



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

"APLICACION DE PROPIEDADES REOLOGICAS Y
FUNCIONALES DE POLISACARIDOS Y PROTEINAS
EN ALIMENTOS. APLICACION DE SUSTITUTOS DE
ALBUMINA DE HUEVO EN PRODUCTOS DE
PANADERIA Y CONFITERIA"

REPORTE FINAL DE SERVICIO SOCIAL
T I T U L A C I O N
Que para obtener el Título de:
INGENIERA EN ALIMENTOS
P r e s e n t a :
MARIA DE LOURDES RAMIREZ RODRIGUEZ
ASESOR: I.B.Q. NORMA CASA ALENCASER

1977

Cuatitlán Izcalli, Edo. de México

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el informe de Servicio Social, Aplicación de Propiedades Reológicas y Funcionales de Polisacáridos y Proteínas en Alimentos, Aplicación de Sustitutos de Albúmina de Huevo en Productos de Panadería y Confitería.

que presenta la pasante: María de Lourdes Ramírez Rodríguez con número de cuenta: 8528654-4 para obtener el TITULO de: Ingeniera en Alimentos.

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

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlan Izcalli, Edo. de Méx., a 7 de Octubre de 1996

PRESIDENTE M. en C. Rosa M. Arriaga Orihuela

VOCAL I.B.Q. Norma B. Casas Alencaster

SECRETARIO Dra. Sara E. Valdés Martínez

1er. SUPLENTE I.A. Rosalía Meléndez Pérez

2do. SUPLENTE I.A. Ana Ma. de la Cruz Javier

AGRADECIMIENTOS

- *A Dios por permitirme terminar ésta etapa tan importante para mí y mi familia.*
- *A la I.B.Q. Norma B. Casas Alencaster por la confianza y apoyo brindados para el desarrollo de éste trabajo.*
- *A todos los profesores que de alguna manera contribuyeron para mi formación, por sus conocimientos y consejos.*
- *A Eric G. Denicia y Jorge Romero por brindarme su amistad y apoyo en cada momento bueno o malo.*
- *A mi papá por su forma de ser, a la que le debo el ser independiente.*
- *A todas las personas que cooperaron para que éste trabajo se llevara a cabo.*

DEDICATORIAS

A mi MADRE

Por el gran esfuerzo que haces cada día por seguir adelante no importando los obstáculos, porque con ello nos das tu ejemplo de que en la vida todo se puede lograr.

A ALEJANDRO RAMIREZ.. ✦

Porque tú querías que éste día llegara y lo deseabas tanto como yo, porque tu recuerdo es mi aliciente.

A ANGELES RAMIREZ.

Porque nunca descansaste hasta verme llegar aquí, por tu gran esfuerzo y apoyo incondicional.

A Teresa RAMIREZ.

Principalmente porque cuando te necesito éstas conmigo, porque tu ayuda y apoyo fueron muy importantes.

A JAIME ISLAS D.

Porque en los buenos momentos me alientas a seguir adelante y en los malos cuento con tu apoyo incondicional, porque éste paso no lo di sola ni sin tu ayuda.

INDICE.

Resumen	8
Introducción	9
Antecedentes	10
Capítulo 1 - GENERALIDADES	
1.1 Proteínas	13
1.1.2 Fuentes	13
1.1.3 Unidades Básicas y Tipos de Enlace	13
1.1.4 Clasificación	14
1.1.5 Propiedades de las proteínas	17
1.1.6 Estructura de las proteínas	21
1.1.7 Desnaturalización	23
1.1.8 Propiedades funcionales de las proteínas	24
1.2 Generalidades del huevo y albumina	
1.2.1 Composición del huevo	25
1.2.2 Aplicación del huevo en alimentos procesados	26
1.2.3 Disponibilidad del huevo y sus productos	26
1.2.4 Propiedades funcionales del huevo	26
1.2.5 Efectos de los procesos de conservación en las propiedades del huevo	29
1.2.6 Composición y Aplicación de la Albumina	30
1.3 Sustitutos de Albumina de Huevo como Agente Espumante	
1.3.1 Caseína	31
1.3.2 Proteína de Trigo	33
1.4 Espumas	
1.4.1 Definición	34
1.4.2 Agentes Espumantes	34
1.4.3 Formación de espumas con proteínas	35

1.4.4 Propiedades de las espumas alimenticias	35
1.4.5 Estabilidad de las espumas	37
1.5 Polisacáridos	
1.5.1 Agentes estabilizantes	41
1.5.2 Polisacáridos como estabilizantes de espumas	42
1.5.3 Interacciones proteina-polisacárido	43
1.6 Formulaciónes y funciones de los ingredientes de los productos estudiados	
1.6.1 Merengue	46
1.6.2 Mousse	47
1.6.3 Crema batida	48
1.6.4 Malvavisco	48

Capítulo 2 - DISEÑO EXPERIMENTAL

2.1 Objetivos	50
2.1.1 Objetivo General	50
2.1.2 Objetivos Particulares	50
2.1.3 Objetivo Social	50
2.2 Metodología Experimental	
2.2.1 Cuadro Metodológico	51
2.2.2 Descripción	53
2.3 Materiales y Métodos	54
2.3.1 Materias primas	55
2.3.2 Material y equipo	55
2.3.3 Desarrollo de formulaciones	
a) Merengue	56
b) Mousse	59
c) Crema batida	61
d) Malvavisco	63

2.3.4. Métodos de evaluación de las variables de respuesta	
a) Consistencia	65
b) Velocidad de penetración	67
c) Dureza	67
d) Densidad	68
e) Tamaño de burbuja	69
f) pH	70
g) Estabilidad	70
h) Rendimiento	71

Capítulo 3 - RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Analisis de productos de referencia	
3.1.1 Merengue	72
3.1.2 Mousse	73
3.1.3 Crema batida	74
3.1.4 Malvavisco	75
3.2. Analisis de las Proteinas Espumantes y sus Estabilizantes en Merengue	
3.2.1 Merengue de Albumina de Alta Espuma	77
3.2.2 Merengue de Prolac H	83
3.2.3 Merengue de Hifoama 88	89
3.2.4 Comparacion de merengue	95
3.3. Analisis de las Proteinas Espumantes y sus Estabilizantes en Mousse	99
3.3.1 Aplicacion de las proteinas de trabajo en la elaboracion de mousse	99
3.3.2 Efecto de la variacion de ingredientes en la elaboracion de mousse	100
3.3.3 Comparacion de mousse	104
3.4. Analisis de Proteinas Espumantes y sus Estabilizantes en Crema Batida	
3.4.1 Crema batida de Albumina de Alta Espuma	107
3.4.2 Crema batida de Prolac H	111
3.4.3. Crema batida de Hifoama 88	113

3.4.4. Comparación de crema batida	116
3.5. Análisis de las Proteínas Espumantes y sus Estabilizantes en Malvavisco	
3.5.1. Malvavisco de Albúmina de Alta Espuma	123
3.5.2. Malvavisco de prolac H	124
3.5.3. Malvavisco de Hyfoama 88	125
3.5.4. Malvavisco de AAE-PH	126
3.5.5. Malvavisco de AAE-H88	127
3.5.6. Malvavisco de PH-H88	128
3.5.7. Comparación de malvavisco	129

Capitulo 4 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Merengue	135
4.2 Mousse	136
4.3 Crema batida	136
4.4. Malvavisco	137

REFERENCIAS	138
-------------	-----

INDICE DE FIGURAS

1. Desnaturalización de proteína de soya	19
2. Representación del borde de Plateau (PH)	37
3. Mecanismo de estabilidad de espumas	39
4. Representación de absorción de beta-caseína y lisozima	40
5. Determinación del área del cono del penetrómetro	68

INDICE DE TABLAS

1. Propiedades evaluadas en merengue comercial Lvsi	72
2. Propiedades evaluadas en mousse tradicional	73
3. Propiedades evaluadas en crema batida comercial y con clara de huevo	74
4. Propiedades evaluadas en malvavisco comercial "La rosa"	75
5. Propiedades evaluadas en malvavisco de grenetina	76
6. Efecto de la concentración de sólidos en las propiedades evaluadas en merengue de AAF	77
7. Efecto de la concentración de AAF en las propiedades evaluadas en merengue	78
8. Efecto de la concentración de G-J en las propiedades evaluadas en merengue	79
9. Efecto de la concentración de cremor tartaro en las propiedades evaluadas en merengue	80
10. Efecto de la concentración de ácido tartárico en las propiedades evaluadas en merengue	81
11. Efecto de la concentración de PH en las propiedades evaluadas en merengue	83
12. Efecto de la concentración de G-J en las propiedades evaluadas en merengue	84
13. Efecto de la concentración de azúcar en las propiedades evaluadas en merengue	85
14. Efecto de la concentración de cremor tartaro en las propiedades evaluadas en merengue	86
15. Efecto de la concentración de ácido tartárico en las propiedades evaluadas en merengue	87
16. Efecto de la concentración de H 88 en las propiedades evaluadas en merengue	89
17. Efecto de la concentración de ácido tartárico en las propiedades evaluadas en merengue	90
18. Efecto de la modificación de la concentración de ingredientes en las propiedades evaluadas en merengue de H 88	92
19. Comparación de proteínas espumantes en merengue	95
20. Efecto del tipo de proteína en las propiedades evaluadas en mousse	99
21. Efecto de la concentración de H 88 en las propiedades evaluadas en mousse	100
22. Efecto del estabilizante y la concentración de grenetina en las propiedades	

evaluadas en mousse	101
23. Comparación de proteínas espumantes en mousse	104
24. Efecto de la concentración de AAE en las propiedades evaluadas en crema batida	107
25. Efecto de la concentración de azúcar en las propiedades evaluadas en crema batida	109
26. Efecto de la concentración de PH en las propiedades evaluadas en crema batida	111
27. Efecto de la concentración de H 88 en las propiedades evaluadas en crema batida	113
28. Efecto de la concentración de azúcar en las propiedades evaluadas en crema batida	114
29. Comparación de proteínas espumantes y CC-I en crema batida	116
30. Comparación de proteínas espumantes y CC-IC en crema batida	119
31. Propiedades evaluadas en malvavisco de AAE	123
32. Propiedades evaluadas en malvavisco de PH	124
33. Efecto de la concentración de H 88 en las propiedades evaluadas en malvavisco	125
34. Propiedades evaluadas en malvavisco de AAE-PH	126
35. Propiedades evaluadas en malvavisco de AAE-H 88	127
36. Propiedades evaluadas en malvavisco de PH-H 88	128
37. Comparación de malvavisco de proteínas espumantes y malvavisco comercial	129
38. Comparación de malvavisco de proteínas espumantes y malvavisco de grenetina	132

INDICE DE TABLAS ESTADISTICAS

1. Resultados estadísticos de las proteínas en merengue	93
2. DVS para densidad en merengue	96
3. DVS para tamaño de burbuja en merengue	97
4. DVS para consistencia en merengue	97

5	DVS para pH en merengue	98
6	Resultados estadísticos de las proteínas en mousse	102
7	DVS para densidad en mousse	105
8	DVS para consistencia en mousse	105
9	DVS para pH en mousse	106
10	Resultados estadísticos de las proteínas en crema batida	115
11	DVS para consistencia en crema batida con CC-I	117
12	DVS para tamaño de burbuja en crema batida con CC-I	118
13	DVS para pH en crema batida con CC-I	118
14	DVS para densidad en crema batida con CC-IC	120
15	DVS para consistencia en crema batida con CC-IC	121
16	DVS para tamaño de burbuja en crema batida con CC-IC	121
17	DVS para pH en crema batida con CC-IC	122
18	Resultados estadísticos del efecto de la concentración de H 88 en malvavisco	125
19	DVS para para densidad en malvavisco con malvavisco "La rosa"	130
20	DVS para para dureza en malvavisco con malvavisco "La rosa"	131
21	DVS para para densidad en malvavisco con malvavisco de grenetina	133
22	DVS para para dureza en malvavisco con malvavisco de grenetina	134

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la funcionalidad de dos proteínas modificadas con tratamientos alcalinos, las cuales son Prolac H y Hyfoama 88 como sustitutos de albumina de huevo en la elaboración de merengue, mousse, crema batida y malvavisco.

