraciones menores de iones, los geles se funden al calentar pero al incrementar la cantidad de iones, los geles permanecen estables sin fundirse en temperaturas menores de 100°C.

La utilización de iones para la formación de geles con la goma gelana es indispensable, en algunas ocasiones los geles pueden parecer turbios lo cual puede

solucionarse añadiendo al sistema moléculas de bajo peso molecular como el azúcar para obtener geles clarificados.^{131, 132}

Las características de dureza de los geles de goma gelana aumentan con el incremento de la goma. Las características de fragilidad y elasticidad permanecen sin cambios cuando se utilizan las cantidades sugeridas de goma (0.1-0.5%). Cuando aumenta la cantidad de goma gelana a porcentajes aproximados de 5% la textura resultante es parecida a la de la parafina utilizada para la fabricación de velas, consistencia poca deseada en la industria de los alimentos. Cuando se utilizan cantidades tan grandes de goma esta se vuelve autogelante, es decir, no requiere la presencia de iones para poder gelar porque la cantidad de iones no adicionados también aumenta.

En la industria de los alimentos, las precipitaciones por adición de ácido son casi nulas. Al igual que otros hidrocoloides la exposición de la goma gelana a sistemas muy ácidos sobre todo en altas temperaturas puede ocasionar que la estructura molecular de la goma se vea afectada. Sin embargo, la goma gelana presenta una buena estabilidad bajo condiciones de proceso normales no se ha reportado disminución en la fuerza del gel de este hidrocoloide cuando se utiliza en sistemas ácidos.¹³¹

La temperatura y el tiempo son importantes factores a considerar cuando se habla de la hidratación de la goma, de los puntos de fusión y de gelación en este tipo de sistemas. Bajo buenas prácticas de manufactura, la goma es estable, pero puede ocurrir que con el calentamiento de las soluciones conteniendo cantidades poco usuales de iones, puedan espesarse demasiado y retrasar la formación del gel; cuando la solución de goma gelana alcanza la temperatura necesaria para iniciar la gelación, ésta se da de manera casi inmediata dependiendo de manera directa de la rapidez con la que se elimine el calor del sistema.

La mayoría de los productos alimenticios contienen cantidades de sacarosa, fructosa, glucosa, sorbitol y glicerina que imparten sabores característicos a los mismos. En pequeñas concentraciones, estos ingredientes tienen una ligera influencia en las propiedades de la goma gelana. Una solución que contenga 30% en peso de sacarosa se vuelve más sensible a la acción de los iones calcio en el sistema, un exceso (40%) da como resultado una disminución rápida en la fuerza del gel obtenida inicialmente, sin

embargo, como se mencionó anteriormente es deseable la presencia en pequeñas cantidades de estos ingredientes para eliminar la turbidez de los geles de la goma gelana.

La goma gelana puede ser hidratada en soluciones de 80° Brix pero en presencia de un agente secuestrante, esta acción puede ser inhibida cuando las concentraciones aumentan por la presencia de los iones sodio que normalmente acompañan al azúcar. Se recomienda adicionar el ácido a las soluciones calientes de azúcar con goma gelana para obtener geles adecuados. Es importante tomar en cuenta que se deben mantener la composición del azúcar cuando se pretenda trabajar con la goma gelana, ya que cualquier alteración en la misma ocasiona cambios importantes cambios en las características de los geles.

Los geles formados con goma gelana son resistentes a la degradación de las enzimas y soportan el crecimiento de las bacterias.^{131, 132}

5.4.1.2.5 SINERGISMO

Cuando se emplea con goma guar o carrageninas se mejoran los geles que forma. La goma gelana se combina con agentes gelantes como el agar-agar y la kappa carragenina para mejorar algunas características como la termoestabilidad del agar-agar y la estabilidad al ácido de los geles de carragenina. Existen combinaciones con ciertas gomas que presentan sinergismos interesantes como es el caso de la goma gelana con la goma xantana y goma de algarrobo, para reducir la fragilidad de los geles. Sin embargo, una cantidad excesiva de estas gomas con respecto a la goma gelana pueden generarse geles poco agradables al palada . Este mismo efecto se da cuando se combina la goma gelana deacetilada con la goma gelana nativa o cruda.

En el caso de la combinación con almidones, se mejora la estabilidad de los productos sin alterar la textura de los productos finales, de igual forma da como resultado geles ligeramente reopéticos lo cual amplía la utilización de estas mezclas en la panificación sobre todo en lo que se refiere a rellenos y glassés.

Con la grenetina, la adición de pequeñas cantidades de goma gelana acelera el *gelado de la misma sin necesidad de refrigeración*, además es posible la elaboración de geles termoestables .

Se considera que la goma gelana y los alginatos son complementarios debido a que *ambos requieren de la presencia de iones calcio para poder gelar*. Sin embargo, se prefiere el uso de alginatos en lugar de la goma gelana en mezclas en polvo ya que estas *no necesitan calentamiento para iniciar su hidratación* ^{131, 132}

5.4.1.2.6 APLICACIONES

La goma gelana tiene un alto potencial dentro de sistemas alimenticios actuando de manera independiente o en combinación con otro tipo de hidrocoloides sobre todo en aquellos sistemas que requieren la formación de geles, de texturas específicas o de palatabilidad.

En postres gelados se utiliza para aumentar la percepción de los sabores, aumentar la resistencia a los cambios de temperatura y el gelado fuera del refrigerador.

La goma gelana es excelente para productos con bajo contenido de azúcar donde la kappa carragenina y la pectina de bajo metoxilo han sido los estabilizantes por excelencia.

En panificación se utiliza ampliamente en rellenos de frutas que contienen almidón ya que *provee beneficios importantes en cuanto a la estabilidad de los mismos, proporciona una mejor textura y ayuda a disminuir la cantidad de almidón utilizado en las formulaciones*.

