

20  
28



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**Facultad de Química**

**"El Uso de Derivados de Celulosa como Aditivos  
en la Industria Alimentaria"**

**Informe de la Práctica Profesional  
que para obtener el Título de  
Químico Farmacéutico Biólogo**

**P R E S E N T A**

**José Antonio Gerardo Durá Pedrós**



**México, D. F.**

**1986**



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 está 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.

## I N D I C E

	<u>Página</u>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVO</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO I. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS</b>	
<b>1.- CLASIFICACION Y ASPECTOS GENERALES DE LOS DERIVADOS DE CELULOSA.</b>	<b>4</b>
1.1 Derivados de Celulosa en Alimentos.	6
1.2 Eteres de Celulosa.	8
<b>2.- DERIVADOS DE CELULOSA EN ALIMENTOS.</b>	<b>20</b>
2.1 Proceso de Fabricación.	22
2.2 Especificaciones.	31
2.3 Comportamiento Reológico.	42
2.4 Determinaciones Analíticas de Mayor Relevancia Usadas en el Control de CMC, HPMC y MC.	48
2.5 Legislación Sanitaria.	53

3.- APLICACIONES DE HPMC, MC, CMC EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.	56
4.- ETERES CELULOSICOS CON CARACTERISTICAS ESPECIALES Y SU APLICACION EN ALIMENTOS.	64
5.- COMPATIBILIDAD DE HPMC, MC Y CMC ENTRE SI Y CON OTRAS GOMAS DE INTERES EN ALIMENTOS.	68
6.- PRINCIPALES FABRICANTES DE CMC, MC Y HPMC Y SUS MARCAS COMERCIALES.	89
CAPITULO II. EXPERIENCIAS EN LA APLICACION DE DERIVADOS CELULOSICOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.	93
CONCLUSIONES	122
BIBLIOGRAFIA	125
ANEXO 1	128

## LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro Número</u>		<u>Página</u>
1	Campos de Aplicación de los distintos Eteres de Celulosa.	17
2	Eteres de Celulosa - Funciones Principales por Area de Mercado.	18
3	Especificaciones Típicas de CMC, HPMC y MC.	33
4	Principales Aplicaciones de CMC, MC, HPMC, en la Industria Alimentaria.	63
5	Tabla Genérica Comparativa entre Características de Derivados Celulósicos y Algunas Gomas Naturales.	75
6	Principales Fabricantes de CMC, MC, HPMC, y sus Marcas Comerciales.	91 y 92

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u> <u>Número</u>		<u>Página</u>
1	Propiedades de los Derivados Celulósicos y su importancia en el mercado.	19
2	Molécula de Celulosa.	23
3	Estructura de la CMC, G.S. 1.0	28
4	Estructura de la MC.	29
5	Estructura de HPMC.	31
6	Efecto de la Concentración en la temperatura de gelación de soluciones de HPMC y MC.	36
7	Efecto de la temperatura sobre la viscosidad.	37
8	Efecto del pH sobre la viscosidad.	38
9	Efecto de la concentración en la viscosidad.	46
10	Efecto de Corte (SHEAR RATE) sobre las viscosidades de líquidos.	47
11	Gráfica para mezclas de Metil Celulosa con viscosidades diferentes.	71

## INTRODUCCION

El desarrollo en la industria de los alimentos, ha involucrado también el desarrollo de productos que actualmente tienen un papel y justificación tecnológica de importancia; Los aditivos. Los aditivos son definidos como: "sustancia o mezcla de sustancias que no son un producto alimenticio básico, y que están presentes en un alimento como resultado de cualquier aspecto de la producción, procesado, manejo, almacenamiento o empaçado".\*

Los derivados celulósicos, son aditivos que entran en la clasificación de gomas, productos hidrocoloides, con propiedades gelificantes y espesantes, y que la industria Alimentaria utiliza aprovechando sus propiedades reológicas. 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

\* Desrosier N. Conservación de Alimentos, Cia. Editorial Continental, 6a. impresión 1976, Cap. 9, pag. 332.

sabor del alimento que los contiene. Los derivados celulósicos son gomas semisintéticas, es decir se derivan de un producto natural como es la celulosa, y son modificados químicamente para exaltar sus propiedades y características.

El presente trabajo versara precisamente sobre estos derivados celulósicos, en el cual se tratará de dar un panorama de las características y propiedades de estas gomas, así como algunas experiencias personales que por el desempeño de la actividad profesional se ha tenido oportunidad de obtener.



## OBJETIVO

La elaboración de este trabajo tiene como objetivo, reunir de una manera general la información que existe sobre la aplicación de los derivados celulósicos como aditivos en alimentos y transmitir algunas experiencias personales en el uso de éstas gomas, esperando que los datos, tablas, consideraciones y experiencias prácticas, puedan contribuir en el conocimiento de éstos productos hidrocoloides, que conservan un sitio importante dentro de los aditivos alimentarios y por lo tanto en la tecnología de los Alimentos.

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS.

#### 1.- CLASIFICACION Y ASPECTOS GENERALES DE LOS DERIVADOS DE CELULOSA.

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 solventes. Sin embargo, mediante reacciones químicas que se mencionarán mas adelante, se pueden producir derivados celulósicos, que cambian las propiedades de la celulosa e incrementan su utilidad; estos productos fueron los primeros polímeros termoplásticos de importancia fabricados comercialmente. Pueden ser clasificados como sigue: (6), (27).

#### I. Esteres de Celulosa.

##### 1) Inorgánicos

a) Nitrato

b) Sulfato

2) Orgánicos

- a) Acetato
- b) Propinato
- c) Acetato Propionato
- d) Acetato Butirato

II. Eteres de Celulosa.

1) Organosolubles y termoplásticos

- a) Etil celulosa
- b) Etil hidroxietil celulosa
- c) Cianoeetil celulosa

2) Solubles en agua.

- a) Carboximetil celulosa de sodio
- b) Carboximetil hidroxietil celulosa de sodio.
- c) Hidroxietil celulosa
- d) Metil celulosa
- e) Hidroxipropil metil celulosa
- f) Etil hidroxietil celulosa
- g) Hidroxipropil celulosa
- h) Varios

## 1.1 Esteres de Celulosa (16), (27)

### Esteres Inorgánicos.

Nitrato de Celulosa.- También llamado nitrocelulosa, es un éster de celulosa, en la cual los grupos hidroxilo de la cadena de celulosa, han sido reemplazados por el radical  $-\text{ONO}_2$ . Físicamente es un sólido, blanco fibroso, altamente inflamable. La nitrocelulosa es el único éster de celulosa de un ácido inorgánico, disponible en el mercado y es importante históricamente pues fue el primer derivado de celulosa producido. Su uso en grandes volúmenes comenzó a raíz de la Primera Guerra Mundial. Sus principales usos son como materia prima en la producción de explosivos, en laqueado y terminado de pintura en la industria automotriz, como protector de humedad en celofán, y en áreas donde su uso es mas limitado pero no menos importante como propelentes, plásticos, suela de zapatos, fotografía y piel artificial.

Sulfato de Celulosa.- Este derivado es obtenido por la reacción de celulosa con ácido clorosulfónico, en presencia de piridina, sus propiedades en solución son muy similares a las de la carboximetil celulosa de sodio. Este producto no esta disponible comercialmente.

### Esteres Orgánicos.

Acetato de Celulosa.- Es el éster celulósico orgánico más importante. Es un producto sólido, blanco, sin olor ni sabor y no tóxico. Es producido mediante celulosa en presencia de anhídrido acético, ácido acético y ácido sulfúrico, en una reacción fuertemente exotérmica. Su importancia en la industria se inició al sustituir a la nitrocelulosa en aplicaciones como recubrimiento de portaaviones, de gran importancia en la Primera Guerra Mundial, y por ser menos inflamable, también sustituyó a la nitrocelulosa en la fabricación de películas fotográficas. El acetato de celulosa fue el primer material termoplástico usado para inyección de moldes. Actualmente su principal aplicación es en textiles, filtros de cigarro, cintas reproductoras y aún en el moldeo de plásticos.

El acetato propionato de celulosa y el acetato butirato de celulosa, no tienen gran interés comercial, ya que los ésteres de estos ácidos grasos son mucho más difícil de preparar que el acetato de celulosa y sus propiedades dejan mucho que desear comparados con éste último. Sin embargo encuentran aplicación en plásticos y lacas.

## 1.2 Eteres de Celulosa (6), (14), (27)

### Eteres Organosolubles y Termoplásticos.

Etil Celulosa.- Compuesto granular, blanco, sin olor ni sabor y no tóxico. Para su producción, álcali celulosa es tratada con cloruro de etilo, obteniéndose el éter correspondiente con grados de sustitución de 2.2 a 2.5. La etil celulosa es un producto compatible con un gran número de resinas y plastificantes. Por su alta resistencia al impacto es utilizada en la laca protectora para pinos de boliche; Sus usos de importancia se localizan en la industria de pinturas, acabados de papel, acabados de madera y barnices entre otros. Actualmente es el mejor éter celulósico, insoluble en agua y soluble en solventes orgánicos producido comercialmente por compañías como Dow Chemical y Hercules Powder Company.

Etil Hidroxietyl Celulosa.- Producido mediante una modificación de etil celulosa por la incorporación de grupos 2-Hidroxietyl. Este éter celulósico es soluble en solventes alifáticos, a diferencia de la etil celulosa que es más compatible con compuestos aromáticos. Es un producto que puede obtenerse granular o en polvo. Sus propiedades como agente dispersante,

coloide protector, retenedor de agua, ligante y espesante son aprovechadas para aplicaciones en papel tapiz, materiales de construcción, tabaco y cerámica entre otras.

**Cyanoetil Celulosa.**- Mediante el 2-cyanoetil, obtenido por la reacción de acrilonitrilo con alcoholes y en presencia de NAOH, se lleva a cabo una cyanoetilación de la molécula de celulosa produciéndose la cyanoetil celulosa. Este compuesto tiene características especiales por su constante dieléctrica y que hace pueda ser utilizado con éxito en la formación de la resina para lámparas electroluminiscentes. Este compuesto es soluble satisfactoriamente en solventes como acetona, acrilonitrilo, piridina y dimetilformamida.

Eteres de Celulosa Solubles en Agua. (6), (14), (23), (27), (35)

**Carboximetil Celulosa de Sodio.**- Aunque este producto será objeto de una revisión mas completa por su importancia en alimentos, se adelantarán algunos conceptos. Es un compuesto blanco, sin olor y sabor, obtenido por la reacción de álcali celulosa con un eterificante que generalmente es el monocloroacetato de

sodio. Como un polielectrolito con alto peso molecular, la CMC es utilizada 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, pinturas y otros usos diversos, ya que nuevos desarrollos amplían cada día estas aplicaciones.

Carboximetil Hidroxietil Celulosa de Sodio.- Una de las limitantes principales de la CMC, es su precipitación en presencia de sales inorgánicas en solución, sobre todo aquellas con las que no es compatible como aluminio y fierro. Este comportamiento iónico que es indeseable para algunas aplicaciones, puede ser eliminado en gran medida, sustituyendo parte de los grupos carboximetilos de la CMC por grupos hidroxietilo, obteniéndose la CMHEC que conserva propiedades de la CMC pero es menos sensible a la precipitación por la presencia de sales o medios ácidos, sobre todo aquel producto cuyo contenido de grupos carboximetilo es menor. Este derivado se usa en pulido de metales y detergentes líquidos entre los más importantes.



Hidroxietil Celulosa.- Este hidroxialquil derivado, es un polvo blanco, sin olor ni sabor. Disponible comercialmente en dos tipos; uno insoluble en agua y soluble en soluciones de NAOH al 7% y otro totalmente soluble en agua, el cual tiene mayor importancia industrialmente. Alkali celulosa reaccionando con óxido de etileno en presencia de acetona o alcohol isopropílico para evitar la solubilización del producto, nos origina la Hidroxietil Celulosa. La HEC es un producto no iónico soluble en agua, y sus propiedades difieren de otros derivados no iónicos por ser soluble tanto en agua fría como caliente y ser más resistente a la precipitación aún en presencia de sales inorgánicas en solución. Sus propiedades espesantes encuentran aplicación en cosméticos y pinturas, su propiedad de formar una película insoluble en agua caliente o fría es empleada como membrana protectora en empaques y producción de papel. Otros usos se localizan en detergentes, tintas, cerámica y retardantes de cemento, acabado de pieles, adhesivos, etc.

Metil Celulosa.- Este derivado es de importancia en Alimentos, por lo que tendrá un tratamiento aparte en el presente trabajo. Se trata de un polvo blanco, sin

olor ni sabor como los otros derivados. La Metil Celulosa con un G.S. (grado de sustitución) de 1.6-2.0 es la más comercial de su tipo. Sus usos estan basados en su solubilidad en agua fria, su compatibilidad en soluciones con metales pesados, su resistencia al pH, su actividad superficial, su poder espesante y por formación de gel al calentamiento o adición de sales. Este material se prepara generalmente a partir de álcali celulosa, de línteres de algodón o madera sometida a una eterificación con cloruro de metilo. En curtiduría, cerámica, farmacia, construcción, resinas y cosmeticos tiene importante participación.

Hidroxipropil Metil Celulosa.- Al igual que la CMC y MC, este éter de celulosa, tiene un lugar importante como aditivo en alimentos, y lo revisaremos mas adelante. Sin embargo podemos anticipar que este hidroxialquil metil celulosa es un sólido blanco, que fue fabricado por primera vez en Estados Unidos y posteriormente en Gran Bretaña, Japón, la Unión Soviética y México entre otros. En este caso el agente eterificante es óxido de propileno. Este producto desarrolla más tolerancia a las sales y es más termoplástico que la Metil Celulosa, así mismo es más soluble en solventes orgánicos, por la presencia de sus

grupos hidroxipropilo. Al igual que la MC forma gel al someterse a temperaturas de 80 a 90°C como rango promedio. Por sus propiedades de emulsificante, espesante y coloide protector entre otros se aplica en la producción de materiales refractarios, papel, adhesivos, pinturas, medicamentos y alimentos.

Etil Hidroxietil Celulosa.- Se puede decir que es una etil celulosa mejorada por la introducción de grupos hidroxietil, ya que éstos incrementan la solubilidad en agua y aumenta la temperatura de gelación. Con una sustitución elevada en la celulosa de estos grupos, se obtienen derivados solubles a más altas temperaturas y como otros derivados solubles en agua no iónicos son resistentes a la precipitación en soluciones con pequeñas cantidades de metales pesados y a medios ácidos. La EHEC se produce tratando el álcali celulosa con una mezcla de cloruro de etilo y óxido de etileno. Por la alta reactividad del óxido de etileno, se completa mas rápidamente la hidroxietilación que la etilación. Algunas de sus aplicaciones se localizan en la emulsión de pinturas como espesante, adhesivo de papel tapiz y como aglutinante de fundentes.

Hidroxipropil Celulosa.- Como los demás éteres

celulósicos, es un sólido blanco que comercialmente esta disponible en forma granular. Es del tipo no iónico, por lo que su comportamiento es similar a los de esta familia. El grupo hidroxipropil lo hace ser soluble en agua y solventes orgánicos. Sus usos están dirigidos a la Industria Farmacéutica, cosméticos, removedores, construcción, adhesivos y polimerización entre otros. Actualmente en el mercado existen productos con baja sustitución de hidroxipropil, que lo hace menos soluble en solventes orgánicos, lo que le imparte propiedades de desintegración que son bien aprovechados en la preparación de tabletas y grageas farmacéuticas.

Varios.- Otros éteres de celulosa solubles en agua, cuyo uso es muy específico y no tan extenso como los anteriores son, metil etil celulosa, hidroxietil metil celulosa, etil metil celulosa, hidroxibutil celulosa, bencil celulosa y fenil celulosa.

De los éteres celulósicos solubles en agua, podemos resumir que el tipo iónico como la CMC es el más hidrofílico y presenta precipitación por la presencia de metales pesados en solución, no forma gel. Los alquil éteres como la metil celulosa, que son no iónicos y cuya afinidad al agua es menor que la de la carboximetil

celulosa, es insoluble incluso en agua caliente, son más resistentes a la precipitación por metales pesados y tienen la capacidad de formar gel al calentamiento. Los hidroxialquil derivados, representados por la hidroxietil celulosa también no iónica, tiene propiedades intermedias entre la CMC y la MC, pues es insoluble en agua caliente o fría y es aún más resistente que la MC a la precipitación por la acción de las sales.

Todos los demás derivados de celulosa solubles en agua son híbridos de la CMC, MC y HEC y presentan cada uno algunas propiedades que los caracterizan. Por ejemplo, la etil hidroxietil celulosa es más soluble en agua caliente que la etil celulosa y tiene una temperatura de gelación más elevada.

Gracias a todas estas características, el empleo de los derivados solubles en agua pueden encontrarse en sectores tan disímiles como: La industria farmacéutica y la elaboración de electrodos para soldadura o en cosméticos y perforación de pozos petroleros.

En la industria farmacéutica se produce una amplia gama de productos que contienen agua, ya sea en el

producto final o como parte del proceso. En estos productos o procesos, se fijan estrictos requisitos, en viscosidad, estabilidad, enlace, suspensión y control de agua. Estos requisitos se pueden cubrir satisfactoriamente con el uso de derivados celulósicos.

En la industria de los electrodos se aprovechan las propiedades de ligante y aglutinante así como retenedor de agua, para obtener un electrodo uniforme y resistente a desquebrajamiento. Para la industria cosmética hay también muchas aplicaciones; shampoos, pasta dental, maquillajes, onduladores, etc. y un uso de gran importancia a nivel mundial que es en los lodos de perforación de pozos petroleros, que son compuestos a base de bentonita y barita con derivados celulósicos y que son empleados en las paredes de los pozos para evitar filtración de agua, ablandamiento y derrumbes. En los cuadros No. 1 y No. 2, se muestra un panorama general de los usos más comunes y las propiedades que son aprovechadas en los éteres de celulosa, y en la figura No. 1 se presentan las propiedades más importantes a nivel mundial.

