

300627

21  
20



# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA  
INCORPORADA A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DETERMINACION DE LAS CONDICIONES  
OPTIMAS PARA EL CONGELAMIENTO DE  
LA CLARA DE HUEVO PARA SU POSTERIOR  
DESHIDRATACION

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGIA  
P R E S E N T A :

ANGELICA DEL CARMEN RINCON RODRIGUEZ

México, D. F.

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# C A P I T U L A C I O N

PAGS.

INTRODUCCION.....	
CAPITULO I GENERALIDADES Y ANTECEDENTES.....	1
CAPITULO II HIPOTESIS.....	11
CAPITULO III MATERIAL Y METODOS.....	12
CAPITULO IV RESULTADOS.....	21
CAPITULO V DISUSION DE RESULTADOS.....	31
CONCLUSIONES.....	35
BIBLIOGRAFIA.....	36

## I N T R O D U C C I O N

El huevo de gallina es uno de los alimentos más completos que existen, es un producto de alto poder nutricional debido a su contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, minerales y vitaminas. En forma general el huevo de gallina contiene en peso de un 8% a un 11% de cascarón, 61% de albúmina y de un 27% a un 32% de yema. (9)

En general el pH de la albúmina es de 9 pudiendo incrementarse hasta 9.7 como máximo, aunque cuando es muy fresco o recién puesto su pH es de 7.6, el cual se incrementa por la pérdida de dióxido de carbono durante el almacenamiento. El pH de la clara aumenta en tres días a 3 grados centígrados hasta 9.2, debido a la pérdida de dióxido de carbono a través de los poros de la cáscara. (13,26,33,36).

El pH depende del equilibrio entre el dióxido de carbono disuelto, el carbonato ácido ( $\text{HCO}_2^-$ ), el carbonato ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) y las proteínas. La presión parcial del dióxido de carbono en el medio externo, regula las concentraciones de carbonato y carbonato ácido. La albúmina de la clara de huevo está constituida por tres capas que son; externa delgada, gruesa, interna delgada y chalazas, las cuales varían entre sí por su contenido de ovomucina, siendo la gruesa cuatro veces más densa que las otras. El incremento del pH de la clara origina la ruptura de la estructura del gel de la clara gruesa. (13,34,39).

Diversos estudios realizados han determinado que en la clara de huevo hay 8 proteínas diferentes que son: Ovalbúmina, Conalbúmina, Ovomucoide, Ovomucina, Avidina y Globulinas, entre las cuales están la Lisozima y las Globulinas G1, G2 y G3. (18).

Se ha considerado que el huevo de gallina es un alimento apto para consumo humano. A nivel casero puede consumirse crudo o cocinado, mientras que a nivel industrial se utiliza como materia prima para la elaboración de otros productos, ya sea fresco, deshidratado o congelado; tal es el caso de la elaboración de merengues, "souffles", mayonesas, aderezos, pastelería y confitería. (34)

Cabe señalar que debido a las características físico-químicas del huevo, éste actúa como emulsificante, aumentando las propiedades organolépticas: sabor, color, olor, textura, etc. (9,34)

En la industria se pretende obtener los mayores rendimientos a partir de las materias primas, para lo cual se trata de incrementar el tiempo de vida media de los productos (Huevo Fresco) comprados y almacenados en grandes volúmenes.

Existen diferentes técnicas que logran este objetivo; para el caso del huevo, la congelación es un método muy utilizado, entendiéndose por congelación un método de conservación que empieza donde la refrigeración y el almacenamiento en - -

frío terminan, al igual que la deshidratación o secado, aunque dichos métodos presentan ventajas y desventajas. (32)

En el proceso de congelación se manejan dos temperaturas que son: Cámara lenta que está a -10 grados centígrados y Cámara rápida que está a -40 grados centígrados.

Por ser el huevo de gallina una célula, contiene dos terceras partes o más en peso, de agua en dicho medio se encuentran diferentes substancias disueltas, o en suspensión, tales como sales, azúcares, ácidos, moléculas orgánicas complejas como proteínas, carbohidratos, etc., que le dan un alto valor nutricional. (8,23)

Los cambios físicos, químicos y biológicos que ocurren durante la congelación y la subsecuente descongelación de los alimentos, son complejos, por lo que es muy importante un buen proceso de congelación para tratar de evitar cambios radicales. (8,32)

Se estima que el 50% de la producción total del huevo líquido es congelado, por esta razón este trabajo se referirá únicamente al proceso de congelación. (34,31)

Entre las ventajas que presenta la congelación se pueden citar: La disminución de la carga bacteriana hasta un 99%, y por lo tanto un incremento en el tiempo de vida media durante el almacenamiento, sin embargo existen cambios en las pro-

piedades funcionales, tales como capacidad de espumado, viscosidad y pH. (34,39,40)

Debido a la importancia del conocimiento del manejo óptimo de pH, temperatura y capacidad de espumado, es necesario definir las condiciones de la congelación de la clara de huevo, bajo las cuales se pueden obtener los rendimientos adecuados, ya que durante la congelación se producen modificaciones físicas como: Gelificación, Precipitación y Coagulación de los componentes proteícos y ruptura de mezclas, pero no son de esperar transformaciones químicas esenciales. (14,35,37.)

## CAPITULO I

## GENERALIDADES Y ANTECEDENTES

Los grandes volúmenes de clara de huevo que se manejan en la industria, impiden su proceso inmediato, por lo cual es necesario utilizar la congelación como un medio de conservación, sin embargo dicho proceso implica cambios en la clara de huevo, por lo que esto ha ocasionado estudios cuyo objetivo ha sido identificar las condiciones más apropiadas en el manejo de las variables físicas y químicas en el proceso de congelación.

Hale y Hardy informaron que el punto de congelación de la clara de huevo a nivel del mar es de  $-0.42$  grados centígrados. (43)

Grossfeld observó que durante el envejecimiento, la acción de la tripsina causa licuefacción de la clara de huevo, que la concentración de ácido fosfórico se incrementa, y que la presión osmótica decrece. (43)

Debido al alto contenido de humedad en la clara de huevo, se complica el secado y la congelación. Un estudio realizado por Mukoseeva y Col., reportó que la deshidratación parcial de la clara de huevo antes de la conservación simplificó estos procesos y redujo gastos de energía. El resultado de dicho trabajo es el perfeccionamiento de la tecnología de conge



lación de concentrados de clara de huevo por medio de la ultrafiltración, de donde se obtuvo que al incrementar la concentración de materia seca en la clara de huevo, el tiempo de congelación disminuyó, también se observó que cuanto menor es la concentración de la clara (13% de materia seca), es menos notable la disminución de la viscosidad. (28)

La clara concentrada a un 35% de materia seca, después de descongelar se volvió más viscosa. El cambio de viscosidad de la clara de huevo después de ser descongelado, está condicionado por la modificación en el grado de dispersión de sus partículas coloidales.

