

EVALUACION DE LA CONSISTENCIA DE SOLUCIONES
DE GOMAS UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS
Y ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS MISMAS
EN ADEREZOS PARA ENSALADA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



EVALUACION DE LA CONSISTENCIA DE SOLUCIONES
DE GOMAS UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS
Y ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS MISMAS
EN ADEREZOS PARA ENSALADA

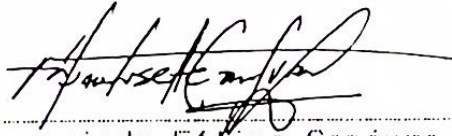
CARLOS ESTUARDO ORTIZ BOJORQUEZ

Trabajo de investigación presentado para
optar al grado académico de Licenciado
en Ingeniería y Ciencia de Alimentos

Guatemala

1992

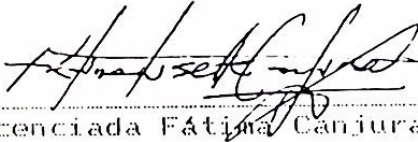
Vo. Bo.: (f)



Licenciada Fátima Canjura de Arce
Asesora

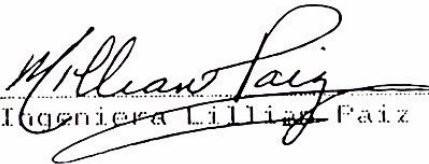
Tribunal:

(f)



Licenciada Fátima Canjura de Arce

(f)



Ingeniera Lilliam Paiz

(f)



Licenciada Patricia de Palermo

Fecha de aprobación: 17 de noviembre de 1992.

A mis padres y
profesores

PREFACIO

En el presente trabajo se evaluó el comportamiento de estabilizantes (gomas) usados en la fabricación industrial de aderezos para ensalada. Estos se prepararon en una batidora KitchenAid Hobart. Sin embargo, a nivel industrial, la elaboración de estos productos se realiza con un molino coloidal, con el que se logran emulsiones bastante estables. Las condiciones de mezclado utilizadas difieren de las que se usan a nivel industrial. No obstante, el objetivo de la investigación fue estudiar la conducta de los estabilizantes y no el estudio de diferentes parámetros de producción. Por consiguiente, si en algún momento dado se deseara comercializar los productos aquí descritos, habrá que determinar condiciones de proceso tales como la velocidad y el tiempo de mezclado óptimos para obtener una emulsión estable y una consistencia adecuada.

CONTENIDO

		Páginas
	PREFACIO	ix
	RESUMEN	xiii
I.	INTRODUCCION	1
II.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	3
III.	MARCO TEORICO	5
	A. Textura de los alimentos	5
	B. Viscosidad	15
	C. Hidrocoloides	30
	D. Control de la cristalización	45
	E. Estabilización de emulsiones	47
	F. Regulaciones para los aditivos ali- menticios	54
	1. Goma guar	55
	2. Goma xanthan	65
	3. Goma tragacanto	73
	G. Aderezo para ensalada	79
IV.	METODOLOGIA	89
V.	ANALISIS ESTADISTICO	109
VI.	CALCULOS	111
VII.	DISCUSION DE RESULTADOS	119
VIII.	CONCLUSIONES	135
IX.	RECOMENDACIONES	137
X.	BIBLIOGRAFIA	139

APENDICES

A. Figuras y Tablas Auxiliares	143
B. Tablas y Gráficas de Resultados	171
C. Análisis de Resultados	217

RESUMEN

La industria de alimentos dispone de una gran variedad de agentes espesantes y estabilizantes para formular diversos productos alimenticios. Cada uno de estos aditivos posee características únicas y su comportamiento depende de la naturaleza del medio al cual se incorpora. En el presente estudio se observó que la sal común (NaCl) provocó un mayor aumento en la consistencia de soluciones de goma guar, que en las de gomas xanthan o tragacanto. Además, a pH 3.30, las soluciones de goma xanthan presentaron un aumento en consistencia más pronunciado que las de las otras gomas. El pH del medio tuvo un mayor efecto espesante sobre las soluciones de gomas que la presencia de sal. Por último, el aderezo Francés más estable se obtuvo con la goma xanthan, mientras que los aderezos Cole Slaw y Queso Azul más estables se lograron con la goma tragacanto.

I. INTRODUCCION

El presente trabajo se realizó debido a la enorme importancia que tienen las gomas en el desarrollo de productos alimenticios estables y a la necesidad de conocer cómo es que ellas ejecutan sus múltiples acciones. La comprensión de dichos mecanismos ayudará al procesador de alimentos a seleccionarlas y manejarlas adecuadamente para que, al incorporarlas en una formulación, los resultados obtenidos sean óptimos.

Los estabilizantes y espesantes son generalmente polisacáridos que se dispersan en solución como coloides.¹⁶ Comúnmente son llamados gomas. Entre ellos se encuentran la goma arábiga, goma guar, carboximetilcelulosa, carragenina, agar, almidón y pectina.¹² La función de estos compuestos como aditivos es la estabilización de emulsiones y suspensiones, control de cristalización, formación de geles, agente espesante y como base en productos encapsulados.⁸ Por sus múltiples propiedades, los estabilizantes son ampliamente utilizados en la industria de alimentos, en productos de panadería, helados, sorbetes, carnes, aderezos, bebidas, jaleas y mermeladas.¹⁴ En el presente estudio las gomas se aplicaron en tres aderezos para ensalada: Francés, Cole Slaw y Queso Azul.

El trabajo consistió en experimentaciones constantes

en el laboratorio con tres estabilizantes: gomas xanthan, guar y tragacanto. Los puntos a evaluar fueron: primero, la evaluación de la consistencia de soluciones de gomas en función de la concentración de sal presente, el pH de la solución y las condiciones de preparación de los diferentes aderezos. Segundo, el comportamiento de los estabilizantes en los aderezos a diferentes temperaturas de almacenamiento: ambiente, refrigeración e incubación. (La consistencia se midió con un consistómetro de Bostwick y el pH, con un potenciómetro.) El estudio del comportamiento de las gomas en aderezos se hizo al evaluar consistencia y estabilidad de emulsión de los aderezos 0, 0.33, 1, 3, 5 y 10 días después del día de la preparación de los mismos /1/.

/1/ La evaluación de la estabilidad de la emulsión formada se hizo visualmente, observando únicamente si ocurría o no separación de fases.

II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

A. Objetivos generales.

1. Dar a conocer qué son las gomas, cómo actúan en los alimentos y cuáles son sus aplicaciones más comunes en la industria alimenticia.
2. Evaluar la consistencia de soluciones de gomas xanthan, guar y tragacanto en función de diferentes parámetros.
3. Evaluar el efecto estabilizante de cada una de las gomas.

B. Objetivos específicos.

1. Observar el efecto que produce la sal común en la consistencia de una solución de estabilizante.
2. Ver los cambios que provoca el pH en la consistencia de soluciones de gomas.
3. Determinar las concentraciones de cada uno de los estabilizantes que se necesitan para la fabricación de los aderezos para ensalada.
4. Estudiar el cambio que sufren la consistencia y la estabilidad de la emulsión de los aderezos preparados con el tiempo, según la temperatura de almacenamiento.

III. MARCO TEORICO

A. Textura de los alimentos.

1. Importancia de las propiedades texturales.

Los cuatro factores de calidad principales en los alimentos son los siguientes:

a. Apariencia, que comprende color, forma, tamaño, brillo, etc., está basada en propiedades ópticas y en la manifestación visual del tamaño y la forma.³

b. Sabor, compuesto por el gusto (percibido por la lengua) y el olor (percibido por la nariz). Es la respuesta de los receptores en la cavidad oral a los estímulos químicos.³

c. Textura: es la respuesta de los sentidos táctiles a estímulos físicos resultantes del contacto entre una parte del cuerpo y el alimento.^{3,4}

d. Nutrición.

De los factores listados arriba, los tres primeros se denominan "factores de aceptabilidad sensorial," ya que se perciben directamente con los sentidos.³ La nutrición no es un factor de aceptabilidad, pues no se percibe mediante los sentidos.

Los factores de aceptabilidad sensorial de los alimentos son extremadamente importantes para su comercialización y mercadeo.¹⁵

2. Reología y textura.

La reología es el estudio de la deformación y flujo de la materia.²² Reología de alimentos "es el estudio de la deformación y flujo de las materias primas, los productos intermedios y los productos finales de la industria de alimentos".¹⁵

La ciencia de la reología tiene muchas aplicaciones en el campo de la aceptabilidad, procesamiento y manejo de los alimentos.²¹ Varias operaciones del procesamiento de alimentos dependen mucho de las propiedades reológicas del producto en una etapa intermedia de manufactura, pues ésta tiene un efecto profundo sobre la calidad del producto terminado. La viscometría, especialmente la viscometría no-Newtoniana, es un componente importante de la calidad de la mayoría de alimentos fluidos y semifluidos. La plasticidad, pseudoplasticidad y la propiedad de adelgazamiento por corte son factores de calidad importantes en los alimentos, y el estudio de estas propiedades es parte de la ciencia de la reología.³⁰

La reología es importante en tecnología de alimentos porque tiene aplicaciones en las tres categorías principales de la aceptabilidad de un alimento:

a. **Apariencia.** Existe un pequeño componente de la reología en la apariencia, ya que ciertas propiedades mecánicas y estructurales de algunos alimentos pueden ser

determinadas por la apariencia; por ejemplo, se puede ver en un plato cuán fluido es un alimento.³

b. Sabor. La reología no tiene que ver directamente con esta categoría, aunque la manera en que se fractura un alimento en la boca puede afectar la rapidez con que se liberan los compuestos saborizantes.³

c. Tacto. Las propiedades reológicas son un factor principal en la evaluación de la calidad de un alimento mediante el sentido del tacto. Así, durante el proceso de la masticación se sienten en la boca una serie de propiedades reológicas, tales como la deformación que ocurre a la primera mordida y las propiedades de flujo del bolo alimenticio.³

3. Principios de la medida objetiva de la textura.

La clasificación de las mediciones de textura con base en el producto (pruebas para cereales, carne, etc.) o al tipo de propiedades texturales (productos líquidos, geles, etc.) es útil, pero lo que probablemente es un mejor tipo de clasificación es el que está basado en la clase de prueba utilizada, pues muchas pruebas se pueden aplicar a más de un tipo de alimentos.³

La Tabla 1 presenta el tipo de pruebas que se usan para medir la textura de los alimentos.³ Estas pueden

dividirse en pruebas objetivas, que se realizan con instrumentos, y pruebas subjetivas, que las hacen las personas. Las pruebas objetivas pueden dividirse en pruebas directas, que miden propiedades texturales reales de los materiales, y pruebas indirectas, que miden propiedades físicas congruentes con una o más propiedades texturales. Las pruebas subjetivas se pueden clasificar en orales (aquellas pruebas que se llevan a cabo en la boca) y no-orales (en las que alguna otra parte del cuerpo, distinta de la boca, se utiliza para medir las propiedades texturales).

a. Pruebas fundamentales.

Estas pruebas miden propiedades reológicas bien definidas. Antes de usarlas con alimentos, se debe tener en cuenta que fueron desarrolladas para materiales de construcción y, por lo tanto, pueden no ser muy útiles para medir lo que se siente en la boca cuando se mastica el alimento.³

Las pruebas fundamentales más usadas se listan a continuación. Las primeras cuatro se aplican a sólidos; mientras que la quinta, a fluidos.³

1. Módulo de Young de elasticidad (E)

$E = \text{esfuerzo/deformación.}$

2. Módulo de corte (G)

G = esfuerzo de corte/deformación de corte.

3. Módulo de volumen (K)

K = presión hidrostática/deformación volumétrica.

4. Razón de Poisson (μ)

μ = cambio en ancho por unidad de ancho/
cambio en longitud por unidad de longitud.

5. Viscosidad (η)

η = esfuerzo cortante/velocidad de corte.

Las pruebas fundamentales generalmente asumen (a) pequeñas deformaciones (1-3% máximo); (b) el material es continuo, isotrópico (que exhibe las mismas propiedades físicas en todas direcciones) y homogéneo; y (c) la muestra tiene forma regular y uniforme. La mayoría de las pruebas texturales hechas con alimentos no cumplen con las tres suposiciones anteriores.³

Generalmente, las pruebas fundamentales son de desarrollo lento, no son tan congruentes con la evaluación sensorial como lo son las pruebas empíricas, y utilizan equipo costoso. No se utilizan mucho en la industria de alimentos, pero a nivel de laboratorio proporcionan bases para el desarrollo de pruebas empíricas más útiles.

b. Pruebas empíricas.

Estas pruebas miden parámetros definidos pobremente, pero que por experiencia práctica se sabe están

relacionados con la calidad textural.³ Esta es la clase de pruebas más utilizada en la industria de alimentos. Usualmente, las pruebas son fáciles de realizar, rápidas y, con frecuencia, usan equipo barato. Los problemas con este tipo de prueba son la pobre definición de lo que se mide, lo arbitrario de la prueba, frecuentemente no se dispone de un estándar absoluto, y las pruebas normalmente sólo son efectivas para un número limitado de productos. Sin embargo, las pruebas empíricas, con frecuencia, tienen éxito midiendo las propiedades texturales de los alimentos y por ello son las más utilizadas en la industria de alimentos.³

c. Pruebas imitativas.

Estas pruebas imitan las condiciones a las que se somete un material alimenticio en la práctica.³ Esta clase puede considerarse como un tipo de prueba empírica porque no son pruebas fundamentales. Ejemplo de este tipo de prueba son el Texturómetro de la General Foods, que imita la acción de masticado de los dientes, el Harinógrafo, que imita el manejo y amasado de la masa para pan, el Consistómetro de Bostwick y el Consistómetro de Adams, que miden el flujo de alimentos semifluidos a lo largo de un tramo y de mezclas para untar.

La Figura 1 muestra esquemáticamente las relaciones

entre las pruebas empíricas, fundamentales e imitativas, y la Tabla 2 lista las ventajas y desventajas de cada una.³ El aparato ideal para medir textura debe combinar las mejores características de los métodos imitativo, empírico y fundamental, y eliminar las características indeseables de cada uno de ellos. En la actualidad no se dispone de un equipo o sistema ideal para medir la textura. Los métodos empíricos son los que más se usan.

Otro método de clasificación de los instrumentos que miden textura se basa en la variable o variables que mide la prueba.³ La Tabla 3 muestra dicha clasificación y es el sistema que se utilizará en el presente estudio. El sistema clasifica de acuerdo al principio de la prueba, no de acuerdo al tipo de alimento. Se basa en la suposición que, puesto que los alimentos se muelen en partículas pequeñas durante la masticación, deben existir muchos elementos comunes en sus propiedades texturales, los cuales no están restringidos a un grupo de alimentos en particular.

d. Instrumentos que miden distancia.

Las medidas de distancia se pueden dividir en tres clases: (a) medida lineal, cuya dimensión es longitud; (b) medida superficial, cuya dimensión es longitud al cuadrado; y (c) medida volumétrica, cuya dimensión es

longitud al cubo.³

d.1. Instrumentos de medida lineal.

Se conocen varios aparatos de prueba simples que se basan en medidas de distancia, incluyendo el Consistómetro de Bostwick, que mide la distancia que la ketchup y el puré de frutas fluyen en un conducto recto horizontal; la Plomada Hilker-Guthrie, que mide la distancia que una barra cilíndrica de metal se hunde en la crema agria y el yogurt; el Ridgelimeter, que mide la distancia que caen las jaleas de fruta para obtener el grado de la pectina; y el medidor de calidad del huevo Haugh, que mide la altura de la clara de un huevo al quebrarse el cascarón.³

El principio de la medida de estos instrumentos es tan simple que no necesita análisis. A continuación se describe el Consistómetro de Bostwick y la forma en que se emplea.

El Consistómetro de Bostwick es un instrumento simple formado por un conducto nivelado de acero inoxidable de sección transversal rectangular que consta de dos compartimentos. Las dimensiones del primer compartimento son 5x5x3.8 cm de alto, y está separado del segundo compartimento por una puerta (activada por un resorte). El segundo compartimento, que está contiguo al primero, es un conducto de 5 cm de ancho, 24 cm de largo y unos 2.5 cm

de alto. El piso de este compartimento tiene una serie de líneas paralelas dibujadas a lo largo de él a intervalos de 0.5 cm, comenzando en la puerta y extendiéndose hasta el final del conducto. Pesa alrededor de 800 g. (Vea las Figuras 2 y 3.)¹²

Durante la operación, la puerta se cierra mediante un gatillo. El primer compartimento se llena con la muestra. El consistómetro se nivela y se presiona el gatillo, con lo cual se abre la puerta, dejando libre el paso. Entonces, la muestra fluye bajo la acción de la fuerza de gravedad, del primer compartimento hacia el segundo. La distancia que la muestra fluye después de 30 segundos se toma como la lectura del Consistómetro de Bostwick.¹²

Cuando el extremo delantero del producto que fluye es curvo, la distancia máxima de flujo se toma como el promedio de las lecturas del centro y laterales.¹²

El Consistómetro de Bostwick se aplica solamente a productos de consistencia bastante espesa. Se ha reportado que es apropiado para purés no-tixotrópicos y papillas espesas, alimentos de harina de maíz procesados y purés de frutas y vegetales. No es conveniente para alimentos que no fluyen al vertirlos, pues se adhieren a la puerta del aparato, y tampoco para pastas de tomate con alto contenido de sólidos.¹⁵

Los resultados que se obtienen con este instrumento no

se pueden convertir en parámetros reológicos fundamentales, porque además de la viscosidad, también están involucrados otros factores, tales como la tensión superficial y el poder humectante. No obstante, es una herramienta útil y rápida para controlar la calidad de productos que poseen un punto de cedencia, pero que no son muy espesos.¹⁸

B. Viscosidad.

Isaac Newton (1642-1727) estableció la hipótesis que "la resistencia resultante de la falta de deslizabilidad de las partes de un líquido, y de otros materiales, es proporcional a la velocidad con la que las partes del líquido se separan unas de otras." Este principio se usa para describir la clase de líquidos conocida como "fluidos Newtonianos." El agua es el mejor ejemplo conocido de fluido Newtoniano.³

Poiseuille (1797-1869) hizo un estudio del flujo de fluidos en tubos capilares y puede considerarse como uno de los fundadores de la viscometría moderna. George Gabriel Stokes (1819-1903) estudió el flujo de fluidos a través de un orificio y puede considerársele el fundador del viscosímetro tipo "efflux."³

1. Definiciones preliminares.

a. Flujo laminar.

Flujo laminar es el flujo en línea de un fluido.³

b. Flujo turbulento.

Flujo turbulento es el flujo de un fluido en el que la velocidad varía irregularmente en magnitud y dirección. La diferencia entre ambos tipos de flujo se

muestra en la Figura 4. El flujo laminar se da a bajas velocidades de flujo, y el turbulento a velocidades altas.³

c. Número de Reynolds.

El número de Reynolds (Reynolds, 1883) es un número adimensional definido por la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{2\rho Q}{\pi r \eta} ,$$

donde Re es el número de Reynolds (un número adimensional); ρ , la densidad del líquido; Q , velocidad de flujo; r , el radio de la tubería; y η , la viscosidad.³ El punto en el cual comienza la turbulencia se conoce como número de Reynolds crítico Re_c , para el flujo en una tubería esto sucede aproximadamente cuando $Re_c=2,200$ y se muestra esquemáticamente en la Figura 4. El flujo Newtoniano sólo ocurre en la región laminar. Un fluido Newtoniano pierde su comportamiento Newtoniano cuando empieza el flujo turbulento. El número de Reynolds crítico determina la velocidad más pequeña a la que puede existir flujo turbulento, pero no determina la mayor velocidad a la que aparecerá flujo laminar. Un fluido Newtoniano se vuelve no-Newtoniano cuando la velocidad de corte es muy alta.

d. Viscosidad dinámica.

Se le llama con frecuencia "viscosidad" o "viscosidad absoluta."³ Es la fricción interna de un líquido o su tendencia a resistir el flujo. Usualmente, se denota por η y está definida por la ecuación

$$\eta = \sigma / \dot{\gamma} ,$$

donde η es la viscosidad; σ , el esfuerzo cortante; y $\dot{\gamma}$, la velocidad de corte.¹⁹

La unidad convencional de viscosidad es el poise (P). Un poise se define como aquella viscosidad en la que se obtiene un gradiente de velocidad de 1 cm s^{-1} cuando se aplica una fuerza de 1 dina a dos superficies que circundan al líquido que fluye. Tiene las dimensiones de $\text{ML}^{-1}\text{T}^{-1}$. Puesto que el poise es una unidad bastante grande para medir, se usa más el centipoise (cP). Un centipoise es igual a 0.01 P.¹⁹

De acuerdo con la International Organization for Standardization (ISO) la unidad SI para la viscosidad dinámica es el pascal segundo (Pa-s). El factor de conversión es 1 Pa-s equivale a 10,000 P, o 1 cP equivale a un milipascal segundo (mPa-s).¹⁹

e. Viscosidad cinemática.

Se define como la viscosidad absoluta dividida por la densidad del fluido. Generalmente se denota por ν :

$$\nu = \eta/\rho = \sigma/\rho\dot{\gamma} ,$$

donde ν es la viscosidad cinemática en stokes; η , la viscosidad absoluta en poise; y ρ , la densidad en gramos por centímetro cúbico.³

La unidad convencional de la viscosidad cinemática es el stoke. Tiene las dimensiones M^2T^{-1} . Un centistoke equivale a 0.01 stoke. La unidad SI para la viscosidad cinemática es el metro cuadrado segundo a la menos uno.¹⁹

f. Viscosidad relativa.

Se le llama a veces la "razón de viscosidad," y es la razón de la viscosidad de una solución a la viscosidad del solvente puro. La define la ecuación

$$\eta_{rel} = \eta/\eta_s ,$$

donde η_{rel} es la viscosidad relativa; η , la viscosidad de la solución; y η_s , la viscosidad del solvente.³

g. Viscosidad aparente.

Esta es la viscosidad de un fluido no-Newtoniano asumido como Newtoniano. Es un coeficiente calculado a partir de información empírica basada en la suposición que el fluido obedece la ley de Newton. Se denota por el símbolo η_a .¹⁹

h. Esfuerzo cortante.

Este es la componente del esfuerzo aplicada tangencialmente al plano sobre el cual actúa la fuerza. Se expresa en unidades de fuerza por unidad de área. Es un vector fuerza que posee tanto magnitud como dirección. Se identifica por σ .³

i. Velocidad de corte.

Es el gradiente de velocidad que se establece en un fluido como resultado de la aplicación de un esfuerzo cortante. Se expresa en segundos a la menos uno. Se identifica por el símbolo $\dot{\gamma}$.²¹

2. Tipos de comportamiento viscoso.

a. Newtoniano.

Este es el flujo viscoso verdadero.³ La velocidad de corte es directamente proporcional al esfuerzo cortante y la viscosidad es independiente de la velocidad de corte dentro de la región de flujo laminar.¹⁸ La viscosidad está dada por la pendiente de la curva esfuerzo cortante-velocidad de corte (ver Figura 5). Fluidos Newtonianos típicos son el agua y las bebidas acuosas, tales como té, café, cerveza y bebidas carbonatadas, siropes de azúcar, la mayoría de mieles, aceites comestibles, jugos filtrados y leche. Un fluido Newtoniano posee el tipo más simple de

propiedades de flujo. Las características de este tipo de flujo se describen adecuadamente por la ecuación dada anteriormente ($\eta = \sigma/\dot{\gamma}$). Un fluido con viscosidad alta se llama "viscoso," mientras que uno con baja viscosidad se denomina "móvil."⁵

Desafortunadamente, la mayoría de alimentos fluidos que se manejan en la industria de alimentos no son de naturaleza Newtoniana. Muchos instrumentos que miden satisfactoriamente el flujo Newtoniano no sirven para medir las propiedades de flujo de fluidos no-Newtonianos.

b. Fluidos no-Newtonianos.

La mayoría de alimentos fluidos y semi-fluidos caen dentro de una de las varias clases de fluidos no-Newtonianos.

b.1. Plástico (o Bingham).

Antes de que se inicie el flujo se debe exceder un esfuerzo cortante mínimo conocido como el esfuerzo de cedencia. Ejemplos típicos de este tipo de flujo son la ketchup, mayonesa, crema batida, clara de huevo batida y margarina.¹⁸

La Figura 6 muestra las características del flujo plástico para tres alimentos fluidos.³ El fluido A tiene un esfuerzo de cedencia pequeño; la velocidad de flujo es

directamente proporcional a la velocidad de corte luego que se ha excedido el esfuerzo de cedencia. Los fluidos B y C tienen un mayor esfuerzo de cedencia que A. La velocidad de flujo de los fluidos B y C también es directamente proporcional a la velocidad de corte después que se sobrepasa el esfuerzo de cedencia. La Tabla 4 lista valores publicados para el esfuerzo de cedencia de algunos alimentos plásticos.

La viscosidad aparente fue definida como la viscosidad de un fluido no-Newtoniano. Puesto que, en un fluido Newtoniano la velocidad de flujo es directamente proporcional al esfuerzo cortante y la curva comienza en el origen, la medida de tipo punto-único es suficiente para determinar la viscosidad. Simplemente se mide el esfuerzo cortante a una velocidad de corte estándar, o la velocidad de corte a un esfuerzo cortante estándar, y con sólo trazar una línea de allí hacia el origen se obtiene la viscosidad Newtoniana verdadera. Esto se conoce como la "prueba punto-único" y es bastante satisfactoria para especificar la viscosidad de fluidos Newtonianos.³

Cuando la prueba se utiliza (como se hace comúnmente) con un fluido plástico, la viscosidad aparente cambiará, dependiendo de la velocidad de corte. La Figura 7 muestra cómo se mide la viscosidad aparente.³ Suponiendo que se mide la viscosidad de un fluido Newtoniano a

velocidad de corte a y velocidad de corte b. El esfuerzo cortante medido a velocidad de corte a (N_a) se marca sobre la gráfica y se traza una línea desde dicho punto hacia el origen. De igual forma se mide el esfuerzo cortante a velocidad de corte b (N_b) y se traza una línea desde este punto hacia el origen. La pendiente de las líneas trazadas a ambas velocidades de corte es la misma; esto es característico de un fluido Newtoniano.

Por el contrario, cuando se hace una medida de tipo punto-único a velocidad de corte a con un plástico Bingham, la viscosidad aparente es la pendiente de la línea OP_a ; a velocidad de corte b la viscosidad aparente es OP_b .³ La viscosidad aparente cambia conforme cambia la velocidad de corte. Esto explica porqué se usa el término "viscosidad aparente," pues implica una medida tipo Newtoniano en un fluido no-Newtoniano. La Figura 7 muestra una línea de tipo punto-único que se traza desde el origen hacia el punto P_a en la curva de viscosidad aparente versus velocidad de corte para tres fluidos Bingham. Esta curva debe compararse con la Figura 5b. Un problema que surge con el uso del concepto de viscosidad aparente es que el fluido A puede parecer más viscoso o menos viscoso que los fluidos B y C, dependiendo de la velocidad de corte a la cual se haga la prueba (ver Figura 6b).³

El flujo plástico no siempre es tan simple como se muestra en la Figura 6. Houwink (1958) señaló que la curva esfuerzo cortante-velocidad de corte para los fluidos plásticos, usualmente es curva a velocidades de corte bajas.³ No obstante, esta desviación de la linealidad puede ignorarse con toda confianza en el caso de algunos alimentos.

Otro tipo de flujo plástico es aquel en el que la curva esfuerzo cortante-velocidad de corte es no-lineal por encima del esfuerzo de cedencia. La curva puede ser cóncava hacia abajo (dilatante con un esfuerzo de cedencia), o convexa (pseudoplástico con un esfuerzo de cedencia). A este tipo de flujo se le conoce a veces como flujo de tipo mixto y se ilustra en la Figura 8.³

b.2. Pseudoplástico.

En este tipo de flujo una fuerza de corte creciente da un aumento más que proporcional en la velocidad de corte, pero la curva empieza en el origen.¹³ Los aderezos para ensalada son un buen ejemplo de este tipo de flujo.³ La Figura 9b muestra que la viscosidad aparente de un fluido pseudoplástico depende de la velocidad de corte. Al igual que en la discusión del flujo plástico, ilustra el peligro de usar una medida de tipo punto-único y conceptos Newtonianos para especificar las características de flujo

de un fluido pseudoplástico. Muchos fluidos pseudoplásticos exhiben un comportamiento esfuerzo cortante-velocidad de corte casi lineal a velocidades de corte bajas. Esto se denomina "régimen Newtoniano."³

b.3. Flujo dilatante.

La curva esfuerzo cortante-velocidad de corte de este tipo de flujo principia en el origen, pero se caracteriza por incrementos iguales en el esfuerzo cortante que dan incrementos menos iguales en la velocidad de corte (Figura 10).¹⁸ Algunos ejemplos lo constituyen las suspensiones de almidón con alto contenido de sólidos y determinados siropes de chocolate. Este tipo de flujo se encuentra solamente en líquidos que contienen una alta proporción de partículas rígidas insolubles en suspensión.³ El flujo dilatante es bastante raro en la industria de alimentos y extremadamente raro en productos alimenticios terminados.

Este tipo de flujo se describe como "dilatante", ya que está asociado con un aumento en volumen del fluido conforme se desplaza, y sólo ocurre en suspensiones de alta concentración.¹⁹

Algunos fluidos que se dilatan cuando se les somete a corte pueden exhibir un comportamiento esfuerzo cortante-velocidad de corte del tipo dilatante. El término general "espesamiento por corte" se aplica a estos fluidos, así

como también a los fluidos dilatantes.³

3. La ecuación general para viscosidad.

Todos los tipos anteriores de flujo se pueden describir mediante la ecuación

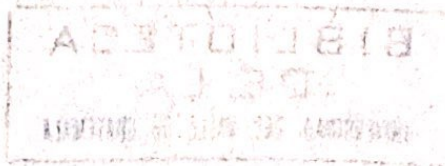
$$\sigma = b\dot{\gamma}^s + C,$$

donde σ es el esfuerzo cortante; b , un factor de proporcionalidad (para un fluido Newtoniano este factor es la viscosidad η); C , el esfuerzo de cedencia; exponente s , la constante de pseudoplasticidad, la cual es un índice del grado de no-linealidad de la curva esfuerzo cortante-velocidad de corte; $\dot{\gamma}$, la velocidad de corte.³ La Figura

8a muestra todos los tipos de flujo en una sola gráfica.

El flujo Newtoniano se representa por una línea recta que comienza en el origen; el flujo dilatante empieza en el origen y es cóncavo hacia abajo, mientras que el flujo pseudoplástico inicia en el origen y es cóncavo hacia arriba. El flujo plástico no principia en el origen y es lineal, mientras que el flujo tipo mixto es curvilíneo con un esfuerzo de cedencia y puede ser cóncavo hacia arriba o hacia abajo.³

La ecuación general para viscosidad puede usarse para todos los tipos de flujo antes mencionados. La Tabla 5 presenta los valores para el exponente s y el intercepto C para los diferentes tipos de flujo, la forma de la



ecuación general que puede utilizarse, y una versión simplificada de la ecuación general que puede usarse para dicho tipo de flujo en particular.³

4. Dependencia del tiempo.

Hasta aquí se ha asumido que el esfuerzo cortante a una velocidad de corte dada permanece constante con el tiempo. Existen varios fluidos en los que el esfuerzo cortante es función tanto de la velocidad de corte como del tiempo de duración de la fuerza cortante. Los fluidos Newtonianos son independientes del tiempo.³ Los cuatro tipos principales de tiempo-dependencia son los siguientes:

a. Tixotrópico. La viscosidad aparente disminuye con el tiempo de corte, pero el cambio es reversible; es decir, el fluido regresará a su estado original ("se restaura a sí mismo") si se le deja reposar. Algunas geles de pastas de almidón pertenecen a esta clase.¹⁸

b. Reducción de viscosidad por corte. La viscosidad aparente disminuye con el tiempo y el cambio es irreversible; es decir, el fluido permanece en el estado reducido cuando cesa el esfuerzo cortante. Esta

situación se encuentra frecuentemente en los sistemas alimenticios. Algunas soluciones de gomas y pastas de almidón pertenecen a esta clase.^{1B}

La Figura 11 muestra las curvas esfuerzo cortante-velocidad de corte para un fluido pseudoplástico tixotrópico y no-tixotrópico.³ La curva A es no-tixotrópica y la B, tixotrópica. El área entre las curvas superior e inferior de la curva B se llama ciclo de histéresis.

c. Reopéctico.

La viscosidad aparente aumenta con el tiempo de corte y el cambio es reversible; es decir, que después de reposar, el producto vuelve a su viscosidad original. Es inusual encontrar este tipo de comportamiento en un sistema alimenticio.³

d. Espesamiento por corte.

La viscosidad aparente aumenta con el tiempo y el cambio es irreversible; es decir, permanece espeso.³

La Figura 12 presenta en forma gráfica los tipos distintos de flujo tiempo-dependientes.³ Cuando se desplaza un fluido a una velocidad de corte constante durante un período de tiempo, la viscosidad aparente es constante para los fluidos Newtonianos, aumenta para los fluidos reopécticos o los que espesan por corte, y

disminuye para los fluidos tixotrópicos o los que reducen su viscosidad por corte. Por otra parte, cuando se desplaza un fluido por un lapso bajo la acción de un esfuerzo cortante constante, la curva de velocidad de corte versus tiempo es constante para un fluido Newtoniano, aumenta para un fluido tixotrópico (puesto que el producto se va volviendo menos viscoso), y disminuye para un fluido reopéctico o uno que espesa por corte (ya que el producto se va haciendo más viscoso).

Un fluido puede exhibir dependencia del tiempo, además de otras propiedades viscosas. La combinación de flujo no-Newtoniano con tiempo-dependencia lo enfrenta a uno a sistemas muy complejos, muchos de los cuales no pueden ser medidos ni descritos bien por los métodos instrumentales disponibles en la actualidad. Se debe realizar un estudio esfuerzo cortante-velocidad de corte lo más completo posible, utilizando la instrumentación apropiada y tomando en cuenta la posibilidad de la tiempo-dependencia, para obtener un panorama tan completo como se pueda, de las propiedades reológicas del sistema. Una medida de tipo punto-único de la viscosidad, la cual es satisfactoria para fluidos Newtonianos, será de muy poca utilidad para el estudio de estos fluidos complejos.³

5. Métodos para medir la viscosidad.

Los diferentes tipos de viscosímetros pueden clasificarse de acuerdo al principio en el cual se basa su funcionamiento.³ En el presente trabajo sólo se tratarán los viscosímetros imitativos.

Los viscosímetros imitativos son instrumentos empíricos que imitan el flujo de alimentos fluidos no-Newtonianos bajo condiciones prácticas.³ Son instrumentos simples que, generalmente, dan una medida de un solo punto.³ Aunque tienen sus limitaciones, pueden ser útiles para propósitos de control de calidad. Ejemplos de este tipo de viscosímetro son el Consistómetro de Bostwick y el Consistómetro de Adams. Estos instrumentos ya fueron discutidos con anterioridad.

C. Hidrocoloides alimenticios.

Gomas, coloides hidrofílicos, hidrocoloides, mucílagos y polímeros hidrosolubles son algunas designaciones para materiales que tienen la habilidad de espesar o gelificar sistemas acuosos.² Estos materiales se encontraron primero en exudados de árboles o arbustos, extractos de plantas o algas marinas, harinas de semillas y granos, limos gomosos procedentes de procesos de fermentación y muchos otros productos naturales.¹⁰ En los últimos años se han producido gomas nuevas y modificadas mediante la modificación química y derivación de muchas de las gomas naturales. Además, algunas gomas bastante nuevas fueron desarrolladas, completamente, mediante síntesis química para producir polímeros nuevos que tienen propiedades hidrofílicas totalmente nuevas y novedosas. En la Tabla 6 se muestra una clasificación actual de las gomas comestibles o hidrocoloides basada en origen y derivación.¹⁶

La palabra "goma" en sí significa una substancia pegajosa, y se deriva del término egipcio *qemai* o *kami* que se refiere a la exudación de la planta *Acanthus*.

