

10524
4



U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
DE CUAUTITLAN
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
Departamento de
Exámenes profesor
CUAUTITLAN

**"ESTUDIO TERMODINAMICO DE LAS GOMAS"
"ARABIGA, MEZQUITE Y XANTANA"**

T E S I S :
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
VICTOR MANUEL / DIAZ ARIAS

ASESOR: I.Q. GUADALUPE FRANCO RODRIGUEZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Estudio termodinámico de las gomas arábica, mezquite y
xantana".

que presenta el pasante: Víctor Manuel Díaz Arias
con número de cuenta: 955515-1 para obtener el título de :
Ingeniero Químico

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Marzo del 2002

PRESIDENTE

I.Q.M. Rafael Sampere Morales

VOCAL

I.Q. Guadalupe Franco Rodríguez

SECRETARIO

I.Q. Ariel Bautista Salgado

PRIMER SUPLENTE

I.Q. Gloria Borjón Apan Ruiz

SEGUNDO SUPLENTE

I.Q. Cuauhtemoc Carlos Roviroza Madraza

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

GRACIAS POR SER GUIA EN MI CAMINO, LUZ EN MI OSCURIDAD, TUS BENDICIONES Y BONDADES CONCEDIDAS A LO LARGO DE TODA MI VIDA, ME HAN LLEVADO A SER LA PERSONA QUE TU QUIERES QUE SEA.

A MIS PADRES:

LE DOY GRACIAS POR TODO SU CARINO, SACRIFICIO, EMPENO Y ESFUERZO QUE ME OTORGAN, POR DARME UNA EDUCACION Y UNOS PRINCIPIOS QUE SON MI MAYOR HERENCIA, POR TAL MOTIVO QUIERO MANIFESTAR QUE LOS QUIERO MUCHO Y QUE ESTOY MUY ORGULLOSO DE QUE SEAN MIS PADRES

A MIS HERMANOS (BETO, CHAVA Y DANY):

POR SU CONFIANZA Y APOYO QUE ME BRINDARON A LO LARGO MI PREPARACION PROFESIONAL, ESTO DA MUESTRA DE QUE UN ESFUERZO NO ES EN VANO CUANDO SE QUIEREN HACER LAS COSAS, SUERTE Y EXITO.

A TI PATY:

POR SER MI MOTIVACION, POR DARME TU APOYO Y COMPRENSION. TE AGRADEZCO TODO TU TIEMPO COMPARTIDO Y POR DEMOSTRARME TU AMOR Y CARINO.

I TE AMO !.

A MIS AMIGOS:

POR TODO SU APOYO INCONDICIONAL QUE ME BRINDARON A LO LARGO DEL TIEMPO COMPARTIDO.

POR SU AMISTAD A MAGDA, GABY, LUPE Y RUBEN.

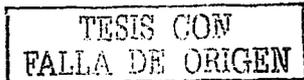
AL MEJOR Y UNICO EQUIPO QUE HA EXISTIDO EN LA FACULTAD LOS PEQUEÑOS DE BELGICA.

PROFESORA GUADALUPE FRANCO RODRIGUEZ:

POR TODOS SUS CONSEJOS, APOYO, MOTIVACION Y EN ESPECIAL EL TIEMPO QUE ME BRINDO, PARA PODER REALIZAR MI TESIS, LO CUAL LE ESTARE SIEMPRE AGRADECIDO.

A LA SECCION DE FISICOQUIMICA:

POR SU AMISTAD Y FACILIDADES QUE ME BRINDARON PARA PODER CULMINAR MI TESIS, EN ESPECIAL A GLORIA BORJON Y LETICIA ZUNIGA.



INDICE

Indice	I	
Índice de tablas	II	
Simbología	III	pág.
OBJETIVOS: Generales.....		6
Particulares.....		6
ALCANCE DEL TRABAJO.....		7
INTRODUCCION.....		8
1.0 ANTECEDENTES.....		9
1.1.1 Generalidades sobre fenómenos de superficie.....		10
2.0 TENSION SUPERFICIAL.....		11
2.1 Definición de tensión superficial.....		15
2.2 Métodos de medición.....		15
2.3 Influencia de la temperatura sobre la tensión superficial.....		17
2.4 Influencia de la presión sobre la tensión superficial.....		19
2.5 Influencia de la concentración sobre la tensión superficial.....		21
3.0 PROPIEDADES FISIQUIMICAS DE LAS SUPERFICIES.....		23
3.1 Ecuación de Gibbs.....		23
3.2 Adsorción.....		24
3.3 Cohesión y adhesión.....		26
3.4 Tamaño de partícula.....		28
3.5 Extensión.....		28
3.6 Carga de la partícula.....		29
3.7 pH.....		30
3.8 Presión de superficie.....		30
4.0 SISTEMAS DISPERSOS.....		32
4.1 definición de los sistemas dispersos.....		32
4.2 tipos de sistemas coloidales.....		32
4.3 clasificación de los sistemas dispersos.....		33
4.4 formas de las partículas coloidales.....		34

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	pag.
5.0 GOMAS. _____	36
5.1 Introducción. _____	36
5.2 Definición de las gomas (arábica,mezquite y xantana). _____	36
5.3 Obtención. _____	43
5.4 Clasificación de las gomas. _____	43
5.5 Hidrocoloides. _____	44
5.6 Selección de las gomas. _____	45
5.7 Interacción polisacáridos-proteína. _____	46
5.8 Estabilidad. _____	47
6.0 DISEÑO EXPERIMENTAL. _____	48
7.0 MATERIALES Y METODOS. _____	53
8.0 RESULTADOS. _____	54
9.0 DISCUSIÓN DE RESULTADOS. _____	54
10.0 CONCLUSIONES. _____	84
11.0 ANEXOS. _____	85
12.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. _____	88

INDICE DE TABLAS

No. Tabla		pag.
1	Sistemas coloidales alimentarios. -----	32
2	Agentes emulsificantes y sus valores de IILB. -----	44

SIMBOLOGIA

A	Área
A	Energía libre de Helmholtz
C	Concentración
D ó ρ	Densidad de líquido
d	Densidad del vapor
dG	Diferencial de Gibbs
f	Fuerza
F	Energía libre de Helmholtz
g	Gravedad
h	Altura
k	Constante
l	Longitud
M	Peso ó volumen molecular
n	Numero de moles
P	Presión
P _{max.}	Presión máxima
P _h	Presión hidrostática
R	Constante
r	Radio de un capilar o hilo
S	Entropía
T	Temperatura
T _c	Temperatura crítica
U	Energía interna
V	Volumen
W	Trabajo

SIMBOLOGIA GRIEGA

ΔG	Energía libre de Gibbs
γ	Tensión superficial
α y β	Fases
γ (M/p)	Energía libre molecular de superficie
μ°	Potencial químico por mol
Γ	Exceso de superficie

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

OBJETIVOS

GENERAL:

Determinar las propiedades termodinámicas superficiales de las gomas (arábica, mezquite y xantana).

PARTICULARES:

Evaluar el efecto de la concentración en la tensión superficial en las gomas (arábica, mezquite y xantana).

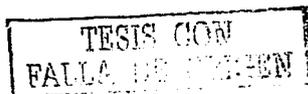
Determinar la influencia del pH en la tensión superficial.

Determinar el efecto de la temperatura en la tensión superficial.

Determinar el exceso de soluto en la superficie.

Determinar la presión superficial.

Determinación del trabajo de cohesión.



ALCANCE DEL TRABAJO

Basándose en el objetivo inicialmente, de la introducción se describe la importancia de las propiedades termodinámicas superficiales de las gomas, para posteriormente desarrollar el marco teórico, a partir de las definiciones se describen los principios básicos y los métodos para encontrar las variables y el manejo adecuado de las mismas, de esta manera se puede entender con claridad lo que cada una representa.

Como en el sistema goma-agua forma un sistema disperso, también hacemos un marco teórico del mismo que permita su adecuada comprensión.

Se continúa con un estudio de lo que son sus propiedades, obtención, clasificación, selección, etc, de las gomas arábica, mezquite y xantana, para en base a esto tratar de explicar su comportamiento y de ahí proceder a la experimentación obteniendo los resultados y tratando de explicarlos, al final en las conclusiones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCION

El gran aumento comercial de las gomas, ha traido como consecuencia una amplia competencia en la calidad de todos los productos donde ellas son utilizadas, incluidos los alimentos a nivel industrial.

La gran variedad de los productos alimenticios que tiene el consumidor, hace que en estos se tenga una mayor atención en aspecto como textura, estabilidad y conservación de los alimentos, así mismo la tecnología de los alimentos a tenido un gran desarrollo en las ultimas décadas con el fin de poner al alcance de todo consumidor formas mas fáciles, rápidas, variadas y económicas de ellas y por esto desarrollar una nueva gama de productos alimenticios a nivel, industrial.

Las gomas en la industria alimenticia en cuenta una amplia gama de aplicaciones que dependen de las propiedades funcionales y de su termodinámica de superficie requeridos para ciertos productos: el aumento en la viscosidad, estabilidad de suspensión, espuma y formación de geles.

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio termodinámico de las gomas arábica, mezquite y xantana, para poder obtener un conocimiento de sus diferentes características o cualidades y aplicarlas industrialmente de una forma más correcta.

Esto es muy importante debido a que en la actualidad hay muy poca información escrita sobre su comportamiento termodinámico de superficies, y con esto nos ayudara a tener un manejo de ellas en la preparación, modificación, estabilización, conservación de los alimentos por lo tanto es muy necesario hacer este tipo de estudio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.0 ANTECEDENTES.

Anteriormente las gomas eran utilizadas de una forma común, sin saber de las cualidades de las reacciones que éstas tenían en la dispersión de los alimentos que con ellos elaboraban.

Sin embargo, Laplace era de la opinión que la atracción intra-molecular decrecía muy rápidamente con la distancia. Hardy (1912) era también de la misma opinión.(ref. 23).

Stranski pudo mostrar a principios de la década de los 30's, basándose en su teoría de crecimiento de cristales respaldando su teoría con experimentos sobre las fuerzas de atracción de los cristales y demostrando que son de un corto alcance. Esto ahora se confirma, con rayos X de muchos investigadores como Stewart. La estructura de los líquidos es bastante similar a la de los cristales; las moléculas en los líquidos tienen una tendencia a formar conjuntos compactos y ordenados. Estos racimos ordenados confirman, por eso, la existencia de fuerzas de corto alcance en los líquidos.(ref.23).

Lewis 1993 encontró que cuanto mayor es la tensión interfacial, menor es la solubilidad de los solventes entre sí. Para facilitar la emulsión, la tensión interfacial entre agua y aceite debería disminuirse por debajo de 10 mN m^{-1} . Muchos de los agentes emulsificantes y detergentes disponibles funcionan de este modo disminuyendo la tensión interfacial.(ref.54).

Otsubo y Prud'homme (1994), realizaron un estudio sobre el efecto de la tensión interfacial y tamaño de la gota en las propiedades reológicas de emulsiones de aceite en agua, las cuales mostraron un comportamiento viscoelástico. A fracciones de volumen altas de la fase interna, la emulsión presenta una notable elasticidad que resulta de la energía interfacial asociada con la deformación de la película interfacial. El módulo elástico y viscoso son proporcionales a la tensión interfacial e inversamente proporcional al tamaño de la gota.(ref. 26).

Las gomas son polisacáridos complejos que modifican significativamente el comportamiento de las dispersiones acuosas. Algunas de las propiedades físicas de un hidrocoloide, responsable de la modificación reológica de una solución son: el peso molecular, el grado de hidratación, la interacción intra e intermolecular y la habilidad para estabilizar emulsiones, espumas y suspensiones; así mismo la reología de la solución se verá afectada por las condiciones que lleva a cabo la medición, incluyendo temperatura, concentración y velocidad de corte, así como la interacción que pudiera darse con otros constituyentes de la fase dispersante.(ref.44,52).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1 GENERALIDADES SOBRE LOS FENOMENOS DE SUPERFICIE.

Las sustancias presentan una propiedad característica en cada una de ellas que es la tensión superficial.

Se dice que cuando hay dos fases en contacto, la superficie de contacto, límite entre las dos fases, puede considerarse como una intercara (o interfase). Fig. 1

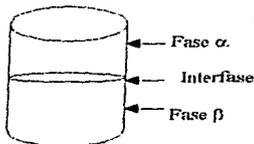


Fig. 1 sistema de dos fases.

La fisicoquímica de superficies estudia los fenómenos que se producen en estas intercaras (fenómenos interfaciales), en los sistemas que tienen una razón superficie / volumen grande. En los sistemas llamados dispersos, los fenómenos interfaciales son tan manifiestos que confieren a las superficies, propiedades o cualidades cuyas aplicaciones en muy diversos campos de la ciencia y la técnica aumentan día a día. De modo muy particular, el estudio de las intercaras ha contribuido al progreso en importantes ramas de las ciencias biológicas. (ref. 33).

2.0 TENSION SUPERFICIAL.

Es bien sabido que existen fuerzas atractivas de Van der Waals de corto alcance entre las moléculas que son responsables de la existencia del estado líquido. Los fenómenos de la tensión superficial e interfacial se pueden explicar fácilmente en muchas de estas fuerzas. Las moléculas que están situadas en el seno del líquido, están sometidas a fuerzas iguales de atracción en todas direcciones, mientras que las que están situadas, por ejemplo, en una interfase líquido-aire experimentan fuerzas atractivas no equilibradas con un empuje resultante hacia el interior del líquido, con lo cual las burbujas de aire que se encuentran en la superficie pasarán al interior del líquido y tenderán a contraerse espontáneamente, razón por la cual las gotas que están en forma líquida y las burbujas de gas, tienden a tomar una forma esférica. (ref.2,54).

La capa interfacial es una región de transición entre las fases α y β y no es homogénea; por lo contrario, sus propiedades varían desde aquellas que son características de la fase α hasta aquellas que son de la fase β . Por ejemplo, si β es una disolución líquida y α es el vapor en equilibrio con la disolución.

El fenómeno de la tensión superficial se debe a las fuerzas de atracción intermoleculares en el seno del líquido. (Fig.2).

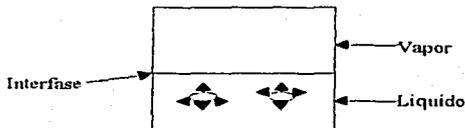


Fig.2 Fuerzas de atracción entra moléculas en la superficie y interior del líquido.

La energía libre, la energía interna y la entropía de la superficie (α) de la solución es diferente a la energía libre, la energía interna y la entropía del seno de la solución (β), por lo que en la interfase se presentan fenómenos superficiales.

De acuerdo con Gibbs la superficie interfacial se considera como capa de espesor finito, en la cual la composición y las características termodinámicas se diferencian de aquellas que son propias de los volúmenes de las fases de coexistencia. (ref.2,53).

$$\frac{U_{\alpha}, G_{\alpha}, S_{\alpha}}{U_{\text{int}}, G_{\text{int}}, S_{\text{int}} \text{ (superficiales)}} \leftarrow \text{Interfase}$$

$$\frac{U_{\beta}, G_{\beta}, S_{\beta}}$$

TIENE UN
FALLA DE ORIGEN



Fig.3 sistema de dos fases.

Para un sistema abierto, se lleva a cabo el siguiente procedimiento.

Se requiere de los términos.

$$\sum_i \mu_i^\alpha dn_i^\alpha + \sum_i \mu_i^\beta dn_i^\beta \quad \text{Ec. 1}$$

se añadan a:

$$dU = T dS - P dV + \gamma dA. \quad \text{Ec.2}$$

Donde $\mu_i^\alpha, \mu_i^\beta$ son los potenciales químicos de i en las fases α, β y superficial en el modelo.

En el equilibrio, $\mu_i^\alpha = \mu_i^\beta$; sea μ_i el potencial químico de i en cualquier lugar del sistema.

En equilibrio la ecuación resultante queda.

$$\sum_i \mu_i dn_i^\alpha + \sum_i \mu_i dn_i^\beta = \sum_i \mu_i d(n_i^\alpha + n_i^\beta) = \sum_i \mu_i dn_i \quad \text{Ec. 3}$$

donde:

$$n_i = n_i^\alpha + n_i^\beta \quad \text{Ec. 4}$$

Por lo tanto para un sistema abierto de dos fases en el equilibrio es:

$$dU = T dS - P dV + \gamma dA + \sum_i \mu_i dn_i \quad (\text{proceso reversible}) \quad \text{Ec. 5}$$

La energía libre en la superficie para la solución que consta de dos fases, hay una superficie de separación entre las dos fases que se llama interfase. El grosor de la separación interfacial no es definitivamente conocido y esto es la influencia de las fuerzas en las superficies. (Fig. 4).

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

La energía total de un soluto (G) comprende las fases de bulo y la interfase por lo tanto tenemos.

$$G = G^{\alpha} + G^{\beta} + G^{\sigma} \quad \text{Ec. 6}$$

" σ " es la fase de la superficie interfacial.

Para evaluar la energía tenemos que suponer que hay un perfil perfectamente definido en la interfase y una geometría hipotética. (ref. 58).

