



300627
25
2g

UNIVERSIDAD LA SALLE

Escuela de Química
Incorporada a la U.N.A.M.

DESARROLLO DE UN DETERGENTE LIQUIDO CON
AGENTES COADYUVANTES DE LAVADO "BUILDERS."

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
p r e s e n t a
JOSE ANTONIO REVILLA LARA

Director de Tesis: I. Q. MIGUEL ORTEGO

México, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Indice

	Página-
1.Objetivo	1
2.Introducción	2
3.Generalidades	5
4.Estudio de Mercado	10
4.1 Concepto de producto	15
5.Agentes Tensoactivos ó Surfactantes	19
5.1 Estructura general de los Surfactantes	21
5.2 Tensoactivo aniónico	24
5.3 Otros tensoactivos empleados	35
5.4 Tension superficial	40
5.5 Mecanismos del proceso Detergente	45

6. Agentes "Builders"	53
6.1 Suavizado del agua por precipitación	55
6.2 Suavizado del agua por proceso "Secuestrante"	56
6.3 Detergencia	60
6.4 Estabilidad	61
6.5 Manufactura de fosfatos de sodio	62
6.6 Formas del Tripolifosfato pentasódico	64
6.7 Biodegradabilidad del Tripolifosfato pentasódico	65
6.8 Otros agentes "Builders" empleados	67
7. Enzimas	70
7.1 Proteasas	74
7.2 Amilasas	80
8. Desarrollo experimental	85
9. Evaluación Detergencia	101
10. Conclusiones	111
11. Bibliografía	113

Capítulo 1

1. Objetivo

Desarrollo de un detergente líquido, empleando Dodecibencen- Sulfonato de sodio lineal y Lauril eter sulfato de sodio como agentes tensoactivos y Tripolifosfato pentasódico como agente "Builder" con el objeto de generar un producto de alta eficiencia detergente y de menor impacto Ecológico en relación a los productos existentes en el mercado Nacional.

Capítulo 2

2. Introducción

La industria de los Detergentes y productos para el cuidado del Hogar ha evolucionado de acuerdo a las necesidades del consumidor, desarrollando productos de cada vez mayor eficiencia y con un menor impacto a la Ecología, dicha Industria ha tenido como objetivo el desarrollo de nuevos productos que puedan cubrir segmentos de mercado cada vez mas amplios, llegando así a un mayor número de consumidores y por lo tanto cubriendo un mayor número de necesidades.

Dentro de las nuevas tendencias de los detergentes se encuentra la formulación de detergentes líquidos para ropa, los cuales han tenido cada vez mayor aceptación en Europa y países como Estados Unidos y Canadá debido a numerosas ventajas que ofrecen estos productos en cuanto a manufactura y desempeño en actividad detergente se refiere.

Al hablar de un detergente generalmente se le asocia con un producto de Impacto negativo a la Ecología, debido a que los ingredientes de la mayoría de estos productos son normalmente no-biodegradables o parcialmente biodegradables, por lo que actualmente se inicia la tendencia de formulaciones "Amigables a la Ecología", aunados a una eficacia cada vez mayor en el proceso de lavado y en la capacidad de remover manchas de nuestra ropa.

Es por todo lo anterior que los detergentes líquidos basados en composiciones total o parcialmente biodegradables pueden llegar a ser productos de gran aceptación en nuestro país, empezando la concientización en el uso de Productos con una mayor calidad , sin por esto afectar a nuestro entorno natural.

En el desarrollo de un detergente no solo es necesario considerar los factores relacionados a su formulación y proceso, sino también es de vital importancia tomar en cuenta los hábitos de uso de los consumidores, nivel económico, intención de compra, etc; todos estos puntos aunados a la consideración de factores relacionados al desempeño del producto como son : dureza de agua, tipos de máquinas de lavado, clases de manchas más comunes, etc. harán que el detergente tenga mayores posibilidades de aceptación dentro del mercado, el cual en la actualidad

posee una gran gama de productos por lo que constantemente las compañías fabricantes de artículos de consumo tienen que contar con productos más eficientes.

La Idea de crear un detergente líquido para ropa con una formulación de alta eficiencia viene a abrir un nuevo segmento dentro del mercado nacional reportando ventajas al usuario y al productor por tratarse de productos de fácil elaboración y excelente actividad en lo que a limpieza se refiere; por otro lado el ingrediente activo con el que es elaborado este producto se trata de un material biodegradable a comparación de los ingredientes no biodegradables que se emplean en nuestro país, generando así un producto de vanguardia.

Capítulo 3

3. Generalidades

Tradicionalmente el empleo de productos líquidos para la limpieza, ha estado relacionado con productos de cuidado personal como shampoos, acondicionadores, limpiadores líquidos para el hogar, etc.; pero generalmente nunca han estado relacionados con la limpieza de la ropa, en donde se emplean en mayor proporción las formulaciones de detergentes en polvo.

Dichos productos en polvo implican un proceso de manufactura mucho más complejo y costoso en relación al necesario para obtener un detergente líquido. Si tomamos en consideración el proceso de obtención de un Detergente en polvo resalta una pregunta importante: ¿ Por qué disolver todos los materiales de la formulación de un detergente para después secarlos y obtener un producto en polvo, si se pueden reducir costos y problemas en el proceso al obtener formulaciones líquidas ?. (19)

Las formulaciones de detergentes líquidos presentan una serie de ventajas sobre los tradicionales productos en polvo, como son:

1. La Inversión en equipo de manufactura es considerablemente mas baja que las unidades más económicas para la fabricación de detergentes en polvo.
2. La adición de materias primas durante el proceso es más sencilla.
3. Aunque el empaque de dichos productos resulta más costoso, este puede ayudar a la percepción general del consumidor hacia empaques mas llamativos.
4. Se reducen costos por desperdicio de materiales (mermas más bajas que las que se obtienen en la manufactura de polvos).
5. El riesgo de respirar polvos continuamente durante el proceso de manufactura se reduce, evitando posibles enfermedades a los operarios.
6. Su poder de disolución es mejor en la máquina lavadora, obteniendose una mayor eficacia de lavado.
7. El proceso de elaboración es más sencillo que el de los polvos.

Cabe mencionar que dichos productos también presentan ciertos inconvenientes, entre los que destacan:

1. Los Ingredientes en la fórmula pueden ser más costosos respecto a los productos convencionales.

2. Los agentes de blanqueo no son sencillos de adicionar en este tipo de productos.

3. Son sensibles a la temperatura y a la luz, algunas veces se requieren de agentes que eviten la decoloración por exposición a la luz U.V , aunque este problema puede ser resuelto empleando botellas pigmentadas.

4. Si la formulación es enzimática algunas veces se pueden presentar incompatibilidades entre el perfume del producto y la enzima empleada.

5. Probablemente el punto mas Importante a considerar es que solo un número limitado de materiales pueden ser mantenidos en solución sin la precipitación o sedimentación de los mismos. (23)

Dentro de los detergentes líquidos se encuentran dos grandes grupos que los dividen de acuerdo a su composición en:

a) Detergentes líquidos compuestos o con "Builders"

b) Detergentes líquidos no compuestos o sin "Builders"

Entendiéndose por "Builder" aquel ingrediente que en la formulación presenta actividad de reducción de la dureza del agua, como agente secuestrante de los iones presentes en el agua de lavado.

La clasificación anterior también se subdivide en:

a) Formulaciones Enzimáticas

b) Formulaciones No Enzimáticas

Las enzimas en los detergentes actúan como aditivos biológicos en la remoción de manchas biológicas, es decir actúan contra manchas compuestas por almidón, proteínas, grasa, etc. las formulaciones enzimáticas, en lo general, presentan una mejor actividad detergente.

La formulación de un detergente involucra también el uso de agentes tensoactivos o surfactantes, abrillantadores ópticos, compuestos que evitan la redepositación de la mugre.

en la tela ya lavada, colorantes, estabilizadores, perfume, etc. (14)

La proporción o relación de cada uno de estos componentes vendrá a definir la calidad de un detergente o su especificidad contra determinadas manchas.

En el presente trabajo se expone el desarrollo de una formulación líquida enzimática compuesta (o con builders) de alta eficiencia, profundizando en las materias primas que presentan mayor relevancia dentro de la actividad del producto.

Capítulo 4

4. Estudio de Mercado

Según estudios conducidos en la Ciudad de México con consumidores de algún tipo de producto detergente para la ropa, con el objeto de conocer la frecuencia de compra de esta clase de productos , se encontró la siguiente distribución:Fig.1

Frecuencia de Compra Detergentes
Ciudad de México

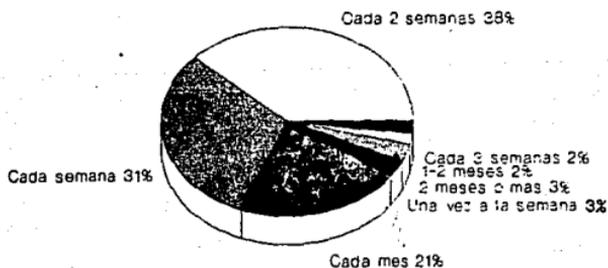


Fig.1

En dicha gráfica se puede apreciar que la mayoría de los consumidores de estos productos en la Ci. de México compran algún producto detergente cada 2 semanas, lo que nos da una idea de que el tamaño de mercado para esta clase de productos es muy grande, y por lo tanto se cuenta con un número de compradores potenciales muy elevado.

Un punto importante a conocer aparte de la frecuencia de compra de este tipo de productos es el modo de uso o hábitos de consumo existentes en un determinado mercado al cual será dirigido el producto; con el conocimiento de este factor sabremos las características técnicas con las que deberá de contar el producto para que este sea bien aceptado.

En la Ciudad de México el proceso del lavado de las prendas se realiza como sigue, de acuerdo a la información obtenida de las amas de casa encuestadas:Fig.2

Frecuencia de Lavado

Ciudad de México

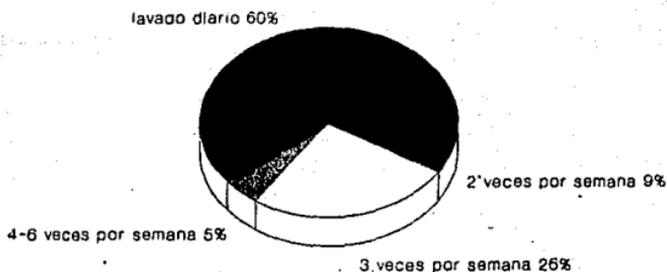


Fig 2.

De acuerdo a los datos anteriores se puede observar que el hábito del lavado diario ocupa una proporción muy elevada dentro de los Hogares de la Ciudad de México.

Respecto a como es efectuado dicho lavado, se encontró que una minoría únicamente lava sus prendas a mano, la mayoría combina el lavado a mano con la máquina lavadora y el resto únicamente emplea lavadora:Fig.3

Proceso de lavado Ciudad de México

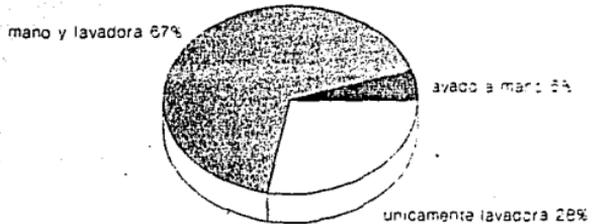


Fig. 3.

Tomando en consideración la cantidad tan baja de encuestados que realizan el lavado a mano unicamente, se concluye que el número de lavadoras en la Ciudad de México es muy grande, por lo que los detergentes formulados específicamente para este propósito, pueden llegar a tener gran aceptación dentro del mercado y los detergentes líquidos se vuelven más atractivos por las ventajas que estos ofrecen para ser empleados en máquinas lavadoras sobre los productos que se han venido usando tradicionalmente, (18) como son los detergentes en polvo y jabones de lavandería,

los que no llegan a presentar una disolución total, factor de suma importancia en el proceso de lavado.

El mercado de los detergentes en México esta segmentado entre tres productores, que son en orden de importancia en participación de mercado:

1. Procter & Gamble

2. Fabrica de jabón la Corona

3. Colgate Palmolive

Aunque la primera y tercera compañías citadas son trasnacionales y cuentan en el mercado con detergentes líquidos de Importación , en el Mercado Nacional, aún no se encuentra ningún tipo de detergente líquido de alta eficiencia de lavado fabricado en México, por lo que la producción de este tipo de detergentes beneficiaría en costos y facilidad de manufactura a tales fabricantes obteniendo productos altamente competitivos en el mercado, lo que beneficiaría al consumidor en su economía.

4.1 Concepto de producto

Generalmente al desarrollar un producto y antes de ser éste lanzado al mercado, se conducen ciertas sesiones en las que grupos de Consumidores de diversos niveles socio-económicos aportan ideas o expresan su opinión acerca del producto en cuestión, con el fin de obtener una idea de como es percibido el producto y que expectativas puede tener una vez que se encuentre en el mercado.

En tales sesiones, conducidas con Amas de casa que emplean lavadora de ropa , y que se encuentran entre los 20 y 40 años, de nivel económico "B y C +" (clase socio económica media-alta y media) , se evaluó el concepto de un detergente líquido para la ropa, con las siguientes observaciones:

- En términos generales, el lavado de la ropa merece la atención de las amas de casa.