CUADRO NO. 1

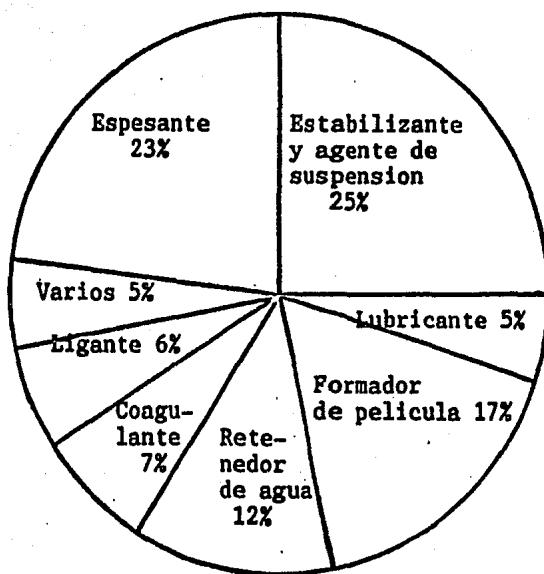
CAMPOS DE APLICACION DE LOS DISTINTOS ETERES DE CELULOSA (6), (14), (27)

	MC	EC	HEC	HPC	CHC	EHEC	HPMC	HMC	HPHC	CMHC
ALIMENTOS	■				■				■	
FARMACIA	■	■	■	■	■	■			■	■
COSMETICOS	■	■	■	■	■	■			■	■
PETROLEO	■		■		■	■			■	
TEXTIL			■		■					
PAPEL		■			■					
PINTURA	■		■		■	■		■	■	
REMOVEDORES	■			■		■	■		■	
CONSTRUCCION	■			■		■			■	
ELECTRODOS					■					
CERAMICA					■					
DETERGENTES					■		■			■
ADHESIVOS	■	■	■	■		■			■	
LITOGRAFIA									■	■
POLIMERACION	■		■	■					■	■
BINDERS			■							
RECUBRIMIENTOS				■	■					
ARTS. DESECHABLES		■		■						
ENCAPSULACION				■						
TINTAS		■		■	■					
LACAS		■			■					
ACAB. DE MADERA		■								
ACAB. DE PAPEL		■								
BARNICES		■								
PLASTICOS		■								
PELICULAS Y FOLLS		■			■					
AISLANTES ELEC.			■		■				■	■
DESMOLDANTES					■					
TABACO					■				■	
TENERIA					■					
LAPICES					■				■	
TRATAMIENTO DE AGUAS					■					
AGRICULTURA									■	
FUNDICION									■	

CUADRO NO. 2 ETERES DE CELULOSA - FUNCIONES PRINCIPALES POR AREA DE MERCADO (6), (14), (27)

AREA DEL MERCADO	P R O P I E D A D							
	ESPELANTE Y GELANTE	ESTABILIZANTE Y AGENTE DE SUSPENSION	FLOCURANTE Y ESTABILIZANTE	CUBRIENTE Y FORMADOR DE PELICULA	ENLAZANTE (AGLUTINANTE) SOLIDO-SOLIDO	HUMECTANTE	PROMOTOR DE COMPLEJOS	MODIFICADOR DEL CRECIMIENTO DE CRISTALES
Cosméticos	"	"						
Perforación petrolera	"	"						
Impresión textil	"						"	
Alimentos	"	"				"		"
Tintas	"	"						
Pinturas	"	"						
Farmacéuticos	"	"			"		"	"
Detergentes		"						
Polimerización		"						
Bebidas			"					
Proc. de minerales			"					
Tratam. de agua			"					
Desmoldantes				"				
Recubrimientos				"				
Textiles				"				
Fotografía				"				
Adhesivos					"			
Agricultura					"			
Cemento					"			
Cerámica					"			
Sprays					"			
Curtiduría						"		
Papel					"			
Tabaco						"		
Pigmentos							"	
Bebidas (re-moción de taninos)								"





**Figura No. 1. Propiedades de los Derivados Celulósicos y su Importancia en el Mercado. (6)**

## 2. DERIVADOS DE CELULOSA EN ALIMENTOS.

•Tres son los derivados de celulosa que encontramos comunmente en la industria alimenticia, Carboximetil Celulosa de Sodio, Metil Celulosa e Hidroxipropil Metil Celulosa. Conforme a la clasificación que se vió anteriormente, estos productos son conocidos como éteres de celulosa solubles en agua ó mas comunmente polímeros solubles en agua. Cada uno de ellos reunen características y propiedades que encuentran una aplicación muy amplia en la industria alimentaria a nivel mundial.

La Carboximetil Celulosa de Sodio, es conocida también como CMC, Glicolato Sódico de Celulosa y en la industria de alimentos como goma de celulosa, que establece su caracter de pureza. Sin embargo, en lo sucesivo haremos referencia a este material como CMC, por cuestiones prácticas. El término Carboximetil Celulosa se usa también en la literatura, refiriéndose específicamente a la Sal 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 acuósons y como adhesivo para papel tapiz. Durante la Segunda Guerra Mundial la CMC se empleó en

Alemania para la fabricación de detergentes sintéticos y 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. La Metil Celulosa y la Hidroxipropil Metil Celulosa, fueron tomando importancia en la Industria, en etapas posteriores a la CMC, pero actualmente, éstos tres derivados forman una importante alternativa en el campo de los aditivos alimenticios. (19), (27)

Es oportuno mencionar que la Hidroxipropil Celulosa y la Metil Etil Celulosa están aprobados por la F.D.A. para el uso en alimentos. Su aplicación en el mercado internacional, no es muy extenso debido a la eficiencia de la CMC, HPMC y MC, y estos serán nuestro punto a tratar en este informe por su importancia en el campo que nos ocupa: Alimentos.

Antes de avocarnos a las aplicaciones en Alimentos, revisaremos algunos aspectos de estos materiales que nos ayudarán a entender de manera más exacta su comportami-

ento, como polímeros solubles en agua.

2.1 Proceso de Fabricación.- La celulosa ( $C_6H_{10}O_5$ ) $_n$ , que se emplea para la obtención de derivados solubles en agua, proviene de linters 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 linters de algodón es la más cristalina.

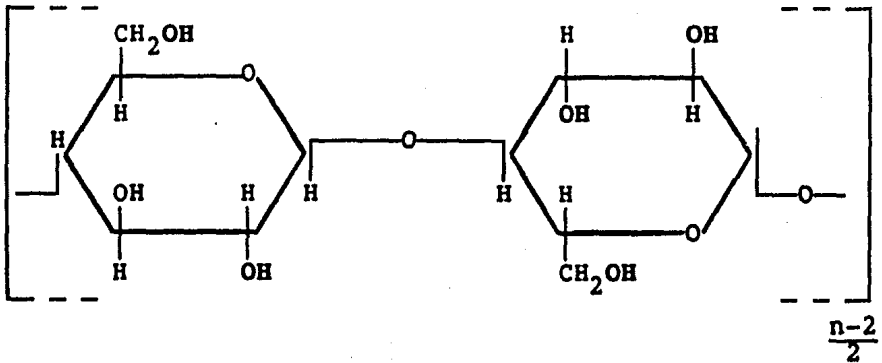


Figura No. 2 Molécula de Celulosa.

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. De aquí que la forma más usual para la eterificación de la celulosa es la álcali celulosa. Los tres grupos hidroxilo de los anillos de anhidroglucosa son los responsables de que la celulosa pueda ser modificada originando sus distintos derivados. (Ver figura No. 2).

Uno de estos tres grupos hidroxilo, el de la posición seis, es primario, los otros dos, en las posiciones 2 y 3 son secundarios. La celulosa presenta dos clases importantes de reacción, la primera es la formación de sus derivados por la reacción de sus grupos hidroxilo y la segunda la degradación de la cadena por rompimiento de sus enlaces de anhidroglucosa. La primera reacción presenta algunas dificultades, pues los grupos hidroxilo no son fácilmente accesibles si su región cristalina no ha sido suficientemente tratada, por ejemplo en la CMC obtenida a través de una celulosa en estas condiciones pueden observarse regiones cristalinas residuales al microscopio que afectan las propiedades de este derivado, por su deficiente sustitución. Otra dificultad puede manifestarse por impedimento esteárico de los grupos hidroxilo de un mismo anillo y aún más si alguno de ellos ya ha sido sustituido.

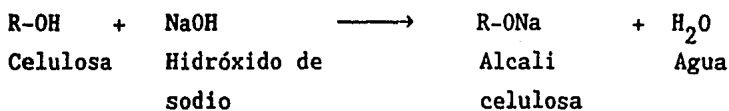
Tenemos entonces que mediante la obtención de álcali celulosa disponemos de un producto con el cual, si la uniformidad de esta es aceptable (o sea que todos los grupos hidroxilo de la celulosa sean igualmente susceptibles a agentes químicos) lograremos producir la generalidad de sus derivados.

Existen varios metodos para preparar álcali celulosa. Uno de los mas usados es partiendo de,  $\alpha$  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  $\alpha$  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.

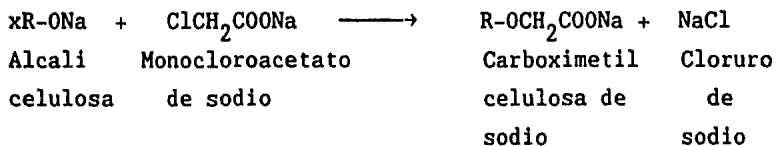
Se ha encontrado de manera empírica que cada éter de celulosa requiere un tipo diferente y específico de álcali celulosa, ya que la distribución uniforme de hidroxido de sodio a través de las cadenas de la celulosa es determinante en la calidad y uniformidad del derivado a producirse.

A partir de la álcali celulosa, se obtienen los derivados que nos interesan; Carboximetil celulosa de sodio, Metil celulosa e Hidroxipropil metil celulosa.

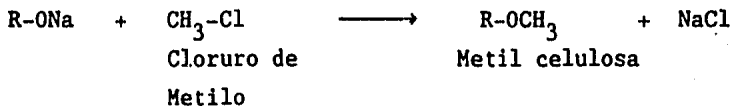
**Reacción No. 1**



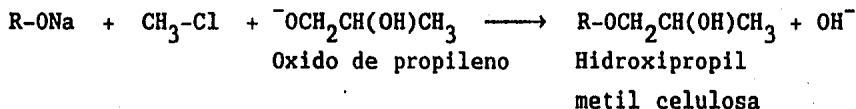
### Reacción No. 2



### Reacción No. 3



### Reacción No. 4



CMC.- Para la obtención de CMC (Reacción No. 2) existen diversos procesos a nivel mundial, pero en forma genérica se emplea ácido monocloroacético como eterificante o en algunos métodos su sal de sodio que es alcalinizada "in situ" es decir en el reactor donde esta presente la álcali celulosa e incluso es aprovechado



este exceso de álcali para mejorar aún más la humectación de la celulosa en medio básico. En el primer caso el eterificante es disuelto en una solución ternaria (licor madre) de Tolueno, Benzeno y Agua. Posteriormente esta solución se agrega al reactor, y se mantiene una temperatura de 57° a 60°C durante una hora. Es importante conservar libre de O<sub>2</sub> el reactor, mediante alimentación de nitrógeno, cuando se quieren obtener productos de altas viscosidades. Al termino de los sesenta minutos se debe bajar la temperatura a 40°C mediante sistema de enfriamiento. Mediante prensa hidráulica se separa la CMC y el dispersante, del cual se recuperan los solventes via destilación. La CMC se somete a purificación mediante soluciones que no la disuelven como mezclas de solventes, repitiendo esta fase hasta obtener la pureza deseada. Nuevamente es pasado a una fase de prensado para recuperar los solventes y eliminar el NaCl subproducido en el proceso. La CMC se seca en secadores rotatorios por 30 minutos a una temperatura de 120-130°C, y después de alcanzar la humedad deseada, se muele para obtener la malla adecuada, quedando lista para ser analizada y empacada.

El grado de sustitución, es decir, el número promedio de los tres hoxidrilos de la molécula de

celulosa que han sido sustituidos en este caso por los grupos carboximetilo, teóricamente es tres, pero en la práctica se obtiene CMC con G.S. generalmente de 0.4 a 1.4, (ver figura No. 3).

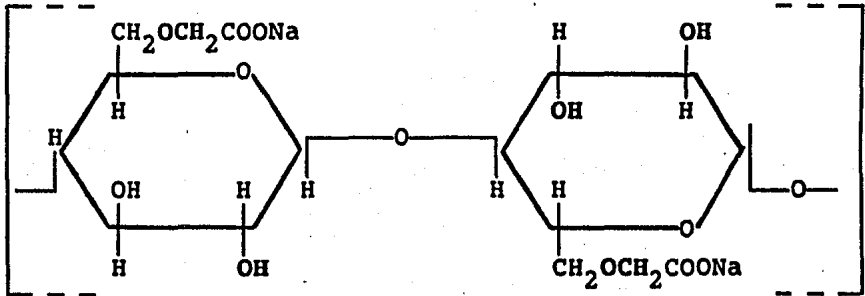


Figura No. 3 Estructura de la CMC, G.S. 1.0

MC.- En el caso de este derivado, el eterificante es cloruro de metilo (Reacción No. 3). La eterificación se lleva a cabo en un reactor, en donde la álcali celulosa se hace reaccionar con el cloruro de metilo y con presión al vacío. La temperatura es elevada a  $70^\circ\text{C}$  y se mantiene durante 12 hrs. Se suele incorporar cantidades adicionales de cloruro de metilo para mantener la presión. Al final de la reacción, el producto es enfriado y se separa el cloruro de metilo que no reaccionó, para posteriormente tratarlo y reutilizarlo. La mezcla obtenida contiene, metil

celulosa, hidróxido de sodio y cloruro de sodio, estos últimos son removidos mediante una centrífuga en presencia de agua caliente a 85°C, para no solubilizar al celulósico obteniéndose un producto al 95% de pureza y con un contenido de metoxilos, dependiendo de la eficiencia en la éterificación. Los grados de sustitución obtenidos se encuentran comunmente entre 1.6 a 2.0 (ver figura No. 4).

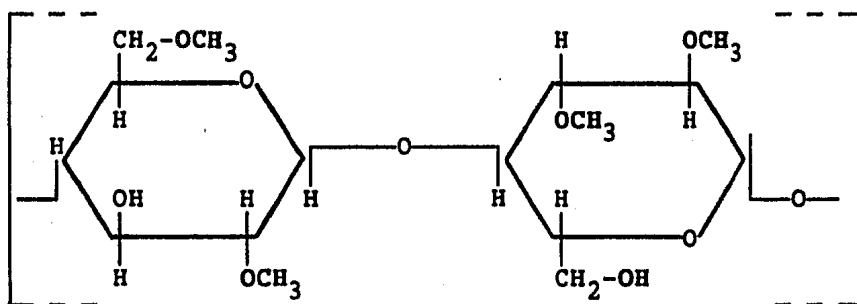


Figura No. 4 Estructura de la MC.

HPMC.- Este producto es esencialmente una metil celulosa modificada conteniendo pequeñas cantidades de grupos hidroxipropilo. Una mezcla de cloruro de metilo y óxido de propileno forman el agente éterificante. Puede usarse óxido de etileno en lugar del óxido de propileno, pero su manejo es delicado.

La reacción se lleva a cabo en un reactor también al vacío y con alimentación de nitrógeno, para mantener el  $O_2$  a 0%. Alkali celulosa, cloruro de metilo y después óxido de propileno son alimentados al reactor. Primeramente se lleva a cabo la propilación en una reacción que dura de 20 a 30 minutos a una temperatura de 47 a 50°C. Después se procede a la metilación que finaliza después de 4 a 5 hrs. a 70°C. En esta fase se tiene HPMC, NaCl y NaOH. El HPMC es sometido a lavado con agua caliente eliminando la sosa y la sal, y se centrifuga a 85°C durante 5 minutos, eliminando el exceso de  $H_2O$ . Continúa una fase de gelado, para desaparecer la estructura fibrosa del material, enfriándolo con agua helada y hielo hasta bajar la temperatura a 30°C manteniéndolo media hora. Las etapas finales son el secado a una temperatura de 120°C y una molienda en molino de martillo hasta obtener un tamaño de partícula adecuada que es cribada para obtener mallajes comerciales. Los grados de sustitución de la HPMC, obtenidos son por lo general: en Metoxilos 1.7 e Hidroxipropilos 0.2. (Ver figura No. 5). (6), (14), (22), (27)

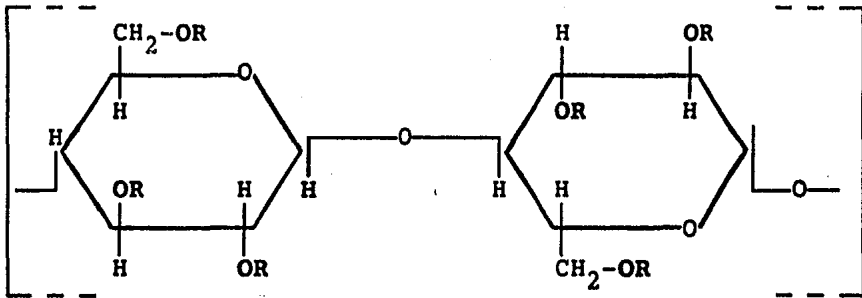


Figura No. 5 Estructura de HPMC  
 (en donde R representa H-,CH<sub>3</sub>- ó CH<sub>3</sub>-CH(OH)-CH<sub>2</sub>-

## 2.2 Especificaciones; Propiedades Físicas.

Los fabricantes de CMC, HPMC y MC, producen varios tipos de estos materiales. Distintos rangos de viscosidad, grados de sustitución y grados de pureza, pueden ser encontrados en el mercado de estos celulósicos. En el cuadro No. 3 se hace un resumen de estas especificaciones, que ofrecen alternativas para su aplicación en la industria de alimentos. Entre las propiedades más importantes, se debe mencionar su habilidad dispersante y su poder espesante, que en muchos casos es capaz de absorber su propio peso en agua. Debido a que la viscosidad que desarrollan estos productos es generalmente importante para la aplicación en alimentos, es oportuno apuntar algunas consideraciones: El grado de polimerización de la

celulosa con la cual se produce el derivado, determina la viscosidad. La viscosidad se ve afectada por los siguientes factores. (5), (7), (18)

a).- Cambios de temperatura en sus soluciones.- Si la temperatura de las soluciones de éstos polímeros se aumenta, su viscosidad se reduce, pero si esta temperatura se reduce, la viscosidad se regenera. Temperaturas arriba de 120°C durante tiempos prolongados despolimeriza la molécula, provocando una inmediata pérdida de viscosidad. Al enfriar estas soluciones, su solubilidad aumenta, sobre todo en el caso de HPMC y MC, en donde se observa un aumento de viscosidad. Esta propiedad se aprovecha en alimentos congelados, como bebidas y helados, pues imparte una buena estabilidad y evita formación de cristales. La HPMC y MC, por otra parte, a temperaturas de calentamiento determinadas (ver Cuadro No. 3) difieren de otras gomas, en que gelan con calor, mientras que otras gelan en frío. Esta propiedad única de gelación térmica, ha sido el fundamento de muchos usos comerciales en alimentos para

CUADRO NO. 3

## ESPECIFICACIONES TÍPICAS DE CMC, HPMC Y MC (8), (20), (29), (32)

PROPIEDAD	CMC	HPMC	MC
Forma física	Polvo y granular	Polvo	Polvo
Olor	No	No	No
Color	Blanco/Crema	Blanco	Blanco
G. Sustitución	0.38 a 1.20	1.2 a 1.90	1.6 a 1.90
Viscosidad en agua (cps)	25 [1] a 6,000 [2]	40 a 60,000	15 a 8,000
*t Carbonización (°C)	252	290	300
*t Gelación (°C)	-	60 a 85 [2]	45 a 60 [2]
pH	6 a 13 [2]	6 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 Max.	5.0 Max.	5.0 Max.
% Metoxilos	-	19.0 a 30.0	27.5 a 31.5
% Hidroxipropilos	-	4.0 a 12.0	-
Estructura Iónica	Iónico	No Iónico	No Iónico
Compatibilidad - sales	Precipita c/s.pesados	Buena	Limitada
- c.orgánicos	Pobre	Excelente	Buena
Resistencia a enzimas	Deficiente	Excelente	Excelente
Grado de polimerización	400 a 3,200	70 a 750	70 a 750
P.Molecul. (prom.) Miles	90 a 700	13 a 140	13 a 140
Mallas (pasa el 98%)	40 [3]	40	40