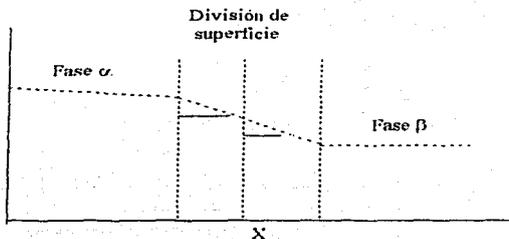


Fig. 4 Cambio de concentración de un componente al ir de la fase líquida a vapor.

El cambio diferencial lo podemos expresar como:

$$dG = dG^{\alpha} + dG^{\beta} + dG^{\sigma} \quad \text{Ec. 7}$$

Para las fases de bulo homogéneas tenemos:

$$dG^{\alpha} = -S^{\alpha}dT + V^{\alpha}dP^{\alpha} + U^{\alpha}_1 dn^{\alpha}_1 + U^{\alpha}_2 dn^{\alpha}_2 + \dots \quad \text{Ec. 8}$$

$$dG^{\beta} = -S^{\beta}dT + V^{\beta}dP^{\beta} + U^{\beta}_1 dn^{\beta}_1 + U^{\beta}_2 dn^{\beta}_2 + \dots \quad \text{Ec. 9}$$

$$dG^{\sigma} = -S^{\sigma}dT + V^{\sigma}dP^{\sigma} + U^{\sigma}_1 dn^{\sigma}_1 + U^{\sigma}_2 dn^{\sigma}_2 + \dots \quad \text{Ec. 10}$$

Cuando S, T, V y P son entropía, temperatura, volumen y presión, son para cada fase y en la interfase.

Donde:

n es el número de moles de un componente

U potencial químico

1,2....componentes

El cambio de la energía libre incluye un término que es el trabajo requerido para incrementar el área de la superficie infinitesimal en una cantidad dA a presión, temperatura y composición constante.

El trabajo de expansión en la superficie es donde, entra la tensión superficial.

Este trabajo reversible es γdA , cuando la contribución a la superficie, el volumen es despreciable, por lo tanto podemos evitar el (VdP) .

$$dG^s = -S^s dT + \gamma dA + U_1^s dn_1^s + U_2^s dn_2^s + \dots \quad \text{Ec. 11}$$

Cuando $U_1^s, U_2^s \dots$ son los potenciales químicos de varios componentes en la superficie del sistema.

Donde la suma de $dG^s + dG^b + dG^l$ es el cambio de energía libre del sistema.

$$dG = -SdT + VdP + PdV + \gamma dA + \sum_j \mu^a dn^a + \sum_j \mu^b dn^b + \sum_j \mu^l dn^l \quad \text{Ec. 12}$$

Cuando $S = S^s + S^b + S^l$ tenemos una entropía total del sistema a T, P y composición constantes.

$$\text{Despejando tenemos:} \quad dG = \gamma dA \quad \text{Ec. 13}$$

$$(dG/dA)_{T,P,n} = \gamma = G_s \quad \text{Ec. 14}$$

La ecuación de tensión superficial y esta dada en (dinns/cm).

Donde G_s es la energía libre en la superficie por unidad de área, expresada en (erg/cm²).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1 DEFINICION DE LA TENSION SUPERFICIAL.

La tensión superficial γ de un líquido se define como la fuerza en dinas que actúa perpendicularmente a cualquier línea de 1cm de longitud en la superficie del líquido y tiene las unidades de dinas cm^{-1} .

Supónganos que se extiende una película de un líquido en un bastidor de alambre que posee un lado móvil como se muestra en la figura (5). Para aumentar el área de la película en dA , debe realizarse una cantidad proporcional de trabajo. La energía libre de Gibbs de la película aumenta en γdA , donde γ es la energía de Gibbs superficial por unidad de área. El aumento de energía de Gibbs implica que al movimiento del alambre se opone una fuerza $f dx$. Estos dos aumentos de energía son iguales, por lo que

$$f dx = \gamma dA \quad \text{Ec. 15}$$

Si l es la longitud de la parte móvil, el aumento en el área es de $2(l dx)$. El factor dos se debe a que la película tiene dos lados por tanto,

$$f dx = \gamma (2l) dx \quad \text{o bien} \quad f = 2\gamma l \quad \text{Ec. 16}$$

La longitud de la película en contacto con el alambre es l en cada lado o una longitud total de $2l$. La fuerza que actúa por unidad de longitud del alambre en contacto con la película de la tensión superficial del líquido, $f / 2l = \gamma$. La unidad SI para la tensión superficial es el newton por metro, que es numéricamente igual a la razón del aumento de la energía de Gibbs superficial con el área, en joules por metro cuadrado.



Fig. 5 Diferencia del aumento de la energía libre de Gibbs en una película.

2.2 METODOS DE MEDICION.

Para la medición de la tensión superficial existen varios métodos, los cuales se basan en la propia definición de la tensión superficial, en fenómenos de superficies curvas y en fenómenos en tubos capilares.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2.1. Tensiómetro Du de Noty. En este método se mide la fuerza necesaria para levantar un anillo de alambre de platino (pt), colocado en la superficie del líquido como se ve en la figura 6. La circunferencia del líquido en contacto con el alambre es $2x$ longitud de la circunferencia del anillo (recuérdese que la película tiene dos caras). Así, $L = 2l$. Si se necesita una fuerza, F , para desprender la película.

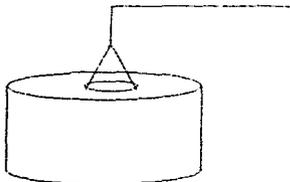


Fig.6 Tensiómetro de Du Noty.

2.2.2. Placa de Wilhelmy. Una placa, como cubre objetos, se introduce en la superficie de la solución. La placa cuelga de uno de los platillos de una balanza dada en la figura 7. El movimiento vertical de la placa corresponde a un cambio en la superficie del líquido. La balanza mide esta fuerza por el ancho de la placa multiplicado por 2.

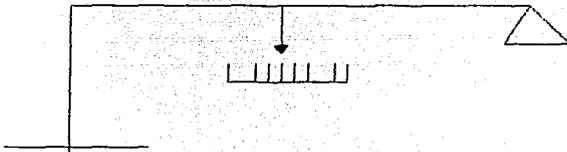


Fig. 7 placa de Wilhelmy.

2.2.3. Métodos basados en fenómenos en tubos capilares.

Asenso capilar. Una manifestación de la tensión superficial es el asenso (o descenso) de un líquido en un tubo capilar. (Fig. 8).

Un líquido asciende por un capilar si moja las paredes del tubo y se forma una superficie cóncava, pues la presión es menor en esta superficie en virtud de la diferencia de presión en superficies de líquido curvas.

Como la presión sobre la superficie es prácticamente constante e igual a la ejercida sobre la superficie del líquido en el depósito principal, el líquido asciende hasta que la presión hidrostática de la columna de líquido en el capilar es igual a ΔP .

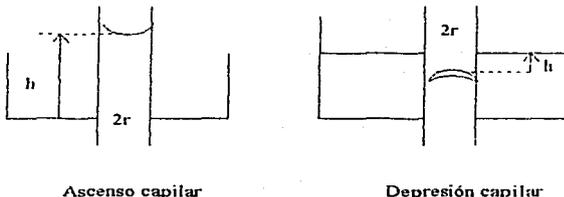


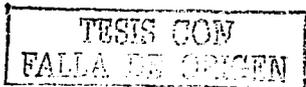
Fig. 8 Ángulos de contacto entre un líquido y un tubo capilar.

2.3 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA TENSION SUPERFICIAL.

La tensión superficial, es el trabajo realizado para trasladar, desde el seno del líquido, las moléculas necesarias para formar la superficie renovada, contra la atracción de las moléculas que se encuentran por debajo de la superficie y que es ejercida sobre las moléculas de la superficie. Por tanto es una medida de la intensidad de esta fuerza que actúa hacia el seno del líquido.

La energía cinética de las moléculas y la tendencia de éstas a escapar de la fase aumentan al subir la temperatura; por lo tanto es de esperar que la tensión superficial disminuya al aumentar la temperatura.

Ley de Eötvös. En muchos de los casos, la disminución de la tensión superficial con el aumento de la temperatura casi lineal. La tensión superficial aumenta linealmente a medida que la temperatura desciende por debajo de cierta temperatura (que es alrededor de 6° más baja que la crítica). La ecuación de Ramsey y Shields para la variación de la tensión superficial con la temperatura es: (Ref 7.37.49).



$$\gamma(M/\rho)^{2/3} = k T_c(1-T/T_c) \quad \text{Ec. 17}$$

La llamada energía libre molecular de superficie es:

$$\gamma(M/\rho)^{2/3} \quad \text{Ec. 18}$$

Donde

M = Es el peso o el volumen molecular

ρ = Densidad del líquido

T_c = Temperatura crítica del líquido

$\gamma(M/\rho)$ es llamada energía libre molecular de superficie

Bennett y Mitchell (1913) mostraron que prácticamente todos los líquidos considerados como no asociados tienen un valor constante de la energía de superficie molecular total. (Ref. 2, 54).

$$(\gamma - T \, d\gamma/dT) (Mv)^{2/3} \quad \text{Ec. 19}$$

Y sugieren que el comportamiento de esta cantidad, para un intervalo de temperatura considerable, puede servir como guía en cuanto a si el grado de asociación se mantiene, o no, constante. En términos de la teoría molecular, el significado de esta prueba de asociación molecular es bastante oscuro.

Aunque no existe una sola ecuación que exprese la variación de la tensión superficial de todos los líquidos con la temperatura, hay, en muchos casos, ecuaciones que son bastante exactas para ser usadas para fines de interpolación. (Fig. 9).

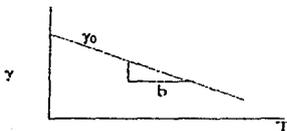


Fig. 9 Variación de la tensión superficial con la temperatura.

Como la tensión superficial se desvanece al llegar a la temperatura crítica, la ecuación puede escribirse también como:

$$\gamma = \gamma_0 (1 - T/T_c) \quad \text{Ec. 20}$$

La exactitud de esta relación está dentro del error experimental, en el caso de muchos líquidos, y aunque el las proximidades de la temperatura crítica es menos exacta, es usada teóricamente, pues no contiene ninguna constante crítica arbitraria.

La ecuación lineal ha sido modificada siguiendo dos líneas de razonamientos diferentes: la primera, es seguir el plan de Eötvös de introducir el volumen molecular elevado a dos tercios. (Ref.14)

$$\gamma(M/D-d)^{2/3} = k Tc (1-T/Tc) \quad \text{Ec. 21}$$

En donde D es la densidad del líquido y d la del vapor.

2.4 LA INFLUENCIA DE LA PRESION SOBRE LA TENSION SUPERFICIAL.

Sería lógico esperar que una presión de vapor alta sobre la superficie de un líquido redujera el valor de la tensión superficial, puesto que al haber más moléculas (gaseosas) sobre la superficie, la atracción de estas moléculas sobre las de la superficie del líquido neutralizarían en cierta medida la atracción desde el interior, y ello disminuiría la tensión superficial.

Las mediciones realizadas por Kundt (1981). Confirman estas ideas y muestran que la disminuciones de tensión superficial de varios líquidos ordinarios aumentan regularmente con el aumento de la presión del gas sobre ellos. (Ref.14,23).

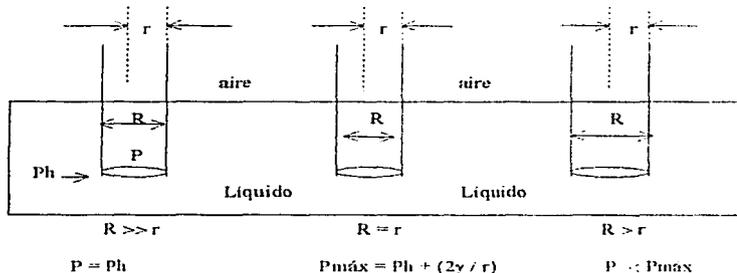


Fig. 10. El efecto de la presión en el radio del tubo capilar.

De acuerdo a la figura (10), el radio de la burbuja es mucho mayor que el radio del capilar, por lo que es valido decir que ambas fases están separadas por una interfase plana, lo que implica una igualdad de presiones, conforme aumenta la presión en el interior del capilar el radio de la burbuja disminuye hasta que se iguala al radio del capilar, después de este punto el radio de la burbuja aumenta, lo que provoca que la presión disminuya y a el aire en la burbuja lo que hace que sea inestable. La situación es, a menor radio la presión es máxima, esto permite llevar a cabo el siguiente experimento para determinar la tensión superficial de un líquido. Este método es conocido como el método de la presión máxima de burbuja para medir la tensión superficial. (Fig. 10)

En esta figura anterior se incrementa la presión hasta un valor máximo donde el radio del capilar r es igual al radio de la burbuja R , esta presión máxima se registra cuando h es máxima. La ecuación de Young-Laplace para este experimento nos dice:

$$P_{\text{máx}} = P_h + \left(\frac{2\gamma}{r} \right) \quad \text{Ec. 22}$$

Donde $P_{\text{máx}}$ es la presión requerida para formar una burbuja, P_h es la presión hidrostática, de acuerdo al experimento, estas cantidades se calculan como:

$$P_{\text{máx}} = h\rho_1 g \quad \text{Ec. 23}$$

$$P_h = h_0\rho_2 g \quad \text{Ec. 24}$$

Donde ρ_1 es la densidad del líquido manométrico, ρ_2 es la densidad del líquido problema y $g = 981 \text{ cm s}^{-2}$. Substituyendo las tres ecuaciones se encuentra finalmente que la tensión superficial se calcula como:

$$\gamma = \left(\frac{(981 \text{ cm s}^{-2}) \times (h\rho_1 - h_0\rho_2)}{2} \right) \quad \text{Ec. 25}$$

No debemos olvidar que esta ecuación es solo valida para valores pequeños de r (radio).

2.5 LA INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION SOBRE LA TENSION SUPERFICIAL.

Las superficies se caracterizan por que, en sistemas multicomponentes, las concentraciones de sustancias disueltas son, en las proximidades de la interfaz, diferentes de las concentraciones en el seno de las fases. Esto es, que hay adsorción en la interfaz.

La fuerza de interfase puede provocar un cambio en la composición de la capa adjunta a la superficie, dependiendo de la naturaleza de la sustancia puede concentrarse cerca de la superficie, o por el contrario, hubiera una separación entre las fases del sistema.

Este fenómeno llamado adsorción implica la variación de las propiedades de la interfase en las partículas.

En la siguiente figura (11) veremos la variación de los componentes en el sistema difásico-dicomponente como líquido-vapor; por ejemplo una solución de alcohol- agua. (Ref 2.49).

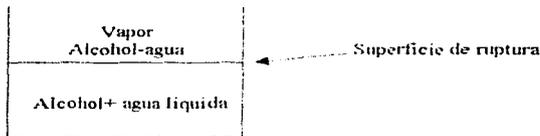


Fig. 11 Sistema difásico-dicomponente (alcohol-agua).

El comportamiento observado para los solutos en disoluciones diluidas pueden clasificarse en tres tipos que se muestran en la siguiente figura (12).

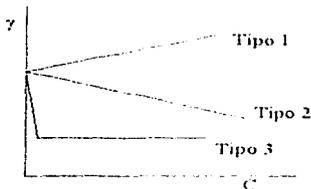


Fig. 12 Grafica del tipo comportamiento de la tensión superficial al aumentar la concentración.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los solutos de tipo 1 dan lugar a un pequeño aumento de la tensión superficial (γ) al aumentar la concentración; ejemplos de este tipo son la mayoría de las sales orgánicas y sacarosa. El aumento de γ para las disoluciones salinas puede explicarse indicando que las atracciones entre iones con cargas opuestas se ven más favorecidos en la fase global de la disolución que en la capa superficial. Ello origina una disminución de iones en la capa superficial y la adsorción negativa hace que γ aumente.

Los solutos de tipo 2 dan lugar a una disminución sustancial y continuada de γ al aumentar la concentración; son ejemplos de este tipo la mayoría de los compuestos orgánicos que son algo solubles en agua. Los compuestos orgánicos que son algo solubles en agua presentan normalmente una parte polar (por ejemplo, a un grupo OH o COOH) y una parte hidrocarbonada no polar. Estas moléculas tienden a acumularse en la capa superficial, donde se orientan con la parte polar hacia la disolución, interaccionando con las moléculas polares de agua de esta y con sus partes no polares hacia fuera de la disolución. La adsorción resultante hace que γ disminuya.

Para solutos del tipo 3, γ presenta una rápida caída, seguida por una repentina estabilización a medida que aumenta la concentración. Ejemplos de este tipo son las sales de ácidos orgánicos de cadena de mediana magnitud (jabones, $R\text{COO}^- \text{Na}^+$), sales de sulfatos de alquilo ($\text{R}\text{OSO}_2\text{O}^- \text{Na}^+$), sales de aminas cuaternaria ($(\text{CH}_3)_3\text{RN}^+ \text{Cl}^-$), sales de sulfato de alquilo ($\text{R}\text{SO}_2\text{O}^- \text{Na}^+$) y compuestos de polioxietileno ($\text{R}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$, donde n está comprendido entre 5 y 15). Los solutos de tipo 3 se adsorben fuertemente en la interfase. (La estabilización de γ ocurre a la concentración crítica de micelas).

Un soluto que disminuya significativamente la tensión superficial se dice que es un agente superficialmente activo o tensoactivo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.0 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LAS SUPERFICIES.