-Las opiniones expresadas por las usuarias de detergentes líquidos de Importación manifiestan un enorme agrado y satisfacción por dichos productos, generalmente esta actitud se produce luego de un uso constante del detergente.

Después de pedirle a las entrevistadas, definieran libremente un "detergente ideal", con el objeto de contar con algunos parámetros para el desarrollo; estas lo definieron como :

-Eficaz. Por eficacia se refieren a la principal función atribuida al detergente: limpiar

-Suavizante. Las amas de casa desean que el detergente ideal deje la ropa menos áspera y tiesa; Este atributo esta ligado al grado de "abrasividad" que producen los detergentes en polvo.

-Un producto de alto rendimiento y con precio accesible.

-Aroma agradable tanto en el producto en sí, como en las prendas lavadas.

-Facilidad de enjuagar.

-Biodegradable. A nivel afectivo la biodegradación de los detergentes ocupa un sitio importante en las prioridades del ama de casa.

Un factor negativo concerniente a la aceptación del concepto es que se asocia el detergente líquido solamente para lavar la ropa delicada y no para la remoción de manchas en todo tipo de prendas, así como el "miedo" de teñir las mismas al adicionar el producto directamente y la dificultad de deshacerse de los envases.

Los consumidores atribuyen ciertas ventajas a los detergentes líquidos, entre las que destacan:

a) Mayor rendimiento

b) Disminución en el tiempo del ciclo de lavado.

c) Disminución de la necesidad del uso de Suavizantes

d) No deja residuos en la ropa.

e) Menor agresividad al tacto y al olfato.

Las usuarias de detergentes en polvo comentan que los "granulitos" ayudan a lavar mejor porque tallan, pero aceptan que dichos "granulitos" no se diluyen con facilidad y que, generalmente, permanecen en la ropa aún después del enjuague.

Después de conducir los estudios citados, se concluye la necesidad de contar con productos que satisfagan las expectativas de consumidores de clases socio económicas media y alta con productos más novedosos y que ofrezcan realmente mayores beneficios al usuario, tal segmento de mercado, aunque representa ciertamente una minoría de la población, es lógicamente un nicho de amplio poder adquisitivo, lo que lo convierte en un "blanco" idóneo para este tipo de productos.

Capítulo 5

5. Agentes Tensoactivos o surfactantes

El término "detergencia" empleado para describir una propiedad de los agentes surfactantes tiene un significado especial. En términos generales, significa poder de limpieza, aunque un agente surfactante por sí mismo no pueda limpiar una superficie.

El término detergencia, cuando se emplea a un agente tensoactivo o surfactante significa la propiedad de mejorar el poder de limpieza de un líquido (el agua) y este involucra una combinación de efectos de adsorción, interfases, alteración de tensiones interfaciales, solubilización, emulsificación, etc.

Al referirnos a un detergente siempre se involucra el uso de un surfactante, que en determinadas concentraciones en un sistema, tiene la propiedad de adsorberse en superficies o interfases de dicho sistema alterando en cierto grado la energía libre interfásial de esas superficies o interfases.

El término interfase indica la unión entre dos fases inmiscibles., pudiendo ser en este caso la mugre o aceite y el agua (30).

Cuando una superficie está manchada, queda cubierta con una capa de mugre que forma un bajo ángulo de contacto con la misma.

Al sumergir la superficie en una solución que contenga un surfactante (En este caso dentro de la formulación de un detergente), se busca despegar el aceite de la tela, esto es, se trata de aumentar el ángulo de contacto aceite-agua (32).

Los surfactantes son el Ingrediente activo de los detergentes; remueven la mugre, emulsifican las grasas, penetran superficies porosas, dispersan partículas sólidas y son los responsables de la generación de espuma (14).

5.1 Estructura General de los Surfactantes

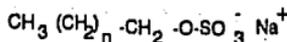
Los Surfactantes tienen una configuración molecular característica consistente en un grupo estructural con una pequeña atracción por el solvente conocido como grupo "hidrófobo", unido a un grupo con fuerte atracción por el solvente llamado "hidrófilo", haciendo en conjunto una estructura conocida como anfipática. (30)

Generalmente los Surfactantes se pueden dividir dependiendo de la naturaleza de su grupo "hidrófilo" en:

A.- Aniónicos. En solución se disocian quedando el grupo hidrófobo cargado negativamente:

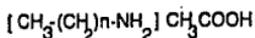


Alquil bencensulfonato de sodio

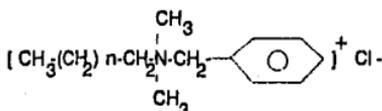


Alquil sulfato de sodio

B.- Catiónicos. En solución se disocian quedando el grupo hidrófobo cargado positivamente:

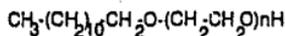


Acetato de alquil amina

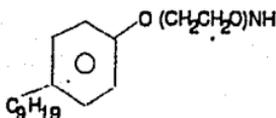


Cloruro de alquil dimetil bencil amonio

C.- No Iónicos. Sin Ionizarse, se solubilizan mediante un efecto combinado de cierto número de grupos solubilizantes débiles (hidrófilos) tales como enlaces del grupo ester o grupos hidroxilos en sus moléculas:

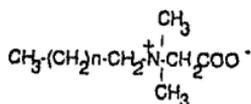


Alcohol Laurico Etoxilado

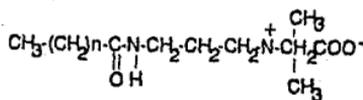


Nonil fenol etoxilado

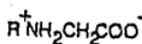
D.- Anfóteros. Moléculas con grupos aniónicos y catiónicos, el comportamiento iónico será de acuerdo al medio de disolución (ácido o alcalino),ej.:



Alquil dimetil betaina



Alquil amida propil dimetil betaina



Aminoácido

5.2 Tensioactivo aniónico

Uno de los agentes tensioactivos más empleados en la formulación de detergentes desde la década de los 60's hasta la actualidad es el surfactante aniónico Dodecil Bencenosulfonato de sodio (DBS) . Fig 4

En la cadena de dicho agente tensioactivo se puede observar una estructura de carácter ramificado, la cual presenta serios cuestionamientos concernientes a su biodegradación en las aguas donde son vertidos restos de detergente en cuya formulación interviene este producto.

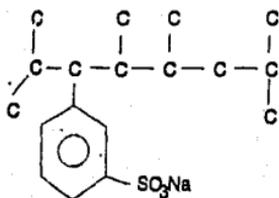
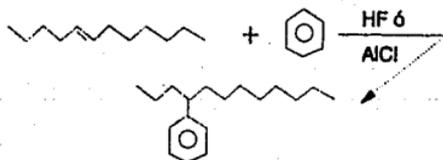


Fig.4 Alquil Bencenosulfonato ramificado

Este producto es empleado por la mayoría de los fabricantes de Detergentes y productos de limpieza en México, desde hace mucho tiempo; mientras que en otros países se ha prohibido su empleo por razones relacionadas a la lenta biodegradación del mismo en aguas de desecho (1), usando en su lugar el Dodecil Bencenosulfonato de sodio lineal (IAS).

Para la obtención de IAS se parte de una oleofina que es unida a un carbono secundario o terciario del benceno en presencia de Cloruro de aluminio usando una alquilación de Friedel-Crafts (17)



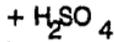
El alquilato obtenido es sulfonado con trióxido de azufre y posteriormente neutralizado con Hidroxido de Sodio. Fig 5

1.SULFONACION

C-C-C-C-C-C-C-C-C-C-C



C-C-C-C-C-C-C-C-C-C-C



2.NEUTRALIZACION

C-C-C-C-C-C-C-C-C-C-C



C-C-C-C-C-C-C-C-C-C-C

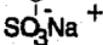


Fig.5

Obtención de Alquil benceno Lineal

El cambio de DBS a LAS en los países Industrializados ha sido el resultado de diversos estudios que demuestran que en aguas residuales el DBS es el causante del exceso de espuma, además de no ser rápidamente biodegradable como es el caso del LAS, siendo este último más rápido en biodegradarse por los microorganismos comunes que el DBS. Fig 6

En 1965 la Industria de los Detergentes de Estados Unidos cambió el uso del DBS al LAS (4) y actualmente los Organismos competentes en asuntos ecológicos en México han programado dicho cambio para el tercer cuarto de 1992, con el fin de que los productores de todo el país inicien el camino hacia el desarrollo de productos menos agresivos a la Ecología.

La concentración de Alquil bencen sulfonatos en aguas de desecho con productos de limpieza es generalmente en el rango de 1 a 20 ppm, dependiendo de factores como son el uso per cápita de agua y de detergente; A dichas concentraciones generan espuma al existir cierto efecto mecánico (agitación), lo que ha generado en cierta medida la tendencia a emplear el LAS, el cual presenta en menor grado este fenómeno en comparación al DBS, provocando menos problemas en los canales de aguas de desecho.

Biodegradación de Alquil Bencensulfonato

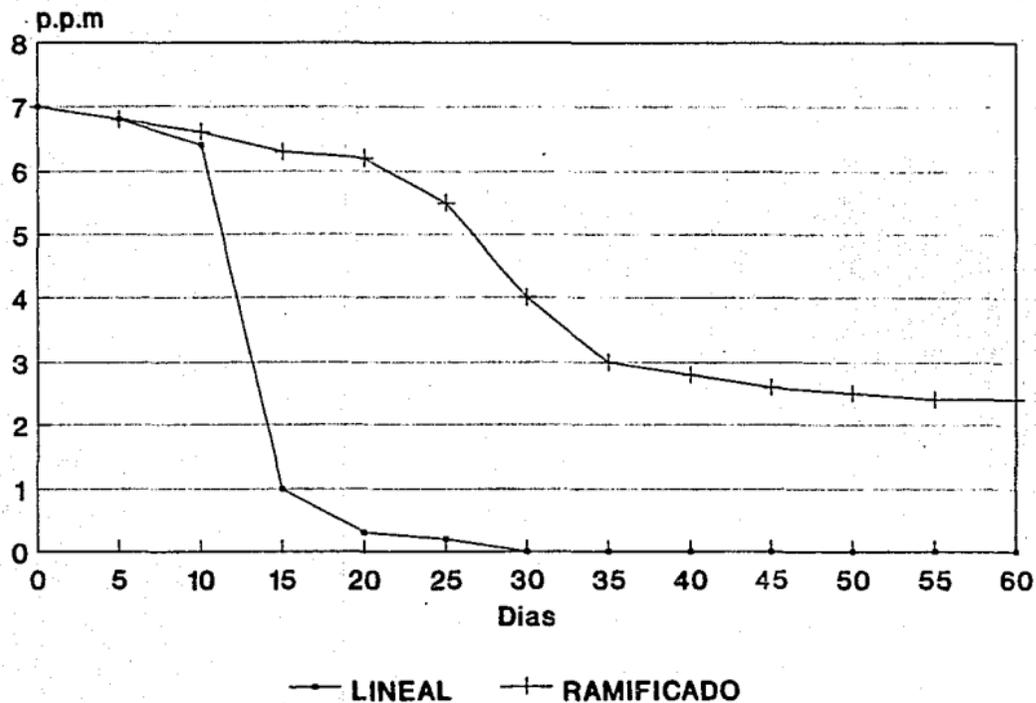


Fig 6

Anteriormente el producto más empleado para la limpieza de la ropa era el jabón simple, el cual no presenta generación de espuma en aguas residuales debido a que el jabón precipita con los iones que confieren dureza al agua y es degradado más rápidamente. El DBS o IAS son asimilados por los microorganismos por medio de un número de reacciones enzimáticas consecutivas que pueden llevar diferentes vías, el camino que siga los pasos más rápidos será favorecida y el compuesto que tenga características estructurales que permitan un ataque enzimático más rápido, será asimilado primero. (11,31)

Cuando un surfactante es biodegradado, es convertido por oxidación en partículas menores que posteriormente son totalmente asimiladas. Los intermediarios de la oxidación del DBS o el IAS generalmente contienen un grupo carboxilo, así como el grupo Sulfonato. Debido a que estas moléculas han perdido parte de su cadena hidrofóbica, eliminándose por lo tanto su carácter balanceado hidrofóbico\hidrofilico que le confería la propiedad de agente tensoactivo, eliminándose por lo tanto la generación de espuma.

Haciendo a un lado las ventajas de biodegradación que presenta el LAS sobre el DBS, la formulación de un producto líquido con LAS presenta una serie de cualidades en cuanto a desempeño se refiere.

El Alquil bencensulfonato lineal presenta una mayor flexibilidad para la formulación, por no tener tantas impurezas como trazas de tolueno que afectan la estabilidad del producto (34), ya que este tipo de detergentes líquidos que contienen un elevado porcentaje de polvos en solución, son susceptibles a presentar separación de fases, debido en la mayoría de los casos a la interrelación entre las impurezas del tensoactivo y los demás componentes de la formulación.

El LAS ofrece una variedad muy amplia respecto a longitudes de cadena, favoreciendo así las formulaciones más específicas.