[1] Sol. al 1% 20°C

[2] Sol. al 2% 20°C

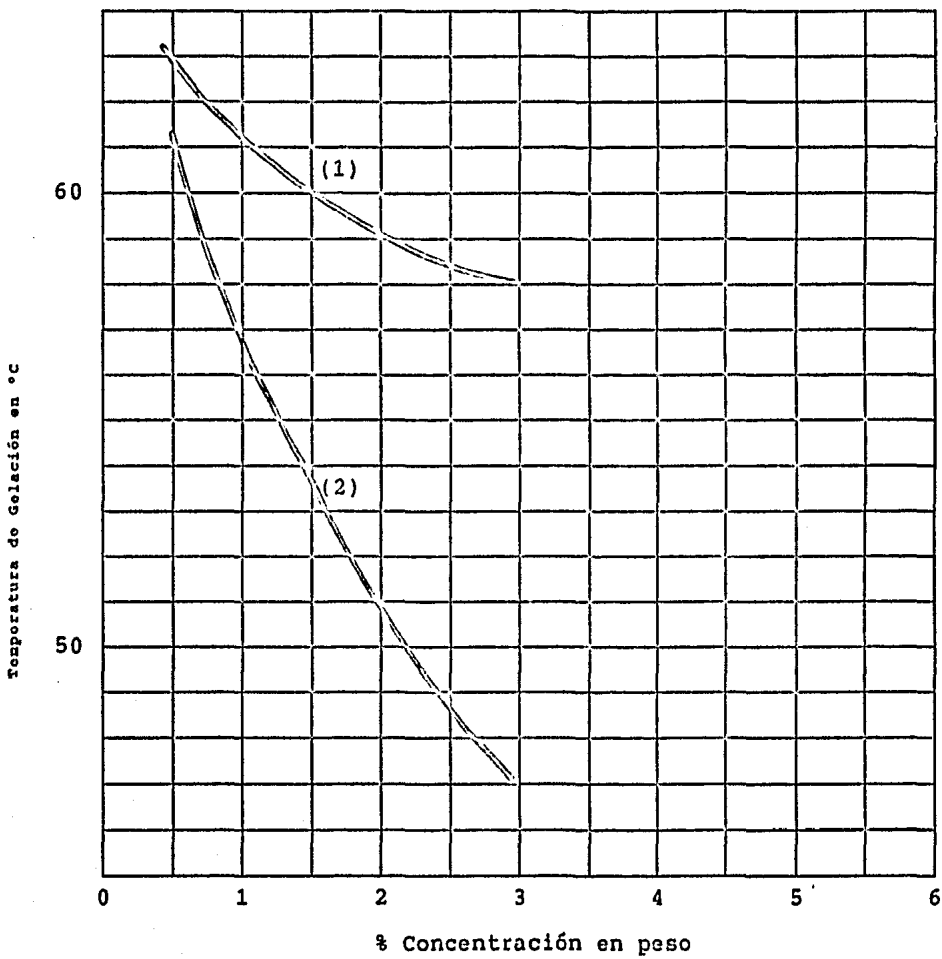
[3] Para la forma pulverizada.

estos productos. Una probable explicación de este fenómeno recae en la naturaleza de la solución. Tanto la HPMC como la MC, existen en una solución como largas cadenas moleculares las cuales están hidratadas por sucesivas moléculas de agua que incrementan el volumen. Estas moléculas de agua actúan como un lubricante y permiten a las cadenas del éter celulósico "deslizarse" una sobre otra dando a la solución la apariencia de un líquido viscoso, al fluir. Al aumentar la temperatura se provoca una baja inicial de viscosidad, la energía de las moléculas de agua que están atrapadas también se incrementa e incluso las que están en las partes exteriores se rompen. Cuando suficientes moléculas de agua se han afectado, la acción lubricante se pierde, la cadena se cierra, y la solución se transforma en gel. Este comportamiento es reversible con el enfriamiento. En general si la concentración en solución de la MC o HPMC es incrementada, la temperatura de gelación puede disminuir, así mismo cuando mayor es la viscosidad del producto empleado, el punto de gel es más bajo a las mismas concentraciones.



La presencia de electrolitos en estas soluciones abaten el punto de gel. La naturaleza del gel producido por la metil celulosa es más firme que las estructuras formadas por la HPMC que se presentan generalmente blandos o suaves. (Ver figuras No. 6 y No. 7).

- b).- Cambios de pH.- En forma general con pH alcalino se tiende a incrementar en cierta medida la viscosidad. En pH ácido, alrededor de 4, y para el caso de la CMC, se origina el ácido libre, y la regeneración de su sal de sodio es difícil. Para la MC y HPMC, se llega a presentar cierta pérdida de viscosidad por abajo de  $\text{pH}=2$ . El pH óptimo de estos derivados es 7. (Ver figura No. 8).
- c).- Estabilidad de sus soluciones.- Esta depende en gran medida del G.P. de la materia prima. En la industria es deseable que la viscosidad no presente cambios significativos durante su almacenaje. Generalmente este almacenaje puede ser aceptablemente prolongado si se controlan los siguientes puntos:



(1) = HPMC 4,000 cps.

(2) = MC 4,000 cps.

Figura No. 6 Efecto de la concentración en la temperatura de gelación de soluciones de HPMC y MC. (8)

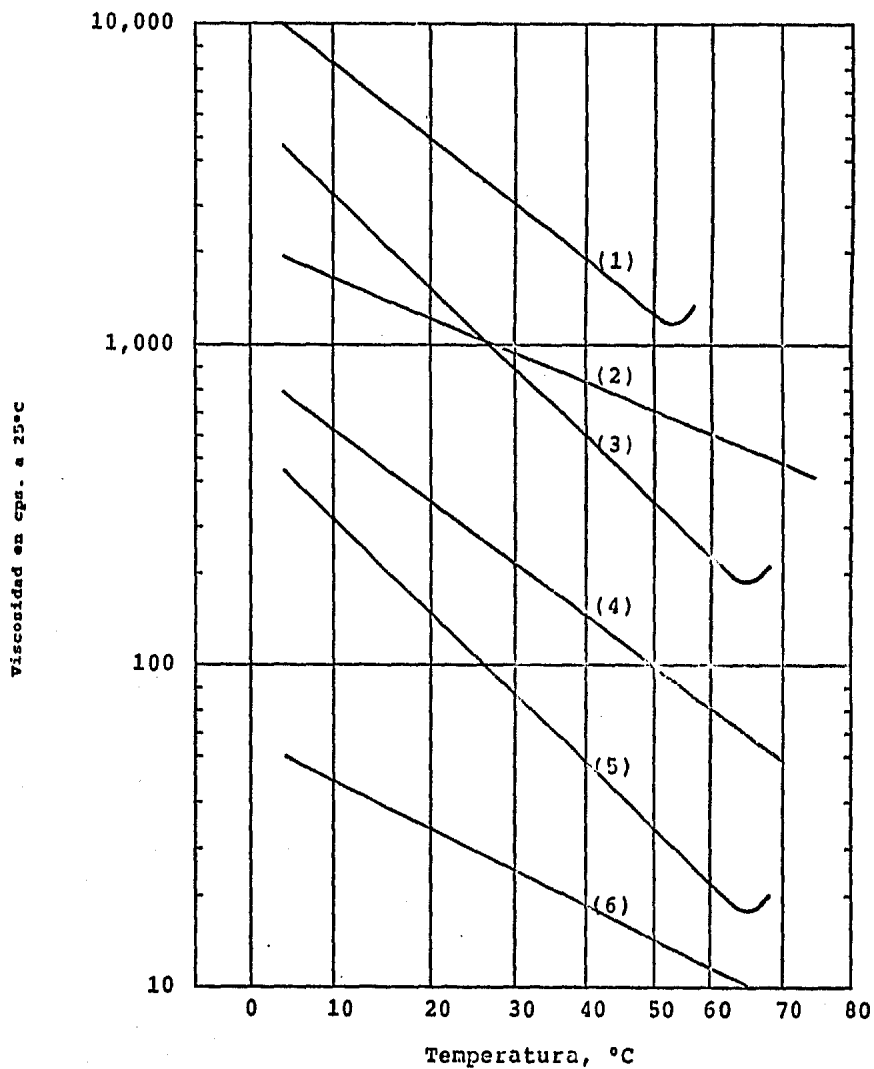


Figura No. 7 Efecto de la temperatura sobre la viscosidad. (20),(32).

- |                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| (1) MC 10,000 cps. 2%  | (4) CMC 800 cps. 2%  |
| (2) CMC 2,000 cps. 1%  | (5) HPMC 450 cps. 2% |
| (3) HPMC 5,000 cps. 2% | (6) CMC 50 cps. 2%   |

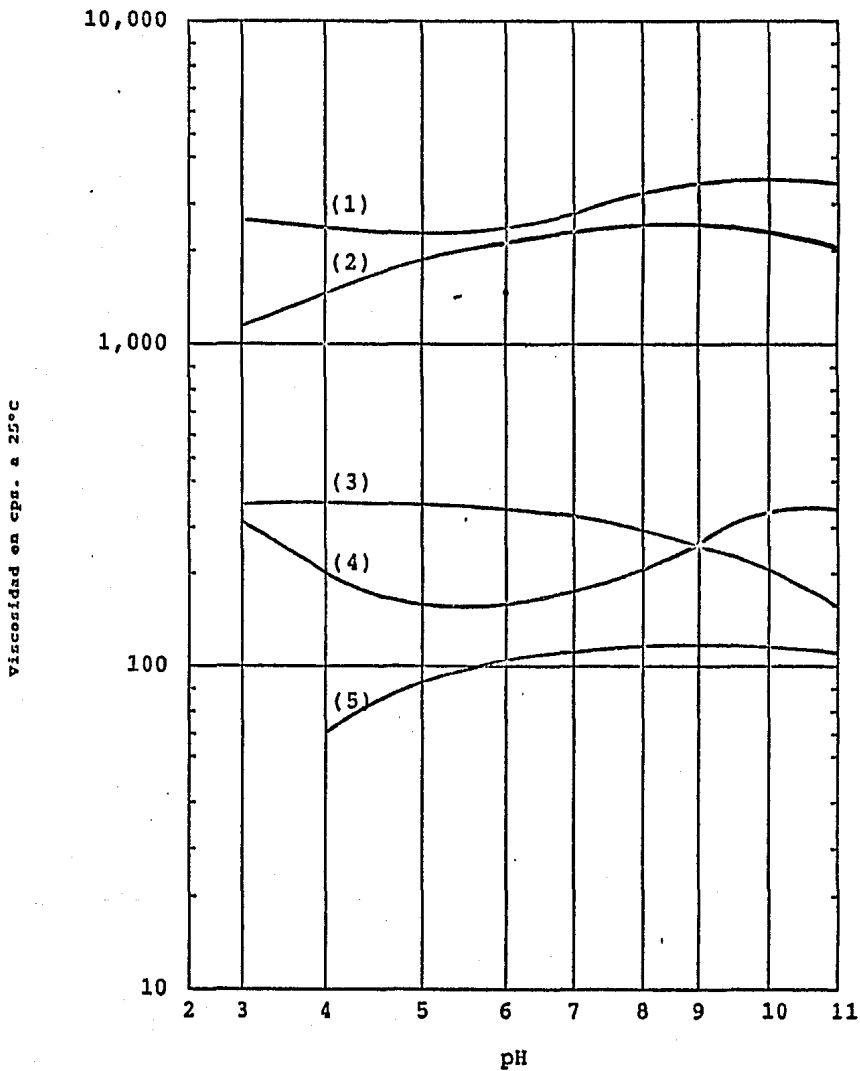


Figura No. 8 Efecto del pH sobre la viscosidad (5),(20).

(1) MC 2,500 cps. 2%      (4) HPIC 450 cps. 2%  
 (2) CMC 2,500 cps. 1%    (5) CMC 100 cps. 1%  
 (3) CMC 450 cps. 2%

- i) Evitar temperaturas altas y tiempos prolongados.
- ii) Evitar exposición a la luz durante tiempo prolongado.
- iii) Evitar pH demasiado ácidos.
- iv) Evitar ataque bacteriano mediante conservadores, como benzoato de sodio ó ácido sorbico y sus sales.
- v) Evitar la oxidación, que origina rompimiento de la cadena de la molécula y pérdida de viscosidad.

d).- Ataque bacteriano.- Las bacterias capaces de originar degradación enzimática, originan una pérdida de viscosidad, pues estos productos celulósicos, son generalmente resistentes mas no bacteriostáticos. El uso de preservadores es recomendable. La CMC es más susceptible de ataque enzimático que la MC y HPMC.

e).- Agentes oxidantes.- Deben evitarse ya que dan por resultado despolimerización de la molécula y por consiguiente una baja en la viscosidad.

f).- Adición de electrolitos.- La CMC tiene poca

tolerancia a la presencia de sales e incluso con presencia de metales pesados ésta precipita. La MC y HPMC son mas resistentes y toleran sin merma de sus propiedades algunas sales. Los iones formados, al disolverse en agua estos electrolitos, se solvatan con las moléculas del agua, compitiendo por el agua disponible y puede llegar a precipitar la goma. En estos casos su viscosidad se ve afectada.

- g).- Adición de compuestos hidroxílicos.- La presencia de estos compuestos como el azúcar compiten con las gomas por el agua disponible en la solución, provocando también modificaciones en el comportamiento reológico.
- h).- Adición de agentes antiespumantes.- En porcentajes normales, los derivados celulósicos solubles en agua, no tienen un cambio de viscosidad significativa, incluso pueden fungir como agentes antiespumantes.
- i).- Adición de otros surfactantes.- El monoestearato de glicerilo es el más común en

la industria alimenticia. Se presenta cierta interacción entre ambos, pero generalmente estas gomas son buenos espesantes de las emulsiones formadas por el monoestearato.

j).- Adición de conservadores.- Algunos conservadores como el benzoato de sodio, pueden provocar ligeras bajas en la viscosidad. En estos casos puede recurrirse a productos con viscosidad más alta o elegir otro conservador. Ya que muchas veces la ausencia de conservador puede provocar, por ataque enzimático, pérdidas de viscosidad más considerables.

k).- Adición de otros polímeros solubles en agua.- La CMC, HPMC y MC son generalmente compatibles con la mayoría de gomas naturales y semisintéticas. Sus propiedades pueden tener acción sinérgica al mezclarse con gomas como la guar ó carragenina. Incluso existen en la industria, compañías que elaboran sistemas de estabilización valiéndose de la mezcla de estos productos.

1).- Efecto de la luz.- Almacenaje prolongado de soluciones de los derivados de celulosa, expuestos a luz U.V., origina pérdida gradual de viscosidad.

Hay características en estos materiales que influyen directamente en otras, como ejemplos significativos podemos citar, el grado de sustitución que en la CMC influye en su solubilidad, a mayor G.S. mayor solubilidad, y en el caso de la MC y HPMC, este G.S. tiene relación con sus temperaturas de gelación. Por otra parte, el grado de polimerización determina la viscosidad. La presencia de grupos hidroxipropilo en la HPMC, le confiere más compatibilidad con solventes orgánicos.

La elección del derivado adecuado, depende de una selección meditada de todas estas características, dependiendo la propiedad que se quiera utilizar del mismo para ser usado como aditivo en alimentos.

### 2.3 Comportamiento Reológico.

La CMC, HPMC y MC, como la generalidad de las soluciones de los polímeros de celulosa, se comportan como fluidos no-Newtonianos, que se ve reflejado en su pseudoplasticidad. Las soluciones de celulosa, son



pseudoplásticas porque, las moléculas constituyentes de largas cadenas, tienden a orientarse por si mismas al azar en dirección del flujo. Si una fuerza aplicada aumenta (shear-stress), la resistencia a fluir, o sea la viscosidad, disminuye. Al hacer uso de una fuerza menor, sobre esa misma solución, su viscosidad aparente es más alta. La pseudoplasticidad es por lo tanto reversible ya que la viscosidad se recupera, al cesar la fuerza. Generalmente, la CMC es más pseudoplástica que la MC y ésta más que la hidroxipropil metil celulosa. Así por ejemplo: CMC en soluciones con viscosidades arriba de 1000 cps. y G.S. encima de 0.8 son pseudoplásticas.

Cuando se manejan polímeros cuya viscosidad intrínseca, es decir dependiente de su peso molecular promedio, sea baja o soluciones muy diluidas aún de viscosidades medias (alrededor de 600 cps.) se obtienen soluciones muy poco pseudoplásticas y con comportamiento muy cercano a flujo Newtoniano, el cual ya no depende en cuanto a su viscosidad, de un esfuerzo cortante sino de la concentración y temperatura.

La tixotropía es también un factor relevante en el comportamiento reológico de éstas gomas de celulosa. Este fenómeno tixotrópico es un cambio de consistencia

dependiente del tiempo, se caracteriza por un incremento de su viscosidad aparente cuando las soluciones de estos productos permanecen en reposo por un período determinado de tiempo. Si se le somete a agitación su viscosidad disminuye, rompiéndose la estructura que en ocasiones puede llegar a ser de gel, y recuperando la viscosidad desarrollada antes del reposo.

La tixotropía es definida también como la transición reversible gel-fluido-gel.

Productos con grados de sustitución de .4 a .7 y con viscosidades por arriba de 600 cps. son tixotrópicas. Sin embargo soluciones de viscosidad intrínseca baja, tienden a desarrollar tixotropía a altas concentraciones.

Los compuestos NO iónicos como la HPMC y MC, son básicamente más pseudoplásticos que tixotrópicos, ya que soluciones de celulósicos altamente sustituidos y con distribución uniforme de esta sustitución son menos tixotrópicos. La presencia de sales como el cloruro de sodio, aún la inherente de proceso como en el caso de la CMC, puede aumentar el carácter tixotrópico que de hecho ya posee. (Ver Figuras No. 9 y No. 10). Esta

tixotropía, puede o no, ser deseable para el uso en la industria de estos derivados. En el caso de la Industria Alimenticia este comportamiento se aprovecha en la suspensión de sólidos en algunas bebidas. (8), (14), (20).