Se elaboraron diferentes productos con albúmina de alta espuma con la finalidad de comparar con los productos hechos con las proteínas sustitutas (PH y H88) bajo las mismas condiciones de proceso, además porque existen productos tradicionales que no son elaborados con la albumina sola como el mousse en el que se utiliza clara de huevo o que no cuentan con la misma como el malvavisco comercial.

Los procesos y formulaciones empleados se obtuvieron adaptando los utilizados tradicionalmente en la "Cámara Nacional de la Industria de la Panificación" (CANAINPA) para estos productos. A todas las formulaciones se les evaluó rendimiento, estabilidad y propiedades específicas (pH, tamaño de burbuja y consistencia). En todos los productos se obtuvo una estabilidad del 100% y un mayor rendimiento que los elaborados con AAE.

El aumento de la concentración de PH y H88 ocasionó un incremento del 44% y 60% respectivamente en el rendimiento del producto en volumen en relación a las formulaciones con AAE. Las características físicas como consistencia, densidad, tamaño de burbuja y pH fueron mejorados, el costo disminuyó para el merengue en un 21.34% y para el mousse 16.67%, para la crema batida hasta 30.66%, para el malvavisco el incremento fue de 4.32%. Los mejores productos fueron obtenidos con las siguientes proteínas: para merengue funcionó mejor H88 a la concentración de 0.87%, para mousse y crema batida PH a las concentraciones de 0.44% y 0.90% respectivamente, finalmente para el caso del malvavisco, se trabajaron las proteínas solas y en mezcla, siendo PH al 0.25% la que mejor funcionó y en el caso de las mezclas la mejor fue AAE-PH en relación 1:1 a la concentración de 0.17%.

INTRODUCCION

La albumina de huevo, por su gran capacidad para el batido y por sus propiedades funcionales, es uno de los principales agentes espumantes utilizados en la elaboración de diferentes productos aireados, principalmente en las ramas de repostería, panadería y confitería (2,6,7). Para elaborar la mayoría de estos productos se precisa de una espuma estable, por lo que el huevo es aun muy valioso, las propiedades funcionales de la albumina de huevo son muy variables y dependen del estado en el que se encuentra (fresca, deshidratada, congelada), ya que los procesos previos para su obtencion, la deterioran. La respuesta poco constante de la albumina de huevo como agente espumante y su deterioro por sobreatado, son la causa de que se busquen sustitutos de esta por proteínas de otros orígenes. En la actualidad el empleo de agentes espumantes ha cobrado importancia por la gran cantidad de productos ya preparados en donde se aplican como postres, pay, pasteles, mousse, y que generalmente se venden congelados. Otro uso importante se encuentra en las bases en polvo para capear y para aplicaciones en panadería.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de dos proteínas espumantes que en estudios previos han mostrado buenas propiedades como alternativas de sustitucion total o parcial de la albumina de huevo en productos de panadería y confitería como merengue, crema batida, mousse y malvavisco (1,2).

Las proteínas en estudio son Albumina de Alta Espuma (AAE) utilizada como referencia, Hyfoama 88 (H88) que es una proteina de gluten de trigo y Profac II (PII) que es una caseína, y al igual que H88 es obtenida a partir de un tratamiento alcalino. Se utilizaron como agentes estabilizantes de las espumas, polisacáridos aniónicos.

ANTECEDENTES

Tradicionalmente la albúmina de huevo ha sido utilizada como agente espumante en alimentos, la clara de huevo, fuente de la albúmina, se ha utilizado fresca y congelada, presentando problemas en cuanto a consistencia de sus propiedades espumantes. También se utiliza ampliamente en forma deshidratada ya sea sola o mezclada con azúcar, estabilizantes y/o otros coadyuvantes en formulaciones aplicadas a productos específicos (merengue en polvo, bases para capear, etc). Aun así, se tienen problemas ya que sus propiedades no siempre son las mismas y es muy sensible al sobretariado. Por estas razones se ha buscado su sustitución por proteínas de otros orígenes. Para la aplicación de dichas proteínas en los productos aireados se requiere de estabilizantes adecuados para cada una de ellas. Algunas de éstas presentan una capacidad espumante superior a la de la albúmina pero su estabilidad es menor. En el volumen y estabilidad de las espumas de proteína además de la concentración de estas, influyen notablemente el pH, la presencia de grasas, azúcar, emulsificantes y estabilizantes (gomas), por el efecto que tienen ya sea en la estructura de la proteína y su acomodo en la interfase, como por su interacción en la misma y las características reológicas que le imparten a la interfase y a la fase continua.

El azúcar y las gomas (hidrocoloides) se utilizan como estabilizantes de las espumas de proteínas por el efecto antes mencionado, sin embargo, puede haber incompatibilidad o excesiva competencia por el disolvente y la interfase, siendo necesario seleccionar para cada proteína la goma y su concentración más favorables para la estabilidad de la espuma. Al tener más opciones de proteínas espumantes ampliamente probadas para las condiciones y formulaciones de productos específicos se tiene una mayor posibilidad de elegir para cada uno de estos la proteína que proporcione las mejores características de rendimiento, estabilidad y consistencia requeridas. En el "Estudio del efecto de hidrocoloides en la estabilización de espumas de proteínas empleadas en alimentos" (1), se analizó el efecto de tres gomas: Avicel (celulosa microcristalina), y las carrageninas Genuviseco J (GJ) y Genuviseco CSW-1 (GC), a concentración de 0.3, 0.4 y 0.6%, en la expansión de la espuma (FE), estabilidad del volumen de la espuma (FVS) y estabilidad del líquido en la espuma (FLS), para tres proteínas: AAE, PH y H88 a concentración de 0.8, 1.3, 2.0 y 16.0%, con y sin azúcar (38%), utilizando el método de batido-drenado, y se encontró que las mejores

relaciones proteína-goma fueron AAE 2.0%-GJ 0.35%, PH 1.3%-GJ 0.45%, H88 1.3%-GC 0.35%, ya que dieron 100% de estabilidad (FVS y ELS) sin afectar de manera importante el rendimiento (EE). Determinando así mismo que ninguna de las proteínas tiene 100% de estabilidad por sí sola, por lo que es fundamental la selección del estabilizante para cada una, para obtener mayor estabilidad, sin afectar el rendimiento de la espuma. Este estudio se efectuó sin modificar el pH. Las proteínas alternativas, debido a que son modificadas por hidrólisis alcalina presentan un pH elevado. Tomando en cuenta que tanto la proteína como los polisacáridos empleados son polímeros susceptibles de modificar su estado de carga por efecto del pH y la fuerza iónica es de esperarse que al aplicarse como agentes espumantes y estabilizantes en productos con pH diferente al utilizado en estos estudios las propiedades de las espumas cambian.

Tomando en cuenta que la aplicación de proteínas que sustituyan a la albumina es muy valiosa para las industrias de panadería y confitería es importante conocer más a fondo los factores que influyen en sus propiedades como por ejemplo, el índice de consistencia de la fase continua. En 1995 se llevó a cabo un estudio en donde se utilizaron las formulaciones 1 PH-GJ, 2 PH-Carboximetil Celulosa (Macrocel MC), 3 H88-MC, 4 H88-GC y 5 AAE-GJ. La fase continua (dispersión de proteína-polisacárido-agua), fue caracterizada reológicamente en viscosímetro Brookfield RV Rheoset con geometría de cono y plato y se obtuvieron el índice de consistencia (k) y el índice de comportamiento al flujo (n). A partir de estas dispersiones se obtuvieron espumas por el método de batido-drenado, y se evaluó EE, FVS y ELS (16). A las espumas se les determinó densidad, diámetro de burbuja y consistencia de la espuma. Encontrándose en todos los casos, que la fase continua es pseudoplástica conforme aumenta la concentración de estabilizante, el índice de consistencia aumenta y el índice de comportamiento disminuye, en donde PH-MC presentó los mayores valores de k y PH-GJ los menores, con lo que se determinó que, el aumento de k de la fase continua aumentó la estabilidad de las espumas y mejoró sus propiedades de diámetro de burbuja y consistencia dentro de cada formulación, pero no necesariamente a mayor valor de k entre las formulaciones mayor estabilidad y mejores propiedades (2).

Debido a que P11 y H88 son buenas alternativas en cuanto a calidad y costo como sustitutos de AAE (1) y basado en los estudios antes mencionados, en este trabajo se aplicaron las proteínas sustitutas en la elaboración de productos de panadería y confitería

CAPITULO I.- GENERALIDADES.

1.1. PROTEÍNAS.

1.1.1. Definición.

El nombre *proteína* proviene del adjetivo griego *proteios*, que significa lo más importante (18). Las proteínas son polímeros de alrededor de 21 aminoácidos diferentes unidos al mismo tiempo por enlaces peptídicos ordenados en una secuencia perfectamente definida (17,19).

1.1.2. Fuentes.

Por ser sustancias orgánicas muy complejas, se encuentran en todo tipo de materia viva: vegetales, animales y microorganismos. En los animales, las proteínas representan el componente estructural más importante y es el principal constituyente de los músculos, la piel, el cabello, el tejido conectivo, etc. Se las halla en gran concentración en los cotiledones de las semillas. Las enzimas y muchas hormonas son proteínas, por tanto, son esenciales para la vida en cualesquiera de sus niveles de organización (17,18).

1.1.3. Unidades Básicas y Tipo de Enlace.

A pesar de su complejidad e inmensa diversidad, las proteínas se componen básicamente de solo 21 unidades estructurales, llamadas **aminoácidos**, es decir, son ácidos α aminocarboxílicos, en los cuales el grupo carboxilo y amino se encuentran unidos al carbono α . En las proteínas los aminoácidos están unidos mediante enlaces peptídicos ($-CO-NH-$), es decir, que el grupo carboxilo de un aminoácido forma un enlace con el grupo amino de un segundo aminoácido con eliminación de H_2O , formándose así una amida del segundo ácido (18).

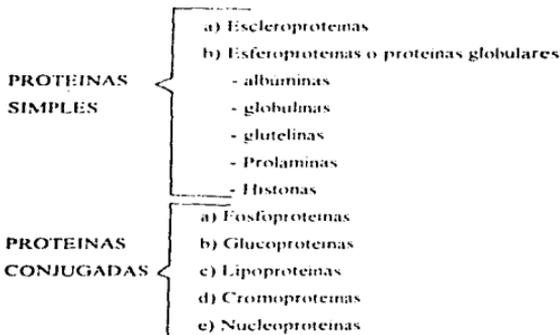
Las proteínas y péptidos se caracterizan por ser cadenas de estructura variable, que tienen una función carboxílica en el carbono terminal y una función amina en el carbono α (19). Cuando se las hidroliza con ácidos minerales fuertes, o por medio de ciertas enzimas, las proteínas pueden descomponerse completamente en sus aminoácidos constitutivos.

En el aminoácido más sencillo, la glicina, R es H. La siguiente es una lista de clasificación de los aminoácidos proteínogénicos más comunes.