En un análisis funcional de la formación de espuma, respecto a las propiedades de la clara de huevo (densidad, estabilidad y volumen de espuma), mostró que la capacidad de generar espuma se conserva en mayor grado en la clara con un 30% de materia seca. Con el aumento en el contenido de materia seca en la clara de huevo, se descubrió una tendencia a conservar mejor las propiedades originales del producto. (28)

La concentración de la clara, hasta un 35% condujo a la formación de nuevas estructuras más consolidadas, que al parecer son las que explican el cambio en las propiedades fisicoquímicas, ya que en el proceso de congelamiento, al deshidratarse la solución concentrada de clara (debido a la separación del agua congelada), no se restablecieron las propieda--

des originales del producto. (28,29)

El estudio también mostró que con una reducción de la temperatura de congelación, ocurren modificaciones más profundas; aumenta la cantidad de precipitados insolubles, empeora la capacidad de generar espuma, acrecenta la segregación de la clara en fracciones (densa y acuosa). Estos cambios se manifiestan sobre todo en la clara con elevado contenido de humedad (clara nativa). (28)

En la clara de huevo congelada con diferentes temperaturas, se nota después de la descongelación, un aumento en la cantidad de grupos sulfhidrilo (SH-1), pero estas diferencias no significan que se haya descubierto una auténtica dependencia con respecto a la temperatura de congelación. (3,28)

En otro estudio realizado se reportó un decremento de la viscosidad en la clara al elevar la temperatura, una mejor retención de agua de la albúmina de huevo y un decremento de la viscosidad al aumentar la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ), pero no hubo cambios aparentes con la succinilación. (28)

Con un almacenamiento de 2 a 10 días a temperatura de 50 grados centígrados y un 65% de humedad relativa, decreció la precipitación máxima. (21)

Otros estudios han demostrado que la albúmina se adelga

za después de 10 días de congelación y se presenta un decremento en los grupos sulfhidrilo (SH-1) y que no existen cambios radicales en las propiedades funcionales por la congelación, pero hay una cierta diferencia entre la consistencia de la albúmina fresca y la albúmina congelada por el grado de migración de sales, en el proceso de congelación y en el envejecimiento del huevo. (3,6)

Las variables que aquí se manejan son: pH, temperatura, tiempo y aditivos, las cuales se encuentran relacionadas entre sí, pues al variar una de ellas, las otras pueden verse también afectadas por dicho cambio, como un efecto subsecuente.

El punto isoeléctrico de una proteína es la concentración de ión Hidrógeno de la solución para la cual un aminoácido determinado no migra en un campo eléctrico (ya que hay un equilibrio entre iones positivos y negativos). El punto isoeléctrico es característico para cada proteína. Como la clara de huevo es una proteína (albúmina), experimenta algunos cambios con las variaciones de pH (concentración de iones hidrógeno), así cuando el pH está entre 4.3 y 4.5, se alcanza su punto isoeléctrico, teniéndose una gran precipitación.

(24,27,34,39)

Cuando se alcanza el punto isoeléctrico hay precipitación de las proteínas (desnaturalización), pérdida de capaci-

dad biológica y un descenso en la solubilidad. Muchas proteínas sólo retienen su actividad biológica dentro de una fluctuación muy limitada de temperatura y pH, ya que la temperatura también desnatura las proteínas. (24,27,34,39)

Las espumas en alimentos se forman al disminuir la tensión superficial en la interfase gas-líquido, por medio de agentes surfactantes o tensoactivos, aunque esto también se puede lograr con proteínas y algunos carbohidratos. (1,31)

La albúmina de huevo es una de las proteínas más empleadas en la fabricación de alimentos en los que se requiere de espumas. Y dentro de las albúminas de huevo, la ovoalbúmina es la responsable de la cantidad de espuma producida, mientras que la ovomucina actúa como agente estabilizador de la misma. (1,2,34)

La formación de espumas con proteína, implica un proceso de desnaturación controlado, ya que este polímero se tiene que desdoblarse para que oriente sus aminoácidos hidrófobos hacia el interior de la burbuja y los hidrófilos al exterior en contacto con la fase acuosa. (1,5)

Como ya se mencionó, la capacidad de espumado de la clara de huevo es muy importante para muchos de sus usos, pero esta puede ser afectada por factores físicos y químicos. A continuación se mencionan algunos estudios realizados al respecto.

Se hicieron estudios para determinar las propiedades de las proteínas en el espumado por medidas de conducción, usando un aparato simple, que consiste en una columna de cristal con una celda de conductividad, en donde se observó una estrecha relación entre la conductividad inicial del espumado y -- los volúmenes de espumado por desnaturalización con calor de la ovalbúmina y de once proteínas básicas, por lo que los -- autores sugirieron que la conductividad inicial del espumado puede ser usada como una medida de la capacidad de espumado.

(20)

Otro estudio realizado, es la relación entre la tensión superficial y el espumado de proteínas en solución. La espumabilidad fué expresada como "Capacidad de Espumado", que corresponde al radio del volumen del gas al volumen del líquido en el espumado. La tensión superficial absoluta de las proteínas en solución, no fué correlacionada con el poder de espumado, más el rango constante de la tensión superficial recae en las proteínas en solución significativamente relacionadas con la capacidad de espumado de las proteínas en solución. (7,23)

Otros factores que influyen en la estabilidad son: viscosidad, aditivos y la congelación.

La estabilidad de las espumas mejora si se aumenta la viscosidad del sistema (gomas, proteínas, glicerol y sus derivados, etc.), por el contrario si se reduce la viscosidad del

sistema ya sea por métodos químicos o tratamientos térmicos - la destrucción es más rápida. La viscosidad aparente generalmente decrece con el incremento de temperatura. Aunque también la estabilidad de la espuma depende de la edad del huevo, del tiempo de batido, temperatura, pH, y es modificada por la adición de otras substanciales tales como: agua, yema, sal, - etc. (15,26,38,41)

Por otro lado es necesario evitar la presencia de fosfolípidos ya que afectan la estabilidad actuando como emulsificantes. También se debe evitar la presencia de lecitina (fosfatil colina) ya que actúa como fosfolípido. Esto se puede evitar si la clara de huevo no se contamina con yema, ya que ahí es donde están presentes dichas sustancias. Pero existe un rango de tolerancia en lo que se refiere a la contaminación de clara con yema el cual no debe exceder del 3%.