Además de su pegajosidad o adhesividad, las gomas se conocían también por sus propiedades espesantes y gelificantes, así como por sus propiedades nutricionales

en casos específicos.²⁰

Durante cientos de años se descubrieron muchos exudados vegetales naturales y la palabra "goma" se aplicó indiscriminadamente a todos los tipos de exudados. Con el tiempo, la nomenclatura y terminología de estos productos naturales se volvió más y más confusa y no fue sino hasta después de la Segunda Guerra Mundial que los científicos hicieron grandes esfuerzos por aclarar y adoptar una terminología uniforme para estos materiales.²¹ Actualmente, se ha logrado gran uniformidad en la terminología.¹⁵

Para fines prácticos las "gomas" se han dividido en dos categorías —hidrosolubles e insolubles en agua. Los exudados y polímeros insolubles en agua incluyen el chicle, caucho, etc., y se les designa por el término "resinas."²²

Los materiales hidrosolubles se siguen denominando "gomas," pero gradualmente este término se está reemplazando por el nombre más científico de "coloides hidrofílicos" o "hidrocoloide."²³

Las gomas no son verdaderos coloides, más bien son polímeros de tamaño coloidal (10 Å a 1000 Å), los cuales exhiben las propiedades coloidales de permanecer suspendidos bajo la influencia de la gravedad, y de no ser visibles con el microscopio.²⁴ De hecho, las gomas o

hidrocoloide realmente forman soluciones moleculares en

la mayoría de los casos.¹⁸

1. Propiedades funcionales.

La utilidad e importancia de los hidrocoloides estriba en sus propiedades funcionales.⁸ Los hidrocoloides son polímeros de cadena larga que se disuelven o dispersan en agua y que producen un efecto espesante o viscoso.¹² Esta propiedad espesante es común a todas las gomas y es la razón básica de su uso global.²⁶ El grado espesante varía entre las gomas. Pocas gomas dan viscosidades bajas a concentraciones bastante altas, pero la mayoría dan viscosidades altas a concentraciones muy bajas, usualmente por debajo de 1%.¹⁰ Además, el tipo de viscosidad o el comportamiento de flujo de las gomas difiere y es importante en otro aspecto. El comportamiento de flujo o reología de las soluciones de gomas, así como también de los sistemas alimenticios líquidos, puede relacionarse con las propiedades organolépticas de la solución y, por consiguiente, con la aceptabilidad del producto. Así, las características reológicas de una solución de goma son una ayuda útil para seleccionar la goma apropiada para una formulación o aplicación alimenticia específica.¹²

Aunque todas las gomas espesan e imparten viscosidad a las soluciones acuosas, pocas son capaces, además, de formar geles.¹⁰ La gelificación es el fenómeno que involucra

la asociación o enlazamiento cruzado de las cadenas poliméricas para formar una red tridimensional continua que atrapa o inmoviliza el agua dentro de sí para formar una estructura rígida y firme que es resistente al flujo bajo presión. Sólo unas cuantas gomas forman geles, pero las geles que producen varían tanto en carácter y textura que se usan para aplicaciones alimenticias específicas: sus propiedades gelificantes son tan propias y únicas que sólo en ciertos casos se pueden intercambiar.^{8,26}

Además de espesar y gelificar, los hidrocoloides poseen muchas propiedades funcionales secundarias que son útiles en la aplicación y desarrollo de productos alimenticios.¹⁰ Estas propiedades, que se muestran en la Tabla 7, con frecuencia son los factores clave del éxito o fracaso de un producto alimenticio, y en muchas aplicaciones se utiliza más de una de estas propiedades.¹⁵

2. Estructura y funcionalidad.

Las propiedades útiles de los hidrocoloides se deben en gran parte a efectos físicos, principalmente aquellos que tienen que ver con la interacción con el agua.¹⁵

Los efectos físicos de estos materiales derivan de la interacción de las moléculas de polisacárido, tanto consigo mismas como con las moléculas en su ambiente. Las moléculas ambientales, con las cuales pueden interactuar

los polisacáridos, varían bastante, desde moléculas proteicas para proporcionar suspensión y estabilidad en la solución, hasta moléculas lipídicas para dar efectos viscoso y emulsificante. No obstante, en casi todos los usos, los polisacáridos se encuentran en un ambiente rico en moléculas de agua.^{8,26}

Así, aunque los polisacáridos pueden interactuar apropiada y beneficiosamente con proteínas, lípidos y otras moléculas ambientales que comúnmente se encuentran en los alimentos, deben reaccionar principal y continuamente con moléculas de agua. Mediante dichas interacciones es que los polisacáridos ejecutan sus útiles funciones, que principalmente son proporcionar viscosidad, estabilizar la emulsión, suspender, emulsificar y gelificar.⁸ Además de tener estas funciones, los polímeros deben ser compatibles con otros polisacáridos, proteínas y diferentes materiales biológicos presentes.¹⁵

a. Hidratación y solubilización.

En estado sólido, todos los polisacáridos tienen regiones en las que las moléculas o segmentos de cadenas están desorganizados. Por lo tanto, estas regiones amorfas tienen varias posiciones para formar puentes de hidrógeno insatisfechas, las cuales se pueden hidratar fácilmente. Los polisacáridos completamente secos tienen

una pequeña pero muy fuerte afinidad por el agua.² A humedades normales, los polisacáridos contienen de 8 a 10% de agua como agua de hidratación, que es la que ocupa las posiciones para formar puentes de hidrógeno que no están implicadas en la unión intermolecular de las moléculas de polisacárido.¹⁶

Cuando se pone en agua un polisacárido soluble, las abundantes moléculas de agua penetran rápidamente las regiones amorfas y se unen a sitios del polímero disponibles, compitiendo y reduciendo a cifras insignificantes otras uniones entre polisacáridos. Los segmentos de una cadena de polisacárido se solvatan totalmente y por acción cinética se alejan, separando más uniones interpolisacárido que se solvatan inmediatamente. Muy pronto se solvatan totalmente muchas secciones de las cadenas de polisacárido y se solubilizan, mientras que un número decreciente de segmentos permanece unido a otras cadenas de polisacárido que aún no están completamente solvatadas.³³

Esta etapa intermedia en la disolución de una molécula de polímero representa un estado de gel transitorio y debe describir una etapa universal en la disolución de todos los polisacáridos. Los polisacáridos solubles continúan hidratándose hasta que las moléculas se rodean completamente de una atmósfera de moléculas de agua

parcialmente inmovilizadas y el polímero se monodispersa. Muchos polisacáridos no se hidratan más allá de la etapa de gel intermedia y permanecen como moléculas incompletamente dispersadas que forman geles cuyas propiedades físicas dependen del grado de hidratación o del número de uniones interpolisacárido remanentes.^{16.33}

b. Tipos de estructuras.

Los polisacáridos pueden ser ramificados o lineales.¹ Algunos polisacáridos son aniónicos por naturaleza, teniendo funciones ácidas tales como grupos carboxilo, grupos sulfato o grupos fosfato. Otros polisacáridos naturales poseen grupos amino que usualmente están monoacetilados o, en ciertos casos, sulfatados. Dichos polisacáridos pueden presentar propiedades catiónicas.¹

En la Figura 13 se ilustran gráficamente los diferentes tipos de estructura que pueden tener los polisacáridos. La estructura (a) muestra el polisacárido como un polímero de molécula perfectamente lineal.

Frecuentemente las estructuras están compuestas por una sola unidad de azúcar que se repite regularmente a lo largo de la cadena. En otros casos, dos unidades de azúcar se pueden copolimerizar, pero aún así siguen cierto orden o regularidad. Un ejemplo típico de polisacárido lineal lo constituye la celulosa, la cual consiste de una

cadena lineal formada por unidades de D-glucosa unidas por enlaces β -D-(1 \rightarrow 4) y se representa en la Figura 13 por (a).¹⁶

Algunas veces, dos unidades de azúcar, que pueden o no ser la misma, se condensan mediante posiciones distintas a C-1 o C-4, lo que produce cadenas laterales como en (b), (c) o (d). La molécula puede tener una sola ramificación del mismo azúcar como en (b) o puede tener varios puntos de ramificación como en (c) o en (d). Algunas veces, como en el caso de la estructura (c), el polímero puede tener varias ramificaciones cortas que con frecuencia consisten de una sola unidad de azúcar de longitud. En tales casos, se considera como un polisacárido lineal substituido.¹⁶

En estructuras más complejas, las cadenas laterales pueden formar cadenas secundarias y producen una estructura compleja tipo rama-sobre-rama, conocida también como estructura tipo arbusto, como se ilustra en (d). Estas moléculas tienden a ser más estables y menos viscosas que las estructuras lineales comparables. Cuando dos o más tipos de azúcares se unen para formar el polisacárido, generalmente se forma una estructura rama-sobre-rama de este tipo. No se conoce ningún polisacárido que contenga más de seis tipos de unidades de azúcar en su estructura.¹⁸

b.1. Polisacáridos lineales.

La estructura del polímero es de suma importancia para determinar su aplicación, pues la estructura controla las propiedades funcionales. Los polisacáridos lineales generalmente tienen viscosidades altas.²⁶ Un polisacárido lineal del mismo peso molecular que un polisacárido ramificado tendrá una viscosidad mucho mayor, puesto que la molécula lineal en solución cuando gira barre un área y volumen mucho mayores que un polímero tipo arbusto de igual peso molecular.³³ (Ver Figura 14.) Por consiguiente, las moléculas lineales entrarán en contacto consigo mismas más fácilmente, y aumentarán la fricción o viscosidad de la solución a concentraciones más bajas que lo que lo harán las moléculas bastante ramificadas.¹⁶

Los polímeros lineales sin carga usualmente tienden a producir soluciones inestables debido a su comportamiento en solución.²⁶ Por ser moléculas lineales, se mueven en solución, colisionan, se despojan de las moléculas de agua absorbidas y se juntan entre sí. Conforme los extremos sueltos se mueven van formando cadenas más largas y tienden a juntarse más rápidamente formando una unión más firme. Otras moléculas entran en contacto de igual forma, se adhieren y, como consecuencia, se desarrolla una partícula coloidal que, eventualmente, crece lo suficiente para precipitar. Casi cualquier polímero lineal sin carga

será inestable en solución, simple y sencillamente, porque las moléculas pueden unirse para intentar cristalizar.¹⁶

Los polisacáridos perfectamente lineales pueden ser insolubles o pueden solubilizarse únicamente bajo condiciones específicas. Usualmente, dichas moléculas son homoglicanos —polisacáridos compuestos por un solo tipo de azúcar — en los cuales todas las unidades de azúcar están unidas uniformemente con las unidades vecinas: Estas moléculas, aún cuando tienen la misma capacidad de solvatación que otros polisacáridos; también tienen la capacidad de unirse entre sí empacadamente, utilizando la mayoría de sus fuerzas intermoleculares para asirse unas de otras.²⁶ Grandes regiones pueden estar en un orden tan perfecto como si fueran cristalinas. Tales homoglicanos permanecen insolubles y no se disuelven en el agua aún cuando se les energiza térmicamente a temperaturas elevadas. Algunos de estos polímeros se pueden disolver utilizando altas temperaturas o venciendo los enlaces de hidrógeno mediante el uso de agentes tales como álcalis fuertes. Sin embargo, al disminuir la temperatura o neutralizar la alcalinidad el polímero precipita.³³

Los glicanos perfectamente homogéneos de azúcares tipo hexosa tienden a desarrollar enlaces intramoleculares de un anillo de azúcar al siguiente a lo largo de toda la cadena. Esto ayuda a controlar la relación orientacional de

un anillo de azúcar respecto de su vecino, y pone cierta restricción para la rotación de los anillos de azúcar en relación a los otros. La regularidad creciente facilita aún más el agrupamiento de las cadenas y, por consiguiente, la solubilidad del polisacárido disminuye.¹⁸

b.2. Polisacáridos ramificados.

Las estructuras altamente ramificadas suelen dar soluciones con viscosidades menores que las que dan las moléculas lineales de pesos moleculares iguales; sin embargo, estas soluciones tienden a ser bastante estables y no ocurrirá retrogradación o precipitación en la solución.²⁸ Las moléculas bastante ramificadas, debido a su gran afinidad por el agua, también tienen excelentes propiedades adhesivas; las características adhesivas generalmente van de la mano con las estructuras altamente ramificadas.³³

La solubilidad de las moléculas lineales obviamente puede mejorarse mediante cambios en las moléculas (introduciendo cadenas laterales) que reduzcan o prevengan el agrupamiento o asociación planar de una molécula con otra, o introduciendo cargas que, por repulsión culómbica, faciliten la solución de las moléculas y que, mientras éstas estén en solución, prevengan su atracción extensiva para producir un precipitado.¹⁸

3. Orígenes de los hidrocoloides.

Todas las gomas grado alimenticio se derivan básicamente de las siguientes fuentes: (A) exudados; (B) extractos; (C) harinas; (D) fermentación o biosíntesis; (E) modificación química; y (F) síntesis química.¹⁵

a. Exudados.

Provenientes de árboles y arbustos. Estas gomas exudan en forma de gotas u hojuelas y se recogen normalmente a mano. Después de la recolección, las gomas crudas se clasifican manualmente en diferentes grados de acuerdo al color, claridad, tamaño, etc., luego se empaacan y se embarcan.¹⁵

Al momento de la recepción o compra en el lugar de destino, las gomas exudadas se clasifican nuevamente y se muelen hasta obtener un polvo. Para aplicaciones en alimentos es bastante común que se disuelva la goma en agua, trate térmicamente la solución para matar cualquier bacteria dañina, y se seque la solución en un secador de spray para obtener un polvo blanco y limpio. Algunas veces, en vez de secar con secador de spray, el polvo se trata con un fumigante gaseoso, tal como el óxido de propileno, para esterilizar el material y cumpla con los estándares alimenticios.¹⁶

b. Extractos.

Las gomas de algas marinas son extractos acuosos de especies de algas específicas que luego se purifican, secan y muelen hasta obtener un polvo.

Primero, se lavan las algas para remover materia extraña, luego se maceran con agua y se calientan, después, se separa el líquido acuoso caliente del material vegetal insoluble, se decolora y se filtra y, finalmente, se seca en un secador de tambor o se precipita con ácido y/o alcohol. El material precipitado se seca y luego se muele hasta obtener un polvo fino.¹⁵

c. Harinas.

Ciertas gomas tales como los almidones, goma guar y goma de algarroba se separan mediante procesos puramente mecánicos a partir de la semilla del cereal o planta. Usualmente, esto involucra la separación mecánica de la cubierta de la semilla o cáscara, la remoción del germen y, por último, la molienda del endospermo que contiene la goma hasta obtener un polvo fino. Debido a que estos tipos de abrasión y separación físicas no son muy completas, en las gomas se encuentran pequeñas cantidades de celulosa o fibra que hacen que las soluciones de las gomas sean turbias.¹⁶

d. Fermentación o biosíntesis.

Las operaciones de fermentación suelen producir limos gomosos, los cuales son polímeros compuestos del substrato sobre el cual han crecido las bacterias. Cuando se controlan las cepas bacterianas y los substratos, pueden producirse polímeros puros de distintos tipos para ser utilizados en varias aplicaciones comerciales.¹⁵ Una de las gomas grado alimenticio más importantes, la goma xanthan, se desarrolló de esta forma y, actualmente, se le está usando bastante para el desarrollo de productos alimenticios nuevos.¹⁶

e. Modificación química.

Aunque todas las gomas naturales poseen propiedades funcionales útiles y únicas, también tienen limitaciones y deficiencias propias que restringen su utilización global. En muchos casos, estas limitaciones pueden eliminarse mediante la modificación y derivación selectivas de la goma. En otros casos, se pueden mejorar las propiedades funcionales globales mediante la modificación química del hidrocoloide natural. Por ejemplo, el alginato de propilenglicol es un alginato soluble modificado que tiene una estabilidad excepcional bajo condiciones ácidas.¹⁶

f. Síntesis química.

Nuevas gomas comestibles sintéticas se han desarrollado, las cuales han tenido una aplicación limitada en las industrias alimenticia y farmacéutica debido a que la Food and Drug Administration (FDA) no las ha aprobado. Es dudoso que alguna de estas gomas sea aprobada por la FDA en el futuro, pues el costo para obtener dicha aprobación es muy alto, pero gracias a sus propiedades funcionales interesantes se les considera hidrocoloides alimenticios potencialmente útiles.¹⁶

Hasta ahora, tres familias de polímeros no-tóxicos sintéticos han mostrado una utilidad limitada o potencial en aplicaciones alimenticias, a saber, polivinilpirrolidona (PVP), que sirve como agente clarificante en el procesamiento de vino y bebidas alcohólicas; polímeros acrílicos, que se usan en preparaciones laxantes en la industria farmacéutica; y polímeros de óxido de polietileno, que sólo se usan como películas de empaque hidrosolubles en agricultura.¹⁶

D. Control de la cristalización.

1. Efecto de los hidrocoloides.

Los hidrocoloides afectan la cristalización en tres maneras:

a. Compatibilidad.

El hidrocoloide debe ser compatible con el cristal y se debe unir a la superficie de un cristal en crecimiento, alterando de esta forma el patrón normal de crecimiento del cristal.¹⁵ La compatibilidad depende de la orientación de los posibles sitios de formación de enlaces en el hidrocoloide, los cuales deben encajar con los puntos de enlace del cristal. Los posibles puntos de formación de enlaces en la goma son los grupos negativos, tales como los grupos carboxilo, que tienen que unirse a los puntos de carga positiva del cristal.¹⁵

b. Competencia.

El hidrocoloide y el cristal pueden competir por las unidades formadoras de los cristales. Por ejemplo, los cristales de hielo compiten con cualquier hidrocoloide en solución por las moléculas de agua.¹⁵

c. Combinación.

El hidrocoloide puede combinarse con impurezas que de otra forma promoverían el crecimiento del cristal.¹⁵

Muchas de las propiedades físicas importantes de los alimentos, tales como cuerpo, suavidad textural, masticabilidad y características de derretimiento, están relacionadas directamente con el control de la estructura del cristal.¹⁵ En los alimentos, los materiales más cristalinos que se encuentran son el hielo (agua) y el azúcar. Los hidrocoloides han sido utilizados extensivamente para controlar e inhibir fenómenos de cristalización indeseables en varios productos alimenticios.

E. Estabilización de emulsiones.

1. Definición.

Una emulsión, por definición, es un sistema de dos fases conformado por dos líquidos inmiscibles, uno dispersado en forma de pequeños glóbulos dentro del otro.⁴ Los glóbulos, conocidos como la fase interna, dispersa o discontinua, están distribuidos por todo el líquido circundante llamado fase externa o continua.⁵

2. Tipos de emulsiones.

Generalmente se consideran dos tipos de emulsiones —el tipo aceite en agua (O/W), en el cual el aceite está dispersado a manera de pequeñas gotas por toda la fase acuosa; y el tipo agua en aceite (W/O), donde el agua está dispersada en forma de pequeñas gotas dentro de la fase lipídica.¹⁶

Las propiedades generales de una emulsión están principalmente determinadas por la fase externa. Una emulsión de aceite en agua funciona como un sistema acuoso. Se le puede diluir con agua, pero no con aceite. Disuelve sales hidrosolubles y puede colorearse con tintes hidrosolubles. Se puede espesar con gomas hidrosolubles o hidrocoloides. Lo contrario es cierto para las emulsiones de agua en aceite; se pueden diluir sólo con aceite.

líquidos liposolubles y se colorean con tintes liposolubles.¹⁶

Las emulsiones, aunque se consideran comúnmente como opacas y turbias, pueden tener apariencias muy diversas, variando desde las transparentes hasta las turbias, en las que se puede observar claramente partículas de aceite. La apariencia de la emulsión está gobernada esencialmente por el tamaño de la partícula y por la diferencia en índice refractivo de las fases interna y externa.¹⁶ En la Tabla 8 se presenta el efecto que tiene el tamaño de la partícula sobre la apariencia y estabilidad de las emulsiones.¹⁶

La mayoría de emulsiones de aceite en agua que usualmente se encuentran en la industria de alimentos son opacas, con partículas cuyo tamaño varía de 0.5 a 10 μm , normalmente de 1 a 5 μm .

3. Emulsiones en alimentos.

Las emulsiones, tanto las de aceite en agua como las de agua en aceite, se encuentran bastante en la industria de alimentos en muchos productos comunes, como se muestra en la Tabla 9. Se les ha clasificado en tres categorías generales (a) emulsiones clásicas, p, ej., leche, crema y mayonesa, cuyas propiedades y comportamiento se pueden explicar en términos de la teoría clásica relacionada con emulsificación, estabilidad y características texturales.

Básicamente, sólo contienen aceite o grasa, una fase acuosa y un emulsificante. (b) Emulsiones en las que el emulsificante y los hidrocoloides no son los únicos factores estabilizantes, p. ej., margarina, mantequilla y helado. En estos productos los tratamientos térmicos y de mezclado pueden desestabilizar la emulsión. (c) Productos que existen como emulsiones en las primeras etapas de manufactura, pero que posteriormente se modifica su estado, p. ej., mezclas para pastel y emulsiones secadas con secador de spray.¹⁶

En las emulsiones la fase acuosa actúa esencialmente como un diluyente. La emulsificación permite presentar al consumidor el aceite o grasa en una forma mucho más aceptable. Además, mediante la emulsificación es posible diseñar productos con diferentes grados de untabilidad, vertibilidad y otras características reológicas, de lo que se puede lograr con la fase lipídica sola.

4. Preparación de emulsiones.

La formación de emulsiones se facilita y se hace con agentes emulsificantes, cuya función es reducir la tensión superficial y permitir la formación de un área interfasal bastante aumentada, con una cantidad menor de energía, mediante agitación mecánica.⁵ El agente emulsificante también contribuye a la estabilidad de la emulsión en

otras formas, tales como la formación de una película rígida o semi-rígida, formación de una unión debida a su solubilidad parcial en ambas fases, y contribución a la formación de una capa doble eléctrica de carga en la interfase que inhibe la coalescencia.¹⁶

Los hidrocoloides o gomas, no son emulsificantes verdaderos y no actúan mediante el mecanismo de enlace hidrofílico-lipofóbico de los emulsificantes clásicos.¹⁶ Los hidrocoloides funcionan como estabilizadores de emulsiones de otras formas, pero principalmente espesando y aumentando la viscosidad de la fase acuosa, de tal forma que inhiben o minimizan la tendencia de los glóbulos de aceite dispersados de migrar o coalescer.¹⁶

Algunas gomas, como la goma arábiga y la gelatina, también pueden estabilizar emulsiones mediante una acción coloidal protectora, es decir, la goma es absorbida en la interfase para formar una cubierta alrededor de los glóbulos o partículas dispersadas, produciendo así una superficie cargada sobre ellas, la cual hace que se repelan mutuamente y se mantenga un estado disperso estable.

Algunos hidrocoloides también pueden actuar como surfactantes y reducir la tensión superficial (o tensión interfasal), permitiendo más fácilmente la formación y mantenimiento de emulsiones estables.¹⁶

En la preparación de emulsiones, la viscosidad o cuer-

po del producto final se puede controlar hasta cierto punto de las siguientes maneras:¹⁸

Para disminuir la viscosidad

- a. aumentar la proporción de la fase continua
- b. disminuir la viscosidad de la fase continua.

Para aumentar la viscosidad

- a. añadir espesantes tales como gomas a la fase continua
- b. aumentar la proporción de la fase interna
- c. reducir el tamaño de la partícula de la emulsión, o reducir el agrupamiento de las partículas existentes
- d. incorporar aire finamente dividido a manera de una tercera fase.

El área en la cual se usan más los hidrocoloides por su propiedad estabilizadora de emulsiones, es en aderezos para ensalada y productos de heladería. Los aderezos para ensalada son emulsiones típicas de aceite en agua preparadas mediante homogeneización mecánica y estabilizadas por un ajuste de viscosidad de la fase acuosa con hidrocoloides.¹⁸ La goma tragacanto, debido a su magnífica estabilidad a pH bajo, fue inicialmente el hidrocoloide de preferencia, pero ahora ha sido reemplazado en gran parte por el alginato de propilenglicol y, más recientemente, por la goma xanthan, la cual presenta las ventajas de calidad, disponibilidad, precio y utilidad global.¹⁵

En el helado y postres congelados similares, los hidrocoloides estabilizantes promueven suavidad, mejoran el cuerpo y derretido, y aumentan la resistencia a choques térmicos. El hidrocoloide controla la actividad de agua, minimizando de esta forma el crecimiento destructivo de cristales de hielo y azúcar.¹²

5. Ruptura de las emulsiones.

Aunque el objetivo usual de formar una emulsión alimenticia es el de reforzar la estabilidad de la emulsión, en algunos casos se desea romper la emulsión, como en el caso de aderezos tipo italiano. El proceso de romper una emulsión también es una forma efectiva de evaluar la resistencia y eficiencia del hidrocoloide como estabilizador de emulsiones. Las emulsiones se pueden romper perturbando el delicado estado de balance entre la fase lipídica y acuosa mediante uno de los métodos siguientes:

- a. Calentar es bastante efectivo, particularmente para las emulsiones de agua en aceite, como mantequilla y chocolate.⁴
- b. Agregar electrólitos, tales como ácidos minerales, álcalis, sales, etc., con frecuencia es efectivo. Los electrólitos se disuelven en la fase acuosa y perturban el equilibrio existente entre las dos

fases.^{5.16}

c. Centrifugar a velocidades altas a veces es suficiente para separar, mediante fuerza mecánica,

ambas fases.²⁴

d. La agitación mecánica puede romper emulsiones, como en el batido para producir mantequilla.¹⁶

En general, los factores que influyen y controlan la estabilidad de una emulsión se resumen en la Tabla 10.¹⁵ De los factores controlados que se mencionan, la selección de un hidrocoloide que dé la menor tensión interfasal entre las fases y la mayor viscosidad a la fase continua, producirá la emulsión más estable. En la Tabla 11 se dan algunos de los factores que se deben considerar para seleccionar el estabilizante y la concentración óptimas.¹⁵

F. Regulaciones para los aditivos alimenticios.

Los hidrocoloides, cuando se usan como ingredientes alimenticios, se consideran legalmente como "aditivos alimenticios," y como tales están bajo la égida regulatoria de la FDA. La ley, según se establece en la Sección 201(s) del Acta Federal de Alimentos, Drogas y Cosméticos, enmendada en 1958 (PL929), define el término "aditivo alimenticio" como B.S.29

cualquier sustancia cuyo uso intencional provoque o pueda provocar, directa o indirectamente, que dicha sustancia se vuelva un componente o que afecte las características de cualquier alimento (utilizada durante el procesamiento, preparación, tratamiento, empaque, transporte o almacenamiento de alimentos, incluyendo cualquier fuente de radiación usada para ello), si tal sustancia no es reconocida generalmente por expertos, calificados por su experiencia y entrenamiento científicos para evaluar su seguridad, como segura bajo las condiciones a las que se va a utilizar.

En la actualidad no se ha reportado algún descubrimiento importante que haya hecho cambiar la clasificación de las gomas y, solamente unas cuantas, han sido reclasificadas y su uso restringido a niveles que usualmente están dentro de los que se utilizan con normalidad.¹⁶

1. Goma guar.

La goma guar se deriva de la semilla de la planta guar, *Cyamopsis tetragonolobus*, de la familia Leguminosae.⁸ Las semillas están compuestas por la cáscara (14-17%), el germen (43-47%) y el endospermo (35-42%).¹² En la manufactura de goma guar, se separa el endospermo lo más que se pueda de la cáscara y el germen. Luego, se muele el endospermo hasta obtener un polvo fino, el cual se vende como goma guar.¹⁰ A continuación se muestra un análisis típico de una goma guar comercial:¹⁵

Galactomanan	78-82%
Agua	10-13%
Proteína	4-5%
Fibra cruda	1.5-2.0%
Ceniza	0.5-0.9%
Grasa	0.5-0.75%
Hierro	Trazas
Metales pesados	0
Arsénico	0

La goma guar es un galactomanan.⁸ Estructuralmente se compone de una cadena principal recta de unidades de D-manopiranosas con una unidad de D-galactopiranosas sobre

cada unidad de manosa, a manera de cadena lateral. (Ver Figura 15.)¹² Tiene un peso molecular promedio entre 200,000-300,000.

a. Viscosidad.

La propiedad más importante de la goma guar es su habilidad de hidratarse rápidamente en sistemas acuosos fríos para dar soluciones bastante viscosas.³³ Cuando la goma guar se hidrata por completo, forma una dispersión coloidal viscosa cuyo comportamiento reológico es tixotrópico.⁸ Las soluciones diluidas de goma guar, es decir, de concentración menor que 1%, son menos tixotrópicas que las soluciones de concentraciones de 1% o más. Las viscosidades de soluciones de concentración 0.3% sólo cambian un poco con velocidades de corte crecientes, mientras que las de soluciones de concentración 1% o más cambian bastante a las mismas velocidades de corte (Figuras 16 y 17). Al igual que con la mayoría de gomas, la viscosidad de la goma guar depende del tiempo, temperatura, concentración, pH, fuerza iónica y, también, del tipo de agitación.¹²

Una dispersión acuosa al 1% de una goma guar de buena calidad tiene una viscosidad de 3,000-6,000 cP.⁸

b. Rapidez de hidratación.

La rapidez de hidratación de la goma guar varía. En aplicaciones prácticas se requiere de un tiempo de hidratación de unas 2 horas para alcanzar la viscosidad máxima (Figura 18).¹⁵

c. Temperatura.

La temperatura es otro factor importante que influye en la rapidez de hidratación y desarrollo de la viscosidad máxima.³³ Las soluciones de goma guar que se preparan a temperaturas altas alcanzan la viscosidad máxima más rápido que las que se preparan a temperaturas bajas. Sin embargo, la ventaja de usar calor para lograr una hidratación más rápida de la goma se ve un poco desfavorecida por el efecto degradativo del calor prolongado. En muchos casos, las soluciones de goma guar que se preparan calentando tienen una viscosidad final menor que las mismas soluciones preparadas con agua fría y que se dejan hidratar lentamente. Las dispersiones de goma guar alcanzan su máxima viscosidad a temperaturas entre 25-40 °C.¹⁵

d. Concentración.

Los sistemas acuosos que contienen goma guar a bajas concentraciones tienen viscosidades bastante altas. Los

niveles de uso recomendados usualmente son menores que 1%, ya que a concentraciones mayores la viscosidad aumenta demasiado como para ser útil en la mayoría de las aplicaciones. Para una solución típica, el hecho de duplicar la concentración de 1% a 2% produce un aumento diez veces mayor en la viscosidad de 4,100 cP a 44,000 cP (Figura 19). En general, la viscosidad aumenta linealmente (Newtoniana) con aumentos en la concentración hasta un 0.5%.³³ A concentraciones mayores las soluciones de goma guar se comportan como sistemas no-Newtonianos tixotrópicos.¹⁶

e. Efecto del pH.

La goma guar es estable en solución dentro de un amplio rango de pH.³³ Las soluciones tienen una viscosidad casi constante dentro de un rango de pH de 1.0-10.5. Esta estabilidad se cree se debe a la naturaleza no-iónica, sin carga, de la molécula. Aunque el pH no afecta la viscosidad final, la rapidez de hidratación varía bastante con el pH, la mayor rapidez de hidratación ocurre a pH 8-9. La hidratación más lenta se da a pHs por encima de 10 y por debajo de 4. El método preferido para preparar una solución de goma guar es disolver la goma al pH de hidratación más rápida y luego ajustar el pH al valor deseado. Las viscosidades máximas

que se logran a pHs ácidos y alcalinos son las mismas a pesar de la diferencia en velocidades de hidratación. La Figura 20 muestra el efecto del pH sobre la rapidez de hidratación.^{8.15}

f. Compatibilidad.

Puesto que la goma guar es no-iónica, no está propensa a formar sales y precipitar.³³ Es compatible con sales dentro de un rango amplio de concentraciones de electrólito. La estabilidad de las soluciones de goma guar es buena con sales que contienen cationes mono-, di- o trivalentes, y la viscosidad aumenta al aumentar las concentraciones de estas sales. El efecto de aniones tales como nitratos, cloruros y sulfatos, sobre la viscosidad de las soluciones es similar, pues la viscosidad aumenta al incrementar la concentración del anión.¹⁵ Muchos cationes polivalentes tales como calcio, aluminio y cromo insolubilizarán la goma guar en solución a ciertos niveles de pH. En algunos casos, esta insolubilización tomará la forma de una gel, pero normalmente estas geles contienen niveles altos de sales o se preparan con sales no comestibles y por eso no pueden utilizarse en aplicaciones alimenticias.

La estabilidad de las soluciones de goma guar se puede mejorar usando agentes secuestrantes de iones metálicos.

principalmente aquellos que son capaces de inactivar iones de hierro.¹⁵

La goma guar es compatible con muchos otros materiales, incluyendo almidones no modificados, la mayoría de almidones modificados y muchas proteínas hidrosolubles. También es compatible con la mayoría de las otras gomas tales como arábica, agar, alginato, carragenina, karaya, goma de algarroba, pectina, metilcelulosa y carboximetilcelulosa.^{15.33}

g. Actividad formadora de puentes de hidrógeno.

Esta actividad generalmente se atribuye a la presencia y comportamiento de los grupos hidroxilo en la molécula de goma guar. La estructura de cadena recta de la goma guar, conjuntamente con la regularidad de las ramificaciones de una unidad de galactosa, producen una molécula que exhibe efectos inusuales sobre otros sistemas coloidales hidratados mediante el mecanismo de formación de puentes de hidrógeno. La goma guar puede formar puentes de hidrógeno con materiales minerales y celulósicos hidratados, y la adición de pequeñas cantidades de goma guar puede alterar marcadamente las propiedades electrocinéticas de cualquier sistema.¹⁵

h. Preservantes.

Las soluciones de goma guar, así como las de la mayoría de gomas naturales, están sujetas al deterioro bacteriano.⁸ Para aplicaciones alimenticias, se recomiendan el benzoato de sodio y el ácido cítrico. En ciertos alimentos tales como quesos procesados, también se permite usar el ácido sórbico.¹⁵

i. Efecto del cloruro de sodio.

La sal y el azúcar son probablemente los dos ingredientes más ampliamente utilizados en los alimentos después del agua. El comportamiento de la goma guar en salmuera es esencialmente el mismo que en agua. La rapidez de hidratación no se ve afectada, aunque la viscosidad final de la goma totalmente hidratada aumenta un poco por la presencia del cloruro de sodio.¹⁵

j. Efecto de la sacarosa.

En la presencia de azúcar, se da una competencia entre el azúcar y la goma guar por el agua disponible, y concentraciones altas de azúcar tienen un efecto retardante sobre la hidratación de la goma.¹⁵ Además, la viscosidad de las soluciones goma guar-azúcar disminuye gradualmente en proporción directa a la concentración de azúcar (Figura 21).

En cada caso, el azúcar se disolvió primero en agua y luego se hidrató la goma guar en dicha solución a temperatura ambiente. Cada incremento en la concentración de azúcar causa una disminución en la viscosidad del sistema. Con una solución de azúcar saturada (65%), la hidratación de la goma guar es insignificante. A niveles de 40% o menores, las propiedades espesantes de la goma se encuentran dentro de los márgenes prácticos.⁸

Las viscosidades de soluciones de goma guar que contienen azúcar continúan aumentando por varios días. Este retardo en la hidratación se puede deber a una reducción en la movilidad del agua, proporcional a la concentración de azúcar. En tales sistemas, el valor total de la goma guar como agente espesante y estabilizante se desarrolla después de una semana de almacenamiento.^{8,15}

El azúcar es efectiva para proteger a la goma guar contra la hidrólisis y pérdida de viscosidad cuando se calienta o autoclavea.¹⁵ La presencia de 5-10% de azúcar en el líquido ofrece máxima protección y una máxima viscosidad. El azúcar también ofrece protección contra el efecto hidrolisante de los pHs bajos (hasta pH 3) bajo condiciones de procesamiento.

k. Efecto sinérgico.

La goma guar ha mostrado un alto grado de sinérgismo cuando se combina con otras gomas o almidones.¹⁵ La viscosidad de una combinación de goma guar y almidón de trigo cocinada a temperatura alta es mayor que la capacidad espesante combinada de los dos ingredientes individuales. Se cree que el almidón de trigo, el cual tiene una excelente capacidad para soportar abuso térmico y mecánico, se une a la goma guar mediante puentes de hidrógeno.

l. Estado regulatorio.

Según el Código Federal de Regulaciones:⁷

(a) La goma guar es la substancia natural obtenida de la maceración de la semilla de la planta guar, Cyamopsis tetragonoloba (Linne) Taub., o Cyamopsis psoraloides

(Lam.) D. C.

(b) El ingrediente cumple las especificaciones del Código de Químicos Alimenticios, 3a ed. (1981), p. 141.

(c) El ingrediente se puede utilizar en alimentos bajo las condiciones mostradas en la Tabla 12.

m. Aplicaciones de la goma guar.

Los usos de la goma guar siempre involucran sistemas en los que el agua es un factor importante.⁸ El componen-

te más común de los alimentos es el agua, y la goma guar se utiliza efectivamente siempre que se desee modificar el comportamiento del agua o sistemas alimenticios en los que hay otros ingredientes asociados con el agua.¹² En la Tabla 13 se muestran algunas de las aplicaciones más comunes de la goma guar en alimentos.

La goma guar se usa con frecuencia como un estabilizante en aderezos para ensalada en concentraciones de 0.2-0.8% del peso total. En esta aplicación, sus ventajas son su dispersabilidad en agua fría, su compatibilidad con emulsiones bastante ácidas, y su costo relativamente bajo en base a la viscosidad obtenida. En dichas emulsiones, funciona como un estabilizador de emulsiones aumentando la viscosidad de la fase acuosa, disminuyendo así la rapidez de separación de las fases acuosa y lipídica.

2. Goma xanthan.

La goma xanthan es la goma más nueva que se ha añadido a la lista de gomas aprobadas para el uso en alimentos.¹⁶ Antes de su descubrimiento, la única fuente comercialmente viable de grandes cantidades de polisacáridos naturales eran las gomas vegetales naturales. Aunque muchos de estos polisacáridos aún tienen gran utilidad e importancia comercial, la goma xanthan se destaca por tener características únicas y útiles. Debido a estas propiedades distintivas, la goma xanthan ha encontrado amplia aceptación como aditivo funcional en la industria de alimentos.

La goma xanthan es producida por el patógeno de plantas Xanthomonas campestris en un medio de fermentación que contiene glucosa, solutos de destilería, fosfato ácido dipotásico y elementos traza apropiados.¹² Debido a la alta viscosidad que alcanzan los fluidos del cultivo, sólo se puede utilizar del 3-5% de la concentración de glucosa.⁸ Al final de la fermentación, los fluidos del cultivo tienen una viscosidad tan grande como 7,000 cP.¹⁵ Tiene apariencia homogénea y casi no fluye. El polisacárido se precipita por la adición de etanol, se purifica por reprecipitación y luego se seca.¹⁵

La goma xanthan tiene un peso molecular mayor de

106.33 En la Figura 22 se muestra su estructura primaria. La cadena principal del polímero consiste de β -D-glucosa 1,4-unidas y es, por consiguiente, idéntica a la de la celulosa.¹² En la posición 3 de las unidades monoméricas de glucosa alternas se encuentra una cadena lateral trisacárida que contiene un residuo de ácido glucurónico entre dos residuos de manosa. La unidad terminal β -D-manosa está unida glicosídicamente a la posición 4 del ácido β -D-glucurónico, el cual, a su vez, está unido glicosídicamente a la posición 2 de una α -D-manosa. Aproximadamente, en la mitad de los residuos D-manosa terminales, está unida una unidad de ácido pirúvico mediante un enlace cetálico a las posiciones 4- y 6-. Finalmente, la unidad D-manosa no-terminal tiene un grupo acetilo en la posición 6.¹⁶

a. Solubilidad y viscosidad.

La goma xanthan se disuelve en agua fría o caliente para formar soluciones viscosas no-tixotrópicas, que usualmente muestran cierta opalescencia.¹² Las concentraciones de 0.1-1.0% tienen un pH entre 6.0-7.0. A concentraciones tan bajas como 0.25%, las soluciones presentarán una leve gelificación a temperatura ambiente. En frío, las geles se vuelven suaves y reversibles, especialmente en la presencia de sal o alcohol.¹⁵

Las curvas de viscosidad-concentración de la goma xanthan son comparables a las de gomas naturales que dan viscosidades altas, tales como tragacanto, guar y alginato de sodio. La Figura 23 presenta valores comparativos.¹⁵

b. Comportamiento reológico.