- (a) Aminoácidos alifáticos monoamino monocarboxílicos.
- (b) Aminoácidos que contienen azufre.
- (c) Aminoácidos monoamina dicarboxílicos.
- (d) Aminoácidos básicos.
- (e) Aminoácidos aromáticos.

1.1.4. Clasificación.

En primer término se distinguen las **proteínas simples de las conjugadas o proteína complejas**. Las proteínas simples son aquellas que solo producen aminoácidos por hidrólisis. Las complejas contienen grupos no proteicos unidos a la cadena polipeptídica (18)



PROTEÍNAS SIMPLES

Se clasifican a su vez en los siguientes grupos

A.- Escleroproteínas: Las cuales son esencialmente insolubles, con un grado de cristalinidad relativamente alto, carecen de triptófano, y a menudo de tirosina, resistentes a la acción de la mayor parte de las enzimas (18). Son componentes del mundo animal, de estructura fibrosa, que forman la envoltura y el sosten de los órganos, por ejemplo el

colágeno del tejido conjuntivo, que se transforma en gelatina después de la ebullición en agua, y la **queratina** muy rica en aminoácidos azufrados, de los cabellos y de las uñas y pezuñas. Su valor nutricional es bajo dado que no contienen triptofano y que además, no se disuelven durante su tránsito por el tubo digestivo (19)

B.- Esferoproteínas o proteínas globulares.

Contienen moléculas de forma más o menos esférica. Se subdividen en cinco clases según su solubilidad (18)

(a) **Albúminas:** Son solubles en agua y solubles en soluciones debilmente salinas saturadas, presentes en los productos derivados de los animales, ricas en lisina y bien equilibradas en aminoácidos, lo que hace que su eficacia proteica sea alta (19) Precipitan en soluciones de sulfato de amonio a una concentración cercana a la saturación. Como ejemplos se pueden mencionar a la albumina de huevo, la lactoalbumina, la albumina del suero sanguíneo, la leucina de cereales y la legumelina en leguminosas (18)

(b) **Globulinas:** Son insolubles en agua y solubles en soluciones debilmente salinas (NaCl), coagulables mediante calor, su presencia es en el reino animal. Su contenido en lisina es elevado. Como ejemplo se encuentran las globulinas del suero y β -lactoglobulina en leche, miosina y actina en carne, glicina en soya y la conaraquina del maní (19,18)

(c) **Glutelinas:** Son proteínas del mundo vegetal (cereales), solubles en los ácidos y las bases diluidas y no coagulables por el calor, relativamente bien equilibradas en aminoácidos. Principalmente en cereales, e.g. glutelina en trigo y orizemina en el arroz (19)

(d) **Prolaminas:** Son solubles casi exclusivamente en alcohol al 70%. Son las proteínas más desequilibradas, extremadamente pobres en lisina y a veces en triptofano, responsables de la baja eficacia proteica de los cereales. Entre estas podemos mencionar a la zeína de maíz, gliadina en trigo y la hordemina en la cebada (18)

(e) **Histonas:** Son solubles en agua y medios debilmente ácidos y en sulfato amónico y precipitables por amoníaco. Se encuentran sobre todo en agentes de reproducción (19). Contienen una gran cantidad de aminoácidos básicos. Un ejemplo son las histonas de los espermatozoides del pescado (18)

PROTEINAS CONJUGADAS

Reciben el nombre segun la naturaleza del grupo prostético que poseen

(a) **Fosfoproteínas:** Contienen ácido fosfórico unido a la cadena, por medio de uniones éster con los grupos hidroxilo de la serina y de la treonina. La caseína de la leche y las vitelinas de la yema del huevo (18)

(b) **Glucoproteínas:** Contienen carbohidratos. Difieren según la longitud de la cadena del carbohidrato unido a la porción polipeptídica (18). Proteínas combinadas con una fracción glucídica de naturaleza variada. Según su riqueza en fracción glucídica se les clasifica en mucoproteínas o mucoides y en glicoproteínas. Se hallan en abundancia en los tejidos conectivos (19)

(c) **Lipoproteínas:** Son proteínas conjugadas con lípidos complejos como los fosfolípidos o grasas neutras (triglicéridos) (19). Dado que a menudo el componente lipídico puede separarse mediante extracción con disolventes, la existencia de uniones covalentes entre ambas partes es discutible. Las lipoproteínas del plasma sanguíneo parecen cumplir funciones fisiológicas de importancia fundamental (18)

(d) **Cromoproteínas:** Son proteínas en las que el grupo prostético es una metaloporfirina, tal como la clorofila o el heme (en la hemoglobina), que es una molécula proteica que contiene un grupo cromóforo, como la hemoglobina, la transferrina, etc. Ejemplo las enzimas peroxidasa y catalasa, los citocromos y la mioglobina del tejido muscular (18,19)

(e) **Nucleoproteínas:** Son proteínas en las que el grupo prostético es un ácido nucleico (18)

1.1.5. Propiedades de las proteínas.

Dentro de las propiedades más importantes que presentan las proteínas se encuentran:

- a) Anfoterismo
- b) Solubilidad
- c) Hidrólisis
- d) Oxidación-reducción
- e) Propiedades coloidales y superficiales
- f) Características organolépticas

a) Anfoterismo.

En primer lugar, todas las proteínas son de naturaleza coloidal, comportándose además como iones dipolares, es decir, poseen carácter anfótero al igual que los aminoácidos. Como en las proteínas, los grupos α -amino y α -carboxilo de los aminoácidos se hallan ocupados en las uniones peptídicas. Las propiedades anfotéricas dependen, por lo general de los grupos R ionizables presentes en las cadenas laterales. El grupo R de la especie $RCH(NH_2)COOH$ puede ser alquilo o arilo, y puede contener grupos hidroxilo, amino, mercapto, sulfuro o carboxilo (39). Las cargas electrostáticas en la molécula proteica determinan en alto grado las fuerzas actuantes en la cadena, entre las cadenas y entre la proteína y el medio circundante (disolventes polares, otros iones, etc.). Muchas de las propiedades de las proteínas resultan afectadas por el pH. La solubilidad, la viscosidad, la solvatación y la rotación óptica adquieren valores mínimos cuando la proteína se encuentra en su punto isoeléctrico (18).

b) Solubilidad.

Esta propiedad es una de las principales bases de clasificación de las proteínas. Las diferencias de solubilidad se emplean a menudo en la investigación sobre problemas, con fines de preparación, separación, purificación y caracterización (18). La solubilidad está determinada por tres factores principales: a) Grado de hidratación, b) Densidad y distribución de cargas a lo largo de la cadena y c) La presencia de compuestos no proteicos como fosfatos, carbohidratos o lípidos que pueden tener un efecto estabilizante (12).

c) Hidrólisis.

Es una operación realizada por vía química (ácida o básica) o enzimática, que libera una o varias moléculas de una sustancia compleja. Tiene lugar al fijarse una molécula de agua sobre el enlace hidrolizable, según el siguiente esquema



La operación inversa a la hidrólisis es la condensación de dos moléculas con eliminación de agua (19). Las uniones peptídicas de las proteínas son hidrolizadas en presencia de ácidos fuertes, bases fuertes y ciertas enzimas. Cuando se calienta una solución proteica durante varias horas en HCl 6N, las proteínas se hidrolizan completamente en sus aminoácidos constitutivos. También se obtiene una hidrólisis total hirviendo la solución en NaOH 5N. Las enzimas proteolíticas catalizan la rotura de la unión peptídica, cada enzima proteolítica posee su propia especificidad, es decir, ataca preferentemente ciertos tipos de uniones peptídicas. También se observa cierto grado de especificidad en la hidrólisis ácida (18).

Algunas proteínas, para su obtención, son sometidas a tratamientos de hidrólisis parcial. Este tratamiento rompe la cadena peptídica en fragmentos más pequeños y puede efectuarse ya sea químicamente (ácida o alcalina) o bien enzimáticamente (40).

Los tratamientos alcalinos son utilizados con la finalidad de mejorar la calidad nutritiva o bien para obtener ciertas propiedades funcionales, por ejemplo, obtención de proteína de soya como sustituto de la carne, destrucción de aflatoxinas en algunos granos, para la fabricación de aislados y concentrados proteicos y en el pelado de frutas y vegetales. El mecanismo de desnaturalización por medio de álcalis se muestra en la figura 1, que es llevado a cabo con las proteínas de soya en la elaboración de productos extruidos que se usan como sustitutos de la carne (12).

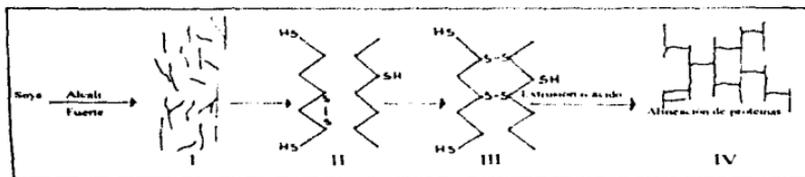
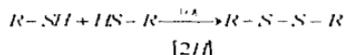


Fig 1 - Desnaturalización de proteína de soya para la formación de fibras (12)

El primer paso (I) es un desdoblamiento de las proteínas nativas, seguido de un **reajuste** de sus grupos sulfhidrilo y disulfuro (II y III), finalmente la orientación de las fibras (IV) debido a la acción de un ácido y de la fuerza mecánica que le imparte la extrusión. El principal inconveniente de estos tratamientos es que inducen la formación de nuevos aminoácidos como la lisinoalamina (LAI), la lantionina y la ornitinoalamina. Dentro de los efectos beneficios es que mejoran la calidad y presentan un mayor valor nutritivo, un ejemplo de esto se da en el maíz mistamalizado (12)

d) Oxidación-reducción.

Los grupos mas sensibles a la oxidación en una molecula de proteina son los grupos SH de la cisteina. Aun en presencia de grupos oxidantes suaves, se produce la siguiente reaccion entre dos grupos sulfhidrilos



Por lo general la reaccion es reversible, y la union disulfuro es destruida por los agentes reductores. La formacion de uniones disulfuro a partir de dos grupos sulfhidrilo de la misma molecula o de moleculas distintas (entrecruzamiento), aumentan la rigidez de la proteina. Es por este efecto, que se emplean los bromatos y otras sustancias oxidantes en la coccion del pan, a fin de aumentar la resistencia mecanica de la proteina del trigo, el gluten. Algunos agentes reductores, como la cisteina, el mercaptoetanol y el glutatión se agregan a

Las soluciones de proteínas cuando el entrecruzamiento de los disulfuros debe ser evitado o eliminado (12)

e) Propiedades coloidales y superficiales.

Las proteínas son partículas coloidales por su peso molecular. Las moléculas de proteína en solución pueden asociarse y formar agregados y micelas. Las proteínas globulares absorben agua y aumentan de tamaño considerablemente. El sitio principal de absorción de agua es la unión peptídica.

La viscosidad de los soles proteicos obedece a la ecuación de Einstein para la viscosidad de una suspensión, en la que la fase dispersa se halla como partículas esféricas de acuerdo a la fórmula 1

$$N_s = N_m (1 + 2.5d) \text{ ----- (1)}$$

donde N_s es la viscosidad de la suspensión, N_m la del disolvente, y d la fracción volumétrica del componente disperso.

Debido al carácter anfótero de las proteínas, la carga electrostática de las partículas coloidales en los soles proteicos depende del pH. Se vuelve posible, entonces, precipitar proteínas de sus soles mediante un coloide o un ion de gran tamaño, de carga opuesta. Este método se emplea para la recuperación de proteínas de las soluciones de desecho. Las proteínas adsorben colorantes ionizables de sus soluciones.