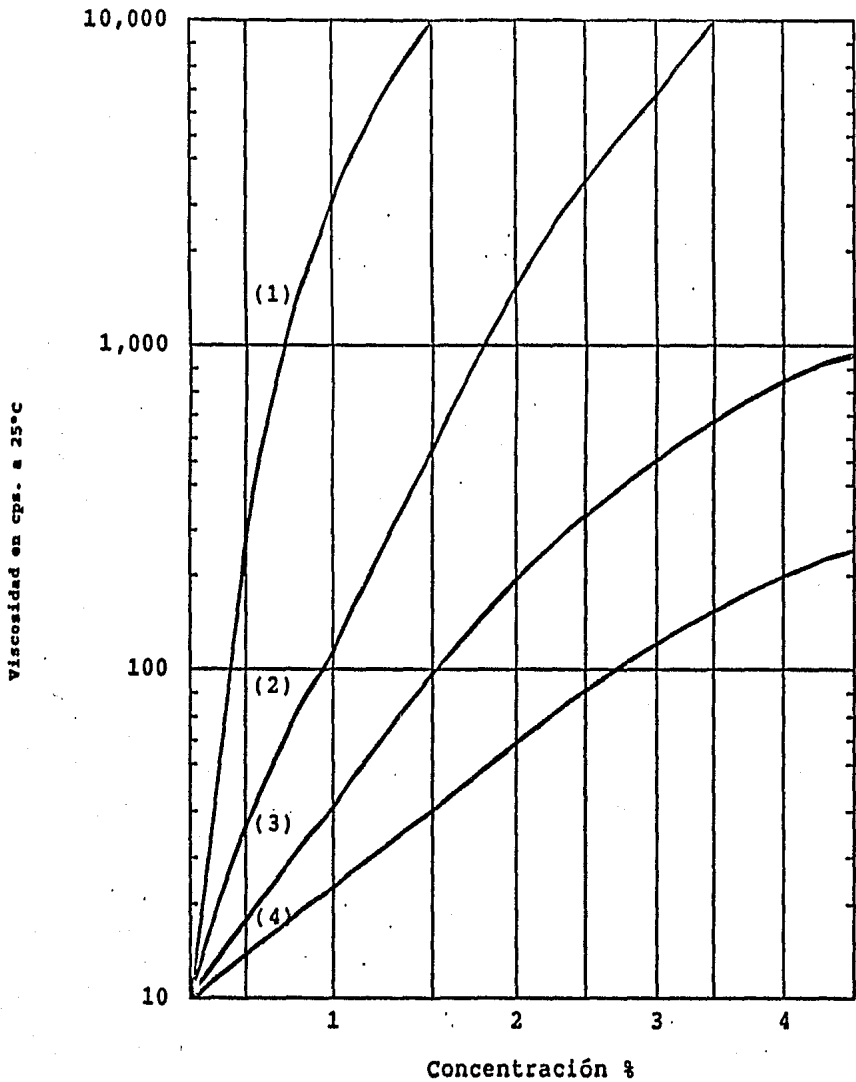


Figura No. 9 Efecto de la concentración en la viscosidad. (20),(32).

(1) CMC 2,500 cps. 1%      (3) CMC 200 cps. 2%  
 (2) HPMC 1,500 cps. 2%      (4) MC 50 cps. 1%

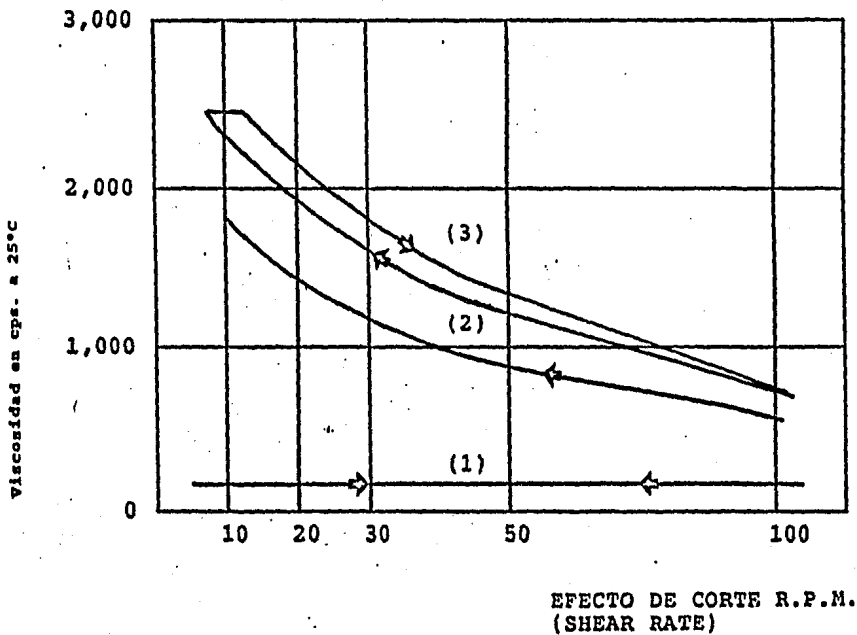


Figura No.10 Efecto de Corte (SHEAR RATE) sobre las viscosidades de líquidos. (29)

- (1) Newtonianos - glicerina
- (2) Pseudoplásticos - CMC
- (3) Tixotrópico - CMC

2.4 Determinaciones analíticas de mayor relevancia usadas en el control de CMC, HPMC y MC.  
(2), (4), (28).

Fabricantes y usuarios se apoyan en algunas determinaciones analíticas para comprobar que el material se encuentra dentro de las especificaciones para la cual ha sido producido. Estas determinaciones son básicamente viscosidad, humedad, metales pesados, cenizas y pH, cuyos métodos pueden ser consultados en el Food Chemicals Codex, en la American Society for Testing and Materials y en las farmacopeas Británica y Americana.

Las características de éstas determinaciones son las siguientes:

Viscosidad.- Sin duda la determinación más importante y más usada en estos materiales, es la determinación de viscosidad. Para la CMC, se emplea un viscosímetro Brookfield, el cual mide la resistencia, que una solución, opone a que una aguja se mueva a una velocidad constante y definida. El tipo de aguja y la velocidad en r.p.m., dependen del tipo de viscosidad del material que se va a determinar y que debe relacionarse con un factor específico.

Viscosidad en cps. = L x F.

L = lectura del viscosimetro.

F = factor de acuerdo con la tabla específica del equipo.

Esta determinación se lleva a cabo a 25°C. La humedad del producto se toma en cuenta en la preparación de la solución, cuidando no se formen grumos que perjudican la exactitud de la medición. Deben eliminarse las burbujas de aire que hayan podido generarse, y dejar reposar la solución, para una completa hidratación, cuando menos 16hrs. antes de la determinación.

En el caso de MC y HPMC, puede usarse también el viscosimetro Brookfield, y el viscosimetro de capilar o de tubo el cual se basa en el tiempo que tarda una solución en recorrer la distancia entre las marcas presentes en el equipo. El cálculo que se efectúa es el siguiente:

$$V = Kdt$$

donde V = viscosidad en cps.

K = constante del viscosimetro.

d = densidad de la solución en pasar de la marca superior a inferior del viscosimetro.

Antes de efectuar la determinación debe tenerse en cuenta que la solución preparada debe estar adecuadamente disuelta y libre de burbujas de aire. Se recomienda mantener una temperatura de 25°C durante la medición.

Grado de sustitución.- Esta determinación se efectúa para la carboximetil celulosa, y nos permite conocer el promedio de grupos carboximetilo presentes en la molécula de celulosa. El método usado para los grados purificados consiste en la precipitación de CMC de sodio, como CMC Cu, por medio de una solución de sulfato de cobre. Esta CMC Cu, se analiza y se determinan los gr. de cobre, que son equivalentes a los gr. de sodio, contenidos en la molécula de CMC Na, posteriormente ya conocidos los gr. de cobre, se puede calcular el grado de sustitución.

$$\text{G.S.} = \frac{162.14 \quad \times \quad \text{gr. de Cu}}{31.77 - (90.8 \times \text{gr. de Cu})}$$

162.14 .- P.M. de una unidad monómera (equivalente a una mol de glucosa) que se repite n veces, constituyendo la celulosa.

31.77 .- P.M. del cobre dividido entre dos (el cobre al



desplazar y sustituir al sodio lo hace en relación de 2 moles de sodio por una de cobre.

90.8 .- Peso molecular del monoacetato de cobre.

Porcentaje de metoxilos e hidroxipropilos.- Determinaciones exclusivas para HPMC y MC, que pueden efectuarse mediante cromatógrafo de gases, o comúnmente por el método Zeisel, en el cual se forman los ioduros de hidroxipropil o de metales según el caso, los cuales son posteriormente destilados. Con reacciones posteriores se libera el Iodo que es titulado con tiosulfato de sodio valorado, dándonos de manera indirecta la cantidad o grado de sustitución de la molécula de celulosa.

Humedad.- Este método se fundamenta en la pérdida de peso, de una muestra que se somete a calentamiento. Se usan de 3 a 5 gr. de CMC, HPMC o MC y se someten a calentamiento en una estufa, a una temperatura de 100-105°C durante 3 horas. La diferencia en peso final a la inicial nos da la cantidad de agua en la muestra.

Metales pesados.- Generalmente se emplean métodos colorimétricos, comparando soluciones standard con soluciones preparadas de problemas por determinar.

Cenizas.- Debido a que la principal impureza en este tipo de productos, es el cloruro de sodio, el cual es volátil a la temperatura usual para determinar cenizas, es necesario convertirlo a sulfato. 5.0 gr. de muestra (previamente secada a 105°C por una hora y media) se colocan en un crisol a peso constante y en una mufla se somete a 500°C durante media hora, para calcinar el material orgánico. Dejando enfriar el crisol se añade 1ml. de ácido sulfúrico, humedeciendo completamente el residuo calcinado. Se coloca el crisol nuevamente en la mufla y elevamos la temperatura a 575°C manteniéndola durante una hora, al fin de la cual los residuos de carbón desaparecen. En un desecador enfriamos y finalmente se pesa la muestra.

$$\% \text{ cenizas} = A/B \times 100$$

A= gramos de cenizas; B= gramos de muestra.

pH.- Determinación en la cual medimos la concentración de iones hidrógeno. Se emplean electrodos de vidrio y calomel.

## 2.5 Legislación Sanitaria (18), (20), (28), (31).

En la República Mexicana, la CMC, HPMC y MC están permitidos como aditivos para alimentos. La Secretaría de Salud, a través de su Dirección General de Control Sanitario de Bienes y Servicios, se apoya en el reglamento de Aditivos para Alimentos publicado en el diario oficial de la Federación el 15 de Febrero de 1958, el cual en su artículo 28, enlista los compuestos permitidos como estabilizadores, emulsivos, enturbiadores e hidrolizantes y en los que figuran los productos que nos ocupan. Al carecer de una revisión actualizada, la Secretaría de Salud, reconoce y se apoya también en lo que el Code of Federal Regulations de la Food and Drug Administration, y el Food Chemicals Codex de Estados Unidos legislan al respecto. Para la carboximetil celulosa de sodio, la U.S. Code of Federal Regulations, en su título 21, parte 182, sección 182.1745, define a la CMC como una sustancia generalmente reconocida como segura (GRAS). La Food and Drug Administration (FDA) establece que la CMC como aditivo directo en alimentos debe tener no menos de 99.5% de materia activa en base seca, con un máximo de sustitución de 0.95 de grupos carboximetilo por unidad de anhidroglucosa y un mínimo de viscosidad de 25 cps. al 2% en solución acuosa a 25°C.

El CFR, contempla en algunas otras de sus partes la posibilidad de emplear la CMC como aditivo. Algunos ejemplos son:

Parte 131.- Productos de leche y cremas.

Parte 133.- Queso y productos relacionados.

Parte 135.- Postres congelados.

Parte 169.- Postres, saborizantes y condimentos.

Parte 150.- Jugos de frutas, jaleas y conservas.

En cuanto a la metil celulosa, la sección 182.1480, de la U.S. CFR, define a la MC como una sustancia generalmente reconocida como segura (GRAS) y establece que el producto metil celulosa U.S.P. debe tener no menos del 27.5% y no más del 31.5% de contenido de metoxilos en base seca, Es aceptado su uso con propósito múltiple en alimentos no estandarizados y estandarizados como figura en otras secciones del Code of Food Regulations. Ejemplos:

Sección 169-141.- Jaleas endulzadas artificialmente.

Sección 169-150.- Aderezos para ensaladas.

Sección 135.90 .- Congelados en agua.

La hidroxipropil metil celulosa está contemplada en la sección 172.874 del U.S. CFR la cual permite el uso en alimentos no estandarizados, como emulsivo, formador de película, coloide protector estabilizante, agente suspensor y espesante. Para alimentos estandarizados puede ser usado en, nieves, helados de fruta, aderezos y agua soda, entre otros.

Por otra parte establece que la HPMC debe tener un mínimo de 3% y un máximo de 12.0% de grupos hidroxipropilo y un mínimo de 19.0% y un máximo de 30.0% de grupos metoxilo y no más de 10 p.p.m. de metales pesados reportados como plomo. La viscosidad de una solución al 2% no debe ser menor al 80% y no más del 120% de lo establecido en los niveles de viscosidad para tipos de 100 cps. o menos y no menos del 75% y más del 140% del nivel fijado para tipos de viscosidad mayores a 100 cps.

La CMC, HPMC, y MC pueden ser empleados como aditivos indirectos en alimentos, como componentes de contenedores y equipo que este en contacto con alimentos.

3. APLICACIONES DE HPMC, MC, CMC EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. (3), (5), (9), (19), (20), (25), (26).

La aplicación de derivados de celulosa como aditivos en alimentos, aumenta día a día, en función del desarrollo permanente de la Tecnología Alimentaria. En general, estos derivados poseen algunas ventajas sobre las gomas naturales, tales como: especificaciones y propiedades uniformes, precios estables, disponibilidad ilimitada, que no esta sujeta a malas cosechas, y baja demanda de oxígeno entre las más importantes. Estos éteres se pueden encontrar en la generalidad de los distintos sectores alimenticios. He aqui una recopilación de las aplicaciones más comunes.

Productos Lácteos y sus Derivados.

Helados.— Sin duda el empleo como aditivo más importante de la CMC en la industria alimentaria se encuentra en los helados. Sus características de espesante y estabilizante, son aprovechados para impartir al helado cuerpo, textura, disminución en la formación de cristales, resistencia a cambios térmicos, derretimiento lento y auxiliar del emulsivo. CMC en concentraciones del 0.1 al 0.5% son suficientes para observar los beneficios. Es común encontrarse con mezclas de

CMC-Carragenina, CMC-Carragenina-Harina de Algarrobo, CMC-Gelatina-Carragenina, cuyas propiedades se complementan. El contenido de sólidos y grasa del helado es un factor importante para determinar las concentraciones adecuadas en la mezcla. Por ejemplo un helado con 10% grasa butírica, 12% suero de leche, 13% azúcar, 0.15 de monoestearato de glicerilo como emulsivo, es generalmente bien estabilizado con una concentración del 0.35% de CMC o 0.5% de hidroxipropilmetil celulosa.

Cremas de grasa vegetal.- El empleo de grasa vegetal en sustitución de grasa butírica, produce un producto con un cuerpo deficiente. La aplicación de CMC como espesante mejora notablemente su cuerpo y textura y ayuda a la estabilización de las fases grasa-agua, evitando separación de éstas en su traslado o almacén.

Sustitutos de crema.- También conocidos como blanqueador de cafe, es un producto de un contenido bajo en grasa, generalmente vegetal, cuya concentración no excede el 10%, azúcar 1%, sólidos no de leche 12%, emulsivo, sabor y color, y agua hasta en un 80%. Productos con estas características requieren de un agente espesante que le imparta cuerpo y textura y ayude a estabilizar y

emulsificar la mezcla. El uso de CMC o CMC-carragenina, son los aditivos más empleados para los fines señalados.

Leches de sabores.- Leches sabor chocolate o fresa requieren CMC o una mezcla de CMC-carragenina, para suspender los sólidos y evitar la separación del producto, principalmente si éste es producido por el método HTST (High Temperature, Short Time). En bebidas ácidas de leche y youghurts, la CMC, se emplea para conservar una distribución uniforme de la caseína en el producto, ya que la CMC inhibe la precipitación de caseína en su rango isoeléctrico, por los pH ácidos con los que se trabajan 3.6 a 5.6.

Productos para Hornear y para pastelería.-

Rellenos para Pay.- El almidón es el espesante primordial para estos productos, sin embargo, la adición de CMC, HPMC, imparten al producto excelente estabilidad a la °t y al pH, y evitan la sinéresis. La propiedad gelante de la HPMC, reduce el sobre cocimiento y la migración de agua dentro de la pasta. El enmascaramiento del sabor por el contenido de almidón es eliminado. El gel formado por las altas temperaturas de cocimiento desaparece al enfriamiento.



Harinas preparadas para pasteles y donas.- La retención de humedad y propiedad aglutinante, se emplean en la elaboración de harinas preparadas, donde se observa una textura superior, fácil amasado, aumento en la vida de almacén, e incluso puede observarse un incremento en el volúmen de los pasteles.

Merengues pasteleros.- Productos que generalmente se fabrican a base de dextrosas y almidón de maiz, se ven mejorados, por la adición de metil celulosa, o mezclas de CMC y agar. El reemplazo de clara de huevo, estabilidad de la espuma, firmeza de textura, son básicamente beneficios conseguidos gracias a la adición de derivados celulósicos.

Aderezos para ensaladas.- Existe gran variedad de aderezos, y la gran mayoría de ellos son fabricados a base de aceite vegetal, vinagre, mostaza, saborizantes y otros ingredientes. La adición de metil celulosa o CMC imparte estabilidad a la emulsión, excelente viscosidad, así como uniformidad en la textura.

Salsas.- Por su alto contenido de sólidos estos productos, requieren aditivos que permitan suspenderlos y lograr un producto homogéneo. Pequeñas cantidades de

metil celulosa o CMC, solos o en mezcla con goma de xantato, resuelven satisfactoriamente el problema.

Papas a la francesa y papa extruida.- Si introducimos las papas antes de freir a una solución al 1.0% de HPMC, se conseguirá la formación de una película, que al momento del freido originará una estructura de gel por el calentamiento, esto hará que la absorción del aceite se reduzca hasta en un 20.0%. Si se trata de productos extruidos a base de papa, la metil celulosa, funje como lubricante y enlazante, lo que se refleja en una mejor extrusión y un producto uniforme.

Bebidas de fruta.- La CMC es el estabilizante de mayor uso en bebidas de fruta, ya sea con pulpa o sin ella. El suspender los sólidos y dar una textura adecuada al producto, lo resuelve la adición de este derivado.

Productos dietéticos.- La habilidad de la CMC, HPMC y MC, para "hincharse" y aumentar varias veces su volúmen es usada en productos dietéticos, sustituyendo el azúcar. La sensación de plenitud experimentada, con la ingestión de estos productos a concentraciones adecuadas, es también aprovechable con fines dietéticos.

Productos deshidratados.- Productos como jugos, vegetales, huevo, verduras, leche, etc., que se someterán a una deshidratación, son tratados con la adición de CMC, HPMC y MC, para obtener un secado más eficiente, una mas fácil reconstitución, una textura y cuerpo más agradables.

Pelets.- El peletizado de alimento balanceado para animales, recurre al uso de la MC y CMC, como lubricante y reduciendo aglutinante, para reducir el desmonoramiento del producto, reduciendo las mermas.