Generalmente, se puede decir que las propiedades de una superficie dependen de:

1. Las propiedades de la fase continúa.
2. La relación entre la fase continúa y la interna.

3.1 ECUACION DE GIBBS.

Las superficies se caracterizan porque, en sistemas multicomponentes, las concentraciones de sustancias disueltas son, en las aproximaciones de la intercara, diferentes de las concentraciones en el seno de las fases. Esto es, hay adsorción en la intercara.

Si la adsorción ocurre espontáneamente, G debe disminuir.

La descripción cuantitativa de este fenómeno es difícil de obtener porque el estado de las moléculas cambia gradualmente al disminuir su distancia a la superficie de la intercara. Puesto que las fuerzas intermoleculares disminuyen en razón inversa de la distancia, por un factor de 10^7 aproximadamente, con una distancia de unos pocos diámetros moleculares se vuelve infinitamente pequeñas, podemos suponer que el estado característico de cada fase se establece a muy poca distancia de la intercara.

En su investigación fundamental del equilibrio en sistemas heterogéneos (1875-1878), GIBBS consiguió desarrollar una teoría termodinámica que tenía en cuenta estas dos clases de propiedades. (Ref. 2,7,14,33,37,38,54).

Gibbs sugirió el siguiente modelo. (Fig. 13).

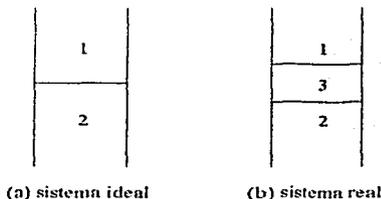


Fig. 13 (a) Sistema de dos fases. (b) Sistema correspondiente al en modelo de Gibbs.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Imaginemos un sistema real en el que las propiedades cambian gradualmente en la transición de una fase a otra, y un sistema ideal en la que las propiedades son idénticas para todo el volumen de cada fase, en la cual cambian bruscamente a las propiedades de la otra fase.

La energía interna del sistema total, u , (fases 1 y 2) dividido por el plano en dos volúmenes V_1 y V_2 , es igual a la suma de u_1 y u_2 (siendo $u_1 = u_1 V_1$; u_1 = energía por unidad de volumen de la fase 1 y $u_2 = u_2 V_2$; u_2 = energía por unidad de volumen de fase 2). Así como:

$$U_{ideal} = u_1 V_1 + u_2 V_2 \quad \text{Ec. 26}$$

La energía interna del sistema real, U_{real} , difiere de U_{ideal} por que en la región 3 las propiedades son diferentes; en esta región, la energía por unidad de volumen es distinta de u_1 y de u_2 y así U_{real} será mayor que $U_1 + U_2$, en una magnitud, U^* que es proporcional al área de la interfase.

$$U^* = u^* A \quad \text{Ec. 27}$$

en donde u^* es la energía por unidad de área interfacial total (u^* estará determinada por las propiedades de las sustancias que forman las fases 1 y 2). Así,

$$U_{real} = u_1 V_1 + u_2 V_2 + u^* A \quad \text{Ec. 28}$$

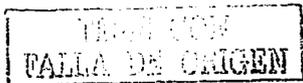
Para la entropía total del sistema tendríamos también:

$$S_{real} = s_1 V_1 + s_2 V_2 + s^* A \quad \text{Ec. 29}$$

Como existen relaciones entre las magnitudes termodinámicas, podremos obtener unas correlaciones que tengan en cuenta que en el sistema heterogéneo existen regiones de interfase dotadas de propiedades especiales.

3.2 ADSORCION.

Se ha observado que las fuerzas moleculares en la superficie de un líquido se encuentran en estado de insaturación o sin balancear, lo cual es válido también para las situadas en las superficies de un sólido donde las moléculas o iones no tienen satisfechas todas las fuerzas de unión con otras partículas, por lo cual atraen hacia sí, reteniéndolas en la superficie, a las de los gases o a otras sustancias que se ponen en contacto. Este fenómeno de concentración de una sustancia sobre la superficie de un sólido o líquido se denomina *adsorción*, y la sustancia atraída hacia la superficie se llama fase absorbida, mientras que ella aquella a la que se adhiere es el adsorbida.



A partir del método termodinámico de Gibbs para definir la adsorción se puede encontrar la relación entre la concentración de un soluto, c , (en rigor habría de ser la actividad, a) en el interior de la fase (seno de la fase) y su concentración o actividad en exceso, Γ , en la superficie, en el caso mas sencillo de un sistema de dos componentes.

Cuando se adsorbe una pequeña cantidad, dn^s , a V y T constantes ($dV = dT = 0$), el aumento de F^s es:

$$dA^s = \gamma dA_s + \mu^s dn^s \quad \text{Ec. 30}$$

(μ^s = potencial químico por mol, A_s = area superficial).

Pero, se sabe que el exceso de A en la superficie, a V y T constantes) viene dado por:

$$A^s = \gamma A_s + n^s \mu^s \quad \text{Ec. 31}$$

Que por diferencia da:

$$dA^s = \gamma dA_s + \mu^s dn^s + A_s d\gamma + n^s d\mu^s \quad \text{Ec. 32}$$

Las dos expresiones para dA^s han de ser iguales por lo tanto tenemos:

$$A_s d\gamma + n^s d\mu^s = 0 \quad \text{Ec. 33}$$

Como en el equilibrio, $d\mu^s = d\mu$ y por definición $\Gamma = n^s/A_s$ y esta definida:

$$\Gamma = \left(\frac{\text{Numero de moles en la superficie}}{\text{Área}} \right) = \left(\frac{\text{mol}}{\text{cm}^2} \right) \quad \text{Ec. 34}$$

Por lo tanto tenemos:

$$\left(\frac{n^s}{A} \right) = \left(\frac{d\gamma}{d\mu} \right) \quad \text{Ec. 35}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$\Gamma_i = \left(\frac{-dy}{d\mu} \right)_T \quad \text{Ec. 36}$$

Pero en soluciones suficientemente diluidas, en las que c es aproximadamente a (pues c tiende a 0).

$$d\mu = RT \left(\frac{dc}{c} \right) \quad \text{Ec. 37}$$

entonces,

$$\Gamma_i = \left(\frac{l}{d\mu} \right) (-dy)_T \left(\frac{c}{RT} \right) = \left(\frac{dy}{dc} \right)_T \quad \text{Ec. 38}$$

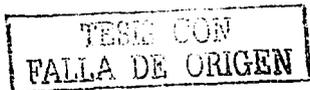
Esta ecuación llamada isoterma de adsorción de Gibbs.

3.3 COHESION Y ADHESIÓN.

Dupré en 1869, formuló una expresión para el trabajo de adherencia, w_o/w entre el aceite o un hidrocarburo y agua, como: (Ref. 14,33).

$$w_o/w = \gamma_o/w + \gamma_w/a - \gamma_o/w \quad \text{Ec.39}$$

en donde o = líquido orgánico, a = aire, W = agua.



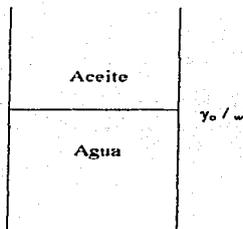


Fig.14 (a) Energía interfacial = γ_o / w

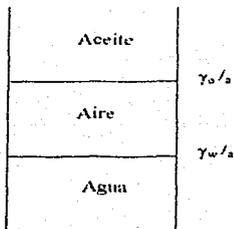


Fig.14 (b) Energía interfacial = $\gamma_o / s + \gamma_w / s$

Supóngase que el líquido orgánico y agua en la figura 14 (a) está inicialmente en contacto en una columna de sección transversal igual a 1cm^2 . La energía interfacial es γ_o / w (erg.cm^2). Ahora imaginemos los dos líquidos que por un empuje directo dejan entrar aire entre ellos figura 14 (b), con lo cual la energía interfacial del sistema es $\gamma_o / s + \gamma_w / s$.

El trabajo necesario para efectuar la separación de los líquidos se define como trabajo de adherencia, w_o / w , que así viene dado por la ecuación de Dupré. (ref. 2.53).

Para un solo líquido, el mismo razonamiento nos lleva a:

$$W \text{ cohesión (o)} = 2 \gamma_o / s \quad \text{Ec. 40}$$

Esto es, el trabajo de cohesión entre moléculas de un líquido dado es igual a su tensión superficial multiplicada por 2.

Si las moléculas de un líquido atraen a las de otro líquido tanto más de lo que se atraen mutuamente las moléculas de cada uno de los líquidos, éstos serán totalmente miscibles, pues la energía libre del sistema disminuirá al mezclarse ambos líquidos.

Esto puede verse en términos de cohesión y adherencia.

Y si
$$W_o / w \geq w \text{ cohesión (o)} \quad \text{Ec. 41}$$

$$W_o / w \geq w \text{ cohesión (w)} \quad \text{Ec. 42}$$

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Entonces

$$W_o / w \geq \left(\frac{w \text{ cohesión } (o)}{2} \right) + \left(\frac{w \text{ cohesión } (w)}{2} \right) \quad \text{Ec. 43}$$

esto es,

$$W_o / w \geq \gamma_o / s + \gamma_w / s \quad \text{Ec. 44}$$

y la consecuencia necesaria, de completa misibilidad, será:

$$\gamma_o / w \leq 0 \quad \text{Ec.45}$$

En términos físicos, esto quiere decir que no hay intercara estable, pues los líquidos tienden a mezclarse lo mas completamente posible.

Estas consideraciones son válidas para sistemas de dos componentes; pues, en un tercer componente, este puede extenderse como una película en la intercara entre los dos líquidos y conducir, así, a una dispersión espontánea por hacerse momentáneamente $\gamma = 0$.

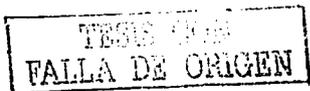
3.4 TAMAÑO DE PARTICULA.

El tamaño de partícula es usado para expresar el diámetro de los glóbulos de la fase interna. Si el tamaño de partícula no es uniforme, se utiliza el tamaño promedio, para denotar el tamaño de partícula de una dispersión, o el rango de tamaños. El valor mas pequeño y mas grande de partícula, se usan para dar el rango de tamaños de partícula presentes en la solución.

El tamaño de la partícula depende del tipo y la cantidad del polisacárido, de la manera de preparar la dispersión y del orden de adición de los ingredientes. Muchos polisacáridos comerciales tienen un tamaño de partícula de 0.5 a 2.5 μ (micras). Un tamaño de partícula uniforme y fino es utilizado como indicador de una buena estabilidad.

3.5 EXTENSION.

En este caso la extensión se define como la distancia recorrida en un intervalo de tiempo y se caracteriza por una fuerte dependencia de la temperatura. Por debajo de cierta temperatura, la extensión de sólidos sobre la superficie agua / aire se hace cero. Por encima de esta temperatura (T_{critica} para extensión sobre un líquido), la energía en la intercara triple: sólidos/agua/aire (en el caso de la extensión sobre el agua) y la energía de las moléculas en el sólido hacen que S (entropía de extensión) tome valor positivo y las moléculas del sólido abandonan la red cristalina con bastante rapidez.



En general, el desplazamiento de moléculas para formar la película de superficie solo ocurre en la periferia del cristal en contacto con la intercara agua/aire, y el paso de la sustancia al seno del agua es despreciable, por que la barrera de energía que tendrían que vencer supone no solo la formación de huecos en el sólido, si no también inmersión de las cadenas de hidrocarburos en el agua, aparte de que la difusión por el líquido es un proceso lento.

Las velocidades de extensión de los sólidos orgánicos sobre agua dependen del perímetro de la intercara sólido/agua/aire.

En general la velocidad de extensión obedece a la reacción:

Número de moléculas que se extienden por segundo = constante x perímetro x $(\pi - \pi)$.

en donde π , es la presión de extensión en equilibrio.

3.6 CARGA DE LA PARTICULA.

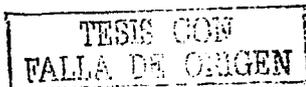
La fase dispersa de prácticamente todas las emulsiones y soluciones, exhibe una carga eléctrica que puede determinarse por electroforesis. Esta carga puede ser causada por la disolución de uno de los ingredientes, en el caso de las soluciones no iónicas, puede causarse por fricción eléctrica. La carga eléctrica es mayor en sistemas iónicos que los no iónicos.

Las soluciones o emulsiones de tamaño de partícula pequeña la carga es de gran importancia para mantener la estabilidad. En soluciones de alta viscosidad la carga eléctrica es menos importante para mantener la estabilidad.

La adición de solutos al agua determina la alteración de las propiedades de ambos constituyentes. Los solutos hidrófilos originan cambios en la estructura y movilidad del agua adyacente y el agua modifica la reactividad y a veces la estructura de los solutos. Los grupos hidrófobos de los solutos añadidos interaccionan sólo débilmente con el agua adyacente prefiriendo un ambiente no acuoso.

Los grupos hidrófilicos pueden estar cargados eléctricamente, debido a la presencia de un par de iones de carga opuesta, o presentar cargas residuales, positivas y negativas que ponen de manifiesto la presencia de un dipolar. Es importante tomar en consideración los grupos hidrófilicos no-iónicos, contenido uniones etéreas, hidroxilos, etc.

La posición $-\text{COOH}$ de un ácido orgánico se llama grupo polar o "cabeza", para distinguirlo de la cadena de hidrocarburo (grupo no polar o "cola"), son también grupos polares otros radicales, $\text{OH}-$, $-\text{CHO}$, $\text{CN}-$, CONH_2- , NH_2- , NHCN , $\text{SH}-$, $\text{NCS}-$, $\text{COR}-$, COOM , $\text{COOR}-$, NO_2 , $\text{CH}_2=$, CH_2- , $-\text{C}=\text{CH}$ y otros grupos son compuestos polares.



Como los grupos COOH se disuelven en agua, las moléculas se orientan con estos grupos hacia el agua y con los grupos no polares en disposición paralela entre si y verticalmente sobre la capa formada por los grupos COOH.

Así, la cara superior de la película está formada por grupos CH₃ y no hay tendencia a que una nueva gota del ácido vertida sobre la película formada se extienda y forme una segunda capa.

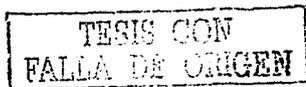
3.7 pH.

El pH del medio tiene gran importancia en los fenómenos de dispersión. La mayoría de los polisacáridos son estables en un reducido intervalo de pH y valore del mismo que se aparten de él provocan la desnaturalización. A medida que el pH del medio se aleja del valor óptimo de estabilidad, aumentan las cargas en los grupos R y también las que ejercen repulsión entre diferentes zonas de la molécula. Esto causa la modificación de la estructura, aunque si estos cambios no son excesivos, el polisacárido puede adquirir de nuevo su configuración normal cuando se establece el valor de pH óptimo.

Debido a la naturaleza los polisacáridos están muy influenciados por el pH al que se encuentren; es mínima en su punto isoeléctrico, pero aumenta considerablemente al alejarse de él. Dependiendo del pH del sistema, los polisacáridos pueden actuar como cationes o aniones, de tal manera que al tener la misma carga eléctrica desarrollan fuerzas de repulsión entre ellas que repercuten en aumento de solubilidad y estabilidad. En el punto isoeléctrico, las fuerzas de repulsión son mínimas, lo que hace que las proteínas tiendan a agregarse con la consecuente precipitación.

3.8 PRESION DE SUPERFICIE.

Si el segundo componente de un sistema es muy insoluble y se concentra en la superficie, la disminución de la tensión superficial puede medirse directamente, por un método inventado por Langmuir, en el que se mide la fuerza sobre una barra flotante situada entre una superficie recubierta por una película y una superficie de agua pura. Una bandeja horizontal recubierta con una laca que impida que sea mojada por el agua, se llena con agua pura hasta un nivel ligeramente superior a los bordes. Se tiene una varilla móvil situada a lo ancho de la bandeja para arrastrar con ella las impurezas que pueda acumular en la superficie. Se agrega entonces una pequeña cantidad de alguna sustancia que extienda formando una película, como por ejemplo, una solución de ácido esteárico en un disolvente volátil que se evapore rápidamente. Después se procede a comprimir la película entre una barrera flotante y una de las varillas móviles, midiéndose con una balanza de torsión la presión de la película sobre la barrera flotante.



La fuerza sobre la barrera móvil también puede determinarse en otra forma. En el lado del agua pura, la fuerza por unidad de longitud que jala a la barrera en la dirección de reducción del área superficial es γ^0 .

En el lado de la película la fuerza por unidad de longitud que jala a la barrera en la dirección de reducción de área de la superficie cubierta por la película es γ . La presión superficial π medida sobre la barrera flotante es simplemente la diferencia entre estas tensiones superficiales.

$$\pi = \gamma^0 - \gamma$$

Ec. 46

4.0 SISTEMAS DISPERSOS.

Muchos de los alimentos tienen naturaleza coloidal; la ciencia de los coloides estudia los sistemas en que uno o más de sus componentes están relacionados entre sí; y tienen dimensiones comprendidas entre 1 μ m y 1 mm, es decir, sistemas que contienen moléculas grandes o partículas pequeñas.

4.1 DEFINICION DE LOS SISTEMAS DISPERSOS.

Podemos imaginar un sistema disperso como el resultado de romper una superficie en trocitos de dimensiones, que justamente dejan de ser visibles en el microscopio óptico ordinario. Los trocitos (partículas) así formados quedan en dispersión en el medio recibe el nombre de *medio de dispersión*.