Las soluciones de proteínas, particularmente las albuminas, tienden a formar mucha espuma, debido a que la molécula se distribuye hacia la interfase aire-agua, en donde se despliega, se concentra y extiende rápidamente, disminuyendo la tensión interfacial, por ser una proteína globular, presenta un desplegamiento previo a través de un calentamiento moderado, la exposición a agentes desnaturizantes, a sustancias reductoras de los grupos disulfuro, a la proteólisis parcial, mejoran la orientación en la interfase y proporciona una mayor capacidad de espumante (36). En vista de que son cadenas largas, capaces de formar uniones de hidrógeno y de hidratarse, las proteínas pueden formar geles estables, siempre y cuando las cadenas se expandan y la unión entre distintas cadenas sea posible. Las proteínas también actúan como estabilizadores de emulsiones y grasa, ya que, poseen al mismo tiempo

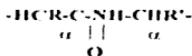
grupos laterales hidrofóbicos (tales como los radicales hidrocarbonados no sustituidos de la alanina, la leucina, etc) así como centros hidrofílicos. Varias emulsiones de este tipo se estabilizan mediante la adición de proteínas. Los glóbulos de grasa de yema de huevo y de la leche se encuentran rodeados por una "membrana" formada principalmente por lipoproteínas (18).

1.1.6. Estructura de las proteínas.

Las proteínas se caracterizan por tener cuatro niveles de estructura

Estructura Primaria: La estructura primaria de una proteína hace referencia a la secuencia de los residuos de los aminoácidos unidos por enlaces covalentes (llamados enlaces péptidos). Esta estructura está definida por el número y secuencia de aminoácidos que componen la cadena polipeptídica (19,36)

Estructura Secundaria: Por la estructura secundaria de una proteína se entiende la disposición espacial adoptada por la cadena polipeptídica a lo largo de su eje



Dado que los sustituyentes de los carbonos α pueden rotar en torno a los ejes constituidos por los enlaces covalentes simples, a la conformación de una cadena polipeptídica se le ofrecen múltiples posibilidades. En condiciones normales, especialmente de pH y temperatura, cada cadena polipeptídica asume una conformación específica, llamada *nativa*, la cual termodinámicamente corresponde a un sistema organizado y estable con mínima energía libre. Esta conformación se encuentra íntimamente relacionada con la polaridad, la hidrofobicidad y las restricciones estéricas de las cadenas laterales, R. Existen tres principales tipos de estas estructuras: la hélice α , la conformación β y la hélice de la colágena o hélice β , y todas están estabilizadas por diferentes fuerzas, siendo las más importantes las electrostáticas, los puentes de hidrógeno, las interacciones hidrofóbicas, las interacciones dipolo-dipolo y enlaces disulfuro. La hélice α es una estructura ordenada y particularmente estable, y como su nombre lo indica, tiene forma de espiral, en la que se

establecen múltiples enlaces de hidrógeno, especialmente entre el H del grupo (-NH-COO-) y el oxígeno de un enlace peptídico. La estructura o conformación β es una estructura en zig-zag más estirada que la hélice α , estas condiciones estiradas se combinan para formar estructuras denominadas en "hoja plegada" que se encuentran unidas transversalmente por puentes de hidrógeno intermoleculares. La hélice β es una estructura secundaria que se encuentra a veces en ciertas regiones de las proteínas globulares, es una variedad de la hélice α con 3 restos de aminoácidos por vuelta, no tiene la capacidad de adquirir una conformación de hélice α , si no que forma una estructura consistente de una triple hélice de cadenas polipeptídicas. Existen también estructuras indefinidas sin ningún plano o eje de simetría conocidas bajo el nombre de "entollamiento al azar" las cuales son originadas cuando las propiedades estéricas o electrostáticas de sus cadenas laterales imposibilitan la formación de la hélice y cuando esto ocurre la cadena polipeptídica asume una estructura en la que la distancia entre los grupos portadores de idéntica carga es máxima y la energía libre de la repulsión electrostática es mínima. Un ejemplo de esta estructura es la caseína (36).

Estructura Terciaria: Este término hace referencia a la organización tridimensional de una cadena polipeptídica que contiene regiones con estructuras secundarias bien definidas (hélices α , β , hélices β) o mal definidas (entollamiento al azar). Esta estructura se refiere al modo en que la cadena polipeptídica se curva o se pliega, para formar una estructura estrechamente plegada y completa. De todos los puentes y enlaces que intervienen en esta estructura, el S-S es el más fuerte lo que le imparte una alta estabilidad a la proteína. Sin embargo, existen proteínas que no cuentan con estos enlaces, pero cuya estructura terciaria está estabilizada por innumerables puentes hidrofílicos, hidrofóbicos y salinos, aunque puede ser una molécula menos estable que las que contienen enlaces disulfuro (12).

En casi todas las proteínas globulares hidrosolubles de estructura terciaria conocida, los aminoácidos hidrofóbicos tienden a localizarse en el interior de la molécula, en tanto que los aminoácidos polares se sitúan fundamentalmente en la superficie, con una distribución bastante uniforme. En algunas proteínas insolubles en agua y solubles en ciertos disolventes orgánicos (lipoproteínas que actúan como transportadoras de lípidos) se encuentran numerosos aminoácidos hidrofóbicos en la superficie.

Estructura Cuaternaria: Es el resultado de asociaciones no covalentes de unidades proteicas. Estas "subunidades" unas veces son idénticas y otras no y pueden disponerse de una forma asimétrica. Las fuerzas o enlaces que estabilizan las estructuras cuaternarias son idénticas a las que estabilizan las estructuras terciarias.

La estructura cuaternaria aparece cuando varias proteínas ya estructuradas actúan como monómeros o subunidades, y se asocian entre sí formando un conjunto cuya organización estructural alcanza una gran complejidad.

1.1.7. Desnaturalización.

La desnaturalización es un fenómeno que modifica la organización estructural de las proteínas que pierden su estructura secundaria, terciaria o cuaternaria, que no va acompañada de la ruptura de enlaces peptídicos, implicados en la estructura primaria. Las proteínas se despliegan y como resultado las zonas hidrofobas quedan expuestas hacia el exterior, lo que implica una disminución de su afinidad por el agua y su floculación, dando lugar a modificaciones de orden físico y biológico.

La desnaturalización en sentido estricto no involucra reacciones químicas de la proteína ni fenómenos hidrofóbicos. Provoca a veces la formación de puentes disulfuro y enlaces intermoleculares, y por tanto una reordenación de la molécula, que pueden dar lugar a una pérdida de la actividad nutricional de la proteína (19).

La conformación de una proteína, ligada a su estructura secundaria y terciaria, es labil. Por ello el tratamiento de las proteínas con ácidos, álcalis, disoluciones salinas concentradas, disolventes, temperaturas elevadas y radiaciones, pueden afectarla. Una desnaturalización total supondría un polipeptido completamente desplegado, con interacciones intramoleculares y disolvente-proteína transitorias (enrollamiento al azar). Sin embargo, un aumento del grado de estructuración con respecto a la estructura nativa debe considerarse también como una forma de desnaturalización. Ciertas proteínas están ya desplegadas en el estado nativo (monómeros de caseína) lo que explica su estabilidad frente a ciertos agentes desnaturalizantes, incluido el tratamiento térmico. Dentro de los agentes desnaturalizantes se encuentran agentes físicos y agentes químicos. Dentro de los agentes físicos se encuentran el calor, el frío, la presión hidrostática, la irradiación, y uno de los más importantes es la

desnaturalización por tratamientos mecánicos como el amasado y el aplastamiento entre rodillos, que se usan en la elaboración del pan y en el tratamiento de otras pastas, que pueden desnaturalizar a las proteínas a causa de elevadas fuerzas de cizalla. Los repetidos estiramientos modifican la red proteica, principalmente por disrupción de los α -hélices. Dentro de los agentes químicos se encuentran los ácidos, los álcalis, los metales, disolventes orgánicos y disoluciones acuosas de compuestos orgánicos (36).

1.1.8. Propiedades Funcionales de las Proteínas.

Las propiedades funcionales de las proteínas son aquellas propiedades fisicoquímicas que les permiten contribuir a que los alimentos exhiban características deseables. En un solo alimento, suelen ser evidentes varias propiedades funcionales de una proteína. Estas propiedades funcionales se pueden clasificar en tres grandes grupos: (a) propiedades de hidratación (dependientes de las interacciones proteína-agua), (b) propiedades relacionadas con las interacciones proteína-proteína y (c) propiedades de superficie. Al primer grupo pertenecen propiedades tales como la absorción y retención de agua, la "humectabilidad", el hinchamiento, la adhesión, la dispersibilidad, la solubilidad y la viscosidad a las que con frecuencia se hace referencia con el término de propiedades hidrodinámicas. Las propiedades del segundo grupo participan en procesos tales como la precipitación y formación de geles y otras varias estructuras (por ejemplo, masas y fibras proteicas). El tercer grupo de propiedades está relacionado fundamentalmente con la tensión superficial, la emulsificación y las características espumantes de las proteínas. Estos tres grupos no son totalmente independientes, por ejemplo, la formación de geles no solo implica interacciones proteína-agua y la viscosidad y la solubilidad dependen de las interacciones proteína-agua, proteína-polisacárido y proteína-proteína (36).

1.2. GENERALIDADES DEL HUEVO Y ALBUMINA.

1.2.1. Composición del huevo.

El huevo de gallina tiene un peso medio aproximado de 60 g, la cáscara representa aproximadamente el 11%, la yema el 31% y la clara el 58%, de los cuales, la cáscara está constituida esencialmente por carbonato de calcio. La clara (aproximadamente 33 gr) contiene un 88% de agua y aproximadamente un 10% de glicoproteínas, incluyendo un factor anti-triptico muy activo.

La yema o vitelo, con un peso aproximado de 10 g, contiene un 50% de agua, 17% de proteínas y 33% de lípidos entre los cuales los fosfolípidos representan 1/3 de la masa lipídica y se componen esencialmente de lecitinas (70%) y cefalinas (25%). Las proteínas del huevo entero son reconocidas generalmente como **proteínas de referencia** para los mamíferos en crecimiento (5,19).

1.2.2. Aplicación del huevo en alimentos procesados.

El huevo tiene una amplia aplicación en las industrias de la pastelería, repostería, galletería, bollería y confitería (3,7). Para la elaboración de estos productos, se requiere que tenga propiedades especiales (8,9). Como los usos de la yema de huevo son limitados la oferta excede normalmente a la demanda con el resultado de que la yema de huevo es a menudo mezclada con el huevo completo (para producir huevos enriquecidos) y utilizado de esta forma. En la clara de huevo se distinguen cuatro zonas: capa externa fluida (delgada), capa viscosa (gruesa), capa interna fluida (delgada) y, finalmente, una capa densa que circunda la membrana vitelina de la yema. Las propiedades de estas capas difieren entre sí, debido a que su contenido de la proteína ovomucina es muy distinto, siendo superior en las capas viscosas en comparación con las fluidas. La clara "**delgada**" se escoge cuando se requieren propiedades especiales de aireación, por ejemplo, para su utilización en merengues, soufflés y pasteles.

El huevo como materia prima, generalmente se encuentra disponible a granel (sueltos) y en una considerable variedad de formas como huevo entero o clara de huevo además se pueden obtener frescos, congelados, pasteurizados o congelados después de pasteurizados (11).