El uso de agentes "Builders" puede ser reducido, obteniendo una actividad detergente similar a la que se obtendría con el uso del DBS en mayores concentraciones. Fig 7

Actividad Detergente entre LAS y DDBS

Mancha algodón, dureza de agua 300 ppm

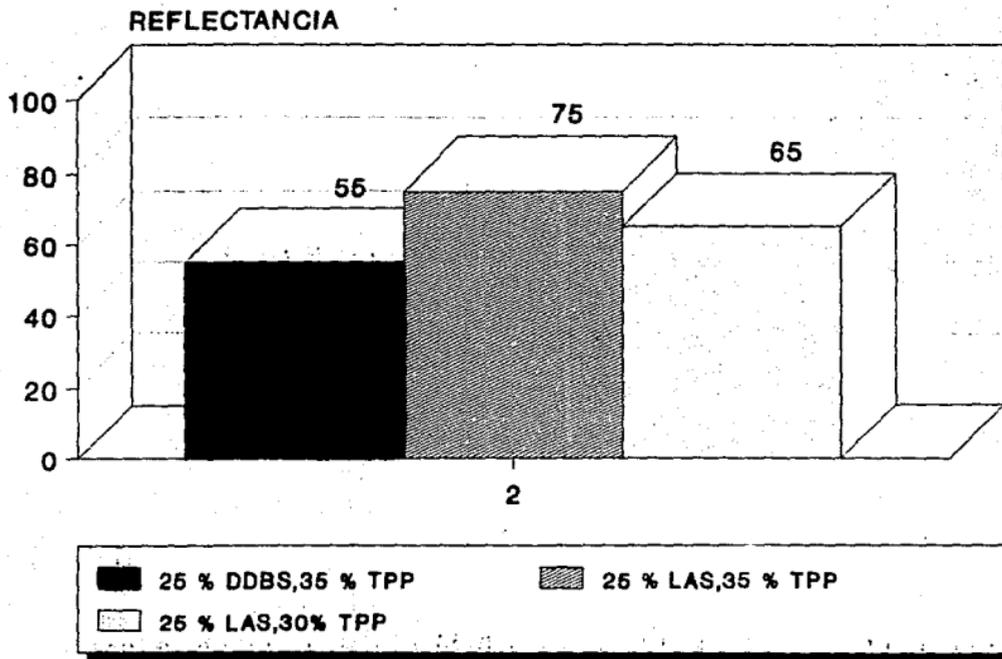


Fig 7

En la gráfica se puede observar que con una concentración de LAS igual a la de DBS y el mismo nivel de "Builder" se obtiene una detergencia mayor, lo que significa un mejor desempeño.

El LAS presenta una menor sensibilidad a la dureza del agua, encontrando que a niveles de 350 ppm de iones Calcio se continúa con un efecto detergente, mientras que el DBS presenta una actividad muy reducida en las mismas condiciones (5). Fig 8

En términos económicos si bien es cierto que el precio del LAS es mayor que el del DBS, el costo del primero aún se encuentra por debajo de una amplia lista de surfactantes empleados en la Formulación de Detergentes (10), como se muestra a continuación en un orden creciente:

- 1.-LAS
- 2.-Sulfonato de alcano secundario
- 3.-Sulfonato de alfa oleofina
- 4.-Alcoholes etoxilados
- 5.-Sulfatos de Eter de Alcohol

Efecto dureza de Agua en LAS y DDBS

Estabilidad espuma

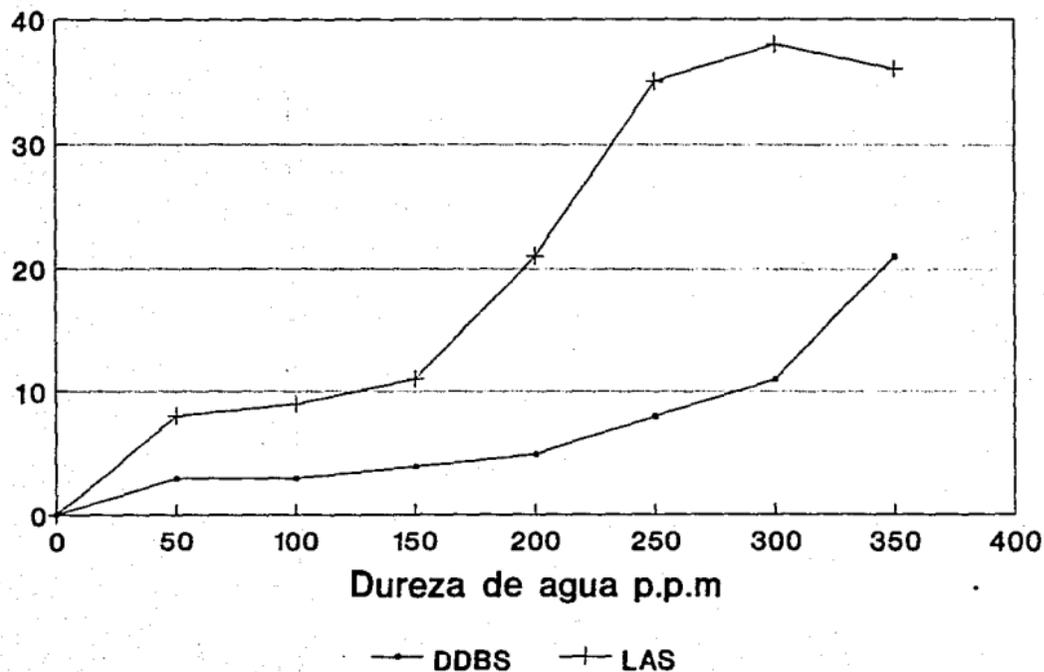


Fig 8

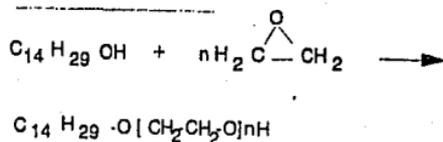
En el desarrollo de un detergente líquido, el IAS viene en cierta medida a ser una "anticipación" sobre la tendencia de todos los fabricantes de detergentes a emplear este producto en su fabricación, además de conferirle al producto una mayor estabilidad y eficacia de lavado.

5.3 Otros tensoactivos empleados

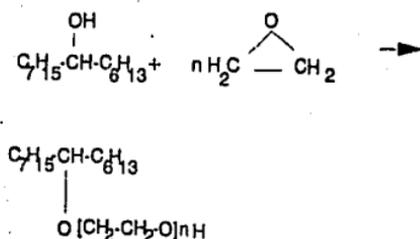
Generalmente en la formulación de la mayoría de los detergentes líquidos se involucra el uso de un tensoactivo aniónico y uno no iónico, con el fin de obtener una relación sinérgica en cuanto a las propiedades detergentes de los mismos.

Los Surfactantes no iónicos son elaborados mediante la reacción de un alcohol lineal, sea primario o secundario, con óxido de etileno, usualmente en un rango de 7 a 10 moles de óxido de etileno (EO). Fig 9

ALCOHOL PRIMARIO



ALCOHOL SECUNDARIO



n = 7 a 10

Fig.9

Dichos tensoactivos son altamente eficientes en lo que respecta a propiedades de limpieza y desengrasado. La baja espuma generada por estos le ha conferido el que sean ampliamente empleados en las formulaciones para lavadoras, en donde se requieren productos de generación de espuma moderada.

Si tomamos como base la estructura del alcohol primario etoxilado y lo sulfatamos con trióxido de azufre o ácido cloro sulfónico obtenemos un Sulfato de alcohol etoxilado, del género de los surfactantes aniónicos. Fig.10

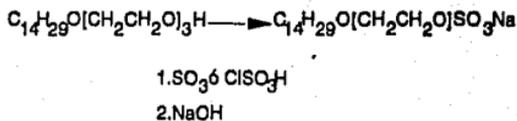


Fig.10

A dicha familia corresponde el Lauril Eter sulfato de Sodio (LESS), el cual ha sido empleado en una gama de productos como agente único o en combinación con el LAS.

El LESS presenta grandes ventajas al ser empleado en formulaciones líquidas confiriendo cierta suavidad a las manos del consumidor al ser empleado en el lavado a mano.

Este agente tensoactivo no presenta gran sensibilidad a la dureza del agua, siendo un buen candidato para los productos con "builders".(14,22)

Los alcoholes lineales etoxilados y los sulfato-etoxilados han presentado mayor incidencia en su empleo durante los últimos años, debido a una serie de factores:

- a) Presentan gran tolerancia a el agua dura.
- b) Presenta gran actividad limpiadora
- c) Presenta excelente biodegradabilidad.
- d) Posibilidad de formulación con altos Ingredientes activos.

Considerando las propiedades relevantes de cada surfactante por separado y los valores de las interacciones moleculares es posible predecir que clase de sinergismo existirá en una mezcla y además la proporción de materias a las cuales el sinergismo será máximo y el valor óptimo de la actividad surfactante en dicho punto.

En cualquier sistema multicomponente de tensoactivos, la interacción más fuerte entre dos surfactantes usualmente determina las propiedades del sistema entero y la evaluación de esa interacción será probablemente suficiente para predecir las propiedades de la mezcla. (30)

5.4 Tensión Superficial

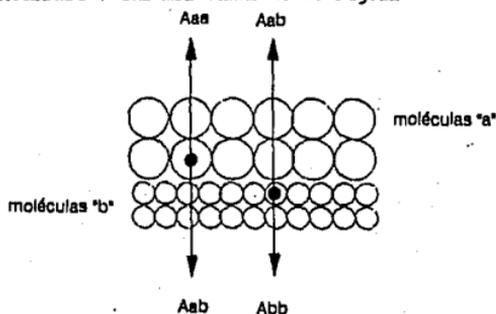
La reducción de la tensión superficial es una de las propiedades más importantes de los surfactantes.

Las moléculas en la superficie de un líquido tienen energías potenciales mayores que aquellas moléculas similares en el interior del líquido; esto es porque las interacciones atractivas de las moléculas en la superficie con las del interior del líquido son más grandes que las que se encuentran ampliamente separadas en la fase gaseosa.

La tensión superficial es el trabajo necesario para producir un incremento unitario del área superficial o la fuerza que actúa sobre una unidad de longitud de superficie. (2)

En la interfase entre dos fases condensadas inmiscibles las moléculas incompatibles en las capas adyacentes se orientan cada una a través de la interfase que también tienen energías potenciales diferentes de aquellas en sus respectivas fases.

Si consideramos una interfase entre las fases de dos líquidos puros a y b, la energía potencial de las moléculas de a en la interfase sobre aquellas en el interior de tal fase es $Aaa-Aab$, donde Aaa simboliza la energía de interacción molecular entre las moléculas similares de a en el interior de la interfase y Aab es la interacción molecular entre las moléculas de a en la interfase y las moléculas de b. Fig.11



De igual manera el potencial de las moléculas de b en la interfase sobre estas en el interior de la interfase es $Abb-Aab$.

La energía potencial de todas las moléculas en la interfase sobre aquellas en el interior de cada fase (la energía libre interfasial) es entonces $(Aaa-Aab) + (Abb-Aab)$ o $Aaa+Abb-2 Aab$, siendo el mínimo trabajo requerido para crear la interfase.

La energía libre interfasial por unidad de área de interfase, (la tensión interfasial) esta dada por la expresión:

$$\gamma_1 = \gamma_a + \gamma_b - 2 \gamma_{ab}$$

Donde γ_a y γ_b son energías libres por unidad de área (las tensiones superficiales) de los líquidos a y b, respectivamente, y γ_{ab} es la energía de interacción a-b por unidad de área através de la interfase.

El valor de la energía de interacción por unidad de área através de la interfase γ_{ab} es grande cuando las moléculas a y b son similares en naturaleza química. Cuando el valor γ_{ab} es grande, entonces podemos ver en la ecuación, que la tensión interfasial será pequeña y cuando el valor γ_{ab} es chico entonces el valor γ_1 es grande.

El valor de la tensión interfasial es por lo tanto una medida de la disimilitud de dos tipos de moléculas orientadas una a otra através de la interfase.

Quando las dos fases son líquidos inmiscibles y sus tensiones superficiales respectivas, son experimentalmente determinables permitiendo la evaluación de γ_{ab} , al menos en algunos casos.

Si una de las fases es un sólido, la evaluación experimental de γ_{ab} es más difícil.

La mayor similitud entre a y b en estructura o en la naturaleza de sus fases intermoleculares será mayor la interacción entre ellas y por lo tanto menor la tensión interfásica resultante entre las dos fases. Cuando $2\gamma_{ab}$ es igual a $\gamma_a + \gamma_b$, la región interfásica desaparece y las dos fases espontáneamente se combinan para formar una sola.

Si al sistema de dos fases inmiscibles se añade un agente surfactante que es adsorbido en la interfase, este se orientará, principalmente con el grupo hidrofílico hacia el agua y el grupo hidrofóbico hacia el otro compuesto como la grasa. Desde que estas interacciones son ahora mucho más fuertes que la interacción original entre las moléculas de agua y la grasa, la tensión entre la interfase es significativamente reducida por la presencia del surfactante.

En tal surfactante es indispensable la presencia de una porción lipofílica y un lipofóbica. La porción lipofóbica tiene dos funciones esenciales:

1.-Producir la adsorción espontánea de la molécula de surfactante en la interfase.