Se realizó un estudio utilizando el diferencial de escalas calorimétricas para determinar el efecto que el congelado tiene sobre las proteínas de la clara de huevo y las condiciones de descongelado, tiempo y temperatura de almacenado. Se determinaron viscosidad, gravedad específica del espumado e inestabilidad del producto; la pérdida de la entalpía de desnaturalización fue incrementada por la baja de los rangos de congelado, aumentado las temperaturas de descongelado, de almacenado y un mayor tiempo de éste.

La conalbúmina sufrió grandes pérdidas y la ovalbúmina en relación con la clara de huevo misma fue más pequeña. También se encontraron cambios en la viscosidad de la clara, en la gravedad específica y la inestabilidad de la espuma. (42)

Para cambiar algunas características organolépticas o fisicoquímicas del huevo, se utilizan varios aditivos, entre ellos los que mejoran la estabilidad de la espuma, teniendo en cuenta que los surfactantes no iónicos perjudican el comportamiento de la clara, con o sin adición de yema. (3,34,39).

El trietil citrato es el otro aditivo, el cual actúa como agente quelante o secuestrante eliminando los iones metálicos que puedan tener un efecto dañino sobre la estabilidad de los alimentos. Algunos de los metales presentes en la clara de huevo son: calcio y magnesio (principalmente), los cuales deben quelarse para evitar la posible formación de fosfato de calcio;  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  o simplemente que el calcio libre no rompe la tensión superficial, y como ya se mencionó no hay incremento en la capacidad de espumado.

Algunos ejemplos de aditivos deseables son los siguientes:

- a) Surfactantes aniónicos; mejoran el comportamiento de la clara de huevo con o sin adición de yema. (3,34,39)
- b) Surfactantes catiónicos; mejoran el comportamiento de

la clara de huevo con yema adicionada. (3,34,39).

c) Carboximetil celulosa; mejora la estabilidad de "souffles" y merengues durante el almacenamiento por congelación. (3,24,28,34,39)

d) Goma Guar; mejora los merengues cocinados por microondas. (20,22)

e) Lauril Sulfato de Sodio; incrementa la eficiencia -- del espumado, el volumen y la textura gruesa de los "angel cakes". (22,23,30).

f) Trietil citrato; reduce el tiempo de batido en clara con o sin yema adicionada, y mejora el volumen en pasteles hechos con un sistema conteniendo yema. (3,22,30)

Durante el proceso de desazucarización fué necesaria la adición de dos aditivos, los cuales incrementan de inmediato la capacidad de espumado de la clara de huevo. Los aditivos - utilizados fueron:

- Lauril Sulfato de Sodio;  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{CH}_2\text{OSO}_3\text{Na}$



- Trietil Citrato





El primero actúa como Surfactante o tensoactivo (aniónico) y el segundo como agente quelante o secuestrante. (4,5,30, 34,39)

Ahora definiremos lo que es un aditivo: Un aditivo es una sustancia o mezcla de sustancias que están presentes como resultado de su adición premeditada, para mejorar algunas características del alimento o producto, tales como: sabor, textura, color, olor, apariencia, vida de anaquel, etc. (15,19,20,26)

La función del lauril sulfato de sodio es la de disminuir o romper la tensión superficial en las interfaces entre el agua y otros líquidos, aumentando así las superficies de contacto, permitiendo una mayor incorporación de aire en la proteína, que se refleja en una mejor capacidad de espumar. (5,30)

Con base en los estudios realizados, surge la necesidad de conocer las condiciones óptimas en el manejo de temperaturas, pH, aditivos, tiempo de congelación y desazucarización de la clara de huevo, con el objeto de incrementar el tiempo de almacenamiento de la clara congelada, sin que pierda su capacidad de espumado.

Por tal motivo el objetivo de esta tesis es determinar las condiciones físico-químicas casi óptimas para llevar a cabo este proceso.

C A P I T U L O    I I  
H I P O T E S I S

- 1) El congelamiento de la clara de huevo disminuye su capacidad de espumado.
- 2) El uso de lauril sulfato de sodio y - trietil citrato, aumentan la capaci-- dad de espumado, independientemente - del proceso de congelación.

## C A P I T U L O III

## MATERIAL Y METODOS

## MATERIAL

El material utilizado para este trabajo se dividió en:

- a) Reactivos
- b) Material de Laboratorio y
- c) Equipo

## Reactivos y Suministros.

- Clara de huevo fresco
- Solución de Hidróxido de sodio (NaOH) 1N
- Lauril Sulfato de Sodio
- Trietil citrato
- Solución acuosa de ácido cítrico al 10% (p/v)
- Levadura (Saccharomyces cerevisiae)
- Agua destilada

## Material de Laboratorio.

- Matraces Erlenmayer
- Pipetas graduadas y volumétricas
- Matraces florentinos
- Vasos de precipitados
- Agitadores
- Termómetro
- Probetas graduadas
- Buretas

## Equipo

- Refractómetro
- Potenciómetro
- Balanza analítica
- Agitadores mecánicos
- Batidora industrial
- Tanque mezclador de acero inoxidable
- Secadora industrial (por aspersión)
- Cámara de Congelación

## METODOS.

La metodología de esta investigación abarcó tres niveles de experimentación que fueron los siguientes:

- 1) Nivel laboratorio
- 2) Nivel planta piloto
- 3) Nivel industrial

1) Nivel laboratorio: Se trabajó con 21 muestras que -- contenían cada una un litro de clara fresca o albúmina.

Para estimar el efecto conjunto de la congelación y la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ), se procedió a variar el pH en un rango de 5 hasta 11, de donde se obtuvieron 7 -- muestras con pH; 5,6,7,8,9,10 y 11, las cuales fueron congeladas, variando el tiempo en intervalos de 2, 4 y 8 semanas, -- para obtener un total de 21 muestras.

2) Nivel planta piloto: A partir de 750 litros de clara de huevo fresca, previamente seleccionada, se llevaron a cabo las siguientes pruebas.

1a. Prueba. La clara de huevo fresca, se desazucarizó -- de la siguiente manera: Teniendo un lote de 500 kg., de albúmina fresca, que equivale a 1500 litros, al cual se le agregaron las siguientes substancias: 1/2 Kg., de ácido cítrico en polvo, para ajustar el pH a 6.5 (+5%), ya que la bibliografía sugiere que este es el pH más adecuado para el desarrollo

Óptimo de las levaduras, 1/2 kg., de lavadura disuelta en - - agua, y 2 aditivos que son; 250 g. de lauril sulfato de sodio (maprofix) y 250 g., de trietil citrato (citroflex). Ya adic-- cionado todo lo anterior se eleva la temperatura del tanque - a 65 grados centígrados, agitándose por 30 minutos, se retira la agitación por 15 minutos manteniéndose la misma temperatu-- ra, y esto se repite 4 veces dando un tiempo de 4 a 5 horas.- Después de transcurrido este lapso, se hace la prueba de Somo gy, para determinar la cantidad de glucosa libre en la clara, la cual debe ser negativa. De aquí se pasa a un secado por agu persión. Ya seco todo el lote se toma una muestra de 10 g., - la cual se disuelve en 100 ml., de agua a temperatura ambien-- te, se bate por un tiempo de 5 minutos, y se mide la capaci-- dad de espumado final.