Jaleas y compotas.- La HPMC, es empleado en estas conservas como sustituto parcial de pectina, es observable a su vez una mejoría en el brillo y estabilidad.

Como parte integrante de sistemas de estabilización, tanto la CMC, como la HPMC y MC, pueden mezclarse con gomas naturales como la carragenina, gelatina, guar, etc., para el diseño de estabilizantes, empleados para usos diversos incluyendo los anteriormente mencionados.

Existen algunos usos más especializados de estos derivados de celulosa, de los cuales pueden mencionarse

ejemplos, como la aplicación en el grageado de gomas de mascar de la CMC, para obtener uniformidad en el color y la utilización como desmoldante de la metil celulosa en empaques para latex.

En el cuadro No.4 se muestra un resúmen de las aplicaciones y las concentraciones más usuales en alimentos.

Producto	Porcentajes			Función y Beneficio
	CMC	MC	HPMC	
Helados	0.1-0.5		0.5-0.9	Espesante, evita formación de cristales.
Cremas vegetales	1.0-3.0			Espesante, estabilización.
Blanqueadores para café	0.2-0.6			Estabilización, espesante, evita separación.
Leches de sabores	0.3-0.5			Estabilización, suspensión de sólidos.
Harinas pasteleras	0.5-2.0	0.5-1.0	0.5-1.0	Mejora rendimiento, batido y vida de anaquel.
Donas	0.1-0.3		0.3-0.5	Retiene humedad, aumenta vida de anaquel.
Merengues	2.0-3.0		1.0-1.5	Estabilizante, mejora volumen.
Rellenos para Pays	0.3-0.5		0.3-0.5	Espesante, evita separación.
Aderesos para ensaladas	0.5-0.8	0.3-0.5		Espesante, mejora apariencia, emulsivo.
Salsas	0.5-1.0	1.0-1.5		Espesante, estabilizante, evita separación.
Papas a la francesa			1.0	Menor absorción de aceite, control de color.
Papas extruidas		0.5-1.0	0.5-1.0	Ayuda a la extrucción, lubricante, uniformidad.
Prod. dietéticos	0.4-0.9	0.7-1.0	0.7-1.0	Imparte cuerpo y textura, sustituye azúcar.
Prod. deshidratados	0.5-1.0	0.5-1.0	0.5-1.5	Espesante, distribución del sabor, mejor reconstitución, ayuda al secado.
Conservas y enlatados	0.1-0.3			Evita separación, uniformidad de color y olor.
Bebidas con pulpa	0.3-0.6			Estabilizante, suspensión de pulpa.
Bebidas sin pulpa	0.1-0.3		0.08-0.2	Espesante, textura.
Pelets	0.5-2.0	0.3-1.5		Aglutinante, enlazante, menos desperdicio.
Alimento para mascotas	0.2-0.4		0.1-0.5	Textura, retención humedad, mejor apariencia.
Jaleas y compotas			0.5-0.8	Sustituye pectina, mejora brillo, evita separación.
Pudines	0.3-0.5			Previene separación, mejora textura.
Sistemas de estabilización	0.2-0.8	0.2-0.8	0.2-0.8	Mezclas sinérgicas con gomas naturales, otros derivados celulósicos y almidones, diseños especiales.
Saborizantes	0.2-0.5			Encapsulante, menor transmisión de oxígeno.

4. ETERES CELULÓSICOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y SU USO EN ALIMENTOS. (14), (17), (19).

$\alpha$  Celulosa Microcristalina.- Desarrollos recientes en la tecnología de la celulosa, han permitido la preparación de productos de  $\alpha$  celulosa pura, con propiedades hidrofílicas y con aplicación en alimentos. Uno de ellos es la  $\alpha$  celulosa microcristalina y cuyo nombre comercial internacional es AVICEL. Mientras que la  $\alpha$  celulosa, normalmente encontrada en plantas naturales es un material fibroso, que no absorbe agua y es practicamente inerte, el AVICEL, es una  $\alpha$  celulosa hidrolizada, no fibrosa y con capacidad de absorber agua. Este producto es preparado con tratamiento ácido. La  $\alpha$  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. Básicamente, las regiones amorfas son hidrolizadas completamente dejando la región cristalina como microcristales aislados, los cuales son definidos como el nivel o grado de polimerización de la celulosa. Si permitiéramos que la reacción de hidrólisis continuara y el grado de polimerización no presentase cambio, es índice que el límite de reactividad ha sido alcanzada. El AVICEL es un polvo blanco, fino bajo en

cenizas y metales, insoluble en agua, ácidos diluidos solventes orgánicos comunes y aceites. Con cierta humectación puede ser parcialmente soluble en alkali.

Ahora bien; 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  $\alpha$  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.

Esta mezcla de  $\alpha$  celulosa microcristalina con CMC, puede encontrarse en el mercado bajo estas especificaciones:

#### Propiedades de AVICEL-RC\*

Composición	92% Celulosa Microcristalina. 8% Carboximetil Celulosa de Sodio.
Forma Física	Polvo blanco higroscópico.

Tamaño de Partícula	Pasa el 97% en malla 325.
Humedad	Menos del 4% al envasar.
Cenizas	1.5%
Metales Pesados	Menos de 10 p.p.m.
Densidad	29 lb/ft <sup>3</sup>
Solubilidad	Insoluble en agua y solventes orgánicos. Se dispersa en agua formando coloides y geles opacos.

\* Food Machinery Co. 1966

Aplicación en Alimentos.- El AVICEL en su forma seca o como gel puede ser incorporado como un agente de volúmen en gran variedad de alimentos, reduciendo calorías sin afectar la palatabilidad y apariencia del alimento. De hecho los fabricantes de este celulósico propusieron su uso como un nuevo ingrediente para el control de calorías, con propiedades como estabilidad, impartidor



de volúmen, textura y palatabilidad. Sus propiedades de estabilización son aprovechadas en productos como salsas, enlatados esterilizados, helados, aderezos para ensaladas, pastelería, entre los más importantes. También como formador de película y fijador de color en alimentos grasos con colorantes solubles en agua y de origen vegetal. Ha sido empleado también como agente opalescente para bebidas en polvo. (19)

Este compuesto es generalmente reconocido como seguro para el uso en alimentos.

**Cross-linking.**- La CMC, HPMC y MC, como otros polímeros, pueden ser tratados con agentes como ácido cítrico, dicloroetano, y principalmente glioxal produciendo productos con estructuras tridimensionales. Estas estructuras de enlaces entrecruzados son esencialmente insolubles en agua. Conocidos también como compuestos de superficie tratada, son rápidamente dispersables en agua. Con la adición de alcalis como compuestos alcalino terrosos, u otras bases como hidróxido de amonio solubilizan de inmediato el producto. Su uso en alimentos no está generalizado.

5. COMPATIBILIDAD DE HPMC, MC Y CMC ENTRE SI Y CON  
OTRAS GOMAS DE INTERÉS EN ALIMENTOS.

(6),(19),(34),(36).

La CMC, HPMC y MC son compatibles con la mayoría de los polímeros solubles en agua. Esto nos ofrece distintas alternativas que pueden ser aprovechadas y de hecho así sucede en la industria alimenticia. Mezclas de un mismo derivado celulósico, mezclas entre ellos o la mezcla con gomas naturales tales como: goma arábica, tragacanto, karaya, guar, algarrobo, carragenina, alginatos y gelatina entre las más importantes, se emplean para el diseño de mezclas sinérgicas, obteniendo sistemas de estabilización para diversas aplicaciones.

Mezclas de un mismo derivado celulósico (8),(20). En ocasiones se desea obtener un producto con una cierta viscosidad y no se tiene a la mano un material que cumpla satisfactoriamente esa especificación. Podemos entonces mediante la mezcla de dos productos con viscosidad conocida solucionar el problema. Ya que la viscosidad es una función exponencial, la viscosidad resultante de una mezcla no tiene significado matemático, sin embargo, puede ser calculada mediante el uso de la ecuación de Arrhenius, de una manera

confiable,

$$\log \eta = Kc$$

en donde  $\eta$  es la viscosidad en centipoises, K es una constante de proporcionalidad y c es la concentración dada en por ciento en peso. De esta ecuación se deriva otra con la que podemos calcular la viscosidad de una mezcla con dos componentes con viscosidad diferente.

$$\log V_s = \frac{n \log V_1 + (100-n) \log V_2}{100}$$

en donde: n = por ciento en peso del primer componente.

$V_1$  = viscosidad del primer componente de la mezcla.

$V_2$  = viscosidad del segundo componente de la mezcla.

$V_s$  = viscosidad de la mezcla.

La viscosidad deberá ser determinada a la misma concentración y expresada en las mismas unidades.

Ahora bien, existen gráficas, que los fabricantes de estos materiales han elaborado y que facilitan estas determinaciones. Aquí se reproduce un ejemplo según la gráfica que aparece en la Figura No. 11. Supongamos que queremos mezclar Metil Celulosa de 1500 cps. con otra metil celulosa de 400 cps. para obtener un producto de

1,000 cps. En la gráfica trazamos una línea conectando las dos viscosidades. El punto en el cual esta línea interseca la línea de la viscosidad deseada, queda determinada y leyendo en la parte inferior de la gráfica se obtiene el porcentaje de la Metil Celulosa, cuya viscosidad se localizó en el lado derecho de la gráfica. Entonces, 32% de Metil Celulosa de 400 cps. y 68% de Metil Celulosa de 1,500 cps., nos producirá un material de 1000 cps.

Este tipo de mezclas es comúnmente realizada por fabricantes y usuarios, que desean ajustar la viscosidad u obtener un producto que no es disponible de línea en el mercado de estos derivados.

Mezclas entre derivados celulósicos. (5),(9),(14).

La mezcla entre derivados de celulosa como CMC, HPMC, MC, hidroxipropil celulosa e Hidroxietil celulosa, tiene también aplicación en la industria alimenticia. El contraste de las propiedades entre estos derivados, generalmente es aprovechada en mezclas sinérgicas. Las viscosidades, grados y tipo de carga, de los materiales que se mezclen, tendrán que ser evaluados dependiendo de lo que se quiera obtener. Por ejemplo las soluciones de CMC, presentan disminución de viscosidad si la

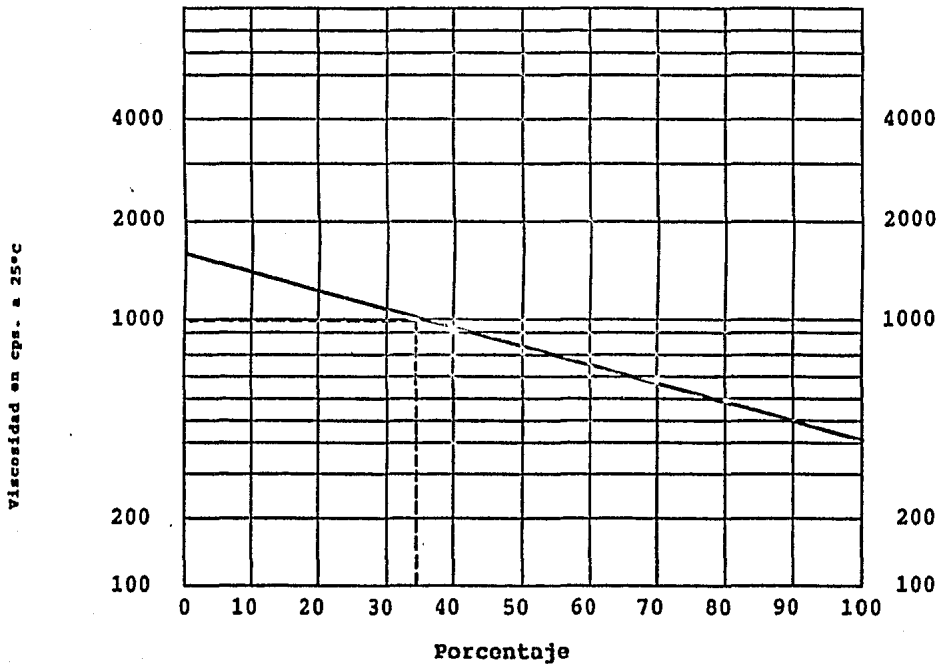


Figura No. 11 Gráfica para Mezclas de Metil Celulosa con viscosidades diferentes. (8)

temperatura es incrementada, en las soluciones de metil celulosa e hidroxipropil metil celulosa, la viscosidad disminuye cuando se aumenta la temperatura hasta que su punto de gel es alcanzado. En este punto la viscosidad aumenta sostenidamente hasta que el gel se forma.

Mezclas de soluciones de CMC con MC o HPMC, al ser calentadas, muestran cambios de viscosidad menores que individualmente. El incremento sostenido de viscosidad en las soluciones de MC y HPMC desde su punto de gel, es compensado por la gradual pérdida de viscosidad en la CMC presente en la mezcla. En productos alimenticios que requieren un cambio mínimo de viscosidad durante el ciclo calentamiento/enfriamiento en su proceso, como es el caso de cocimientos o esterilización, estas mezclas pueden ser provechosas. Otro caso es el que nos ofrecen las mezclas de CMC con HPC o HEC, en donde generalmente la viscosidad de la CMC es incrementada por la adición de estos productos no-iónicos. Datos experimentales nos muestran algunos resultados (5),(20).

Polímero	Viscosidad al 1%, 25°C	Viscosidad de la mezcla en proporción 1:1	
		<u>Esperada</u>	<u>Real</u>
CMC	1500	1650	3200
HEC	1800		
CMC	1500	1570	3280
HPC	1640		

Estos polímeros pueden ser mezclados en seco y luego disueltos o primero preparar las soluciones y luego ser mezcladas. El efecto de esta mezcla es reducida si otros electrolitos están presentes en el sistema. Estas mezclas incrementan su flexibilidad y propiedades de barrera en la formación de película, propiedad que se aplica en el recubrimiento de nueces, evitando su rancidez.

Mezclas con gomas naturales (10), (15), (19), (34), (36). La mezcla de los celulósicos con estas gomas es utilizada ampliamente en la mayoría de los sectores de la industria de alimentos. Es común encontrarse con sistemas de estabilización compuestos por dos o más de estas gomas y algún derivado de celulosa. Algunas de las gomas de origen natural que están presentes en este tipo de mezclas son básicamente las que aparecen en el cuadro No. 5. Cada una de ellas tiene particular importancia en la industria de alimentos. A continuación se muestran algunos aspectos de cada una de ellas.

Goma Arábiga.- Conocida también con el nombre de goma acacia, y cuyo empleo es el más extendido en toda la industria en general. Se trata de un exudado vegetal del árbol de acacia compuesto por L-arabinosa,

D-galactosa, L-ramnosa y ác. D-glucorónico. Es un compuesto no tóxico, sin olor y sabor.

Solubilidad.- La goma arábica es la única goma que puede producir soluciones acuosas mayores del 50.0% de concentración, mientras que otras gomas no pueden ser disueltas en agua a concentraciones mayores del 5.0%. Es insoluble en grasas y la mayoría de los solventes orgánicos.

Comportamiento reológico.- A concentraciones abajo del 40.0% sus soluciones son Newtonianas. Arriba de esta concentración se observa comportamiento pseudoplástico.

Efecto del pH.- Su viscosidad varía con el pH presentando su máximo desarrollo entre pH 6 y 7. La presencia de electrolitos disminuye la viscosidad de sus soluciones.

Compatibilidad.- La goma arábica es compatible con la mayoría de los polímeros solubles en agua, exceptuando gelatina y alginato de sodio. Se ha determinado que la goma arábica puede mezclarse con metil celulosa (50 cps) al 6% en solución y 4% de goma arábica con límite máximo sin que se presente inestabilidad en la solución.



CUADRO NO. 5 TABLA GENERICA COMPARATIVA ENTRE CARACTERISTICAS DE DERIVADOS CELULOSICOS Y ALGUNAS GOMAS NATURALES (6), (19)

Producto	Comportamiento Electrolytico			Reología			Solubilidad			GRAS	pH Optimo	
	Aniónico (-)	Catiónico (+)	No iónico (0)	Dilatante	Tixotrópica	Pseudoplástico	Orgánicos	Agua Caliente	Agua Fria			Gelación
<b>Derivados Celulósicos</b>												
CMC	X				X	X		X	X	G	X	6-13
HPMC			X			X	X		X	GT b	X	6-8
MC			X			X			X	GT f		6-8
<b>Exudados de Plantas</b>												
Goma Arabiga	X					X		X	X		X	5-10
Goma Karaya			X		X			X	X	G	X	4-9
Goma Tragacanto	X					X		X	X	G	X	5-8
<b>Extracto de Semillas</b>												4-7
Goma Guar	X	X	X			X		X	X		X	4-10
Goma Algarrobo			X			X		X	X		X	3-11
<b>Origen Animal</b>												
Gelatina			X			X		X		GT	X	
<b>Productos Marinos</b>												
Alginato de Sodio	X					X		X	X	G	X	4-10
Carragenina	X					X		X	X	G	X	5-7

GT = Gelación Térmica

f = firme

b = blando

G = Gelación producida por aditivos

También soluciones de CMC al 2% con goma arábica al mismo porcentaje son compatibles en proporciones 3 a 1, 1 a 1, y 1 a 3 respectivamente. Estas mezclas, pueden ser aplicadas en la deshidratación de jugos y bebidas, así como en la encapsulación de colores y sabores. La goma arábica es aprovechada por su propiedad como formador de película y los derivados celulósicos le confieren cuerpo y textura al producto al ser reconstituido. (19), (36)

Goma Karaya.- Esta goma es un exudado del árbol *Sterculia urens*, muy común en la India. Su estructura es la de una mezcla compleja de polisacaridos solubles: D-galactosa, L-ramnosa y ác. D-galacturónico.

Solubilidad.- La goma karaya absorbe rápidamente agua y forma un mucilago viscoso a bajas concentraciones. Es la menos soluble de los exudados comerciales.

Comportamiento reológico.- La mayor viscosidad se obtiene con hidratación en agua fría. La reducción en viscosidad que se presenta al calentar una suspensión de la goma, especialmente bajo presión, es acompañada por un incremento en su solubilidad. A concentraciones por debajo del 0.5% en peso su comportamiento es

no-Newtoniano.

Efecto del pH.- La goma karaya mantiene su solubilidad aún con cambios de pH, pero la viscosidad decrece por la adición de ácidos o álcali. Altas viscosidades y una estabilidad aceptable puede obtenerse en un amplio rango de pH, si la goma es hidratada antes de ajustar el pH.

Compatibilidad.- Es compatible con hidrocoloides de plantas y con proteínas y carbohidratos. Mezclas de karaya y guar son usadas 1:1 para evitar la formación de cristales en helados. La mezcla con derivados celulósicos es factible pero su uso no es muy común.

Goma Tragacanto.- También un exudado vegetal, que es encontrado en arboles del género Astragalus. Sus polisacaridos componentes son ácido D-galacturónico, D-galactosa, L-fucosa, D-xilosa, L-arabinosa y L-ramnosa.