Las medidas de viscosidad-velocidad de corte muestran típicas características pseudoplásticas (Figura 24), y las curvas de velocidad de corte-torque muestran valores de cedencia.¹² Estas propiedades pseudoplásticas, en gran parte, son responsables de las propiedades suspensoras efectivas de la goma. La estructura de la solución es suficiente para evitar que las partículas finas se asienten o las gotas de aceite suban, permitiendo que la suspensión se vierta fácilmente.¹⁵

Las soluciones acuosas de goma xanthan disminuyen su viscosidad (adelgazamiento por corte) cuando se aumenta la velocidad de corte; tienen una mejor sensación bucal y no son tan limosas como las de la mayoría de las otras gomas.¹⁶

c. Efecto del calor.

La temperatura tiene muy poco efecto sobre la viscosidad de las soluciones de goma xanthan.³³ Además, la solución de la goma es bastante estable al calor en la

presencia de cloruro de potasio y otras sales, contrariamente a otros hidrocoloides comunes. La estabilidad de la viscosidad al calor, especialmente en la presencia de sal, diferencia a este polisacárido de la mayoría de polisacáridos actualmente en uso.¹⁵

d. Efecto de sales.

El efecto de electrólitos sobre las soluciones de goma xanthan (Figura 25) depende de la concentración de goma.¹⁶ Por debajo de 0.15% de goma xanthan, la adición de un electrólito, tal como cloruro de sodio, reduce ligeramente la viscosidad, mientras que a mayor concentración de goma el electrólito tiene el efecto opuesto. La viscosidad máxima se alcanza a una concentración de cloruro de sodio de 0.02 a 0.07%; más allá de este nivel la sal adicional, inclusive hasta llegar a saturación, tiene poco o ningún efecto sobre la viscosidad o estabilidad.³³ Las sales divalentes, tales como las de magnesio o calcio, tienen una influencia similar sobre la viscosidad, y la compatibilidad con estas sales divalentes es excelente.¹⁶

La óptima reología y uniformidad de las soluciones de goma xanthan requieren la presencia de aproximadamente 0.07% de electrólito, pero casi todos los sistemas alimenticios contienen esta cantidad de sal. Por lo tanto, el comportamiento de la goma xanthan, para efectos prácticos,

no se ve influenciado por variaciones en el electrólito.¹⁶

e. Efecto del pH.

Las viscosidades de las soluciones de goma xanthan son esencialmente independientes del pH, y el polímero seco se puede disolver directamente en la mayoría de soluciones ácidas.³³ Las soluciones de goma xanthan mantienen su viscosidad alta durante varios días a pHs altos, lo cual es poco usual para un hidrocoloide. Bajo condiciones comparables, los alginatos, goma tragacanto y pectina, sufren una considerable disminución en viscosidad.¹²

f. Propiedades formadoras de películas.

Se pueden moldear películas sin soporte de buena calidad a partir de soluciones acuosas al 1% de goma xanthan conteniendo glicerol en un plastificante para reducir la fragilidad.¹⁵ Se obtienen películas de una mejor calidad calentando la solución a 80 °C antes de moldear la película a partir de una solución enfriada, o utilizando el polímero desacetilado.³³

g. Estado regulatorio.

Según el Código Federal de Regulaciones, la goma xanthan se puede utilizar seguramente en alimentos de acuerdo a las siguientes condiciones:⁷

(a) El aditivo es un polisacárido que se deriva de Xanthomonas campestris mediante un proceso de fermentación y purificado por recuperación con alcohol isopropílico. Contiene D-glucosa, D-manosa y ácido D-glucurónico como las hexosas predominantes y se fabrica a manera de sales de sodio, potasio o calcio.

(b) La cepa de Xanthomonas campestris no es patógena ni tóxica en los hombres y otros animales.

(c) El aditivo se produce mediante un proceso que lo rinde libre de células viables de Xanthomonas campestris.

(d) El aditivo cumple con las siguientes especificaciones:

- El alcohol isopropílico residual no debe exceder 750 ppm.

- Una solución acuosa que contenga 1% del aditivo y 1% de KCl agitada por 2 h debe tener una viscosidad mínima de 600 cP a 75 °F, determinada con un Viscómetro Brookfield, Modelo LVF (o su equivalente), utilizando un "spindle" No. 3 a 60 rpm, y la razón de viscosidades a 75 °F y 150 °F debe estar dentro del rango 1.02-1.45.

- Al someter la goma xanthan a las pruebas de Gel de Goma de Algarroba y del Acido Pirúvico, los resultados deben ser positivos.

(e) El aditivo se usa o está destinado a usarse de acuerdo con las buenas prácticas de manufactura como esta-

bilizante, emulsificante, espesante, agente suspensor, agente para dar cuerpo, o reforzador de espumas en los alimentos para quienes los estándares de identidad establecidos en la sección 401 del acta no excluyen dichos usos.

(f) Para asegurar el uso adecuado del aditivo:

- La etiqueta del recipiente deberá incluir, además de otra información requerida por el acta, el nombre del aditivo y la designación "grado alimenticio."

- La etiqueta del recipiente del alimento deberá incluir instrucciones adecuadas para su uso.

h. Aplicaciones de la goma xanthan.

Las propiedades inusuales que se le atribuyen a este hidrocoloide y que lo han hecho tan popular, son: (a) solubilidad en agua fría o caliente produciendo altas viscosidades a bajas concentraciones; (b) invariabilidad de la viscosidad al cambiar la temperatura; (c) excelente solubilidad y estabilidad en soluciones ácidas; (d) excelente estabilidad en soluciones alcalinas; (e) excelentes propiedades suspensoras con sólidos difíciles de suspender; (f) excelente compatibilidad y estabilidad en presencia de sales; (g) excelente estabilidad térmica, aun a temperaturas altas; (h) propiedades pseudoplásticas extremas (viscosidad alta a bajo corte, pero viscosidad

baja a corte alto); (i) estabilidad al congelamiento-descongelamiento; y (j) propiedades emulsificantes efectivas.^{8,15,33}

La goma xanthan ha tenido amplia aceptación entre los fabricantes de aderezos para ensalada vertibles, tanto sola como en combinación con otras gomas tales como alginato de propilenglicol o pectina.¹⁶ Aunque no es un emulsificante, la goma xanthan es un estabilizante de emulsiones extraordinariamente efectivo. Los aderezos que contienen 0.25-0.30% de goma son estables por varios meses. Las cualidades organolépticas se refuerzan por la sensación bucal tan limpia impartida por el alto grado de pseudoplasticidad de la goma xanthan, cualidad que mantiene al aderezo encima de la ensalada.³³

3. Goma tragacanto.

La goma tragacanto es un exudado de las plantas del género Astragalus de la familia Leguminosae.² El nombre tragacanto, del griego tragos (cabra) y akantha (cuerno), probablemente se refiere a la forma curvada de los listones, el mejor grado comercial de la goma.⁸ También está disponible en hojuelas, y cada grado proviene de un arbusto específico.

La goma exuda espontáneamente de las heridas que se hacen en la corteza del arbusto. Usualmente se recolecta con la mano, se le lleva a los centros de venta, en donde se clasifica en cinco grados de listones y hojuelas, y luego se exporta.¹²

La goma tragacanto está oficialmente reconocida en la Farmacopea de los Estados Unidos desde 1820.³³ En el Código de Químicos Alimenticios (1966) se han establecido estándares para la goma tragacanto, grado alimenticio, como se muestra a continuación:¹⁵

Arsénico (como As)	No más de 3 ppm
Cenizas (totales)	No más de 3%
Cenizas (insolubles en ácido)	No más de 0.5%
Metales pesados (como Pb)	No más de 40 ppm
Plomo	No más de 10 ppm

Inexistencia de goma karaya determinada
por método estándar

Viscosidad (solución al 1%) No menos de 250 cP

La composición química exacta de la goma tragacanto aún se desconoce. Se ha reportado que la goma es una mezcla compleja de polisacáridos que contiene ácido D-galacturónico, D-galactosa, L-fucosa, D-xilosa y L-arabinosa.^{2,8} Estos compuestos ácidos están principalmente presentes a manera de sales de calcio, magnesio y potasio. Se cree que está compuesta de al menos dos componentes: un componente mayoritario insoluble en agua, basorina, que comprende del 60-70% de la goma, y un componente minoritario hidrosoluble, tragacantina.^{12,15}

Se piensa que la basorina es una estructura compleja de ácidos polimetoxilados que, al desmetoxilarse, probablemente produce tragacantina. La tragacantina consiste de un anillo que contiene tres moléculas de ácido glucurónico y una molécula de arabinosa, con una cadena lateral de dos moléculas de arabinosa. Además, la goma tragacanto contiene pequeñas cantidades de celulosa, almidón y materiales proteicos.²⁸

La goma tragacanto tiene un peso molecular de unos 840,000 y un tamaño molecular de 4,500 Å por 19 Å.¹⁵ Esta estructura alargada es la responsable de su alta

viscosidad.

a. Propiedades.

Cuando se añade al agua, la tragacantina soluble se disuelve dando una solución tipo hidrosol coloidal, mientras que la basorina insoluble se esponja formando un estado similar al de una gel.² Cuando se usa una menor proporción de agua, se forma una pasta suave y adhesiva. Si se agrega más agua, la pasta forma una mezcla uniforme que se separa en 1 ó 2 días, con la tragacantina disuelta en la capa superior y la mayor parte de la basorina insoluble en la capa inferior.¹⁵

Gracias a la habilidad de la goma tragacanto de esponjarse en el agua y dar dispersiones viscosas espesas o pastas, es que la goma ha encontrado muchos usos en las industrias farmacéutica y alimenticia.³³ Sin embargo, la dificultad de preparar soluciones homogéneas sin grumos constituye una desventaja en muchos casos. Este problema se puede evitar agitando vigorosamente con un agitador de alta velocidad y añadiendo la goma lentamente o, preferiblemente, humedeciendo la goma previamente con un humectante tal como glicerina, propilenglicol o alcohol.²⁸

Todas las curvas de viscosidad versus concentración de goma muestran un aumento considerable casi logarítmico con el aumento en el contenido de goma (Figura 26.)³³ La vis-

cosidad disminuye con el aumento de la velocidad de corte (Figura 27.)³³ Las velocidades de corte tan altas que se utilizan para disolver la goma tragacanto reducen bastante la viscosidad.

Al igual que con las demás gomas, la viscosidad es la propiedad más importante de las soluciones de goma tragacanto. La viscosidad de una solución al 1% de la goma de grado más alto es de unos 3,400 cP.⁸ Una concentración del 2-4% da una pasta espesa si se hidrata apropiadamente. En una preparación en frío, la viscosidad máxima se alcanza usualmente después de 24 horas, pero ésta se puede obtener en 2 horas si la temperatura de la solución se aumenta a 50 °C. Las soluciones de goma tragacanto son no-tixotrópicas.³³

Las soluciones de esta goma son ácidas, su pH se encuentra entre 5-6.⁸ Su viscosidad inicial máxima se da a pH 8, pero su viscosidad estable máxima se presenta, más o menos, a un pH 5.³³ La estabilidad de las soluciones disminuye a pHs menores que 4 y mayores que 6. No obstante, comparada con otras gomas, la goma tragacanto es bastante estable dentro de un amplio rango de pH, inclusive a condiciones extremadamente ácidas, como pH 2 (ver Figura 28).³³ Por esta razón, se ha utilizado mucho en productos alimenticios tales como aderezos para ensalada, donde se requieren viscosidades estables a bajos

pHs. En años recientes, la goma tragacanto se ha substituido en varias aplicaciones por alginato de propilenglicol, el cual tiene propiedades de resistencia similares.¹²

La goma tragacanto es un agente emulsificante efectivo. Retarda la coalescencia de los glóbulos de grasa al aumentar la viscosidad de la fase externa, disminuyendo de esta forma el movimiento de la fase lipídica dispersa.^{28.33}

b. Estado regulatorio.

Según el Código Federal de Regulaciones:⁷

(a) La goma tragacanto es el exudado de una de las varias especies de Astragalus gummifer Labillardiere, un arbusto que crece salvajemente en las regiones montañosas del Medio Oriente.

(b) El ingrediente cumple con las especificaciones del Código de Químicos Alimenticios, 3a ed. (1981), p. 337.

(c) El ingrediente se usa en alimentos bajo las condiciones especificadas en la Tabla 14.

c. Aplicaciones de la goma tragacanto.

Debido a su alta viscosidad a concentración baja, su habilidad de producir emulsiones bastante estables y su resistencia al calor y a los ácidos, la goma tragacanto

tiene aplicación en los alimentos como estabilizante en aderezos para ensalada de pH bajo, como espesante y enlazante en confitería, como estabilizante en helados, y como espesante en productos de panadería surtidos.^{15.33}

La goma tragacanto es útil para preparar aderezos cremosos estabilizados como el francés, italiano, roquefort y otros.¹² Este tipo de aderezos pertenece a la clase de aderezos vertibles. La goma espesa la fase acuosa y evita que el aceite se una. Generalmente, se usa 0.4-0.75% de goma, con base en el peso total del aderezo.³³

También se pueden preparar aderezos bajos en calorías. En estos, el contenido de aceite es de 1-5% y la concentración de goma de 0.5-1.2%.¹⁵ La acción de la goma siempre es la misma, pero se requiere un mayor nivel de goma debido a que existe más fase acuosa.

La ventaja de usar goma tragacanto en aderezos es que forma un aderezo de apariencia más natural y más cremoso, tiene una excelente vida de anaquel y posee una buena estabilidad en refrigeración una vez se abre el aderezo.¹²

G. Aderezo para ensalada.

Pueden considerarse aderezos para ensalada aquellos productos que se agregan y se consumen con ensaladas de verduras, frutas, carnes, pescados y mariscos, aunque su consumo no se restringe a esta aplicación.¹⁰ Otros de sus usos incluyen el hecho de untarlos sobre pan para preparar emparedados o simplemente para consumirlos en esta forma.¹⁰

En forma más específica (excepto ciertos tipos de bajas calorías o dietéticos), los aderezos para ensalada contienen esencialmente aceite y vinagre junto con huevos (yemas o enteros), azúcar, sal, especias y otros ingredientes alimenticios que les dan la identidad deseada.¹⁷ Pueden ser líquidos, de cuchara, homogeneizados o en fases múltiples.¹⁰ En los Estados Unidos se han definido tres Normas de Identidad:

1. Salsa francesa.

Este es un alimento líquido separable o un alimento fluido viscoso emulsificado. Se prepara a partir de aceite vegetal comestible, uno o dos ingredientes acidulantes, saborizantes o sazónadores opcionales y, si se desea, emulsificantes opcionales también. El contenido de aceite no puede exceder el 35% en peso.¹⁰

2. Mayonesa.

La mayonesa es un alimento semi-sólido emulsificado, que se prepara a partir de aceite vegetal comestible, uno o más ingredientes acidulantes y uno o más ingredientes que contengan yema de huevo. El contenido mínimo de aceite vegetal es 65%.¹⁰

3. Aderezo para ensalada.

Este es un alimento semi-sólido emulsificado, que se prepara a partir de aceite vegetal comestible, uno o más ingredientes acidulantes, uno o más ingredientes que contengan yema de huevo y un almidón cocido o parcialmente cocido. Debe tener un mínimo de 30% en peso de aceite vegetal y no menos de 4% en peso de yemas de huevo.^{7.10}

Los productos que no entran en estas normas prescritas no pueden llevar la descripción Mayonesa, Salsa Francesa o Aderezo para ensalada. Deben, por tanto, identificarse como un aderezo específico y los ingredientes deberán aparecer en la etiqueta.¹⁰ Entre ellos están las pastas para emparedados, salsa tártara, salsa mil islas, aderezo de queso azul y otros aderezos de queso, diosa verde, ruso, italianos, de bajas calorías y otros.

4. Ingredientes:

a. Generales.

Para los productos de ensalada cubiertos por las Normas de Identidad u otra legislación similar, las agencias gubernamentales pertinentes enlistan en forma específica los ingredientes permitidos.

b. Emulsificadores.

Las emulsiones que se usan en los aderezos para ensalada son del tipo aceite en agua, por lo que los emulsificadores deben ser los adecuados. Además, se usan varios tipos de estabilizantes.

Los siguientes ingredientes se utilizan para estabilizar los aderezos para ensalada: huevo, almidón de maíz, harina, gelatina, goma tragacanto, goma arábica, pectina, carragenina, goma de algarroba, goma, goma karaya, alginato de propilenglicol, carboximetilcelulosa de sodio, mostaza y paprika. Además, los huevos también pueden funcionar como emulsificantes bastante eficientes debido a los fosfolípidos que contienen.

c. Aceite.

La selección del aceite está regulada por la calidad, preferencia local y economía de la disponibilidad. Entre ellos están el de soya, algodón, girasol y maíz. A medida

que mejora la tecnología de refinación y desodorización, el número de aceites que se utilizan aumenta. Los aceites pueden emplearse solos o combinados. En ciertos casos de aplicaciones es necesario que el aceite esté winterizado para proteger la estabilidad de la emulsión durante la fluctuación de temperaturas.¹⁰

d. Huevos.

Los huevos se emplean enteros, como yemas o una mezcla de estos dos.⁸ Pueden almacenarse congelados antes de su uso o emplearse en forma seca. Pueden ser salados o sin sal. Deben pasteurizarse para controlar Salmonella.¹⁰

e. Acidulantes.

Algunos de los vinagres que utilizan comúnmente los procesadores de alimentos son el vinagre de cidra de manzana (hecho del jugo de manzana), vinagre de vino (hecho del jugo de uva) y el vinagre destilado blanco (hecho a partir de alcohol destilado diluido). Se pueden utilizar solos o combinados.¹¹ La principal función del vinagre es la preservación, la secundaria es el sabor.¹⁰

Otro acidulante que se puede utilizar además del vinagre es el ácido cítrico. Este solamente se utiliza como un reemplazante parcial del vinagre y su función principal es la de reforzar el sabor del producto.^{7.10}

f. Ingredientes varios.

Como edulcorantes se emplean azúcar, miel, dextrosa, jarabe de maíz, azúcar invertido, jarabe de maltosa no diastásica y glucosa.¹⁰

También se emplea sal, especias, aceites y extractos de especias, y glutamato monosódico.⁷ Además, para los aderezos sujetos a la Norma de Identidad U.S. se permiten los almidones alimenticios, harina de tapioca, harina de trigo y harina de centeno.

En la fabricación de aderezos no estandarizados pueden utilizarse muchos ingredientes que no aparecen en los productos estandarizados. Estos incluyen encurtidos de pepino, quesos, otros emulsificantes y estabilizadores, sabores y colores.

5. Estabilidad durante el almacenamiento.

La vida de anaquel del producto debe ser como mínimo de 3 a 6 meses a temperaturas que varíen entre 30 y 100 °F (-1.1 a 37.8 °C).⁸ Los tipos de deterioro que pueden ocurrir son separación de la emulsión, fermentación y desarrollo de malos sabores.

Las razones principales del deterioro de la mayonesa son el rompimiento de la emulsión como resultado de la oxidación del aceite o la preparación inadecuada de la emulsión.⁸ El deterioro bacteriano es menos frecuente de-

bido a la inhibición ejercida por el ácido.

La ruptura de la emulsión puede ocurrir por choque mecánico, particularmente en el caso de la mayonesa.⁸ El hecho de permitir que el producto se enfríe a temperaturas demasiado bajas, lo cual puede provocar la cristalización del aceite, puede causar la separación. Finalmente, el empleo de técnicas inapropiadas en el mezclado inicial, los huevos utilizados en la mayonesa y aderezos para ensalada, o temperaturas inadecuadas de operación, también pueden ser responsables del rompimiento de la emulsión.

Generalmente, los problemas de fermentación son el resultado de no observar procedimientos sanitarios apropiados.⁸ Esto se puede evitar haciendo una limpieza antiséptica completa y regular de la planta y el equipo.

El desarrollo de malos sabores y olores se puede minimizar mediante la selección, cuidado y manejo apropiados de los ingredientes.⁸ El aceite utilizado debe estar libre de cualquier rancidez incipiente y no debe almacenarse por períodos de tiempo excesivamente largos. Todo el equipo utilizado para almacenar y manejar los ingredientes debe estar limpio y ser, siempre que sea posible, de acero inoxidable. Por último, todos los cierres de los envases deben ser herméticos.

6. Agentes antimicrobianos.

El agente antimicrobiano que se encuentra en el vinagre es el ácido acético. La efectividad de un agente antimicrobiano se puede explicar en relación a tres factores.⁶ Estos factores son (a) el efecto del pH, (b) el efecto de la disociación del ácido y (c) el efecto específico del agente antimicrobiano. El pH conduce a diferentes respuestas antimicrobianas; por ejemplo, un pH de 1 puede matar a la mayoría de organismos incluyendo levaduras y mohos, mientras que un pH de 3 puede ejercer poco efecto sobre los organismos.⁶

La forma no-disociada del ácido posee las propiedades antimicrobianas.⁶ Como se ilustra en la Tabla 15, los valores de pKa—el valor de pH al cual el 50% del ácido está disociado—de la mayoría de agentes antimicrobianos cae en el rango de pH de 3 a 5 (el pKa del ácido acético es 4.75).^{6,11} Conforme se disminuye el pH, la concentración del ácido no-disociado aumenta, produciendo una actividad antimicrobiana más efectiva. A pHs más altos, particularmente a valores de pH 5.5-5.8 a los que crecen todas las bacterias que causan envenenamiento con alimentos y las que deterioran los alimentos, la mayoría de ácidos orgánicos son, relativamente, inhibidores antimicrobianos inefectivos.⁶

Cuando los aditivos antimicrobianos se usan en sus

concentraciones aceptadas, inhiben la proliferación de microorganismos hasta que el preservante desaparece por volatilización, metabolismo, rompimiento o enlace químico.

El vinagre, ácido acético y sales del ácido acético—acetato de sodio, acetato de calcio, diacetato de calcio y diacetato de sodio— se reconocen generalmente como seguros (GRAS).⁶ El ácido acético y sus sales ejercen su actividad antimicrobiana hasta un pH de 4.5.⁶

Los objetivos principales del ácido acético son levaduras y bacterias; el ácido acético es menos efectivo contra mohos.⁶ En los sistemas alimenticios se requiere 3.6% de ácido acético para inhibir el crecimiento de bacterias ácido lácticas y levaduras. En carnes, pescados y vegetales, 1-2% del ácido no-disociado es suficiente para inhibir o matar todos los microorganismos no-tolerantes.

El ácido acético se usa en productos alimenticios tales como aderezos para ensalada, condimentos como mostaza, ketchup y mayonesa, salsas, marinadas para carne, aves y pescados, productos de panadería, estofados, sopas y quesos.¹¹

De acuerdo con la International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF), 0.1% de ácido acético inhibe el crecimiento de la mayoría de bacterias productoras de envenenamiento con alimentos y

formadoras de esporas, mientras que se requiere 0.3% del ácido no-disociado para inhibir el crecimiento de mohos micotóxicos. 6

IV. METODOLOGIA

A. Materiales.

1. Aderezos patrón obtenidos en tiendas locales:

CUADRO 1

Identidad del aderezo patrón para aderezo Francés.

Nombre Country French Dressing

Marca Marzetti

Ingredientes goma xanthan, paprika, sal, vinagre,
azúcar, agua, aceite de soya, huevos
y especias

CUADRO 2

Identidad del aderezo patrón para aderezo Cole Slaw.

Nombre Cole Slaw Dressing

Marca Kraft

Ingredientes goma xanthan, alginato de propilengli-
col, aceite de soya, azúcar, agua, vi-
nagre, yemas de huevo, sal, mostaza en
polvo, polisorbato 60, sabor natural y
EDTA de calcio y disódico

CUADRO 3

Identidad del aderezo patrón para aderezo Queso Azul.

Nombre	Blue Cheese, Roka
Marca	Kraft
Ingredientes	aceite de soya, queso azul (leche, cultivo para queso, sal, enzimas, color artificial), agua, vinagre, yemas de huevo, azúcar, sal, mostaza en polvo, alginato de propilenglicol, benzoato de sodio, EDTA de calcio y disódico

2. Gomas xanthan, guar y tragacanto, grado USP, obtenidas en Importación y Distribución de Químicos, S.A.
3. Acido acético grado USP, proporcionado por Importación y Distribución de Químicos, S.A.
4. Aceite Olmeca, comprado en tiendas locales: aceite de semilla de algodón, girasol y maíz, refinado, blanqueado, winterizado y desodorizado. Contiene 0.006% TBHQ.
5. Ingredientes varios para la elaboración de los aderezos:
 - sal
 - azúcar
 - mostaza en polvo

- paprika en polvo
- cebolla en polvo
- sal de apio
- cúrcuma en polvo
- ajo en polvo
- pimienta negra molida
- yemas de huevo frescas
- queso azul.

Las especias se compraron en SUPERB, S.A; sal, azúcar y huevos en tiendas locales; y queso azul, en DISTRAL.

6. Benzoato de sodio y sorbato de potasio, grado USP, proporcionados por FERKICA, S.A.

B. Equipo.

1. Consistómetro de Bostwick, Fisher Scientific Co.
2. Medidor de pH, Orion Research Co.
3. Batidora KitchenAid, Hobart, modelo K5SS; tazón 5 qt. batidor plano.
4. Incubadora, Lab-Line Instruments.
5. Refrigeradora.

C. Formulaciones para aderezos Francés, Cole Slaw y Queso

Azul obtenidas de FOOD PRODUCTS FORMULARY, Komarik, S. et al.²³

D. Procedimiento.

1. Evaluación de las propiedades de aderezos para ensalada comerciales:

- a) Se compró un aderezo comercial Francés, Cole Slaw y Queso Azul.
- b) A cada uno se le evaluó consistencia, pH, color y sabor. El color y sabor se evaluaron sensorialmente. La consistencia y el pH se midieron de la siguiente forma:

a. Proceso 1. Medida de la consistencia con el Consistómetro

de Bostwick (ver Figuras 2 y 3):¹⁸

(hacer las lecturas en triplicado)

- 1) Primero, nivele cuidadosamente el consistómetro ajustando las patas tipo tornillo para obtener un flujo uniforme sobre la escala.
- 2) Cierre la compuerta y manténgala en esa posición; esto forma un compartimento receptor en uno de los extremos del consistómetro.
- 3) Tome la temperatura de la muestra.
- 4) Vierta la muestra en el compartimento receptor y rásela con una espátula, de manera que la muestra quede nivelada con el borde de las paredes del compartimento. Evite la formación de burbujas de aire en la

muestra.

- 5) Abra la compuerta, y permita que la muestra fluya sobre la escala graduada en centímetros por 30 segundos. Debe mantener bien sujetado el consistómetro para evitar que salte cuando abra la compuerta. Como el flujo en el centro de la escala excede ligeramente al flujo en las orillas del consistómetro, la distancia máxima de flujo se toma como el promedio de las dos lecturas.

b.

Proceso 2. Medida del pH con Potenciómetro: 25

(hacer las lecturas en triplicado)

- 1) Prepare 1 L de una solución amortiguadora acuosa disolviendo 10.21 g de ftalato ácido de potasio grado analítico (0.05 M). El pH de la solución será 4.0 a 20.°C.
- 2) Estandarice el medidor de pH con la solución amortiguadora.
- 3) Mida el pH de la solución muestra. (La concentración apropiada para la solución muestra es 50%.)

2. Evaluación de las formulaciones a utilizar para la elaboración de los aderezos para ensalada Francés,

Cole Slaw y Queso Azul:

a) Se preparó cada aderezo según los siguientes

procesos:

c.

Proceso 3. Preparación de aderezo Francés:

Formulación

Ingrediente	%
goma xanthan	0.25
mostaza en polvo	1.25
paprika en polvo	1.35
sal	4.00
vinagre al 10%	9.00
azúcar	11.50
agua	34.65
aceite vegetal	38.00

- 1) Mezcle manualmente la goma y la mitad del azúcar hasta homogeneizar la mezcla.
- 2) Prepare la cantidad de vinagre al 10% requerida a partir de ácido acético grado USP.
- 3) Añada el agua y el vinagre a la mezcla anterior e hidrate con Mezcladora Hobart (MH) a velocidad 1 por 5 minutos y luego, a velocidad 4 por 15 minutos.
- 4) Mezcle manualmente el resto de ingredientes secos por 5 minutos.

- 5) Mezcle la goma hidratada con los ingredientes secos con MH a velocidad 2 por 10 minutos.
- 6) Agregue el aceite poco a poco mientras mezcla nuevamente con MH a velocidad 2 por 10 minutos.
- 7) Haga un mezclado final con MH a velocidad 4 por 15 minutos.

Proceso 4: Preparación de aderezo Cole Slaw:

Formulación

Ingrediente	%
goma xanthan	0.15
aceite vegetal	35.00
azúcar	24.00
agua	22.46
vinagre al 10%	13.63
yemas de huevo deshid.	2.00
sal	1.60
mostaza en polvo	0.90
cebolla en polvo	0.14
sal de apio	0.10
cúrcuma en polvo	0.02

- 1) Mezcle manualmente la goma con el 10% del azúcar hasta homogeneizar la muestra.

- 2) Prepare la cantidad de vinagre al 10% requerida a partir de ácido acético grado USP.
- 3) Hidrate la mezcla anterior con el agua y el vinagre con MH a velocidad 1 por 5 minutos y, luego, a velocidad 4 por 15 minutos.
- 4) Mezcle manualmente, por 5 minutos, los ingredientes secos remanentes.
- 5) Añada a la goma hidratada los ingredientes secos y las yemas de huevo y mezcle con MH a velocidad 2 por 10 minutos.
- 6) Agregue el aceite lentamente mientras mezcla nuevamente con MH a velocidad 2 por 15 minutos.
- 7) Dé un mezclado final a velocidad 4 por 20 minutos.

e.

Proceso 5. Preparación de aderezo Queso Azul:

Formulación

Ingrediente	%
aceite vegetal	45.00
queso azul rayado	9.50
agua	16.60
vinagre al 10%	16.80
yema de huevo deshid.	3.50
azúcar	3.50

sal	3.60
cebolla en polvo	0.30
ajo en polvo	0.10
pimienta negra molida	0.20
goma tragacanto	0.70
benzoato de sodio	0.10
sorbato de potasio	0.10

- 1) Mezcle los ingredientes secos manualmente durante 5 minutos.
 - 2) Con MH a velocidad 2 por 15 minutos, mezcle las yemas de huevo con el agua, ingredientes secos y el aceite vegetal y, luego, emulsione a velocidad 4 por 30 minutos.
 - 3) Prepare la cantidad de vinagre al 10% requerida a partir de ácido acético grado USP.
 - 4) Añada a la mezcla el vinagre y el queso azul mezclando con MH primero a velocidad 2 por 10 minutos y luego a velocidad 4 por 30 minutos.
- b) Luego, se les evaluó consistencia, pH, color y sabor.
 - c) Seguidamente, se procedió a reformular el aderezo Queso Azul, al cual también se le evaluó consistencia, pH, color y sabor.
 - d) Finalmente, se tomaron seis muestras de cada aderezo.

zo y se almacenaron, durante un mes, a tres temperaturas diferentes: temperatura ambiente, 6-7 °C y 42 °C (dos muestras en cada temperatura). Se estuvo observando diariamente dichas muestras para ver si ocurría o no separación de fases (evaluación de estabilidad de emulsión).

3. Evaluación de la consistencia de soluciones de gomas xanthan, guar y tragacanto:

3.1) En presencia de sal común:

- a) Se determinó la concentración de sal a utilizar tomando la mayor de las concentraciones de sal indicada en las formulaciones de los aderezos.
- b) Después, se eligieron cuatro concentraciones distintas de cada una de las gomas y se prepararon, en triplicado, las soluciones respectivas. Ver el siguiente proceso:

f.

Proceso 6. Preparación de solución de goma para evaluar consistencia en función de sal presente:

(hacer tres réplicas de cada solución)

- 1) Mezcle en seco, manualmente, la goma y la sal.
- 2) Adicione la mezcla anterior al volumen de agua requerido e hidrate con MH a velocidad STIR por 20

minutos.

- c) Luego, se midió la consistencia de las mismas.
- d) Se determinaron las concentraciones de cada una de las gomas (concentraciones equivalentes) necesarias para fabricar los tres aderezos.
- e) Por último, se prepararon dos muestras de aderezo Francés, una con goma guar y otra con goma tragacanto. A estas muestras se les evaluó color, sabor, pH y consistencia.

3.2) a pH ajustado:

- a) Se determinó la concentración de sal a usar tomando la mayor de las concentraciones de sal indicada en las formulaciones de los aderezos.
- b) La concentración de azúcar a utilizar se determinó promediando las concentraciones de azúcar usadas en la preparación de los aderezos.
- c) Se seleccionaron cuatro concentraciones diferentes de cada goma y se prepararon, en triplicado, las soluciones respectivas de la manera siguiente:

g.

Proceso 7. Preparación de solución de goma para evaluar consistencia de solución a pH ajustado:

- 1) Mezcle en seco, manualmente, la goma, la sal y el azúcar.
- 2) La mezcla anterior añádala al volumen de agua requerido e hidrate con MH a velocidad STIR por 20 minutos.

d) Luego, se modificó el pH de cada solución con vinagre al 10%, el cual se preparó a partir de ácido acético grado USP. (El pH final de las soluciones fue el mismo que el del aderezo Cole Slaw, el aderezo más ácido.)

e) Posteriormente, se midió la consistencia de las soluciones.

3.3) bajo las condiciones de preparación de los aderezos para ensalada Francés, Cole Slaw y Queso Azul:

- a) Primero, se escogieron cuatro concentraciones diferentes de cada goma.
- b) Después, haciendo siempre las pruebas en triplicado, se hidrataron las gomas según indicaciones de los Procesos 3, 4 y 5.
- c) Se determinaron las concentraciones equivalentes

de cada una de las gomas.

d) Finalmente, se reformularon los aderezos dependiendo del tipo y cantidad de goma a utilizar en la producción de los mismos. Las formulaciones y procesos definitivos fueron:

h.

Proceso B. Preparación de Aderezo Francés con Goma Xanthan:

La fabricación del aderezo se hizo igual que en el Proceso 3, pero con las siguientes modificaciones:

- 2) Añada el agua y el vinagre a la mezcla anterior e hidrate con Mezcladora Hobart (MH) a velocidad 1 por 5 minutos y, luego, a velocidad 2 por 15 minutos.
- 6) Haga un mezclado final con MH a velocidad 2 por 15 minutos.

i.

Proceso 9. Preparación de Aderezo Francés con Goma Guar:

Formulación	
Ingrediente	%
goma guar	0.45
mostaza en polvo	1.25
paprika en polvo	1.35

sal	4.00
vinagre al 10%	9.00
azúcar	11.50
agua	34.55
aceite vegetal	37.90

La fabricación del aderezo se hizo igual que en el Proceso 8.

j.

Proceso 10. Preparación de Aderezo Francés con Goma Tragacanto:

Formulación

Ingrediente	%
goma tragacanto	1.84
mostaza en polvo	1.25
paprika en polvo	1.35
sal	4.00
vinagre al 10%	9.00
azúcar	11.50
agua	33.86
aceite vegetal	37.21

La fabricación del aderezo se hizo igual que en el Proceso 8.

k.

Proceso 11. Preparación de Aderezo Cole Slaw con Goma Xanthan:

La fabricación del aderezo se hizo igual que en el Proceso 4, pero con las siguientes modificaciones:

- 2) Hidrate la mezcla anterior con el agua y el vinagre con MH a velocidad 1 por 5 minutos y, luego, a velocidad 2 por 15 minutos.
- 5) Agregue el aceite lentamente mientras mezcla nuevamente con MH a velocidad 2 por 10 minutos.
- 6) Dé un mezclado final a velocidad 2 por 15 minutos.

l.

Proceso 12.1 Preparación de Aderezo Cole Slaw con Goma Guar:

Formulación

Ingrediente	%
goma guar	0.28
aceite vegetal	34.94
azúcar	24.00
agua	22.40
vinagre al 10%	13.63
yemas de huevo deshid.	2.00
sal	1.60

mostaza en polvo	0.90
cebolla en polvo	0.14
sal de apio	0.10
cúrcuma en polvo	0.02

La fabricación del aderezo se hizo igual que en el

Proceso 11.

m.

Proceso 13. Preparación de Aderezo Cole Slaw con Goma

Tragacanto:

Formulación

Ingrediente	%
goma tragacanto	1.23
aceite vegetal	34.46
azúcar	24.00
agua	21.92
vinagre al 10%	13.63
yemas de huevo deshid.	2.00
sal	1.60
mostaza en polvo	0.90
cebolla en polvo	0.14
sal de apio	0.10
cúrcuma en polvo	0.02

La fabricación del aderezo se hizo igual que en el

Proceso 11.

Proceso 14. Preparación de Aderezo Queso Azul con Goma Xanthan:

Formulación

Ingrediente	%
aceite vegetal	46.000
queso azul rayado	10.513
agua	18.600
vinagre al 10%	12.000
yema de huevo deshid.	4.000
azúcar	3.963
sal	4.063
cebolla en polvo	0.300
ajo en polvo	0.100
pimienta negra molida	0.200
goma xanthan	0.060
benzoato de sodio	0.100
sorbato de potasio	0.100

La fabricación del aderezo se hizo igual que en el Proceso 5, pero con las siguientes modificaciones:

- 2) Con MH a velocidad 2 por 25 minutos, mezcle las yemas de huevo con el agua, ingredientes secos y el aceite

vegetal y forme una emulsión.

- 3) Añada a la mezcla el vinagre y el queso azul mezclando con MH primero a velocidad STIR por 10 minutos y luego, a velocidad 2 por 10 minutos.

ñ.

Proceso 15. Preparación de Aderezo Queso Azul con Goma

Guar:

Formulación

Ingrediente	%
aceite vegetal	46.000
queso azul rayado	10.497
agua	18.600
vinagre al 10%	12.000
yema de huevo deshid.	4.000
azúcar	3.947
sal	4.047
cebolla en polvo	0.300
ajo en polvo	0.100
pimienta negra molida	0.200
goma xanthan	0.110
benzoato de sodio	0.100
sorbato de potasio	0.100

La fabricación del aderezo se hizo igual que en el

Proceso 14.

o.