1.2.3. Disponibilidad del huevo y sus productos.

El número de productos derivados de huevo que se encuentran en el mercado ha aumentado considerablemente, no solamente por la relación de yema a clara sino también porque existen productos derivados del huevo que se preparan bajo una forma seca con o sin la previa adición de jarabe de glucosa (maíz) (20)

Aunque el huevo seco puede almacenarse satisfactoriamente sin refrigeración es normalmente inferior al huevo líquido en sus propiedades de aireación (8)

1.2.4. Propiedades Funcionales del Huevo. (5,12,42)

Se han de destacar especialmente sus propiedades relacionadas con la coagulación, gelificación, creación de emulsión y formación de espuma. También se utilizan para reforzar salsas y flanes durante los tratamientos térmicos a que son sometidos gracias a que las proteínas del huevo coagulan a las temperaturas de 60° y 70° C

El poder emulgente y estabilizador de la yema de huevo (especialmente de las lipoproteínas) es mayor que el del huevo entero. En realidad, estas lipoproteínas son coloides hidrofílicos que se sitúan en la interfase agua-aceite, y así favorecen la formación y estabilización de emulsiones, las proteínas del huevo facilitan asimismo la dispersión del aceite, con lo cual contribuyen a la consistencia de productos tales como mayonesas y otras salsas. La yema de huevo es un efectivo emulsificante y es ampliamente utilizado en la industria de alimentos. Sin embargo, se conoce muy poco acerca de las propiedades funcionales de las proteínas individuales de la yema del huevo. Las lipoproteínas de la yema son de baja densidad, lo que da las características de emulsificante y los estudios de sus propiedades son escasos (22)

Las proteínas de la clara se emplean por sus propiedades funcionales entre las que destaca la formación de espumas, en este proceso, los polipeptidos se desnaturalizan y forman la interfase aire-agua estable propia de este estado de dispersión. La ovoalbumina es la responsable de la cantidad de espuma producida, mientras que la ovomucina actúa como agente estabilizador de la misma, ambas fracciones pierden estas características cuando se contaminan con los lípidos de la yema. Además, estas proteínas, cuando están coaguladas, son capaces de formar una película elástica en la interfase aire-agua, y por ello favorecen la

retención de aire. De esta manera se consiguen esponjosidad y volumen óptimos para la preparación de productos aireados. Durante la cocción se mantiene el aspecto esponjoso de estos productos gracias al aumento del grado de coagulación o desnaturalización de estas proteínas (ovoalbúmina y globulinas especialmente) y, por otro lado, a la formación de una capa de proteína desnaturalizada en la superficie del producto impide, en parte, la evaporación y por tanto, la pérdida del aspecto característico. Se aprecia aumento de la estabilidad de las espumas si se incrementan las condiciones que favorecen la coagulación. La elasticidad que caracteriza a las películas de proteína del huevo es también un factor importante que se aprovecha en la elaboración de determinados productos. En este caso, se alarga la película de proteína durante la cocción (debido a la formación de vapor) y, finalmente, coagula para estabilizar la estructura del producto.

Cabe considerar a la clara como un sistema proteico constituido por fibras de ovomucina en una solución acuosa de numerosas proteínas globulares. La composición proteica de las capas delgadas y gruesas de la clara se diferencia únicamente por el contenido de ovomucina, que es cuatro veces mayor en la clara gruesa. Se separan las fracciones proteicas por adición fraccionada de sulfato de amonio y por cromatografía de intercambio iónico. Se han utilizado diversos tipos de técnicas electroforéticas para separar las proteínas de la clara. Por electroforesis de límite móvil se obtuvieron siete picos principales, que incluyen ovoalbúmina A1 y A2, globulinas G1, G2, y G3, ovomucoide y conalbúmina (5). Las albuminas constituyen la casi totalidad de la clara del huevo (ovoalbúmina) y una parte importante de las proteínas del suero sanguíneo (seroalbúmina), también se encuentra en la leche (lactoalbúmina), en los tejidos y líquidos fisiológicos y en los vegetales (albumina vegetal). Su composición en aminoácidos varía según el organismo al que pertenezca (12, 19).

Las principales proteínas de la clara y sus propiedades son

a) *Ovoalbúmina*. Es la más abundante, se clasifica como una fosfoglicoproteína por contener hidratos de carbono y fósforo que esterifican a las serinas, de acuerdo con el contenido de éstos constituyentes, se separa en tres fracciones A1, A2 y A3 las cuales difieren en el contenido de fósforo. Una de sus principales características es que tiene cuatro grupos sulfhidrilo que la hacen muy reactiva y fácilmente desnaturizable por

adsorción en superficies o en películas para la formación de espumas alimenticias. En la preparación de alimentos es importante porque mantiene la estructura de productos aireados y horneados. Se requiere un tiempo largo de batido para formar una espuma de ovoalbúmina sola. Aunque los productos de panificación pueden contener solo ovoalbúmina, son necesarias otras proteínas de huevo para obtener la característica de calidad necesaria.

b) Conalbumina También es llamada ovotransferrina, es la segunda proteína en orden de importancia en la clara de huevo, es abundante en enlaces disulfuro (13 por molécula) los que proporcionan estabilidad a las espumas, presenta la característica de ligar o quelar el hierro y otros iones metálicos como el aluminio, cobre y zinc, se considera que esta acción secuestradora inhibe el crecimiento de microorganismos que requieren de dichos elementos para su desarrollo. Es más sensible al calor, pero menos susceptible a la desnaturalización por batido que la ovoalbúmina. El complejo de hierro y conalbumina es más resistente a la desnaturalización por calor y tratamiento físico como el batido. Favorece la formación de pequeñas celdas de aire cuando la clara de huevo es batida.

c) Ovomucoida Es una glicoproteína con un elevado porcentaje de hidratos de carbono (hexosaminas 14%, hexosas 7%, ácido siálico 0.7%). Es estable ante el calor y tiene la capacidad de inhibir la tripsina, debido a que un 22% de la cadena polipeptídica, presenta 8 enlaces disulfuro, se encuentra en forma helicoidal lo cual contribuye a la estabilidad de espumas formadas con clara de huevo.

d) Lisozima Es una enzima con estructura de glicoproteína, es una de las pocas proteínas con un punto isoeléctrico alcalino debido a su elevado contenido de aminoácidos básicos y existen 4 enlaces disulfuro intramoleculares que proporcionan estabilidad a la molécula. Actúa como antibiótico pues causa lisis o ruptura de las células de bacterias.

e) Ovomucina Es una glicoproteína que contribuye a que la estructura de la clara "gruesa" sea semejante a un gel, junto con la lisozima forma complejos hidrosolubles. La ovomucina es responsable en gran medida de las propiedades funcionales de la clara, como es la capacidad de espumado y se considera que tiene una actividad biológica contra varios virus. Las propiedades espumantes de esta proteína se ven dañadas por el movimiento mecánico o el esfuerzo de corte durante el batido de la clara. El volumen obtenido en una espuma de clara se debe a que la ovomucina forma fibras por medio del enrollamiento de membranas.

durante la agitación. El batido produce una rápida disminución en la extensión de la fibra seguida por un lento goteo. El desempeño funcional de esta proteína se reduce conforme se homogeniza más el huevo o se bate más la clara. La ovomucina estabiliza espumas de huevo si son sometidas a un corto tiempo de batido.

f) *Otras proteínas.* Se encuentran en menor concentración, como las globulinas G2 y G3, que son glucoproteínas cuya función biológica se desconoce y que tienen la característica de ser buenos agentes espumantes. El *ovonibidor* evita la acción de diferentes enzimas proteolíticas, su papel funcional en la clara de huevo no se conoce. La *ovoflavoproteína* es una glucoproteína con 8 grupos disulfuro por molécula, que tiene la particularidad de unirse fuertemente a la riboflavina, pero este complejo se disocia durante el calentamiento. La *ovomacroglobulina* de muy alto peso molecular 760.000-900.000 daltons contiene hidratos de carbono y contribuye a las propiedades de espumado de la clara, se desconoce su actividad biológica. Finalmente la *avidina* es un tetramero con un punto isoelectrónico alcalino, presenta la capacidad de ligar una molécula de biotina por cada subunidad o monómero mediante uniones no covalentes, lo que confiere una mayor estabilidad a la desnaturalización, el complejo se disocia durante el tratamiento térmico común que recibe el huevo cuando se va a consumir.

En los últimos años se han propuesto técnicas de modificación química de las proteínas de la clara para mejorar sus propiedades funcionales, con el fin de que se puedan usar más en la elaboración de alimentos.

1.2.5. Efectos de los procesos de Conservación en las Propiedades del Huevo.

La calidad del huevo se valora tanto desde el punto de vista bacteriológico como funcional, aparte, por supuesto, del sabor impartido a los productos. Las propiedades funcionales del huevo se afectan por la congelación, pasteurización, secado y alteración resultante de la contaminación bacteriológica. El efecto de la congelación es el incremento de la viscosidad y mejora de las propiedades de horneado y cocción. Este efecto se presenta durante los primeros días de almacenamiento en congelación, después las propiedades permanecen virtualmente invariables durante largos periodos si la temperatura de almacenamiento permanece por debajo de -9°C (15°F). Por encima de esta temperatura,

particularmente desde -70°C hasta -4 °C (20-25 °F), es probable que ocurra su deterioro (insolubilización) La pasteurización del huevo, que habitualmente se lleva a cabo por el envasador como una precaución bacteriológica, necesita controlarse muy cuidadosamente ya que la exposición a una temperatura de un grado o más durante un periodo superior a lo especificado lleva consigo una pérdida del poder de coagulación al calor y/o de las propiedades de aireación. Esto puede detectarse por pruebas de coagulación y aireación pero quizás de un modo más sencillo por medio de una prueba de cocción ideada para valorar la funcionalidad del huevo en el producto particular en el cual debe utilizarse.

Los daños térmicos a las proteínas ocasionan una reducción del espumado sobretodo si se calientan a temperaturas superiores a los 60°C, pero la adición de ciertas sales y de sacarosa ejerce un efecto protector. Antes de la deshidratación de la clara se lleva a cabo un tratamiento con glucosa oxidasa para eliminar la glucosa que propicia las reacciones de Maillard.

El aspecto microbiológico del control de calidad es de una considerable importancia en el caso de los huevos que tienen que ser utilizados en pastelería, repostería, galletería, bollería, confitería, etc. Estos se utilizan en estado congelado, pasteurizados o deshidratados (20)

1.2.6. Composición y Aplicación de la Albúmina.

Según Dumas, la albúmina de huevo contiene (19)

Carbono	54.3 %
Hidrogeno	7.1 %
Oxigeno	21.0 %
Nitrogeno	15.8 %
Azufre	1.8 %

La albúmina de huevo puede acomplejar o insolubilizar ciertos metales pesados, de ahí su utilización como contraveneno de las sales mercurícas. Se coagula con el calor, el alcohol y los ácidos, arrastrando las partículas en suspensión, lo que hace que se utilice para clarificar líquidos alimenticios como vinos, jarabes, etc. La albúmina de huevo tiene su

aplicación en la mayoría de los productos de las ramas de panadería y confitería, dentro de los principales se encuentran confecciones aereadas como nougat, centros cremosos, fondant, frappé, malvaviscos, bombones entre otros, y dentro del área de la panadería: la amplia variedad de bizcochos, mantecados, cremas batidas, merengue, galletas, pasteles (3,4,6,7,9,10)

1.3. SUSTITUTOS DE LA ALBUMINA DE HUEVO COMO AGENTE ESPUMANTE.

1.3.1. Caseína.

Tradicionalmente, se considera dos clases de proteínas lácteas: la caseína y las proteínas del suero. La caseína es una fracción formada por un grupo heterogéneo de fosfoproteínas que tienen la característica común de precipitar en la leche cruda a pH de 4.6 a 20°C. Las proteínas que en estas condiciones permanecen en solución son las denominadas del suero. La caseína representa aproximadamente el 80 % del total de las proteínas de la leche y las del suero el 20% restante.