Solubilidad.- Cuando el tragacanto es mezclado con agua, se disuelve solamente una fracción llamada tragacanthin, que genera una solución hidrocoloide, mientras que la parte insoluble llamada bassorin se hidrata y forma un estado similar al gel.

Viscosidad.- Como en otras gomas es la viscosidad su más importante propiedad. Al 1% llega a alcanzar 3,400 cps. La disolución en frío, produce una máxima viscosidad a las 24hrs., pero si la temperatura se eleva a 50°C ésta viscosidad es alcanzada en 2hrs. A esa concentración su comportamiento es pseudoplástico. La viscosidad es afectada decrecientemente por efecto de altas temperaturas.

Efecto del pH.- Algunas gomas como karaya, muestran estabilidad en su viscosidad, pero se degradan en sistemas con pH muy ácido. Esto no sucede con el tragacanto, que comparado con otras gomas puede tolerar un pH de 2.

El tragacanto es un emulsivo bifuncional, pues no requiere agentes surfactantes, cuando se trabaja en sistemas agua/grasa, debido a que este, incrementa la viscosidad de la fase acuosa y también disminuye la tensión interfacial del sistema.

Compatibilidad.- Son comunes las mezclas con guar, algarrobo, CMC, MC, Xantato y almidones. Con goma arábica, la viscosidad del tragacanto a diferencia de

otras mezclas sinérgicas disminuye.

Goma Guar.- Esta goma es obtenida de las semillas de dos plantas leguminosas *Cyamopsis*, *tetragonolubus* y *Cyamopsis psoraloides*. Esta compuesta por D-manosa  $\beta$ -(1→4) y D-galactosa - (1→6) ramificada.

Solubilidad.- La goma guar puede ser hidratada en agua fría pero elevando la temperatura a las soluciones de goma guar se obtienen altas viscosidades en corto tiempo.

Viscosidad.- La goma guar es uno de los más eficientes espesantes que se conocen. Sus soluciones son no-Newtonianas y pseudoplásticas. Comúnmente es usada en concentraciones abajo del 1% llegando a obtener viscosidades de 3000 a 6000 cps.

Efecto del pH.- La guar por su carácter no-iónico, es estable en un rango de pH entre 1.0 - 10.5.

Derivados de goma guar.- Existen en el mercado derivados tales como carboximetil guar, hidroxipropil guar e hidroxietil guar, lo que hace que encontremos productos aniónicos, catiónicos y no-iónicos que amplían

sus aplicaciones en la industria.

**Compatibilidad.-** En la industria de alimentos, se utilizan mezclas de goma guar con almidones modificados, goma arábica, algarrobo, carragenina, karaya, metil celulosa y carboximetil celulosa. Proporciones iguales de goma guar y harina de algarrobo mezcladas con el doble de metil celulosa, es decir 1:1:2, son empleados en rellenos para pasteles y pays, mezclas de guar y CMC se utilizan ampliamente en el sector lácteo como sistemas de estabilización.

**Goma de Algarrobo.-** Se le conoce también bajo el nombre de carob y se le encuentra en las semillas del árbol con ese nombre. El árbol de carob (*Ceratonia siliqua*) crece principalmente en la región Mediterránea. La estructura es al igual que la goma guar a base de D-manosa y D-galactosa.

**Solubilidad.-** Tiene limitada solubilidad con agua a temperatura ambiente, pero desarrolla sus propiedades cuando sus soluciones son calentadas, desarrollando su completa hidratación a 80°C durante 10 minutos. Las soluciones comerciales del algarrobo son típicamente turbias.

**Viscosidad.-** Raramente es usada en concentraciones arriba del 1.0%. En soluciones al 3.0% se asemeja más a un gel que a una solución. Su comportamiento es pseudoplástico.

**Efecto del pH.-** En el rango de 3 a 11 el pH tiene poco efecto sobre la viscosidad de sus soluciones.

**Temperatura.-** Esta goma tiene gran resistencia a choques térmicos, propiedad que es explotada en la industria de alimentos, particularmente en helados y cremas.

**Compatibilidad.-** Como otras gomas vegetales, se le puede mezclar con la mayoría de los polímeros solubles en agua. Algarrobo-guar, Algarrobo-xantato, son mezclas que tienen efectos sinérgicos significativos en viscosidad pues reaccionan entre si ligeramente. Mezcla Algarrobo-CMC, es usada tradicionalmente en la industria láctea, y metil celulosa y algarrobo encuentran aplicación en sectores como el pastelero, donde es usado en el relleno de pies, evitando su rebosamiento.

**Alginatos.-** El alginato es procedente de algas marinas

del tipo de las Phaeophyceae. *Macrocystis pyrifica* es la principal fuente de extracción. Se trata de una alga que se encuentra en las zonas templadas del océano Pacífico. Comercialmente existen varios derivados de alginatos solubles en agua, tales como el de sodio, potasio, amonio, calcio y mezclas de sales de amonio y calcio del ácido algínico.

**Solubilidad.-** Las soluciones de alginatos son solubles en agua caliente y fría a diferencia de su ácido que es insoluble en agua fría y ligeramente soluble en agua caliente. Como otras gomas una humectación previa facilita una dispersión y solubilidad más completa.

**Viscosidad.-** Es dependiente de la concentración, temperatura y peso molecular del alginato así como del pH y la presencia de electrolitos. Sus soluciones experimentan disminución de viscosidad al incrementarse la temperatura, aproximadamente 12% por cada 5.6 °C de aumento en la temperatura.

**Efecto del pH.-** La máxima estabilidad de esta goma se encuentra cerca de la neutralidad, pero puede aplicarse en rangos de pH de 4 a 10. Abajo de pH 4 la viscosidad tiende a incrementarse por la formación del ácido libre



el cual es ligeramente soluble.

Gelación.- Pueden producirse geles en presencia de calcio y otros cationes polivalentes.

Compatibilidad.- Es compatible en general con otras gomas naturales y sintéticas. Hidroxipropil metil celulosa en proporción de dos partes de alginato por una del celulósico, es empleada en la elaboración de merengues y cremas batidas. También en mezcla con CMC es aplicable en la fabricación de helados.

Carragenina.- Goma de origen marino, que es extraído de algas de las familias Gigartinaceae, Solieriaceae, Phyllophoraceae y Hypneaceae. Su estructura esta compuesta por una mezcla de polisacaridos: D-galactosa, 3,6 -anhidro - D-galactosa, y grupos sulfato en forma de éster. La carragenina esta compuesta por dos principales fracciones.  $\kappa$ -carragenina que es sensitiva al potasio y la  $\lambda$ -carragenina que no lo es. Sin embargo, existen variantes híbridas en pequeñas cantidades, estas son mu-, kappa-, nu-, iota-, lambda-, theta-y xi-carrageninas. Comercialmente se encuentran disponibles mezclas de kappa-, iota-, y lambda-carrageninas. Su ácido libre es inestable por lo

que sus sales de sodio, potasio y calcio y más comúnmente mezcla de ellas son las más comerciales.

**Solubilidad.-** La carragenina es soluble en agua caliente. Las sales de sodio de kappa-y iota- son solubles en agua fría, mientras que sus sales de potasio y calcio no se disuelven completamente. Lambda- es completamente soluble en agua fría. Todas las carrageninas son solubles en leche caliente. Por otro lado lambda- tiene gran habilidad de dispersarse y espesar leche fría sin necesidad de sales solubilizantes. Todas las carrageninas son insolubles en solventes orgánicos aún con los mas polares.

**Viscosidad.-** Las carrageninas forman soluciones altamente viscosas, su comportamiento es el típico de las macromoléculas iónicas. La viscosidad de sus soluciones decrece al incrementarse la temperatura pero este efecto es reversible.

**Gelación.-** Kappa-y iota- carrageninas tienen la habilidad de formar geles en soluciones frias y calientes. Estos geles son térmicamente reversibles. Lambda-carragenina no produce geles.

Efecto del pH.- Abajo de pH 7 la estabilidad de sus soluciones se ve afectada, especialmente si la temperatura se incrementa. El pH óptimo de acción para la carragenina es pH 5-7.

Compatibilidad.- Es compatible con la mayoría de los polímeros solubles en agua. Algunas mezclas típicas son las siguientes:

Carragenina-Algarrobo.- Formación de gel fuerte e incremento de viscosidad.

Carragenina-Guar.- Marcado incremento de viscosidad.

Carragenina con karaya, tragacanto, CMC, MC, alginatos y pectinas.- Experimentan una ligera disminución de viscosidad.

Las mezclas de CMC-carragenina son altamente efectivas en procesos HTST. En helados mezclas de kappa-carragenina y CMC o goma guar, previenen sinéresis por condiciones de congelamiento y deshielo. Una aplicación importante de esta goma es en las gelatinas, ya sea sola o en mezcla con harina de algarrobo.

Gelatina.- Es definida como un producto obtenido de la hidrólisis parcial del colágeno derivado de piel, tejido

conectivo y hueso de animales. Una de las principales fuentes es de la piel de los puercos. La gelatina esta estructurada por 19 aminoácidos unidos mediante enlaces peptídicos formando polímeros de cadenas largas.

Solubilidad.- La gelatina es insoluble en agua fría, pero se produce una dispersión que al ser calentada se solubiliza para prevenir la formación de gel, es necesario mantener sus soluciones arriba de 120°F.

Viscosidad.- La viscosidad producida por la gelatina en agua es una de sus más importantes propiedades.

Comercialmente las viscosidades varían de 20 a 70 mps.

La viscosidad a diferencia de las otras gomas, aumenta exponencialmente cuando la temperatura disminuye.

También la viscosidad aumenta al incrementar la concentración.

Formación de gel.- Es quizá la más importante de sus propiedades. En concentraciones de 10-30% se obtienen geles rígidos al descender la temperatura de soluciones de gelatina previamente disueltas.

Compatibilidad.- La relación más tradicional con los derivados celulósicos es la mezcla CMC-gelatina o

CMC-gelatina-carragenina. Para el uso en algunos derivados lácteos como los helados. La mezcla de CMC-gelatina, produce un anormal incremento de viscosidad, mientras que las sales afectan la viscosidad de CMC disminuyéndola, cuando es mezclada con gelatina estas sales no afectan ese desarrollo anormal de viscosidad. Con proporciones 1:5 CMC-gelatina, el fenómeno anterior puede ser observado.

Por efectos de interés se apuntan a continuación los efectos de los derivados celulósicos, principalmente la CMC, con azúcares, almidones, soya y caseína.

Azúcares.- En las soluciones de azúcar la CMC tiene tres efectos, actúa como espesante, retarda la cristalización y reduce eficientemente la pérdida de agua por evaporación.

Almidones.- En estos sistemas la goma de celulosa es usada como un agente espesante para incrementar de una manera económica la viscosidad y como un control de sinéresis o separación de agua.

Soya.- La soya es insoluble en su rango isoeléctrico. La adición de CMC, facilita la solubilización, por lo

que la soya podrá utilizarse en rangos más amplios de pH. Se observa también un incremento en la viscosidad.

Caseina.— Una reacción similar ocurre con la caseína al agregar CMC, que inhibe la precipitación de caseína en su punto isoeléctrico, y se observa también viscosidades anormalmente elevadas. Este puede aprovecharse para estabilizar y espesar sistemas a bajos pH que contengan caseína. El efecto es más pronunciado con caseinatos de sodio que con caseinatos de calcio.

6.- PRINCIPALES FABRICANTES DE CMC, MC Y HPMC Y SUS  
MARCAS COMERCIALES.

Existen en el mercado internacional una gran cantidad de fabricantes de éstos derivados. En el cuadro No. 6 se presenta una semblanza de los productores más importantes en diferentes partes del mundo. Cada uno de ellos ofrece una variada gama de especificaciones que otorgan alternativas importantes de elección para el consumidor, dependiendo el uso al cual se le piense destinar.

Para cuestiones de importación las reglamentaciones vigentes publicadas en el Diario Oficial por la Secretaría de Comercio son las siguientes:

Producto	Fracción Arancelaria	Ad-Val %	Precio Oficial \$/kg	Permiso Importación
CMC*	39.03B007	40	6.0	no requiere
HPMC**	39.03B011	40	6.60	no requiere
MC**	39.03B006	40	-	no requiere

\* Publicada en el diario oficial de la Federación el 8 de Abril de 1985.

\*\* Publicado en el diario oficial de la Federación el 13 de Septiembre de 1985.

En el caso de que la inscripción al Acuerdo general de Aranceles y Comercio (GATT) de la República Mexicana se concrete, se presentaran modificaciones a los precios oficiales y Permisos de Importación según lo establezcan los términos del Convenio.



EMPRESA	NOMBRE QUIMICO	MARCA COMERCIAL	PAIS
Dow Chemical Co.	MC	Methocel A	E.U.A.
Dow Chemical Co.	HPMC	Methocel E,F,J,K	E.U.A.
Hercules Co.	CNC	Cellulose Gum	E.U.A.
Food Machinery Co.	$\alpha$ Celulosa (Microcristalina)	Avicol	E.U.A.
FMC Co.	CNC (Cross-linking)	AC.DI.SOL	E.U.A.
Union Carbide	CNC	CNC	E.U.A.
DUPONT	CMC	CNC	E.U.A.
WEANDOTTE	CNC	CARBOSE	E.U.A.
Imperial Chemical Industries (I.C.I.)	MC	METHOFAS H	Inglaterra
I.C.I.	HPMC	METHOFAS HPM	Inglaterra
I.C.I.	CNC	EDIFAS B	Inglaterra
Courtlands Acetate Ltd.	MC	CELACOL M.	Inglaterra
Courtlands Acetate Ltd.	HPMC	CELACOL HPM.	Inglaterra
Courtlands Acetate Ltd.	CNC	COURLOSE P.	Inglaterra
Kalle and Co.	MC	TYLOSE	Alemania
Kalle and Co.	CNC	TYLOSE HD	Alemania
Henkel	CNC	RELATIN	Alemania
Henkel	MC	CULMINAL	Alemania
Wolff Co.	CNC	ANTISOL	Alemania
Wolff Co.	MC	WALOSSEL	Alemania
Unipectina Cesalpina	CNC	CESAGUM	Italia
Société Novacel	CNC	BLANOSE	Francia
Algemeene K.U.	CNC	A.K.U. CMC	Holanda

EMPRESA	NOMBRE QUIMICO	MARCA COMERCIAL	PAIS
Kunstzijde-Spinnerij	CMC	NYHCEL	Holanda
Lamberti	CMC	Carbocel	Italia
Chemical Development of Canada	CMC	CARDOXEL	Canada
Cellulose Products of India, Ltd.	CMC	Cel-Pro	India
Sveska Cellulosa	CMC	CELLAPIX	Suocia
S.A. Coopal	CMC	COPAGEL	Bolgica
Metsaliiton Selluiousa	CMC	FINNPIX CMC	Finlandia
Shin-Etsu	MC	METOLOSE SM	Japón
Matsumoto Yushi	MC	MARPOLOSE	Japón
Shin-Etsu	HPMC	Metolose SH	Japón
Dai-ichi	CMC	CELLOGEN	Japón
Daicel Chemical	CMC	CMC DAICEL	Japón
Sanyo-Kokusen	CMC	SUNROSE	Japón
Bononic	CMC	Boniasol	Brasil
Quimica Antex	CMC	Extropol	Colombia
Quimica Antex	CMC	CMC PE	México
Derivados Macroquímicos	CMC	MACROCEL	México
Derivados Macroquímicos	HPMC	DENACOL	México

EMPRESA	MONDRE QUIMICO	MARCA COMERCIAL	PAIS
Kunstsijde-Spinnerij	CNC	NYNCEL	Holanda
Lamberti	CNC	Carbocel	Italia
Chemical Development of Canada	CNC	CARBOXEL	Canada
Cellulose Products of India, Ltd.	CNC	Cel-Pro	India
Sveska Cellulosa	CNC	CELLAFIX	Suecia
S.A. Coopal	CNC	COPAGEL	Belgica
Metsaliiton Sellulouza	CNC	FINNFIX CNC	Finlandia
Shin-Etsu	MC	METOLOSE SM	Japón
Matsumoto Yushi	MC	MARPOLOSE	Japón
Shin-Etsu	HPNC	Metolose SH	Japón
Dai-ichi	CNC	CELLOGEN	Japón
Daicel Chemical	CNC	CNC DAICEL	Japón
Sanyo-Kokusan	CNC	SUNROSE	Japón
Bononic	CNC	Boniasol	Brasil
Quimica Aptex	CNC	Extropol	Colombia
Quimica Antox	CNC	CNC PE	México
Derivados Macroquímicos	CNC	MACROCEL	México
Derivados Macroquímicos	HPNC	DENACOL	México

## CAPITULO II

### 1.- Experiencias en la Aplicación de Derivados Celulósicos.

A través del desempeño de las actividades profesionales del suscrito, se ha tenido la oportunidad de conocer la aplicación de derivados celulósicos ya sea como tales o en combinación con otras gomas en varias empresas del ramo alimenticio. En este capítulo se apuntarán algunas de estas experiencias, mismas en las que se intervino como asesor de la empresa proveedora, para auxiliar a los técnicos de la compañía interesada en la correcta aplicación y manejo de CMC, HPMC y MC como aditivos en sus productos. Se encontró en la mayoría de estas empresas que los parámetros de medición de resultados en la aplicación de gomas en sus productos son diversos. Algunas de estas mediciones rayan incluso en lo subjetivo, como el observar que una crema o una base para helado "tenga buen cuerpo", o que la reconstitución de algún producto deshidratado tratado con gomas, presente una apariencia y consistencia "adecuada". Otras empresas sin embargo poseen métodos más confiables como el control de la goma recibida y de su producto final, efectuando determinaciones de

viscosidad, pH o microbiológicas, tanto en la goma que reciben como en el producto final.

Por una comprensible actitud, técnicos de muchas empresas, al requerir algún derivado celulósico para elaborar pruebas en su laboratorio o incluso a nivel planta piloto, facilitan una información muy deficiente, limitándose a comunicar al técnico proveedor, que necesitan la goma para dar estabilidad o cuerpo a una crema o a un concentrado de fruta o para ligar algunas harinas preparadas, pero imposibilitan la participación activa, por políticas empresariales, no pudiendo conocer algunos otros parámetros de su proceso y producto, los cuales servirían para orientar al fabricante acerca de un manejo más apropiado de los celulósicos o sus mezclas. Incluso los resultados de estas pruebas son informadas con frases escuetas como "no funcionó el producto", "no es lo que se esperaba", o "el resultado es satisfactorio". Por lo que en estos casos, se deducen procesos, condiciones y resultados con la poca información que se obtiene y la experiencia personal del técnico proveedor del área. Sin embargo otras empresas, son más abiertas y esto permite elaborar un trabajo técnico en conjunto, incluso en la sugerencia de formulaciones o ajustes en las ya existentes, para que

su producto pueda presentar la mejora deseada mediante el uso de aditivos derivados de la celulosa.