A la clara ya desazucarizada y con un pH de 6.5, se leu agregó el lauril sulfato de sodio y el trietil citrato, parau disminuir el tiempo de batido y aumentar la capacidad de espu mado aún en presencia de algunas cantidades de yema no mayo-- res al 3%. (34,39)

Como a nivel laboratorio se procedió a observar la va-- riación del pH desde 5 hasta 11, se observó una precipitación de proteínas a pH 5,6,7,10 y 11, por lo cual, ya que el pH de 9 es el normal, y el objetivo de este trabajo es estimar el -- efecto de la variación del pH, se procedió a trabajar con lau muestra ajustada a pH de 8 (que es un valor muy cercano al pH

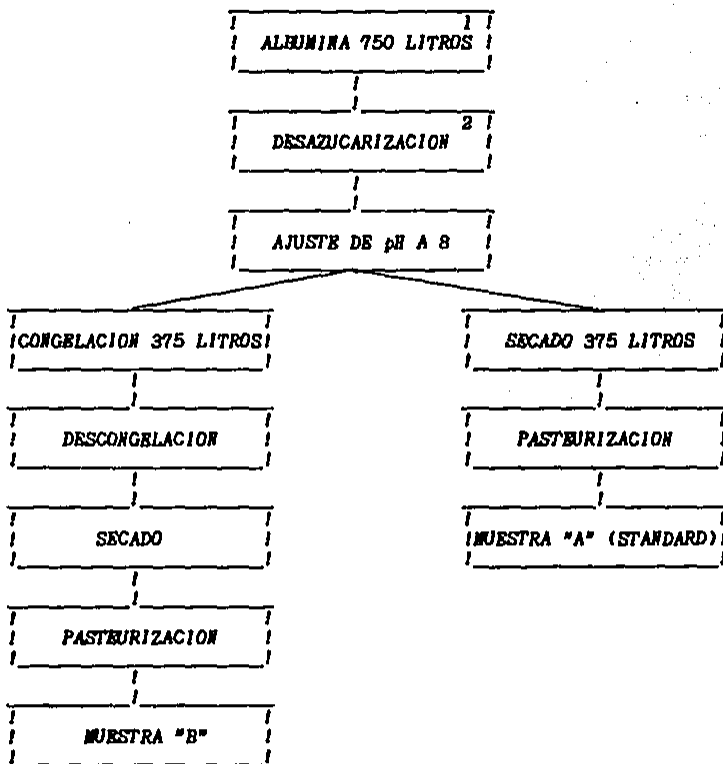
natural de la clara de huevo fresca), la cual fue dividida en dos submuestras de 375 litros cada una.

Como se muestra en el diagrama número uno, cada una de las submuestras fue tratada en forma diferente. La submuestra "A" (estandar), fué secada y pasteurizada. La submuestra "B" se congeló a -40 grados centígrados, descongeló a temperatura ambiente, se secó por aspersión y finalmente se pasteurizó.

2a. Prueba: A 750 litros de clara de huevo fresca, se le agregaron los dos aditivos (lauril sulfato de sodio y el trietil citrato), y se congeló por un período de dos meses, transcurrido dicho tiempo se descongeló a temperatura ambiente, se desazucarizó con la levadura, ajustando el pH con ácido cítrico en solución, se secó y pasteurizó, obteniéndose así la muestra "C" (Diagrama número 2).

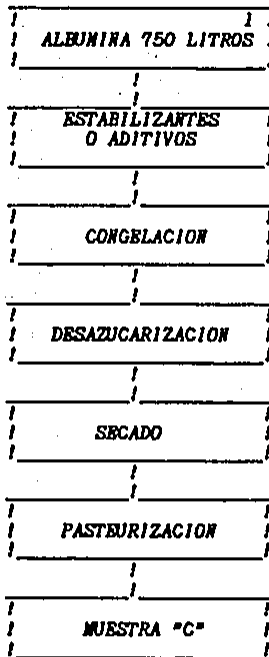
3a. Prueba: A 750 litros de clara de huevo que se congeló por dos meses y se descongeló a temperatura ambiente, se desazucarizó y se dividió la muestra en dos submuestras de 375 litros cada una, a una de las cuales se le ajustó el pH a 8, se secó y pasteurizó, y de aquí se obtuvo la muestra "D", a la otra parte no se le ajustó el pH, sino que directamente se secó y pasteurizó, de donde se obtuvo la muestra "E" (Diagrama número 3).

A continuación se muestran los diagramas de flujo de cada una de las pruebas mencionadas.



1) 6 Pulgadas de espuma, pH 9.15, % de sólidos 14.7  
 2) pH 6.14, % de sólidos 14.4