Las caseínas exhiben excelente solubilidad y estabilidad al calor por encima de pH 6. Debido a su singular naturaleza anfifílica, estas proteínas tienen muy buenas características emulsionantes. Puesto que las propiedades de los productos caseínicos difieren debido a los diferentes métodos usados en su aislamiento, el producto particular a utilizar en un alimento deberá elegirse de acuerdo con la función requerida.

Las caseínas ácidas (obtenidas con ácido clorhídrico, láctico y sulfúrico) son simplemente precipitados isoelectrónicos (pH 4.6) no muy solubles. Estas caseínas contienen muy pocas cenizas porque el fosfato cálcico ha sido liberado al suero sobrenadante. Los coprecipitados de caseína y proteínas séricas desnaturalizadas son más solubles que la caseína ácida o caseína al cuajo (obtenida por la acción del cuajo) pero no tan solubles como los caseinatos. Debido a su estructura tipo detergente, estas proteínas cuando se utilizan en productos con un pH superior a 6, muestran excelentes características emulsionantes, capacidad de ligar agua, capacidad espesante, capacidad de formación de espuma por batido y de gelificación. La β -caseína, estructuralmente desordenada (enrollamiento al azar,

flexible), baja rápidamente las tensiones superficial e interfásial y promueve la formación rápida de espuma (36).

La caseína facilita la estabilidad de algunos alimentos congelados a bajas temperaturas. A su vez, las proteínas del suero (especialmente la lactoalbúmina) poseen características muy adecuadas para la obtención de batidos y por ello se utilizan en pastelería, con el fin de mantener y estabilizar espumas. Las proteínas del suero se emplean en confitería, ya que fortalecen su estructura y la retención de agua. No obstante, la función de estas proteínas lácteas usadas en la elaboración de distintos alimentos, todavía no ha sido bien establecida (5).

La caseína utilizada en el presente trabajo como sustituto de la albumina de huevo es una proteína láctea sometida a tratamiento alcalino. Obtenida de la hidrólisis fuertemente alcalina de caseína comestible de máxima calidad. Es un agente de batido que puede utilizarse como sustituto de albumina de huevo en la formación de espumas y merengues más estables y con menor decaimiento por la presencia de grasas (14).

Se identifica como un polvo fino homogéneo, de color blanco amarillento libre de tóxicos y materiales extraños. En general sus aplicaciones como sustituto de albumina de huevo, es en panificación, galletería, confitería, etc.

Sus especificaciones son (14)

Humedad	3-6 %
Densidad de batido (22°C)	0.22-0.36 g/cm ³
pH (sol. 10%)	11.0 min
Alcali libre en 100 gr	80-120 ml HCl 0.5 N
Proteína (N x 6.38)	65% min
Cenizas	16% máx
Densidad aparente	0.23-0.26 g/ml
Cuenta total	10,000 col/g

1.3.2. Proteína de Trigo.

Las harinas de cereales (principalmente trigo y en mucho menor grado la de arroz) producen una masa capaz de retener el gas originado en su fermentación, y con ello aumentar el volumen de la misma, que permite elaborar productos aireados como el pan, pasteles y bizcochos. Las características especiales del gluten hidratado (especialmente la glutenina) en relación con la elasticidad y cohesión, son responsables de este comportamiento en la harina de trigo.

El contenido de proteínas del trigo es del 12% aproximadamente. Una clasificación para estas proteínas es de acuerdo a su solubilidad, en cuatro clases: albúminas, globulinas, gliadinas y gluteninas. La principal proteína de almacenamiento del trigo es la gliadina y las fracciones glutenicas. Estas representan aproximadamente el 80-85% de la proteína del endospermo. Siendo las gluteninas las que presentan buenas propiedades espumantes. El peso molecular medio de las formas asociadas de glutenina es de 150-3 000 kilodaltons y en ellas, las subunidades se hallan asociadas entre sí mediante enlaces disulfuro intra e intermoleculares (36).

Inicialmente, las moléculas de las gluteninas presentan estructura cerrada, y forman una espiral compacta mantenida por puentes de hidrógeno, enlaces salinos y enlaces de disulfuro intramoleculares. Al hidratarse la proteína, se empiezan a debilitar algunas de estas fuerzas, a la vez que se inicia una serie de reacciones de intercambio de enlaces de disulfuro. Como resultado de ello, las moléculas se desenrollan, se ordenan de manera distinta y se producen nuevos enlaces. La agitación favorece este proceso con el resultado final de la formación de una espuma viscosa y elástica.

La proteína sustituta, utilizada como agente espumante (Hyfoama 88), es una proteína de gluten de trigo, sometida a tratamiento alcalino. Tiene gran aplicación en la industria de panadería y confitería. Soluble en agua y jarabes. Cuenta con un excelente poder de aireación en soluciones de azúcar a altas o bajas temperaturas, lo cual permite su aplicación en estas ramas industriales.

Sus aplicaciones principales son en malvaviscos, nougat, centros suaves, rellenos de frutas, cremas, frappe, entre otros. Su apariencia es de un polvo color crema, sabor y olor neutros. Una de las grandes ventajas de esta proteína es que es estable prácticamente a

cualquier de pfl sin que haya precipitación de la misma. También presenta una gran estabilidad tanto en altas como en bajas temperaturas, ya que los productos pueden congelarse o bien hornearse sin perder sus características originales. La mayoría de los agentes de este tipo pierden su estructura si se sobrecalienta, lo que no sucede con Hyfoama por lo que los errores en tiempo de proceso no son una limitante en la elaboración de productos con este ingrediente. Reemplaza parcial o totalmente a la albumina de huevo y a la gredina dependiendo de la fórmula y el tipo de producto a elaborar. Debido a que produce una espuma muy estable el volumen y el peso del producto será constante. Esto da como resultado ahorros considerables cuando se trata de producción a gran escala (15).

1.4. ESPUMAS.

1.4.1. Definición.

Sistema bifásico que consiste en una masa de burbujas de gas dispersadas en un líquido, sólido o semisólido, estando separadas por películas delgadas del líquido, sólido o semisólido (5,23).

1.4.2. Agentes espumantes.

Los principales agentes espumantes en alimentos, son proteínas que presentan la propiedad de aireación o capacidad de incorporar aire por sí mismas o en una mezcla con otros ingredientes y mantener la estructura aireada lo suficiente para que pueda fijarse por medio de calor, secado o cualquier otro sistema de proceso (12).

En la actualidad se extraen proteínas a partir de una gran variedad de productos de la industria alimentaria, como por ejemplo semillas de soya, semillas de algodón, suero de queso y suero sanguíneo, mediante técnicas tales como la precipitación isoeléctrica, ultrafiltración, e intercambio iónico para producir concentrados y productos conteniendo hasta un 90% de proteína (por unidad de masa seca) (23). Entre las proteínas con buenas propiedades espumantes cabe citar las de clara de huevo, la porción globinica de la hemoglobina, la seralbumina bovina, la gelatina, las proteínas del suero, las micelas de la caseína, la β -caseína, las proteínas del trigo (especialmente las gluteninas), las proteínas de soya y algunos hidrolizados proteicos de bajo grado de hidrólisis (36).

1.4.3. Formación de espumas con proteínas.

Cuando se dispersan las proteínas espumantes por medios mecánicos se incorpora aire y la formación de la espuma implica un proceso de desnaturalización superficial irreversible. Ya que estos polímeros se tienen que desdoblarse en la interfase agua-aire, para orientar sus aminoácidos hidrofobos hacia el interior de la burbuja y los hidrófilos al exterior de la misma en contacto con la fase acuosa se forma una red de proteína desnaturalizada (11,13)

El líquido se convierte en espuma mediante agitación. La facilidad con la que la clara de huevo se puede batir hasta una espuma fina con pequeñas celdas de aire se atribuye a la presencia de globulinas, ovomucina, y conalbúmina. Cuando la clara de huevo se bate, las capas de ovomucina se separan de la clara, enrollándose para formar tubulos huecos, con aspecto de fibras. Se forma mejor espuma cuando estas fibras no exceden 300 a 400 micras de longitud. El bato rápido da lugar a una espuma con mayor volumen, se forma así debido a que corta las capas de ovomucina en una longitud óptima. Las moléculas de ovomucina se extienden en una capa monomolecular en la interfase entre las burbujas de aire y las capas delgadas del líquido a su alrededor se desentrollan, exponiendo los grupos R reactivos. Las moléculas de dichas proteínas de superficie desnaturalizada, se unen a través de los grupos R reactivos y en esta forma estabilizan la espuma. El batido excesivo (y la desnaturalización), sin embargo, dan lugar a una espuma no elástica. La ovomucina es menos concentrada en el líquido que escurre de la espuma de la clara de huevo que en la clara no batida y, junto con la ovoalbumina, lisozima y las globulinas, se retienen en la espuma que escurre (22). Como se menciona anteriormente la formación de espuma a partir de clara de huevo se debe principalmente a la presencia de ovoalbumina y globulinas, gracias al aumento de coagulación o desnaturalización de estas proteínas.

1.4.4. Propiedades de las Espumas Alimenticias.

Las características o propiedades de las espumas alimenticias son

- a) Contener gran cantidad de gas retenido.
- b) Tener gran superficie entre la fase gaseosa y la continua líquida.
- c) Poseer mayor concentración de soluto en la superficie que en la masa líquida.

d) Sus paredes son túrgidas y rígidas o semirrígidas y elásticas

e) Reflejar la luz por lo que su aspecto es opaco

Para lograr las adecuadas características de textura y que el producto sea agradable a la vista, las espumas alimenticias deben poseer una o más de las propiedades mencionadas, e inclusive pueden ser esenciales para los procesos tecnológicos (5)

La viscosidad de las capas superficiales de las espumas aumenta por la adición de un estabilizador polar de la espuma a la solución que contiene el espumante. Las proteínas iniciales de la interfase agua-aire se desnaturalizan y se orientan por sí mismas con sus grupos hidrofobos dirigidos hacia la fase aérea y los hidrofílicos hacia la acuosa. La agrupación de moléculas proteicas desnaturalizadas constituye una "piel" que incrementa la viscosidad de la superficie y la estabilidad de la espuma. La precipitación isoelectrica de las proteínas también es capaz de reducir la desecación a través de una amplia retención de agua en estas partículas (5,28)

El poder espumante, estabilidad y propiedades de la espuma de proteínas están determinadas por diferentes factores como la estructura de la proteína que forma las películas alrededor de las burbujas de aire, la hidrofobicidad, estructura terciaria, enlaces disulfuro de la proteína y factores externos como la fuerza iónica, pH, calentamiento, naturaleza del disolvente y tratamientos previos a la que ha sido sometida la proteína. Estos factores determinan su capacidad de desdoblarse, emigrar y adsorberse en la interfase y las propiedades mecánicas de la película de la cual depende finalmente el poder espumante, propiedades físicas de la espuma y la estabilidad (2,26). Una variación en la concentración de proteína puede dar los siguientes cambios en espumas estabilizadas. La expansión de la espuma varía con el incremento de la concentración, aunque no siempre de manera proporcional, el líquido drenado disminuye con el incremento de la concentración, esto aparentemente porque la viscosidad de una espuma estabilizada es mayor, la energía cinética libre del gas incrementa con el aumento de la concentración (24). En la figura No 2, se muestra una representación de cómo están constituidas las espumas alimenticias, en la que se pueden observar el acomodo de la proteína en la interfase, el borde de Plateau y la intersección de la lamela.