2.-Incrementar la interacción a través de la interfase entre las moléculas adsorbidas del surfactante y las moléculas de la fase adyacente.

La función del grupo lipofílico es de proveer una fuerte interacción entre las moléculas del surfactante en la interfase y las moléculas del solvente. Si una de estas funciones no es llevada a cabo, entonces la reducción de la tensión superficial, característica de los surfactantes, no será llevada a cabo.

Para una significativa actividad surfactante, un adecuado balance entre el grupo lipofílico y lipofóbico en el agente surfactante es esencial. (30)

5.5 Mecanismos del proceso detergente

Tres elementos están presentes en todo proceso de detergencia: 1) El substrato (la superficie que será limpiada), 2) La suciedad o mugre (el material que será removido en el proceso de detergencia), y 3) La solución limpiadora (el líquido que se aplica al substrato para remover la mugre). La dificultad en desarrollar un mecanismo para el proceso detergente radica en la casi infinita variedad de los primeros dos elementos, el substrato y la mugre. El substrato puede variar de una superficie dura a una suave y porosa .

La mugre o suciedad puede ser líquida o sólida (usualmente una combinación de ambas), iónica o no polar, inerte o activa hacia la solución de lavado.

Como resultado de esta gran variedad de substratos y de tipos de manchas, no existe un solo mecanismo de detergencia pero si un número de procesos diferentes, dependiendo de la naturaleza del substrato y la mancha.

La solución de lavado es generalmente una mezcla de varios materiales, conocida generalmente como detergente.

Esencialmente el lavado o limpieza del sustrato consiste de dos procesos:

- 1.-Remoción de la mugre del sustrato
- 2.-Suspensión de la mugre en la solución de lavado y la prevención de su redepositación.

Remoción de la mugre del sustrato

Las manchas son adheridas a los sustratos por varios tipos de fuerzas y son removidas por diferentes mecanismos.

Las sustancias que son absorbidas químicamente via enlaces covalentes pueden generalmente ser removidas por procesos químicos que destruyan estas uniones

por medio de agentes oxidantes o enzimas; las manchas que pueden ser removidas por el uso de surfactantes son adheridas generalmente al substrato por adsorción física (fuerzas de Van der Waals, interacciones dipolo) o por fuerzas electrostáticas.

La remoción de la mugre por los surfactantes generalmente involucra su adsorción en las superficies de la mugre y del substrato desde la solución de lavado.

La suciedad líquida, que puede contener grasas de la piel (sebo), ácidos grasos, aceites minerales y vegetales, alcoholes grasos, y los componentes líquidos presentes en los productos cosméticos es generalmente removida por el mecanismo "roll-back". La suciedad en su forma sólida puede consistir en materiales orgánicos, tales como ceras minerales o vegetales que pueden ser licuados por la aplicación de calor o la acción de aditivos; o estar conformada por materia particulada como carbón u Oxido de Fe que no pueden ser solubilizadas.

Remoción de la suciedad líquida

La remoción de la suciedad líquida (grasosa) por una solución detergente se llevará a cabo por un mecanismo "roll-back", tal proceso consiste en incrementar el ángulo de contacto que la mancha líquida hace con el sustrato por la adsorción del surfactante del detergente presente en el proceso de lavado.

En la Fig.12 se ilustra una partícula de mugre líquida adheriéndose al sustrato ante la presencia de aire y la situación que se presenta cuando el aire es remplazado por un detergente en solución. Fig.12

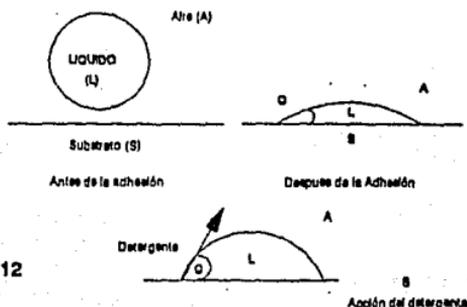


Fig.12

Cuando los surfactantes con la estructura adecuada estan presentes en el lavado, estos se absorberán en las interfases detergente-substrato y mugre-detergente con el grupo hidrofílico orientado hacia la parte acuosa para remover , con la consecuente reducción del trabajo mecánico, la mugre del substrato.

Remoción de la suciedad sólida

a) Suciedad solubilizable.

El primer paso en la remoción de este tipo de manchas es referido a la solubilización de la mugre.

La penetración del surfactante contenido en el detergente a la mancha, así como las moléculas asociadas de agua provocan la solubilización de la mugre, lo cual es un proceso clave para la eliminación de esta clase de suciedad.

En los casos donde la penetración a la suciedad sólida por los surfactantes u otros aditivos no se lleva a cabo, un incremento en la temperatura del agua de lavado puede provocar dicha solubilización. Una vez que se obtiene esta, la mugre es entonces removida por el proceso descrito con anterioridad.

b) Suciedad particulada.

La remoción de este tipo de mugre sigue los siguientes mecanismos:

1. Impregnación del substrato y las partículas de mugre por el detergente en solución.

La adhesión de pequeñas partículas sólidas de mugre al substrato es disminuida por la inmersión en agua, debido a la interacción de esta con el substrato y las partículas.

La presencia de agua produce la formación de cargas eléctricas en las interfases substrato-líquido y partícula-líquido. Estas cargas eléctricas casi siempre resultan del mismo signo entre el substrato y las partículas, generando repulsiones mutuas que provocan disminución de la adhesión neta.

El agua puede causar que el substrato se hidrate, especialmente si es una fibra natural, provocando un incremento en la distancia entre la partícula y el substrato.

2.La adsorción del surfactante y otros componentes presentes en el agua de lavado en las interfases substrato-líquido y partícula-líquido, causa una disminución en el trabajo requerido para remover la partícula del substrato.

3. La presencia de los surfactantes aniónicos en el lavado, son particularmente efectivos para incrementar los potenciales negativos (-) en el substrato y en la partícula de mugre, aunque los aniones inorgánicos en el detergente en solución, especialmente los polivalentes, son también útiles para este propósito.

El incremento en los potenciales negativos del substrato y la partícula de mugre incrementan su mutua repulsión, la barrera de energía para remover la mugre del substrato es disminuida y al mismo tiempo la dificultad para la redepositación de la suciedad es incrementada.

La reducción del trabajo reducido de adhesión entre la mugre y el substrato, causado por la adsorción de las moléculas del surfactante con los grupos hidrofílicos orientados hacia el agua; las fuerzas reducidas de Van der Waals por la hidratación de estos grupos hidrofílicos, y la repulsión electrostática incrementada, causada por cargas de mismo signo facilitan la separación de la mugre y el substrato.

Capítulo 6

6. Agentes Builders

Los agentes conocidos como "Builders" son aquellos materiales que junto con los tensoactivos confieren al producto la actividad detergente, en conjunto con los surfactantes son la materia prima más empleada en la manufactura de los productos para la limpieza de la ropa y para detergentes de uso general.

Este tipo de compuestos presentan un efecto "suavizante" de el agua de lavado precipitando los iones de Calcio, Magnesio y otros minerales que le confieren dureza al agua, permitiendo así una mayor actividad detergente de los agentes tensoactivos.

Dentro de los agentes Builders más empleados se encuentran los fosfatos como son, principalmente, el pirofosfato tetrasódico ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), el tetrafosfato de sodio ($\text{Na}_6\text{P}_4\text{O}_{10}$) y el tripoli-

fosfato pentasódico ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) conocido como TPP, siendo este último el más empleado actualmente en la manufactura de detergentes por su bajo costo y su excelente actividad, entre las que destaca:

-Suavizado del agua.

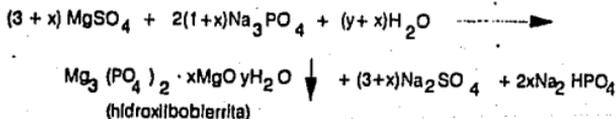
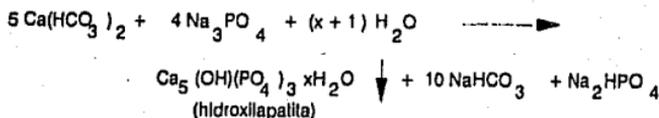
Dependiendo de su origen, el agua puede contener bicarbonatos de calcio y magnesio, o una dureza permanente resultante de carbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos de calcio o magnesio, o sulfatos de fierro y aluminio.

Todos los fosfatos sódicos son capaces de remover los elementos que le confieren la dureza al agua, por medio de la precipitación de ortofosfato de calcio y magnesio. Los fosfatos sódicos más complejos suavizan al agua por una precipitación seguida de un proceso secuestrante. En tal proceso, el calcio, el magnesio y otros iones metálicos en agua dura son transformados en complejos solubles, (los cuales previenen la formación de sales insolubles del detergente); lo cual es de suma importancia pues se evita la formación de depósitos de sales de estos minerales que están presentes en la formulación del detergente.

La acción secuestrante también incorporará aquellas partículas insolubles del detergente depositadas en las prendas después de lavados previos.

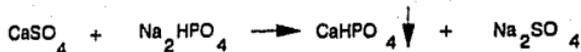
6.1 Suavizado del agua por precipitación

Las reacciones involucradas en el ablandamiento del agua por el fosfato trisódico son principalmente:



$$x=2/3 \quad y=1$$

En el caso del fosfato disódico, el precipitado puede disminuir su solubilidad debido a la presencia de fosfato dicálcico (CaHPO_4), cuyas reacciones de formación se indican a continuación:



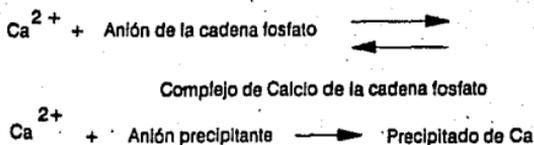
6.2 Suavizado por proceso secuestrante

Ha sido ampliamente demostrado que todos los aniones en la cadena de los fosfatos más complejos, como el TPP, son fuertes agentes secuestrantes, los cuales atrapan cationes (Ca^+ , Mg^+ , etc.) del agua dura de manera que no se presenten precipitados debido a la dureza del agua. Aunque el anión ortofosfato y los aniones de los compuestos de fosfato como el trimetafosfato de sodio se acomplejan con los cationes, estos complejos no son lo suficientemente fuertes para prevenir la formación

de precipitados por el agua dura.

Cuando la habilidad acomplejante de las cadenas de fosfatos (polifosfatos) fué por primera vez empleada para el ablandamiento de aguas, el término "secuestrar" fué introducido para describir el fenómeno en donde los iones metálicos son atrapados en un complejo.

El proceso secuestrante puede ser tratado en términos de equilibrio como una reacción de precipitación:



Ambas reacciones poseen constantes de equilibrio, y las recíprocas de las mismas son constantes de disociación del complejo y la constante de solubilización del precipitado, respectivamente.

Por definición un agente secuestrante es una substancia que posee un anion acomplejante, el cual es lo suficientemente fuerte para disolver precipitados comunes del ion metálico que será secuestrado. Esto significa, para efectos prácticos que la habilidad de un agente secuestrante debe de ser comparada con la insolubilidad de los precipitados que han sido atrapados. (15)

El complejo del calcio con la molécula de Etilen diamín tetra acetato (EDTA), por ejemplo, es tan fuerte que este material es capaz de disolver sin ningún problema el calcio presente en el agua, mientras que el pirofosfato no lo disolverá a menos de que este presente en exceso.

La constante de reacción :



sigue el mismo orden generalmente para todos los cationes, los elementos de transición poseen valores altos y las tierras alcalinas y metales alcalinos mucho menores.

Considerando que las fibras de las telas sucias conteniendo mugre casi invariablemente contienen iones de calcio como carbonatos de calcio y tomando en cuenta que este ion siempre esta presente en el agua natural empleada en el proceso de lavado, la constante de efecto secuestrante para el calcio es tomada como criterio de constante para la propiedad secuestrante como tal y esta es aplicada al proceso detergente; dicha constante es denominada $pKCa$, la cual para el pirofosfato y el EDTA es de 6.0 y 10.6 respectivamente a 25 °C.

Diversas pruebas indican que todos los builders presentan acción secuestrante cuando su $pKCa$ es mayor a 4; cuando este valor se situa entre 4 y 7 la eficacia del builder aumenta, mientras que todos los agentes secuestrantes con $pKCa$ mayor a 7 son igualmente eficientes. (27)

6.3 Detergencia

Los fosfatos de sodio además de presentar la actividad de ablandamiento de agua mencionada anteriormente, presentan características que ayudan a los productos surfactantes a mejorar su desempeño durante el proceso detergente. Su acción resulta en una rápida remoción de mugre y grasa, ayudan a estabilizar la suspensión de la mugre y previenen su redepósición en las prendas lavadas; el alto pH y acción buffer de los fosfatos ayudan a la detergencia en general.

La acción de suspender la suciedad en el agua de lavado es no solo debida a la repulsión electrostática de las partículas de mugre con los detergentes ionizados en su estructura, sino a la naturaleza de las superficies expuestas, particularmente a altas concentraciones de detergentes ionizados. (10)

Los compuestos como el TPP también presentan un efecto sinérgico cuando son combinados con tensoactivos sintéticos, esto es, la detergencia de los productos con fosfatos es mayor que la suma de las detergencias de cada componente empleado de manera individual en una formulación libre de estos.