Se usa en las preparaciones en polvo y pudines como agente espesante. En gomas, pastillas y bombones se utiliza en combinación con almidones para disminuir el tiempo de fraguado y poder sacarlos de los moldes más rápido Proporciona estabilidad a los cambios bruscos de temperatura en productos donde se utiliza generalmente grenetina. Se usa en la fabricación de merengues, glassés y escarchados aumentando la retención de humedad, la vida de anaquel, untabilidad, brillo, textura y liberación del sabor. En bebidas se usa como agente de suspensión en porcentajes bajos de aplicación. En

productos lácteos reacciona con las proteínas de la leche para formar geles delicados, por tanto se utiliza en flanes, helados, yoghurt y crema ácida de igual forma mejora la estabilidad y resistencia a las altas temperaturas en productos UHT y HTST. En productos como harinas preparadas para pasteles mejora el tamaño de la miga y el contenido de humedad. En productos orientales se utiliza como un agente de textura, en emulsiones O/W, como mayonesas light. Forma películas protectoras evitando la absorción excesiva de aceites en productos capeados mejorando la frescura de los mismos. Sirve como agente adhesivo de condimentos en galletas, papas fritas, etc. En comida para mascotas, se utiliza como agente gelante y para formar trozos de apariencia cárnica, puede reemplazar hasta en un 50% a la kappa carragenina.^{19, 128, 131}

5.4.1.2.7 LEGISLACIÓN

En septiembre de 1990, la goma gelana recibió la aprobación por la FDA para su uso como agente espesante y *gelificante* en alimentos escarchados, congelados, refrigerados y en mermeladas y jaleas no estandarizadas (FDA 1990).^{131, 131}

5.4.1.3 DEXTRANA

5.4.1.3.1. ORIGEN

Los polisacáridos microbianos pueden ser burdamente divididos dentro de dos grupos, homopolisacáridos y heteropolisacáridos. Los homopolisacáridos incluyen aquellos polímeros producidos de sacarosa por una variedad de bacterias; los miembros mejor conocidos de este grupo son las dextranas.¹³³

Las dextranas son una clase de polisacáridos sintetizados a partir de sacarosa por enzimas provenientes de bacterias (dextransacarosas, glucosiltransferasas o glucansacarosas), las cuales forman D-glucanos con enlaces glucosídicos $\alpha(1,6)$ continuos en las cadenas principales y una cantidad variable de ramificaciones con enlaces $\alpha(1,2)$, $\alpha(1,3)$ o $\alpha(1,4)$.¹³⁴

El término *dextrana* fue acuñado por Scheibleren en 1874 al encontrar que la causa de que espesara el jugo de caña de azúcar era la presencia de un carbohidrato con

fórmula empírica $(C_6H_{10}O_5)_x$ y con una rotación óptica positiva. Ya en 1861 Pasteur había mostrado que estas masas mucilaginosas tenían un origen microbiano y Van Tieghem en 1878 denominó a la bacteria que la causa *Leuconostoc mesenteroides*, aunque también *Leuconostoc dextranicum*, familia *Streptococcea* y familia *Lactobacteriaceae* son capaces de producirlas.¹³⁵

Diversos organismos son capaces de producir dextranas, pero los que poseen importancia comercial son los producidos por *Leuconostoc mesenteroides* y *L. Dextranicum*.⁵

La formación de *dextrana* fue reconocida como el resultado de la transformación de soluciones viscosas, geles y material floculento precipitado.

Las *dextranas* presentan un gran problema en la industria azucarera, debido a que ocasionan bloqueos en las tuberías y filtros, inhiben la cristalización del azúcar, reducen los rendimientos y distorsionan las medidas de rotación específica usadas en la estandarización y determinación de la pureza del azúcar.

Muchas *dextranas* han sido estudiadas y propuestas para usos industriales como sustituto de plasma sanguíneo, tamices moleculares, anticoagulantes, aditivos en alimentos, explosivos y gomas de alta viscosidad entre otros. Sin embargo, actualmente muy pocos usos han sido desarrollados, representando así el grupo de polisacáridos que ha sido más extensamente investigado pero que ha aportado muy poco al desarrollo.¹³⁴

SÍNTESIS

La síntesis de *dextrana* en la naturaleza y en la industria se lleva a cabo por la acción de una glucosiltransferasa: la *dextransacarasa* que cataliza la reacción de transferencia de unidades glucosil a partir de sacarosa, formando un polímero de glucosa y la *fructosa* como subproducto.¹³⁶

El proceso tiene lugar en dos partes: en la primera la célula bacteriana se divide arrojando la *dextransacarasa* al medio de cultivo, en la segunda parte, la polimerización enzimática de uniones de glucosa a *dextrana* tienen lugar gradualmente, mientras la

dextrana es formada el medio se espesa hasta formar una masa viscosa. Cuando la viscosidad tiene su valor más alto, se supone que el rendimiento máximo es obtenido. La dextrana es precipitada con metanol, etanol o acetona. El precipitado blanco gomoso es posteriormente secado y pulverizado para dar un hidrocóide de color blanco a ligeramente amarillento.¹³⁷

La síntesis del polisacárido adquiere relevancia en la industria azucarera donde es sintetizado en forma no controlada por microorganismos presentes en el guarapo, causando una serie de dificultades.¹³⁸

5.4.1.3.2 ESTRUCTURA

La mayoría de los trabajos relacionados con las dextranas han sido realizados con cepas de *Leuconostoc mesenteroides* y en particular la cepa NRRL B-512F, que fue aislada en 1943 por Benedict en el Northern Regional Research Laboratory (NRRL) en Peoria, IL., USA, la cual se convirtió en el microorganismo de elección para la producción industrial y estudio de dextranas. Esta cepa produce una dextrana que contiene 95% de enlaces $\alpha(1-6)$ -D-glucopiranosídicos y 5% de $\alpha(1-3)$. Actualmente es producida y comercializada en los Estados Unidos, en Cuba y en el Oeste de Europa.¹³⁴

Jeannes en 1954 revisó el tipo de dextrana producida por 96 bacterias, principalmente del grupo *Leuconostoc sp.* y *Streptococcus sp.*¹³⁴

Las diferencias entre las dextranas caracterizadas por Jeannes (1954) y las producidas en estudios posteriores con diferentes cepas, permiten concluir que las características estructurales de las dextranas dependen de la cepa en cuestión. La naturaleza de los tipos de enlaces en las ramificaciones de varias dextranas fue objeto de un estudio posterior empleando análisis de metilación.¹³⁴

Algunas cepas producen polisacáridos insolubles y algunas forman más de una clase de polisacárido, los cuales son separados por fraccionación diferencial con etanol y denominados fracción menos soluble (L) y fracción más soluble (S) exclusivamente de unidades α -D-glucopiranosilo, pero los tipos de enlaces entre ellas y su cantidad relativa varía para las diversas dextranas.