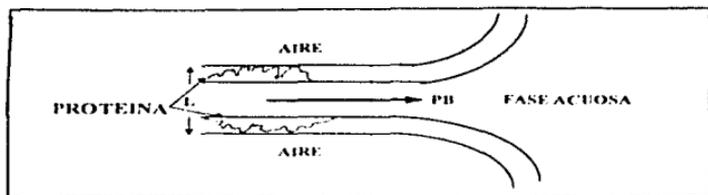


Fig No 2 Representación del borde de Plateau (PB), intersección de la lamela en una espuma. La flecha indica la dirección del flujo capilar. Mitchell and Ledward, *Functional properties of food macromolecules*, 1985, (40)

1.4.5. Estabilidad de las Espumas.

Debido a que, la película que separa las burbujas puede ser de solo unos nanómetros de espesor y la superficie del líquido es ampliada enormemente en oposición a las fuerzas de la tensión superficial, este sistema es potencialmente muy inestable y necesita la presencia de un estabilizante para mantenerse por más tiempo (23)

La estabilidad de la burbuja dependerá de una serie de factores. La pérdida de gas contribuye a que la espuma se colapse, especialmente para un gas soluble como el CO_2 , los principales factores que determinan la estabilidad se encuentran en la fase acuosa. Cuando existe diferencia de densidad entre las fases, ocurre un drenado gravitacional cuando el flujo capilar drenado que se encuentra dentro del borde de Plateau (fig No. 2) ejerce presión en el líquido cercano a la curva mayor del borde, ocasionando que este líquido fluya hacia los puntos de menor presión, originando un adelgazamiento de la película y una mayor tendencia a la rotura (40)

Además las fuerzas atractivas de Van der Waals favorecen el adelgazamiento de la película, mientras el solapamiento de bicapas de carga eléctrica similar se opone a dicho fenómeno. Si la espuma es inestable, la película se romperá. Si es estable, las fuerzas interactuarán produciendo un equilibrio en el espesor de la película (23). La presencia de aceite en emulsión en una espuma puede afectar su estabilidad, el efecto del aceite y su

mecanismo para desestabilizar a la espuma depende, en todo caso, si se encuentra solubilizado o emulsificado y si la pseudoemulsion es estable o no (27)

Las espumas son termodinámicamente inestables, puesto que la energía libre total disminuye al descomponerse. La persistencia de una espuma, definida como el periodo de tiempo que una unidad de volumen de gas puede permanecer en una espuma, está relacionada con la resistencia de las paredes de los alveólos a las fuerzas de ruptura. La causa principal para que se desestabilice una espuma es que el líquido de las paredes de la burbuja disminuya hasta que una porción de la pared alcance el grosor crítico (50-150 Å), con lo cual se produce la coalescencia, causan pérdida de líquido en las paredes, la fuerza de gravedad, el efecto de succión en la periferia de la pared debida a la elevada curvatura, la evaporación del disolvente y las fuerzas de deformación efectuadas por los movimientos del gas (difusión) desde las burbujas pequeñas a otras mayores. Para elevar la estabilidad de la espuma, se incrementa la elasticidad de la pared de la burbuja, se aumenta la viscosidad de la solución y de la superficie de la pared o se introduce materia en forma de partículas (5)

Los tres elementos principales necesarios para que un líquido produzca un sistema de espuma estable han sido recopilados por Gilicksman (23)

(1) Una baja presión de vapor para impedir la evaporación, esto ayudara a retener la fase gaseosa dentro del líquido y minimizar su tendencia a romper la membrana que le rodea.

(2) Una baja tensión superficial para impedir la contracción y retener más aire en cada una de las celdas

(3) Gelificación o insolubilización de la fase de recubrimiento, para dar cierta rigidez a la espuma y minimizar la pérdida de los gases atrapados

Muchas espumas resultan estabilizadas por la producción de cristales en la película, como en la congelación de los helados (hielo/grasa) o rellenos de crema (grasa y azúcar). La cantidad de aire incorporada en muchos de estos productos es importante puesto que tiene un efecto significativo sobre la sensación gustativa y sobre la textura del producto. Algunas espumas resultan estabilizadas por el calor, como ocurre en la producción de merengues horneados, pasteles y pan (23)

Generalmente, en las proteínas existe una superficie activa que adsorbe a la superficie de la burbuja y ambas actúan entre sí formando una película estable. La estabilidad de

sistemas dispersos normalmente es el resultado de un polímero adsorbido en la superficie de una dispersión de partículas e introduciendo fuerzas repulsivas entre sí. Estas fuerzas repulsivas pueden ser electrostáticas, sin embargo otro mecanismo de estabilidad surge de la coincidencia de segmentos del polímero adsorbido sobre partículas cercanas (32). En la figura No. 3 se muestra un mecanismo de estabilidad de espumas.

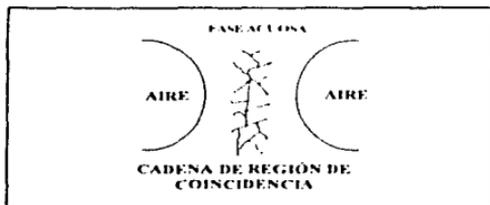


Fig. No. 3. Mecanismo de estabilidad de espumas. Phillips, Wedlock & Williams. Gums and stabilisers for the food industry 3, 1995 (32)

Polímeros como proteínas o polisacáridos son frecuentemente adsorbidos a las interfaces ya que tienen algunos segmentos que son atraídos a la interfase por otros segmentos extendidos que se encuentran lejos de la misma. Disminuyendo distancias en las interfaces, estos segmentos (de interfaces opuestas) pueden interpenetrar ocasionando un incremento de concentración del polímero en la región de coincidencia (32).

Un buen solvente, se mueve dentro de la región de coincidencia ejerciendo una fuerza repulsiva sobre las partículas cercanas. Siendo este mecanismo lo que se conoce como estabilidad *estérica*. Esta forma de estabilidad es especialmente importante para emulsiones o espumas donde la fuerza iónica es alta, y las fuerzas electrostáticas presentes son eliminadas (32).

Las películas de proteínas en interfaces son altamente significativas para la industria de los alimentos porque los extractos de proteína son adsorbidos en las interfaces aire/agua o aceite/agua de sistemas coloidales estabilizados como productos lácteos, horneados,

helados, merengue y en la cerveza. Los complejos mezclados de proteínas son normalmente utilizados para estabilizar emulsiones o espumas, las características espumantes o propiedades emulsificantes de diferentes tipos de proteínas puras son aún desconocidas. Durante muchos años se ha conocido que estas proteínas pueden formar una "piel" alrededor de la superficie de las gotas de aceite o aire, para dar una gran estabilidad a las emulsiones y espumas, y esto ha sido supuesto para las propiedades mecánicas de la adsorción interfacial de películas de proteína que son las responsables de la resistencia a la coalescencia en espumas. Hasta ahora, ha habido poco progreso porque de esto existe poca información disponible sobre la conformación, concentración superficial y propiedades reológicas y de consistencia de películas de proteína adsorbida por interfaces aire/agua y aceite/agua. La adsorción de una variedad de proteínas en las interfaces aire/agua y aceite/agua son monitoreadas por el método de superficie radioactiva y por elipsometría (Graham y Phillips, 1979). En la figura No. 4 se muestra una representación esquemática de las estructuras de películas adsorbidas de β -caseína y lisozima a diferentes concentraciones en la interfase aire-agua.

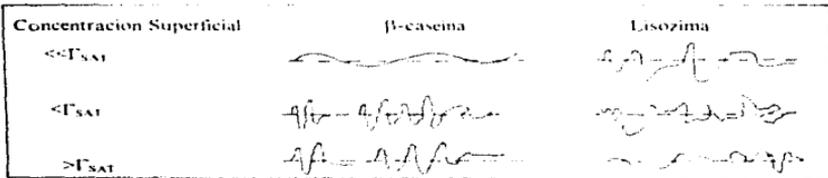


Fig. No. 4 Representación esquemática de estructuras de adsorción de β -caseína y lisozima. Phillips Michael C. Protein conformation at liquid interfaces and its role in stabilizing emulsions and foams, Food Technology, January 1981 (37)

Dependiendo de la estructura de la proteína, el acomodo de esta en la interfase es diferente al variar la concentración y esto da lugar a diferentes propiedades reológicas en la interfase, la β -caseína debido a la estructura flexible de su molécula se desdobra rápidamente

formando gran volumen de espuma, pero poco estable y la lisozima por tener una molécula de estructura globular se desdobra menos y forma menor volumen de espuma pero más estable (37)

1.5. POLISACARIDOS.

1.5.1. Agentes Estabilizantes.

Los polisacáridos debido básicamente a su gran capacidad de retener agua, presentan diferentes propiedades funcionales, por lo que son importantes contribuyentes de características o propiedades sensoriales de los alimentos. Ejercen intensos efectos sobre la consistencia, textura y palatabilidad a través de su capacidad para modificar la viscosidad, las propiedades coligativas, la cristalización del hielo, la gelificación y la estabilidad de las dispersiones. También influyen en el color, sabor y aroma, puesto que son capaces de sufrir reacciones de pardeamiento con la consiguiente formación de compuestos con color y aroma y por su capacidad de retención y liberación de aromas.

Estos agentes se utilizan especialmente para aumentar la viscosidad de soluciones, suspensiones y emulsiones, así como de espumas, cuya fase dispersante sea acuosa, actúan como espesantes. El aumento de la viscosidad puede conferir una textura particular, estabilizar la fase dispersa e impedir o reducir la formación de cristales de azúcar o de hielo al retardar la difusión de moléculas. Los coloides hidrofílicos también favorecen la retención de agua y a veces tienen una función de ligar agua entre diversos ingredientes, se clasifican como emulsionantes secundarios, porque se utilizan frecuentemente en provechosa asociación con emulsionantes tensoactivos.

Los principales agentes estabilizantes de dispersiones alimenticias, son los siguientes coloides hidrofílicos: almidones naturales y modificados, celulosas modificadas, pectinas, gelatinas y otras proteínas, gomas vegetales de uso generalizado como los galactomananos de semillas de guar y algarrobo, los esudados, goma arábiga y tragacanto y las de algas como carragenatos y alginatos (36).

Algunos coloides hidrofílicos pueden formar geles de textura muy variada, las redes de macromoléculas así formadas, cuya estructura queda asegurada por enlaces hidrógeno y/o

electrostáticos, retiene mucha agua, cuya actividad físico-química, especialmente la capacidad de evaporación y congelación, queda disminuida. Así se observa que la adición de coloides hidrófilos, puede modificar favorablemente varias propiedades funcionales de los alimentos.

El efecto sobre la viscosidad se debe a que las largas moléculas lineales, que están extendidas a causa de las numerosas cargas electrostáticas del mismo signo y su hidratación, asumen un volumen aparente máximo. Las moléculas ricas en grupos hidroxilo pero sin grupos ionizados, son menos sensibles a la acción del pH, a la concentración en electrolitos y a la temperatura. Las moléculas hidrocoloidales con estructura ramificada, dan soluciones menos viscosas, pero más estables. El riesgo de formación de precipitados, grumos, geles con sinéresis, es menor, porque las reacciones entre moléculas y la cristalización se inhiben estéricamente (33).