Otro efecto producido por los compuestos de fosfatos es la prevención de la decoloración de la ropa por los iones de fierro presentes en el agua, los cuales son quelados por los mecanismos antes descritos.

La actividad de los builders en términos de efectos de limpieza consiste en:

1. Intercambio de iones con la partícula de mugre.
2. Inducen a la adsorción de los surfactantes en las fibras.
3. Incrementan la carga repulsiva de la suciedad y la fibra a través de efectos electrostáticos.

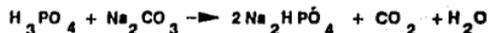
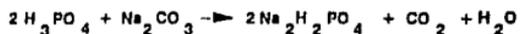
6.4 Estabilidad

La mayoría de los fosfatos son muy estables en las soluciones alcalinas a altas temperaturas que generalmente se presentan en los procesos de lavado;

La estabilidad de los mismos varía con la complejidad de los compuestos de fosfato y generalmente se ve favorecida conforme la proporción $\text{Na}_2\text{O} : \text{P}_2\text{O}_5$ se incrementa.

6.5 Manufactura de Fosfatos de Sodio

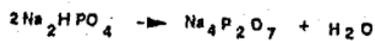
Los fosfatos mono-sódico y di-sódico son producidos directamente del ácido fosfórico por la reacción de éste con carbonato de sodio, en condiciones propicias:



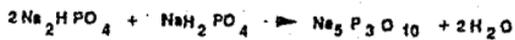
El fosfato trisódico es producido por la reacción del fosfato disódico con hidróxido de sodio:



Los complejos de fosfatos son preparados comercialmente de fosfatos monosódicos y disódicos; el pirofosfato tetrasódico es obtenido por el calentamiento del fosfato disódico:



Mientras que el TPP, empleado en formulaciones detergentes es producido por una mezcla de fosfatos mono y disódicos:



6.6 Formas del Tripolifosfato pentasódico

El TPP existe en dos formas cristalinas comunmente conocidas como fase I y fase II, la Fase II es formada por calcinamiento a Temperaturas aproximadas a 410 °C, mientras que la fase I es formada a temperaturas mas elevadas. En la formulación de un detergente líquido en base a fosfatos la proporción Fase I / Fase II es de vital importancia en cuanto a la estabilidad del producto se refiere.

Debido a su mayor contenido de energía, la Fase I es más inestable que la fase II en presencia de agua; la fase I se hidrata más rapidamente y libera más calor durante su disolución en el proceso de manufactura del detergente, es por lo anterior que la rapidez de hidratación puede ser controlada especificando el porcentaje de fase I/ fase II en el TPP empleado y de esto podrá depender la precipitación o suspensión del Builder en el producto final.

6.7 Biodegradabilidad del Tripolifosfato pentasódico

Desde hace tiempo los consumidores han estado preocupados por posibles efectos negativos de los detergentes formulados con fosfatos hacia el medio ambiente.

Los fosfatos son uno de los tres mayores componentes en los fertilizantes sintéticos y la mayoría de los fosfatos producidos hoy en día son empleados en la fertilización de la tierra.

La sobre-fertilización (Eutroficación) de los lagos o ríos estimula el excesivo crecimiento de la vida acuática, propiciada por excesos de fósforo en el agua que proviene de : Fertilizantes 40 %, Defecación Humana y animal 30 %, Detergentes 20 % y desechos industriales 10 %.

Las algas, el alimento básico de los animales acuáticos, en exceso se acumulan en grandes masas flotantes, cuando estos grandes grupos de algas son arrastradas hacia la tierra y se descomponen causan olores extremadamente desagradables y serios problemas de sabor al agua.

Las algas, como la mayoría de las plantas, requieren de 15 a 20 elementos nutrientes para crecer; teóricamente la completa eliminación de cualquiera de estos nutrientes interferirá su crecimiento.(10) Es por esto que en países como Estados Unidos y Canadá en los finales de los años 60's grupos ecologistas, consumidores y otros grupos exigieron la disminución del uso de fosfatos en la manufactura de los detergentes.

Dicho movimiento orilló que a principios de los años 70's la mayoría de los fabricantes de productos para limpieza en Estados Unidos iniciaran una disminución en el uso de fosfatos, generando una serie de investigaciones encaminadas a encontrar un sustituto a dichos compuestos para ser empleado como "builder".(34)

6.8 Otros agentes "Builders"

En 1966 el NTA (ácido nitrilotriacético) , fue empleado como agente "Builder" en algunos detergentes como un sustituto parcial del TPP y para 1970 ya era empleado en una alta proporción (10). El uso de este agente secuestrante fue disminuyendo debido a cuestiones Toxicológicas.

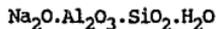
El ácido cítrico y sus sales como el citrato de sodio han sido propuestos como sustitutos del TPP, aunque son costosos y muy limitados en su habilidad para secuestrar iones metálicos durante el proceso de lavado (8).

El citrato de sodio es sumamente empleado en formulaciones líquidas, aunque con menor eficiencia que los fosfatos.

El metasilicato de sodio (Na_2SiO_3) es un agente builder sumamente empleado en productos para limpieza de trastes, ya que es especialmente efectivo para inhibir la corrosión de los surfactantes sobre los metales.

Dentro de los substitutos para los fosfatos, destacan los compuestos conocidos como "Zeolitas", que significa en griego "piedra que hierve" (6).

Dichos compuestos son clasificados químicamente como Aluminosilicatos cristalinos, los cuales son estructuras dimensionales formadas por Oxido de Silicio, Oxido de Aluminio, Dióxido de Silicio y Agua:



Diversas Investigaciones conducidas con el objeto de Conocer la biodegradabilidad de las Zeolitas indican, hasta ahora, que no producen ningun efecto negativo hacia el medio ambiente.

El uso de las Zeolitas en paises Industrializados ha ido constantemente en aumento, aunque en tales paises aún se cuestiona si el fenómeno de la eutroficación es debido al desecho de detergentes (20).

Aunque el uso de estos alumino-silicatos presenta grandes ventajas en términos ambientales, no son tan eficientes en la capacidad de poder secuestrante de iones calcio en el agua de lavado como lo es el TPP o el NFA. Fig.13

Poder Quelante de Builders

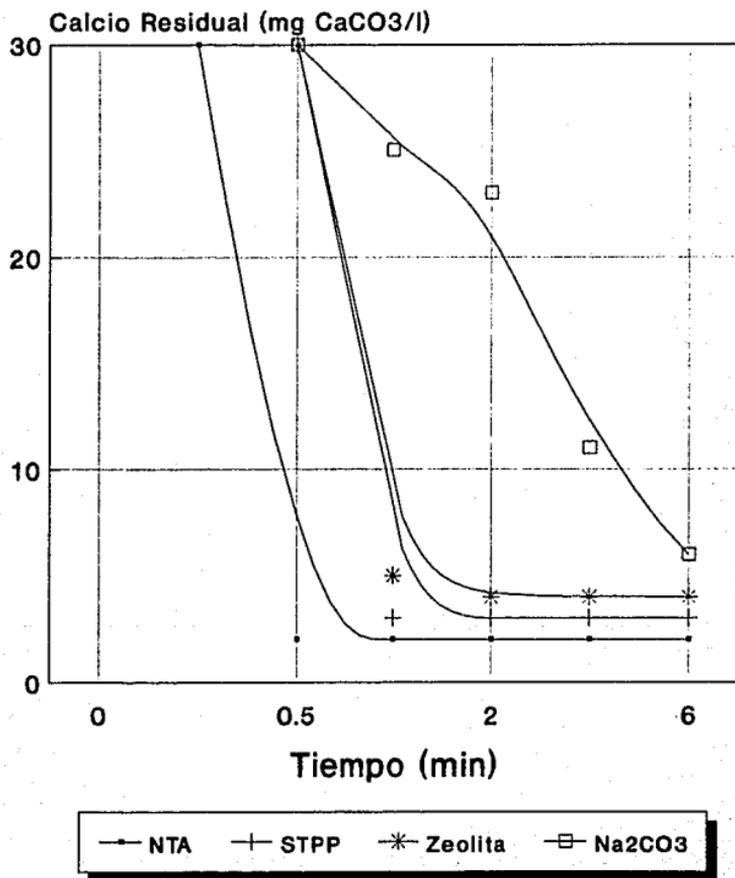


Fig.13 [Ca]=80 p.p.m [Builder]=0.06%

Capítulo 7

7. Enzimas

La eficacia de los detergentes líquidos para uso doméstico puede mejorarse esencialmente por la inclusión de enzimas.

Estas enzimas son del mismo tipo que las normalmente utilizadas en los detergentes en polvo, o sea proteasas y amilasas.

Frecuentemente, la ropa sucia contiene cantidades considerables de material proteínico, p.ej. sangre, sudor, desechos y varios productos alimenticios que pueden resultar difíciles de eliminar y que hacen que otros componentes de suciedad se adhieran mas a las fibras del tejido. Si se utiliza una enzima proteolítica en el detergente es posible hidrolizar las proteínas hasta un grado tal que resultan fácilmente solubles en agua, el resultado es una eliminación mas efectiva de las manchas proteínicas difíciles y un aumento global muy significativo en la eliminación de la suciedad.

Los detergentes enzimáticos líquidos son particularmente apropiados para quitar manchas, o sea tratar las manchas difíciles con detergente no diluido durante unos pocos segundos, lavando después la ropa de manera normal.

Es ínfimo el riesgo de que la enzima dañe o afecte uno de los demás ingredientes del detergente, más probable es que la enzima se afecte por uno o varios de los demás ingredientes del producto.

La enzima es una proteína globular con una secuencia específica de aminoácidos (estructura primaria) y además, en su estado activo tiene una conformación específica tridimensional. Para que la enzima pueda seguir activa, no debe de cambiarse la estructura primaria alrededor del sitio activo, por lo que deben de considerarse varios puntos en la formulación del producto, cómo :

1. Agentes tensoactivos.-

Los agentes tensoactivos normalmente son compatibles con las enzimas, pero siempre debe de controlarse la estabilidad enzimática al elegir unos agentes tensoactivos específicos.

Los agentes catiónicos tienden a tener una importante influencia negativa en la estabilidad enzimática.

2. Calcio.-

Deben estar presentes pequeñas cantidades de calcio en el detergente líquido para poder conseguir la máxima estabilidad enzimática durante el almacenamiento del producto. Típicamente se necesita una cantidad de calcio entre 100 y 500 p.p.m.

3. Builders.-

Las sustancias auxiliares como el TPP, NTA, etc, reducirán la estabilidad de las enzimas, por lo que

generalmente se tendrán que emplear estabilizadores enzimáticos como el formiato, el acetato y la acetamida los cuales pueden tener un efecto estabilizador de las enzimas al utilizarse en concentraciones entre el 1 y el 5 %.

4. Agua.-

Normalmente, es aceptable un contenido de agua en el producto final de entre el 30 y 55 % aproximadamente. Un contenido de agua más alto puede causar una reducción de la estabilidad enzimática y una contaminación microbiana.

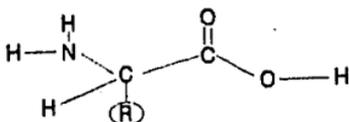
5. pH.-

El pH debe optimizarse con respecto tanto al efecto de lavado como a la estabilidad de almacenaje de la enzima. Normalmente el pH óptimo de estabilidad de almacenaje se encuentra entre 7 y 9.5.

El pH de la solución de lavado normalmente será más bajo que el pH en el detergente, debido al contenido de ácido en la ropa sucia.

7.1 Proteasas

Las proteasas son enzimas que hidrolizan los enlaces peptídicos en las proteínas. Los bloques básicos de los polímeros de las proteínas son los aminoácidos, los cuales presentan una estructura como la que se muestra en la Fig.14.



R= Difiere para cada aminoácido

Fig.14

Como se puede observar cada estructura presenta un grupo amino y un ácido carboxílico. El grupo "R" (referido al grupo funcional) representa una estructura más compleja que difiere en cada aminoácido.

Químicamente hablando, dichos grupos pueden ser ácidos o básicos, cargados o sin cargas, polares o no polares, alifáticos o aromáticos e hidrofílicos o hidrofóbicos.

Todas estas propiedades tendrán impacto en la estructura y función de la proteína.

Los aminoácidos pueden ser unidos para formar cadenas peptídicas. La unión entre cada aminoácido es llamada unión peptídica; en la Fig.15 se puede observar la unión entre tres aminoácidos unidos para formar un tripéptido.

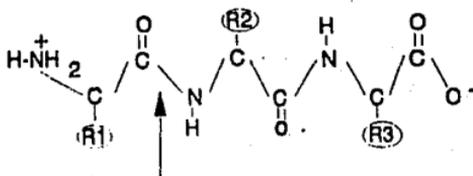


Fig.15 Enlaces Peptídicos

Quando la cadena peptídica es mayor a 10 aminoácidos o mayor a 1,500 unidades en peso molecular, dicha estructura es un polipéptido. Las proteínas son frecuentemente más largas con hasta cientos de aminoácidos unidos, éstas pueden presentar pesos moleculares que van desde 5,737 como es el caso de la insulina, hasta pesos mayores a 300,000 para algunos complejos presentes en la soya.