Existen una gran cantidad de dextranas con estructuras variables, desde las lineales hasta las altamente ramificadas y se obtienen de una gran variedad de microorganismos mediante síntesis enzimática.^{135, 136, 139}

La dextrana de *L. mesenteroides* NRRL B-512 posee alrededor de un 95% de enlaces (1,3) y (1,4).

A causa de estas diferencias moleculares, unas son solubles mientras otras insolubles. Los usos recomendados para los dextranas incluyen de modo especial los productos de confitería, en los que mejoran la retención de humedad y la viscosidad, e inhiben la cristalización del azúcar; por su parte, en los caramelos de goma y gelatina de frutas actúan como agente gelificante.¹⁴⁰

Desde 1976, el grupo de Seymour del Centro médico de Texas en Estados Unidos, ha trabajado en la determinación de la estructura de dextranas producidas por varias cepas de *Leuconostoc mesenteroides* y *Streptococcus mutans* usando metilación, oxidación con peryodato y resonancia magnética nuclear de carbono.¹³⁴

Seymour y Knapp en 1980 señalan que las dextranas pueden ser divididas en dos clases con base a sus características estructurales. La clase I son dextranas que contiene una cadena principal de residuos glucosídicos consecutivos unidos con enlaces α (1-6) con ramificaciones en las posiciones 2, 3 o 4. La clase II son las dextranas que contienen enlaces consecutivos α (1-6).¹³⁴

5.4.1.3.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Tiene características típicas de un hidocoloide, tales como propiedades emulsificantes y estabilizantes en sistemas de aceite agua.

Agente humectante.

Proporciona cuerpo a los alimentos.

5.4.1.3.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

• SOLUBILIDAD

La dextrana es un polisacárido natural soluble en agua fría o caliente dando soluciones claras y viscosas. Son insaboras, químicamente inertes y compatibles normalmente con muchos ingredientes usados en alimentos. Tiene características típicas de un hidrocoloide, tales como propiedades emulsificantes y estabilizantes en sistemas de aceite agua, es también conocida por sus cualidades humectantes e imparte atributos de cuerpo a los alimentos líquidos.

CUADRO No.31 "CLASIFICACIÓN DE LAS DEXTRANAS DE ACUERDO AL MICROORGANISMO"¹³⁴

Dextrana	Solubilidad	% Enlaces				
		$\alpha(1-6)$	$\alpha(1-3)$	$\alpha(1-3)Er$	$\alpha(1-2)Er$	$\alpha(1-4)Er$
L.m. B-512F	S	95	5			
L.m. B-742	S	50		50		
L.m. B-742	L	87				13
L.m. B-1299	S	65			35	
L.m. B-1299	L	66		1	27	
L.m. B-1355	S	54	35	11		
L.m. B-1355	L	95		5		
S.m. 6715	S	64		36		
S.m. 6715	I	4	94	2		

Donde:

L.m. *Leuconostoc mesenteroides*

S.m. *Strptococcus mutans*

S soluble

L ligeramente soluble

I insoluble

Er enlace ramificado

5.4.1.3.5 APLICACIONES

- **PRODUCTOS HORNEADOS**

Se ha mostrado que la incorporación de *pequeñas cantidades* de dextrana en masa para elaborar pan, produjeron panes que fueron más suaves y tuvieron un mayor volumen que los panes ordinarios hechos de masa sin dextrana. Las dextranas preferidas fueron las provenientes de *Leuconostoc mesenteroides* con un peso molecular de 20,000,000-40,000,000 de Daltones.¹⁴¹

- **BEBIDAS**

Se ha usado dextrana para remplazar del 10 al 20% de la malta de la producción de la cerveza pilsner. Las cervezas tuvieron un buen sabor y estabilidad en la espuma y tuvieron el mismo color que la cerveza pura de malta. El derivado de carboximetil dextrana es un efectivo estabilizante de espuma cuando es agregado a la cerveza o a otras bebidas de malta fermentadas a concentraciones de cerca de 0.5%.

Las dextranas han sido utilizadas como estabilizadores para bebidas de leche con chocolate e incluso se encontró efectividad en la estabilización de bebidas suaves y extracto de sabor. El uso de dextrana es útil en la producción de jarabes de azúcar no cristalizables, donde la estabilidad y viscosidad fueron características importantes. También se ha sugerido el uso de dextranas como agentes de cuerpo en bebidas bajas en calorías y en bebidas libres de azúcar.¹³⁷

- **CONFITERÍA**

Las dextranas son consideradas como un constituyente deseable para uso en golosinas en las cuales hay como ingrediente azúcar. Su valor está en la capacidad para prevenir la cristalización, mejorar la retención de humedad, mejorar el cuerpo y mantener el sabor y la apariencia. Su uso es efectivo en dulces, jaleas y frutas enlatadas.¹³⁷

• CUBIERTAS DE PROTECCIÓN

Las dextranas han sido empleadas para conservar una larga variedad de alimentos por medio de la prevención del secado de los alimentos durante el almacenamiento y protegiéndolos contra efectos de deterioro por la exposición al aire. Se han usado en solución acuosa para la dispersión de dextrana nativa o hidrolizada para preservar camarones y otros productos. Similarmente, otros alimentos tales como carnes, fruta seca y quesos pueden ser recubiertas con una capa de dextrana, la cual protege al alimento de secado en almacenamiento e incluso permite al producto ventilar los gases.¹³⁷

• USOS DIVERSOS

También se han probado las dextranas como un acondicionador en gomas de mascar así como un estabilizante en productos helados. Pueden ser usadas incluso en la manufactura de cremas sintéticas y productos congelados. En general, las dextranas pueden remplazar por completo o en parte a algunas gomas tales como la goma arábica, karaya, tragacanto o alginatos.^{137, 142}

También se han propuesto los siguientes usos:

- recuperación secundaria de petróleo.
- desfloculantes en productos papeleros.
- proceso de chapado de metales.^{136, 143}

5.4.1.3.6 TOXICIDAD

Las dextranas de alto peso molecular podrían ser antigénicas y causar efectos secundarios en algunos sujetos, por lo que la tendencia actual ha resultado en la comercialización de la dextrana 70 (PM 70,000) y la dextrana 40 (40,000).¹³⁸

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Las técnicas de investigación y desarrollo de nuevos productos han originado el crecimiento y el avance de la aplicación de los distintos aditivos alimentarios para lograr obtener productos alimenticios procesados con características sensoriales específicas encontrando así, a los hidrocoloides en una gran variedad de especies con diferentes propiedades fisicoquímicas y funcionales.