Se dice que estas partículas están en estado coloidal, que es el estado que toda clase de materia puede tomar cuando esta finitamente dividida (al tamaño coloidal) y dispersa en un medio en el cual conserva su cualidad como partícula.

4.2 TIPOS DE SISTEMAS COLOIDALES.

Como toda materia puede tomar el estado coloidal, podemos clasificar los sistemas coloidales en función de los estados de la fase dispersa y del medio de dispersión.

La tabla 1 nos muestra algunos ejemplos de sistemas coloidales.

Tabla No 1 Ejemplos de sistemas coloidales alimentarios.

Fase Dispersa	Fase Continua	Nombre	Ejemplo
Líquido	Gas	Niebla, Aerosol.	Pulverizador.
Sólido	Gas	Humo, Aerosol.	Humo.
Gas	Líquido	Espuma.	Nata montada.
Líquido	Líquido	Emulsión.	Mayonesa.
Sólido	Líquido	Sol, solución Coloidal, suspensión en gel.	Zumo de fruta concentrado, batidos.
Gas	Sólido	Espuma sólida.	Merengue, pan.

Las emulsiones son generalmente, productos de origen sintético preparadas con un procesador (homogenizadores, emulsificadores, etc) de los alimentos naturales que contienen muchos nutrientes esenciales, como: grasas, carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales (trazas) y agua.

La estabilidad de las emulsiones es favorecida por la adición de un agente emulsificante el cual es agente que reduce la tensión interfacial entre las dos fases o bien por la adición de un hidrocólide o estabilizante que tiende a incrementar la viscosidad de la fase continua lo que modifica las propiedades reológicas de los productos.

4.3 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DISPERSOS.

En su mayoría, los sistemas coloidales pueden clasificarse en liófbos y liófilos (que comprenden coloides de asociación).

Esta distinción es de gran utilidad para sistemas dispersos en los que las partículas dispersas, sólidas o líquidas, están dispersas en un medio fluido (gas o líquido).

Por definición los sistemas liófbos son suspensiones de partículas de tamaño partículas primarias, pues liófobo quiere decir enemigo del disolvente, lo cual significa que hay muy poca o ninguna atracción o afinidad entre el medio y las partículas. Los sistemas liófbos son termodinámicamente inestables en lo que respecta a la formación de grandes agregados no coloidales. Si se trata de dos líquidos, la condición inestable correspondiente constaría de dos capas líquidas separadas.

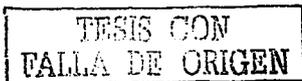
El estudio de los sistemas dispersos liófbos se ocupa principalmente de la velocidad con la cual pasan de nuevo al estado de equilibrio no coloidal.

Las partículas en suspensión experimentan muchísimas colisiones por segundo, unas con otras, y si en cada una de estas colisiones las partículas se adhieren mutuamente, la suspensión solo dura segundos o minutos (función de la concentración, viscosidad del medio y la temperatura).

Los sistemas liófilos son verdaderas soluciones de macromoléculas o de micela (agregados de moléculas primarias más pequeñas) que tienen dimensiones en el intervalo del tamaño coloidal.

Como su nombre lo indica (amigo del disolvente), en estos sistemas hay fuerte atracción entre el medio y las partículas.

Entre los coloides liófilos se encuentran muchos polímeros naturales y sintéticos, sustancias de gran importancia biológica como proteínas, ácidos nucleicos, almidones y otras macromoléculas.



En este grupo están comprendidos los coloides de asociación, formados por agregados (micelas) de moléculas que constan de una parte hidófila y una parte hidófila, como los jabones, detergentes, emulsificantes y humectantes, al igual que productos biológicos muy importantes como los ácidos colicos, sus sales y sus derivados.

Las soluciones de coloides hidófilos difieren solo, de las soluciones moleculares verdaderas (moléculas o iones del orden de 10^{-8} cm de diámetro), porque el gran tamaño de las macromoléculas o de la micelas conduce a propiedades distintas y a técnicas de estudio muy diferentes como propiedades en promedio, flexibilidad, dispersión óptica, etc.

Para las propiedades de los coloides hidófilos tienen mucha importancia la interacción o zona de contacto con el medio de dispersión.

4.4 FORMAS DE LAS PARTICULAS COLOIDALES.

La forma de las partículas coloidales influye en su comportamiento, aunque solo puede determinarse de manera aproximada en la mayoría de los casos y, además, puede ser muy compleja.

Como primera aproximación, se pueden reducir a formas relativamente sencillas, cuyo comportamiento puede explicarse, y el error en que se incurre al hacerlo será menor, en general, que el error experimental. (Fig. 15).

La forma más sencilla, la esfera, que además representa muchos casos reales, esta caracterizada por su radio. Es la forma que adquieren las partículas esencialmente fluidas, como las gotitas de un líquido dispersas en otro para formar una emulsión.

Las dispersiones de plástico y caucho en agua (látex) también son casi esféricas (el látex poli estireno). En muchos negros de carbono las partículas son también prácticamente esféricas, al igual que en ciertos virus. Además, si la forma es muy simétrica la de un cristal, para muchos fines puede considerarse como una esfera.

Si la forma se desvía de la esférica, podemos considerar como modelos los elipsoides de revolución, como muchas proteínas. Los elipsoides pueden ser oblatos (discos) o prolatos (forma de cigarro puro). Las formas elipsoidales se caracterizan por su semi eje y su radio de revolución mayor. La desviación de la forma esférica se indica por la razón axial a/b.

Si la partícula se aplana mucho, se asemeja a un disco, caracterizado por su radio y su espesor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

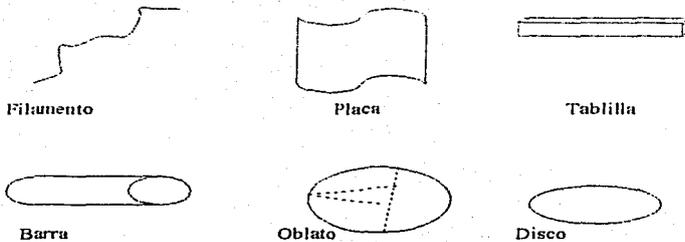


Fig. 15 Modelos esquemáticos para partículas no esféricas.

Además, por agregación de partículas simples se puede formar una infinidad de formas y estructuras. Así, se pueden formar agregados de esferas con barras o placas, o se pueden formar barras con una hilera de esferas o con una pila de discos, etc.

5.0 GOMAS.

Las gomas son heteropolisacáridos de origen vegetal, que pueden estar compuestos por residuos de hexosas, pentosas, metilpentosas y ácidos urónicos. Estructuralmente estas substancias están constituidas por una cadena central, formada ya sea por uno o más tipos de monosacáridos cuya presencia puede ocasionar que el heteropolisacárido tenga una estructura muy compleja.

Químicamente las gomas son sales de polisacáridos ácidos, que generalmente poseen como ácido uránico al ácido D-glucurónico (4,5,30), sin embargo, algunas gomas contienen ácido D-galacturónico (6,54,55,56,61) o ambos ácidos urónicos (2,3). Por otro lado, estos polisacáridos son substancias hidrofílicas que se caracterizan por disolverse en agua, aunque, algunas gomas solo se disuelven parcialmente.

5.1 INTRODUCCION.

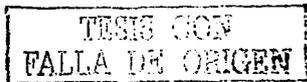
En sus orígenes, este término de gomas, era empleado para referirse a los productos de la exudación de algunas plantas y árboles; sin embargo, en la actualidad su uso se ha extendido a un grupo muy amplio de polisacáridos de alto peso molecular que tienen la capacidad de actuar como espesantes y gelificantes y que además presentan algunas propiedades funcionales tales como las de emulsificación, estabilización, etcétera.

Existen tres tipos de goma natural, las sintéticas y las semi sintéticas. Las primeras son polímeros vinílicos y acrílicos que hasta la fecha no están aprobadas para el consumo humano, aunque presentan muchas propiedades de las naturales. La semi sintéticas se elaboran a partir de un polímero natural que se somete a alguna transformación física o química; en esta categoría están los almidones modificados, al igual que los distintos derivados celulósicos.

El uso de las gomas en la industria alimentaria es muy vasto; en helados, confitería, jugos de fruta, cerveza, vinos, mayonesa, quesos, mermeladas, aderezos, embutidos, productos dietéticos, etc. En cada caso, las gomas desempeñan un papel muy característico gracias a las propiedades funcionales que desarrollan.

5.2 DEFINICION DE LAS GOMAS (ARABIGA, MEZQUITE Y XANTANA).

GOMA ARABIGA: Conocida también como goma de acacia; goma de Senegal; goma de Kordafán de Sudán). Emulsionante, estabilizante y espesante obtenido de diversas especies de acacias, principalmente acacia Senegal que crece en Australia, la India, Estados Unidos y África (especialmente en la región de Kordafán del Sudán).

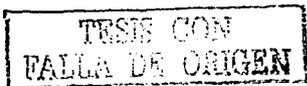


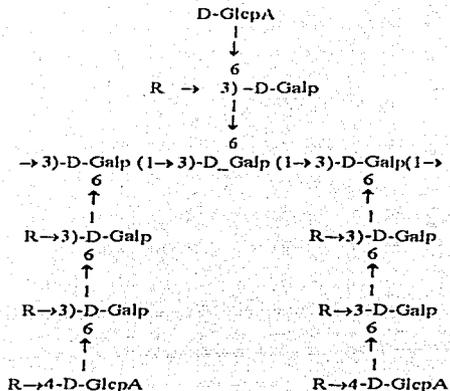
La goma arábiga es un material muy heterogéneo (heteroglicano), aunque generalmente está formado por dos fracciones. Una que constituye alrededor del 70% de la goma, son cadenas de polisacáridos con poco o ningún material nitrogenado. La otra fracción contiene moléculas de peso molecular (250.000-1.000.000Dalton), que tienen proteínas como parte integral de sus estructuras. La fracción proteína-polisacárido es en sí misma heterogénea por lo que respecta a su contenido en proteína. Las estructuras de los polisacáridos están unidas covalentemente al componente proteico por enlaces ligados a hidroxiprolina y tal vez, sería, los dos aminoácidos predominantes en el polipéptido. El contenido global de proteína es alrededor del 2% en peso, pero algunas fracciones específicas pueden tener hasta un 25%.

Las estructuras de los polisacáridos, tanto de los ligados a proteínas como de los que no lo están, son arabinogalactanos ácidos altamente ramificados con la siguiente composición aproximada: D- galactosa, 44%; L - arabinosa, 24%; ácido D-glucurónico, 14.5%; L - rannosa, 13%; ácido 4-O- metil-D-Glucurónico, 1.5%. Las cadenas principales están formadas por unidades β -D-galactopiranosilo unidas por enlaces (1 \rightarrow 3), con las cadenas laterales de dos a cuatro unidades del mismo azúcar y tipo de enlace, unidas a ella por enlaces (1 \rightarrow 6). Tanto las cadenas principales como las numerosas laterales tienen unidos restos laterales de α -L-arabinofuranosilo, α - L-rannopiranosilo, β -D-glucoronopiranosilo y 4-O-metil- β -Dglucuropiranosilo. Las dos unidades de ácido urónico se hallan con más frecuencias al final de las cadenas (figura 16).

La goma arábiga se disuelve con facilidad por agitación en agua. Tiene propiedades únicas entre las gomas de uso alimentario por su alta solubilidad y la baja viscosidad de sus soluciones. Pueden prepararse soluciones hasta el 50%. A esta concentración, la dispersión tiene propiedades similares a las de los geles.

La goma arábiga se utilizó originalmente para formar gotas de gomas en pastelería, aunque ahora se utiliza mucho en la industria alimentaria. Se emplea como adhesivo para los bollos y helados, como inhibidor de la cristalización en pastelería, como estabilizante de la espuma de la cerveza, para alargar la vida útil, como agente de antiendurecimiento en el pan, como espesante en mermeladas, encapsulante para los aromatizantes y saborizantes en los alimentos en polvo, y como clarificante en vinos. La goma es rota y digerida parcialmente por el organismo y en general se cree que no es tóxica, aunque hayán dado algunas reacciones de intolerancia.

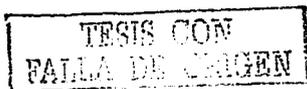




R= L-Rhap (1→, L-Araf (1→, D-Galp (1→3)-L-Araf (1→, or L-Arap (1→3)-L-Araf (1→.

D-Glc pA = ácido D-glucopiranosidurónico.
 D-Galp = D-galactopiranososa.
 L-Rhap = L-ramnopiranososa.
 L-Arap = L-arabinopiranososa.
 L-Araf = L-arabinofuranosa.

Figura 16. ESTRUCTURA DE LA GOMA ARÁBIGA.



GOMA DE MEZQUITE: (*Prosopis glandulosa*) árbol característico de las zonas áridas y semiáridas de Norteamérica, como también de África y Asia.

La goma de mezquite se extrae a partir de un exudado de la herida de la corteza de algunos árboles o arbustos. La goma ya terminada es de color café, formando soluciones viscosas.

La disponibilidad de la goma de mezquite es muy extensa y la cantidad de exudación de esta goma está estimada en 30g. en un intervalo de 15 a 20 días y su producción total es de 2.061 toneladas al año.

En el estudio de la goma de mezquite, encontramos que la estructura química en términos generales, es neutra en sales y en sus ramas tienen ácidos complejos, que forman polisacáridos.

Estos polisacáridos forman residuos de β -D-galactopiranosos unidos por enlaces (1 \rightarrow 3), con cadenas laterales unidas por el mismo azúcar, unidas por enlaces (1 \rightarrow 6), con relación a L-arabinofuranosa, L-ranosa, β -Dglucuronopiranosilo y de la cadena principal 4-O-metil- β -D-glucuronopiranosilo, que es la única azúcar (oligosacarido) que está a lado de la cadena (figura 17).

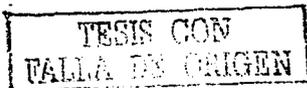
La goma de mezquite también contiene una pequeña cantidad de proteína alrededor del (0.7-5.8 %), esta proteína puede estar en la estructura primaria central, y juega un rol importante en la emulsificación.

El ácido de la goma de mezquite permite tener L-arabinosa, D-galactopiranosilo y 4-O-metil-D-glucuronopiranosilo ácido, en un radio de 4:2:1. La L-arabinosa contenida en la molécula es del 50%. La composición indicada de la goma de mezquite, predomina en forma de sal de calcio. La goma de mezquite tiene un peso molecular de 2,120,864 g/mol.

La goma de mezquite como la goma arábica son hidrocoloides, una de sus principales características es que son muy solubles en agua, en soluciones por arriba del 50%. También la goma de mezquite es insoluble en aceites y compuestos orgánicos. Es soluble en soluciones acuosas con etanol alrededor del 70%.

Otras de sus propiedades es que reduce la viscosidad y la tensión superficial al aumentar la concentración.

Esta goma se utiliza en la producción de dulces, así como emulsificante y microencapsulante. Además de que es un buen sustituto de la goma arábica.



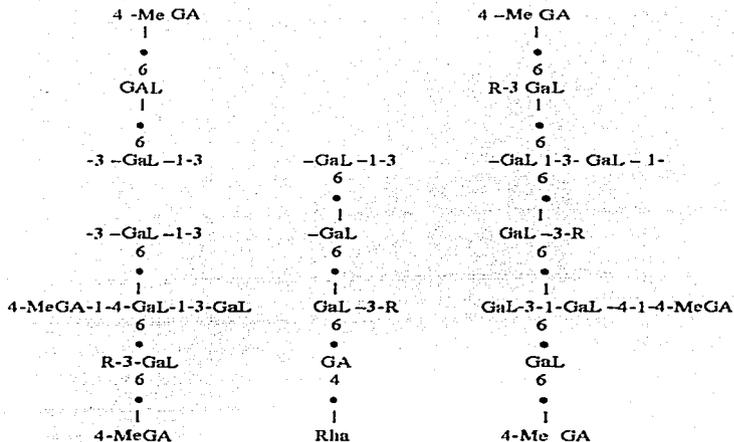


Figura 17. ESTRUCTURA DE LA GOMA DE MEZQUITE.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

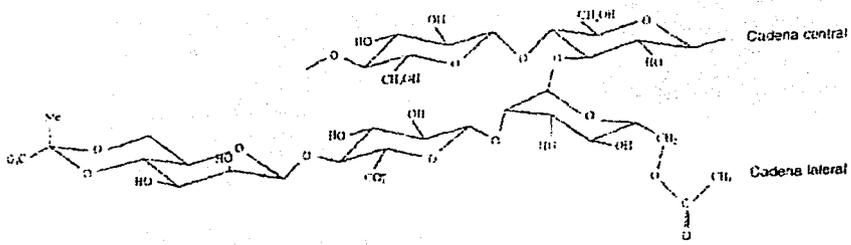
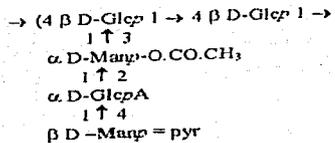
GOMA DE XANTANA: Obtenida a partir de microorganismos *xanthomonas campestris*, bacteria que se encuentra comúnmente en las hojas de plantas de la familia de las coles. Polvo blanco fácil de mezclar que produce una solución viscosa coloidal que se rompe cuando se agita y que se vuelve a formar rápidamente.