La susceptibilidad de una proteína a ser atacada por una enzima proteasa, es debido a su estructura; los siguientes niveles de organización deben de considerarse al describir la estructura de una proteína:

1. Estructura primaria.

La secuencia de aminoácidos que conforman la proteína es diferente para cada una de éstas. La estructura total de la proteína y su función serán determinados por la secuencia de aminoácidos en la misma, el número de enlaces peptídicos que una proteasa puede romper depende de qué aminoácidos se encuentren presentes y cual se encuentra adyacente a otro.

2. Estructura secundaria.

Se puede presentar una forma de alfa-hélice, de "zig-zag" conocida como beta conformación, o en forma espiral al azar. Cualquier proteína puede tener estas estructuras en algunas zonas de su conformación general, dependiendo una vez más de los aminoácidos presentes.

3. Estructura terciaria.

La estructura terciaria describe la forma en la cual la proteína es plegada en forma tridimensional. Esta forma estará influenciada por las áreas de alfa-hélices o espiral en la cadena; una sola proteína puede tener varias conformaciones.

La estructura terciaria es afectada por fuerzas internas en la cadena como puentes disulfuro entre residuos de cisteína, puentes de hidrógeno, atracciones iónicas entre aminoácidos de carga opuesta, etc. Todas estas tenderán a estabilizar la cadena en su forma original.

Esta estructura es muy importante para determinar la susceptibilidad de la proteína a atacar.

4. Estructura Cuaternaria.

Esta se refiere a la asociación de varias proteínas que conforman un agregado.

El mecanismo por el cual las proteasas separan los puentes peptídicos, puede observarse en la Fig.16.

El ataque de la enzima hacia la proteína puede ocurrir en dos formas:

a) El ataque se realiza en los extremos finales de la cadena peptídica, dichas enzimas son conocidas como "Exoproteasas".

b) El ataque se puede llevar a cabo en el interior de la cadena, los productos de la Hidrólisis son usualmente polipéptidos y péptidos menores. las enzimas que realizan este proceso se conocen como "Endoproteasas".

Las enzimas proteolíticas empleadas en la formulación de detergentes son generalmente proteasas alcalinas del tipo serina, las cuales son endoproteasas que hidrolizan un amplio rango de uniones peptídicas sin una preferencia determinada por algún tipo de unión;

ESTA TESTIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

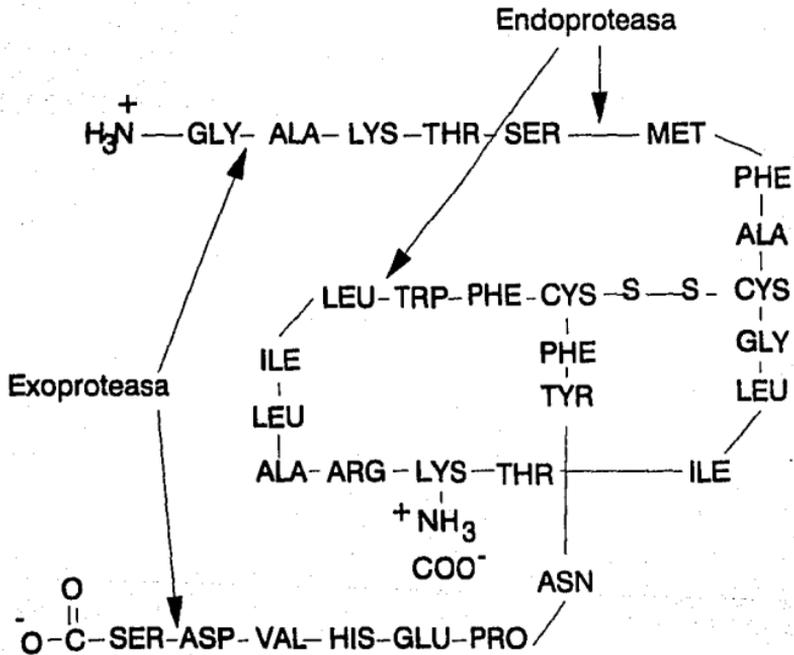


Fig.16

ATAQUE ENZIMATICO A PROTEINA

son producidas mediante fermentaciones sumergidas de una especie alcalofílica de B.subtilis.

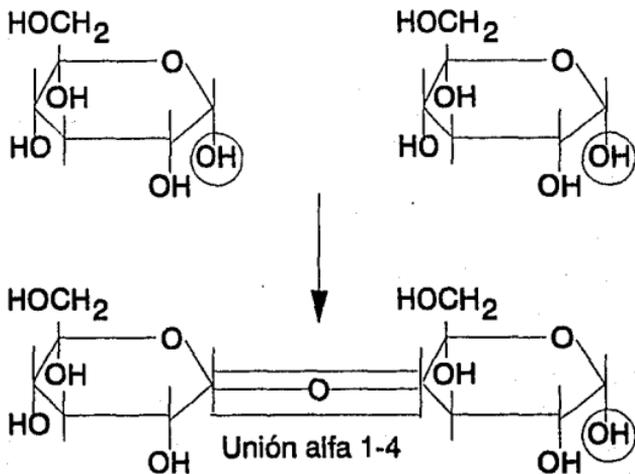
7.2 Amilasas

Las amilasas son enzimas que catalizan o "aceleran" la hidrólisis del almidón.

El almidón es un polímero formado por moléculas de glucosa unidas por un polímero lineal llamado amilosa o un polímero ramificado llamado amilopectina. En la amilasa las unidades de glucosa son unidas por puentes entre el carbono 1 y 4 (alfa 1-4).Fig.17

En la amilopectina la glucosa es también unida por carbonos 1-4 en secciones lineales. los puntos ramificados ocurren de cada 20 a 25 unidades de glucosa, donde una glucosa adicional es ligada al carbón No. 6. Estos puntos ramificados son resistentes a la hidrólisis por las amilasas, ya que algunas de estas no hidrolizan las uniones 1-6, mientras que otras las hidrolizan más lentamente que las uniones 1-4.

Configuración Alfa



Configuración beta

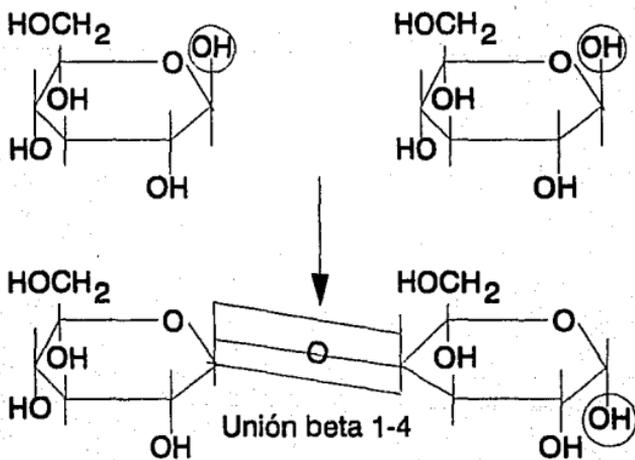


Fig.17

-Alfa amilasa

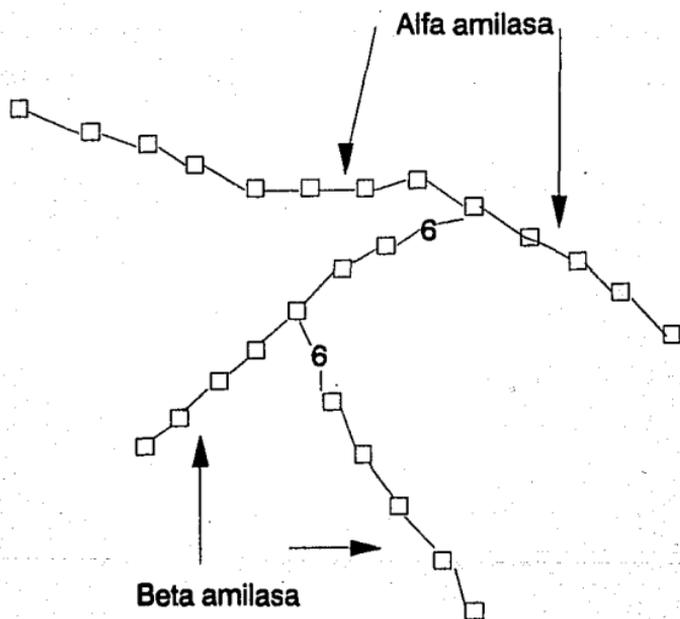
Las amilasas son denominadas "alfa" cuando los productos de la hidrólisis tienen la configuración alfa y cuando atacan al polímero de la manera "endo". Los fragmentos más pequeños son denominados dextrinas.

Algunas de las alfa amilasas más importantes han sido aisladas de Bacillus, siendo éstas metaloenzimas; las alfa amilasas requieren de iones calcio para su actividad y estabilidad.

-Beta amilasa

Esta segmenta las uniones 1-4, pero ataca al almidón en diferente manera, ataca en la forma "exo"; La enzima forma maltosa (un disacárido) de un extremo del polímero almidón, pero no puede hidrolizar enlaces 1-6.

Fig. 18



Representación esquemática de la Hidrólisis de una cadena de almidón

Fig.18

En el proceso de "remojo", previo al lavado, las enzimas actúan hidrolizando las manchas en fragmentos más pequeños, los cuales serán totalmente removidos en el lavado por los demás componentes del detergente.

La temperatura a la que se efectúe el lavado, es otro factor importante relacionado a la actividad enzimática, ya que un aumento de la temperatura de lavado aumenta el efecto de la enzima. (12,28,3,7)

Capítulo 8

8. Desarrollo experimental

Tomando en consideración las características que presentan el LAS y LESS como surfactantes y el TPP como agente builder, se partió de la siguiente formulación para el desarrollo del producto:

<u>MATERIAL</u>	<u>% EN FORMULA</u>
Agua	60.51
TPP	15.00
LESS	11.43
LAS	11.11
Enzima (Proteasa)	0.50
Perfume	0.50
Color	0.55
Abrillantador óptico	0.20
Agente anti-redepositante	0.20

Los porcentajes de cada uno de las materias que intervienen en la fórmula fueron calculados teóricamente, conociéndose de antemano las características y actividad de cada material.

Un nivel elevado de TPP en la fórmula, como lo es un 15%, asegurará la eficiencia del producto en lo que respecta a ablandamiento del agua de lavado, lo que permitirá una mejor actividad detergente.

Este nivel de TPP es un nivel elevado, si se considera que tendrá que suspenderse en el producto; el TPP que comúnmente se encuentra en el mercado empleado principalmente en la manufactura de productos en polvo, cuenta con las siguientes características:

Color	Blanco
Olor	Inodoro
Textura	Polvo fino
Fosfatos como $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	92%
Fosfatos como $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	8%

Este material presenta una serie de problemas para emplearse en una formulación líquida, pues no llega a disolverse completamente en el agua, formando una serie de partículas sólidas que impiden su incorporación. Conociendo que el grado de solubilidad del TPP esta en función de la relación de fase I/fase II, se evaluaron diversos productos con la siguiente composición:

	<u>TPPa</u>	<u>TPPb</u>	<u>TPPc</u>
Contenido Fase I	55-64%	85%	25%

Fosfato como $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	91%	91%	91%
Fosfato como $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	4%	4%	4%

Empleando estos tres grados de TPP se realizaron batches a nivel laboratorio con el objeto de conocer que grado de Fase I sería el más adecuado en terminos de solubilidad y estabilidad una vez disuelto en agua, encontrando que cada uno de los tres posibles tipos de TPP a emplear, presenta diferencias en tiempo de disolución e incorporación:

	<u>Tiempo disolución</u>	<u>Incorporación</u>
Agua + 15% TPPa	30 minutos	Media
Agua + 15% TPPb	15-20 minutos	Absoluta
Agua + 15% TPPc	30-40 minutos	Baja

De la tabla anterior se concluye que el nivel de Fase I estará en relación al grado de incorporación del producto y la disminución en el tiempo de disolución del mismo, lo que reducirá el tiempo total de manufactura del producto.

Un detergente formulado con TPPb ó TPP Alta fase I, como comunmente se conoce, y con IAS C 12=18%, fué sometido a diferentes temperaturas con el objeto de evaluar la estabilidad del mismo, lo que se conoce como "pruebas de añejamiento". Las temperaturas empleadas para esta prueba están relacionadas a las condiciones en las que el producto se encontrará en el mercado, es decir se somete a temperaturas extremas a las que pueden encontrarse algunas ciudades del país en determinadas épocas del año.

Considerando que el producto puede permanecer antes de su venta en almacén por un periodo de tiempo prolongado, esta evaluación se conduce por 12 semanas, equivalentes a un año de vida de anaquel.

En la tabla No.1 se puede observar que a temperatura elevada (49°C) el producto presenta una separación de fases drástica a las dos semanas y a las cuatro semanas se presenta una separación aún a temperatura ambiente, por lo que lógicamente no se continuó con la prueba.