Proceso 16. Preparación de Aderezo Queso Azul con Goma Tragacanto:

La fabricación del aderezo se hizo igual que en el Proceso 5, pero con las modificaciones señaladas en el Proceso 14.

4. Preparación y evaluación de los aderezos para ensalada Francés, Cole Slaw y Queso Azul, utilizando gomas xanthan, guar y tragacanto:

- a) Se prepararon los aderezos según los procesos definitivos. (Se hicieron cuatro réplicas de cada aderezo.)
- b) A continuación, se midió el pH de cada muestra.
- c) Seguidamente, se tomaron nueve muestras de cada aderezo o réplica y se almacenaron a tres distintas temperaturas: temperatura ambiente, 6-7 °C y 42 °C. durante 10 días. Seis de las muestras sirvieron para evaluar estabilidad de emulsión (dos muestras en cada temperatura) y las tres restantes, para evaluar consistencia (una muestra en cada temperatura).
- d) Se evaluó consistencia y estabilidad de emulsión de

V. ANALISIS ESTADISTICO

Los datos obtenidos fueron analizados mediante los siguientes métodos estadísticos:

A. Cálculo de la desviación estándar:

El cálculo se hizo con la ecuación

$$s = \sqrt{\sum(x_i - m)^2 / (N-1)},$$

donde s=desviación estándar; x_i =medida i de la serie de medidas; m =media de la serie; N =número total de medidas.³¹

B. Rechazo de datos sospechosos:

El método consistió en calcular la divergencia entre los resultados más alto y más bajo de la serie. Se dividió ésta por la diferencia entre el resultado dudoso y su vecino más próximo para obtener el cociente Q . Luego se comparó el valor de Q con el valor de Q crítico apropiado. Si el valor de Q era mayor que el Q crítico se rechazaba el dato sospechoso.³¹

C. Cálculo de regresión lineal:

A los datos obtenidos se les aplicó regresión lineal, a excepción de los datos obtenidos para el estudio de la consistencia y estabilidad de aderezos como función del tiempo y temperatura de almacenamien-

to.³²

D. Cálculo del error típico de la estima:

Esta técnica estadística se aplicó a los datos que se aproximaron mediante una curva lineal y sirvió para obtener una medida de la dispersión de los datos alrededor de la recta de regresión, la cual se calculó mediante la ecuación siguiente:³²

$$S_{y.x} = \sqrt{\frac{\sum(Y - Y_{est.})^2}{N-2}}$$

donde $S_{y.x}$ =error típico de la estima; Y =cantidad observada; $Y_{est.}$ =cantidad estimada a partir de la recta de regresión; N =número total de observaciones.

E. Análisis de varianza:

Para los datos obtenidos en el estudio de la consistencia y estabilidad de aderezos como función del tiempo se hizo un análisis de varianza, con el objeto de detectar diferencias entre los resultados obtenidos con cada estabilizante. El tipo de análisis que se usó fue el análisis de varianza para un diseño completamente aleatorio.²⁷

VI. CALCULOS

En esta sección se presenta un ejemplo de cada uno de los cálculos que fueron necesarios realizar.

A. Preparación de vinagre al 10%.

Para la elaboración del aderezo Francés se requiere 9% de vinagre al 10%. Si se van a producir 5 lb de producto terminado la cantidad de vinagre requerida es:

$$\begin{aligned} \text{mL vinagre} &= 9\% \times 5 \text{ lb} / 100\% \times 453.6 \text{ g} / 1 \text{ lb} \times \\ &\quad \times 10 \text{ g \acute{a}c. ac\acute{e}tico} / 100 \text{ g vinagre} \times \\ &\quad \times 1 \text{ mL \acute{a}c. ac\acute{e}tico} / 1.05 \text{ g \acute{a}c. ac\acute{e}tico} \\ &= 19.44 \text{ mL \acute{a}c. ac\acute{e}tico.} \end{aligned}$$

B. Cálculo de cantidad de yema fresca requerida.

La yema de huevo deshidratada requerida para la elaboración de los aderezos Cole Slaw y Queso Azul se substituyó por yema fresca. La substitución se hizo de la siguiente manera.

Para preparar el aderezo Cole Slaw se requiere 2% de yema deshidratada. Suponiendo que se van a preparar 5 lb de aderezo, cuánta yema fresca se necesita?

La yema del huevo contiene aproximadamente 48.5% de sólidos¹³, entonces

$$\begin{aligned} \text{g yema fresca} &= 2\% \times 5 \text{ lb} / 100\% \times 453.6 \text{ g} / 1 \text{ lb} \times \\ &\quad \times 100\% / 48.5\% \end{aligned}$$

= 93.53 g yema fresca.

Ahora, se ajusta la cantidad de agua necesaria para la fabricación del aderezo (22.46%):

% agua presente

en la yema fresca = 93.53 g yema fresca x

x 51.5 g agua/100 g yema fresca x

x 100%/5 lb x 1 lb/453.6 g

= 2.12%

agua requerida = 22.46% - 2.12% = 20.34%.

C. Concentraciones equivalentes de gomas basadas en información obtenida con el estudio de la consistencia de soluciones de gomas en presencia de sal.

Ej.: ¿Qué concentración de goma guar se necesita para fabricar el aderezo Francés?

La recta de regresión de la Gráfica 1 es

$$\text{cm}/30 \text{ s} = -20.584(\%) + 29.978$$

y de ella se sabe que una concentración de goma xanthan de 0.25% (cantidad de goma requerida para elaborar el aderezo Francés) da una consistencia de 24.832 cm/30 s.

Esta misma consistencia se debe obtener con la goma guar, por lo que, sabiendo que la recta de regresión de la Gráfica 2 es

$$\text{cm}/30 \text{ s} = -24.105(\%) + 40.634$$

se deduce que una concentración de goma guar de 0.66%

produce una consistencia de 24.832 cm/30 s.

D. Concentraciones equivalentes de gomas basadas en información obtenida con el estudio de la consistencia bajo condiciones de preparación de los aderezos.

Ej.: ¿Qué concentración de goma guar se requiere para elaborar el aderezo Francés?

La recta de regresión de la Gráfica 7 es

$$\text{cm/30 s} = -54.064(\%) + 30.526$$

y de ella se sabe que una concentración de goma xanthan de 0.25% (cantidad de goma requerida para elaborar el aderezo Francés) da una consistencia de 17.010 cm/30 s.

Esta misma consistencia se debe obtener con la goma guar, por lo que, sabiendo que la recta de regresión de la Gráfica 8 es

$$\text{cm/30 s} = -45.996(\%) + 37.536$$

se deduce que una concentración de goma guar de 0.45% produce una consistencia de 17.010 cm/30 s.

Sin embargo, con las rectas de regresión obtenidas no se pudo determinar la concentración de goma xanthan requerida para elaborar el aderezo Queso Azul. Por lo tanto, se procedió de esta manera:

Ej.: ¿Qué concentración de goma xanthan se necesita para preparar el aderezo Queso Azul? (Ver Tabla 24.)

Una solución de concentración 0.25% de goma xanthan da una consistencia de 9.458 cm/30 s, mientras que una de la misma concentración de goma guar da 17.792 cm/30 s. ¿Qué porcentaje de la consistencia obtenida con xanthan es la obtenida con guar?

$$X = (17.792)(100)/9.458 = 188.12\%$$

De igual forma se comparan las siguientes consistencias

Goma	Concentración	Consistencia	
xanthan	0.30	7.417	← 186.50%
	0.35	6.083	
guar	0.30	13.833	← 184.40%
	0.35	11.217	

Entonces, en promedio se tiene 186.34%. Esto quiere decir que si se toma como 100% la consistencia que se obtiene con goma xanthan, la consistencia que se obtiene con goma guar equivale al 186.34%.

Si para elaborar el aderezo Queso Azul con goma guar se usó 0.11% (=186.34%), entonces la concentración de goma xanthan requerida será:

$$X = (100)(0.11)/186.34 = 0.059\% = 0.06\%$$

E. Cálculo de la desviación estándar.

Medida del pH de los aderezos elaborados (véase la

Tabla 26):

pH	d	d ²
3.52	0.045	2.025×10^{-3}
3.48	0.005	2.5×10^{-5}
3.45	-0.025	6.25×10^{-4}
3.45	-0.025	6.25×10^{-4}

$$\sum(x_i - m)^2 = 3.3 \times 10^{-3}$$

$$N-1 = 4-1 = 3$$

$$m = 3.475$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - m)^2}{N-1}} = \pm 0.03.$$

F. Rechazo de datos.

La serie de datos es la siguiente:

x_1	16.892
x_2	10.958
x_3	11.575
x_4	11.658
media	11.397

$$Q \text{ crítico para } N=4 = 0.76$$

$$\text{Dato sospechoso} = 16.892$$

$$\Delta = 16.892 - 11.658 = 5.234$$

$$w = 16.892 - 10.958 = 5.934$$

$$Q = \Delta/w = 0.88 > Q \text{ crítico} \implies \text{rechazar el dato.}$$

G. Cálculo de regresión lineal.

Los cálculos se hicieron mediante las siguientes ecuaciones:

$$y = mx + b ,$$

donde

$$m = [N\sum xy - (\sum x)(\sum y)]/[N\sum x^2 - (\sum x)^2]$$

$$b = [(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)]/[N\sum x^2 - (\sum x)^2] .$$

La aproximación de los datos experimentales por una curva lineal está justificada por los coeficientes de correlación obtenidos, los cuales se muestran en la Tabla 29.

H. Cálculo del error típico de la estima de Y sobre X.

El error se determinó con la ecuación

$$S_{y.x} = \sqrt{(Y - Y_{est.})^2 / N - 2} ,$$

donde Y=cantidad observada; $Y_{est.}$ =cantidad estimada a partir de recta de regresión; N=número de observaciones; $S_{y.x}$ =error típico de la estima de Y sobre X. En la Tabla 30 se muestra un ejemplo.

El porcentaje de puntos que cae dentro de las rectas, para cada una de las gráficas, es:

Gráfica #	% de puntos
1	100
2	75
3	75
4	75
5	100
6	100
7	75
8	75

9	100
10	100
11	100
12	75
13	100
14	100
15	100

I. Análisis de varianza.

Análisis de varianza para aderezo Francés (comparación de consistencia obtenida con los tres estabilizantes a temperatura ambiente, 0 días):

	Xanthan	Guar	Tragacanto
	11.900	14.017	11.642
	11.625	13.667	11.575
	11.925	12.875	11.542
	11.592	13.850	11.625
T_1	47.042	54.409	46.384
n_1	4	4	4
T_1	11.760	13.602	11.596

$$CM = \left(\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} \right)^2 / n = (147.835)^2 / 12 = 1,821.266$$

$$SC_{total} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - CM = 1,832.057 - 1,821.266 = 10.791$$

$$SCT = \sum_{i=1}^3 (T_i^2 / n_i) - CM = 1,831.191 - 1,821.266 = 9.925$$

$$SCE = SC_{total} - SCT = 10.791 - 9.925 = 0.866$$

$$CMT = SCT / (k-1) = 9.925 / (3-1) = 4.962 \text{ (g.l.=2)}$$

$$CME = SCE / (n-k) = 0.866 / (12-3) = 0.096 \text{ (g.l.=9)}$$

$$F = CMT / CME = 4.962 / 0.096 = 51.688$$

$$\alpha = 0.05 \rightarrow F_{0.05} = 4.26$$

$F > F_{0.05} \Rightarrow$ al nivel de significación $\alpha = 0.05$ hay e-

videncia suficiente que $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$. En otras palabras, el efecto obtenido con los tres estabilizantes es distinto. En la Tabla 31 se muestran los resultados de este ejemplo.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Efecto de los estabilizantes

Estabilizante	Replicados	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio
1	11	11.580	10	1.158
2	11	11.580	10	1.158
3	11	11.580	10	1.158
Total				
		34.740	30	1.158

VII. DISCUSION DE RESULTADOS

Las propiedades físicas y químicas de los aderezos para ensalada comerciales y fabricados en el laboratorio se muestran en las Tablas 16 y 17, respectivamente, del APENDICE B. El aderezo Francés Marzetti presentó el mismo color, una menor consistencia, un sabor más dulzón y un pH ligeramente más bajo que el aderezo preparado en el laboratorio.

Por su parte, el aderezo Cole Slaw Kraft presentó el mismo sabor, un color más pálido, una consistencia menor y un pH más alto que el aderezo fabricado en el laboratorio.

En el caso del aderezo Queso Azul Kraft, la comparación no se hizo con el aderezo preparado con la formulación original, pues dicho aderezo resultó demasiado ácido y con un pH muy bajo, sino que se hizo con el aderezo reformulado. El aderezo comercial presentó un color más blanco, una consistencia menor, un pH más alto y más o menos el mismo sabor que el aderezo elaborado en el laboratorio.

Las diferencias entre los aderezos preparados y los comerciales se deben a que los procesos de manufactura y las formulaciones de cada uno no son iguales (ver Cuadros 1, 2 y 3, y formulaciones en la sección de metodología).

Sin embargo, se puede decir que los aderezos fabricados fueron aceptables en cuanto a pH y sabor se refiere, pues

estas características fueron similares a las de los aderezos comerciales.

Las emulsiones preparadas en el laboratorio de cada tipo de aderezo, mantenidas a tres temperaturas diferentes de almacenamiento (ambiente, refrigeración e incubación), permanecieron estables durante todo un mes. En ningún momento hubo separación de fases.

El estudio del efecto de la sal sobre la consistencia de soluciones de gomas (ver Gráficas 1 a 3, y Tabla 18) mostró que el aumento de la consistencia en orden creciente, para las tres gomas, fue: tragacanto, xanthan y guar. Según dicha información, la consistencia de soluciones de goma tragacanto, en presencia de 4% de sal, disminuye 9.051 unidades al aumentar la concentración de goma un 1%, mientras que la consistencia de soluciones de gomas xanthan y guar disminuye 20.584 y 24.105 unidades, respectivamente.

Las concentraciones equivalentes de cada goma, es decir, las concentraciones de gomas que dan consistencias iguales, calculadas a partir de los resultados del estudio anterior se presentan en la Tabla 19 /1/. No obstante,

/1/ El objetivo de esta determinación fue poder substituir la goma indicada en una formulación por otra.

aunque la sal ejerció un efecto directo sobre la consistencia de las soluciones, las concentraciones determinadas no fueron de utilidad, ya que los aderezos preparados en base a ellas resultaron muy espesos y con sabor y color desagradables (ver Tabla 20).

Por lo tanto, se decidió estudiar el efecto del pH (pH 3.30) sobre la consistencia de las soluciones de gomas (ver Gráficas 4 a 6, y Tabla 21). El aumento de la consistencia en orden creciente, para las tres gomas, fue: tragacanto, guar y xanthan. De acuerdo con dicha información la consistencia de soluciones de goma tragacanto disminuye 10.650 unidades cuando la concentración de goma aumenta un 1%, mientras que la consistencia de soluciones de gomas guar y xanthan disminuye 29.088 y 55.584 unidades, respectivamente.

Comparando los resultados de los estudios con sal y a pH ajustado, se ve que el pH tuvo un mayor efecto sobre la consistencia de las soluciones de gomas que la sal. Por tal razón, se decidió determinar las concentraciones equivalentes de cada goma incluyendo el vinagre dentro del proceso de hidratación de las mismas, pues sin duda alguna, dicho ingrediente fue el responsable de la consistencia elevada de los aderezos elaborados a partir de los resultados obtenidos del estudio con sal.

Así, el estudio del comportamiento de la consistencia

de soluciones de gomas bajo condiciones de preparación de los aderezos arrojó los siguientes resultados:

(a) Gomas sometidas a condiciones de hidratación para aderezo Francés. El aumento de consistencia en orden creciente, para las tres gomas, fue: tragacanto, guar y xanthan (ver Gráficas 7 a 9, y Tabla 22). Según esta información, al aumentar la concentración de goma un 1%, la consistencia de soluciones de goma xanthan disminuye 54.064 unidades, mientras que la de las gomas guar y tragacanto decrece 45.996 y 13.125 unidades, respectivamente.

(b) Gomas sometidas a condiciones de hidratación para aderezo Cole Slaw. El aumento de consistencia en orden creciente, para las tres gomas, fue: tragacanto, guar y xanthan (ver Gráficas 10 a 12, y Tabla 23). Conforme a esta información, la consistencia de soluciones de goma xanthan disminuye 70.198 unidades al aumentar la concentración un 1%, mientras que la consistencia de las gomas guar y tragacanto disminuye solamente 53.467 y 19.504 unidades, respectivamente.

(c) Gomas sometidas a condiciones de hidratación para aderezo Queso Azul. El aumento de consistencia en orden creciente, para las tres gomas, fue: tragacanto, xanthan y guar (ver Gráficas 13 a 15, y Tabla 24). De acuerdo con dicha información, cuando la concentración de una solución

de goma guar aumenta un 1% su consistencia disminuye 57.732 unidades, mientras que la consistencia de soluciones de gomas xanthan y tragacanto decrece 41.084 y 21.186 unidades, respectivamente.

Se concluye, entonces, que: (1) bajo las tres condiciones diferentes de hidratación las soluciones de goma tragacanto presentaron el menor aumento de consistencia; y (2) las soluciones de goma xanthan sufrieron el mayor aumento de consistencia, excepto en el caso de las condiciones de hidratación para el aderezo Queso Azul, que el mayor aumento lo experimentaron las de goma guar.

Las concentraciones equivalentes determinadas con los resultados anteriores se muestran en la Tabla 25. Con este método sí se obtuvo una buena estimación de las mismas.

Los pHs de los aderezos elaborados para la evaluación de la consistencia y estabilidad de emulsión de los mismos como función del tiempo y la temperatura de almacenamiento, se presentan en la Tabla 26. Aproximadamente, el pH del aderezo Francés fue 3.50; el del aderezo Cole Slaw, 3.30; y el del aderezo Queso Azul, 4.00. Como se ve, el aderezo de mayor pH fue el aderezo Queso Azul. Dicho pH es cercano al pH que divide a los alimentos ácidos de los no-ácidos, que es 4.5. Por ello, el aderezo Queso Azul fue el único aderezo al que se le añadieron preservantes (benzoato de sodio y sorbato de potasio), pues,

posiblemente, su pH no era lo suficientemente bajo (como el de los otros) para prevenir efectivamente el deterioro microbiano.

Las variaciones de pH entre los aderezos de un mismo tipo pudieron deberse a (1) el distinto carácter iónico de los estabilizantes utilizados en cada caso. Así, la goma guar no posee cargas en su estructura, mientras que las gomas xanthan y tragacanto contienen grupos ácidos en su molécula. (2) A variaciones en la cantidad de ácido acético usado para preparar el vinagre de cada muestra.

Previo a discutir los resultados obtenidos durante el almacenamiento de los aderezos a tres temperaturas distintas, se deben hacer las siguientes observaciones:

1. La temperatura ambiental varía de acuerdo a la hora del día, por ejemplo, durante el almacenamiento la temperatura por la mañana era 20-21 °C y, por la tarde, 25-26 °C, así que las muestras no estuvieron sometidas a una temperatura constante. Esto debió haber provocado las ligeras disminuciones en consistencia que se registraron en las muestras que se fluidizaron con el tiempo, aunque nunca se produjo separación de fases.
2. En la refrigeradora la temperatura tampoco fue constante, sino que varió entre 5 y 7 °C, haciendo que la consistencia de las muestras fuera, a veces, mayor. Por consiguiente, parte del espesamiento que exhibieron las

muestras refrigeradas lo causó la baja de temperatura y no el estabilizante en sí.

3. El aumento de consistencia observado en las muestras durante los diez días de almacenamiento pudo deberse a un aumento en el grado de hidratación de la goma utilizada.
4. El consistómetro está graduado de 0.5 en 0.5 cm, lo que dificultó hacer lecturas tales como 10.15 ó 10.80 cm/30 s. Este tipo de lecturas se hicieron en forma subjetiva y seguramente contribuyeron a la dispersión observada en los datos experimentales. Sin embargo, esto se ve atenuado por el hecho que las lecturas siempre las hizo la misma persona, introduciendo de este modo, el mismo error en todas las lecturas realizadas.
5. Cada goma se hidrata de forma distinta y dependiendo de las condiciones bajo las cuales se hidraten (velocidad, tiempo y medio de hidratación), así será la consistencia que las soluciones alcancen. Por lo tanto, el que una goma en particular no haya servido para estabilizar la emulsión formada, no significa necesariamente que la concentración de goma deba aumentarse para lograr un efecto positivo sobre la emulsión, sino que quiere decir que bajo las condiciones de procesamiento utilizadas, la goma no fue apropiada. Así, podría darse el caso que dicha goma, a esa concentra-

ción e hidratada adecuadamente para que alcance su viscosidad máxima, logre mantener estable la emulsión mejor o igual que las otras gomas.

La Gráfica 16 muestra el comportamiento de la consistencia del aderezo Francés preparado con goma xanthan, como función del tiempo y la temperatura de almacenamiento /2/. Se ve que, a temperatura ambiente, la consistencia del aderezo aumentó ligeramente en los primeros días, de 11.761 a 11.558 cm/30 s, y, luego, se mantuvo más o menos invariable hasta el final del almacenamiento. En refrigeración, la consistencia aumentó un poco en forma irregular durante los primeros cinco días y, a partir del quinto día, disminuyó de 11.292 a 12.525 cm/30 s. En incubación, la consistencia decreció gradualmente hasta el último día de almacenamiento, de 11.761 a 12.252 cm/30 s. Se concluye, entonces, que a temperatura ambiente la consistencia del aderezo presentó la menor variación con el tiempo.

La Gráfica 17 muestra el cambio de la consistencia del aderezo Francés elaborado con goma guar, almacenado bajo refrigeración, como función del tiempo. La consistencia se mantuvo estable durante las primeras 8 h, pero luego

/2/ Se escogió un periodo de almacenamiento de 10 días, porque en las pruebas preliminares los aderezos duraron muy bien almacenados por un mes, lo cual proporcionó cierta seguridad que en 10 días la emulsión no se rompería tan fácilmente.

empezó a disminuir debido a que la emulsión se rompió. Seguramente se formaron cristales de hielo que provocaron la ruptura de la emulsión. La muestra se separó en dos fases, una de ellas semi-sólida. Del quinto al décimo día de almacenamiento la consistencia aumentó un poco, pues la emulsión desestabilizada se convirtió en una mezcla grumosa no-homogénea, pero nunca regresó a su valor inicial. Las curvas correspondientes a las temperaturas ambiente y de incubación no se pudieron construir, porque las emulsiones formadas se desestabilizaron a tal punto, que se volvieron muy líquidas y fue imposible medir su consistencia. La emulsión almacenada a temperatura ambiente se rompió durante las primeras 8 h (ver Tabla 27), al igual que la almacenada en incubación (ver Tabla 28). Se concluye, entonces, que bajo las condiciones de procesamiento y almacenamiento, la goma guar no fue capaz de estabilizar las emulsiones formadas.

La Gráfica 18 muestra el comportamiento de la consistencia del aderezo Francés fabricado con goma tragacanto, como función del tiempo y la temperatura de almacenamiento. El aderezo presentó un color naranja más pálido y un sabor diferente al del elaborado con goma xanthan. A temperatura ambiente, la consistencia aumentó continuamente hasta el último día de almacenamiento, de 11.596 a 9.715 cm/30 s. En refrigeración, la consistencia aumentó duran-

te el primer día, de 11.596 a 10.727 cm/30 s y, después, disminuyó irregularmente hasta el fin del almacenamiento, llegando a 11.571 cm/30 s. En incubación, la consistencia decreció un poco durante las primeras 8 h, de 11.596 a 11.698 cm/30 s y, luego, aumentó continuamente hasta 9.325 cm/30 s. Se concluye, entonces, que la consistencia menos variable con el tiempo se obtuvo a temperatura ambiente.

En las Gráficas 25 a 27 se compara el comportamiento de la consistencia del aderezo Francés obtenida con los tres diferentes estabilizantes bajo una misma temperatura de almacenamiento, como función del tiempo. A un nivel de significación de $\alpha=0.05$, las consistencias iniciales de las muestras preparadas con gomas xanthan y tragacanto fueron iguales. Además, se ve que bajo las tres condiciones de almacenamiento, la consistencia que varió menos con el tiempo fue la del aderezo estabilizado con goma xanthan, y que el peor resultado se obtuvo con la goma guar.

La Gráfica 19 muestra el comportamiento de la consistencia del aderezo Cole Slaw preparado con goma xanthan, como función del tiempo y la temperatura de almacenamiento. A temperatura ambiente, la consistencia aumentó ligeramente de 12.133 a 11.829 cm/30 s en las primeras 8 h, luego de lo cual disminuyó paulatinamente de 11.829 a 14.525 cm/30 s. En refrigeración, se observó un aumento

considerable en las primeras 8 h, de 12.133 a 9.786 cm/30 s. Sin embargo, después fue decreciendo poco a poco, hasta alcanzar los 11.169 cm/30 s, consistencia mayor que la inicial. En incubación, la consistencia disminuyó gradualmente de 12.133 a 16.685 cm/30 s. Se concluye, entonces, que: (1) bajo condiciones de refrigeración, la consistencia del aderezo fue la más estable, pues se mantuvo más o menos constante durante siete días del almacenamiento; (2) el calor tuvo cierto efecto desestabilizador sobre las muestras, ya que la consistencia final fue demasiado baja.

La Gráfica 20 muestra el comportamiento de la consistencia del aderezo Cole Slaw elaborado con goma guar, como función del tiempo y la temperatura de almacenamiento. Las muestras preparadas resultaron un poco chiclosas comparadas con las hechas con xanthan. Durante el almacenamiento a temperatura ambiente, la consistencia aumentó en las primeras 8 h, de 11.678 a 10.512 cm/30 s y, después, disminuyó gradualmente hasta llegar a 13.271 cm/30 s. Bajo refrigeración, la consistencia aumentó demasiado, de 11.678 a 7.012 cm/30 s, lo que hizo al aderezo muy gomoso. En incubación, la consistencia aumentó durante el primer día, de 11.678 a 9.702 cm/30 s y, luego, disminuyó poco a poco hasta el final del almacenamiento, de 9.702 a 13.781 cm/30 s. Se concluye, entonces,

que: (1) la consistencia de la emulsión formada disminuyó en forma similar a temperaturas ambiente y de incubación; (2) en refrigeración la consistencia aumentó tanto, que el aderezo tomó una consistencia desagradable a la vista y al paladar; y (3) la consistencia fue inestable bajo las tres condiciones de almacenamiento y organolépticamente inapropiada.

La Gráfica 21 muestra el comportamiento de la consistencia del aderezo Cole Slaw elaborado con goma tragacanto, como función del tiempo y la temperatura de almacenamiento. A temperatura ambiente, la consistencia aumentó de 12.866 a 11.929, en las primeras 8 h y, luego, disminuyó gradualmente de 11.929 a 12.742 cm/30 s, valor casi igual al inicial. En refrigeración, la consistencia aumentó considerablemente las primeras 8 h, de 12.866 a 10.331 cm/30 s y, después, se mantuvo más o menos constante. En incubación, hubo un aumento inicial de 12.866 a 11.600 cm/30 s, durante las primeras 8 h, pero luego empezó a disminuir y casi recuperó la consistencia inicial, pues llegó a 12.308 cm/30 s. Se concluye, entonces, que la consistencia varió menos en refrigeración y que luego de las primeras 8 h de almacenamiento se mantuvo más o menos constante.

En las Gráficas 28 a 30 se compara el comportamiento de la consistencia del aderezo Cole Slaw fabricado con los

tres distintos estabilizantes a una misma temperatura de almacenamiento. A un nivel de significación de $\alpha=0.05$, las consistencias iniciales de los aderezos preparados con gomas xanthan y guar fueron iguales. Además, bajo las tres condiciones de almacenamiento, la consistencia del aderezo estabilizado con goma tragacanto fue la que presentó menos variaciones con el tiempo.

La Gráfica 22 muestra el comportamiento de la consistencia del aderezo Queso Azul preparado con goma xanthan, como función del tiempo y la temperatura de almacenamiento. La consistencia aumentó continuamente durante todo el almacenamiento a temperatura ambiente, de 14.922 a 10.166 cm/30 s. En refrigeración, el aumento de la consistencia también fue continuo, pero más pronunciado, ya que la consistencia varió de 14.922 a 6.479 cm/30 s. En incubación, la consistencia aumentó durante el primer día, de 14.922 a 7.758 cm/30 s, pero después fue disminuyendo hasta 10.084 cm/30 s como consecuencia de la ruptura de la emulsión entre el quinto y décimo días de almacenamiento. Se concluye, entonces, que: (1) la consistencia más estable se logró a temperatura ambiente; (2) la consistencia alcanzada bajo refrigeración fue demasiado grande; y (3) el calor tuvo un efecto desestabilizador sobre la emulsión formada.

La Gráfica 23 muestra el comportamiento de la

consistencia del aderezo Queso Azul fabricado con goma guar, como función del tiempo y la temperatura de almacenamiento. A temperatura ambiente, la consistencia aumentó el primer día, de 15.954 a 13.284 cm/30 s y, luego, disminuyó gradualmente de 13.284 a 16.462 cm/30 s, porque la emulsión se rompió entre el primer y tercer días de almacenamiento. En refrigeración, la consistencia fue creciendo poco a poco pasando de 15.954 a 7.476 cm/30 s. En incubación, la consistencia aumentó de 15.954 a 9.627 cm/30 s y, después, disminuyó de 9.627 a 13.585 cm/30 s, debido a que la emulsión se desestabilizó en el período de almacenamiento 8-24 h. Se concluye, entonces, que: (1) el comportamiento de la consistencia de los aderezos fue poco satisfactorio, tanto a temperatura ambiente como bajo incubación, porque las emulsiones formadas se desestabilizaron; (2) la emulsión se rompió más rápidamente bajo incubación que a temperatura ambiente; y (3) en refrigeración, la consistencia alcanzada fue muy grande.

La Gráfica 24 muestra el comportamiento de la consistencia del aderezo Queso Azul elaborado con goma tragacanto, como función del tiempo y la temperatura de almacenamiento. A temperatura ambiente, la consistencia aumentó en el primer día, de 11.317 a 9.251 cm/30 s y, luego, se mantuvo casi invariable hasta el final. En refrigeración, el aumento de la consistencia fue gradual y

continuo hasta el último día de almacenamiento, variando de 11.317 a 5.411 cm/30 s, consistencia demasiado grande para un aderezo. En incubación, la consistencia aumentó considerablemente, de 11.317 a 6.681 cm/30 s, durante las primeras 8 h y, después, decreció poco a poco hasta llegar a 8.022 cm/30 s. Se concluye, entonces, que: (1) la temperatura a la cual varió menos la consistencia del aderezo fue a la ambiental; y (2) el almacenamiento en refrigeración produjo un aderezo demasiado espeso.

En las Gráficas 31 a 33 se compara el comportamiento de la consistencia del aderezo Queso Azul fabricado con los tres estabilizantes a una misma temperatura. Bajo las tres condiciones de almacenamiento, la consistencia más estable fue la del aderezo estabilizado con goma tragacanto. Las consistencias obtenidas con las otras dos gomas fueron muy variables e inferiores a la obtenida con la goma tragacanto, sobre todo las consistencias iniciales.

Los resultados tan variables obtenidos con las muestras de aderezo Queso Azul se debieron a que, para la determinación de las concentraciones equivalentes de cada goma, las gomas se hidrataron solamente en presencia de vinagre, azúcar y agua; mientras que en la elaboración de los aderezos la hidratación se llevó a cabo en presencia de todos los ingredientes secos, agua y aceite vegetal. Esto se hizo de esta manera pues se supuso que el vinagre

sería el factor crítico en la rapidez y grado de hidratación de la goma, pero no fue así. Por consiguiente, las concentraciones equivalentes para el caso del aderezo Queso Azul se debieron determinar siguiendo las indicaciones para la hidratación de la goma especificadas en el proceso de elaboración del aderezo.

VIII. CONCLUSIONES

- A. Los aderezos fabricados fueron aceptables en cuanto a pH y sabor se refiere, pero su consistencia fue mayor que la de las muestras comerciales.
- B. Las soluciones de goma guar en presencia de sal común exhibieron el mayor aumento en consistencia.
- C. Las soluciones de goma xanthan con pH ajustado a 3.30 presentaron el mayor aumento en consistencia.
- D. El pH provocó un mayor aumento en la consistencia de las soluciones de gomas que la sal, por lo que las concentraciones equivalentes de cada goma se determinaron hidratando las gomas en presencia de vinagre.
- E. En el estudio de la consistencia de las soluciones de gomas bajo las condiciones de preparación de cada aderezo, las soluciones de goma tragacanto presentaron el menor aumento en consistencia, mientras que el mayor lo presentaron las de goma xanthan, excepto en el caso del aderezo Queso Azul, que fueron las de goma guar.
- F. El aderezo elaborado en el laboratorio que tuvo el mayor pH fue el aderezo Queso Azul, y el de menor fue el aderezo Cole Slaw.
- G. Del estudio del comportamiento de la consistencia del aderezo Francés almacenado a temperatura ambiente, refrigeración e incubación, se concluyó que, bajo las tres condiciones, la consistencia que varió menos con

el tiempo fue la del aderezo estabilizado con goma xanthan, y que el peor resultado se obtuvo con la goma guar.

- H. Del estudio del comportamiento de la consistencia del aderezo Cole Slaw almacenado a temperatura ambiente, refrigeración e incubación, se concluyó que, bajo las tres condiciones de almacenamiento, la consistencia del aderezo estabilizado con goma tragacanto fue la que presentó la menor variación con el tiempo.
- I. Del estudio del comportamiento de la consistencia del aderezo Queso Azul almacenado a temperatura ambiente, refrigeración e incubación, se concluyó que, bajo las tres condiciones de almacenamiento, la consistencia más estable fue la del aderezo estabilizado con goma tragacanto. Las consistencias obtenidas con las otras dos gomas fueron muy variables e inferiores a la obtenida con la goma tragacanto, sobre todo las consistencias iniciales.
- J. Las concentraciones de gomas xanthan y guar utilizadas para la preparación del aderezo Queso Azul no proporcionaron una consistencia adecuada, pues las muestras resultaron muy líquidas.

IX. RECOMENDACIONES

- A. Para que la comparación entre los aderezos preparados y los comerciales sea más completa, se sugiere realizar un pequeño análisis sensorial.
- B. Se recomienda tener una muestra del aderezo, almacenada bajo las tres temperaturas, para cada momento en que se mida la consistencia como función del tiempo, para así evitar cierta desestabilización en las muestras al agitarlas antes de cada lectura.
- C. Para la evaluación de la estabilidad de la emulsión se sugiere utilizar el método de centrifugación y comparar los resultados con los obtenidos bajo la acción de la gravedad, pues dicha comparación serviría para saber qué tan estable fue realmente la emulsión.
- D. Determinar las concentraciones equivalentes de gomas para la elaboración del aderezo Queso Azul hidratando las gomas de acuerdo a las instrucciones del proceso de fabricación del aderezo.

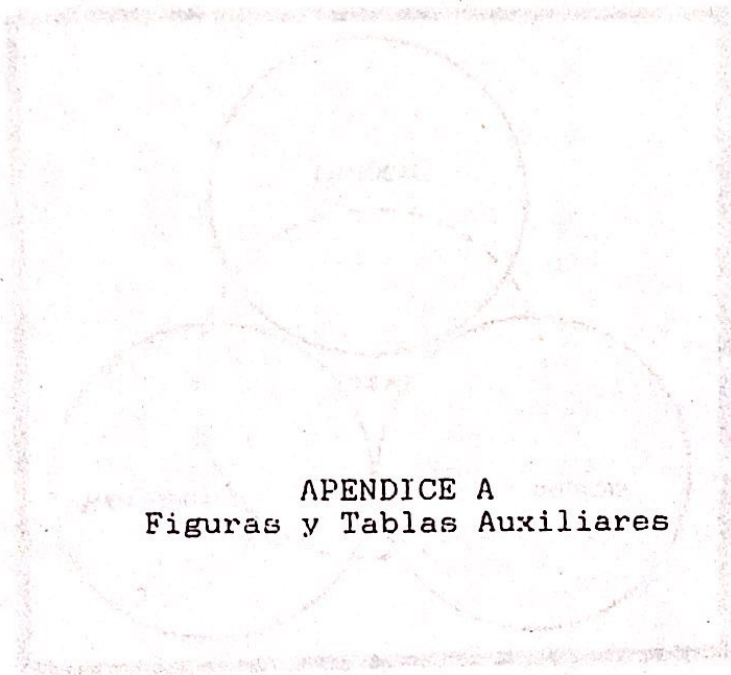
X. BIBLIOGRAFIA

1. Batzer, H. y F. Lohse. 1979. Introduction to Macromolecular Chemistry. 2a ed. John Wiley & Sons, NY. pp 1-18; 116; 120-127.
2. Berk, Z. 1976. Braverman's Introduction to the Biochemistry of Foods. 1a ed. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam. pp 144-147.
3. Bourne, M.C. 1982. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. 1a ed. Academic Press, NY. pp 1-19; 44-51; 81; 151-153; 199-233; 244.
4. Carroll, L.E. 1990. Stabilizer Systems Reduce Texture Problems in Multicomponent Foods and Bakery Products. Food Technology, 44(4):94-98.
5. Charley, H. 1987. Tecnología de Alimentos. 1a ed. Editorial Limusa, S.A., México. pp 355-369.
6. Chichester, D.F. 1986. Preservatives: Antimicrobial Agents. A Means toward Product Stability. Food Technology, 40(9):104-110.
7. Code of Federal Regulations. 1988. Título 21, partes y secciones: 169.150, 170.3, 172.695, 184.1, 184.1339, 184.1351.
8. CRC Handbook of Food Additives. 1972. T.E. Furia ed. Vol. 1. 2a ed. CRC Press Inc., Fla. pp 1-23; 295-350; 542-545.