El xantano está formado por una cadena o modo de columna vertebral idéntica a la de la celulosa. En la molécula de xantano, cada dos unidades de β -D-glucopiranosilo de la cadena principal, se une en la posición 0-3 la unidad de trisacárido β -D-manopiranosil - (1 \rightarrow 4)- β -D-glucuronopiranosil- (1 \rightarrow 2)-6-O-acetil- β -D-manopiranosilo. Alrededor de la mitad de las unidades β -D-manopiranosilo terminales tiene una molécula de ácido pirúvico unida como acetal 4,6-cíclico. Las cadenas laterales de trisacárido interaccionan por medio de fuerzas de unión secundarias con la cadena principal, lo que da lugar a que la molécula sea más bien rígida. El peso molecular es probablemente del orden de 2×10^6 , aunque se han descrito pesos mayores, presumiblemente debido a agregación de las moléculas (figura 18).

La goma de xantana es muy soluble en agua caliente o fría y da lugar a soluciones altamente viscosas a bajas concentraciones. Las soluciones viscosas son pseudoplásticas y exhiben un característico estrechamiento como respuestas a la aplicación de fuerzas de cizalla, propiedad de gran valor para los tecnólogos de los alimentos. Los cambios de temperatura cercanas de 60-70°C, tiene poco efecto sobre la viscosidad de las soluciones y la goma misma es estable. Las variaciones en el intervalo de pH tiene poca importancia los cambios de viscosidad. El xantano es compatible con la mayor parte de los ácidos y las sales presentes en los alimentos. Esta goma posee además sinergismo con guarano, incrementándose la viscosidad, con la goma garrofin, produciendo geles termorreversibles.

La goma es utilizado en bebidas para mejorar su palatabilidad y la liberación del aroma, y en los zumos de naranja para estabilizar la turbidez. A causa de su estabilidad térmica es usado como espesante y estabilizante en muchos alimentos enlatados. En alimentos espesados con almidón y congelados, como pueden ser rellenos de frutas de tartas, la adición de xantano mejora en gran medida la estabilidad frente a congelación-descongelación y disminuye la tendencia a la sinéresis. Es también usado con ventaja en salsas que contienen altos niveles de sales o ácidos, por su estabilidad en esos medios. Los geles de xantano-garrofin pueden ser utilizados en la elaboración de postres instantáneos a base de leche; con ello, estos postres no son cominos, poseen buena textura y, debido a las propiedades pseudoplásticas, proporcionan una excelente liberación de aromas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

Figura 18. MOLECULA DE LA GOMA DE XANTANA.

5.3 OBTENCION.

GOMA ARABIGA: se obtiene por exudación, a partir de las cortadas hechas por el hombre a la corteza del árbol, para formar gotitas de 2 a 7 cm de diametro que se dejan secar, para después molerla y dar un polvo que se disuelve en agua formando un coloide inodoro, incoloro e insípido.

GOMA DE MEZQUITE: Se obtiene por exudación, a partir de su fruto (vainas) y de las cortadas hechas por el hombre a la corteza del árbol, para formar gotitas que se dejan secar, para después molerlas para obtener un polvo color café, que se disuelve con el agua formando un coloide.

GOMA DE XANTANA: Se obtiene a partir de un heteropolisacárido ramificado sintetizado por diferentes especies de bacterias xanthomonas, principalmente *X. campestris*, formado por residuos de D-galactosa y ácido D-galacturónico, también contiene aproximadamente 4.7% de grupos acético y 3.5% de ácido pirúvico.

5.4 CLASIFICACION DE LAS GOMAS.

Las gomas se pueden clasificar de acuerdo a su comportamiento iónico en: aniónico, catiónico, no aniónico y anfótericos. Las gomas de tipo iónico están compuestas de un grupo orgánico lipofílico y uno hidrofílico y pueden dividirse en aniónicos y catiónicos, dependiendo de la naturaleza del grupo iónico activo.

Las gomas no iónicas muestran una tendencia aparente a ionizarse, por lo tanto, se pueden combinar con otros agentes de superficie activa no iónicos y con agentes aniónicos y catiónicos.

Puede disponerse de numerosos agentes emulsificantes diferentes: Algunos de ellos aparecerán en la tabla, junto algunos valores de balance hidrófilo-lipófilo (HLB) (es decir, la razón entre el porcentaje en peso de los grupos hidrófilos en la molécula del emulsificante y el porcentaje en peso de grupos hidrófobos). Pueden subdividirse en emulsificantes iónicos y no iónicos. (Lewis, 1993). (Ref. 25.44).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla No. 2 Algunos agentes emulsificantes y sus valores de HLB

Iónico	Valor HLB	No iónico	Valor HLB
<i>Hidrocoloides</i>			
Pectina Alginatos Xantana Tragacanto Agar Mezquite Carragenina Arábica	11,9	Guar Albarrobo Carboximetil-celulosa Hidroxipropil-celulosa Metil-celulosa	10

fuerce Lewis, 1993)

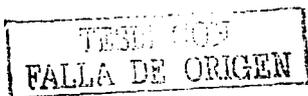
Algunas características deseadas en los emulsificantes alimentarios.

- 1.- La habilidad para reducir la tensión interfacial.
- 2.- Habilidad para ser absorbido rápidamente por la interfase.
- 3.- Poseer la propiedad de balancear los grupos hidrofílicos según el tipo de emulsión deseada.
- 4.- Habilidad para impartir un gran potencial electrocinético.
- 5.- Habilidad para una buena función efectiva a bajas concentraciones.
- 6.- Resistencia a las cargas químicas.
- 7.- Económicos.

Las gomas también estabilizan emulsiones pero lo hacen formando una capa protectora alrededor de las gotas de la fase dispersa e incrementando la viscosidad así como una protección coloidal (Kachlitz y Schlingmann, 1987). (Ref. 1,8,11,13,20,30,36).

5.5 HIDROCOLOIDES.

Los hidrocoloides como las gomas vegetales y gelatina, actúan como estabilizadores en una emulsión, para aumentar la viscosidad de la fase acuosa continua, las gomas son polisacáridos que pueden ser aniónicas o no iónicas. Las gomas aniónicas incluyen: pectina, alginatos, tragacanto, agar, carragenina, guar, arábica y mezquite. Mientras que dentro de las gomas no iónicas se incluyen: hidroxipropilencelulosa y metilcelulosa.



La funcionalidad de las gomas en las emulsiones depende del pH, la presencia de electrolitos y temperatura, algunas gomas aniónicas pueden interactuar con proteínas para formar diferentes tipos de sistemas.

Diversas gomas han sido consideradas como emulsificantes auxiliares y son ideados para fomentar la estabilidad de una emulsión incrementando la viscosidad de la fase acuosa y disminuyendo la velocidad de coalescencia.

Los hidrocoloides son sustancias poliméricas que son solubles en agua.

En soluciones muy diluidas, la mayoría presentan comportamiento newtoniano; muchos de ellos forman geles a concentraciones relativamente bajas. El tiempo de hidratación puede ser bastante significativo para algunas gomas. Por ejemplo, una dispersión de goma guar al 1% tendrá unas 24h en alcanzar su viscosidad máxima o una viscosidad aproximada a ella. La viscosidad de muchos hidrocoloides puede verse afectada de manera significativa por el pH y la presencia de sustancias tales como sales, azúcares y proteínas. (Lewis, 1993). (Ref:5,8).

5.6 SELECCIÓN DE LA GOMAS.

Elegir el hidrocoloide adecuado puede facilitar la obtención de la textura deseada, así como incrementar la vida de anaquel de un producto alimenticio determinado. Sin embargo, es importante conocer las características particulares de cada hidrocoloide para poder así realizar la selección correcta, por lo tanto es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

- 1.- Tipo de aplicación del producto.
 - Concentrado líquido, comida deshidratada o comida líquida.
- 2.- Apariencia del producto terminado.
 - Cuerpo, probabilidad, lisura.
- 3.- Propiedades visuales de producto terminado.
 - Transparencia, opaco, color, translúcido.
- 4.- Costo.
- 5.- Viscosidad.
 - Consistencia, dilatación.
- 6.- Textura.
 - Fangoso, gomoso.
- 7.- Olor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 8.- Propiedades emulsificantes.
 - Primarias y secundarias.
- 9.- Propiedades especiales.
 - Estabilidad del ácido, estabilidad de espuma.
- 10.- Compatibilidad.
- 11.- Estabilidad.
 - Temperatura, humedad, empaqueo, tiempo.
- 12.- Preservación.
- 13.- Consideraciones legales.

Tomando en cuenta estos puntos se puede realizar una selección correcta, de acuerdo a las propiedades o características del producto que se va a desarrollar.

5.7 INTERACCION POLISACARIDO – PROTEINA.

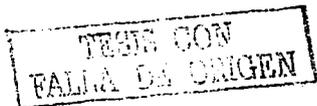
Las asociaciones entre proteínas y polisacáridos aniónicos han sido estudiadas ampliamente. La mayoría de estos estudios comprenden interacciones electrostáticas.

Para estas macromoléculas iónicas, el pH y la fuerza iónica tiene un papel importante en la asociación.

A valores de pH debajo del punto isoelectrico de la proteína ($\text{pH} \leq \text{pKa}$), las interacciones electrostáticas toma lugar entre los grupos sulfatados de los polisacáridos y los grupos amina protonados en la proteína. En esta región de pH, si la fuerza iónica es lo suficientemente baja (Tolstuzov, 1986), la formación de polímeros. (Ref. 5, 20,53).

A pH por arriba del punto isoelectrico ($\text{pH} \geq \text{pKa}$) los iones de metal polivalentes en solución establecen puentes electrostáticos entre las cargas negativas de los grupos sulfatos de los polisacáridos y los grupos carboxil de la proteína (Lin, 1977). (Ref.5,22,25,53).

Los tres principales efectos de interés para la industria de alimentos que pueden ser logrados son:



- La estabilización de dispersiones de las proteínas.
- La co-precipitación de polímeros por abajo del punto isoeléctrico de la proteína.
- La estabilización de emulsiones y espumas.

Los complejo con polisacáridos, usualmente incrementan la estabilidad de la emulsión y capacidad de emulsificación y posibilita el control de la consistencia en emulsiones (Larichev y col. 1993; Tolstoguzov, 1986). (Ref. 5,23).

La formación de los complejos insolubles entre estas macromoléculas puede producir efectos indeseables en algunas formulaciones de alimentos. (Silva y Rao, 1992). (Ref. 5,53).

5.8 ESTABILIDAD.

La estabilidad de una goma es evidenciada por la retención de l apariencia original, de la viscosidad y olor, bajo condiciones de almacenamiento y agitación. Una estabilidad pobre, excepto por la falta de olor y color, es causada generalmente por la coalescencia de partículas dispersas. (Lynch y Griffin, 1974). (Ref. 1,25,44).

Uno de los factores que influyen en la estabilidad de las emulsiones contra la floculación, es el tipo de emulsificante. En el caso de emulsiones estabilizadas con agentes macromoleculares como son las proteínas y las gomus, que es el caso de las emulsiones alimenticias, la tasa de floculación se ve afectada por factores estéricos.

Estos polímeros no son absorbidos en su totalidad en la superficie de las gotas y solo segmentos de la molécula son absorbidos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.0 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para poder llevar a cabo el estudio termodinámico de las superficies, se tuvo que obtener la tensión superficial, para esto es necesario llevar a cabo el siguiente procedimiento.

6.1) Para la determinación de la tensión superficial, por medio del método del tubo capilar se tiene que llevar a cabo los siguientes pasos.

6.1a) El tubo capilar debe estar completamente limpio y para esto se lava de la siguiente manera.

Se deja un día en mezcla crómica, se lava y se pone a secar en la estufa para asegurar que quede completamente seco.

6.1b) Para determinar la tensión superficial de las dispersiones de la goma en agua, se preparan las siguientes concentraciones en por ciento en peso. (0.05, 0.1, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 1.8, 2.1, 2.4, 2.7, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0). Para la goma arábiga y mezquite.

6.1c) Para poder tener una mejor dispersión, a cada concentración se vierte en un vaso de precipitado, para poder llevar a mezclar con un cañamo, donde obtendremos una homogenización adecuada.

6.1d) Para la obtención de la tensión superficial, por el método capilar, se introduce un tubo con un diámetro muy pequeño, esto es con el fin de que el ángulo de contacto sea aproximadamente menor a 90° y así obtener la lectura del ascenso capilar de la dispersión de la goma, esta medición la llevaremos a cabo con ayuda de una regla adherida al tubo capilar.

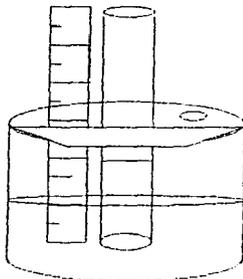


Fig. 19 Determinación de la tensión superficial por medio del método del tubo capilar.

- 6.1e) Se obtienen los valores de altura (h) correspondientes a cada dispersión y se gráfica (Tensión Superficial vs Concentración). Por el método capilar. (Fig.19).
- 6.2) Las muestras se lleva a calentar en una parrilla, hasta llevar a cada una de las muestras a una temperatura máxima de 50°C. y una mínima de 27°C. (Temperatura ambiente), esto es con el fin de ver el comportamiento y la diferencia de las dispersiones.
- 6.2a) Para poder obtener la temperatura deseada de las dispersiones es necesario colocar un termómetro a cada una de ellas y lograr así obtener intervalos de temperatura que van desde los (50, 45, 40, 35, 30, 25)°C.
- 6.2b) En los intervalos señalados anteriormente, se les mide la tensión superficial, a cada una de las dispersiones, de las gomas arábica y mezquite.
- 6.2c) Se obtienen los valores de altura (h) correspondientes a cada dispersión y se gráfica (Tensión Superficial vs Temperatura). A diferentes concentraciones, por el método capilar.
- 6.3) Para poder determinar la tensión superficial por el método de Du Noüy, se llevan acabo los siguientes pasos. (Fig. 20).
- 6.3a) Se limpia el anillo cuidadosamente con alcohol para eliminar grasa e impurezas, después se calibra el aparato con el agua y acetona, para ajustar adecuadamente.
- 6.3b) Para la determinación de la tensión superficial de las dispersiones de las gomas arábica, mezquite y xantana en agua, se preparan las diferentes concentraciones en por ciento en peso (0.05, 0.1, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 1.8, 2.1, 2.4, 2.7, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0). Para las gomas arábica y mezquite, además se preparan las diferentes concentraciones en por ciento en peso (0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0). Para la goma de xantana.
- 6.3c) Cada una de las dispersiones se vierten cada una en una caja petri, para de ahí llevar a medir la tensión superficial en el tensiómetro de Du Noüy, a cada una de las muestras, dándonos una lectura rápida y directa de la tensión superficial.
- 6.3d) Los datos obtenidos, por el aparato de Du Noüy se graficm (Tensión Superficial vs Concentración).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

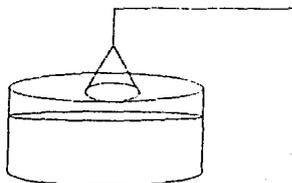


Fig. 20 Tensiómetro de Du Noüy.

6.4) Se toman 3 diferentes concentraciones. Para poder ver el efecto ácido y básico en cada una de las dispersiones.

6.4a) Se preparan las concentraciones en por ciento en peso de (1, 2.5, 5). Para la goma arábica y mezquite. Además de las concentraciones en por ciento en peso de (0.05, 0.04, 0.08) para la goma de xantana.

6.4b) Para lograr tener un medio ácido es necesario hacer los cálculos 1M. del ácido cítrico.

6.4c) Las concentraciones en por ciento en peso de (1, 2.5, 5). Para la goma arábica y mezquite. Además de las concentraciones en por ciento en peso de (0.05, 0.04, 0.08) para la goma de xantana. Se les vierte .1 ml de ácido cítrico a cada una de las dispersiones, estas se agitan y se lee con el potenciómetro hasta dar un pH aproximado de (2.2). (Fig. 21).

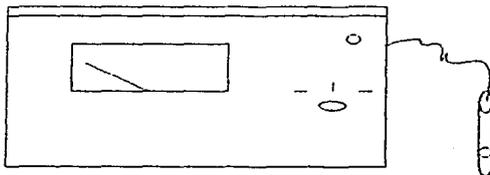


Fig. 21 Potenciómetro.

6.4d) Ya con el pH indicado se lleva al tensiómetro de Du Noüy para leer la tensión de cada una de las dispersiones. (Fig. 23).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

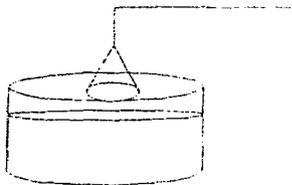


Fig. 22 Tensiómetro de Du Nouty.

6.4e) Los datos obtenidos se grafican (Tensión Superficial vs Concentración). A un pH ácido de (2.2).

6.5 Para poder llevarlo a un pH básico es necesario hacer los cálculos para una concentración 1M. De NaOH (hidróxido de sodio).

6.5a) Es necesario repetir las concentraciones del punto (6.4a), para llevarlo a un medio básico, se le vierte .1ml de hidróxido a cada una de las dispersiones estas se agitan y se lee con el potenciómetro hasta dar un pH aproximado de 7.0.(Fig.23).