En esta evaluación el producto presenta una fase acuosa en la parte superior del recipiente y una fase de alta viscosidad (3,000-4,000 cps) en la parte inferior, sin observarse algún residuo de fosfato en el fondo del envase.

PRUEBAS DE AÑEJAMIENTO
ESTABILIDAD DETERGENTE LIQUIDO

Temperatura	1a semana	2a semana	4a semana
Ambiente	OK	OK	1
5 ° C	OK	OK	OK
43 ° C	OK	2	3
49 ° C	OK	3	3

OBSERVACIONES:

1= Separación ligera, líquido transparente en la parte superior mal aspecto general.

2= Separación notable identificándose la presencia de 2 fases

3= Separación drástica, muy mal aspecto.

Tabla No.1

Esta observación nos lleva a la conclusión de que a pesar de que el fosfato fue hidratado e incorporado al producto, la carga de sólidos en el detergente es muy elevada para poder mantenerse en suspensión.

Los agentes tensoactivos que intervienen en el producto deben de soportar el elevado porcentaje TPP en fórmula, evitando así la separación de fases, por lo que el nivel de ingrediente activo de cada uno de éstos es de suma importancia para lograr la estabilidad.

El porciento de materia activa de cada surfactante se suma para aportar el nivel total del producto, factor que esta relacionado directamente a la capacidad de suspender un determinado nivel de sólidos en el detergente.

Si consideramos que la fórmula tiene un 11.11% de LAS y 11.43% de LESS y que comercialmente tienen un ingrediente activo del 45% y 70%, respectivamente, se tiene lo siguiente:

LAS (45% I:A)	11.11% en fórmula = 5% Activo
LESS (70% I:A)	11.43% en fórmula = 8% Activo
TOTAL PRODUCTO	13% Activo

El incrementar el nivel de activo para obtener estabilidad, podría ser una solución que tendría las siguientes limitantes:

1. Aumento considerable de costo en el producto
2. Incremento en la viscosidad, obteniéndose un producto demasiado viscoso (4,000 a 5,000 cps) que afectará su disolución en el agua.
3. Dicho aumento en la viscosidad puede interferir con la aceptación del consumidor.

Es por lo anterior que se consideró evaluar las características del IAS, conocer su composición y como ésta impactaría a la estabilidad del producto, antes de elevar su porcentaje en fórmula.

El IAS puede presentar una gran diversidad de longitudes de cadena, dependiendo de la materia prima empleada para su obtención. El IAS con longitudes de cadena en el rango de 10 a 15 átomos de Carbono es empleado en productos para el cuidado del hogar, mientras que los números mayores, en el rango de Carbonos 16 a 24, son empleados en formulaciones para lubricantes.

El LAS que se requiere para este producto necesita poseer una alta solubilidad en agua, por lo que se deben evitar C 16 y alquilbencensulfonatos mayores; la distribución de carbonos debe de contar con un rango de Carbonos 12-14 elevado.

La distribución de carbonos será fundamental para la estabilidad del producto. Dentro de la gran variedad de LAS existentes en el mercado se seleccionaron algunos de los que, por las características de su cadena, podrían emplearse en el producto por contar con un porcentaje de C 12 elevado.

DISTRIBUCION DE CADENA

LAS No.	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
	(%)				
Menor a C 10	2	1	1	0.5	2
C 10	25	18	15	8	5
C 11	30	40	45	35	30
C 12	18	17	19	36	40
C 13	8	10	12	20	10
C 14	15	12	6	0.5	10
Mayor a C 15	2	2	2	2	3
Peso molécul ar	231	238	245	248	250
(prom.)					

EVALUACION AÑEJAMIENTO DETERGENTE LIQUIDO

Muestra No.1		2a Semana			4a Semana			6a Semana			8a Semana			12a Semana		
LAS 1																
Característica	Inicio	T.A	5 °C	49°	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C
Viscosidad	3,000 cps.	=	3,400	2,000	=	3,400	2,000	=	3,400	2,000	=	3,400	2,000	=	3,400	2,000
pH	9.9	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Color	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	1	OK	OK	1
Fragancia	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2	OK	OK	2
Apariencia	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	4	4	OK	3	3	OK	3

Comentarios:

- 1.Capa líquida incolora en la parte superior del envase.
- 2.Aroma desagradable debido a degradación enzimática
- 3.Drastica separación de fases
- 4.Indicios de separación

Tabla No.2

EVALUACION AÑEJAMIENTO DETERGENTE LIQUIDO

Muestra No.2 LAS 2		2a Semana			4a Semana			6a Semana			8a Semana			12a Semana		
		Inicio	T.A	5 °C	49°	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C
Viscosidad	3,500 Cps.	=	3,700	2,500	=	3,700	2,500	=	3,700	2,500	=	3,700	2,500	=	3,700	2,500
pH	9.9	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Color	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	1	OK	OK	1
Fragancia	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2	OK	OK	2
Apariencia	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	4	4	OK	3	4	OK	3

Comentarios:

- 1.Fase acuosa con coloración intensa en la parte superior del envase
- 2.Aroma desagradable debido a degradación enzimática
- 3.Drastica separación de fases
- 4.Indicios de separación

Tabla No.3

EVALUACION AÑEJAMIENTO DETERGENTE LIQUIDO

Muestra No.3 LAS 3		2a Semana			4a Semana			6a Semana			8a Semana			12a Semana		
Característica	Inicio	T.A	5 °C	49°	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C
Viscosidad	3,600 cps	=	3,750	2,750	=	3,750	2,750	=	3,700	2,600	=	3,700	2,600	=	3,700	2,600
pH	9.7	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Color	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	1	OK	OK	1
Fragancia	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	2	OK	OK	2	OK	OK	2
Apariencia	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	3	4	OK	3	4	OK	3

Comentarios:

- 1.Fase acuosa con coloración intensa en la parte superior del envase
- 2.Disminución en la intensidad de la fragancia
- 3.Drastica separación de fases
- 4.Indicios de separación

EVALUACION AÑEJAMIENTO DETERGENTE LIQUIDO

Muestra No.4 LAS 4	2a Semana			4a Semana			8a Semana			8a Semana			12a Semana			
	Inicio	T.A	5 °C	49°	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C
Viscosidad	3,650 cps	=	3,800	3,000	=	3,850	3,000	=	3,850	2,900	=	3,850	2,900	=	3,850	2,900
pH	9.6	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Color	OK	OK	OK	1	OK	OK	1									
Fragancia	OK	OK	OK	2	OK	OK	2									
Apariencia	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	4	OK	OK	4	OK	OK	4

- Comentarios:
- 1.Capa líquida incolora en la parte superior del envase.
 - 2.Aroma desagradable debido a degradación enzimática
 - 3.Drástica separación de fases
 - 4.Indicios de separación

Tabla No.5

EVALUACION AÑEJAMIENTO DETERGENTE LIQUIDO

Muestra No.5 LAS 5		2a Semana			4a Semana			6a Semana			8a Semana			12a Semana		
Característica	Inicio	T.A	5 °C	49°	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C	T.A	5 °C	49 °C
Viscosidad	3,200 cps	=	3,300	2,250	=	3,300	2,250	=	3,350	2,200	=	3,350	2,200	=	3,350	2,200
pH	9.9	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Color	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Fragancia	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	1	OK	OK	1
Apariencia	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	3	3	3

Comentarios:

1. Aroma desagradable ligero debido a degradación enzimática

2. Disminución en la intensidad de la fragancia



3. Estabilidad de fases en todas las condiciones

Las tablas anexas muestran los resultados de las pruebas de añejamiento de los detergentes elaborados con las cinco clases de LAS antes expuestas, con el objeto de identificar la relación de la distribución de cadena con la estabilidad. (Ver tablas anexas)

En dichas tablas se puede observar que el producto en donde se empleo el LAS No.5 presenta estabilidad por un periodo de tiempo más prolongado, mientras que las otras muestras presentan separación de fases en un tiempo corto y de una manera notoria.

Basándose en los resultados obtenidos se observa que el nivel de C 12 es clave para lograr la estabilidad; la separación de fases obtenida en cada una de las otras muestras desecha la opción de emplear alguno de estos materiales en la formulación, lo que es una desventaja desde el punto de vista de facilidad para la obtención de materias primas para la fabricación.

Este nivel de C 12, tiene que presentarse en un nivel mínimo del 40 % de la composición del LAS, es decir según las pruebas efectuadas se observa que el nivel de C 12 en la oleofina para generar el LAS debe de ser controlado.

Despues de haberse concluido el periodo de añejamiento, la muestra No.5 no presentó ningun cambio en las características físicas del producto respecto al estandar:

	PRODUCTO	MUESTRA
	ESTANDAR	DESPUES DE 12 SEMANAS
Color	OK	sin cambio
Perfume	OK	sin cambio
pH	9.5 a 10	9.9
Viscosidad	3,000 a 3,500 cps	3,200 cps
Ingrediente Activo	13%	12.5%
Densidad	1.2	1.2

Observando los resultados anteriores, se concluye que la inclusión del abrillantador óptico y del agente anti-redepositante no presenta ningún impacto en la estabilidad del producto ni en su elaboración.

La enzima proteasa empleada en el producto se encuentra en forma líquida solubilizada en glicerina, lo que permite su fácil incorporación. Aunque se sabe que a una de las temperaturas en las que se realiza la prueba de estabilidad del producto (49°C) la actividad de la enzima es nula, es importante conocer si la degradación enzimática no interfiere con el aroma del producto, lo que se descartó después de evaluar la muestra No.5 contra el estándar sin percibir ningún cambio al respecto.

Conociendo que la estabilidad del producto se obtiene con la incorporación de TPP Alta Fase I y un LAS con distribución de cadena C 12 específica, la evaluación en la actividad detergente se convierte en esencial para conocer la calidad del producto desarrollado.

Capítulo 9

9. Evaluación Detergencia

El método mas común para evaluar la detergencia es el uso de medidas de reflectancia. Estas medidas son particularmente útiles porque estan referidas al grado visual de la suciedad.

La reflectancia mide un efecto total, parte del cual puede ser debido al peso y distribución de la mugre y en parte a las propiedades ópticas de las fibras por si mismas. El valor de la reflectancia es también influido por la geometría óptica del reflectómetro utilizado.

Un instrumento que es empleado para medir la reflectancia es el reflectómetro "Hunter". Luz incidente pasa através de un filtro antes de incidir sobre la tela, la luz reflectada por la tela es detectada por una celda fotoeléctrica y la intensidad medida por un galvanómetro.

El porcentaje de eficiencia de un detergente, estará definido por la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia Detergencia} = \frac{R_w - R_s}{R_c - R_s} \times 100$$

Donde R_w es la reflectancia, C y S las lecturas de la tela limpia y sucia respectivamente. (16)

Aunque la estimación de la detergencia por reflectancia es referida a una determinación visual, ésta nos proporciona una buena idea de que tan limpia se encuentra determinado tipo de tela.

Las porciones de telas que serán leídas por el reflectómetro son lavadas previamente con el detergente a evaluar en contenedores que cuentan con un efecto mecánico similar al de una máquina lavadora. En tal proceso es importante definir factores como dureza de agua y tiempo de lavado, los cuales serán de suma importancia para poder evaluar el desempeño global del producto.

Las telas utilizadas en este proceso pueden ser de diversas fibras y contener varios tipos de manchas; las telas conocidas como "EMPAS" poseen una capa uniforme de un determinado tipo de mancha sobre cierto tejido, clasificandose como:

EMPA 101.- Algodón con aceite

EMPA 112.- Algodón con cocoa, leche y azúcar

EMPA 116.- Algodón con sangre, leche, tinta china

EMPA 117.- Poliéster-Algodón con sangre, leche, tinta china

Dichas telas son útiles para evaluar, principalmente, la actividad enzimática del producto ya que contienen manchas conformadas por proteínas, almidón u otro tipo de substratos en la mayoría de los casos.

Las telas de Algodón, Nylon y lana son enmugradas con grasa y tierra, estas serán especialmente útiles para evaluar simplemente la detergencia.

Con el fin de conocer la actividad del producto contra un detergente en polvo existente en el mercado, se llevaron a cabo pruebas de detergencia con ambos productos.

La dosificación recomendada por el fabricante del detergente en polvo es de dos tazas por lavadora, las cuales contienen generalmente 60 lts. de agua, lo que equivale a 240 gr. de producto.

Si se considera que el Ingrediente activo del producto en polvo es del 18 %, generado unicamente por LAS, la cantidad de activo que se dosifica por litro de agua de lavado será de 0.72 gr. por litro:

Ingrediente Activo 18%

240 gr producto = 4 gr. de producto por lt. de agua
60 lt Agua

4 gr x 18 % (I.A) = 0.72 gr. de activo por lt. de agua

Con el objeto de conocer la dosificación adecuada del detergente líquido que presentará una mejor actividad respecto al otro producto, se empleó media taza de líquido por carga de lavadora (60 lts.) contra las 2 tazas recomendadas del polvo.