9. Desrosier, N.W. 1964. *Conservación de Alimentos*. 2a ed. Cia. Editorial Continental, S.A., México. pp 333-337; 349-350; 352-353.
10. Desrosier, N. 1983. *Elementos de Tecnología de Alimentos*. 1a ed. Cia. Editorial Continental, S.A. México. pp 42; 46-47; 703-706.
11. Dziezak, J.D. 1990. Acidulants: Ingredients that Do more than Meet the Acid Test. *Food Technology*, 44(1):76-83.
12. Dziezak, J.D. 1991. A Focus on Gums. *Food Technology*, 45(3):116-132.
13. Egan, H. et al. 1987. *Análisis Químico de Alimentos de Pearson*. 1a ed. Compañía Editorial Continental, S.A., México. pp 285.
14. *Functionality of Natural Gums in Food Applications*. Press Conference Report. 1989. *Food Technology*, 43(10):144.
15. Glicksman, M. 1969. *Gum Technology in the Food Industry*. 1a ed. Academic Press, NY. pp 1-7; 15-21; 34-36; 44-53; 56-63; 119-123; 139-151; 341-347.
16. Glicksman, M. 1982. *Food Hydrocolloids*. Vol. 1. M. Glicksman ed. CRC Press, Fla. pp 4-15; 78-81; 127-146.
17. Glicksman, M. 1991. *Hydrocolloids and the Search for*

- the "Oily Grail". *Food Technology*, 45(10): 94-103.
18. Gould, W.A. y R.W. Gould. 1988. *Total Quality Assurance for the Food Industries*. 1a ed. CTI Publications Inc., Maryland. pp 279-295; 343-348.
19. Howard, D.W. 1991. A Look at Viscometry. *Food Technology*, 45(7):82-84.
20. Hughes, J.S. 1991. Potential Contribution of Dry Bean Dietary Fiber to Health. *Food Technology*, 45(9):122-126.
21. Jackman, M. 1991. In-line Viscometers Help Achieve Perfect Products. *Food Technology*, 45(7):90-96.
22. Jacobs, M.B. 1958. *The Chemical Analysis of Foods and Food Products*. 3a ed. D. Van Nostrand Co., Inc., NJ. pp 83-84.
23. Komarik, S. et al. 1974. *Food Products Formulary*. Vol. 3. Fruit, Vegetable and Nut Products. 1a ed. The AVI Publishing Company Inc., Conn. pp 182-185.
24. Latreille, B. y P. Paquin. 1990. Evaluation of Emulsion Stability by Centrifugation with Conductivity Measurements. *Journal of Food Science*, 55(6):1666-1672.

25. Lees, R. 1971. Laboratory Handbook of Methods of Food Analysis. 2a ed. CRC Press Inc., Londres. pp 145-146.
26. McGraw-Hill Encyclopedia of Food, Agriculture & Nutrition. 1977. D.N. Lepedes ed. 1a ed. McGraw-Hill Inc., NY. pp 334-336.
27. Mendenhall, W. et al. 1986. Estadística Matemática con Aplicaciones. 1a ed. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A., México. pp 527-540; 700-709.
28. Natural Plant Hydrocolloids. Symposium on Natural Plant Hydrocolloids. 1954. American Chemical Society. Washington. pp 40-43.
29. Potter, N.N. 1978. La Ciencia de los Alimentos. 1a ed. Edutex, S.A., México. pp 675-689.
30. Race, S.W. 1991. Improved Product Quality through Viscosity Measurement. *Food Technology*, 45(7): 86-88.
31. Skoog, D.A. y D.N. West. 1981. Fundamentos de Química Analítica. 1a ed. Editorial Reverté, S.A., Barcelona. pp 51-63; 66-70.
32. Spiegel, M.R. 1970. Estadística. 1a ed. McGraw-Hill Book Company, México. pp 241-244.
33. Whistler, R. 1973. Industrial Gums. 2a ed. Academic Press, NY. pp 5-25; 289-299; 303-321; 473-497.



APENDICE A
Figuras y Tablas Auxiliares

El presente documento es una copia de...
de la... y su... de la...
... 1997

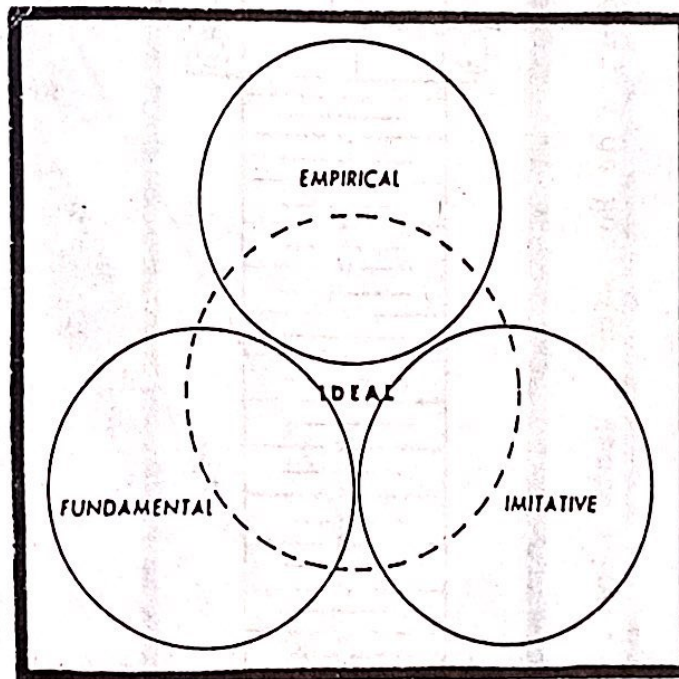
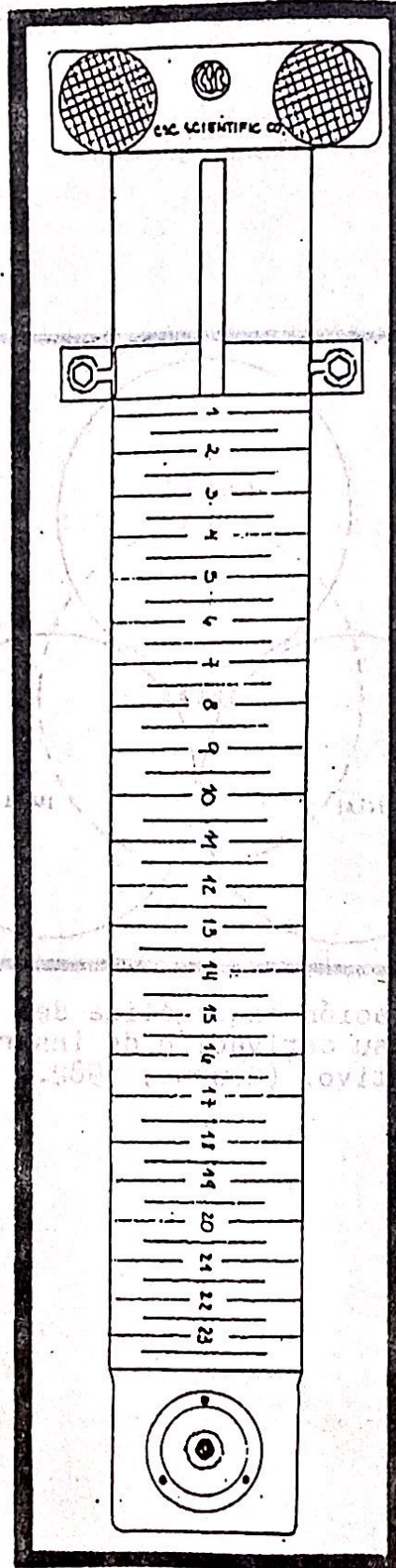


Figura 1. Representación esquemática del aparato ideal para medir la textura y su derivación de instrumentos empírico, fundamental e imitativo. (Bourne, 1982.)

Figura 2. Consistómetro de Bostwick. Vista aérea.



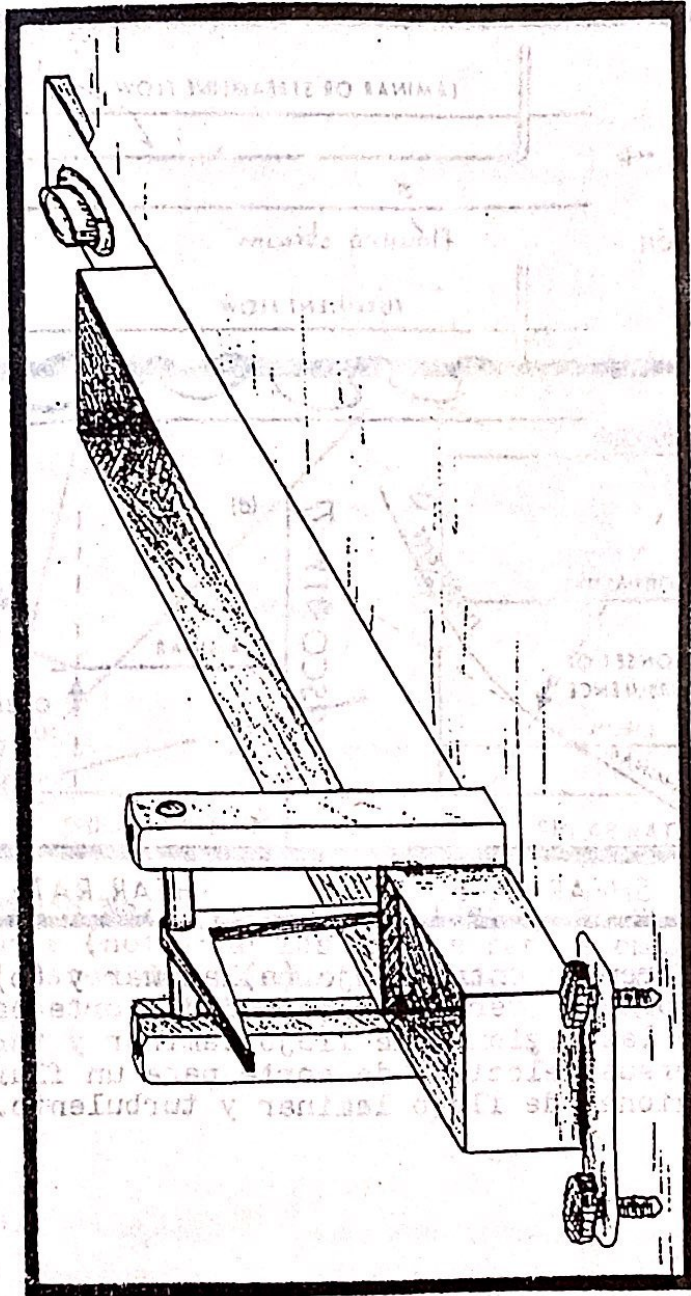


Figura 3. Consistómetro de Bostwick. Vista en perspectiva.

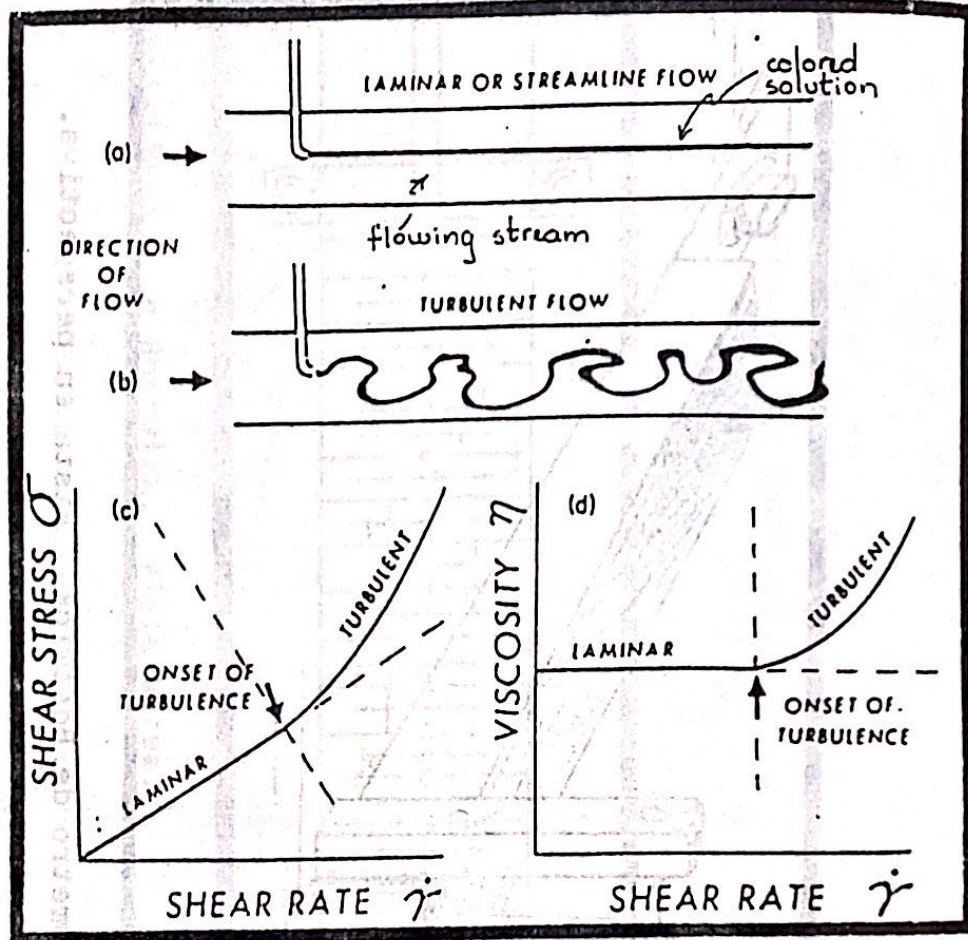


Figura 4. Diferencia entre flujo (a) laminar y (b) turbulento; (c) esfuerzo cortante versus velocidad de corte para un fluido Newtoniano en las regiones de flujo laminar y turbulento; (d) viscosidad versus velocidad de corte para un fluido Newtoniano en las regiones de flujo laminar y turbulento. (Bourne, 1982.)

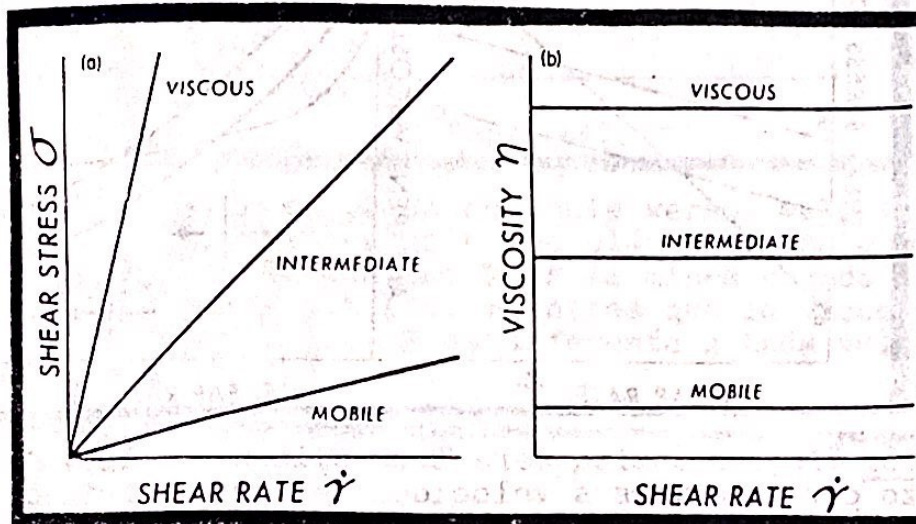


Figura 5. Flujo Newtoniano: (a) esfuerzo cortante versus velocidad de corte (note que las líneas rectas empiezan en el origen); (b) viscosidad versus velocidad de corte (la viscosidad permanece constante con el cambio de la velocidad de corte). (Bourne, 1982.)

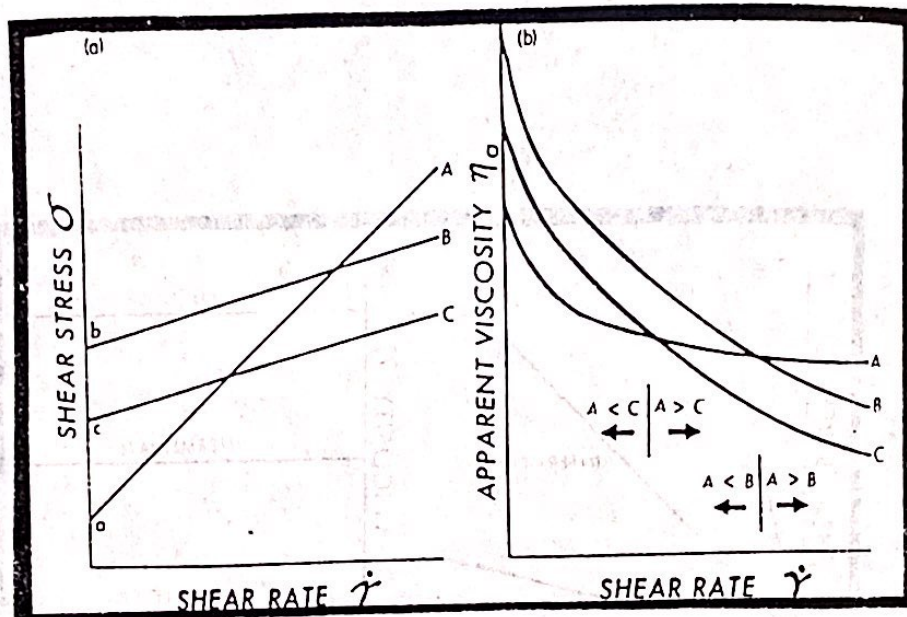


Figura 6. Flujo plástico para tres alimentos A, B y C. (a) Esfuerzo cortante versus velocidad de corte. Note que las líneas no empiezan en el origen. Siempre existe un intercepto (esfuerzo de cedencia) sobre el eje vertical. (b) Viscosidad aparente versus velocidad de corte para los mismos tres alimentos. La viscosidad aparente disminuye cuando la velocidad de corte aumenta. Observe que la viscosidad aparente del fluido A puede ser mayor o menor que la de los fluidos B y C, dependiendo de la velocidad de corte a la que se hace la medida. (Bourne, 1982.)

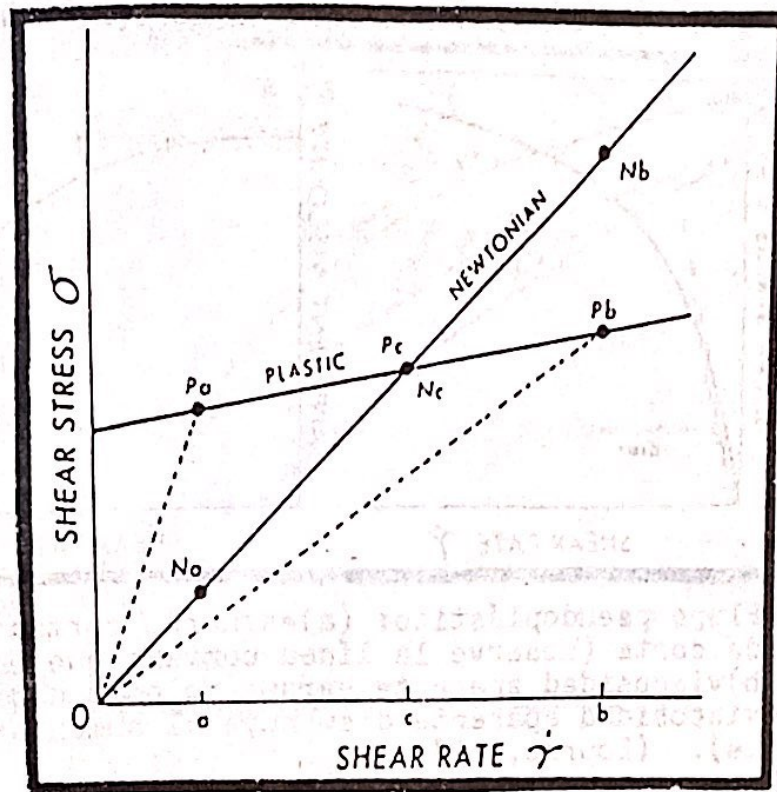


Figura 7. Curvas de esfuerzo cortante versus velocidad de corte para un fluido Newtoniano y uno plástico. Note que la viscosidad del fluido Newtoniano N es la misma cuando se mide a velocidades de corte a, b y c , mientras que la viscosidad aparente del fluido plástico P es diferente a cada velocidad de corte. (Bourne, 1982.)

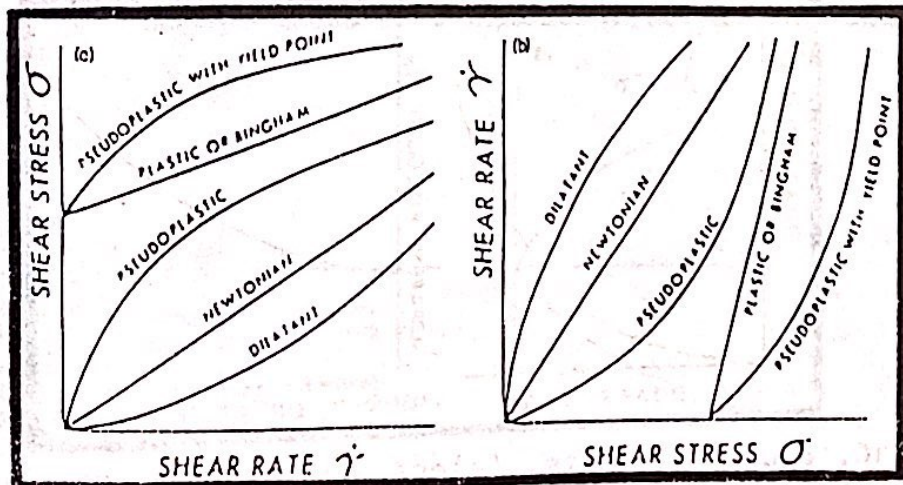


Figura 8. (a) Gráficas de esfuerzo cortante versus velocidad de corte para varios tipos de flujo; (b) gráficas de velocidad de corte versus esfuerzo cortante para los mismos tipos de flujo. (Bourne, 1982.)

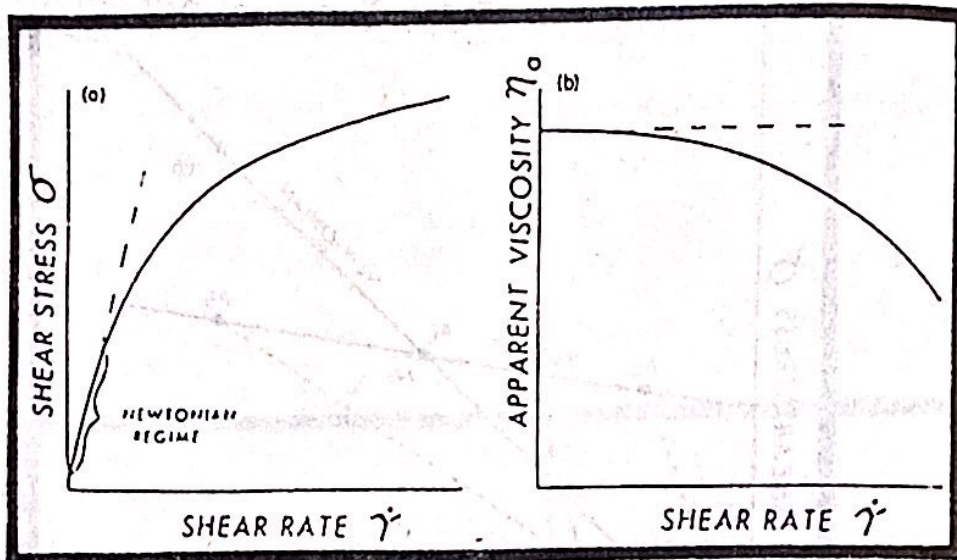


Figura 9. Flujo pseudoplástico: (a) esfuerzo cortante versus velocidad de corte (observe la línea convexa que empieza en el origen); (b) viscosidad aparente versus velocidad de corte (note que la viscosidad aparente disminuye al aumentar la velocidad de corte). (Bourne, 1982.)

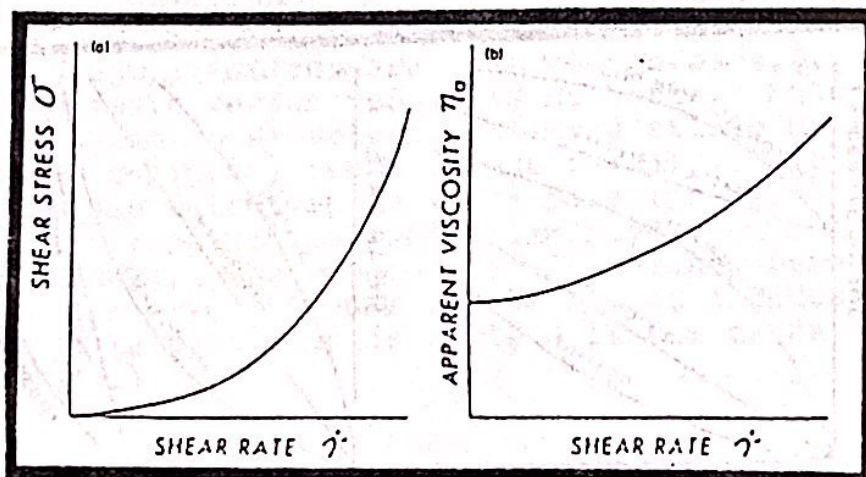


Figura 10. Flujo dilatante: (a) esfuerzo cortante versus velocidad de corte (note la línea cóncava que comienza en el origen); (b) viscosidad aparente versus velocidad de corte (vea que la viscosidad aparente aumenta al aumentar la velocidad de corte). (Bourne, 1982.)

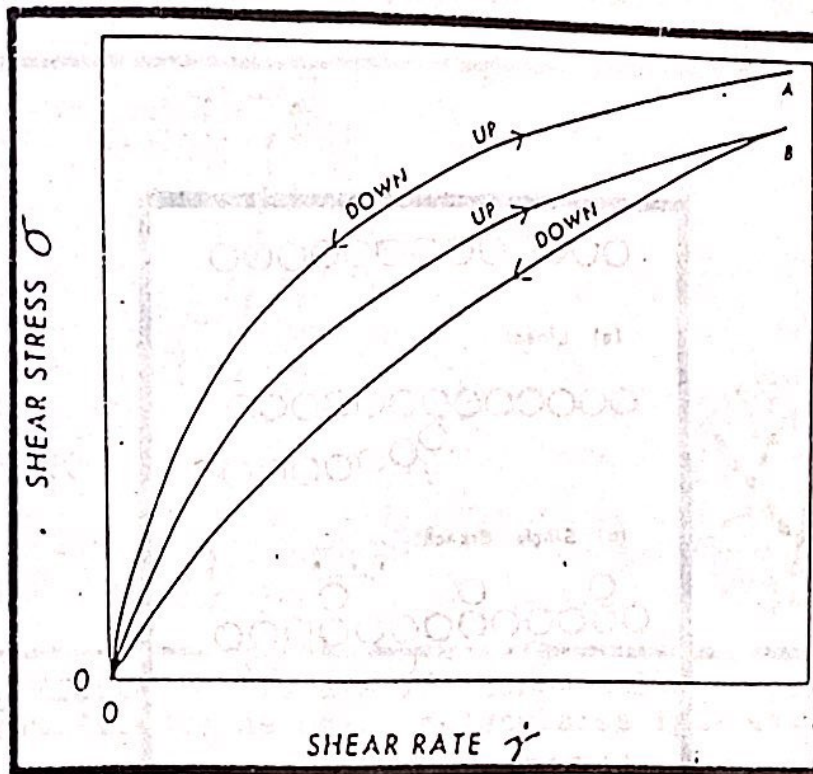


Figura 11. Curvas de esfuerzo cortante-velocidad de corte para un fluido pseudoplástico no-tixotrópico (A) y uno pseudoplástico tixotrópico (B). (Bourne, 1982.)

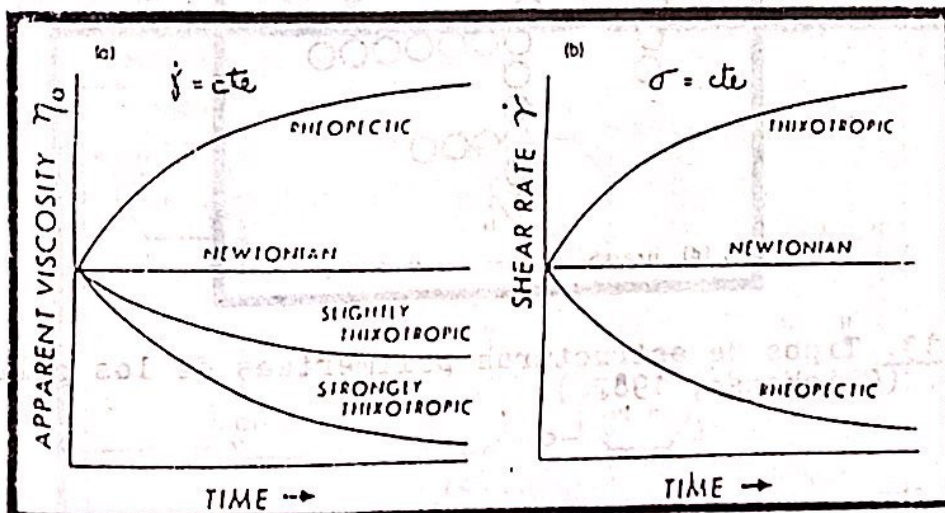


Figura 12. Factores de tiempo-dependencia en el flujo de un fluido: (a) a velocidad de corte constante; (b) a esfuerzo cortante constante. (Bourne, 1982.)

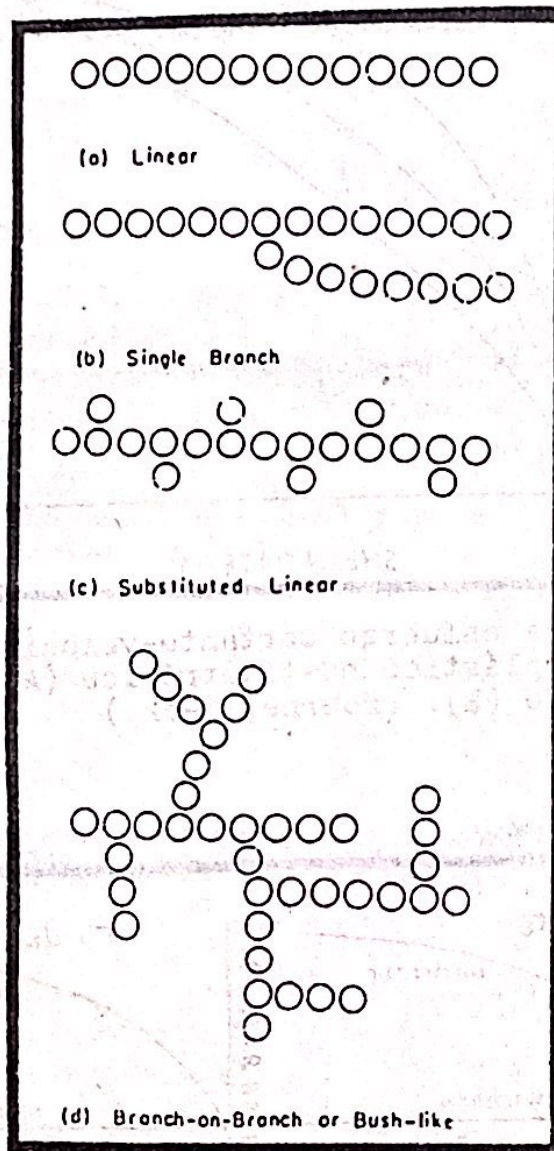


Figura 13. Tipos de estructuras poliméricas de los polisacáridos. (Glicksman, 1982.)

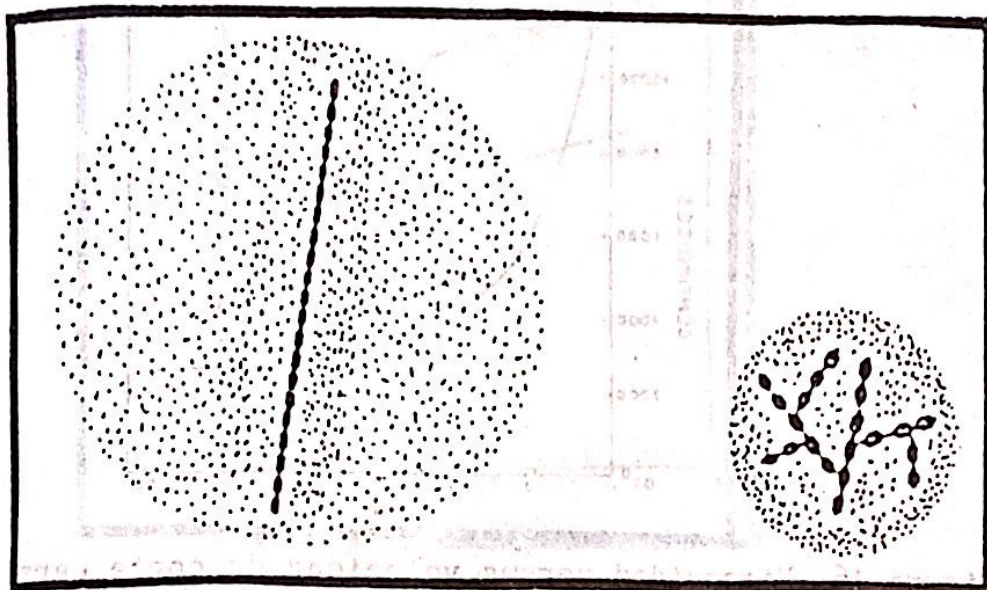


Figura 14. Efecto de hidratación comparativo de polímeros lineales y ramificados de pesos moleculares iguales. (Whistler, 1973.)

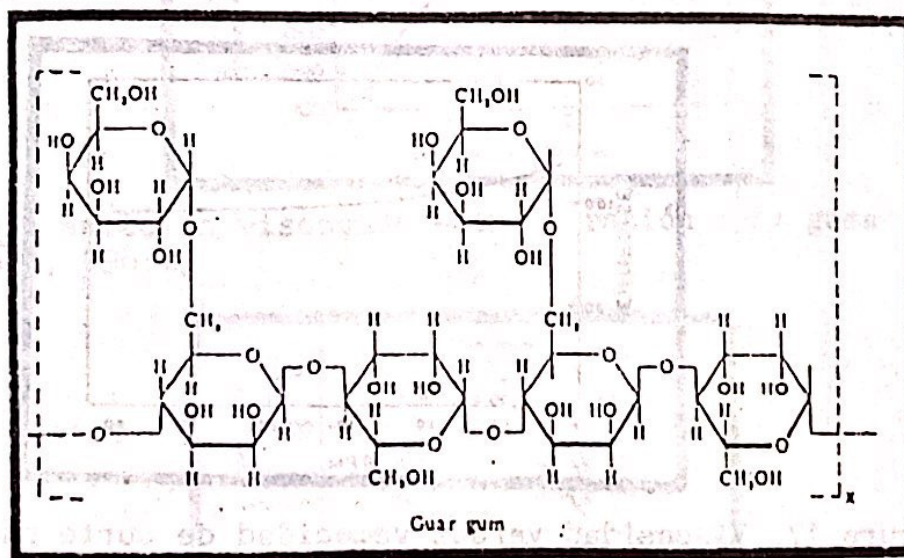


Figura 15. Estructura química de la goma guar. (Glicksman, 1969.)

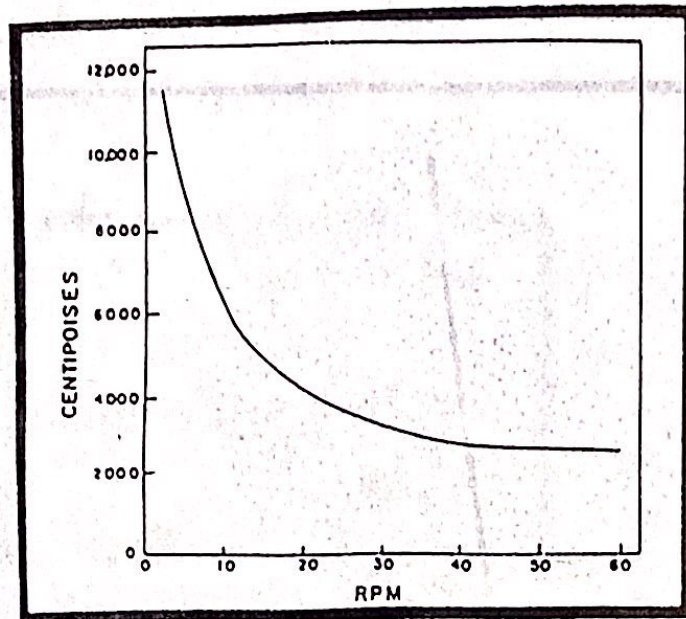


Figura 16. Viscosidad versus velocidad de corte para una solución al 1% de goma guar grado alimenticio a 25 °C. medida con un viscosímetro Brookfield Synchro-Lectric. (Whistler, 1973.)

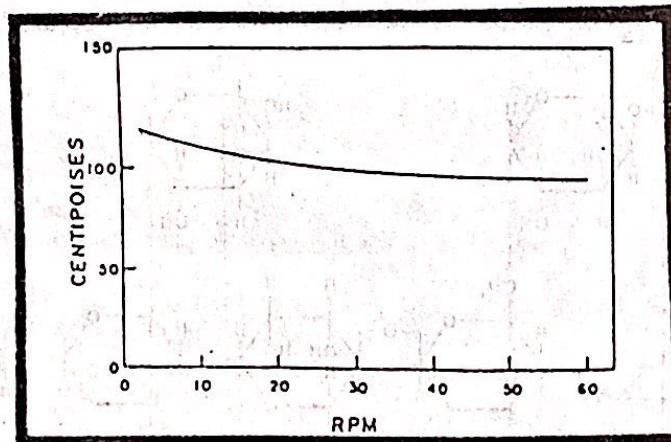


Figura 17. Viscosidad versus velocidad de corte para una solución de goma guar grado alimenticio a 25 °C medida con un viscosímetro Brookfield Synchro-Lectric. (Whistler, 1973.)