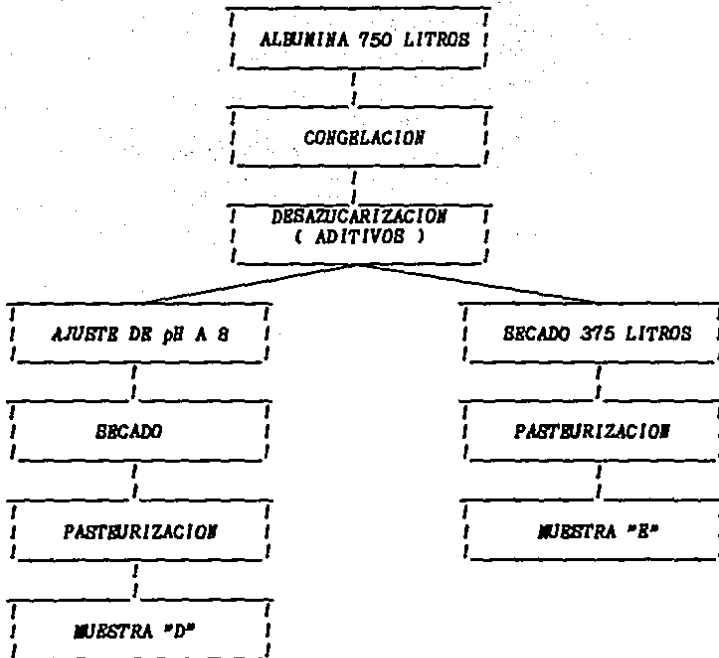
DIAGRAMA No. 2



1) 6 Pulgadas de espuma, pH 9.17, % de sólidos 15.2



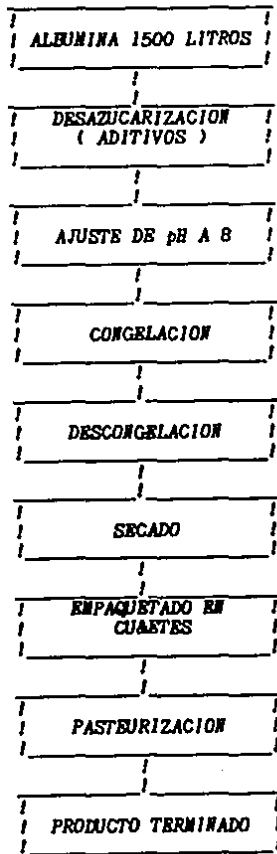
DIAGRAMA N o . 3



3) Nivel Industrial: A partir de 1500 litros de albúmina fresca y previamente seleccionada, desazucarizada y con pH de 8, se congeló por un tiempo de dos meses, transcurrido este lapso se descongeló a temperatura ambiente, se secó y se empaquetó en cuñetes de 25 kgs., cada uno, y con bolsas de polietileno, se pasteurizó y se le determinó capacidad de espumado al producto terminado.

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta prueba.

DIAGRAMA No. 4



C A P I T U L O    I V  
R E S U L T A D O S

1) Nivel laboratorio; Como ya se mencionó en la metodología, las muestras con pH 5,6,7, y 11 tuvieron una precipitación de proteínas bastante considerable, motivo por el cual fueron eliminadas, ya que esto influye negativamente en la capacidad de espumado.

Los resultados de las pruebas que se realizaron a pH 8, 9 y 10, en las cuales la capacidad de espumado inicial para todas fue de 6 pulgadas.

A continuación se muestra un cuadro con los resultados obtenidos a este nivel de experimentación, el cual incluye capacidad de espumado con respecto al tiempo de los tres diferentes pH. (cuadro número 1)

## CUADRO NUMERO 1

CAPACIDAD DE ESPUMADO EN PULGADAS, SEGUN EL pH Y  
EL TIEMPO DE CONGELACION A NIVEL LABORATORIO

t días \ pH	8	9	10
0	6	6	6
3	5 3/4	4	6 1/2
7	6	4 1/4	7 1/4
14	6 1/2	5	6 1/4
21	5 3/4	6 1/2	5 3/4
28	4 3/4	4 1/4	6
36	6 3/4	6 1/4	5 1/2
42	5 3/4	4	6 1/4
49	5 3/4	3 3/4	5 3/4
56	6 1/2	5 1/2	6 1/4

Fuente: Resultados a nivel laboratorio.

El cuadro número 2, muestra la variación del porcentaje de sólidos según el pH y el tiempo, en donde se observa una mínima variación, y que puede decirse que durante todo el tiempo que se congeló la clara de huevo, dicho porcentaje se mantuvo casi constante.

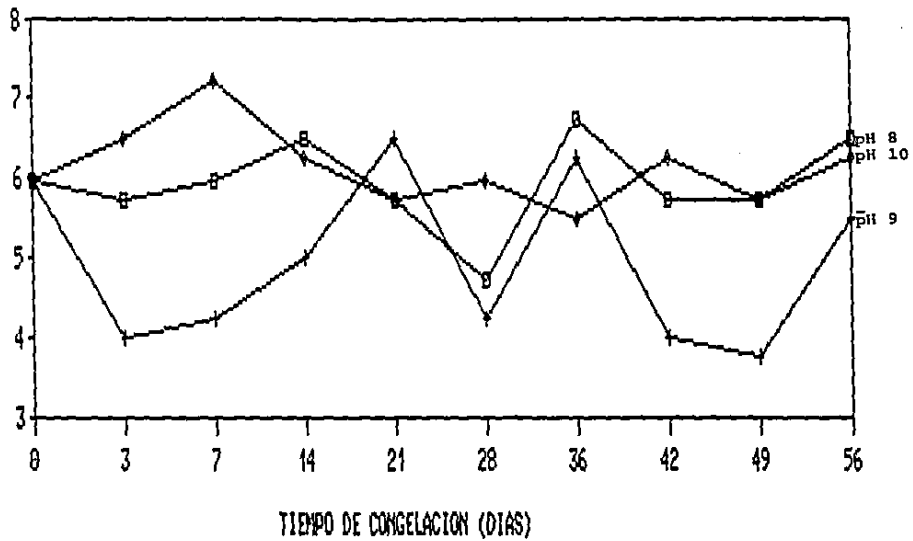
C U A D R O   N U M E R O   2  
 VARIACION DEL PORCENTAJE DE SOLIDOS, SEGUN pH Y  
 TIEMPO DE CONGELACION A NIVEL LABORATORIO

t pH	S E M A N A S				
	0	2	4	6	8
8	15	15	15.2	14.8	14.7
9	15	15	15.2	14.8	14.9
10	15	15	15.4	14.9	14.8

Fuente: Resultados a nivel laboratorio

GRAFICA NUMERO 1

CAPACIDAD DE ESPUMADO A pH 8, 9, y 10 SEGUN TIEMPO DE CONGELACION.



FUENTE: CUADRO N°1

2) Nivel planta piloto: A este nivel de experimentación, también se trabajó con muestras a pH de 8,9 y 10. La congelación se efectuó en cámara rápida a -40 grados centígrados. Se partió de una clara fresca con una capacidad de espumado inicial de 6 pulgadas, la cual fué incrementada hasta 8 pulgadas, ya que antes de congelar se desazucarizó y se le agregaron -- los aditivos: lauril sulfato de sodio y trietil citrato, los cuales sirven para incrementar la capacidad de espumado de la clara de huevo, con o sin adición de yema.

El cuadro número 3 muestra los resultados obtenidos a - este nivel de experimentación.

C U A D R O   N U M E R O   3  
CAPACIDAD DE ESPUMADO EN PULGADAS, SEGUN PH Y TIEMPO DE CONGE  
LACION A NIVEL PILOTO CON DESAZUCARIZACION (X) Y SIN DESA  
ZUCARIZACION (+).

t PH	D I A S									
	0X	0+	3	10	21	28	36	42	49	56
8	6	8	8 3/4	9	11	103/4	101/2	11	10	10
9	6	8	9	9 1/2	8 3/4	9	101/4	103/4	8	8
10	6	8	5 3/4	5	8	7 1/2	8 1/4	8	4 1/2	4 1/2

Fuente: Resultados a nivel planta piloto



En general a este nivel de experimentación se obtuvieron capacidades de espumado más altas que en el nivel de experimentación anterior, exceptuando la de pH 10, en la cual se invirtió dicho comportamiento.