Los hidrocoloides han cobrado una gran importancia dentro de la tecnología de alimentos debido a la gran diversidad de aportar propiedades funcionales como gelificantes, espesantes y estabilizantes.

Los hidrocoloides naturales más utilizados en la industria de alimentos son pectinas, goma arábica, goma de tragacanto, goma de algarrobo, goma guar, carrageninas y almidones.

Los hidrocoloides semisintéticos más utilizados en la industria de alimentos son los almidones modificados, carboximetilcelulosa, celulosa microcristalina y goma xantana.

Las gomas guar y xantana son muy utilizadas en la industria alimenticia por presentar las siguientes características: a muy pequeñas cantidades generan altas viscosidades, soportan temperaturas de esterilización y su rango de pH es amplio, de 4 a 10.

La goma arábica presenta una alta estabilidad a valores de pH de 2 a 10, sin embargo, para tener altas viscosidades se necesita una gran cantidad de este hidrocoloide, a valores de pH de 6 a 7 la goma genera más viscosidad la cual aumenta lentamente a una concentración del 25%.

La goma de tragacanto proporciona la más alta viscosidad de todos los hidrocoloides de exudados de plantas, a una concentración del 1% puede generar 3400 cps.

Las carrageninas actúan como agentes estabilizantes y como gelificantes, su mayor estabilidad se presenta a pH de 7.0 y se ha observado que a una concentración del 1% disminuye su viscosidad, por lo tanto su aplicación es útil en sistemas lácteos.

Las pectinas son hidrocoloides altamente utilizados en la elaboración de mermeladas, jaleas y atés, por presentar propiedades gelificantes, espesantes y estabilizantes. Según su estructura de altos o bajos metoxilos, son solubles en agua caliente y el rango de pH para las de alto metoxilo es de 2.0 a 3.5 y para las de bajo metoxilo de 2.9 a 5.5.

Existen diferentes almidones modificados, los más utilizados en la industria alimentaria son los pregelatinizados, de enlaces cruzados, esterificados, eterificados y fluidizados por ácidos. En resumen sus propiedades funcionales son gelificantes a altas concentraciones y espesantes a bajas concentraciones.

La carboximetilcelulosa actúa como agente espesante y gelificante en los sistemas alimenticios alcanzando su máxima viscosidad en un rango de pH de 7.0 a 9.0 y se ha observado que a valores de pH aumenta su viscosidad y a valores alcalinos su viscosidad disminuye.

La selección del hidrocoloide adecuado para cualquier aplicación específica se basa principalmente en el conocimiento de sus propiedades funcionales, de su comportamiento ante los diferentes factores fisicoquímicos que se presentan en un sistema alimentario, tales como temperatura, pH, concentración de iones, sinergismo y compatibilidad con otros hidrocoloides presentes en el producto final y de otros factores como la justificación de su uso en los alimentos, su abastecimiento, las alternativas para su sustitución por otro tipo en caso de escasez o incompatibilidad y su costo.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Branen, A. L. ; Davidson, P. M.; "Food Additives"; Ed. Marcel Dekker Inc.; New York U.S.A ; 1990.
- 2) Hughes, C.; "The Additives Guide"; Ed. John Wiley and Sons; Great Britain; 1987.
- 3) "Manual de Técnicas de Pastelería y Confitería"; A.M.V. Ediciones; Págs. 106-108; 1993.
- 4) Lineback, D. R.; "Food Carbohidrates"; AVI Publishing Company, Inc.; U.S.A.; 1982.
- 5) Badui, D.; "Química de los Alimentos"; Ed. Acribia; España; 1988.
- 6) Carr, J.; "Hydrocolloids and Stabilizers"; Food Technology; Octubre; 1992.
- 7) Igoe, R. S.; "Hydrocolloid Interactions Useful in Food Systems"; Food Technology; U.S.A.; Abril, 1982.
- 8) Dávila, R.L.; "Tecnología de Alimentos"; Vol. 31; No. 6; México, D.F.; 1996.
- 9) Torres, O. J.; "Hidrocoloides Estabilizantes: elementos de cohesión"; Tecnología de Alimentos, Industria y Mercado; Vol. 32; No. 6; México, D.F.; Julio, 1997.
- 10) Furia, T. E.; "Handbook of Food Additives"; Ed. Academic Press, Inc.; Segunda Edición; Cleveland, U.S.A.; 1981.
- 11) Smith, J.; "Food Additive User's Handbook"; Ed. Prince Edward Island Food Technology Centre; Canada, 1991.
- 12) Glicksman, M.; "Food Hydrocolloids"; Vol. 1; CRC Press, Inc.; U.S.A.; 1984.
- 13) "A Focus on Gums"; Food Technology; Págs. 116-132; Marzo, 1991.
- 14) Valdés, B.; "Guía Para Seleccionar el Hidrocoloide Adecuado"; Tecnología Alimentaria; Vol. 25; N.4.
- 15) Campos, B. A.; "Estudio Monográfico de los Hidrocoloides naturales más usados en la Industria de los Alimentos y su Aplicación en Salsas Picantes"; Tesis de Licenciatura; Universidad La Salle; México D. F.; 1997.
- 16) Pomeranz, Y.; "Functional Properties of Food Components"; Ed. Academic Press, Inc.; Segunda Edición; Pág. 103; San Diego, California; 1991.
- 17) "Food Additives"; Food Drug and Administration; Food Education Foundation; 1996.
- 18) Glicksman, M.; "Hydrocolloids and the Search of the "Oily Grail"; Food Technology; Vol. 45; Octubre, 1991.