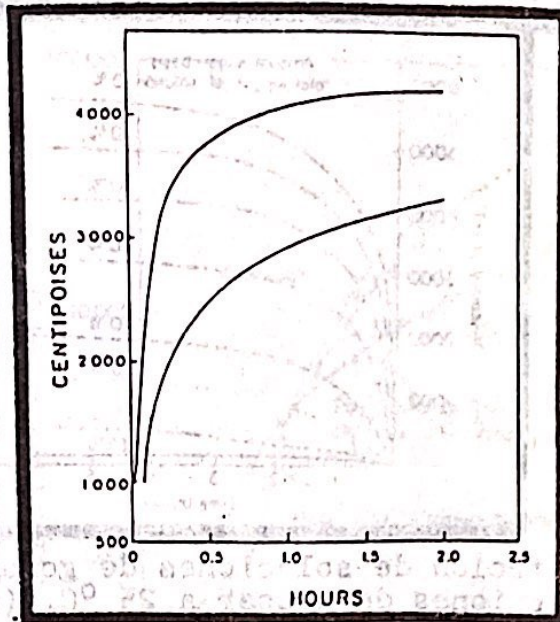


Figura 18. Cambio de la viscosidad con el tiempo para dos grados diferentes de goma guar. Dispersiones al 1% a 25 °C. Vis cómetro Brookfield Synchro-Lectric a 20 rpm. (Whistler, 1973.)

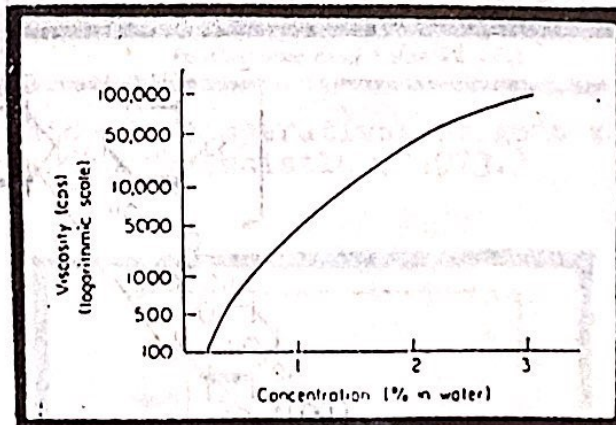


Figura 19. Relación viscosidad-concentración para goma guar. (Glicksman, 1969.)

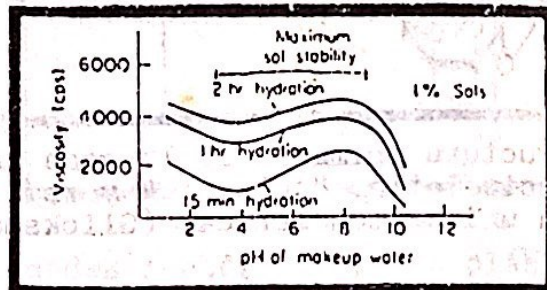


Figura 20. Efecto del pH sobre la rapidez de hidratación de la goma guar a temperatura ambiente. (Glicksman, 1969.)

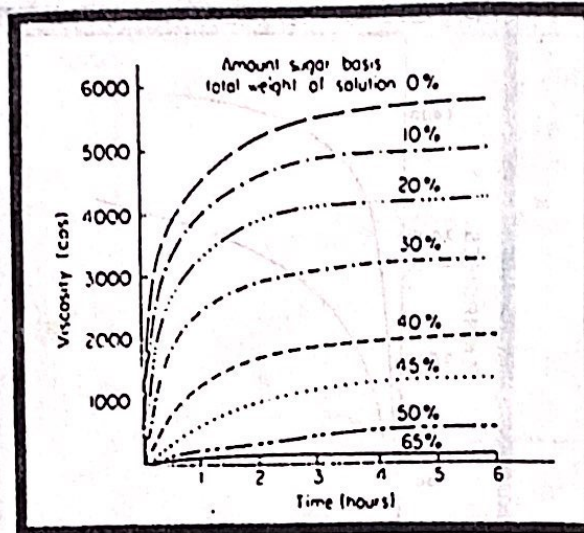


Figura 21. Hidratación de soluciones de goma guar al 1% en presencia de soluciones de azúcar a 25 °C. (Glicksman, 1969.)

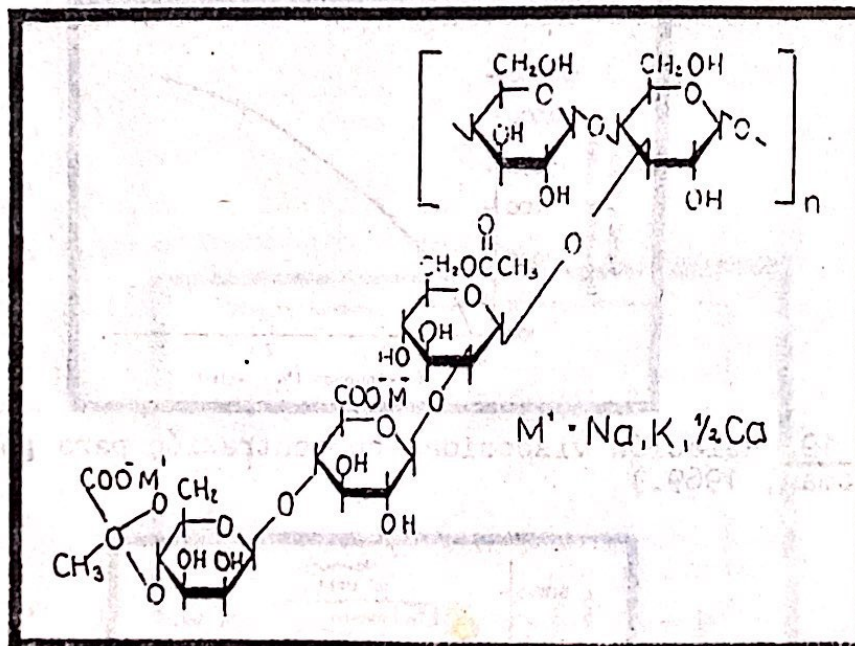


Figura 22. Estructura primaria de la goma xanthan mostrando una cadena principal tipo "celulosa" y ramificaciones trisacáridas en cada unidad monomérica. (Glicksman, 1982.)

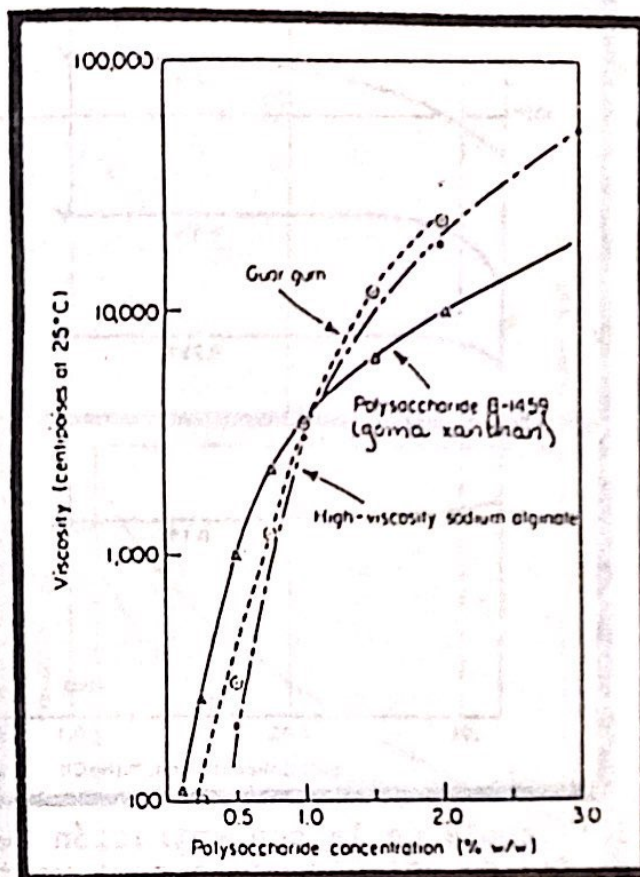


Figura 23. Viscosidades comparativas de goma xanthan, alginato de sodio y goma guar. (Whistler, 1973.)

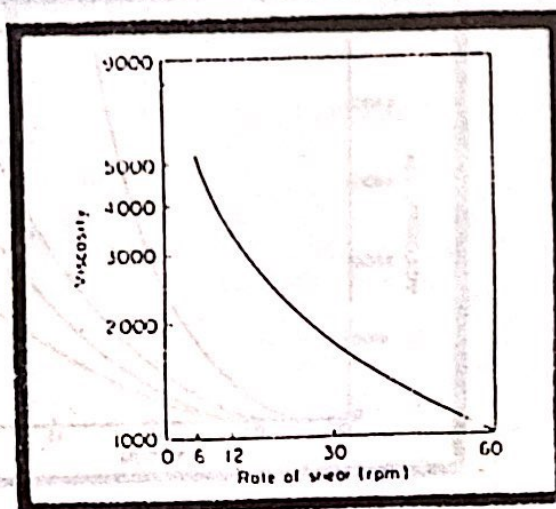


Figura 24. Propiedades reológicas pseudoplásticas de la goma xanthan. (Glicksman, 1969.)

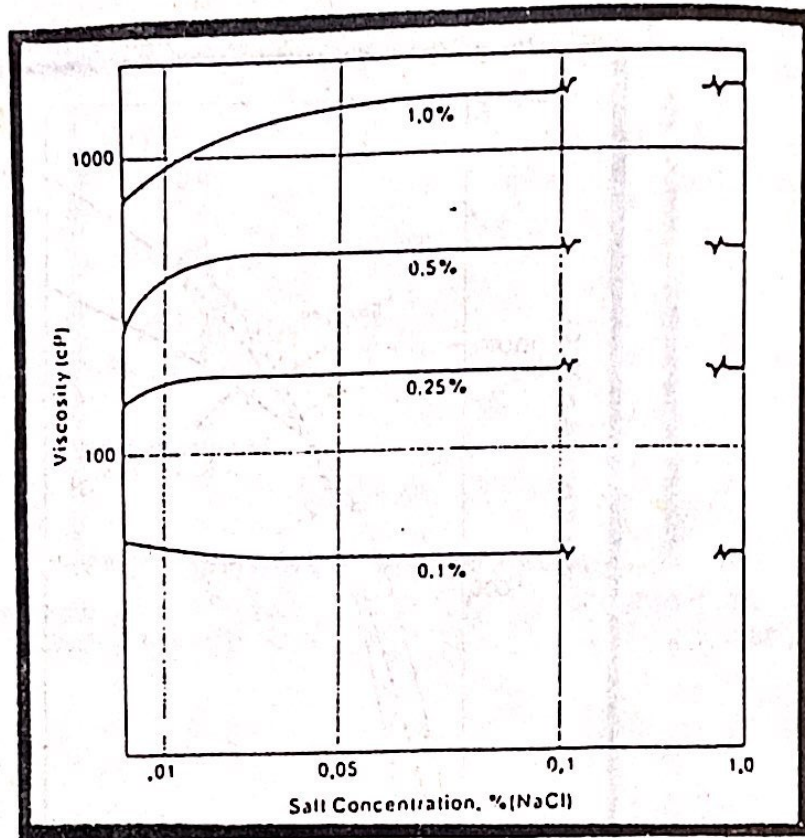


Figura 25. Influencia de la concentración de electrolito sobre la viscosidad de soluciones de goma xanthan a distintas concentraciones de goma. (Glicksman, 1982.)

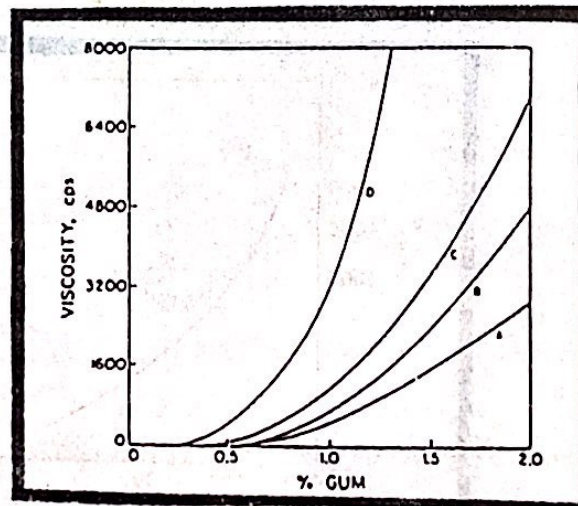


Figura 26. Curvas de viscosidad versus concentración para varios tipos de goma tragacanto indicadas por las letras A-D. (Whistler, 1973.)

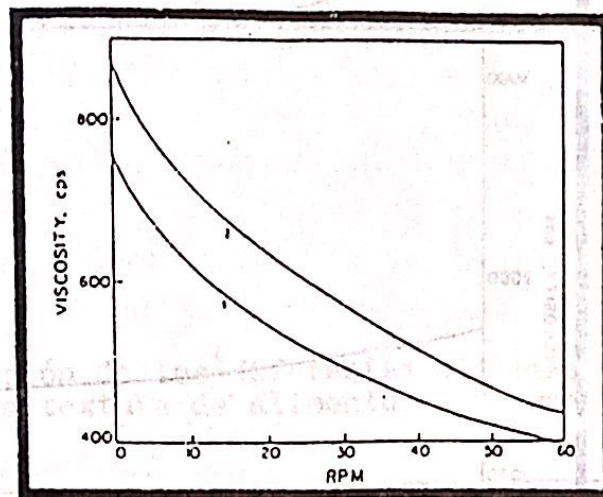


Figura 27. Efecto de la velocidad de corte sobre la viscosidad de goma tragacanto. Curva 1, goma tragacanto, hojuelas, al 1%; 2, goma tragacanto, listones, al 0.5%. (Whistler, 1973.)

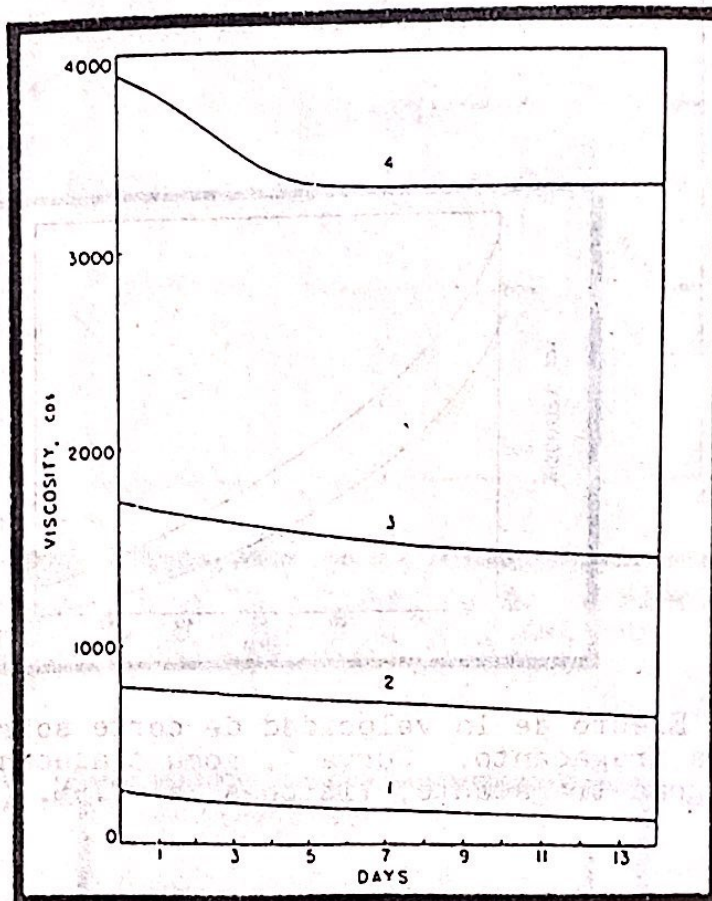


Figura 28. Estabilidad de la viscosidad de goma tragacanto, en hojuelas (curva B en la Fig. 26), en ácido acético al 1%; curva 1, 0.75% goma; curva 2, 1% goma; curva 3, 1.5% goma; curva 4, 2% goma. (Whistler, 1973.)

Tabla 1. Tipos de pruebas para medir la textura de los alimentos. (Bourne, 1982.)

Objective		Subjective	
Direct	Indirect	Oral	Nonoral
Fundamental	Optical	Mechanical	Fingers
Empirical	Chemical	Geometrical	Hand
Imitative	Acoustical	Chemical	Other
	Other		

Tabla 2. Comparación de los diferentes sistemas para la medida objetiva de la textura de alimentos. (Bourne, 1982.)

System	Advantages	Disadvantages
Empirical	Simple to perform Rapid Suitable for routine quality control Good correlation with sensory methods Large samples give averaging effect	No fundamental understanding of the test Incomplete specification of texture Arbitrary procedure Cannot convert data to another system Usually "one point" measurement
Imitative	Closely duplicates mastication or other sensory methods Good correlation with sensory methods Complete texture measurement	Unknown physical equivalent measurement Evaluation of graphs slow
Fundamental	Know exactly what is measured	Not suitable for routine work Restricted to "bite-size" units Poor correlation with sensory methods Incomplete specification of texture Slow None
Ideal	Simple to perform Rapid Suitable for routine work Good correlation Closely duplicates mastication Complete texture measurement Know exactly what is measured Can use large or small size samples	

Tabla 3. Métodos objetivos para medir la textura de alimentos.
(Bourne, 1982.)

Method	Measured variable	Dimensional units	Examples
1. Force	Force (F)	mlt^{-2}	
a. Puncture	F	mlt^{-2}	Magness-Taylor
b. Extrusion	F	mlt^{-2}	Shear press, Tenderometer
c. Shear	F	mlt^{-2}	Warner-Bratzler Shear
d. Crushing	F	mlt^{-2}	—
e. Tensile	F	mlt^{-2}	—
f. Torque	F	mlt^{-2}	Rotary Viscometers
g. Snapping	F	mlt^{-2}	Prabender Struct-u- Graph
h. Deformation	F	mlt^{-2}	
2. Distance			
a. Length		l	Penetrometers
b. Area		l^2	Graweneyer Consisto- meter
c. Volume		l^3	Bread volume
3. Time	Time (T)	t	Ostwald Viscometer
4. Energy	Work ($F \times D$)	ml^2t^{-2}	—
5. Ratio	F or D or T measured twice	Dimensionless	Specific gravity
6. Multiple	F and D and T	mlt^{-2}, l, t	Instron, Ottawa Texture Measuring System, GF Texturometer
7. Multiple variable	Anything	Unclear	Durometer
8. Chemical analysis	Concentration	Dimensionless (%)	Alcohol insoluble solids
9. Miscellaneous	Anything	Anything	Optical density, crushing sounds, etc.

Tabla 4. Valores de esfuerzo de cedencia plástica para algunos alimentos. (Bourne, 1982.)

Type of food and condition	Yield stress (dyn cm^{-2})
Chocolate, melted	12
Cream, whipped	400
Guar gum, 0.5% solids, in water	20
Guar gum, 1.0% solids, in water	135
Orange juice, concentrated (60° Brix)	7
Pear puree, 18.3% solids	35
Pear puree, 45.7% solids	339
Protein from yeast, 10% solids	0
Protein from yeast, 25% solids	42
Protein from soy isolate, 20% solids	1271
Protein, whey, 20%	21
Sucrose, 75% in water	0
Tomato puree, 11% solids	20
Xanthan gum, 0.5% solids, in water	20
Xanthan gum, 1.2% solids, in water	45

Tabla 5. Relación entre el tipo de flujo y la ecuación general para viscosidad. (Bourne, 1982.)

Type of flow	n	C	Equation form
Newtonian	1	0	$\sigma = b\dot{\gamma} = \eta\dot{\gamma}^n$
True plastic	1	>0	$\sigma = b\dot{\gamma} + C$
Pseudoplastic	$0 < n < 1$	0	$\sigma = b\dot{\gamma}^n$
Dilatant	$1 < n < \infty$	0	$\sigma = b\dot{\gamma}^n$
Pseudoplastic with a yield value	$0 < n < 1$	>0	$\sigma = b\dot{\gamma}^n + C$
Dilatant with a yield value	$1 < n < \infty$	>0	$\sigma = b\dot{\gamma}^n + C$

Tabla 6. Clasificación de los hidrocoloides comestibles. (Glicksman, 1982.)

Exudates	Extracts	Flours	Biosynthetic or fermentation	Chemical modification	Synthetic
Arabic Tragacanth Karaya Ghatti	Seaweed: Agar Alginates Carrageenans	Seed: Guar Locust bean	Dextran Xanthan Curdlan	Cellulose Derivatives: Carboxymethylcellulose Methylcellulose Hydroxypropylcellulose Hydroxypropylmethylcellulose	Polyvinylpyrrolidone (PVP®) Carboxyvinyl polymers (Carbopol®) Polyethylene oxide polymers (Polyox®)
	Land Plant: Pectin Arabinogalactan	Cereal: Starches Microcrystalline cellulose		Other Derivatives: Modified starches Low methoxyl pectin Propylene glycol alginate	
	Animal: Gelatin				

Tabla 7. Propiedades funcionales de los hidrocoloides. (Glicksman, 1991.)

Function	Example
Adhesive	Glazes, icings, frostings
Binding agent	Pet foods
Bodying agent	Dietetic beverages
Crystallization inhibitor	Ice cream, sugar syrups, frozen foods
Clarifying agent (fining)	Beer, wine
Cloud agent	Fruit drinks, beverages
Coating agent	Confectionery, fabricated onion rings
Dietary fiber	Cereals, bread
Emulsifier	Salad dressings
Encapsulating agent	Powdered flavors
Film former	Sausage casings, protective coatings
Flocculating agent	Wine
Foam stabilizer	Whipped toppings, beer
Gelling agent	Puddings, desserts, confectionery
Molding	Gum drops, jelly candies
Protective colloid	Flavor emulsions
Stabilizer	Salad dressings, ice cream
Suspending agent	Chocolate milk
Swelling agent	Processed meat products
Syneresis inhibitor	Cheese, frozen foods
Thickening agent	Jams, pie fillings, sauces
Whipping agent	Toppings, marshmallows

Tabla 8. Efecto del tamaño de partícula sobre la apariencia y estabilidad de las emulsiones. (Glicksman, 1982.)

Particle size	Appearance	Stability
10 μm or larger (macroglobules)	coarse (two phases distinguishable)	quick-breaking
1-10 μm	milky-white emulsion	tendency to cream
0.1-1 μm	blue-white emulsion	good
0.05-0.1 μm	gray semi-transparent (translucent)	excellent
0.05 μm and smaller	transparent	extremely stable

Tabla 9. Emulsiones alimenticias típicas. (Glicksman, 1982.)

Product	Emulsion type
Milk	o/w
Cream	o/w
Imitation cream	o/w
Ice cream	o/w
Coffee whiteners	o/w
Dairy desserts and toppings	o/w
Spray-dried emulsions	o/w
Salad dressings	o/w
Mayonnaise	o/w
Butter	w/o
Margarine	w/o
Low-calorie spreads	w/o
Cake batter	w/o
Sugar confectionery	o/w
Meat emulsions (e.g., sausages, frankfurters, etc.)	o/w

Tabla 10. Factores que influyen y controlan la estabilidad de una emulsión. (Glicksman, 1982.)

Factor	Influence on stability
Uncontrollable Factors	
Density difference between phases	Minimum difference favorable
Cohesion of internal phase	Minimum cohesive nature favorable
Percentage solids of emulsion	Low percentage internal phase favorable
Extremes of temperature exposure	High or low temperature exposure unfavorable
Controllable Factors	
Droplet size of internal phase	Smallest size favorable
Viscosity of continuous phase	High viscosity favorable
Charge on dispersed phase	Uniform similar charge favorable
Droplet size distribution of internal phase	Uniform size favorable
Interfacial tension between phases	Lowest value favorable

Tabla 11. Factores a considerar en la selección de los hidrocoloides. (Glicksman, 1969.)

1. Type of product application
Dry mix, liquid concentrate, aerosol can, dehydrated food, frozen food, gel or liquid food
2. Appearance of finished product
Body, pourability, smoothness, gellability
3. Optical properties of finished product
Transparent, translucent, opaque, color
4. Cost
5. Viscosity
Consistency, thixotropy, dilatancy, gellability
6. Mouth feel (taste, texture)
Slimy, gummy, stringy
7. Hand feel
Tacky, oily, gritty, uniformity
8. Odor
Seaweed, musty, wet-doggy
9. Emulsifying properties
Primary or secondary
10. Special properties
Nonionic, stability to acid, film former, foam stabilizer
11. Use of gum combinations
Synergistic effects; antagonistic effects
12. Compatibility
With functional constituents of the food system; with functional or inert additives to the system
13. Stability
Temperature, humidity, time, packaging
14. Preservation
Bacteriological status of gum additive; subjectivity to bacterial attack; compatibility with approved preservatives
15. Legal Considerations
Toxicity, GRAS, standards of identity, permissive levels

Tabla 12. Niveles de uso máximo permitidos para goma guar, según el Código Federal de Regulaciones. (CFR Title 21.)

Food (as served)	Percent	Function
Baked goods and baking mixes, § 170.3(n)(1) of this chapter.	0.35	Emulsifier and emulsifier salts, § 170.3(o)(8) of this chapter; formulation aid, § 170.3(o)(14) of this chapter; stabilizer and thickener, § 170.3(o)(28) of this chapter.
Breakfast cereals, § 170.3(n)(4) of this chapter	1.2	Formulation aid, § 170.3(o)(14) of this chapter; stabilizer and thickener, § 170.3(o)(28) of this chapter.
Cheese, § 170.3(n)(5) of this chapter	.8	Do.
Dairy products analogs, § 170.3(n)(10) of this chapter.	1.0	Firming agent, § 170.3(o)(10) of this chapter; formulation aid, § 170.3(o)(14) of this chapter; stabilizer and thickener, § 170.3(o)(28) of this chapter.
Fats and oils, § 170.3(n)(12) of this chapter	2.0	Do.
Gravies and sauces, § 170.3(n)(24) of this chapter	1.2	Formulation aid, § 170.3(o)(14) of this chapter; stabilizer and thickener, § 170.3(o)(28) of this chapter.
Jams and jellies, commercial, § 170.3(n)(28) of this chapter.	1.0	Do.
Milk products, § 170.3(n)(31) of this chapter	.8	Do.
Processed vegetables and vegetable juices, § 170.3(n)(36) of this chapter.	2.0	Formulation aid, § 170.3(o)(14) of this chapter; stabilizer and thickener, § 170.3(o)(28) of this chapter.
Soups and soup mixes, § 170.3(n)(40) of this chapter.	.8	Do.
Sweet sauces, toppings and syrups, § 170.3(n)(43) of this chapter.	1.0	Do.
All other food categories	.5	Emulsifier and emulsifier salts, § 170.3(o)(8) of this chapter; firming agent, § 170.3(o)(10) of this chapter; formulation aid, § 170.3(o)(14) of this chapter; stabilizer and thickener, § 170.3(o)(28) of this chapter.

Tabla 13. Aplicaciones de la goma guar. (Glicksman, 1969.)

Type	Examples
Baked goods	Cakes, cake icings, pie fillings
Frozen desserts	Ice cream, soft serve products
Cheese	Creamed cottage cheese, processed cheese spreads
Salad dressings	Emulsion-type dressings
Meats	Canned and smoked products
Baby foods	Canned baby foods
Pet foods	Dry and canned pet foods
Condiments	Bottled sauces and canned gravies
Beverages	Juices, drinks, syrups
Packaged mixes	Cake mixes, pudding mixes

Tabla 14. Niveles de uso máximo permitidos para goma tragacanto, según el Código Federal de Regulaciones. (CFR Title 21.)

Food (as served)	Percent	Function
Baked goods and baking mixes, § 170.3(n)(1) of this chapter.	0.2	Emulsifier and emulsifier salt, § 170.3(o)(8) of this chapter; formulation aid, § 170.3(o)(14) of this chapter; stabilizer and thickener, § 170.3(o)(28) of this chapter.
Condiments and relishes, § 170.3(n)(8) of this chapter.	.7	Do.
Fats and oils, § 170.3(n)(12) of this chapter.	1.3	Do.
Graves and sauces, § 170.3(n)(24) of this chapter.	.8	Do.
Meal products, § 170.3(n)(29) of this chapter.	.2	Formulation aid, § 170.3(o)(14) of this chapter; stabilizer and thickener, § 170.3(o)(28) of this chapter.
Processed fruits and fruit juices, § 170.3(n)(35) of this chapter.	.2	Emulsifier and emulsifier salt, § 170.3(o)(8) of this chapter; formulation aid, § 170.3(o)(14) of this chapter; stabilizer and thickener, § 170.3(o)(28) of this chapter.
All other food categories	.1	Do.

Tabla 15. Proporción de ácido no-disociado total a diferentes valores de pH. (Chichester, 1986.)

Organic acids	pH values				
	3	4	5	6	7
Acetic acid	98.5	84.5	34.9	5.1	0.54
Benzoic acid	93.5	59.3	12.8	1.44	0.144
Citric acid	53.0	18.9	0.41	0.006	<0.001
Lactic acid	86.6	39.2	6.05	0.64	0.064
Methyl, ethyl, and propyl parabens ^a	>99.99	99.99	99.98	99.66	98.72
Propionic acid	98.5	87.6	41.7	6.67	0.71
Sorbic acid	97.4	82.0	30.0	4.1	0.48

^aValues given as percentage.

^bParabens = p-hydroxybenzoic acid.

APENCICE B
Tablas y Gráficas de Resultados

TABLA 16

EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DE ADEREZOS COMERCIALES.*

	Temp (°C)	Consistencia (cm/30 s)	pH	Color	Sabor
F	22	15.000	3.15	naranja	agridulce
Aderezo CS	22.5	13.008	3.47	crema	agridulce
QA	22	14.575	4.48	blanco	ácido

(*) Los datos presentados en esta tabla provienen de un análisis en triplicado.

Nota: F=Francés, Marzetti; CS=Cole Slaw, Kraft; QA=Queso Azul, Kraft.

TABLA 17

EVALUACION DE LAS FORMULACIONES PARA LOS ADEREZOS.
DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.*

	Temp (°C)	Consistencia (cm/30 s)	pH	Color	Sabor
F	23.5	10.508	3.45	naranja	ácido
CS	23	8.375	3.28	amarillento	agridulce
QA	22	9.658	4.02	blanquecino	muy ácido
QAr	22	9.208	4.22	blanquecino	ácido

(*) Los datos mostrados en esta tabla provienen de un análisis en triplicado.

Nota: F=Francés; CS=Cole Slaw; QA=Queso Azul; QAr=Queso Azul reformulado.

TABLA 18

CONSISTENCIA DE SOLUCIONES DE GOMAS EN
PRESENCIA DE SAL COMUN.*

	% de goma	Goma		
		Xanthan	Guar	Tragacanto
Consistencia (cm/30 s)	0.65	17.125	-	-
	0.75	13.920	22.542	-
	0.85	-	20.042	-
	0.90	11.160	19.125	-
	1.00	9.780	16.458	-
	3.25	-	-	23.417
	3.50	-	-	21.542
	3.75	-	-	19.042
	4.00	-	-	16.708

Condiciones de trabajo: [sal]=4%, t ambiente=23-23.75 °C.
20 minutos de hidratación.

(*) Las cifras que se presentan en esta tabla provienen de un análisis en triplicado.

TABLA 19

CONCENTRACIONES EQUIVALENTES DE GOMAS.
(BASADAS EN INFORMACION OBTENIDA DEL ESTUDIO DE
CONSISTENCIA EN PRESENCIA DE SAL.)

	Concentración de goma, % w/w		
	Xanthan	Guar	Tragacanto
Francés	0.25	0.66	3.11
Aderezo Cole Slaw	0.15	0.57	2.88
Queso Azul	ND	ND	0.70

ND=No se pudo determinar con la información disponible.

TABLA 20

PREPARACION DE ADEREZO FRANCES CON GOMAS
GUAR Y TRAGACANTO. PRUEBA PRELIMINAR.*

Goma	Consistencia (cm/30 s)	pH	Color	Sabor
Guar	7.750	3.50	naranja	un poco más ácido que con xanthan; no muy agradable.
Tragacanto	4.500	3.45	naranja pálido	algo salado; desagradable.

(*) Datos obtenidos de un análisis en triplicado.

DE GOMAS
 TABLA 21
 CONSISTENCIA DE SOLUCIONES
 DE GOMAS A pH 3.30.*

	% de goma	Goma		
		Xanthan	Guar	Tragacanto
Consistencia (cm/30 s)	0.50	22.958	-	-
	0.55	18.042	-	-
	0.60	16.875	-	-
	0.65	14.083	-	-
	0.70	-	20.542	-
	0.75	-	18.125	-
	0.80	-	17.083	-
	0.85	-	16.083	-
	3.00	-	-	22.625
	3.25	-	-	19.417
	3.50	-	-	16.417
	3.75	-	-	14.750

Condiciones de trabajo: [sal]=4%, [azúcar]=13%, t ambiente=21.5-22.25 °C, 20 minutos de hidratación, reducción del pH con vinagre al 10%.

(* Las cifras que se presentan en esta tabla provienen de un análisis en triplicado.

TABLA 22

CONSISTENCIA DE SOLUCIONES DE GOMAS BAJO
CONDICIONES DE PREPARACION DEL ADEREZO FRANCÉS.*

	% de goma	Goma		
		Xanthan	Guar	Tragacanto
Consistencia (cm/30 s)	0.20	20.125	-	-
	0.25	16.050	-	-
	0.30	14.992	-	-
	0.35	11.467	-	-
	0.40	-	19.458	-
	0.45	-	16.375	-
	0.50	-	14.500	-
	0.55	-	12.417	-
	1.60	-	-	20.167
	1.70	-	-	18.292
	1.90	-	-	15.667
	2.00	-	-	14.917

Condiciones de trabajo: [vinagre 10%]=9%, [azúcar]=5.75%, [agua]=34.65%, t ambiente=19.75-23.38 °C, 20 minutos de hidratación.

(*) Las cifras que se presentan en esta tabla provienen de un análisis en triplicado.

TABLA 23

CONSISTENCIA DE SOLUCIONES DE GOMAS BAJO
CONDICIONES DE PREPARACION DEL ADEREZO COLE SLAW.*

	% de goma	Goma		
		Xanthan	Guar	Tragacanto
Consistencia (cm/30 s)	0.15	20.200	-	-
	0.20	15.167	-	-
	0.25	11.667	-	-
	0.30	9.667	21.542	-
	0.35	-	16.467	-
	0.40	-	14.000	-
	0.50	-	10.292	-
	1.30	-	-	19.667
	1.35	-	-	19.000
	1.40	-	-	17.750
	1.45	-	-	16.833

Condiciones de trabajo: [vinagre 10%]=13.63%, [azúcar]=2.40%, [agua]=22.46%, t ambiente=18-21.38 °C, 20 minutos de hidratación.

(*) Las cifras que se presentan en esta tabla provienen de un análisis en triplicado.

TABLA 24

CONCENTRACIONES EQUIVALENTES DE GOMAS.
 (BASADA EN INFORMACION OBTENIDA DEL ESTUDIO
 DE CONSISTENCIA BAJO CONDICIONES DE
 PREPARACION DEL ADEREZO.)

CONSISTENCIA DE SOLUCIONES DE GOMAS BAJO
 CONDICIONES DE PREPARACION DEL ADEREZO QUESO AZUL.*

	% de goma	Goma		
		Xanthan	Guar	Tragacanto
	0.20	12.250	-	-
	0.25	9.458	17.792	-
	0.30	7.417	13.833	-
	0.35	6.083	11.217	-
	0.40	-	9.042	-
Consistencia (cm/30 s)	1.00	-	-	19.550
	1.15	-	-	15.833
	1.25	-	-	13.717
	1.35	-	-	12.217

Condiciones de trabajo: [vinagre 10%]=12%, [azúcar]=3.75%,
 [agua]=18.6%, t ambiente=20-21.88 °C, 20 minutos de hidra-
 tación.

(*) Las cifras que se presentan en esta tabla provienen de
 un análisis en triplicado.

TABLA 25

CONCENTRACIONES EQUIVALENTES DE GOMAS.
(BASADA EN INFORMACION OBTENIDA DEL ESTUDIO
DE CONSISTENCIA BAJO CONDICIONES DE
PREPARACION DE LOS ADEREZOS.)

		Concentración de goma, % w/w		
		Xanthan	Guar	Tragacanto
	Francés	0.25	0.45	1.84
Aderezo	Cole Slaw	0.15	0.28	1.23
	Queso Azul	0.06	0.11	0.70

TABLA 26

pH DE LOS ADEREZOS ELABORADOS. (T ambiente.)*

	Aderezo								
	Francés			Cole Slaw			Queso Azul		
	X	G	T	X	G	T	X	G	T
pH	3.51	3.48	3.48	3.28	3.24	3.30	4.06	4.04	4.06

(*) Los datos provienen de un análisis en triplicado.
Nota: X=Xanthan, G=Guar y T=Tragacanto.

TABLA 27

ESTUDIO DE LA CONSISTENCIA DEL ADEREZO
FRANCES EN FUNCION DEL TIEMPO. GOMAS XANTHAN,
GUAR Y TRAGACANTO. (T ambiente.)*

	Tiempo (d)	Goma		
		Xanthan	Guar	Tragacanto
		0.25%	0.45%	1.84%
Consistencia (cm/30 s)	0	11.761	13.602 ¹	11.596
	0.33	11.600	17.746 ¹	11.260
	1	11.558	22.200 ¹	10.667
	3	11.484	23.292 ²	10.317
	5	11.550	22.825 ³	10.062
	10	11.471	23.188 ⁴	9.715

(1) Consistencia medida en 30 s.

(2) Consistencia medida en 10 s.

(3) Consistencia medida en 5 s.

(4) Consistencia medida en 2.5 s.

(*) Las cifras que aparecen en esta tabla provienen del análisis de cuatro réplicas.

TABLA 28

ESTUDIO DE LA CONSISTENCIA DEL ADEREZO
FRANCES EN FUNCION DEL TIEMPO. GOMAS XANTHAN,
GUAR Y TRAGACANTO. (T inc=42 °C.)*

	Tiempo (d)	Goma		
		Xanthan	Guar	Tragacanto
		0.25%	0.45%	1.84%
Consistencia (cm/30 s)	0	11.761	13.602 ¹	11.596
	0.33	11.925	20.694 ¹	11.698
	1	11.915	22.612 ²	11.283
	3	11.958	22.871 ³	10.504
	5	12.046	23.050 ⁴	9.950
	10	12.252	23.021 ⁵	9.325

(1) Consistencia medida en 30 s.

(2) Consistencia medida en 13 s.