Los siguientes ejemplos de aplicación de CMC, HPMC y MC, fueron llevados a cabo en diversas empresas y bajo diferentes condiciones, y cuyos resultados en algunos casos, pueden ser considerados como subjetivos, pero son producto de experiencias con empresas cuyo nombre omito por razones obvias, que de una forma u otra han encontrado solución a sus problemas con este tipo de aditivos, sin que se quiera decir con esto que sea la única alternativa.

Como se menciona en capítulos anteriores uno de los usos en alimentos más importante para la CMC es la fabricación de helados, sector en el cual se han tenido varias experiencias.

La base para helado, es una mezcla de grasa butírica o vegetal, azúcar, sólidos no grasos de leche, estabilizante, emulsivo, saborizantes y agua. La grasa otorga el valor energético y el sabor al producto y es el principal ingrediente. Los porcentajes que se manejan van del 8 al 20% y de hecho determinan la calidad y categoría (comercial o de lujo) del helado. El azúcar,

además de edulcorante, abate el punto de congelación de la mezcla y se adiciona en porcentajes del 10 al 16% generalmente. Los sólidos no grasos de leche ayudan a obtener un adecuado rendimiento o OVERRUM sin afectación de la textura. Los estabilizantes generalmente son mezclas de gomas como gelatina, guar, algarrobo y CMC, que imparten cuerpo y textura al helado, además de evitar la formación de cristales de hielo en la fase de congelamiento. Los emulsivos, generalmente a base de monoestearato de glicerilo, evitan la separación de la mezcla al dispersar la grasa uniformemente. Estos ingredientes se disuelven perfectamente en el agua de formulación, calentándolos a 43°C, temperatura suficiente para fundir la grasa, después se pasteuriza a 72°C por 15 minutos y se pasa a la fase de homogenización que comúnmente es de dos etapas, la primera a 1,500 lb/pulgada cuadrada y la segunda a 2,000 lb/pulgada cuadrada. La base o mezcla para helado ya homogenizada se enfría a 4°C en enfriadores de cortina y se lleva a la fase de maduración que puede ser de 3 a 24 hrs. a 4°C según el fabricante. En esta etapa la grasa se vuelve sólida y las gomas empleadas se hinchan obteniéndose un incremento en la viscosidad de la mezcla. Finalmente la base es congelada a -5°C, con introducción de aire mediante el batido, con ayuda de un

congelador continuo o Freezer. El volúmen aumentará hasta más del doble, conociéndose esto como rendimiento o OVERRUM, y obteniendo así el helado propiamente dicho, (3).

La legislación sanitaria vigente para estos productos (E), define en su capítulo VII, artículo 69, "que un helado es un producto nevado resultante de la mezcla de leche, o sólidos no grasos de leche, estabilizador, azúcar, extractos de fruta, o esencias de la misma.....", y en su capítulo IX, artículo 138, fracción I, define como sustitutos de helado a "los productos nevados que se fabriquen utilizando margarinas, oleomargarinas, grasas vegetales comestibles o crema vegetal y se denominarán; Helados de crema vegetal". El artículo 73, del capítulo VII del mismo reglamento, autoriza el uso de gomas como agentes estabilizantes, en la producción de helados y helados de crema vegetal.

La generalidad de los fabricantes de mezcla para helado conocen las fórmulas básicas para producir una mezcla de buena calidad, sin embargo por otra parte se lucha por abatir costos, ya que, la competencia así lo exige y esto aunque no debiera ser, impacta en cierto



grado en la calidad del producto. Se ha tenido oportunidad de participar en pruebas para elaborar base para helado, en compañías cuya preocupación primordial es el obtener un producto comercial competitivo, así se han llegado al diseño de fórmulas, en las que la presencia de la carboximetil celulosa de sodio sola o en mezcla con carragenina y/o goma guar, juegan un papel importante, pues la eliminación de sólidos en la formulación, hace que el cuerpo de la mezcla no sea adecuado y que su rendimiento al batido se deteriore. Estas mezclas con proporción adecuada de estabilizante pueden eliminar satisfactoriamente esos problemas.

Algunos ejemplos fueron los siguientes:

<u>Fórmula A</u>	%	<u>Fórmula B</u>	%
Grasa vegetal	10.0	Grasa vegetal	6.0
Leche descremada en polvo	9.0	Leche descremada en polvo	3.0
Suero en polvo	2.5	Suero	5.0
Azúcar	16.0	Azúcar	16.0
CMC	0.35	CMC	0.45
Monoestearato de glicerilo	0.05	Carragenina	0.03
Starter	0.04	Monoestearato de glicerilo	0.03
	<hr/>		<hr/>
Sólidos totales	37.94	Sólidos totales	30.51

Agua	62.06	Agua	69.45
Total	100.00	Total	100.00

<u>Fórmula C</u>	%	<u>Fórmula D</u>	%
Grasa vegetal	8.0	Grasa vegetal	8.0
Leche descremada en polvo	8	Leche descremada en polvo	8.25
Azúcar	13	Suero	2.75
Maltodextrina	7	Azúcar	16.0
CMC	0.20	CMC	0.12
Carragenina	0.02	Carragenina	0.02
Goma guar	0.10	Goma algarrobo	0.10
Starter láctico	0.05	Honoestearato de glicerilo	0.05
<hr/>		<hr/>	
Sólidos totales	36.37	Sólidos totales	39.29
Agua	63.63	Agua	60.71
Total	100.00	Total	100.00

El diseño de las mismas correspondió a necesidades específicas de algunos fabricantes. Paralelamente a la fórmula fueron ajustados o sugeridos parámetros de proceso como el ajuste de presión en la homogenización o temperaturas en la fase de enfriamiento o tiempos de pasteurización según el caso.

En la fórmula A, la presencia de CMC y de un emulsivo, respondió a la necesidad de evitar la formación de cristales que el helado presentaba en su fase final. El fabricante ignoraba que esos cristales eran producto de una falta de estabilizante, que por costo sustituyó con fécula. La inclusión de un derivado celulósico como CMC, además de retardar la formación de cristales, le dió una textura más firme al helado por las características reológicas de ésta goma.

En la fórmula B, debido a la concentración pobre de grasa, la textura del producto dejaba mucho que desear. El empleo de un sistema de estabilización a base de CMC y carragenina otorgó a la mezcla un cuerpo más espeso y evitó el desuerado de la misma en el almacenamiento que a los dos días era ya de 2cm. de sobrenadante. En esta mezcla se empezó a reflejar un problema de acidez por el exceso de suero de leche, mismo que fue solucionado con la adición de cantidades discretas de bicarbonato de sodio.

Para la fórmula C, el diseño del sistema de estabilización respondió a un proyecto en el cual se quería cambiar del sistema de pasteurización lenta a un sistema Alta-temperatura-corto tiempo. El sistema de

estabilización estaba integrado por 0.20% de CMC y 0.02% de carragenina. Se sugirió la inclusión de goma guar, por ser esta una goma con resistencia al choque térmico, al igual que la harina de algarrobo, pero que desarrolla su completa hidratación en tiempos más cortos. Hubo la necesidad de recordarle al productor la importancia de incorporar el starter láctico después de la pasteurización ya que no lo hacía y esto eliminaba su función saborizante por evaporación del mismo. La sequedad y la textura del producto final fue satisfactorio, dentro de las limitantes que establecía de hecho la fórmula que el productor deseaba manejar.

En la fórmula D, el balance general de componentes era más equilibrado, el fabricante autorizó un porcentaje mayor de grasa y un incremento en la cantidad de leche en polvo. Esto permitía a su vez usar un porcentaje más bajo de espesante, es decir la CMC. La mezcla de ésta con goma de algarrobo y carragenina, funcionó satisfactoriamente ya que su pasteurización era 70°C por 25 minutos, es decir lenta, y la mezcla de las gommas pudieron desarrollar adecuadamente sus propiedades, dando por resultado un buen helado comercial, de hecho de mejor calidad que las mezclas anteriores. En este caso se presentaron problemas

posteriores, en los que se notaba que el helado se "pegaba" en el paladar, el fabricante atribuía lo anterior a los aditivos, más en concreto a la presencia de carboximetil celulosa, investigando más a fondo, se descubrió que se había cambiado de proveedor de grasa. Esta grasa presentaba un punto de fusión arriba de la temperatura corporal, lo que ocasionaba que esta no se fundiera al tacto, en la degustación, corregido este problema, el helado adquirió nuevamente su palatabilidad y consistencia inicial.

Un problema común en el uso de la CMC en la fabricación de helados, es la incorporación de la misma en el proceso. Es aconsejable mezclar la CMC y las otras gomas que formen el sistema de estabilización, previamente en seco con otros sólidos de la formulación. Una proporción de 3 o 4 partes de azúcar por una de las gomas, facilita una hidratación más completa. La incorporación debe ser cuando el pasteurizador aún no alcanza su temperatura de proceso y donde ya se encuentran la leche reconstituida, la grasa fundida y el suero. Espolvoreada y lentamente incorporada, bajo agitación continua y vigorosa se evita la formación de grumos causada por las propiedades higroscópicas de estos materiales, y cuyo manejo puede generar problemas

en las líneas y en el producto terminado, ya que no sería estabilizada uniformemente.

En la elaboración de crema vegetal y media crema, es usual, el empleo de algunas gomas naturales y derivados de celulosa, o bien la mezcla de estas. La colaboración con algunos fabricantes de estos derivados lácteos, permitió conocer la aplicación de las gomas. Las consideraciones para determinar los porcentajes de los estabilizantes y emulsivos dependen de la calidad y del costo del producto que se desee obtener así como de los problemas que haya que resolver en un producto ya formulado.

El artículo 13 del capítulo III del reglamento vigente para este tipo de productos (E), "entiende por crema, la parte de la leche en la que se ha reunido la mayor cantidad de grasa de la misma, por procedimiento de centrifugación o de separación después del reposo." y en el artículo 126 del capítulo IX del mismo reglamento, entiende por sustitutos de crema a "las emulsiones de grasas o aceites vegetales comestibles en leche, leche descremada o crema y que por sus características organolépticas sean semejantes a la crema de leche; estos productos se denominan cremas vegetales".

El proceso de fabricación de crema vegetal en términos generales es como sigue: En un pasteurizador calentar dos terceras partes, del agua o leche fluida de formulación a una temperatura de 38°C, e iniciar la agitación del sistema y añadir los sólidos de leche no grasos, como suero o leche en polvo en su caso. Posteriormente la grasa previamente cortada en trozos se adiciona al pasteurizador antes que la temperatura alcance 70°C. Se mezcla en seco el azúcar o sal de formulación y el estabilizante , incorporándolos al pasteurizador. Se añade el resto del agua o leche fluida y se pasteuriza a 72°C durante 20 minutos. Acto seguido se homogeniza en dos etapas 2,000 lb/pulgada cuadrada y 2,500 lb/pulgada cuadrada. Finalmente se lleva a enfriamiento hasta alcanzar 4°C con ayuda de un enfriador de cortina. El recomendar la mezcla en seco del azúcar y el estabilizante, que es una mezcla de gomas, ayuda a aumentar la viscosidad de disolución y evitar la formación de grumos en la crema.

En el mercado existen fórmulas de cremas vegetales cuyos contenidos de grasa van del 20 al 30%, y de hecho este contenido de grasa determina en buena medida el porcentaje de monoestearato o polisorbato (emulsivos) y

del estabilizante-espesante (CMC, goma guar, goma de algarrobo) que han de usarse. Se ha determinado empíricamente que al elaborar una crema cuyo porcentaje de grasa vegetal sea menor a 30.0% podrá requerir de 4 a 6 gramos adicionales de espesante por cada kg. menos de grasa que se formule en el producto, para obtener un cuerpo y apariencia similar a la de mayor contenido de grasa. Otro caso típico en el que juega un papel importante la CMC en la elaboración de crema vegetal y media crema es el hecho de que muchos de los fabricantes hacen el intento de imitar con su crema vegetal a la crema natural o butírica. La crema natural se acidifica lentamente por la formación de ácido láctico, al aumentar la acidez también se incrementa la viscosidad y cuerpo de la crema.

Para imitar esa acidez de la crema natural en la elaboración de crema vegetal, se recurre a cultivos lácticos o ácido cítrico. La presencia de cultivos lácticos puede presentar algunos problemas en la textura final de la crema por la formación de grumos, (los cremeros dicen que la crema se puso "chinita") o bien una acidez excesiva por la dificultad que algunos fabricantes, por sus limitaciones, tienen para detener la formación de ácido. Por lo anterior se ha



recomendado el uso de ácido cítrico, en donde la acidez del producto esta en función de la cantidad agregada y esto permite un control más exacto en el sabor de la crema. No sucede así con la viscosidad, para lo cual se requiere agregar un espesante-estabilizante, y es aqui en donde entra la carboximetil celulosa de sodio, en combinación con gomas naturales. Algunas fórmulas en las que se ha intervenido, se apuntan enseguida.

**FORMULA A**  
**Crema Vegetal Acida**

Grasa Vegetal	28.0 %
Leche descremada en polvo	7.5 %
Sal	0.2 %
CMC	0.5 %
Goma Guar	0.4 %
Acido cítrico	0.1 %
Benzoato de Sodio	0.05%
Emulsivo	0.3 %
Saborizante	0.05%
Agua	62.90%
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>

**FORMULA B**  
**Crema Vegetal**

Grasa vegetal	32.0 %
Leche descremada en polvo	5.34%
CMC	0.30%
Goma Guar	0.30%
Goma Algarrobo	0.20%
Monoestearato	0.30%
Sal	0.10%
Amarillo Achiote	0.05%
Saborizante	0.05%
Benzoato de Sodio	0.10%
Agua	61.26%
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>

**FORMULA C**  
**Crema Vegetal**

Grasa vegetal	18.0 %
Suero fuido	80.0 %
CMC	1.0 %
Monoestearato de glicerilo	0.5 %
Amarillo achiote	0.05%
Saborizante	0.05%
Benzoato de sodio	0.1 %
Sal	0.1 %
<b>TOTAL</b>	<b>100.0 %</b>

**FORMULA D**  
Media Crema

Crema	31.250% *
Grasa vegetal	15.00 %
Leche descremada en polvo	5.00 %
Goma guar	0.3 %
CMC	0.3 %
Monoestearato	0.3 %
Benzoato de Sodio	0.1 %
Sal	0.15 %
Agua	47.60 %
TOTAL	100.00 %

\* crema cuyo contenido era de 48% grasa butírica, lo que representa en la formulación un 15.0% de grasa butírica.

**FORMULA E**

Crema	56.43%	1/
Leche fluida entera	42.57%	2/
CMC	0.4 %	
Harina de algarrobo	0.2 %	
Emulsivo	0.3 %	
Benzoato de sodio	0.08%	
Saborizante	0.05%	
Sal	0.1 %	
TOTAL	100.13%	

1/ Estos porcentajes fueron obtenidos por balance según la composición de la crema y de la leche.  
Crema con un contenido de 50% de grasa butírica.  
28.22% grasa butírica, 2.0% sólidos no grasos, 26.21% agua.

2/ 1.70% grasa butírica, 3.60% sólidos no grasos, 37.15% agua.  
De aquí sumando se obtuvo que la crema tiene un total de: 29.92% de grasa butírica, 5.62% sólidos no grasos, 63.46% agua.

En las formulaciones anteriores podría utilizarse MC y HPMC, en porcentajes mas o menos similares, pero la limitante principal es la disponibilidad en el país de estos derivados.

En la fórmula A fue necesario incluir 0.5% de CMC, para reforzar el cuerpo final de la crema, y contribuir así mismo a la estabilidad en la cámara fría. La adición de goma guar imparte al producto comportamiento reológico característico. Por otra parte el ácido cítrico respondió a la necesidad de otorgarle sabor ácido que era deseado en este producto.

La fórmula B por su alto contenido de grasa, requería menos espesante-estabilizante, pero se diseñó una mezcla de CMC-guar-algarrobo, ya que el fabricante conocía que la mayoría de sus compradores "bautizaban" su crema con leche fluida y/o agua, por lo que se requería una sobre estabilización que soportara esa dilución sin que sufriera no tanto pérdida de cuerpo sino separación de fases.

Un fabricante del Estado de México cuyo mercado principal se encontraba en la antigua Central de Abastos por el rumbo de la Merced y en el estado de Puebla,

distribuía una crema con bajo contenido graso que por lo mismo entraba ya en la categoría de aderezo para ensalada. Inicialmente este productor tenía graves problemas de separación del producto en su traslado. No usaba ningún emulsivo y espesaba su crema vegetal con fécula de maíz. Su producto fue reformulado conforme se apunta en la fórmula C y aunque su costo fue incrementado, el interesado quedó conforme al disminuir el número de devoluciones. Fue necesario un porcentaje elevado de CMC, para mejorar el cuerpo, y utilizar emulsivo para evitar separación de fases.

A su vez fue controlado el problema de contaminación bacteriana que venía afectando al producto por el empleo de fécula, prohibida incluso por la Secretaría de Salud, para estos fines. Respecto a lo anterior es oportuno mencionar que en la producción de crema, la Secretaría de Salud (D), prohíbe el uso de gelatina, gomas, feculentos, emulsionantes o cualquier otra cosa ajena a la leche. Para las cremas y medias cremas vegetales no se menciona nada específico acerca de los estabilizantes autorizados, ya que solo menciona el tipo de emulsivos que pueden emplearse. Sin embargo, en una entrevista con el funcionario jefe de la oficina de leches de la Dirección General de Control Sanitario

de Bienes y Servicios (B), se comprobó que por "norma interna", no se permite el uso de feculentos en cremas y cremas vegetales, siendo en estas últimas donde se puede emplear mezclas de gomas, previamente autorizadas por esa oficina.

En la elaboración de media crema, es decir una mezcla de grasa vegetal y butírica, la adición de derivados celulósicos, responde a la necesidad de ajustar el cuerpo y la textura del producto final, ayudando a mantener una crema uniforme, que resista almacenaje a temperaturas bajas es decir por debajo de 8°C y a los cambios bruscos de °t que estos derivados lácteos son sometidos en su transporte. Un sistema de emulsivo-estabilizante es una ayuda eficaz para evitar problemas de separación. La CMC tiene la función de estabilizador, ayudando a mantener la emulsión agua/grasa y mantiene estabilizados los sólidos. En las medias cremas, como es el caso de las fórmulas D y E, donde se emplea crema butírica y leche fluida entera debe tenerse cuidado de balancear adecuadamente el porcentaje final de grasa que estara presente en la crema, con los sólidos no grasos de leche, que generalmente deben ser aumentados a menor concentración de grasa. La aplicación de CMC, guar y algarrobo en

estas fórmulas, se produjo a petición de la empresa tomando en cuenta su proceso, rotación de inventarios y desde luego la formulación que se diseñó. La forma de incorporar los derivados celulósicos y otras gomas, es genéricamente igual al descrito en la aplicación de helados. Es indispensable que la crema sea homogenizada correctamente, para que el resultado sea satisfactorio. Una presión entre 2,000 y 2,500 libras es aceptable.