A este nivel, la capacidad de espumado más alta fué a pH de 8, por tal motivo en el siguiente nivel de experimentación sólo se trabajó a pH de 8.

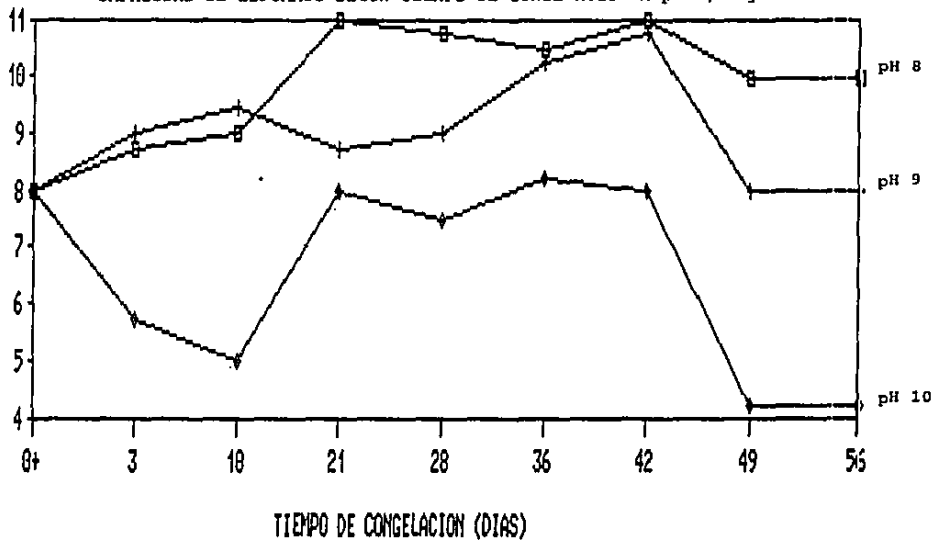
A nivel planta piloto se trabajaron volúmenes de 750 -- lts., de clara fresca cada uno.

A continuación se muestra la gráfica número 2, que muestra la capacidad de espumado con respecto al tiempo de congelación a este nivel de experimentación.

CAPACIDAD DE ESPUMADO (PULGADAS)

GRAFICA NUMERO 2

CAPACIDAD DE ESPUMADO SEGUN TIEMPO DE CONGELACION A pH 8, 9 y 10



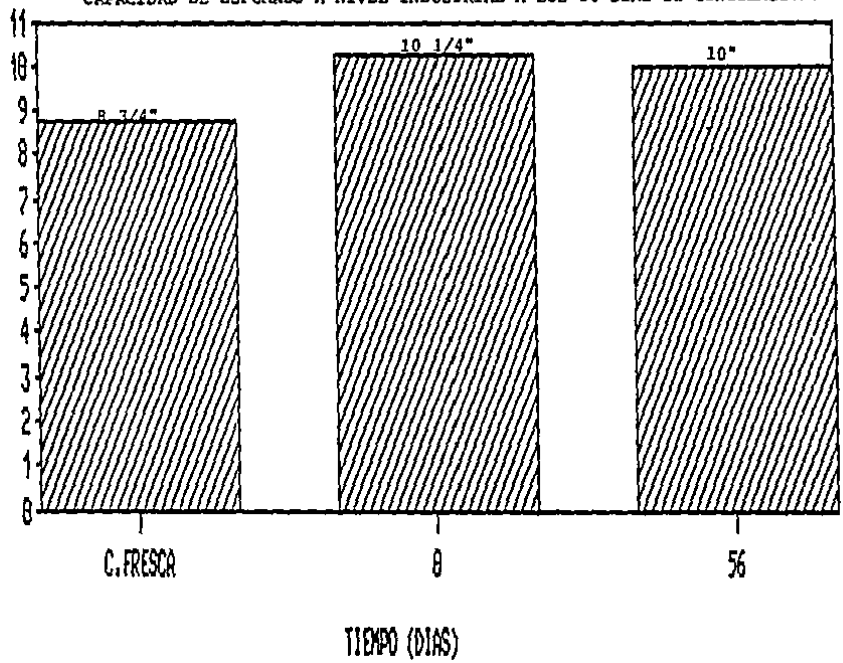
FUENTE: CUADRO N°3

3) Nivel Industrial: A este nivel únicamente se trabajó a pH de 8 (razón ya mencionada), con volúmenes de clara fresca de 1500 lts., y previamente desazucarizada y con aditivos (lauril sulfato de sodio y trietil citrato), aquí ya no se midió la capacidad de espumado por semanas, sino que se dejó en congelación un tiempo corrido de 56 días (8 semanas). Transcurrido dicho lapso de tiempo, se descongeló a temperatura ambiente y se midió la capacidad de espumado final.

A continuación, la Gráfica número 3, muestra la capacidad de espumado a nivel industrial a los 56 días de congelación continua.

GRAFICA NUMERO 3

CAPACIDAD DE ESPUMADO A NIVEL INDUSTRIAL A LOS 56 DIAS DE CONGELACION.



FUENTE: RESULTADOS A NIVEL INDUSTRIAL.

Finalmente en el cuadro número 4, se muestra la capacidad de espumado a los 56 días de congelación, en los tres diferentes niveles de experimentación.

C U A D R O N U M E R O 4  
CAPACIDAD DE ESPUMADO EN PULGADAS, A LOS 56 DIAS  
DE CONGELACION SEGUN EL NIVEL DE EXPERIMENTACION

NIVEL	VOLUMEN DE CLARA.	CAPACIDAD DE ESPUMADO ( 56 DIAS)	
		pH	PULGADAS
LABORATORIO	1 LITRO	8	6 1/2
		9	5 1/2
		10	6 1/4
PLANTA PILOTO	750 LITROS	8	10
		9	8
		10	4 1/2
INDUSTRIAL	1500 LITROS	8	10

Fuente: Resultados finales en los tres niveles de experimentación

Como se puede ver, en los resultados del cuadro número 4, las mejores capacidades de espumado finales, fueron a pH 8, aún a nivel laboratorio, en donde la clara no fué desazucarizada ni tampoco se le agregaron aditivos.

CAPITULO V  
DISCUSION DE RESULTADOS

Como puede observarse en el cuadro número 1, existe o hay una tendencia a ser mayor la capacidad de espumado a pH 10, que es el pH más alcalino al que se experimentó, esto se manifiesta más claramente en la gráfica número 1.