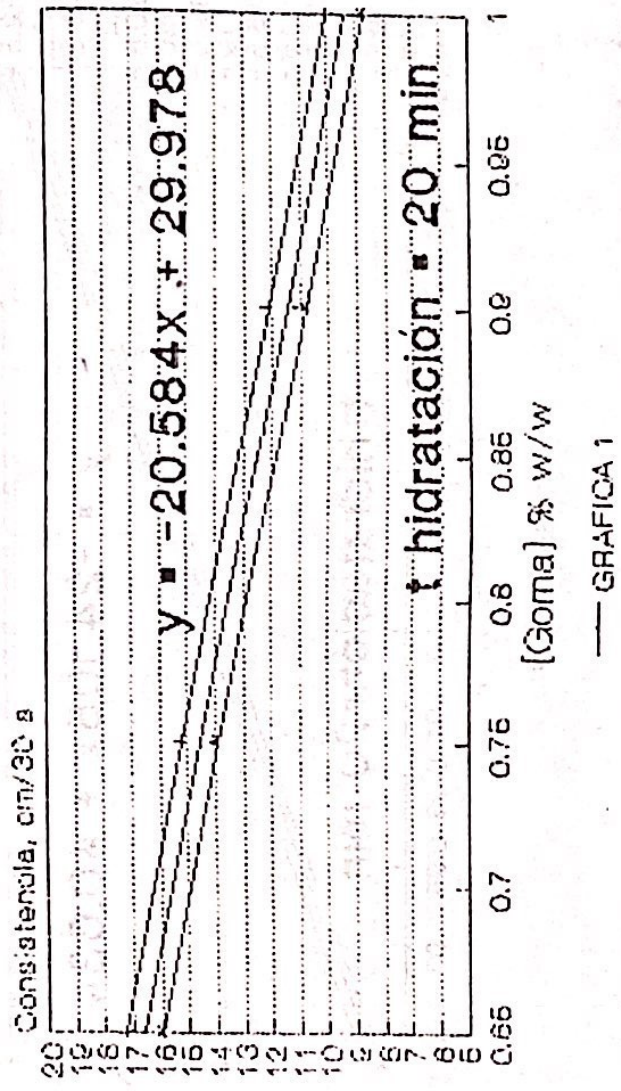
(3) Consistencia medida en 4 s.

(4) Consistencia medida en 2 s.

(5) Consistencia medida en 1 s.

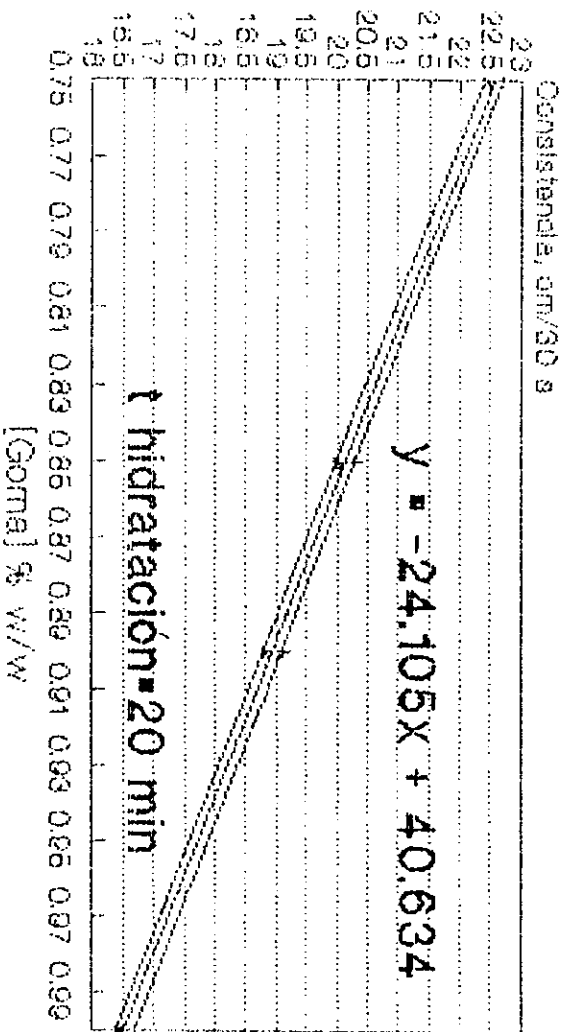
(*) Las cifras que aparecen en esta tabla provienen del análisis de cuatro réplicas.

CONSISTENCIA SOLUCIONES XANTHAN EN PRESENCIA DE SAL



[Sel] -% : Tamb

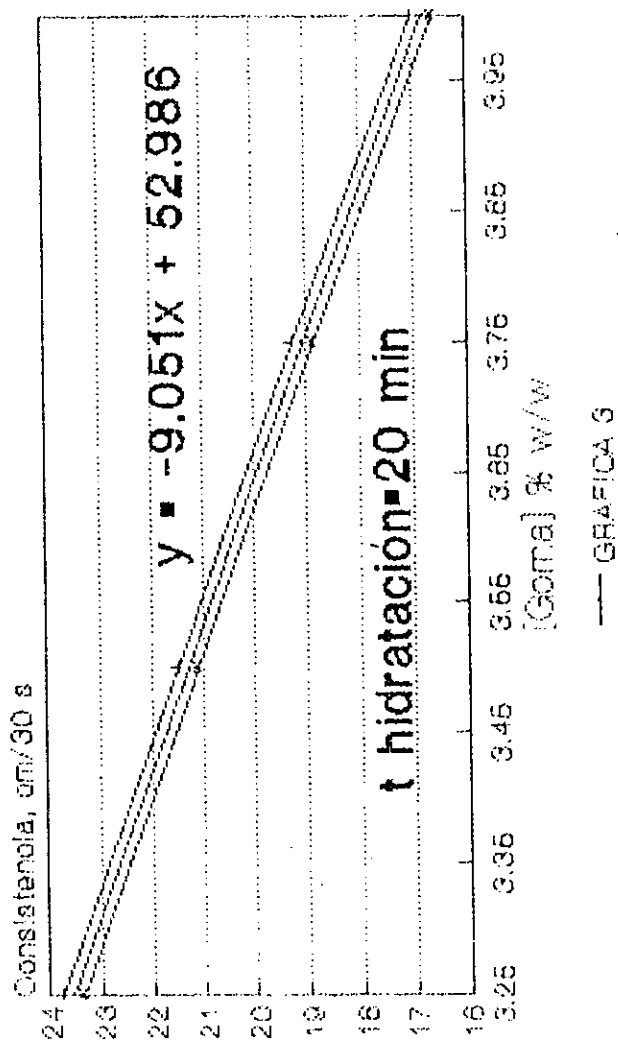
CONSISTENCIA SOLUCIONES GUAR EN PRESENCIA DE SAL



— GRAFICA 2

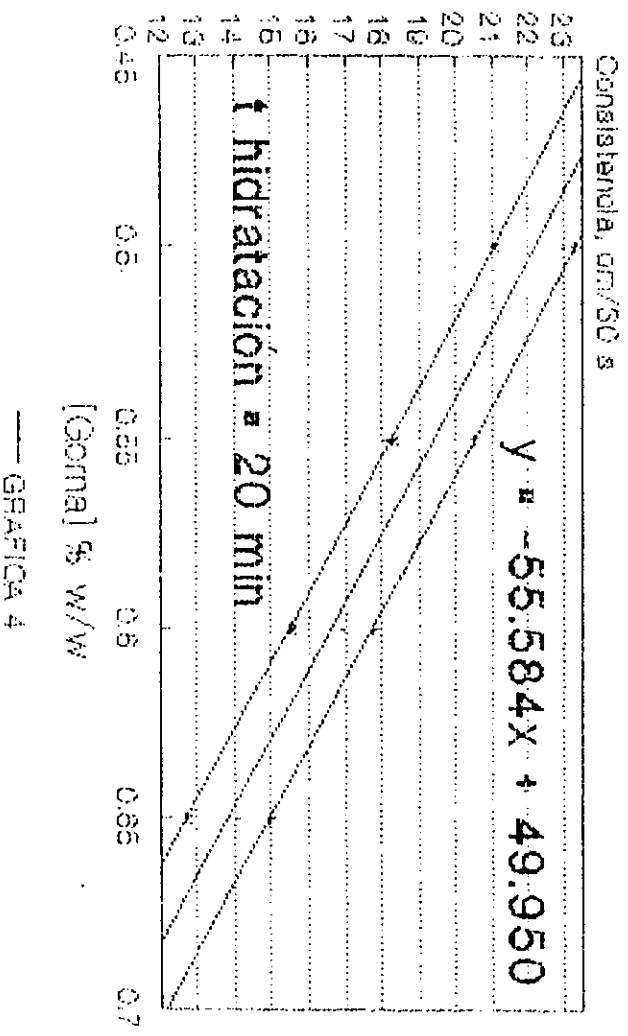
(3c.) 4W. Temo

CONSISTENCIA SOLUCIONES TRAGACANTO PRESENCIA DE SAL



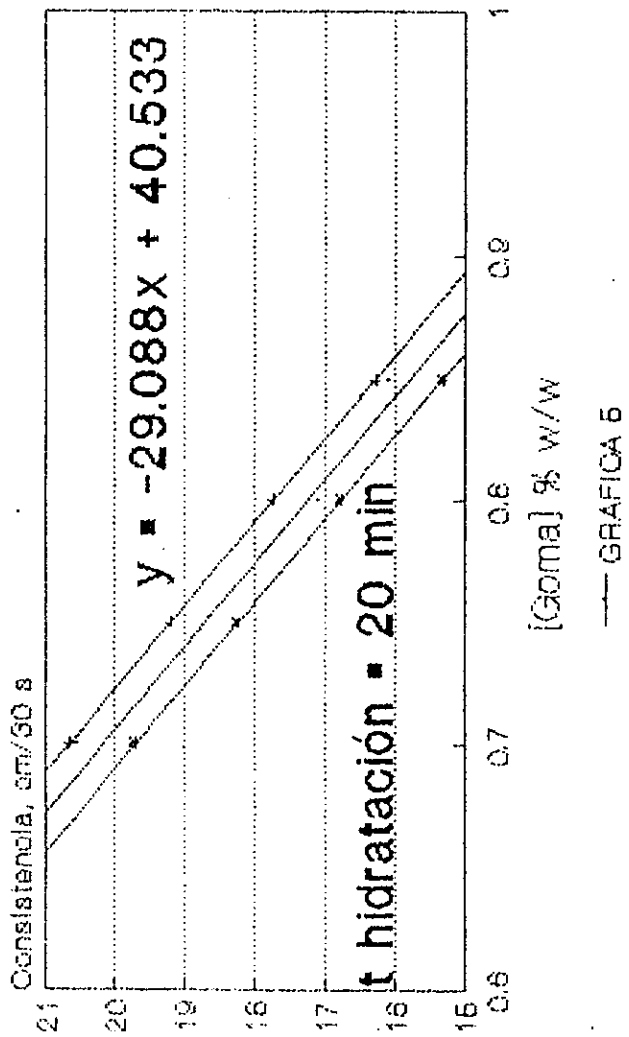
[Goma] 4% : Tamb

CONSISTENCIA SOLUCIONES XANTHAN PH 3.30



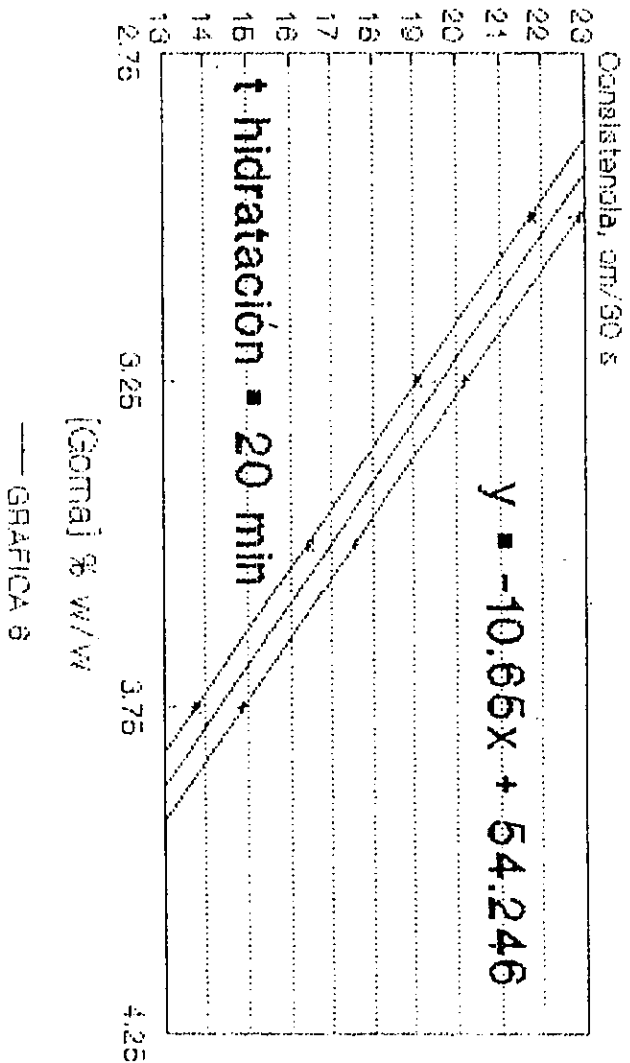
[Set] 48 · [Ae] 109 · Tempo:

CONSISTENCIA SOLUCIONES GUAR pH 3.30



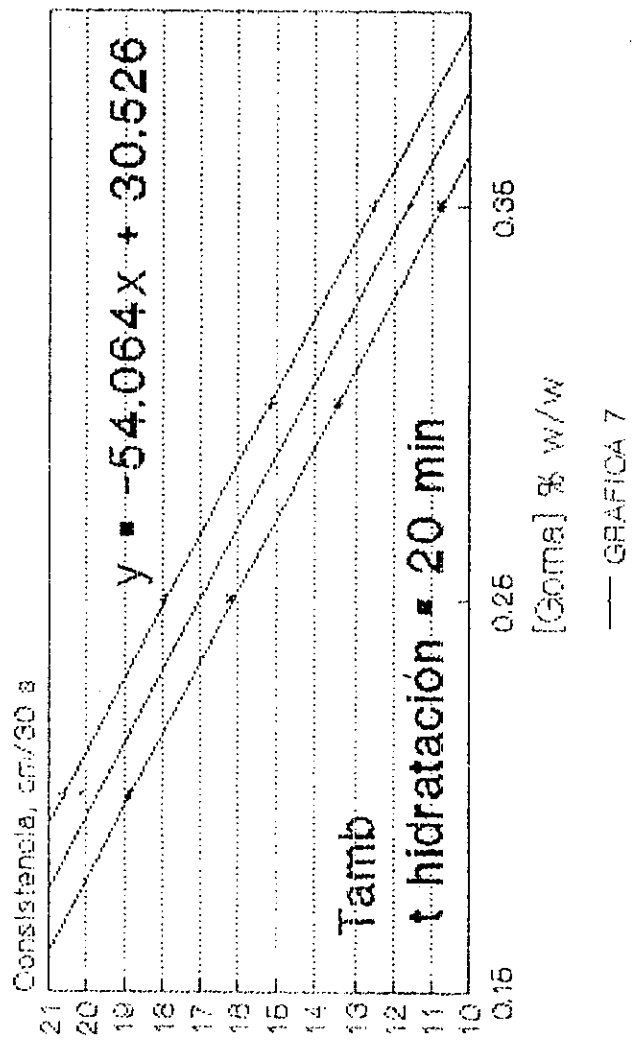
[Sal] 4% : [Azúcar] 10% : Temp.

CONSISTENCIA SOLUCIONES TRAGACANTO pH 3.30



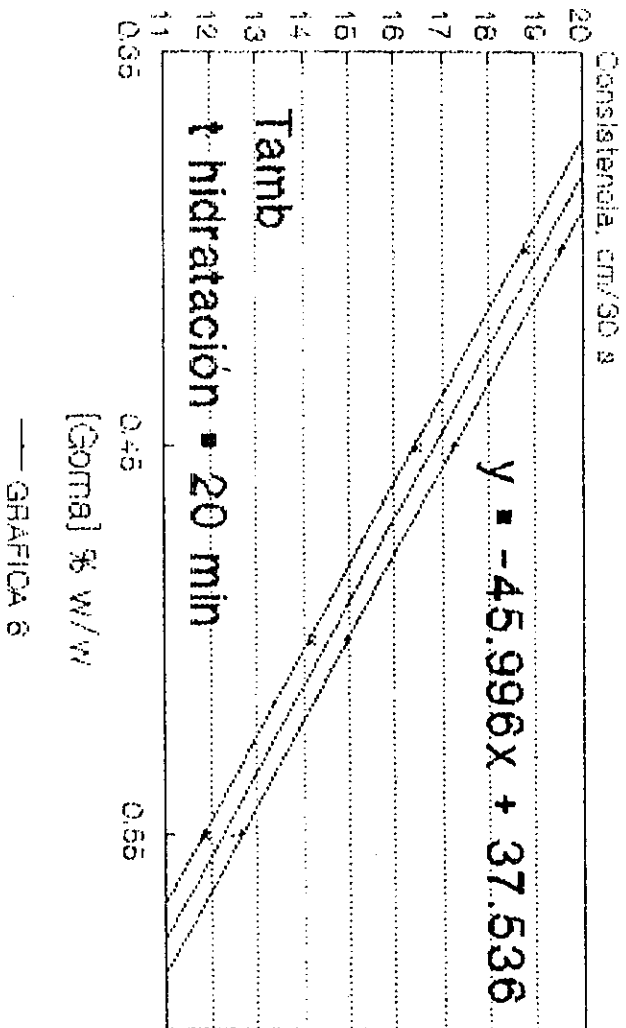
[SAI] 4X : [AZÚCAR] 18X : Tiempo

CONSISTENCIA SOLUCIONES XANTHAN ADEREZO FRANCES



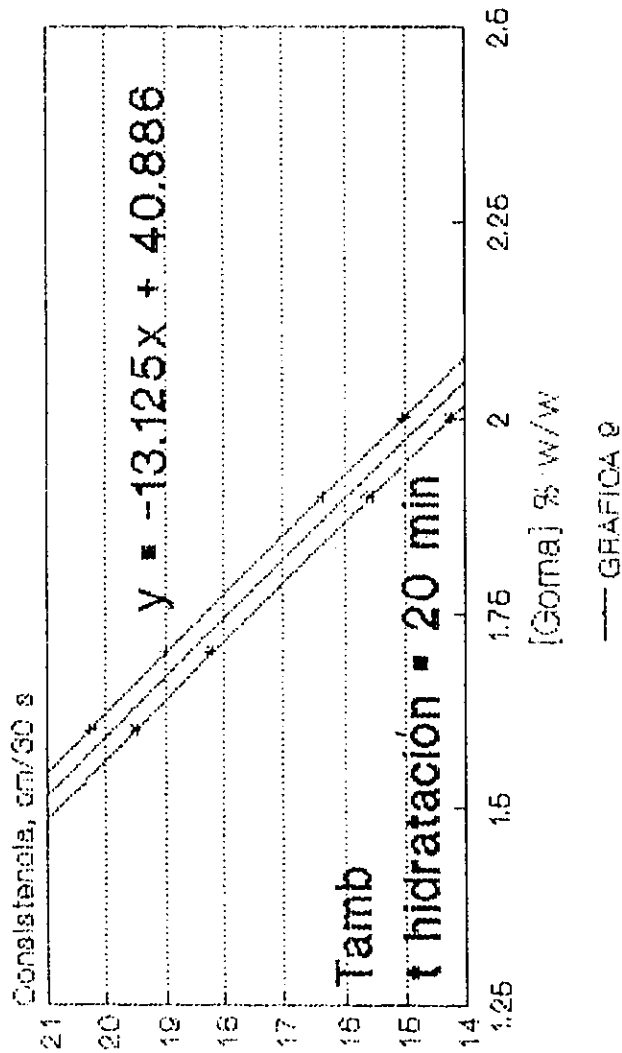
[Vin] 9% [Azúcar] 5.76% [Agua] 84.65%

CONSISTENCIA SOLUCIONES GUAR ADEREZO FRANCES



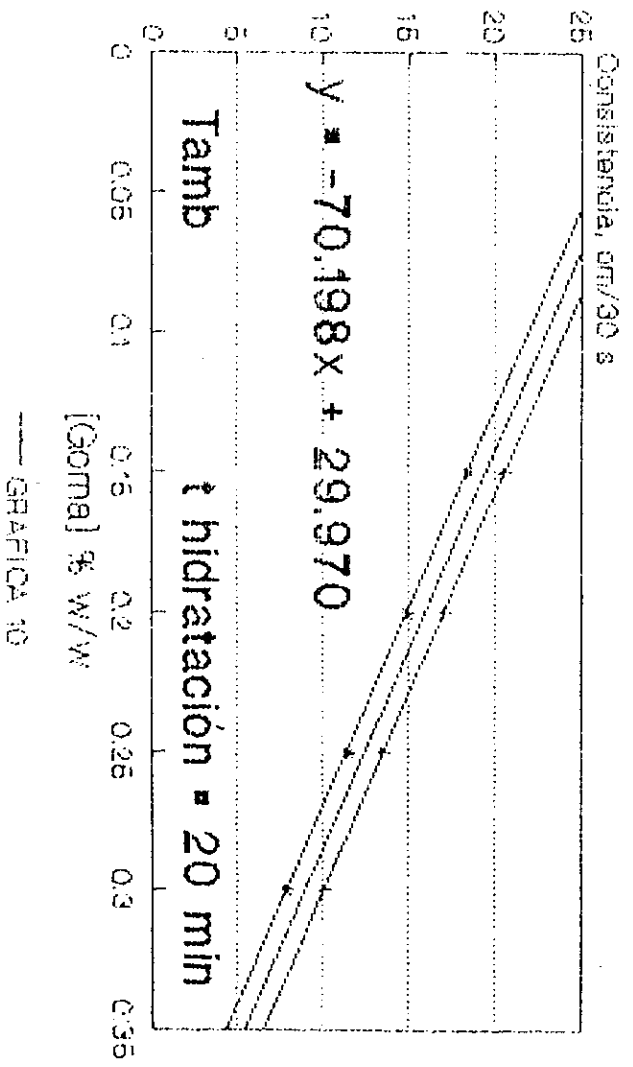
[MINI] 9% (AZÚCAR) 5.75% (AGUA) 24.85%

CONSISTENCIA SOLUCIONES TRAGACANTO ADEREZO FRANCES



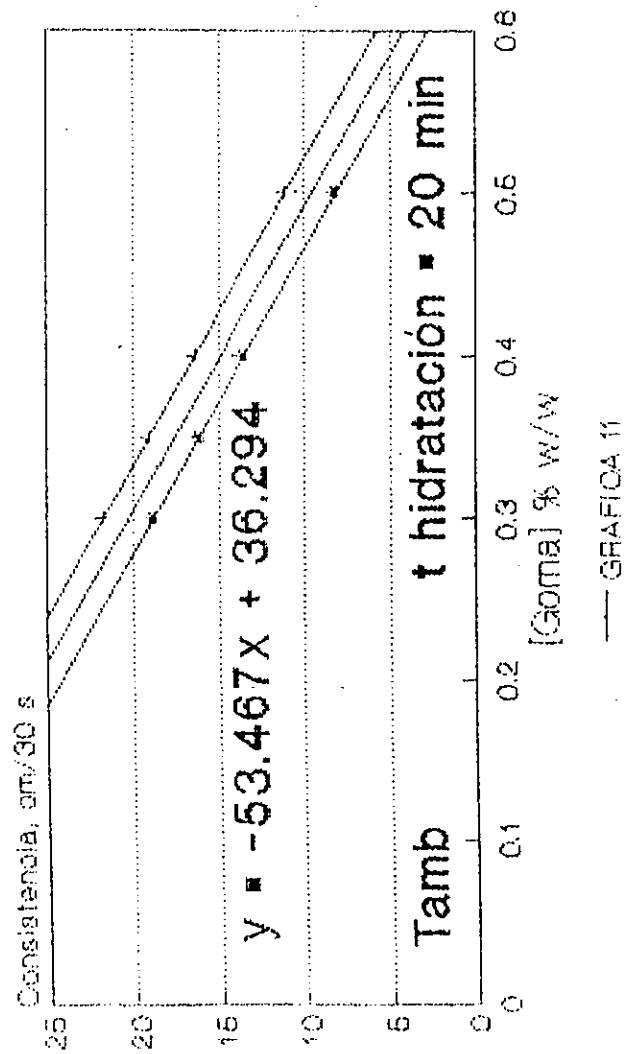
[Vin] 9% : [Azú] 6.75% : [Agua] 94.65%

CONSISTENCIA SOLUCIONES XANTHAN ADEREZO COLE SLAW



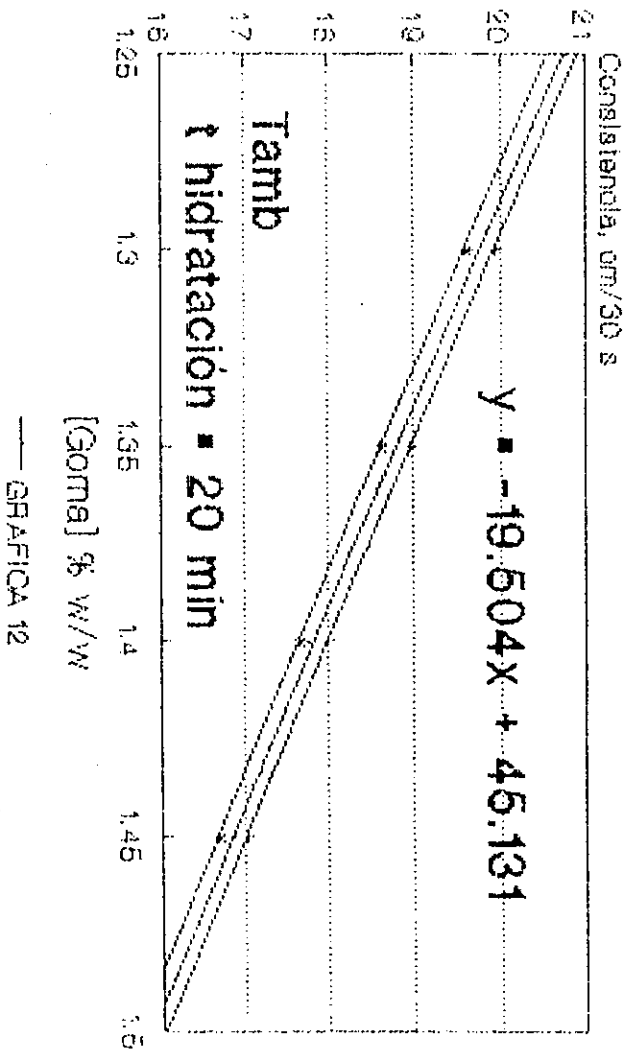
[VIA] 12.569 ; [A260] 2.48 ; [H2O] 20.34%

CONSISTENCIA SOLUCIONES GUAR ADEREZO COLE SLAW



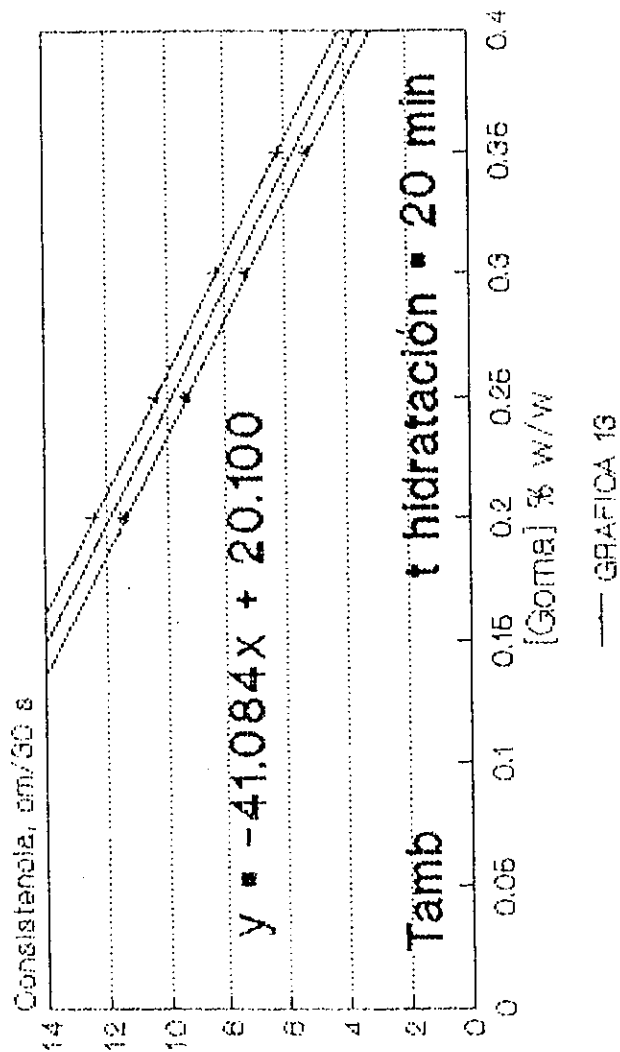
[Vin] 12.55% ; [Azúo] 2.4% ; [H2O] 20.64%

CONSISTENCIA SOLUCIONES TRAGACANTO ADEREZO COLE SLAW



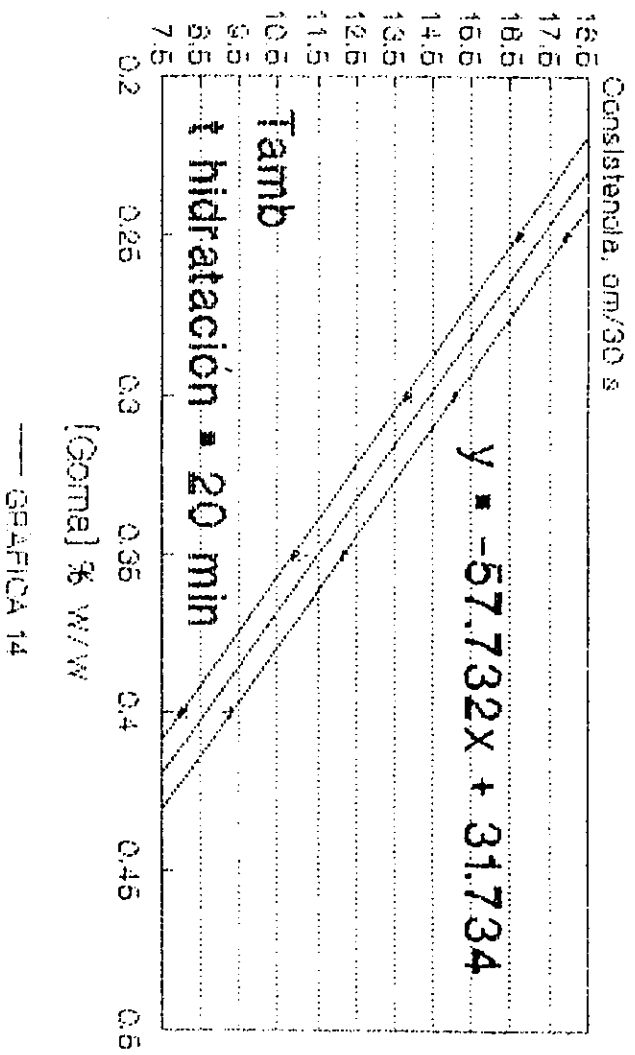
[MINI] 19.89% : [AZÚCAR] 2.4% : [H2O] 20.84%

CONSISTENCIA SOLUCIONES XANTHAN ADEREZO QUESO AZUL



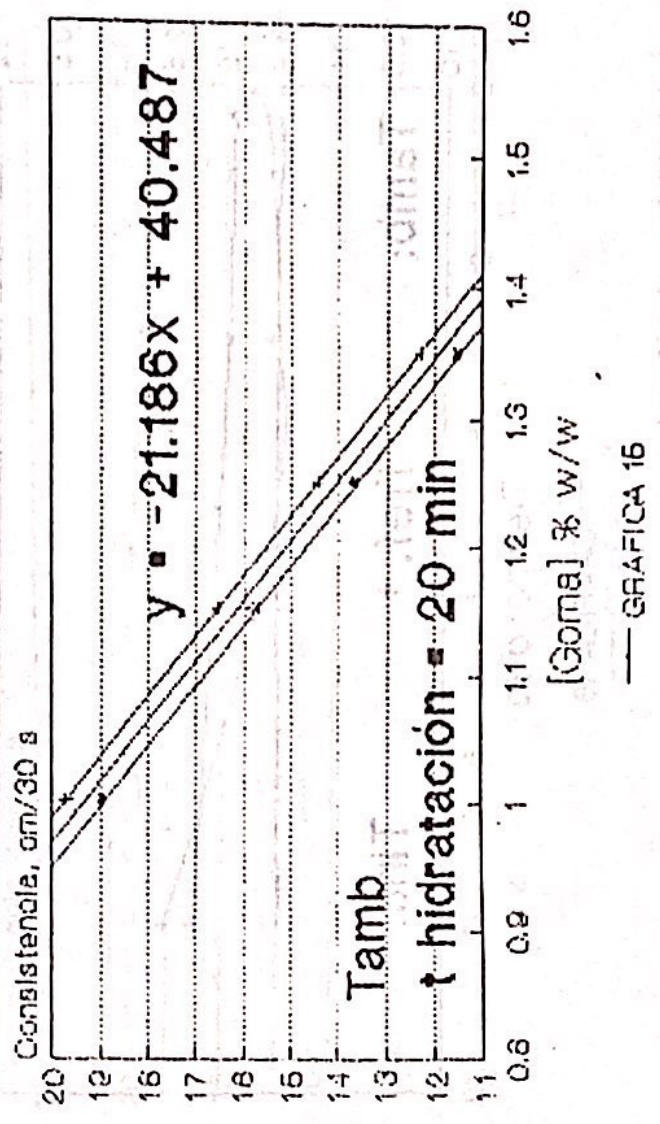
[Vin] 12% ; [Azú] 3.76% ; [H2O] 14.95%

CONSISTENCIA SOLUCIONES GUAR ADEREZO QUESO AZUL



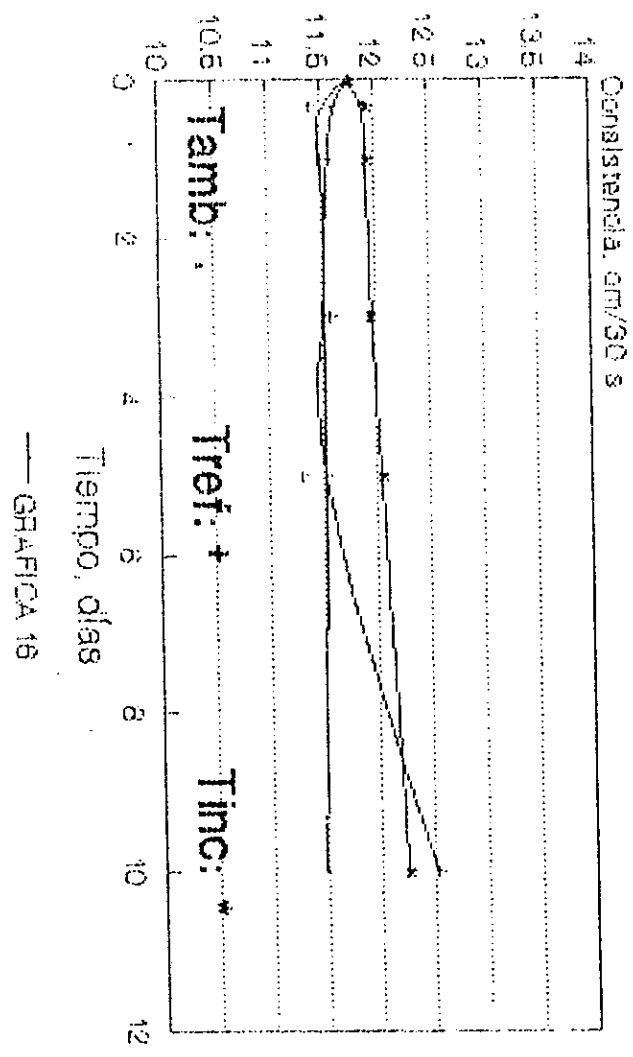
[Vin] 12% [Azúca] 3.76% [H2O] 14.95%

CONSISTENCIA SOLUCIONES TRAGACANTO ADEREZO QUESO AZUL



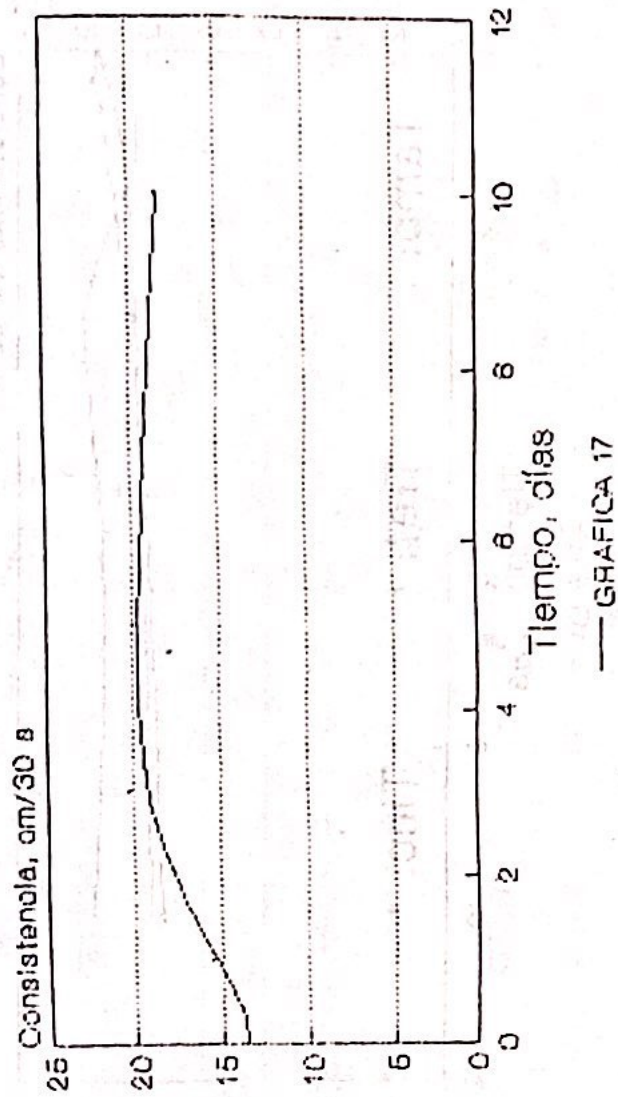
[Vin] 12% : [Azúo] 2.76% : [H2O] 14.36%

ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO FRANCES. XANTHAN



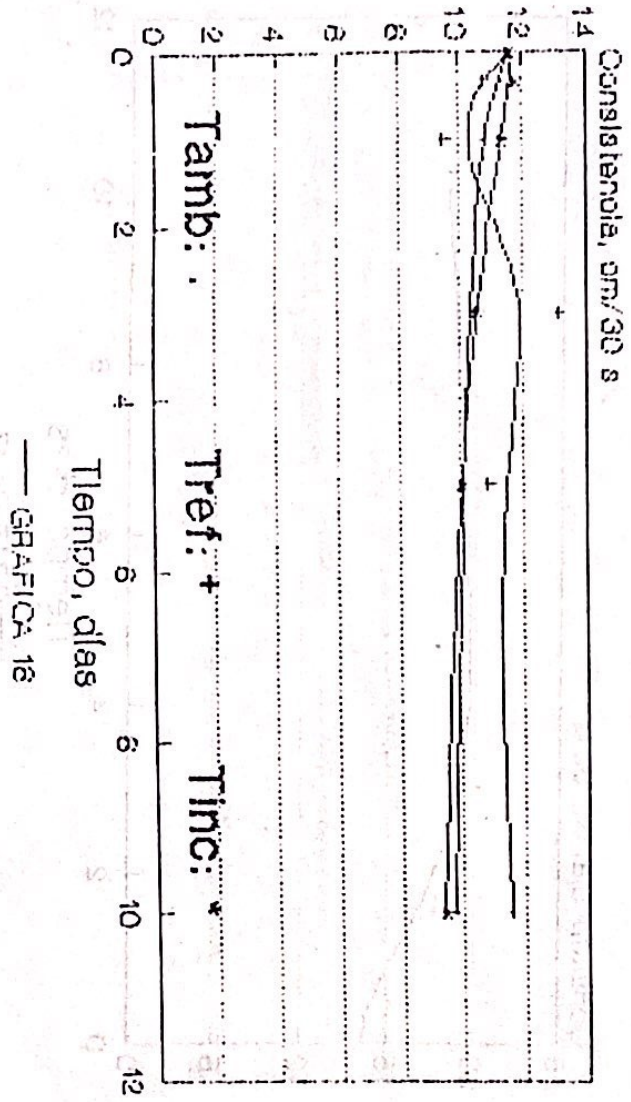
Tamb: Tref: 5-7 °C Tinc: 42 °C (Secnel) - 0.26%

ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO FRANCÉS. GUAR.