Otro derivado lácteo en el cual la CMC es aplicable es el conocido como "sustituto de crema para café" o "blanqueador para café", este último con presentación en polvo. Ambos productos requieren de una goma, que bien puede ser un derivado de celulosa. La experiencia personal se tuvo en el producto fluido, o sea el sustituto de crema para café. Se nos solicitó un espesante para dar "un poco" de cuerpo a este producto y fue probada y aprobada la carboximetil celulosa de sodio.

Una vez más la función de la CMC fue dar cuerpo a la mezcla y auxiliar al emulsivo evitando separación de fases. Una de las fórmulas que se aprobaron fue aproximadamente la siguiente:

### Sustituto de crema para café

Grasa vegetal	10.0 %
Malto dextrina	12.0 %
Azúcar	1.0 %
Proteína de soya	0.90%
Carboximetil celulosa	0.1 %
Citrato de sodio	0.41%
Fosfato dipotásico	0.23%
Emulsificante	0.50%
Color	0.03%
Saborizante	0.05%
Agua	74.78%
TOTAL	100.00%

El proceso de elaboración es similar al empleado para fabricar crema vegetal, solo que requiere una homogenización menos estricta (2,500 lb/pulgada cuadrada y 500 lb/pulgada cuadrada) por su contenido bajo en grasa. Otra diferencia es que, es sometido a un congelamiento rápido a  $-16^{\circ}\text{C}$  durante 24 hrs., después del enfriamiento a  $4^{\circ}\text{C}$ . Se recomienda almacenarlo a  $10^{\circ}\text{C}$ . En estas condiciones el producto tiene una vida útil de dos semanas. (13)

Resultó interesante un desarrollo en conjunto con una empresa que deseaba obtener un merengue pastelero, para sustituir una crema batida tipo "chantilly", con el objeto de destinarlo al adorno de pasteles cuyo costo y destino no requerían de un producto como la crema mencionada. La fórmula aprobada en el desarrollo, fué



la siguiente:

Grasa	25.0%
Azúcar	15.0%
Hidroxipropil Metil Celulosa	0.5% *
Goma Xantato	0.1%
Emulsivo	0.6% **
Sal	0.1%
Agua	58.7%
Sabor al gusto	-
TOTAL	100.0%

\* La Hidroxipropil metil celulosa empleada fué de 100 cps. al 2%.

\*\* El emulsivo esta formado por una mezcla de TWEEN 60 y hexaglicerol.

Para la incorporación del sistema de estabilización formada por HPMC y goma Xantato, se recomendó su mezcla en seco y su hidratación previa en seco con agua de formulación, (aproximadamente una tercera parte), a 90°C. Una vez lograda la hidratación, el resto del agua debía agregarse como agua fría. Posteriormente podían ya incorporarse la grasa, los emulsivos y el resto de los componentes y continuar con el proceso, es decir una pasteurización a 73°C por 30 minutos bajo agitación y una homogenización a dos pasos 2,000 y 500 libras respectivamente, que debe ser precedida por un enfriamiento rápido con el propósito de evitar una reaglomeración de las partículas de grasa. El producto puede ser congelado a 4°C antes del "montado" o fase de

batido del producto. La mezcla de HPMC y xantato resultó adecuada generando un rendimiento en el batido que alcanzaba el 300%.

Otra aplicación en productos de pastelería en la cual se tuvo cierta participación fue recomendando la aplicación de HPMC en la elaboración de relleno pastelero sabor limón. El uso del derivado celulósico reduce la absorción de agua en la corteza del pay durante la fase de horneado, y por sus propiedades espesantes se estabiliza el sistema durante el horneado reteniendo el sabor original. Por su carácter no iónico es compatible con el medio ácido presente en el sistema. La fórmula del fabricante tenía ya presente goma guar y goma de algarrobo, que fueron complementadas con el uso de la HPMC, la cual era aproximadamente la siguiente:

Fructosa	29.0 %
Almidón modificado	5.0 %
HPMC	0.130%
Goma Guar	0.06 %
Harina de algarrobo	0.06 %
Citrato de sodio	0.19 %
Acido cítrico (sol.al 50%)	0.56 %
Colorantes	0.26 %
Aceite de limón	0.80 %
Benzoato de sodio	0.05 %
Sorbato de potasio	0.05 %
Antioxidante	0.0004%
Agua	63.84 %
TOTAL	100.00 %

La metodología para la elaboración de este tipo de relleno fue: se añadió el almidón al agua, después los conservadores, sorbato de potasio y benzoato de sodio. Premezclados con anticipación, se agregan la goma guar y el algarrobo y se calienta la mezcla a 36°C con agitación. Se agrega la fructosa, el citrato de sodio, bióxido de titanio y se calienta a 72°C. Se agrega la hidroxipropil metil celulosa. El ácido cítrico es añadido y se inicia un calentamiento a 82.5°C durante 15 minutos. Los últimos pasos son enfriar a 75°C y adicionar el antioxidante disuelto en el aceite de limón. Este producto se distribuye congelado. (12)

La HPMC recomendada fue de alta viscosidad, y presentaba 60,000 cps. al 2% en solución. Se nos fue reportado un resultado satisfactorio, ya que la consistencia y apariencia del producto cumplía con sus requisitos. Así mismo en pruebas de anaquel, no se presentó pérdida de consistencia y sabor en el relleno del pay, en lapsos de 12 a 14 días.

La salsa de tomate o catsup, como se conoce en el mercado es una mezcla de tomates frescos, sanos y sin fermentar, adicionado de azúcar, mostaza, vinagre, pimienta y otras sustancias permitidas (A). No obstante

la salsa de tomate que se comercializa, contiene pasta de tomate y gomas que funjen como sustituto de sólidos y espesante. Se suele adicionar todos los ingredientes en un recipiente y calentar a 40°C. El espesante mezclado con parte del azúcar o sal de la formulación, es agregado en este punto. Se eleva la temperatura a 105°C manteniéndola durante 30 minutos. El producto es envasado en caliente, aproximadamente 80°C y es sometido a otro calentamiento ya en su envase a 95°C durante 30 minutos, a manera de esterilización.

El uso de la CMC, como espesante para la elaboración de salsa de tomate tipo CATSUP, es muy común, una de las fórmulas a las que se tuvo acceso en la cual fue recomendado el derivado celulósico como parte de su sistema de estabilización fue la siguiente:

Pasta de tomate	35.0 %
Azúcar	18.0 %
Vinagre al 5%	20.0 %
CMC	0.80 %
Carragenina	0.080%
Sal	2.00 %
Ac. cítrico	0.80 %
Ac. Ascórbico	0.200%
Saborizante	0.02 %
Agua	23.0 %
TOTAL	100.0 %

La carboximetil celulosa que se empleó para esta

formulación presenta una viscosidad de 2000 cps. al 1% en solución.

Una experiencia de interés obtenida en el sector de confitería fue sustituir por un derivado celulósico, un polímero sintético soluble, la Polivinil Pirrolidona, usado en la elaboración de pigmento blanco dispersado, que es usual para el confitado o grageado, en la industria dulcera y farmacéutica. La PVP, es decir Polivinil Pirrolidona, es una goma sintética no iónica de alto peso molecular, químicamente conocida como poli-1-vinil-2-pirrolidona. Es un excelente coloide protector, agente de suspensión y formador de película. La tolerancia a compuestos orgánicos y a sales inorgánicas sin afectación de sus propiedades, así como su compatibilidad con almidones, CMC, MC, alcohol polivinílico, alginatos, sorbitol, glicerina, entre otros, lo hacen muy útil en la industria de alimentos. Su rango óptimo de pH es de 0 a 10. En presencia de hidróxido de sodio su viscosidad se ve afectada grandemente. (6), (19).

El problema con la PVP, es el ser un producto de importación y el fabricante se veía afectado en la disponibilidad y el alto costo del material.

Se realizaron pruebas con CMC de sodio de viscosidades bajas, aprovechando sus propiedades adhesivas y dispersantes, buscando que el pigmento quedara correctamente adherido en la gragea, y su pigmentación fuera uniforme. La CMC de 50 a 80 cps. al 1% presentó una aceptable adhesividad y dispersión del pigmento a una concentración del 0.10% en peso. Los ingredientes de este pigmento dispersado, como fórmula base fueron: azúcar, bióxido de titanio, CMC, benzoato de sodio, sorbitol y talco.

No obstante que la PVP funcionaba adecuadamente, en su pigmento para grageas, la sustitución por CMC, significó eliminar una importación de materia prima que dejó conforme al fabricante.

El empleo de metil celulosa de 15 cps., para lograr la adhesión de la sal en cacahuate botanero, fue un desarrollo que se logró preparando una solución al 1.5% de metil celulosa, con 25.0% de sal, en la cual fue remojado el cacahuate por espacio de 2 a 3 minutos, posteriormente fue secado a temperatura ambiente logrando que la sal quedara cristalizada y adherida al cacahuate, evitando de esta manera por la propiedades de película de la MC, que aquella se almacene en el fondo

del empaque, con el consiguiente desperdicio y sobre todo mala imagen ante el consumidor.

Por considerarlo interesante se mencionan dos experiencias más en la aplicación de celulósicos, en este caso como uso indirecto de la industria de alimentos:

Un fabricante de chicle a base de latex surte este producto en cuñetes de cartón. El usuario debe romper el empaque para utilizar el producto, pero al hacerlo el cartón queda adherido al latex lo que genera pérdidas y falta de funcionalidad en el manejo. Se pensó entonces en recubrir la parte interior del cuñete con una solución al 2% de metil celulosa de 20 cps. formándose una película en la superficie interna del mismo, posteriormente ya pueden llenarse los envases con el latex que se solidificará. Ahora, al romper el cuñete, este se desprende sin que haya producto adherido a él, ya que la película de metil celulosa actúa como desmoldante, por lo que se evita la merma en el producto y la incomodidad en el acceso al material.

El uso de selladores de ubre en establos y rancherías principalmente los que emplean ordeñadores automáticos es muy común. La aplicación de la CMC en estos productos es cada día mayor. Estos productos

están formados por una mezcla de propilenglicol, glicerina, alcohol, CMC y agua. Después de cada ordeña la ubre es recubierta o sellada con esta solución, evitando irritación de la ubre, goteo, mastitis y contaminación por insectos. Al llegar el momento de la nueva ordeña, simplemente se remueve el sellador, se ordeña y se vuelve a recubrir. La CMC funge como espesante de la solución, y adhesivo en el recubrimiento.

Con lo anterior se ha querido dar una idea, a base de lo que se ha tenido oportunidad de experimentar personalmente, de algunos problemas que suelen presentarse en la industria de alimentos, y de como el uso de los derivados celulósicos como aditivos pueden ser aplicados en la resolución de éstos.



## CONCLUSIONES

Los derivados celulósicos compiten en el sector alimentos con gomas naturales como arábica, guar, algarrobo y otras. Estudios de mercado de reconocimiento internacional (C), afirman que las gomas naturales mantienen la mayor penetración como espesantes y estabilizantes en el mercado de alimentos. A nivel internacional y tomando como referencia Estados Unidos, Europa Occidental y Japón, la gelatina, la goma arábica y la goma guar son las de mayor participación en la industria de alimentos, siguiéndole a estas los derivados celulósicos. En promedio el 50% de la gelatina consumida en U.S.A. fue canalizada al sector alimentos, el 50% de la goma arábica, el 12% de la goma guar y el 22% de derivados celulósicos (CMC, HPMC y MC) fueron también al sector alimentario. En millones de lbs. sus consumos promedio fueron 65.0 de gelatina, 20.0 de goma arábica, 117.0 de goma guar y 88.0 de derivados celulósicos (CMC, HPMC, MC).

En el mercado nacional el derivado de celulosa más empleado es la carboximetil celulosa de sodio, que compite con otros celulósicos como MC y HPMC de importación y con la goma guar, también de importación,

cuya propiedad como espesante y retenedor de humedad es muy solicitada. La goma arábiga es también otro producto de gran consumo en la industria alimentaria nacional, siguiéndole en importancia otras gomas como el algarrobo, la carragenina, el xantato y el tragacanto. Estas gomas generalmente son adquiridas en Estados Unidos, Medio Oriente y en la región mediterránea.

El pronóstico de crecimiento para el mercado de los derivados celulósicos en el sector alimentos es de 3 a 4% anual hasta 1989, (C). Nuevas aplicaciones como lo son el uso de estos aditivos en alimentos de bajo contenido calórico, bebidas dietéticas y alimentos para mascotas entre las más importantes, conjuntamente con los usos tradicionales, justifican dicho pronóstico.

Algunas de las principales desventajas de la CMC que pueden ser limitantes para su aplicación son: resistencia pobre a enzimas, palatabilidad gomosa en concentraciones elevadas y su incompatibilidad con compuestos orgánicos de alto peso molecular. En cuanto a la HPMC y MC sus principales limitantes son la palatabilidad gomosa en altos porcentajes y la floculación de sólidos de leche. Ahora bien, ventajas tan importantes como el no depender de climas, malas

cosechas, tener alto grado de pureza, el no requerir ajustes o estandarizaciones antes de su aplicación (ya que pueden ser controlados de lote a lote) y la amplia gama de sus aplicaciones, hacen que sus perspectivas sean prometedoras.

Los datos y experiencias presentes en este trabajo, pretenden dar una idea general de los derivados de celulosa aplicados en la industria de alimentos, cumpliendo así el objetivo de este informe. En él pueden encontrarse, cuadros, referencias y datos comparativos así como experiencias personales que pueden llegar a ser de utilidad para los interesados en el tema o que deseen introducirse al estudio de las gomas.

## DIBLIOGRAFIA

- 1 - Algemene Kunstzijde Unie N. U., AKU-CMC bulletin 1980, Holanda.
- 2 - American Society for Testing and Materials, Annual Book of ATSM Standards, Part 21, Cellulose, 1976, Philadelphia, U.S.A.
- 3 - Arbuckle W.S., ICE CREAM, Ed. Avi Publishing Co., 2nd. Edition, 1972 West Port, Connecticut.
- 4 - Brookfield Engineering Lab., Solutions to Sticky Problems, bulletin 1983.
- 5 - Courtaulds Acetate Ltd., Celacol and Courlore Gums in Food, B. No. CC80.
- 6 - Davidson R. and Marshall S., Water-Soluble Resins, Ed. Van Nostrand Reinhold Co., 1968, Canada.
- 7 - Davidson R.L. Handbook of Water Soluble Gums and Resins Ed. McGraw Hill - 1980.
- 8 - Dow Chemical Co. (1976), Methocel bulletin No. 192-516-75.
- 9 - Dow Chemical Co. (1980), Selecting Methocel Food Gums, B. No. 192-765-80.
- 10 - Dow Chemical Co. (1980), Methocel Food Gums in Fried Foods, B. No. 192-761-80.
- 11 - Dow Chemical Co. (1982), Methocel Food Gums in Bakery Products. B. No. 192-874-482.
- 12 - Dow Chemical Co. (1982), Methocel Food Gums in Pie and Pastry Fillings. B. No. 192-878-482.
- 13 - E. I. DuPont N. and Co., Dupont Sodium CMC, bulletins No's. A-70350, A-17331, A-44500. 1975, Willminton Del.
- 14 - Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Cellulose Ethers, Vo. 3, Interscience, N.Y. 1965.

- 15 - Finch C.A. Chemistry and Technology of Water Soluble Polymers. Ed. Plenum Press, New York 1983.
- 16 - Finn Fix CMC METSÄLIITON Teollisuus oy, Äänkoski, Chemical Works, Water Soluble Carboxymethyl Cellulose, for Industrial Uses, Finland, 1981.
- 17 - FMC Co. Ac.Di. Sol "Modified Cellulose Gum", B. No. SD-1 and SD-5, 1983.
- 10 - Food and Drugs Administrations, Code of Federal Regulations, Parts 170 to 199. Revised April 1984 and April 1985.
- 19 - Glicksman M., Gum Technology in Food Industry, E.D. Academic Press 1979.
- 20 - Hercules Powder Co., Chemical and Physical Properties of Sodium CMC. B. No. 250-10, Willminton Del. 1984.
- 21 - Hercules Powder Co., Guide to Hercules Water Soluble Polymers, B. No. 853-5M.12-62, Willminton, Del. 1975.
- 22 - Hernandez R., Tesis Profesional "Estudio Técnico Económico de una planta para la fabricación de Metil Celulosa en México", Fac. Química, U.N.A.M. 1966.
- 23 - Inguar Jullander, Industrial and Engineering Ch, "Water Soluble Ethylhydroxyethylcellulose", Vol. 49, Pag. 364, March 1957, Sweeden (Reimpresion).
- 24 - Japan Chemical Week, Vo. 26 No. 1321, Jul. 25, 1985, Pag. 4 y 5.
- 25 - Kalle, Tylose "el valioso aglutinante para helados", B. No. 233.
- 26 - Keeney P., Commercial Ice Cream and other Frozen Desserts. The Pennsylvania State University, 1968.
- 27 - Klug E.D. "Cellulose derivates" in Kirk-othmer Encyclopedia of polymer Science and Technology, Vol. 3, Interscience, N.York, 1965.

- 28 - National Academic of Science, Food Chemical Codex, Committee on Specifications Food Chemical Codex. Protection National Research Council, 2nd. Edition, Washington, D.C., Pages 731-734, 1972.
- 29 - Quimica Amtex, Boletín Técnico CMC, s/n 1983.
- 30 - Sanyo Kokusaku Pulp Ltd. Sunrose CMC-PAC Polymer. Bulletin No. 2T83.
- 31 - Shelanski H. and Clark A., Physicological Action of Sodium C.H.C. on Laboratory Animals and Humans. Smyth Lab. Philadelphia, Penn. from Food Research, 1948. Vol. 13, No. of pages 29-35
- 32 - Shin-Etsu Chemical Co. Ltd., Metolose bulletin, Tokyo, Japan.
- 33 - Shin-Etsu Chemical Co. Ltd., HPC bulletin, Tokyo, Japan.
- 34 - Stain-Hall, Speciality Chemicals. Jaguar. Guar Gum and guar derivatives.
- 35 - Union Carbide Co., Cellosize (Hidroxietyl Celulosa) 1972.
- 36 - Whistler, R.L.: Industrial Gums, Academic Press, New York 1974.

## ANEXO 1

### Fuentes de información adicionales.

- (A) Gomez F.J. Legislación Alimentaria, Tecnol. Aliment. 1979 (Mex), 4, 187.
- (B) M.V.Z. Morales Chavarin J., Jefe de la Oficina de lácteos y sus derivados de la Dirección Gral. de Control Sanitario de Dienes y Servicios. (Entrevista).
- (C) Rakutis R. and Chang E., Water Soluble Polymers, C.E.H. Marketing Research Report (1984).
- (D) Reglamento sobre elaboración, almacenamiento, envase, transporte y venta de cremas, mantequillas y quesos, en el Distrito Federal y territorios y zonas federales. Publicado en el Diario Oficial del 9 de julio de 1948, capítulo II, artículo 18.
- (E) Reglamento de productos derivados de la leche y sustitutos de ellos. Publicado en el Diario Oficial del 24 de agosto de 1953.