Como se puede ver en el cuadro número 3 y en la gráfica número 2, la mejor capacidad de espumado es a pH de 8 y la más baja a pH de 10, que comparada con los resultados a nivel laboratorio, (cuadro número 1 y gráfica número 1), se ve claramente una inversión, ya que ahí la mejor capacidad de espumado fué a pH de 10, y la más deficiente a pH de 8.

En lo referente al porcentaje de sólidos, la variación no fué muy importante, igual que como resultó a nivel laboratorio, pues ya que aquí el porcentaje inicial de sólidos para los tres diferentes pH's fué 15% y la variación de +-3%.

Los resultados obtenidos a nivel industrial fueron favorables, ya que inicialmente se partió de una clara fresca, la cual tenía una capacidad de espumado de 8 3/4 de pulgada, pH 6.54 y % de sólidos de 13.5; dicha clara se desazucarizó, y posteriormente se le ajustó el pH a 8, obteniéndose así un incremento en la capacidad de espumado hasta 10 1/4 de pulgada, aquí el porcentaje de sólidos disminuyó a 13%, que es, sólo -

una variación mínima. Después de la congelación y la descongelación se midió la capacidad de espumado, que fué de 10 pulgadas.

Una vez obtenidos los resultados se justificará el uso de los parámetros manejados en este trabajo, los cuales se mencionan a continuación:

- TEMPERATURA:

Esta fué la primer variable que se utilizó, ya que se tenían dos tipos de congelación: La de cámara rápida (-40 grados centígrados) y cámara lenta (-10 grados centígrados), hasta encontrar la temperatura más óptima, que finalmente fue la de cámara rápida (-40 grados centígrados), que es un tipo de congelación más eficientes, ya que los cristales formados son más pequeños (microcristales), dañando menos a la proteína al momento de la descongelación, mientras que en la cámara lenta (-10 grados centígrados) los cristales formados son de un mayor tamaño dañando más a la proteína durante la descongelación. Otra ventaja que presenta la congelación rápida es que evita el desarrollo de un mayor número de micro-organismos, pues casi se eliminan en un 99%. (32,34,39).

- pH:

El pH es una variable muy importante, que según se maneja, puede afectar positiva o negativamente la capacidad de es

pumado.

El pH nos determina el grado de acidez o alcalinidad -- que presentan las sustancias, que para el caso de la clara de huevo es de un valor entre 9.1 a 9.5.

Durante este trabajo se manejaron rangos de pH desde 4\_ hasta 11, los cuales se fueron eliminando hasta obtener el -- más adecuado. Los pH de 4,5, y 6 fueron eliminados inmediatamente en la primer prueba, ya que se presentó una desnaturali zación muy marcada (hubo una gran precipitación de proteínas) ya que el punto isoeléctrico de la albúmina es de 4.5. Tam -- bién hubo una gran precipitación en los pH de 10 y 11, por lo que también fue necesaria su eliminación. (24)

Como la albúmina de huevo es una protefina, al desnatura\_ lizarse pierde su capacidad de espumado, y también pierde la\_ capacidad de incorporar aire impidiéndose la formación de la\_ interfase gas-líquido. (1,15,26)

Los valores restantes: pH 7,8, y 9, son los que se ade\_ cuaron para este trabajo.

El siguiente paso fué la congelación de la albúmina, la cual fué previamente desazucarizada, debido a la glucosa li\_ bre presente en dicha clara, para evitar un obscurecimiento - posterior debido a las reacciones de Maillard. (10,34,39)



Finalmente sólo se congeló a pH de 8, pues para poder -  
desazucarizar la clara de huevo es necesario ajustar el pH a  
6.5 aprox. (con ácido cítrico) ya que dicho proceso se lleva  
a cabo con levaduras, las cuales a pH de 9-9.5 (que es el de  
la albúmina) no pueden actuar.

Después de que toda la glucosa libre se ha eliminado --  
(con la desazucarización), se lleva nuevamente el pH hasta 8  
(con solución de NaOH 1N ). El pH no se restaura hasta 9 que  
es el natural de la clara de huevo, por tres razones, que son:

- 1) La variación de pH es muy marcada y se presentan da-  
ños en la protefna.
- 2) Se incrementa el consumo de NaOH.
- 3) No es necesario, ya que la capacidad de espumado tu-  
vo buenos resultados de esta manera.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

No existe ningún método de congelación en el que no se afecte la capacidad de espumado de la clara del huevo después de un tiempo de congelación.

En este trabajo se trató de obtener las condiciones casi óptimas para que la clara de huevo tuviera una buena capacidad de espumado aún después de congelarla, y dicho objetivo se logró con el procedimiento realizado a nivel industrial, por lo que se recomienda la congelación de clara de huevo bajo dichas condiciones, ya que el daño que ésta sufre es muy poco, puesto que se obtiene una buena capacidad de espumado, que consiste en tener más de 6 pulgadas de altura con 10 gramos de clara disuelta en 100 mililitros de agua y con un tiempo de batido de 5 minutos.

El objetivo cumplido durante este trabajo va a ser de gran ayuda para empresas o industrias que manejen grandes lotes de clara de huevo y que se vean en la necesidad de congelarla por múltiples razones.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Badui Dergal Salvador  
Química de los Alimentos  
Editorial Alhambra Mexicana  
México, 1982.
- 2) Bayley, M.I.  
Foaming of Egg White  
Ind. Eng. Che.-27  
U.S.A. 1935
- 3) Bakalivanov, S., Tsvetkov, Ts.; Bakalivanova, T.; Mitkov, S.  
Changes in SH-Groups of Hen's Eggs during freeze-drying and storage.  
Khranitelna Promishlenost, 28  
U.R.S.S. 1979
- 4) Brandly, Paul J. Georgemigaki, Taylor Kenneth  
Higiene de la carne.  
Editorial CECSA  
México, 1975.
- 5) Clark y Hawley  
Enciclopedia de Química  
Editorial Omega  
España, 1961
- 6) Clinger, C. et. al.  
The Influence of Pasteurization Freezing, and Storage on the Functional Properties of Egg White.  
Food Technology, 5.  
U.S.A. 1951
- 7) Cherry, J.P., Mc. Watters, K.H., and Beuchat, L.R.  
Oilseed Protein Properties Related to Functionality in Emulsions and Foams in "Functionality and Protein Structure"  
Ed. Pour-El, A. Am. Chem. Soc.  
Washington, D.C., U.S.A. 1979.
- 8) Desrosier Norman, W.  
Conservación de Alimentos.  
Editorial Continental.  
México, D.F.
- 9) Ensminger, M.E.  
Producción Avícola (Poultry Science).  
Publishers, Inc. S.A.  
Editorial El Ateneo.  
Bs. As. Argentina, 1979.