Esta dosificación es equivalente a 130 ml, que multiplicados por la densidad (1.2) corresponden a 156 gr. de producto, con un ingrediente activo por lt. de 0.33 gramos:

Ingrediente Activo=13%

$130 \text{ ml} \times 1.2 \text{ (densidad)} = 156 \text{ gr.}$

156 gr. de producto = 2.6 gr de producto por lt de agua
60 lt agua lavadora

$2.6 \text{ gr} \times 13\% \text{ (I.A)} = 0.33 \text{ gr de activo por lt}$

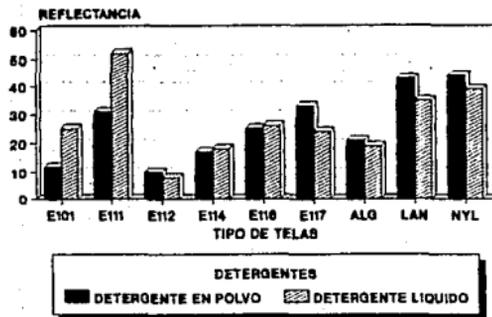
En la gráfica No. 19 se representan las reflectancias obtenidas después de lavar varios tipos de telas con las dosificaciones antes descritas para cada detergente; la mayor reflectancia obtenida representa una mejor actividad.

Ambas evaluaciones se llevaron a cabo sin remojo previo de las telas y con 2 hrs de remojo, con el objeto de observar la actividad removedora de manchas que presentan los productos antes del proceso de lavado.

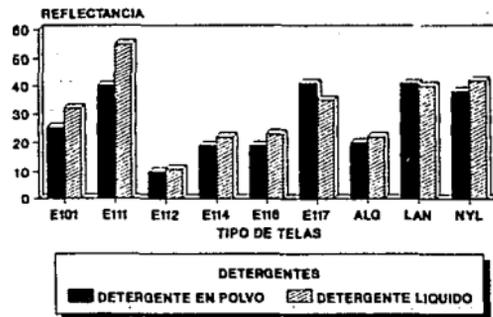
Como se puede observar en el recuadro "Total performance" la reflectancia del detergente líquido es mayor a la del polvo, lo que nos muestra una mejor actividad de este sobre el producto comercial.

Si consideramos los resultados obtenidos tomando en consideración que el nivel de activo por lt de agua del producto líquido es mucho menor que el del polvo (0.33 gr contra 0.72) se concluye que el IAS-LESS presentan una actividad sinérgica notable en comparación de la actividad que presenta el IAS empleado de manera individual en la formulación.

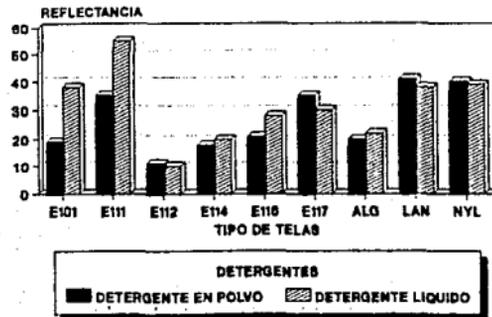
**EVALUACION DE DETERGENTES
PRUEBA DE DETERGENCIA
TIEMPO DE REMOJO: 0 Hrs.**



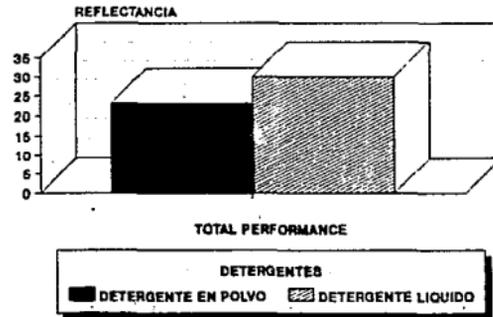
**EVALUACION DE DETERGENTES
PRUEBA DE DETERGENCIA
TIEMPO DE REMOJO: 2 Hrs.**



**EVALUACION DE DETERGENTES
PRUEBA DE DETERGENCIA
RESUMEN POR EMPA**



**EVALUACION DE DETERGENTES
PRUEBA DE DETERGENCIA
RESUMEN**

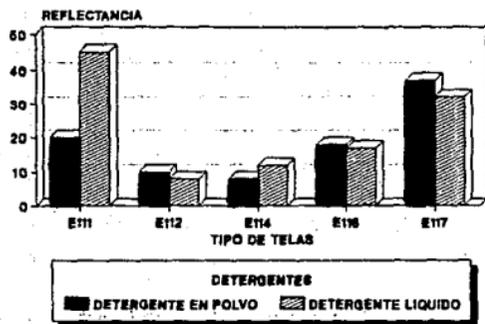


Con los resultados obtenidos en la prueba de detergencia se observa que el IAS actúa mejor en combinación con otro agente tensoactivo, aún cuando se formule a un nivel de activo menor; por lo que la dosis de media taza de producto es altamente recomendable para este producto.

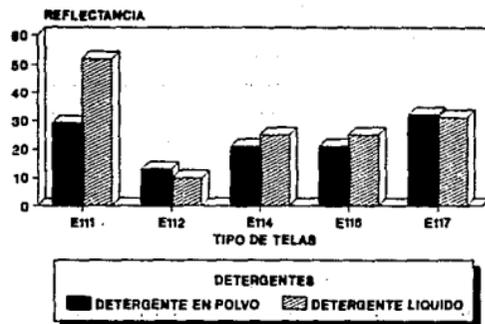
Observando la Fig.20 ,se puede estudiar la actividad enzimática que presentan los detergentes; en el recuadro "resumen por EMPA" se observa la mayor reflectancia en la mayoría de los casos para el detergente líquido, lo que indica su superioridad ante este tipo de manchas sea con o sin remojo previo, el cual permite un tiempo de activación enzimática que generará un mejor desempeño en el lavado.

Considerando tal evaluación, resulta claro que la formula líquida presenta una mejor actividad sobre el producto en polvo, debido a su mayor disolución o en éste caso a la actividad sinérgica que presentan los tensoactivos y builder con los que fue formulado el producto.Cabe mencionar que los demás componentes del producto como son el Abrillantador óptico y el Agente anti-redepositante juegan también un papel importante para obtener un buen desempeño.

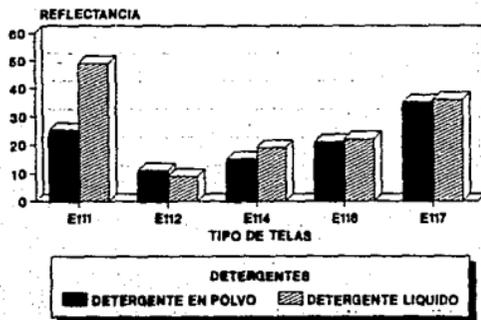
EVALUACION DE DETERGENTES
ACTIVIDAD ENZIMATICA
 TIEMPO DE RESOLVO, 2 hrs.



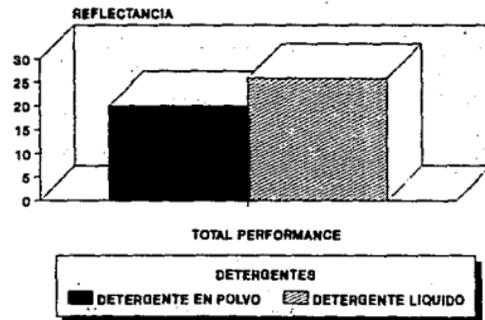
EVALUACION DE DETERGENTES
ACTIVIDAD ENZIMATICA
 TIEMPO DE RESOLVO, 2 hrs.



EVALUACION DE DETERGENTES
ACTIVIDAD ENZIMATICA
 RESUMEN POR E111



EVALUACION DE DETERGENTES
ACTIVIDAD ENZIMATICA
 RESUMEN



Las enzimas en el polvo no presentan una actividad tan eficiente como en el caso del líquido, en donde claramente se observa una mejor remoción de manchas de tipo biológico, debido a que la enzima líquida empleada en el producto se conserva sin ninguna alteración durante el proceso de manufactura.

Conjuntando todos estos puntos se presume que esta formulación líquida podrá satisfacer mas fácilmente las necesidades de los consumidores y ser producida con un proceso más sencillo que el que se lleva a cabo para un producto en polvo.

Capítulo 10

10. Conclusiones

El principal factor a considerar en una formulación detergente líquida empleando un nivel de TPP de 15% es la inestabilidad de fases por periodos de tiempo prolongados, por lo que se debe de considerar:

1.El nivel de fase I/fase II del fosfato a emplear en la formulación, es de vital importancia para lograr una buena dispersión del mismo y evitar la sedimentación, un 85 % de fase I proporciona buenas características al TPP para ser empleado en la formulación.

2.La distribución de cadena del LAS a emplear tendrá que poseer valores de C 12 elevados (entre el 40-50 % de la composición del mismo).

La actividad detergente de un producto formulado con LAS-LESS como sistema de surfactantes es mas eficiente que la de los productos en polvo formulados únicamente con LAS,aún con un nivel de activo mayor, debido a la actividad sinérgica que presentan ambos surfactantes.

El empleo de IAS sobre el DOBS presenta grandes ventajas desde el punto de vista de biodegradación y actividad detergente , por lo que la formulación de productos detergentes con IAS se ve ampliamente favorecida.

El Tripolifosfato pentasódico presenta un efecto builder muy superior a otros compuestos utilizados para el mismo fin, aunque para emplearse en formulaciones líquidas se deben de considerar los puntos antes expuestos.

Entre las ventajas que presenta la formulación líquida sobre los productos tradicionales, destacan:

- Las materias primas empleadas para la formulación son biodegradables.
- La disolución es mejor que la de los polvos.
- El proceso es más sencillo y económico.
- Menor agresividad para el usuario en piel y vías respiratorias.

Considerando todos estos factores se concluye que la producción de detergentes líquidos presenta un gran potencial para su aceptación dentro del Mercado Nacional.

Capítulo 11

11. Bibliografía

1. Anderson R.G, Sweeney W.A

Biodegradability of Alkylbenzene sulfonates

JAOCS, Vol.66 No.12 Diciembre 1989

2. Ander y Sonessa

Principios de Química

Ed. Limusa 1985

3. Barman Thomas

Enzyme Handbook Vol.1

Springer-Verlag 1969

4. Cahn. J.L Lynn

Enciclopedia de Tecnología Química

Vol.22, John Wiley & Sons 1983

5. Christ Thomas

A Comparison of Linear v.s Branched Alkylbenzenes

Monsanto Technical Information

6. Coffey Richard, Gudowicz

Detergents Zeolites

PQ Corporation Technical Information

7. Christensen Paul, Thomsen Kurt
Development of Detergent Enzymes
Novo Industries, Technical Information

8. Davis Richard
Washer-detergent-textile interactions
Hydrocarbon Processing, Marzo 1975

9. Drozd Joseph, Desai Dilip
Liquid laundry detergents based on soap and sulfo Methyl esters
JAACS, Vol. 68 No. 1 Enero 1991

10. Derr Paul
Phosphates: Use in Detergents
Hydrocarbon Processing, Marzo 1975

11. Divo, C.G Cardini
Tenside 1989

12. Enzimas para detergentes domésticos
Novo Technical Information

13. Flamer Richard
Formulating Options for Heavy Duty Liquid Detergents
Soap and Cosmetic Specialties, Abril 1976

14.Hatch Lewis

Synthetic detergents:Chemistry

Hydrocarbon Processing,Marzo 1975

15.Harris Jay, Van Waezer John

Phosporus and its compounds

Technology,Biological Functions

Interscience Publishers

16.Jones T.G

Dirt Removal

Happi,Enero 1991

17.Lappin George,Wagner John

Surfactants:alkylates

Ethyl Corportacion 1992

18.Laundry Habits Study,Urban Tabulation

Ciencia Aplicada e Investigación de Mercados S.C

Mayo 1991

19.Leist George

Synthetic Detergents:Liquids

Hydrocarbon Processing,Marzo 1975

20. Mullin Rick

Zeolite Builders, Advance in reformulation

Chemicalweek, Enero 1992

21. Matson Ted, Berretz Manfred

The formulation of Non-built Heavy duty liquids

Soaps and Cosmetics Specilaties, Noviembre 1979

22. Morrison and Boyd

Química Orgánica

Fondo Educativo Interamericano 1985

23. Milwidsky Ben

Liquid Detergents

Happi, Mayo 1986

24. Mildwisky Ben

Liquid Detergents

Happi, Mayo 1988

25. Mildwisky Ben

Laundry Liquids Update

Happi, Octubre 1988

26.Maldonado Rene
Phospates in slurry formulations
FMC Corporation,Technical Information
Septiembre 1991

27.Mc.Cutcheon Thansen
Soaps and Detergents
Mc.Nair-Dorland 1949

28.Neilands Stumpf
Outlines of Enzyme Chemistry
John Wiley & Sons 1958

29.Odioso Raymond
Heavy Duty Liquids
Happi,Octubre 1988

30.Rosen Milton
Surfactants and interfacial Phenomena
Second Edition,John Wiley & Sons 1989

31.Robeck C.G,Cohen J.M,Sayers W.T
Water Pollution Review 1963

32.Surfactants

Colgate Palmolive Technical information

33.Sweeney,W.A

Foote Ibid 36:14,1964

34.Swisher,R.D

Ibid Segunda Edición

35.Teoría sobre biodegradación de fosfatos

Rhone-Poulenc,Technical Information

36.Wood Andrew

Surfactants:Focus on the environment

Chemicalweek,Enero 1992