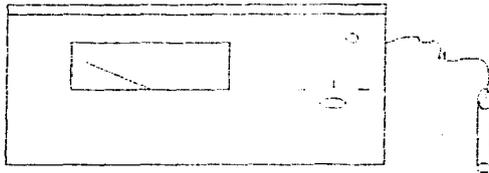


Fig. 23 Potenciómetro.

6.5b) Ya con el pH indicado se lleva al tensiómetro de Du Noüy para leer la tensión de cada una de las dispersiones. (Fig. 24).

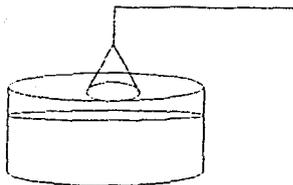


Fig. 24 Tensiómetro de Du Noüy.

6.5c) Los valores obtenidos se grafican (Tensión Superficial vs Concentración). A un pH básico de (7.0).

6.6 Con los valores obtenidos las se realizan los cálculos para graficar (presión vs Concentración) y (Exceso vs Concentración).

6.7 Todos los valores y graficas obtenidas nos van a servir para comparar, ver la diferencia y establecer sus ventajas y sus desventajas de las mismas gomas.

7.0 MATERIALES Y METODOS.

MATERIALES:

- Tubos capilares
- Tensiómetro de Du Nouty
- Vasos de precipitado de 250 ml.
- Termómetro de 0 a 100°C.
- Probeta de 100 ml.
- Piseta.
- Picnómetros.
- Tapón de hule.
- Caframo.
- parrilla.
- Potenciómetro y electrodos.
- Regla.
- Caja petri.
- Espátula.
- Vidrio de reloj.
- Varilla de vidrio.

METODOS:

Capilar
Tensiómetro de Du Nouty.

8.0 RESULTADOS

9.0 DISCUSION DE RESULTADOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

METODOS DE LA TENSION SUPERFICIAL EN FUNCION DE LA CONCENTRACION

EL METODO CAPILAR

Los valores obtenidos por la tensión superficial son:

Goma Arábica		Goma de Mezquite	
γ (Dinas cm ⁻¹)	Conc. (% en peso)	γ (Dinas cm ⁻¹)	Conc. (% en peso)
77.28	0.05	77.28	0.05
76.78	0.1	76.09	0.1
76.78	0.3	75.29	0.3
76.78	0.6	75.20	0.6
75.29	0.9	74.30	0.9
75.29	1.2	72.82	1.2
75.29	1.5	70.54	1.5
70.34	1.8	67.37	1.8
70.34	2.1	67.37	2.1
68.36	2.4	65.39	2.4
67.37	2.7	63.40	2.7
66.38	3.0	63.40	3.0
56.87	3.5	59.05	3.5
49.14	4.0	52.70	4.0
40.62	4.5	47.95	4.5
27.74	5.0	40.62	5.0

Con estos datos se obtuvieron las graficas (1 y 2). En donde se cumple con el comportamiento esperado en teoría, que dice que a mayor concentración menor es la tensión superficial y esto se debe a las partículas de absorción superficial por tener una actividad positiva (+).

Observando el resultado de la experimentación vemos que hay una diferencia, con respecto a lo establecido por la literatura que dice que para el agua su tensión es de (72.25 Dinias cm⁻¹). A una temperatura de 25°C.

**TESTE COM
FALLA DE ORIGEN**

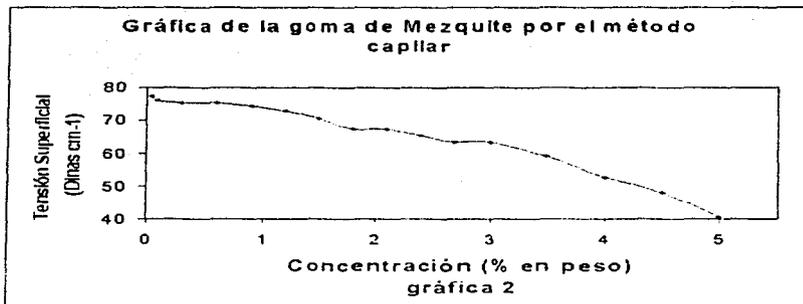
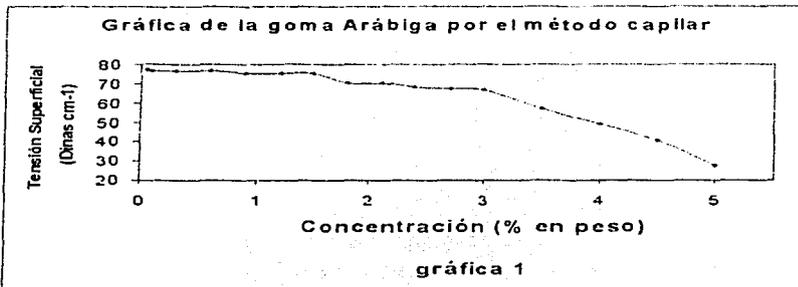
Como lo muestran las tablas los primeros valores de las gomas Arábica y Mezquite de la tensión, son mayores con respecto a la tensión superficial del agua (72.25 Din/cm¹).

Las lecturas de los valores mencionados anteriormente se deben probablemente a que las partículas pudieron haberse adherido en las paredes del tubo provocando el ascenso en el tubo, además añadiendo que el experimentador tenga un mal ángulo de visión.

A partir de estos puntos la tensión superficial disminuye, lo que interpretamos como la acumulación de las moléculas en la superficie, donde debido a la conformación de la molécula la parte polar se va al seno del líquido y la parte no polar hacia fuera de la superficie de la disolución.

Esto hace posible la absorción positiva (+) de las partículas en la superficie que como resultado da la disminución de la tensión superficial

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

METODO DE DU NOÛY

En esta parte experimental trabajamos con la balanza de Du Noüy, y experimentamos a la misma temperatura 25°C, las mismas gomas (Arábica, Mezquite y Nautana) y a la misma concentración se determinó la tensión superficial, donde se obtuvieron estos resultados:

Goma Arábica		Goma de Mezquite	
γ (Dinas cm^{-1})	Conc. (%en peso)	γ (Dinas cm^{-1})	Conc (% en peso)
70.00	0.05	69.86	0.05
69.20	0.1	68.66	0.1
68.60	0.3	68.34	0.3
68.20	0.6	68.07	0.6
66.90	0.9	67.42	0.9
66.02	1.2	66.62	1.2
64.82	1.5	66.14	1.5
64.54	1.8	62.96	1.8
64.32	2.1	62.60	2.1
61.84	2.4	61.86	2.4
61.70	2.7	60.12	2.7
60.34	3.0	58.90	3.0
57.37	3.5	54.20	3.5
57.20	4.0	51.82	4.0
55.75	4.5	50.68	4.5
53.92	5.0	47.80	5.0

Goma de Nautana	
γ (Dinas cm^{-1})	Conc (% en peso)
70.10	0.05
69.60	0.1
69.05	0.2
68.10	0.3
67.70	0.4
67.20	0.5
66.90	0.6
66.20	0.7
66.10	0.8
66.10	0.9
66.00	1.0

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Como lo muestran las gráficas (3, 4 y 5), el comportamiento de la tensión superficial en función de la concentración ($\gamma = f(c)$), vemos que para las gomas arábica, mezquite y xantana disminuye la tensión superficial con las concentraciones por abajo del valor de la tensión superficial del agua.

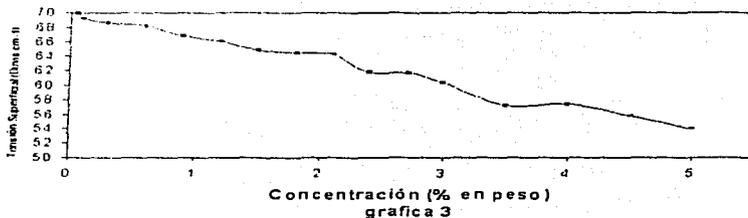
Estas gráficas (3, 4 y 5), nos muestran que al inicio las tres gomas presentan un comportamiento similar, a una concentración de (0.05 % en peso).

Sin embargo a una concentración de (5 % en peso), para la gomas arábica y mezquite, hay una marcada diferencia en el resultado de la tensión superficial. Ya que para la goma arábica es de (54 Dinias cm^{-1}), y para la de mezquite (48 Dinias cm^{-1}), si comparamos estos valores de tensión superficial, en la goma de xantana (gráfica 5) para un valor de concentración de (1 % en peso) su tensión fue de (66 Dinias cm^{-1}), estas diferencias de tensiones se deben posiblemente a la naturaleza de cada una de las gomas.

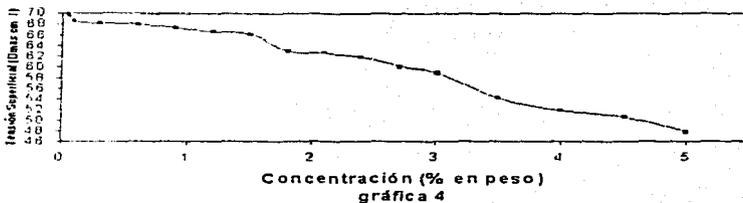
También al analizar las gráficas muestran que las tres gomas tienen un comportamiento diferente a concentraciones estipuladas por las empresas notamos que las gomas arábica y mezquite a una concentración mayor de (5 % en peso), surgen con la tendencia de seguir disminuyendo la tensión superficial y en cambio la goma de xantana a concentraciones mayores de (1 % en peso), se ve que la tendencia es de mantenerse constante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica de la goma Arábica por el método de Du nouÿ

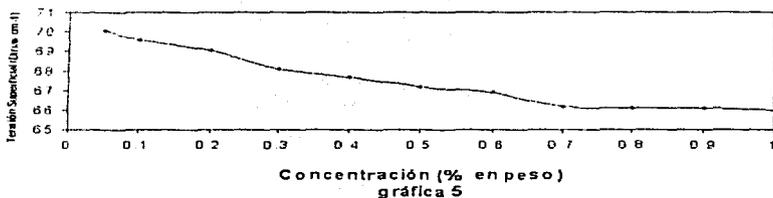


Gráfica de la goma de Mezquite por el método de Du Nouÿ



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica de la goma de Xantana por el método de Du
Noüy



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

COMPARACION DEL TUBO CAPILAR Y EL APARATO DE DU NOÛY

Es importante que al comparar nuestros experimentos, se observa que son bastantes diferentes en el comportamiento de la disminución de la tensión superficial, para soluciones diluidas. En el tubo capilar, nos dan valores incongruentes e inconstantes que no coinciden con la teoría y esto se debe porque estas gomas se ionizan a esta concentración. Sin embargo en la balanza de Du Noüy si concuerdan los datos obtenidos con la teoría.

En la balanza de Du Noüy, obtuvimos valores repetitivos y congruentes, y en el tubo capilar no ocurrió lo mismo.

Además la balanza de Du Noüy es de fácil manejo, mientras que en el tubo capilar, hay que tener un cuidado mas estricto al manejarlo.

Por lo mencionado anteriores decidimos que el método ó balanza de Du noüy es mas apto para nuestro estudio de las gomas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EL EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA TENSION SUPERFICIAL

En esta parte de la experimentación se tomará a diferentes temperaturas (50, 45, 40, 35, 30, 35, 30, 27)°C. Para ver como afecta la temperatura a la tensión superficial, para esto a una concentración, se tomo a las diferentes temperaturas.

Estas concentraciones fueron (0.1, 2.4, y 5 % en peso) para las gomas arábica y mezquite. Además (0.05, 0.4 y 0.8 % en peso) para la de xantana, tomadas a las temperaturas ya señaladas anteriormente, obteniendo los siguientes resultados:

Goma Arábica

Conc. (% en peso)	27°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C
0.1	54.7	49.6	49.1	45.95	45.1	44.6
2.4	41.8	40.55	37.65	37.05	36.85	35.95
5.0	40.5	39.89	39.27	38.66	38.0	37.4

Goma Mezquite

Conc. (% en peso)	27°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C
0.1	52.0	49.76	47.55	46.70	45.26	43.6
2.4	48.7	47.1	45.8	42.9	40.7	39.76
5.0	48.8	46.9	44.1	41.8	38.6	36.5

Goma Xantana

Conc. (% en peso)	27°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C
0.05	59.44	57.46	57.4	55.4	53.5	51.5
0.4	51.5	50.2	47.6	43.6	43.1	39.0
0.8	39.1	38.7	38.1	37.8	37.1	36.2

Como se muestran en las tablas, el efecto de la temperatura en la tensión superficial, para las gomas arábica, mezquite y xantana, fue lo esperado por la literatura que dice que a menor temperatura menor tensión superficial (gráficas 6, 7 y 8).

(**) Esto se debe al movimiento cinético de las moléculas y la tendencia de escapar hacia fuera de la superficie, aumentan al subir la temperatura.

Aunque no existe una sola ecuación que exprese este comportamiento de la variación de la tensión superficial de todos los líquidos con la temperatura, hay, en muchos casos, ecuaciones que son lo bastante exactas para ser usadas, para expresar la variación de la tensión superficial con la temperatura.

$$\gamma = \gamma_0 (1 - bT)$$

Donde :

γ = es la tensión superficial

γ_0 = es un parámetro empírico característico de un líquido dado.

T = temperatura (°C)

b = Pendiente

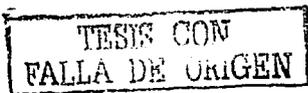
La goma arábica (gráfica 6), nos muestra que a concentraciones menores de (0.1 % en peso), el efecto de la tensión superficial influye más que a concentraciones mayores (2.4 y 5 % en peso), que su comportamientos son muy similares, y esto se debe a lo ya explicado anteriormente (**).

Notamos que a concentración de (5 % en peso), el efecto de la tensión superficial en la goma arábica casi no afecta y es lineal.

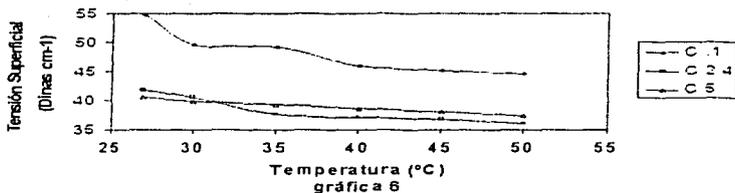
En la gráfica de mezquite (gráfica 7), apreciamos que el efecto inicial es muy similar a concentraciones mayores 2.4 y 5 (%en peso), que con respecto a concentraciones menores (0.1 % en peso), siguiendo la gráfica a la temperatura de (50°C), vemos que el efecto de la tensión influye mas a la concentración de (5 % en peso), que (2.4 % en peso).

Y la goma de Xantana muestra que todas las concentraciones son afectadas por la temperatura desde el inicio, observamos que al ir aumentando la temperatura la concentración es menores (0.05, 0.4 % en peso) son las mas afectadas, con respecto a concentraciones mayores (0.8 % en peso) que casi es lineal, para todas las temperaturas, esto quiere decir que el efecto de la temperatura en la tensión superficial afecta mas a concentraciones menores que a mayores (gráfica 8).

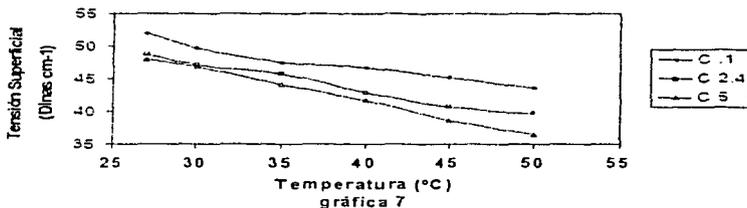
Como vemos la tensión superficial de las gomas se ve afectada por la temperatura.



Representación gráfica de la variación de la Tensión Superficial vs Temperatura de la goma arábica por el método de Du Noüy

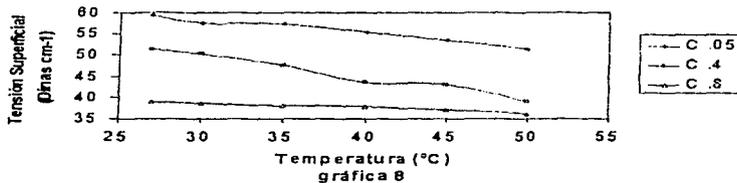


Representación gráfica de la variación de la Tensión Superficial vs Temperatura de la goma de mezquite por el método de Du Nouy



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Representación gráfica de la variación de la Tensión Superficial vs Temperatura de la goma de xantana por el método de Du Noüy



TESIS SIN
FALLA DE ORIGEN

EL EFECTO DE LA TENSIÓN SUPERFICIAL EN LA PRESIÓN DE SUPERFICIE

Estudiaremos el efecto de la presión superficial como sabemos esta la definida por :
($\pi = \gamma^0 - \gamma$), como era de esperarse, al aumentar la concentración de la goma aumenta la presión.

Donde:

π = presión de superficie.

γ = tensión superficial.

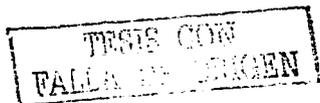
γ^0 = es un parametro empirico característico de un liquido dado.