- 19) Whistler, R. L.; "Industrial Gums Polysaccharides and their Derivatives"; 3ª. Edición; Ed. Academic Press, Inc.; U.S.A.; 1993.
- 20) Fennema, O. R.; "Química de los Alimentos"; Ed. Acribia, S.A.; Zaragoza, España; 1993.
- 21) Glicksman, M.; "Gum Arabic"; Food Hydrocolloids Vol. II; (Glicksman M.); CRC Press, Inc.; Capítulo 1; Florida, 1983.
- 22) Meer, G.; Meer, W. A.; Tinker, J.; "Water Soluble Gums Their past, present and future"; Food Technologies; Vol. 29:22; Enero, 1975.
- 23) Coultate, T. P.; "Alimentos Química de sus Componentes"; Ed. Acribia, S.A.; Zaragoza, España, 1990.
- 24) Rosestein, E.; "Diccionario de Especialidades Para la Industria Alimentaria"; Ediciones PLM, S. A. De C. V.; DEIA 7ª. Edición; México, D. F.; 1997.
- 25) Larsson, K.; "Food Emulsions"; Ed. Marcel Dekker, Inc.; 2ª. Edición; Págs. 2, 454-455; New York & Basel, U.S.A.; 1990.
- 26) Glicksman, M.; "Gum Technology in the Food Industry"; Academic Press, Inc.; U.S.A.; 1969.
- 27) Merck & Co.; The Merck Index ; "An Encyclopedia of Chemical, Drugs and Biologicals"; 10ª. Edición; U.S.A., 1983.
- 28) Sociedad Farmacéutica Mexicana; "Farmacopea Nacional de los Estados Unidos Mexicanos"; Ediciones Botas, 6ª. Edición; Págs. 853-854; México, 1952.
- 29) Lehninger, A.; "Bioquímica"; Ed. Omega; Barcelona, España; 1988.
- 30) Chen, C.; "Cocrystallization: An encapsulation Process, New Method Uses Structurally Modified Sucrose Crystals to Encapsulate Flavors"; Food Technology, Pág. 87; New Orleans, U.S.A.; Noviembre, 1998.
- 31) Charalambous, G.; Doxastakis, G.; "Food Emulsifiers", Chemistry & Technology, Functional Properties and Applications"; Ed. Elsevier; U.S.A.; 1989.
- 32) Whistler, R. L.; "Exudate Gums"; "Industrial Gums Polysaccharides and their Derivatives"; 3ª. Edición ; (Whistler R.L. BeMiller N. Ed.); Academic Press, Inc.; U.S.A.; Capítulo 12; 1993.
- 33) Glicksman, M.; "Gum Tragacanth"; Food Hydrocolloids Vol. II; (Glicksman M. Ed.) CRC Press, Inc.; Capítulo 4; Florida, 1983.
- 34) Belitz, H. D.; Grosch, W.; "Química de los Alimentos"; Ed. Alhambra-Mexicana, 2ª. Edición; México, 1990.
- 35) Glicksman, M.; "Gum Karaya (Sterculia Gum)"; Food Hydrocolloids Vol. II; (Glicksman M.)CRC Press, inc.; Capítulo 3; Florida, 1983.

- 36) Davidson, R.; "Handbook of Water-Soluble Gums and Resins"; Ed. McGraw-Hill Book, Co.; U.S.A.; 1980.
- 37) "Code of Federal Regulations"; Title 21 Food and Drugs; Office of the Federal Register National Archives and Records Administration; Washington D.C., U.S.A.; 1991
- 38) García, O.; "La Goma Karaya y su uso en Alimentos"; Industria Alimentaria; Vol. 9; N 5; Página 3 +; Nov.-Dic., 1987.
- 39) Del Valle, F.; "Utilización de la vaina del Mezquite (Prosopis spp) en Productos para la Alimentación Humana"; Tecnología de Alimentos; Vol. 22; N.5; Págs. 5-7; Sept.-Oct.; México, 1987.
- 40) Martínez, M.; "Las plantas más útiles que existen en la República Mexicana"; Talleres Linotipográficos de H. Barrales Sucre. México; Páginas 286-289; México, 1928.
- 41) Gómez, L. F.; Signoret, P. J.; Abuín, M.; "Mezquites y Huizaches"; Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables A. C.; Págs. 84-88; México, 1970.
- 42) INIREB; Instituto de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos; "El Mezquite"; Comunicado No. 6 sobre recursos bióticos potenciales del país; Págs. 1-5; México, 1976.
- 43) Aspinall, G. O.; & C.C.P. Whitehead; "Mesquite Gum"; The 4-o-methylglucuronogalactan core; Can J.; Chem; Págs. 48, 3840-3849.
- 44) Anderson, D. M. W. & W., Weiping; "The characterization of proteinaceous Prosopis (mesquite) gums wich are not permitted food additives"; Food Hydrocolloids; Vol. 3; N.3; Págs. 235-242; 1989.
- 45) Romero, A.; "Evaluación de la mutagenicidad de la Goma de Mezquite por el Método de Ames"; Tesis de Licenciatura; UNAM; Facultad de Química; México, D. F.; 1997.
- 46) Vernon, J.; & P., Sherman; "Rheological Properties and Stability of O/W Emulsions containing Mesquite Gum"; J. Texture Studies; Vol. 11; N.4; Págs. 351-365; 1980.
- 47) Vernon, J. & P., Sherman; "Rheological Properties and Applications of Mesquite Tree (Prosopis juliflora) Gum; 4"; Rheological Properties of Mesquite Gum Films at the O/W Interface; J. Disp. Scie. & Tech.; Vol. 2; N.4; Págs. 399-413; 1981.
- 48) Vernon, J.; Guzmán, R. & E. E., González; "A Comparative Rheological Study Between Arabic and Mesquite Gums as Emulsifying and Microencapsulation Agents"; IX Intl.Ccncggressc on Rheology; Págs. 101-108; México, 1984.
- 49) Herald, C. T.; "Guar Gum"; Food Hydrocolloids; Vol. 3; (Glicksman M. ed.); CRC Press, Inc.; Capítulo 6; Florida, 1983.