Tref-6-70 : (Goma) - 0.45%

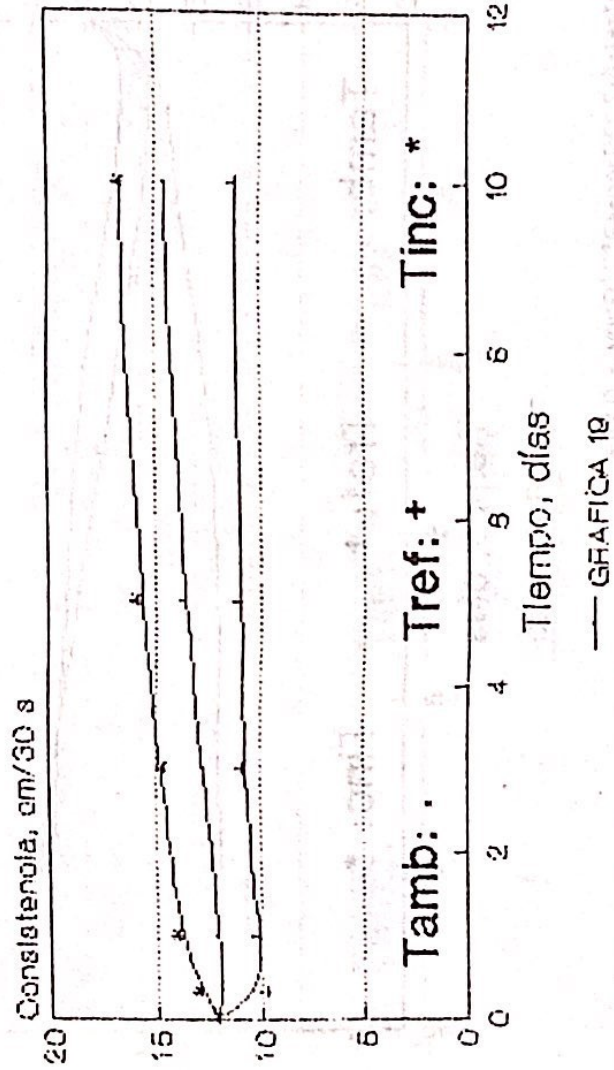
ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO FRANCES. TRAGACANTO



Tamb: Tref: 6-7 °C Tinc: 42 °C D: 0.000 m d: 1.848

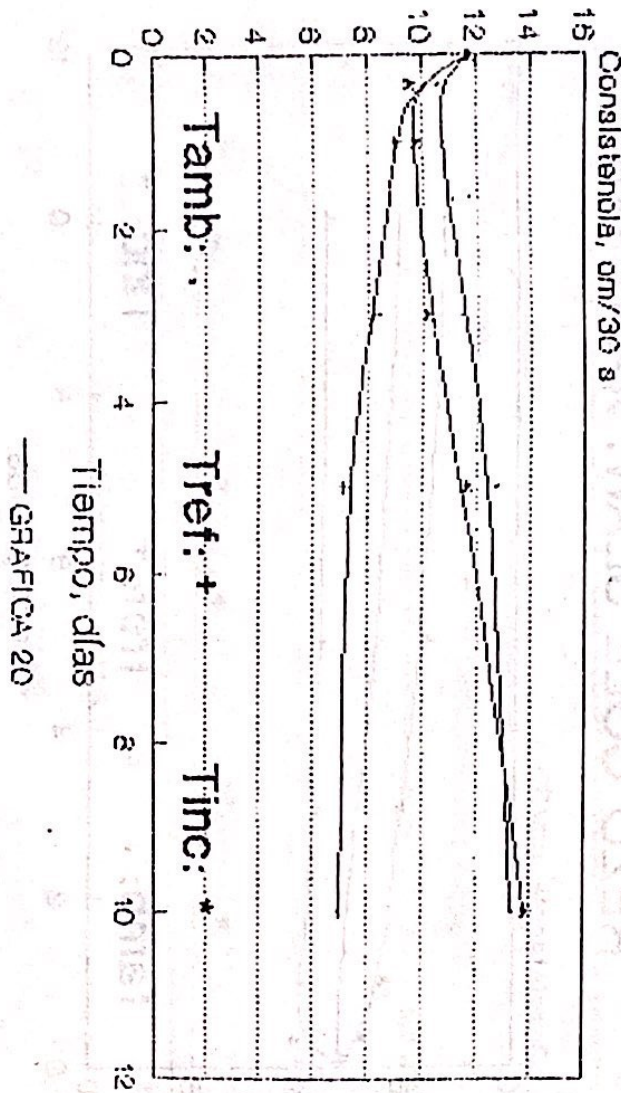
— GRAFICA 16

ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO COLE SLAW. XANTHAN



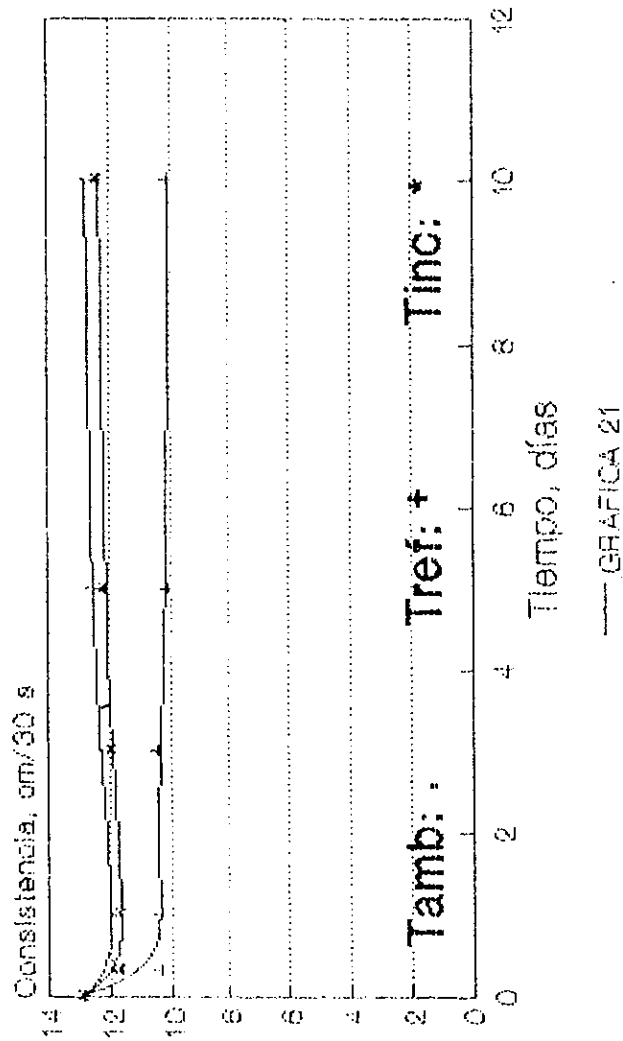
Tamb: Tref: 6-7 °C; Tinc: 42 °C; Goma: 0.15%

ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO COLE SLAW. GUARUJES



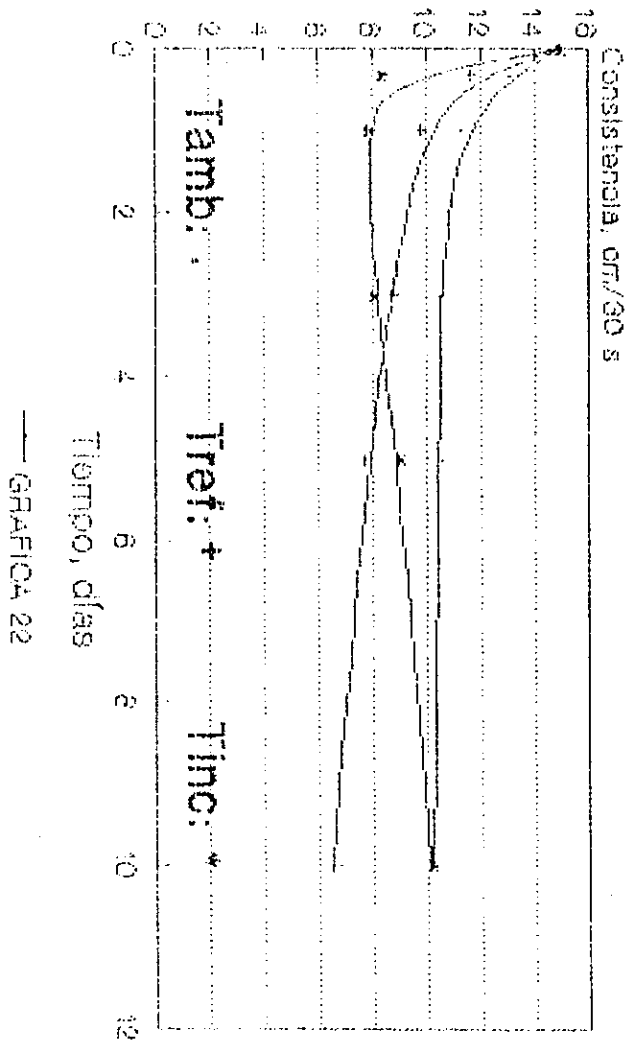
Tamb: Tref-6-7 °O: Tinc-42 °C: Gcmel- 0.28x

ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO COLE SLAW. TRAGACANTO.



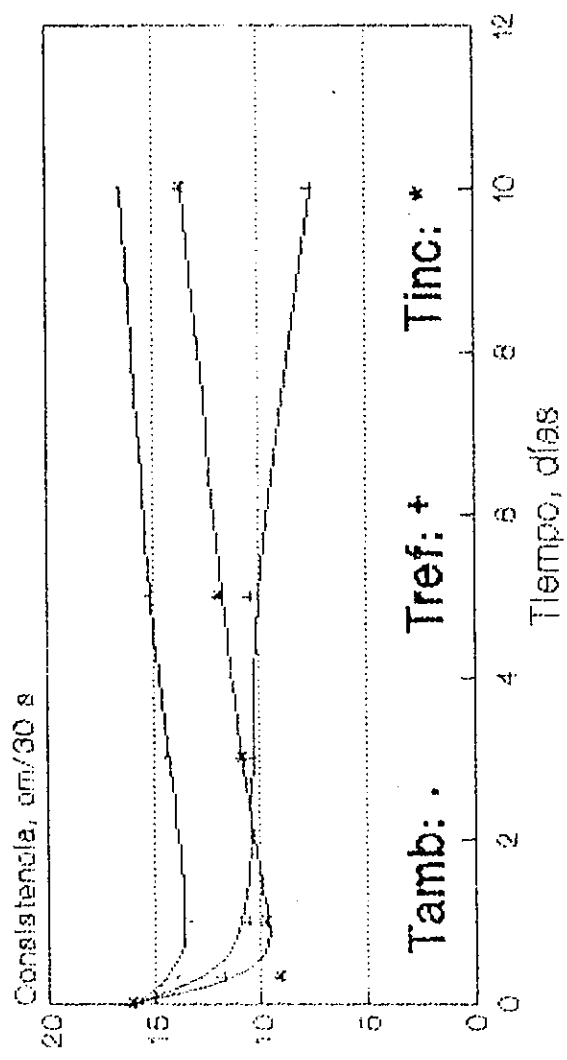
Tamb: Tref: 5-7 °C; Tinc: 42 °C; [Goma] = 120%

ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO QUESO AZUL. XANTHAN.



Tamb: Tref: Tinc: 6-7° 0-11°C 4-2° 0-5°C 0-6°C

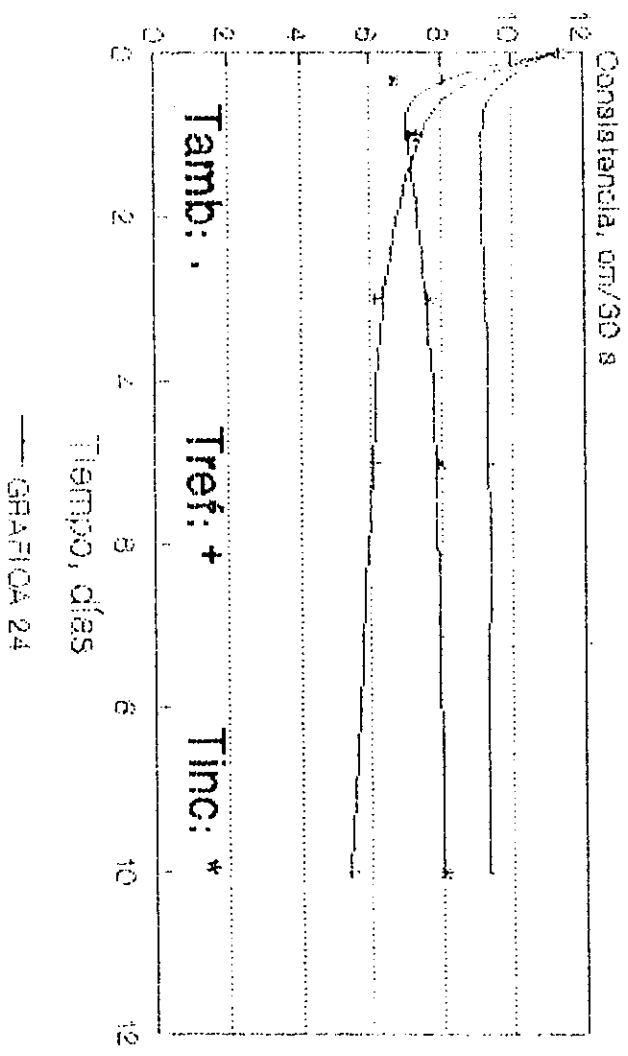
ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO QUESO AZUL. GUAR.



— GRAFICA 23

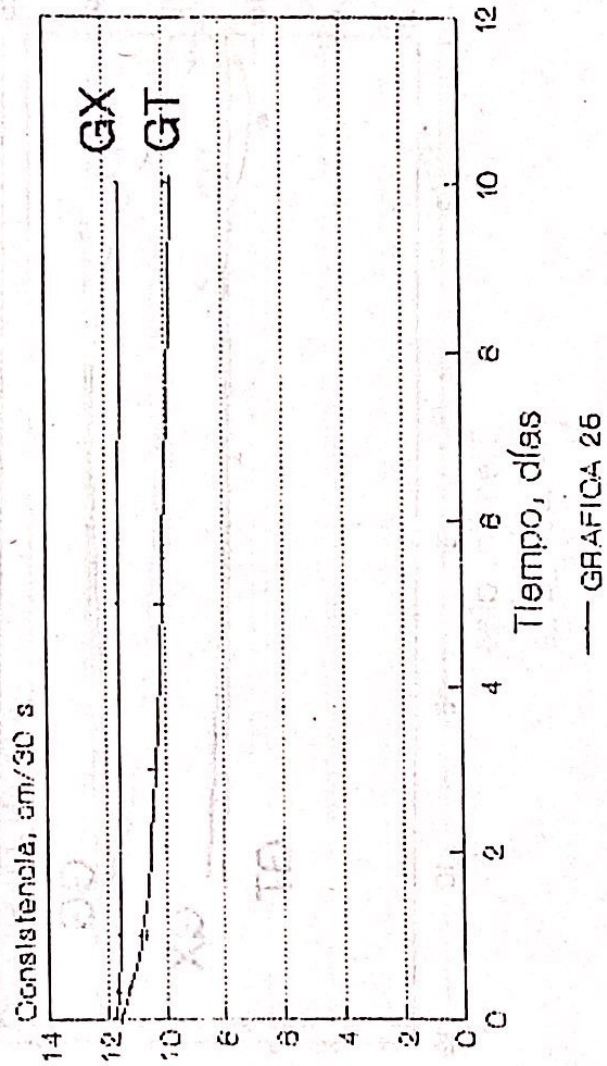
Tamb: Tref: 6-7 °C; Tinc: 42 °C; (Goma) = 0.11%

ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO QUESO AZUL. TRAGACANTO.



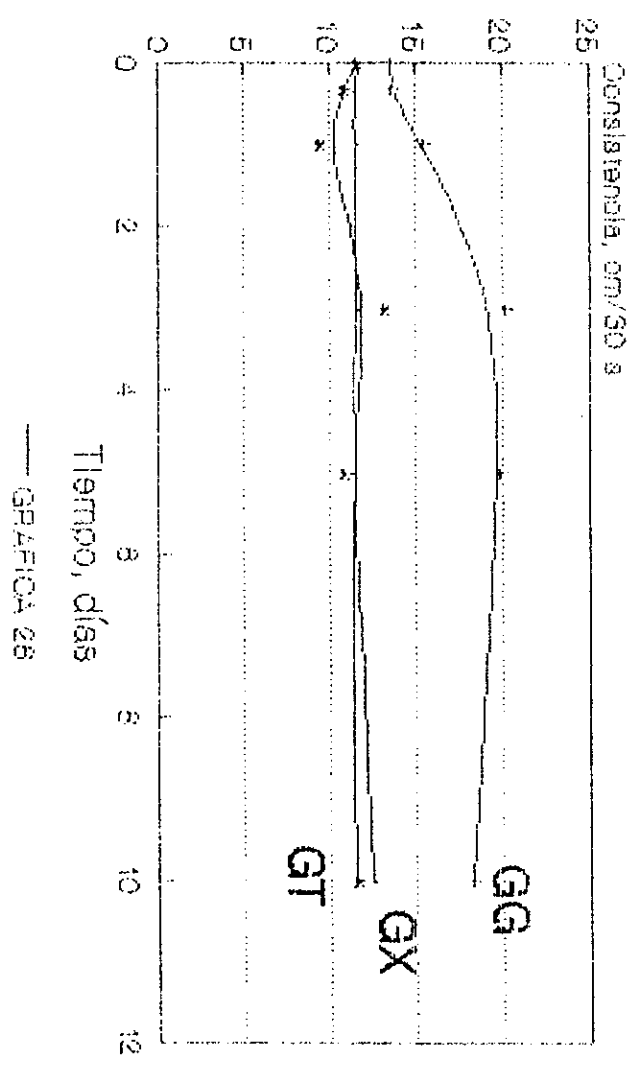
Tamb: 6-7°C, Tinc: 2°C, 0.690 ml - 0.708

ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO FRANCES. T ambiente.



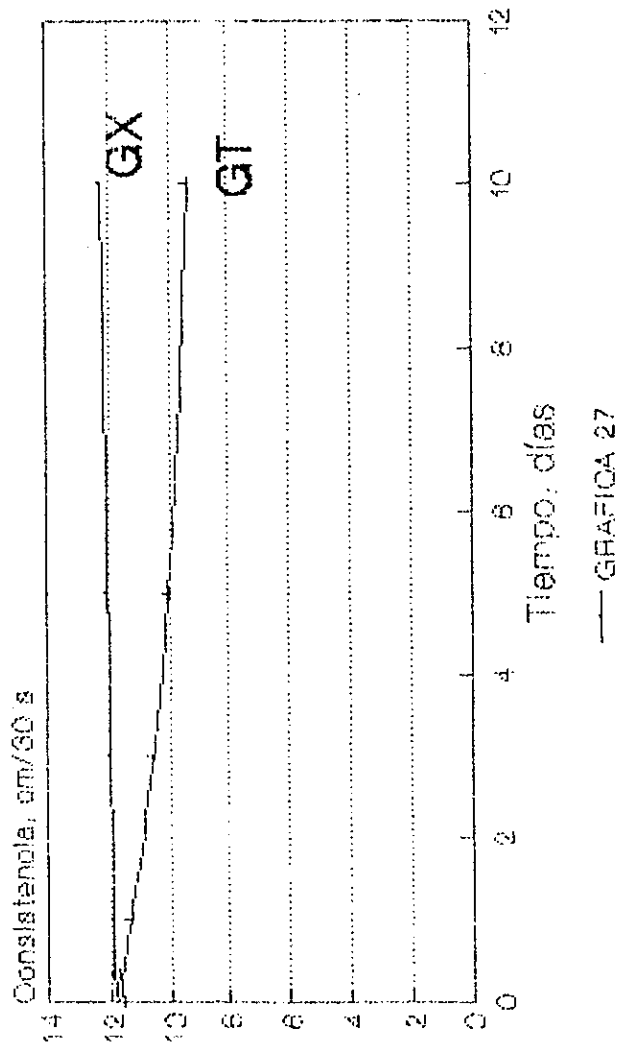
[X]:0.25 %; [T]:1.64 %

ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO FRANCÉS. T refrigeración.



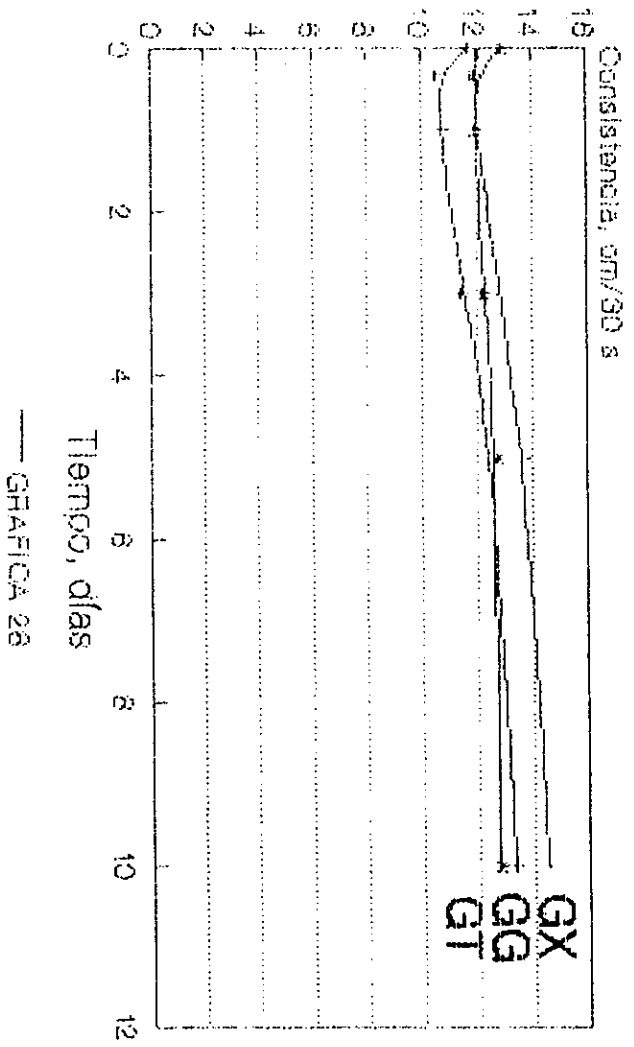
[X] 0.26 N(10) 0.46 N(11) 1.24 N

ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO FRANCES. T incubación.



00-025 8(7): 184 *

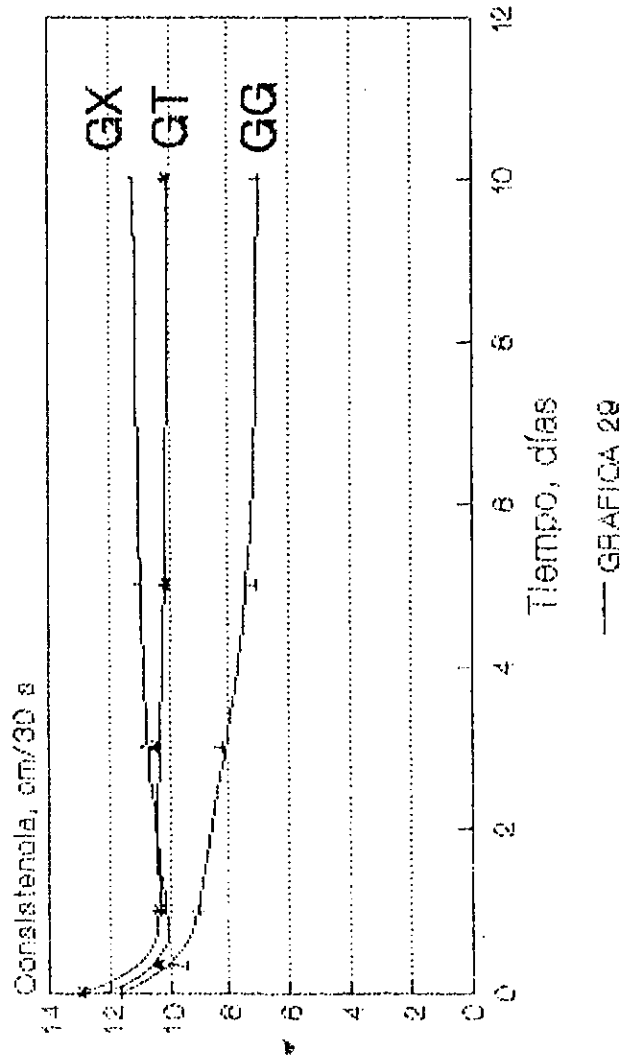
ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO COLE SLAW. T ambiente.



[X] 0.15 %[G] 0.25 %[T] 1.23 %

— GRAFICA 26

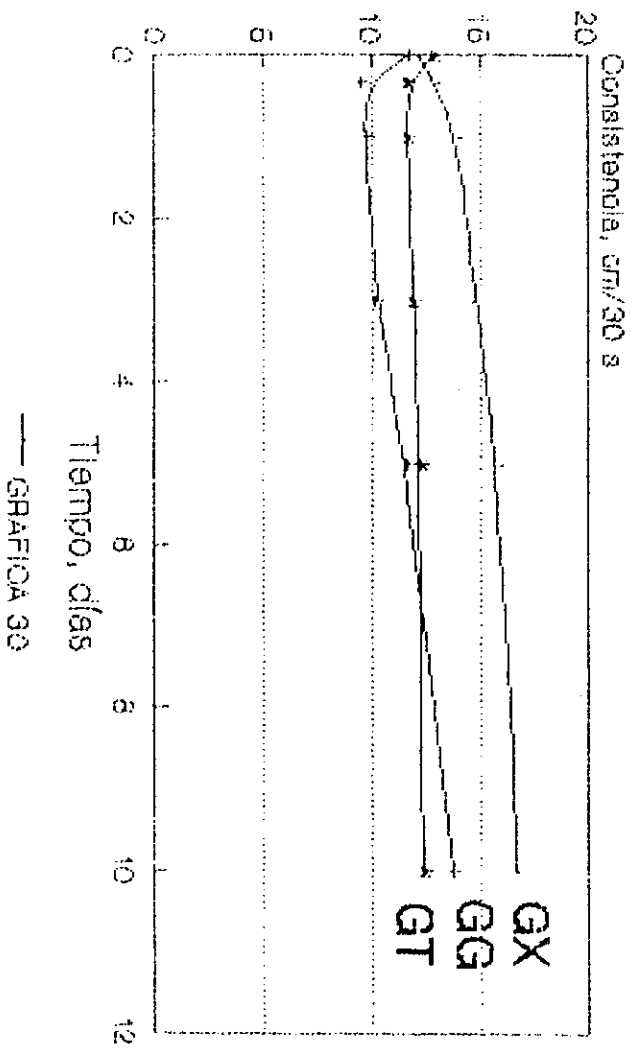
ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO COLE SLAW. T refrigeración.



(X): 0.16 % (G): 0.20 % (T): 1.22 %

— GRAFICA 28

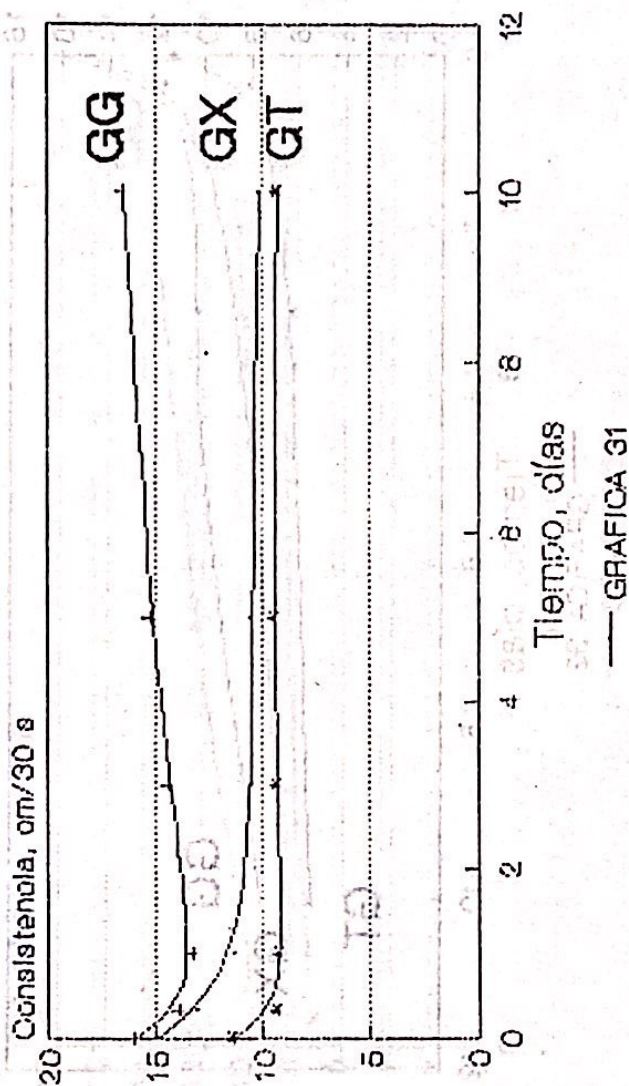
ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO COLE SLAW. T incubación.



OX: 0.16 %; OJ: 0.28 %; IT: 1.25 %

— GRAFICA 30

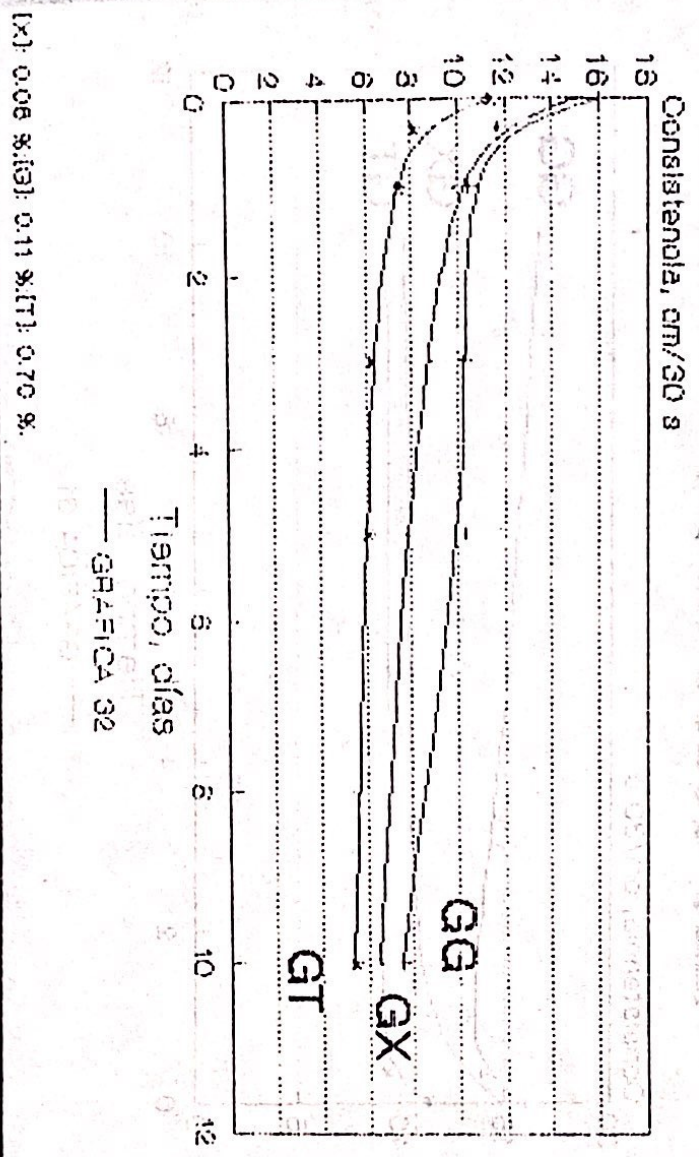
ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO QUESO AZUL. T ambiente.



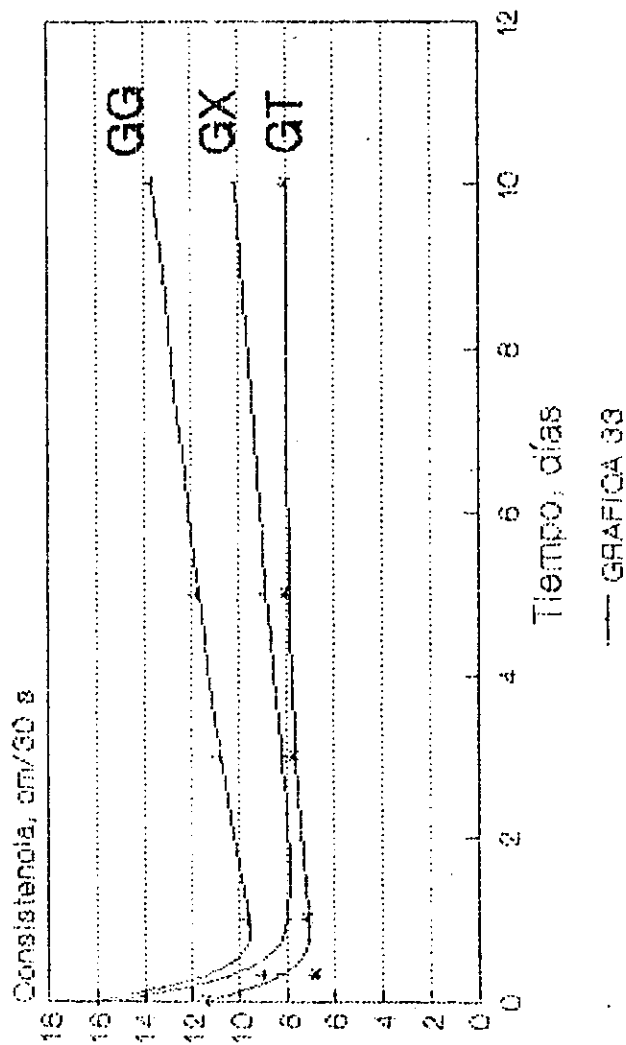
[X]: 0.00 %:[G]: 0.11 %:[T]: 0.70 %

— GRAFICA 31

ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO QUESO AZUL. T refrigeración.



ESTUDIO CONSISTENCIA ADE- REZO QUESO AZUL. T incubación.



[X] 0.06 [SIG] 0.11 [LIT] 0.70 %

APENDICE C
Análisis de Resultados

TABLA 29
COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL.

Gráfica #	Coefficiente de correlación, r
1	-0.993
2	-0.999
3	-0.999
4	-0.984
5	-0.989
6	-0.995
7	-0.989
8	-0.997
9	-0.995
10	-0.991
11	-0.984
12	-0.997
13	-0.994
14	-0.995
15	-0.997

TABLA 30
 ERROR TIPICO DE LA ESTIMA PARA LOS DATOS DE GRAFICA 1

	Concentración de goma evaluada, % w/w			
	0.65	0.75	0.90	1.00
Y	17.125	13.920	11.160	9.780
Y _{est}	16.598	14.540	11.452	9.394
Y-Y _{est}	0.527	-0.620	-0.292	0.386
$S_{y.x} = \sqrt{\sum(Y-Y_{est})^2/N-2} = 0.669$				

Nota: Y=consistencia experimental, cm/30s; Y_{est}=consistencia estimada a partir de recta de regresión, cm/30s; N=número de concentraciones evaluado; S_{y.x}=error típico de la estima, cm/30s.

TABLA 31

ANDEVA PARA ADEREZO FRANCES. COMPARACION CONSISTENCIA
GOMAS XANTHAN Y TRAGACANTO. (T ambiente, 0 dias.)

Fuente	g.l.	SC	CM	F	F 0.05
tratamientos	1	0.054	0.054	3.176	< 5.99
error	6	0.100	0.017		
Total	7	0.154			

Nota: Esta tabla también es válida para las temperaturas de refrigeración e incubación.