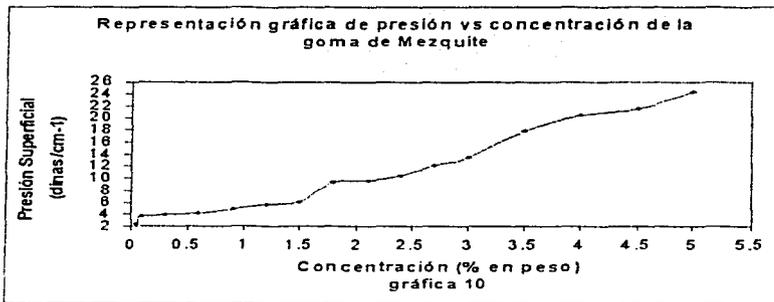
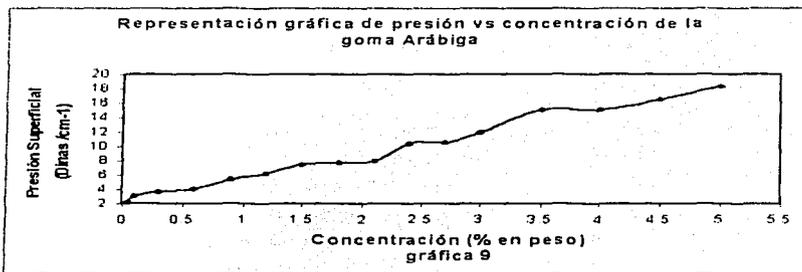
Puesto que la tensión superficial es menor que la del agua, se debe que desde el inicio hay una concentración mínima de partículas en la superficie, que se debe a la adsorción positiva (+), a la vez la mínima cantidad de partículas en la superficie, estas se acomodan de forma libre teniendo una presión superficial mínima, pero al ir aumentando la concentración, se van acomodando en la superficie hasta formar una capa, lo cual hace que aumente la presión superficial.

Y esto se debe a que desde el inicio o mínima concentración, las partículas con actividad de adsorción positiva (+), se van acomodando en la superficie y así sucesivamente hasta formar una capa en la superficie, impidiendo el ascenso en el tubo capilar.

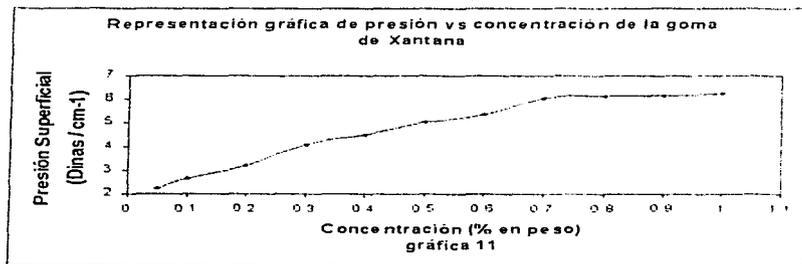
Notamos que desde el inicio hasta el final de la concentración, el efecto de la presión en las gomas, arábica, mezquite y xantana, (graficas 9, 10 y 11), son similares y observamos que el efecto de la presión en la goma mezquite a una concentración de (5 % en peso) es mayor, con respecto a la goma arábica.

Comparando las 3 gomas, a una concentración de (1 % en peso), nos percatamos que es muy similar el efecto de la presión en las 3 gomas.





TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EL EFECTO DEL PH EN LA TENSION SUPERFICIAL.

En este apartado se estudia como interviene el pH en la termodinámica de las superficies de las gomas (arábiga, mezquite y xantana), para un pH ácido (2.2), el cual se obtuvo agregando el ácido acético y determinando el pH con el potenciómetro.

Al agregar el ácido a las concentraciones (1, 2.4 y 5) para la goma arábica y mezquite, y además (0.1, 0.4 y 0.8) para la goma de xantana se observaron lo siguientes comportamientos:

La gráfica (12) de la goma arábica, debido a su naturaleza, esta presenta una sal neutra o ligeramente ácida, los iones que forman esta sal son (Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^{+}), por la disolución de ácido cítrico y precipitación con etanol se obtiene el ácido libre.

Experimentalmente en una dispersión en un medio ácido pH (2.2) estable, el efecto del pH, en la variación de la concentración, aumenta la tensión superficial.

También observamos que al compararlos con las otras gomas mezquite y xantana (gráficas 13 y 14), influye al contrario de la goma arábica (gráfica 12), y esto es porque al variar la concentración a un pH establecido, la tensión superficial disminuye.

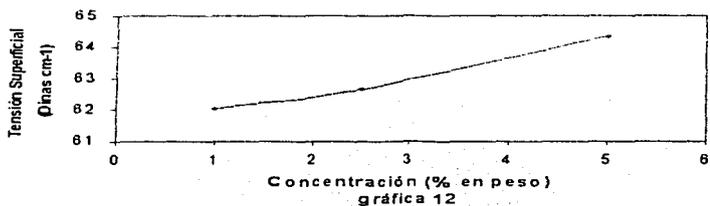
Esto se puede explicar observando sus moléculas, en la goma arábica vemos que sus moléculas o estructura hace que en el medio (agua) se hidraten casi totalmente, debido a la presencia de protones (H^{+}), haciendo que sus moléculas se vayan al seno del líquido y estas tienden a ser subir la tensión superficial.

Con respecto a las otras gomas mezquite y xantana (gráficas 13 y 14), observamos que sus moléculas o estructuras en el agua hacen que posiblemente se hidraten todas sus moléculas, formando una película en la parte superior de la superficie del agua, haciendo que la tensión superficial disminuya, y esto se debe a la gran cantidad de protones (H^{+}) en el medio, y esto provoca que formen uniones ó enlaces moleculares muy fuertes, difícil de romper impidiendo el aumento de la tensión superficial.

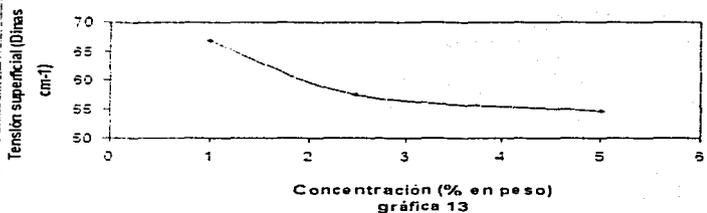
Notamos también que la goma de xantana, tiene mayor efecto el pH ácido ya que a una concentración de (0.8 % en peso) la tensión superficial es de (59 dinas / cm^{-1}) y la de mezquite su tensión es de (67 dinas / cm^{-1}), esto es en la disminución de la tensión superficial.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Representación gráfica de la goma arábica en un medio ácido (pH 2.2) por medio del método de Du Noüy

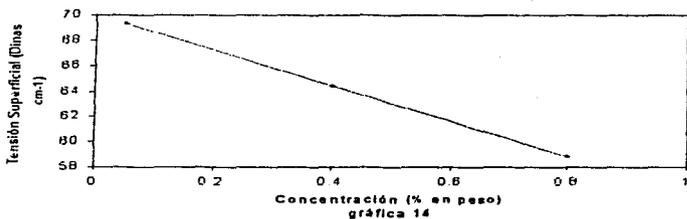


Representación gráfica de la goma de mezquite en un medio ácido (pH 2.2) obtenido por el método de Du Noüy



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Representación gráfica de la goma de Xantana en un medio ácido (pH 2.2) por medio del método de Du Noüy



TESIS CON
FALLA EN ORIGEN

De la misma manera que el apartado anterior, se estudia el efecto del pH para un medio neutro (7.0) y de la misma manera se mide con el potenciómetro.

Al agregar el hidróxido a las concentraciones (1, 2.4 y 5 % en peso) para las gomas arábica y mezquite, además (0.1, 0.4 y 0.8 % en peso) para la goma de xantana.

Observamos que la gráfica (15) de la goma arábica en un medio neutro el efecto del pH es muy considerable con respecto a un medio ácido, y quiere decir que este medio (neutro) favorece al aumento de la tensión superficial, esto por la naturaleza de las moléculas y se debe probablemente a la afinidad de las sales de las sales de un medio neutro, que hacen que se hidraten mayor cantidad de moléculas, con la presencia de los protones (H^+) del medio y esto favorece al aumento de la tensión superficial.

Vemos también comparándola con las otras gomas mezquite y xantana (gráficas 16 y 17), que esta última (xantana) tiene el mismo efecto de la goma arábica al aumentar la concentración aumenta la tensión superficial en un medio neutro (7.0). Y esto se debe posiblemente a que las moléculas de la goma de xantana, al aumentar la concentración se hidrata de tal forma que la mayoría de sus moléculas en presencia de (OH^-) del medio, hace que aumente la tensión superficial.

Esto favorece a que sus enlaces no sean tan fuertes y esto hace probablemente se rompan fácilmente.

Comparando esta goma (xantana) en un medio neutro (gráfica 17), con respecto al medio ácido (gráfica 14). Observamos que el efecto del medio los hace distintos por lo tanto podemos decir, que esta goma influye más un medio neutro que un ácido.

Observando las gráficas arábica (gráfica 15) y xantana (gráfica 17), el aumento de la tensión superficial es diferente, y esto es que la goma arábica el efecto neutro, hace que aumente fuertemente y que al seguirle aumentando la concentración se vuelve constante, en cambio la goma de xantana vemos que el efecto neutro no afecta a concentraciones bajas, solamente a concentraciones altas.

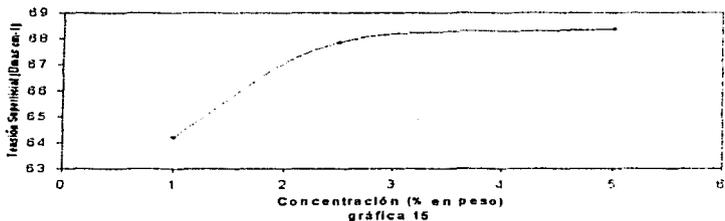
Por último vemos la gráfica (16) de mezquite, notamos que el aumento de aniones (OH^-) ó iones hidroxilo, posiblemente hace que la tensión superficial disminuya y esto es debido a la hidratación de sus moléculas en un medio neutro.

Comparando esta goma mezquite de medio neutro (16), con la de medio ácido (gráfica 13), notamos que el efecto ácido y neutro no afecta significativamente y esto quiere decir que sus moléculas pueden actuar de manera similar en un medio neutro que en un medio ácido.

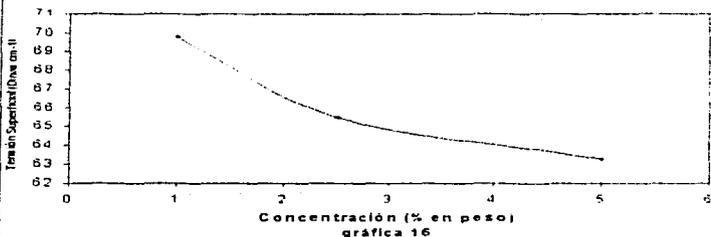
Así mismo podemos notar, que el pH inicial de las gomas sin agregar ácido y la base (neutra) su pH original es muy similar (4.5), como lo muestran las gráficas (18, 19 y 20).

Por lo tanto podemos concluir que el efecto del pH ácido y neutro, de las gomas se ven afectadas de acuerdo a la naturaleza de las mismas.

Representación gráfica de la goma Arábica en un medio neutro (pH 7.0) por medio del método de Du Noüy

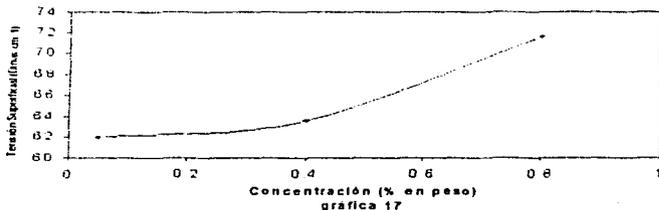


Representación gráfica de la goma de Mezquite en un medio neutro (pH 7.0) obtenido por el método de Du Noüy

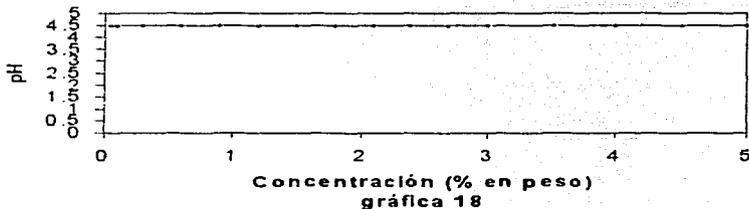


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

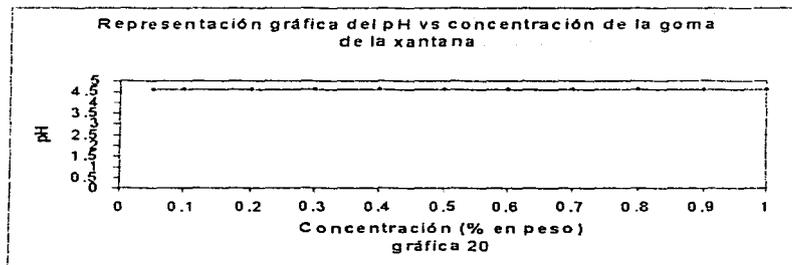
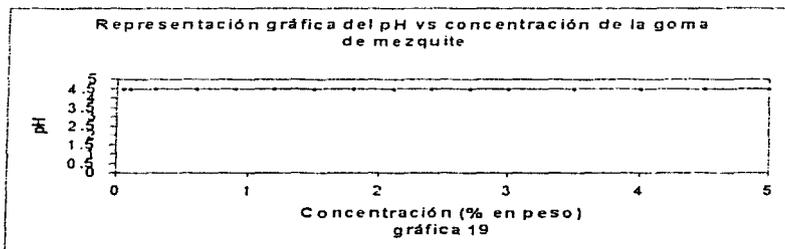
Representación gráfica de la goma de Xantana en un medio neutro (pH 7.0) por medio del método de Du Noüy



Representación gráfica del pH vs concentración de la goma arábiga



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LA INFLUENCIA DE LA TENSION SUPERFICIAL EN EL EXCESO DE SUPERFICIE

Se Puede ver en todas las graficas (21, 22 y 23) que aumenta el exceso de superficie al aumentar la concentración.

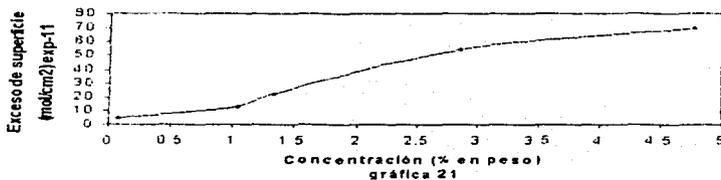
En la goma arábica (grafica 21) notamos que el aumento del exceso de superficie empieza desde el inicio, hasta la concentración máxima de (4.7 % en peso), en la cual sigue aumentando y posiblemente se este haciendo constante. En la goma de mezquite (grafica 22), su aumento del exceso comienza a partir de (0.7 % en peso), tendiendo hacer una línea paralela con tendencia a seguir aumentando a concentraciones mayores. Y la de xantana tambien aumenta su exceso desde el inicio, y conforme sigue aumentando la concentración, el aumento del exceso se hace casi paralela.

Notamos que para una concentración de (0.65% en peso) la goma de xantana tiene un mayor exceso de superficie, lo cual nos indica que va a formar rapidamente una nueva capa en la superficie, con lo que respecta a las otras gomias (arábica y mezquite).

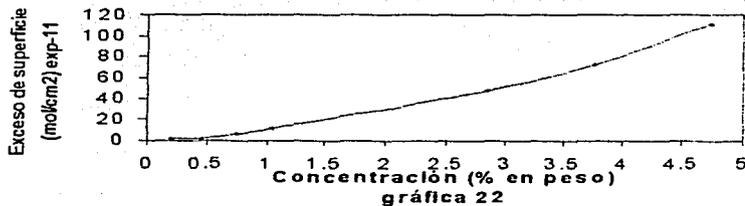
Ademas posiblemente a mayores concentraciones (5 % en peso), la goma de xantana tiende a tener un mayor exceso de superficie, comparada con lo que respecta a las otras gomias la arábica que tiene un exceso de $70 \text{ (mol/ cm}^2\text{)exp}^{-11}$ y la de mezquite $110 \text{ (mol/ cm}^2\text{)exp}^{-11}$.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Representación gráfica del exceso de superficie de la goma arábica

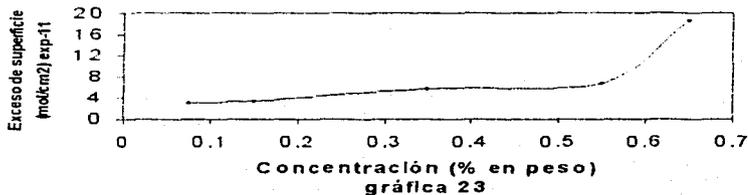


Representación gráfica del exceso de superficie de la goma de mezquite



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Representación gráfica del exceso de superficie
de la goma de xantana



TESIS CON
FALLA DE ALGUNAS

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

EL EFECTO DE LA TENSION SUPERFICIAL CON RESPECTO AL TRABAJO DE COHESION

Los datos experimentales obtenidos en las graficas (24, 25 y 26), nos muestran que la cohesión disminuye al aumentar la concentración.

Esto probablemente se debe a que el agua ya no tiene más moléculas disponibles para seguir reaccionando con las partículas de las gomas, de este modo el sistema alcanza la estabilidad.

Por lo tanto la cohesión es inversamente proporcional a la concentración.