- 50) Maier, H.; Anderson, M.; "Guar, Locust Bean, Tara and Fenugreek Gums"; "Industrial Gums Polysaccharides and their Derivatives"; 3ª. Edición; (Whistler R.L., BeMiller N.); Academic Press, Inc.; Capítulo 8; U.S.A.; 1993.
- 51) Calixto, F. S.; "Components of Nutritional Interest in Carob Pods (Ceratonia siliqua)"; Journal of Science Food Agriculture; Vol. 33, N.12; Págs. 1319-1323; Diciembre, 1982.
- 52) "La goma de semilla de Algarrobo y su uso en Alimentos"; Alimentarios y Técnicos, S.A. de C.V.; Industria Alimentaria; Vol. 9, No. 4; Págs. 4-8; Jul.-Ago., 1987.
- 53) Morris, C. E.; "Gums, Starches gel, New Product Ideas"; Food Engineering; Vol. 58, No. 8; Págs. 110-113; Agosto, 1986.
- 54) "Guar Gum"; Product Data Aqualon Co.; No. 4021; U.S.A.; Págs. 1-8.
- 55) "The Guar Gum People"; Indian Gum Industries Limited; India, 1990.
- 56) Morton, J. F. ; "The Tamarind (Tamarindus indica L.) its Food, Medicinal and Industrial Uses"; Florida State Horticultural Society, 1957.
- 57) Gaytán, O.; "Obtención de un Extracto y secado por Aspersión de Tamarindo Natural, su aplicación en diversos Productos Alimenticios"; Tesis de Licenciatura, UNAM, Facultad de Química; México, D. F; 1981.
- 58) Phillips, G. O.; Williams, P. A. & Wedlock, D. J.; "Gums and Stabilizers for the food Industry 6"; IRL Press at Oxford University Press; Oxford, 1992.
- 59) Savur, G. Roo; "Utilization of Tamarind Seed "Pectin" in Textile Industries"; The Indian Textile Journal; Abril, 1955.
- 60) Savur, G. Roo; "Tamarind "Pectin" Industry of India"; Chemistry and Industry; Abril 7, 1456.
- 61) Jensen, A.; "Present and Future needs for algae and algal Products"; Hidrobiología; 260/261; Págs. 15-23.
- 62) Neto, M. J.; "Boletín Semanal"; Dirección General de Servicio a la Industria; Vol. 3; Págs. 133-160; Marzo 13; Lisboa, Portugal; 1968
- 63) "Comercial Products"; Heinz A. Hoppe Toho U. Sheir; Págs. 296-298.
- 64) Guzmán Del Próo; S.A.; "La cosecha de algas comerciales en Baja California"; INP SD: 6, 1974.
- 65) Sime, W. J.; "Alginates"; Food Gels; Editado por Harris P.; Ed. Elsevier Applied Science; Págs. 53-57; London, 1992.
- 66) Onsoyen, E.; "Alginates"; Thickening and Gelling Agents; Editado por Imeson A.; Ed. Chapman Hall; Págs. 1-24; U.S.A.; 1992.

- 67) FAO; "Compendium of Food Additive Specifications"; FAO Food and Nutrition paper 52; addendum 2; Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives; 41 st. Session; Págs. 5-6, 19-20, 63-64, 87-88, 113-114, 135-138; Geneva 9-18, Rome; Febrero, 1993.
- 68) Stanley, N. F.; "Carrageenans"; Food Gels; Editado por Harris P.; Ed. Elsevier Applied Science; Págs. 79-117; London, 1992.
- 69) Aguilera, L. E.; "Los Alginatos: Aplicación en la Industria Alimentaria y sus Perspectivas en México"; Tesis de Licenciatura; UNAM; Facultad de Química; México, D.F.; 1992.
- 70) Glicksman, M.; "Red Seaweed Extracts (Agar, Carrageenan, Furcellaran)"; Food Hydrocolloids Vol. II; (Glicksman M.); CRC Press, Inc. Capítulo 5; Florida, 1983.
- 71) Therkelsen, G. H.; "Carrageenan"; Industrial Gums; Polysaccharides and their Derivatives; editado por Whistler R.L. and Bemiller J. N. ; Ed. Academic Press; Págs. 146-176; U.S.A.; 1993.
- 72) Lecallier, Ph.; "Épaississants gélifiants et stabilisants pour l'industrie Alimentaire"; Informations Chimie; No. 265; Págs. 159-162; Octubre, 1985.
- 73) Marrs, W. M.; Kilcast, D. & Fry, J. C.; "Electrophoretic separation of Carrageenans"; Gums and Stabilizers for the Food Industry 2; Editado por Phillips G. O., Williams P. A., Wedlock D. J.; Ed. Pergamon Press; London, 1984.
- 74) Badui, S.; "Propiedades y usos de la Carragenina"; Tecnología de Alimentos; Vol. 22, No. 2; Págs. 18-24; México, D. F.; Marzo-Abril, 1987.
- 75) Picullel, L.; "Gelling Carrageenans"; "food Polysaccharides and their Applications"; (Stephen A. M. ed.); Marcel Dekker, Inc.; U.S.A.; Capítulo 8; 1995.
- 76) Schwarts, H. J.; S. Leskowitz; "The Effects of Carrageenan on Delayed Hypersensitivity Reactions"; J. Immunol.; 103, 87; 1969.
- 77) Fox, J. B.; "Effect of Anionic Gums on the Texture of Pickled Frankfurters"; J. Food Sci.; 48, 1031; 1983.
- 78) Rey, D. K.; T. P. Labuza; "Characterization of the effect of solutes on the Water-binding and gel strength Properties of Carrageenan"; J. Food Sci.; 46, 786; 1981.
- 79) Carrillo, F.; "Almidones Modificados"; Tesis de Licenciatura; UNAM; Facultad de Química' México, D.F.; 1994.
- 80) Patil, S.; "Propiedades de los Almidones y Maltodextrinas"; Tecnología de Alimentos; Vol. 30, No. 6; 1995.
- 81) Hotchkins, J. H.; "Food Science"; Fifth Edition; Norman, N. Potter; Chapman and Hall.