- 10) Eiksson, C.  
"Maillard Reactions in Food". Progress in Food and Nutrition Science. Ser. Vol. Pergamon, GBR. 1981
- 11) Feeney, R.E.  
"Eggs Proteins" in H.W. Schultz and A.F. Anglemeir.  
Eds. Avi Publishing Co., Inc. West Port, Connecticut.  
U.S.A. 1964.
- 12) Fennema, O. & W.D. Powrie.  
Fundamentals of Low-Temperature Food Preservation  
Advanc. Food Res. 13  
U.S.A. 1964
- 13) Fennema, Owen, R.  
Introducción a la Ciencia de los Alimentos.  
Editorial Reverte, S.A.  
España, 1982.
- 14) Friberg, Stig.  
Food Emulsions  
Marcel Dekker, inc.  
New York, U.S.A. 1976
- 15) Furia Thomas, E.  
Handbook Of Additives, Vol. 1, 2nd. Edition.  
Crc. Press, Inc.  
Boca Ratón, Florida, 1980
- 16) Hart, F.L. and Fisher, H.J.  
Análisis Moderno de los Alimentos.  
Editorial Acribia.  
Zaragoza, España. 1984.
- 17) Herrmann, Karl  
Alimentos Congelados Tecnología y Comercialización.  
Editorial Acribia.  
Zaragoza, España. 1977.
- 18) Hoagland Meyer Lillian.  
Food Chemistry.  
Ed. The Avi Publishing Company, Inc.  
West Port, Connecticut.  
U.S.A. 1978
- 19) Hodgman, C.D.  
Crc. Handbook of Chemistry and Physics, 40 th. ed.  
Crc. Publishing Co. Cleveland, Oh.  
U.S.A. 1959

- 20) Kato Akio, Takahashi Atsunobu, Matxudomi Naotoshi and Kobayashi Junihiko.  
Determination of foaming Properties of Proteins by Conductivity Measurements.  
Journal of Food Science, Vol. 48  
U.S.A. 1987
  
- 21) Kato Yasuko, Matsuda Tsukasa, Watanabe Kenji and Nakamura Ryo.  
Immunochemical Studes on the Denaturation of Ovalbumin Stored with Glucose.  
Journal of Food Science, Vol. 48  
U.S.A. 1987
  
- 22) Kirk-Othmer  
Encyclopedia of Food Technology.  
Third Edition, Vol. 8  
John Wiley and Sons  
U.S.A. 1979
  
- 23) Kitabatake Neofumi and Etsushiro Doi.  
Surface Tensi3n and Foamingo Of Protein Solutions  
Journal of Food Science, Vol. 47  
U.S.A. 1982.
  
- 24) Lehninger, Albert L.  
Biochemistry  
Ed. Worth Publishers, Inc.  
New York, U.S.A. 1980
  
- 25) Mogens Jul.  
The Quality of Frozen Foods.  
Academic Press.  
Harcourt Brace Jovanovich, Publishers  
U.S.A. 1984
  
- 26) Moran T.  
Proc. Fourth. Intern. Congre. Refric. Vol. 1  
U.S.A. 1924
  
- 27) Morrison & Boyd  
Química Orgánica.  
Fondo Educativo Interamericano.  
México 1973.
  
- 28) Mokoseeva, Z.A.; Lobzov, K. I.; Lyalin, V.A.  
Intensified Freezing of Egg White.  
Kholodil naya Tekhnika, Vol. 4  
U.R.S.S. 1982

- 29) Mykosieyeva, Z.A.; Volodin, P.A.; Elkina, A.N., et. al.  
"Proceso de Ultrafiltración de la Clara de Huevo."  
U.R.S.S. 1982.
- 30) Paul, Pauline C. and Palmer, Helen, H.  
Food Theory and Applications  
Ed. John Wiley & Sons, Inc.  
U.S.A. 1972
- 31) Peterson, Martin, Ph. D. and Johnson, Arnold H., Ph. D.  
Encyclopedia of Food Technology and Food Science, Vol. 2  
The Avi Publishing Company, Inc.  
West-Port, Connecticut, U.S.A. 1978.
- 32) Potter, Norman N. Ph. D.  
La Ciencia de los Alimentos  
Editorial Edute.  
México, D.F.
- 33) Powrie, W.D.  
"Chemistry of Eggs and Egg Products." In W.J.  
Stadelman and Cotterill, O.J.  
Eds. Egg Science and Thechnology. & Avi Publishing Co. Inc.  
West-Port, Conn. U.S.A. 1977
- 34) Romanoff, Alexis L., Ph. D. and Romanoff Anastasia, J.B.Sc.  
The Avian Egg.  
Ed. Hohn Wiley & Sons, Inc. N.Y.  
Chapman & Hall, Limited London, U.S.A. 1976
- 35) Romanoff, A.L. and Romanoff, A.J.  
Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Mem. Vol. 150  
U.S.A. 1933
- 36) Sharp, P.F. and Powel, C.K.  
Ind. Eg. Chem Vol. 2  
U.S.A. 1931
- 37) Sharp, P.F.  
Science, Vol. 69  
U.S.A. 1929
- 38) Walton, H.V.; Pistilis, J.G. and Cotterill, O.J.  
The Aparent Viscosity of Egg White at Various Temperatures  
and pH Levels.  
Trans. Asae. Number 18.  
U.S.A. 1975.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 39) Stadelman William, J. Ph. D. and Cotterill Owen, J. Ph. D.  
Egg Science and Technology.  
The Avi Publishing Company Inc.  
U.S.A. 1973
- 40) Winter, A.R. and Wilkin, M.  
Holding, Freezing and Storage of Liquid Egg Products to  
Control Bacteria.  
Food Freezing. Vol. 4  
U.S.A. 1947
- 41) Wong Gossett Patricia, S.S.H. Rizvi, and Baker, P.C.  
Selected Rheological Properties of pH - Adjusted or Succiny  
lated Egg Albumen.  
Journal of Food Science, Vol. 48  
U.S.A. 1983
- 42) Wooton Michael, Thi Hong Nguyen, Phamth, H.L.  
A Study of the Denaturation of Egg White Proteins During  
Freezing Using  
Differential Scanning Calorimetry.  
Journal of Food Science. Vol. 46  
U.S.A. 1981
- 43) Winton Andrew, L., Ph. D. and Barber Winton, K., Ph. D.  
The Structure and Composition of Foods. Vol. 3  
John Wiley & Sons, Inc. New York  
U.S.A. 1937