Podemos ver que los valores experimentales de las gomas (arábiga, mezquite y xantana), en su valor inicial a una concentración de (0.05) % en peso, el valor de la cohesión es de 140 (dinas /cm²), por lo que casi no se ve afectada desde el inicio. Comparando las 3 gomas a una concentración de 1 (% en peso), el efecto de la cohesión es más notorio en la goma de Santana, respecto a las otra gomas (arábiga y xantana).

Continuando el análisis de las graficas (24 y 25), observamos que a mayor concentración (5 % en peso), para las gomas arábica y mezquite, el efecto de la cohesión se ve más afectada en la goma arábica.

Goma Arábica		Goma de Mezquite	
γ (Dinas cm ⁻¹)	Conc. (%en peso)	γ (Dinas cm ⁻¹)	Conc (% en peso)
140.00	0.05	138.72	0.05
138.40	0.1	137.32	0.1
137.20	0.3	136.68	0.3
136.40	0.6	136.14	0.6
133.80	0.9	134.84	0.9
132.40	1.2	133.24	1.2
129.64	1.5	132.28	1.5
129.08	1.8	125.92	1.8
128.64	2.1	125.20	2.1
123.68	2.4	123.72	2.4
123.40	2.7	120.24	2.7
120.68	3.0	117.80	3.0
114.74	3.5	108.40	3.5
114.40	4.0	103.64	4.0
111.50	4.5	101.36	4.5
107.84	5.0	95.60	5.0

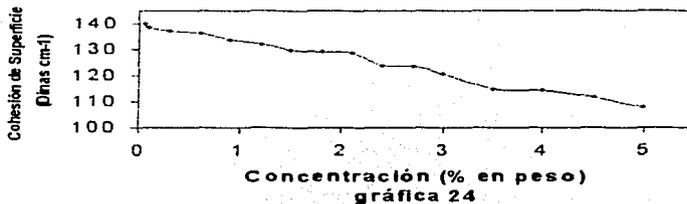
TESIS CON
 FALLA DE REGEN

Goma de Nantana

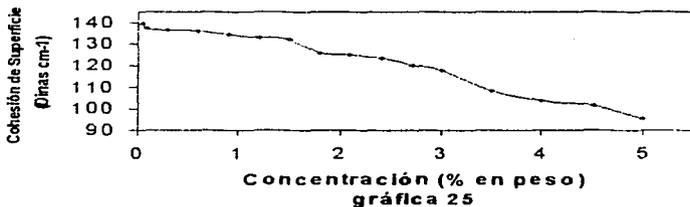
γ (Dinas cm ⁻¹)	Conc (% en peso)
140.20	0.05
139.20	0.1
138.10	0.2
136.20	0.3
135.40	0.4
134.40	0.5
133.80	0.6
132.40	0.7
132.20	0.8
132.20	0.9
132.00	1.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

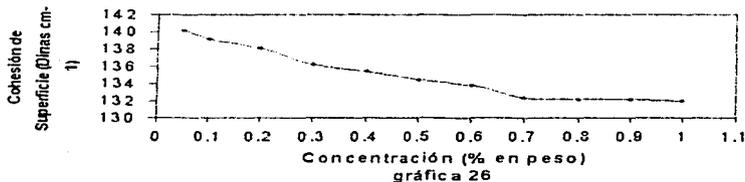
Representación gráfica del trabajo cohesión de superficie de la goma arábiga



Representación gráfica del trabajo de cohesión de superficie de la goma de mezquite



Representación gráfica del trabajo de cohesión
de superficie de la goma de xantana



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

10.0 CONCLUSIONES

La determinación de las propiedades termodinámicas de las gomas tiene una gran importancia en la industria, ya que su aplicación es muy diversa para cada uno de los procesos.

Nos permite conocer la preparación de las emulsiones, y la cantidad de concentración adecuada para poder tener una mejor actividad superficial y mejorar los sistemas dispersos, ayudándonos también a eliminar el costo de su producción o elaboración de éstas en la industria.

Además de que nos va ayudar a establecer los límites de las gomas, para poder obtener el mejor y mayor beneficio de éstas.

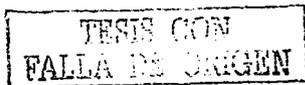
En el estudio observamos que la tensión superficial disminuye, al aumentar la concentración de las gomas (Arábica, Mezquite y Xantana) y además se notó que a mayores concentraciones la goma Arábica y Santana empiezan a formar una dispersión viscosa, en cambio la goma de Mezquite precipita.

El pH influye en las cargas de las moléculas del sistema, esto quiere decir que los polisacáridos pueden actuar como cationes o aniones, y esto se hace que repercutan en la solubilidad y estabilidad de la misma dispersión, haciendo que aumente o disminuya la tensión superficial.

Como lo marca la literatura, al aumentar la temperatura disminuye la tensión superficial y esto se debe a la movilidad de las moléculas del sistema, que hacen que las moléculas se dispersen y se solubilizan bien en el medio y esto forma un impedimento en la superficie haciendo que disminuya la tensión superficial.

En el exceso de soluto vemos que se cumple lo que con lo que dice la literatura, que estos polisacáridos (Arábica, Mezquite y Xantana) presentan una absorción positiva, en el caso del pH (2.2 y 7.0) de la goma Arábica tiende a aumentar la tensión superficial y esto quiere decir que las partículas se vayan al seno del líquido haciendo que disminuya el exceso de superficie como también lo notamos en la goma de Xantana a un pH de (7.0) nos muestra lo mismo.

Por lo que respecta a la presión podemos decir, que de la misma manera se debe a que las dispersiones, no toda la cantidad de material, se disuelve, debido a que las moléculas del agua se van saturando conforme se le va agregando la goma, haciendo que se forme una nueva capa en la parte superior que hace que ejerzan una fuerza de repulsión, haciendo que nuestra tensión superficial disminuya.



11.0 ANEXOS.

Tensión superficial de los líquidos a diversas temperaturas (Dinas cm¹)

Líquido	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
Agua	75.64	72.75	69.56	66.18	62.61	58.85
Alcohol etílico	24.05	22.27	20.60	19.01	-	-
Alcohol metílico	24.5	22.6	-	-	20.9	15.7
Acetona	26.2	23.7	21.2	18.6	16.2	-
Tolueno	30.74	28.43	26.13	23.81	21.53	19.39
Benceno	31.6	28.9	26.3	23.7	21.3	-

En el método del tubo capilar, para determinar el ascenso de un líquido es necesario conocer su radio (r), esto no podría ser igual al del capilar r_c.

El ángulo de contacto del líquido con la pared del capilar θ, no es necesariamente igual a cero, por lo tanto existe una relación entre r y r_c.

$$\cos \theta = r_c / r$$

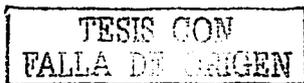
Además sabemos que la presión de superficie es constante, entonces el líquido asciende hasta que la presión hidrostática de la columna del líquido en el tubo es igual a ΔP.

Por lo anterior podemos decir que:

$$\Delta P = 2 (\gamma / r) = 2\gamma \cos (\theta / r_c).$$

Si ΔP es igual a la presión ejercida por el líquido en la columna, de altura y de densidad tenemos que:

$$P_{\text{hidrostática}} = \left(\frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}} \right) = \left(\frac{\pi r_c^2 h \rho g \theta}{\pi r_c^2} \right)$$



Donde $2\gamma \cos\theta / r_0 = h g \rho$ (en el equilibrio).

$$\gamma = \left(\frac{h g r_0 \rho}{\cos \theta} \right)$$

Sabemos que en muchos casos θ , es aproximadamente 0 y se usa la forma simplificada:

$$\gamma = (.5) h g r_0 \rho$$

Donde:

h = altura.

r = radio.

γ = tensión superficial.

ρ = radio.

A partir de esta ecuación nosotros conocemos nuestro radio del capilar, obteniendo sus datos de la siguiente manera;

Se midió el ascenso del tubo, dándonos una altura de 1.9 cm.

Su tensión superficial se tomo de la referencia de la literatura 75.64 (Dinas / cm).

La densidad se obtuvo a partir de la diferencias de peso del pignometro dándonos 1.00997.

Por ultimo la gravedad atmosférica, tomada de la literatura 981 (cm / seg).

Despejamos la ecuación anterior para obtener nuestro radio del capilar.

$$r = \left(\frac{\gamma}{(.5) (\rho h g)} \right)$$

Substituyendo los valores anteriores obtenemos:

$$r = \left(\frac{75.64 \text{ (Dinas / cm)}}{(0.5) (1.9 \text{ cm}) (981 \text{ cm / seg}) (1.00997)} \right) = 0.080 \text{ (Dinas / cm seg)}$$

Ya conocido el radio de nuestro tubo capilar, podemos conocer la tensión superficial de cada una de las muestras siguientes;

Goma Árábica		Goma de Mezquite	
h (altura)	γ (Dinas cm-1)	h (altura)	γ (Dinas cm-1)
1.95	77.28	1.92	77.28
1.93	76.78	1.92	76.09
1.93	76.78	1.90	75.29
1.93	76.78	1.90	75.20
1.90	75.29	1.87	74.30
1.90	75.29	1.83	72.82
1.90	75.29	1.78	70.54
1.77	70.14	1.70	67.37
1.77	70.14	1.70	67.37
1.72	68.36	1.65	65.39
1.70	67.37	1.60	63.40
1.67	66.38	1.60	63.40
1.43	56.87	1.49	59.05
1.24	49.14	1.33	52.70
1.025	40.62	1.21	47.95
0.70	27.74	1.025	40.62

Con estos datos obtenidos de la experimentación de estas gomas, calculamos la tensión superficial de cada una de ellas con la anterior ecuación:

$$\gamma = \left(\frac{1}{2}\right) h \rho g r$$

Por ejemplo sustituimos los valor de altura tomando de la goma arábica en esta ecuación (1.77 Dinás /cm-1), además agregamos los valores ya conocidos de altura, radio, gravedad y densidad y obtenemos su tensión superficial.

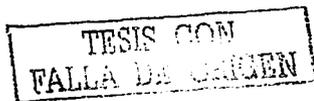
$$\gamma = (0.5) (1.77 \text{ cm}) (981 \text{ cm /seg}) (1.00997) (0.080 \text{ dinas /cm seg.})$$

$$\gamma = 70.14 \text{ (Dinas /cm-1)}$$

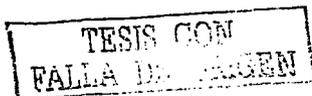
TESIS CON
FALLA DE SCREEN

12.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Acton J. C. y Saffle R. L. (1971).
Stability of oil-in-water emulsions. 2. Effects of oil phase volume, stability test, viscosity, type of oil and protein additive. J Food Science 36:1118.
- 2.- Adamson Drluh U.
Physical chemistry of surfaces Ed. Elsevier. 1982.
- 3.- Badui Dregei Salvador
Química de los alimentos.
Person educación 3º Ed. 1993.
- 4.- Belitz H. d. Grosch W.
Química de los alimentos 2º Ed. Acribia. 1997.
- 5.- Blunshard M. (1979).
"polysaccharides in food". Butterworths.
- 6.- Bondi y Spitzer. (1959). Citado por Glickman M. (1969).
- 7.- Catellan Gilbert W.
Fisicoquímica 2^{da} ed. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. 1987.
- 8.- Coia K.A y Stauffer K.R.
Sheffile study of oil/water emulsions using various comercial hydrocolloids (1987).
Ed. Academic press. inc.
- 9.- Coulate Tom and Davies Jill.
Food the definitive guide. Royal society of chemistry. (1985).
- 10.- Cruz Sosa Francisco.
Investigación para mejorar genéticamente al mezquite. (Internet)
- 11.- Charalambous George y Doxastakis George.
Food emulsifer chemistry technology functional.
Propieties and application, Ed. Elsevier 1989.
- 12.- Charley H. (1987). Tecnología de los alimentos.
Limusa 1^{ra} Ed.
- 13.- Darby R (1974).
"Emulsions Technology" Surfactant Science series.
- 14.- Diaz M. Peña.
Química física, alambra. 1989. 2da. Ed.



- 15.- Davidson Rober L.
Handbook of water-soluble gums and resins.
M.C. Graw Hill. 1980.
- 16.- Demun, j. M. y colaboradores (1976).
"Rheology and texture in food quality".
- 17.- Dickinson Erick.
Food polymers, gel, and coloides, 1991.
- 18.- Dominic W.S. Woisa, Ph. D.
Química de los alimentos, 2^{da} Ed.
- 19.- Enriquez L.G. y Fick G.J (1989).
"Food Emulsifiers Chemistry, technology, funcional propeties and aplications"
Elsevier.
- 20.- Elizalde B.E. Pilosof A.M.R. Y Bartholomai G.B (1988).
Prediction of emulsion inestability from Emulsion Composition and Phisicochemical
propeties of protein.
- 21.- Felker Peter, Patch Nancy L.
Silvicultural treatments for supling mezquite (*prosopis glandulosa*) to optimize timbes
production and minimize seedling encroachment. Elsevier 1996.
- 22.- Feneman Owen R.
Química de los alimentos. Ed. Acribia. 3^{ra}. Ed 2000.
- 23.- Flores Leyva Leticia.
Estudio del efecto de Ph y fuerza ionica en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de
proteinas, espumantes y estabilizantes con polisacáridos.
Tesis Ing. Alimentos. 1988.
- 24.- Friberg, Goubran y Kayali (1990).
"Food Emulsions". Editado por Larsson K. Y Friberg.
- 25.- Glickman M. (1996).
"Gum Technology inthe food industry". Academic press. Inc.
- 26.- Gonzalez Sanches Julieta.
Factores que afectan las propiedades fisicoquímicas y reologicas de emulsiones,
estabilizadas con polisacáridos aniónicos.
Tesis. Ing. Alimentos. 1995.



- 27.- Henneck M, Rahalkar R.R, Richmond P. (1984).
Effect of xanthan gum upon the rheology and stability. *Food Technology*. (1988).
- 28.- Houngland Meyer Lillian.
Food Chemistry, 4^{ta}. Ed. 1988.
- 29.- Hughes Cristopher.
Guia de aditivos.
- 30.- Kachhilz y Schlingmann (1987).
Emulsifiers: They interfacial Key to Emulsion Stability. (1988).
- 31.- Kentmer Frank. N.
The Nalco Water Handbook, M.C. Graw-Hill. (1979).
- 32.- Kirk Ronalds. And Sawyer Ronald.
Pearson's composition and analysis of foods. 9^{na}. Ed.
- 33.- Levine Iran.
Fisicoquímica, Mc. Graw-Hill. 1983.
- 34.- Lewis M,J (1993).
Propiedades físicas de los Alimentos y de los sistemas de procesado. *Acribia*.
- 35.- Liden Guy and Lorien Denis.
Bioquímica agroindustria. *Acribia*, 1994.
- 36.- Lynch M.J, Griffin W.C. (1987).
"Emulsions and Emulsion Technology".
- 37.- Maron Samuel H.
Fundamentos de fisicoquímica Ed. Limusa 1987.
- 38.- Murin P.A. (1975).
Métodos Fisicoquímicos de análisis. Urmo, S.A. de Ediciones.
- 39.- Miller Dennis. D.
Química de laboratorio. Limusa Wiley.
- 40.- Muller H.G.
Introducción a la reología de los alimentos. Ed. *Acribia*. 1975.
- 41.- Nickerson John T.R.
Elementary food Science. *Avi Publishing company*. 2^{da}. Ed.



- 42.- Parker Dean H.
Tecnología de los alimentos de superficies. Ed. Urmo. 1970.
- 43.- Perry Rober. H.
Manual del Ingeniero Químico. Mc. Graw-Hill, 1982.
- 44.- Phillips Glyn. O, Wedlock David J.
Gum and Stabiliser for the food industry 3. Elsevier.
- 45.- Porter. Norman N.
La ciencia de los alimentos. Ed Edutex. S.A. 1978.
- 46.- Pretice J.H.
Measurements in the reology of food, Elsevier, 1989.
- 47.- Reed Gerald.
Enzymes in food processing. 2^{da}. Ed.
- 48.- Resentein Stel Emilio.
Diccionario de especialidades para la industria. 1988.
- 49.- Shaw. D.J.
"Introducción a la química de las superficies y coloides". Alaubra. 1^{ra}.Ed.(1970).
- 50.- Sherman (1970), Citado en Rao M.A. (1992).
- 51.- Smith Jim.
Food additive use r handbook. (1991).
- 52.- Stephen M. Alistair.
Food Poliaccharides and ther applications. Ed. Dekker.
- 53.- Tapia Benavides.
Polisacáridos (gomas y mucilagos) de la plantas del genero opuntia. (estudio monográfico).
Tesis Ing. Alimentos. (1987).
- 54.- Toral Maria Teresa.
Fisicoquímica de las superficies y sistemas dispersos. Ed. Urmo. (1973).
- 55.- Vernom E. J. Torreblanca R.A y Lever G.C.A.
Propiedades reológicas de emulsiones alimenticias (1983).
- 56.- Villanil Arellano Rosa Maria.
Aproximación a la reología, teoría aspectos, practicas e investigación.
Tesis Ing. Alimentos (1987).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

57.- Wong Dominic W.S.

Química de los alimentos mecanismos y teoría. Ed. Acribia.

58.- Wood Scotte.

Thermodynamics of Chemical systems. (1998).