- 82) Cura, K.; "Cereal grains: a study of their a-1,4 a-1,6 glucopolysaccharide composition"; *Starch/Starke*; Vol. 42, No. 5; 1990.
- 83) O'Dell, I.; "Modified Starch aids Processing"; *Food Manufacture*; Vol. 51, No. 4; 1976
- 84) Hood, L. "Current Concepts of starch Structure"; *Food Carbohydrates*; AVI Publishing; U.S.A., 1982.
- 85) Vorwerg, "Process for Production of Amylose and Amylopectine"; German Democratic Republic Patent.
- 86) Greenwood, C.; "Observations on the structure of the starch Granule"; En *Polysaccharides in Food*; Blanshard J., Butterworths; J. B.; 1979.
- 87) Vega, Ma. De L.; "Obtención de Maltodextrinas por Hidrólisis Enzimática";
- 88) Fuller, K. W.; "Plant Products and the new Technology"; Oxford Clarendon Press , Págs. 103-105; 1985.
- 89) Blanshard, J.; "Physicochemical aspects of Starch Gelatinization"; En *Polysaccharides in Food*; Butterworths, G. B.; 1979.
- 90) Castaneda, A.; "Extracción de pectina a partir del bagazo de Manzana"; Tesis de Licenciatura; UNAM; Facultad de Química; México, D. F.; 1981.
- 91) Quemener, B.; "Determination of inulin and Oligofructose in Food Products, and Integration in the AOAC Method for Measurement of Total Dietary Fibre"; Official Publication of the Int. Union of food Science and Tech.; *Food Science & Technology; Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie; International Journal for Food Chemistry, Biochemistry, Microbiology, Technology, Engineering and Nutrition*; Academic Press; Vol. 27, London, Sn. Diego & New York; 1994
- 92) Studies on fructosans; "Inulin from Dahlia Tubers"; *J. Chem. Soc.*; 1297-1302; 1950.
- 93) Blanco, S. G.; "Obtención de Fructosa a partir de la hidrólisis de Inulina de agave por diversos Métodos"; Tesis de Licenciatura; UNAM; Facultad de Química; México, D. F.; 1979.
- 94) Bel, I. D. J. And Palmer; "Estructural studies of Inulin from Inula Helenium and on Levans from Dactylis glomerata and Lolium italicum"; *J. Chem. Soc.*; 1952.
- 95) Dueñas, M. R.; "Monografía de Cola y Grenetina"; Tesis de Licenciatura; UNAM; Facultad de Química; México, D. F.; 1968.
- 96) Bullens, Ch.; Krawczyk, G.; and Geithman, L.; "Reduced Fat Cheese products using Carrageenan and Microcrystalline Cellulose"; *Food Technology*; U.S.A.; Enero, 1994.

- 97) Ashford, N. A.; D. Hsttis and A. E. Murray; "Industrial Prospects for Chitin and Protein from Shellfish Wastes"; MIT; Sea Grant Program, Mass, Inc.; Technol. Rep. MITSG.; 1977.
- 98) Shimara, K.; "Screening of Mucoraceae strains suitable for Chitosan Production"; En Skjak-Braek, et al.; Págs. 171-179; 1989.
- 99) Capozza, U. S.; Patent 3.911,098; Assigned to American Cyanamid Co.
- 100) Brine, C. J. & P. R. Austin; "Renatured Chitin Fibrils, Films and Filaments"; AM. Chem. Soc. Symposium Series 18; Marine Chemistry in the coastal Environment; 1975.
- 101) Navarro, G. J.; "Obtención de Renina y Quitosano a partir de un aditivo mixto de Rhizomocur miehei y Mucor rouxii"; Tesis de Maestría; UNAM; Facultad de Química; México, D.F.; 1991.
- 102) Muzzarelli, R. A. A.; "Natural Chelating Polymers. Alginic Acid, Chitin and Chitosan"; Pergamom Press; Oxford, 1973.
- 103) Muzzarelli, R. A. A.; "Chitin an important natural Polymer"; Pergamom Press; Oxford, 1977.
- 104) Muzzarelli, R. A. A.; "Modified Chitosan on their Chromatographic Performance"; Pergamom Press; New York, 1973.
- 105) Hayes, E. R. And D. H. Davies; "Characterization of Chitosan 1. The moreversible gel"; The proceedings of the first International Conference on Chitin/Chitosan; MITSG. 78-7; Pág. 103; Mayo, 1978.
- 106) Hercules, Inc.; Technical Data Bulletin CMP-101 KYTEX (chitosan); "Cationic Polymers".
- 107) Soto, P.; "Effects of Chitosan Production"; en Skjak-Braek, et al.; Págs. 171-179; 1989.
- 108) Knorr, D.; "Recovery and utilization of Chitin and Chitosan in Food Processing Waste Managment"; Food technology; Vol. 45, No. 1:114; 1991.
- 109) Krajewska; "Urease Immobilized on Chitosan Membrane: preparation and properties"; J. Chem. Tech. Biotechnol.; 48:337; 1990.
- 110) G. G. Allan; Chem. Ind. 127; Excerpted in ref. 9 ; Pág. 151, 1971.
- 111) Monroy, N.; "Obtención de uitosano a partir de Quitina extraída del pleuroncodes planipes (Langostilla)"; Tesis de Licenciatura; UNAM; Facultad de Química; México, D. F.; 1981.
- 112) Sutermeister, E.; Browne, F.; "Casein and its Industrial Applications"; American Chemical Society Monograph Series; Second Edition; Reinhold Publishing Corporation, Págs. 70-105; New York, U.S.A.; 1939.

- 113) "Wheat/milk Proteinate Ingredient is Caseinate Extender"; Food Processing; Vol. 42, No. 6; Pág. 80; Junio, 1981.
- 114) Ellis, R.; Cochrane, M. P.; "Starch Production and Industrial Use"; Journal of the Science of Food and Agriculture; vol. 77, No. 3; Sci John Wiley & Sons LTD; Julio, 1998.
- 115) Vega, N.; "Obtención de Maltodextrinas por Hidrólisis Enzimática"; Tesis de Licenciatura; Universidad La Salle; México, D. F.; 1992.
- 116) Dura, P.; "El uso de derivados de Celulosa como aditivos en la industria Alimentaria"; Tesis de Licenciatura; UNAM; Facultad de Química; México, D. F.; 1986.
- 117) Keeney, P.; "Commercial Ice Cream and other Frozen Desserts"; The Pennsylvania State University; 1968.
- 118) Klug, E. D.; "Cellulose Derivates"; in Kirk-Othmer Encyclopedia of Polymer Science and Technology; Vol. 3; Interscience; New York; 1965.
- 119) Union Carbide Co.; "Cellosize (Hidroxietil Celulosa)"; 1972.
- 120) Finch, C. A.; "Chemistry and Technology of Water Soluble Polymers"; Ed. Plenum; New York, 1983.
- 121) "Cellogen, Sodium Carboxymethylcellulose"; DKS International, Inc.; Págs. 1-12; Tokio.
- 122) Feddersen, R. L.; Thorp S. N.; "Sodium Carboxymethylcellulose"; Industrial Gums Polysaccharides and their Derivatives" 3ª. Edición; (Whistler R. L. BeMiller N. Ed.); Academic Press, Inc.; Capítulo 20; U.S.A.; 1993.
- 123) Keller, J. D.; "Sodium Carboxymethylcellulose (CMC)"; "Food Hydrocolloids Vol. III; (Glicksman M.); CRC Press, Inc.; Capítulo 2; Florida, 1983.
- 124) Coffey, D. G.; "Cellulose and Cellulose Derivatives"; Food Polysaccharides and their applications"; (Stephen A. M. ed.); Marcel Dekker, Inc.; Capítulo 5; U.S.A., 1995.
- 125) Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Cellulose Ethers; Vol. 3; Interacience; New York; 1965.
- 126) FMC Co. Ac. Di. Sol; "Modified Cellulose Gum"; B. No. SD-1 and SD-5; 1983.
- 127) "Satiaxane Food Grade Xanthan Gum"; Technical Assistance; Sanofi; Francia.
- 128) Kang, K .S.; Pettitt D. J.; "Xanthan, Gellan, Welan and Rhamsan"; "Industrial Gums Polysaccharides and their Derivatives"; 3ª. Edición; (Whistler R L., BeMiller N.); Academic Press, Inc.; Capítulo 13; U.S.A., 1993.

- 129) Hennock, M.; "Effect of Xanthan Gum Upon the Rheology and Stability of Oil-Water Emulsions" Journal of Food Science; Vol. 49, No. 5; Págs. 1271-1274; Sept.-Oct., 1984.
- 130) "Salsa Picante con Kelrol"; Boletín Técnico; Kelco Division of Merck & Co., Inc.
- 131) Winston, P. E.; "Gellan Gum sizing U.S. Patent 5112455"; "Gellan Gum Multi-Functional Polysaccharide for gelling and Texturizing"; Kelco Co.; 1992.
- 132) Morris, E. R.; "Mixed Polymer Gels"; "Food Gels"; (Harris P. Ed.); Elsevier Applied Science Publishers LTD.; Great Britain; 1990.
- 133) Aragón, M. E. y Villa, I.; "Prácticas de Laboratorio de Análisis de Alimentos"; Departamento de Alimentos y Biotecnología, UNAM, Facultad de Química, México, D. F.; 1994.
- 134) "Producción y Caracterización de Glucosiltransferasas de Leusconostoc mesenterooides"; Tesis de Maestría; UNAM; Facultad de Química; México, D.F.
- 135) Mark, H.; Bikales, N. y Overberger, G. Editores; "Dextran encyclopedia of polymer science and Engineering"; John Wiley & Sons, Inc.; 2ª. Edición; Vol. 4; Pág. 752; New York; U.S.A.; 1986.
- 136) Gálvez, A.; "Dextranas y dextranasas"; Tecnología de Alimentos; 26, 6, 5; México; 1991.
- 137) Martínez, J. P.; "Desarrollo de un proceso para la producción industrial de dextranas"; Tesis de Licenciatura; UNAM; Facultad de Química; México, D. F.; 1985.
- 138) Severiano, P.; "Dextranas: extracción e identificación a partir de mieles incristalizables"; Tesis de Licenciatura; UNAM; Facultad de Química; México, D. F.; 1997.
- 139) Owen, L.; "The Microbiology of sugar, syrups and molasses"; Barr-Owen Research Enterprises; Louisiana, FL. U.S.A., 1984.
- 140) Birch, G.; "Sugar: Science and Technology"; Applied Science Publishers Ltd.; London, England; 1978.
- 141) GEPLACEA/PNUD; "Manual de los Derivados de la cana de Azúcar"; Colección GEPLACEA/PNUD; Serie Diversificación; 2ª. Edición; México, D. F.; 1990.
- 142) AOAC; "Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist"; 14ª. Edición; Washington, D. C.; U.S.A. 1984.
- 143) Martínez, J. P.; "Desarrollo de un Proceso Para la Producción Industrial de Dextranas"; Tesis de Licenciatura; UNAM; Facultad de Química; México, D. F.; 1985.
- 144) Milner, J. A.; "Diet and carcinogenesis"; in: J. W. Finley, S. F. Robinson & D. J. Armstrong; Food Safety Assessment ACS Symposium Series 484, American Chemical Society; Págs. 297-301; Washington, D. C.; 1992.

- 145) Anónimo; "Evaluation of Certain Food Additives 25th"; Report of the Joint FAO/WHO; Expert Committee of Food Additives; Who Technical Report Series # 669; 1981.
- 146) "Food additives"; Food and Drug Administration; Food Educational Foundation; 1996.
- 147) Madrid, A.; "Los aditivos en los Alimentos"; Ed. A. Madrid Vicente ediciones y Mundiprensa Libros, España, 1992.
- 148) Madrid, A.; "Manual de Industrias Alimentarias"; A. Madrid Vicente Ediciones; 3ª. Edición; Madrid, España; 1989.
- 149) Taylor, R. J.; "Food Additives"; Ed. John Wiley & Sons; Washington, D. C.; Págs. 88-96; 1980.
- 150) Pauli, G. H.; "Food Ingredient Safety Evaluation"; in: J. W. Finley, S. F. Robinson & D. J. Armstrong; Food Safety Assessment; ACS Symposium Series 484, American Chemical Society; Págs. 140-148; Washington, D. C.; 1992.
- 151) Coulston, F.; "Regulatory Aspects of Carcinogenesis and Food Additives"; The Delaney Clause; Ecotoxicology and Environmental Quality Series; Academic Press, Págs. 3-15; New York; 1979
- 152) "Food Chemical Codex"; Ed. National Academic Press; Washington, D. C.; U.S.A.; 1981.
- 153) JECFA; "Compendium of Food Additive Specifications"; Vol. I y II; Joint FAO/WHO expert Committee on Food Additives; Rome; 1992.
- 154) "Allures's, Flavors & fragrance Materials"; Allures's Publishing Co.; Illinois, U.S.A.; 1996.
- 155) Anónimo; "Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario De Actividades Establecimientos, Productos y Servicios"; Diario Oficial de la Federación; Enero 18; México, D. F.; 1999.