1.5.2. Polisacáridos como estabilizantes de espumas.

Los productos aerados frecuentemente aprovechan una combinación de proteína como agente de batido y polisacárido aniónico como estabilizante. La interacción en la dispersión entre la proteína y los polisacáridos depende del pH y tipo de proteína y polisacárido, los cuales bajo ciertas condiciones forman complejos insolubles que son particularmente efectivos para producir espumas estables, con o sin presencia de grasa. Por lo tanto, en mousses frecuentemente se emplea una combinación de gelatina y alginato, carragenina o carboximetilcelulosa. En helados también utilizan estos polisacáridos, la interacción de la caseína soluble y proteínas de suero estabiliza la dispersión de aire en presencia de grasa. Otro ejemplo de un producto aerado es el centro suave de dulces en donde las combinaciones usadas son gelatina y goma arábiga. Los hidrocoloides más utilizados como estabilizantes de espumas son los que a continuación se describen.

Carragenina.- Es un complejo con alto contenido de anhidrogalactosa. Es una goma natural extraída de algas marinas (*Chondrus* y *Gigartina*). Este polisacárido es muy importante por su aplicación de la industria de los alimentos. Contiene tres fracciones: lambda (λ), iota (ι) y kappa (κ) y difiere en el contenido de ester sulfato y 3-6-anhidrogalactosa.

Los carragenatos son compuestos muy similares al agar-agar, están constituidos por una cadena lineal de 4 metil sulfato D galactopiranosas (enlaces α 1-3 y β 1-4 alternados), su elevada proporción de grupos sulfato, hace que este polímero aniónico reaccione con las proteínas portadoras de cargas eléctricas positivas y por consiguiente aumente la viscosidad de las soluciones proteicas. Los carragenatos se utilizan principalmente en los postres y bebidas chocolatadas con leche, en presencia de iones potasio, da un gel análogo al del agar-agar, su uso está autorizado en los alimentos hipocalóricos (33)

κ -y λ -carrageninas contienen 25, 32 y 35% de éster sulfato y 34, 30 y poco o nada de anhidrogalaactosa respectivamente. Son muy solubles en agua caliente o leche (80°C), la κ -carragenina forma un gel rígido y firme (31)

1.5.3. INTERACCIONES PROTEINA-POLISACARIDO.

Las interacciones complejas proteínas (a través del mundo biológico) implican entre otras las de polisacáridos y proteínas tanto en diferentes materiales como su papel conectivo en tejidos de animales y las diferentes membranas en huevo. La mayoría de los trabajos reportados sobre sistemas que implican polisacáridos ácidos (CMC, alginatos y pectatos) muestran que la interacción es poca o inexistente entre proteínas y gomas no iónicas. Aunque algunos autores creen que los puentes de hidrógeno y las fuerzas de Van der Waals pueden ser factores importantes en el control de estas interacciones, generalmente se reconoce que el factor que da mayor estabilidad es de carácter iónico, existe mucha dependencia de esta interacción con la carga acarreada por las moléculas.

La mayoría de las investigaciones de sistemas de interacciones entre polisacáridos y proteínas han sido sobre aplicaciones específicas, involucrando polisacáridos y proteínas de leche. Sin embargo, los datos básicos que han sido reportados son relativamente ambiguos y proporcionan información poco significativa sobre cómo operan las fuerzas en estos sistemas.

Todos estos estudios sugieren que las principales fuerzas responsables para estas interacciones son las electrostáticas. Se ha encontrado que conforme el pH disminuye hacia valores cercanos al punto isoelectrico de la proteina, la viscosidad de las soluciones aumenta, a causa de la formacion de un complejo soluble. Con la disminucion del pH, los complejos precipitan conforme la carga neta total disminuye. En general la mayoria de los estudios sugieren que las interacciones son muy dependientes de la carga acarreada por las macromoleculas.

Las fuerzas responsables de las interacciones son las electrostaticas naturales, porque las interacciones disminuyen con el incremento de fuerza ionica e incrementa conforme disminuye el pH de 7 a 5, con incremento de carga positiva en la proteina. La fuerza electrostatica natural tambien explica porque a pH 6.0, las interacciones son fuertes con mioglobina, ya que posee carga positiva a este pH, mientras que con BSA portador de carga negativa las interacciones son debiles.

Asi como la configuracion de la proteina puede ser importante para maximizar estas interacciones, tambien la estructura del polisacarido tiene una consideracion importante. Se ha encontrado que el alginato es mas efectivo que el pectato o la CMC para la precipitacion de proteinas a pH bajo (aprox. 3.5 a 4) y esto es por la alta carga por unidad de residuo para el alginato comparado con el pectato y la CMC. El pectato contiene algunos azucares neutros los cuales incluyen 2-O (acido α -D-galactopiranosiluronic)-1-L-ramnosa los cuales se encuentran plegados y capturados dentro de la molecula de pectato y puede reducir libremente el numero de grupos carboxil disponibles para la participacion en la interaccion pectato-proteina quedando "enterrados" por la conformacion de la cadena del polisacarido. En el caso de CMC, todos los grupos carboxilo son facilmente accesibles, aunque la cadena lineal de anhidroglucosa es rigida y probablemente restringe el numero de grupos acido capaces de interactuar con la proteina. En las interacciones existen dos formas de segmentos que pueden ser mostrados con apariencia desgarrada y extendida y esto puede permitir la participacion de los grupos carboxil en la interaccion de la proteina mientras que los segmentos alternados pueden permitir suficiente flexibilidad en la cadena hasta maximizar el numero y fuerza de tales interacciones.

Las interacciones proteina-polisacárido son utilizadas en diferentes sistemas alimenticios dentro de los cuales se encuentra la recuperación de proteínas por medio de precipitación mediante la adición de polímeros a soluciones de proteínas de bajo pH, o por soluciones proteicas diluidas por precipitación con polisacáridos ácidos, entre de los polisacáridos utilizados para estas precipitaciones está el alginato sódico, CMC, ácido alginico, que son capaces de producir una recuperación proteica en un 90%, aplicando esta precipitación para recuperar proteínas del queso y suero de leche principalmente como la 3-lactoglobulina

Otro uso que se le da a las interacciones es para inhibir la precipitación de proteínas que es por medio de polisacáridos ácidos que generan la inhibición de la precipitación de proteínas a valores de pH dentro del rango del punto isoelectrico. Esto es aplicado en la preparación de bebidas de leche con frutas, lo cual es necesario por que la acidez de las frutas se opone a alguna afinidad con las proteínas de la leche, desestabilizando a la caseína y precipitandola completamente

Otra aplicación de la interacción proteina-polisacárido es para la preservación de alimentos es por medio de la interacción entre enzimas (tripsina, peroxidasa) y polisacáridos (pectina, lambda-carragenina, kappa-carragenina). En este caso los polisacáridos actúan como inhibidores de enzimas competitivas, para dar cambios conformacionales que no ocurren en ausencia de estos, se utiliza como un método de inactivación de enzimas para productos alimenticios con técnicas convencionales como el blanqueamiento (13)

Cuando la viscosidad superficial en una espuma de proteína es alta, existe un firme retraso de en el flujo de líquido próximo a las superficies y por lo tanto la descarga del líquido en películas gruesas es más rápido que en las delgadas, lo que facilita que la película alcance un espesor uniforme logrando así mayor estabilidad. Este incremento de viscosidad superficial y estabilidad de una espuma, puede conseguirse seleccionando el tipo de proteína que proporcione interfaces con buenas características y/o aumentando la viscosidad de la fase continua por medio de la adición de de azúcar y polisacáridos. Si se emplean polisacáridos aniónicos que puedan formar algún tipo de sistema por medio de su interacción con la proteína es posible obtener espumas sumamente estables. El tipo de sistema depende a su vez de la estructura de la proteína, el polisacárido (aniónico con grupos sulfato o

carboxilo) y factores como el pH y fuerza iónica que influyen en la carga y estructura del polisacárido y la proteína (2)

Debido a que las proteínas y los polisacáridos tienen características coloidales, en espumas su interacción puede formar grandes agregados con estructuras tridimensionales muy firmes cuya estabilidad es una función de la fuerza iónica, del pH del sistema y además de la relación proteína-polisacárido que exista (2)

1.6. FORMULACIONES Y FUNCIONES DE LOS INGREDIENTES DE LOS PRODUCTOS ESTUDIADOS.

A continuación se presentan las formulaciones tradicionales de los productos en estudio (a excepción del malavisco) que se obtuvieron de la CANAINPA y de las cuales se partió para el desarrollo del trabajo

1.6.1. Merengue.

a) Definición.

Producto elaborado generalmente con las claras de huevo, batidas a punto de turrón, con azúcar hasta lograr la consistencia esponjosa necesaria (34)

b) Formulación (41)

Clara de huevo	22,72 %
Azúcar	50,40 %
Agua	26,88 %

c) Función de los ingredientes.

Clara de huevo Facilita la formación de la espuma, da volumen, mejora la estabilidad porque tiene la propiedad de reducir la tensión superficial e inhibir la coalescencia de las burbujas (35)

Azúcar Imparte sabor al producto, contribuye al incremento de viscosidad con lo cual la espuma se mantiene estable durante más tiempo

Agua Facilita la dispersión y su proporción exacta es básica para la elaboración del jarabe, que a su vez da la consistencia adecuada al producto

1.6.2. Mousse.

a) Definición.

Producto aerado y gelificado de textura suave, elaborado principalmente con clara de huevo, grenetina y media crema. Existen variantes en cuanto a las características del producto ya que los hay sin gelificar, con textura suave y pastosa elaborado con leche, agente espumante y fécula de maíz

b) Formulación (41)

Clara de huevo	42.08 %
Media crema	24.90 %
Azúcar	18.70 %
Grenetina	1.87 %
Agua	12.45 %

c) Función de los ingredientes.

Clara de huevo Agente espumante, da volumen y contribuye a las características físicas del producto

Media Crema Su principal función es la de proporcionar el sabor característico del producto, contribuye con la textura final por sus propiedades de emulsificante

Azúcar Contribuye al mismo tiempo que la media crema, con el sabor e incrementa la viscosidad del producto

Grenetina Es el agente gelificante, proporciona una consistencia elástica así como estabilidad al producto, por su propiedad espesante

Agua Evita la formación de grumos de grenetina ya que facilita su dispersión

1.6.3. Crema batida.

a) Definición.

Producto elaborado con agentes espumantes y crema de leche, batido con los ingredientes que le dan la consistencia esponjosa necesaria (34)

b) Formulación (41)

Crema	77.23 %
Azúcar glass	11.30 %
Claros de huevo	11.47 %

c) Función de los ingredientes.

Crema Es el ingrediente principal, ofrece la consistencia suave y untable del producto, así como el sabor característico

Clara de huevo Favorece la formación de la espuma, da volumen, con lo que se obtiene mayor rendimiento que solo usando crema

Azúcar glass Contribuye con el sabor e incrementando la viscosidad del producto, obteniendo mayor estabilidad

1.6.4. Malvavisco.

a) Definición.

Dulce aireado de consistencia elástica y de composición variable en cuanto a azúcar, elaborado a base de una solución de gredina sola o en combinación con albúmina u otro coloide espumante (4)

b) Formulación.

Agua	48.83 %
Azúcar	32.55 %
Glucosa	15.02 %

Grenetina	3.25 %
Albumina	0.35 %

c) Función de los ingredientes.

Agua Su importancia radica en que favorece la dispersión de los espumantes y en la elaboración del jarabe el cual debe tener una consistencia adecuada que sin esta no se obtienen las características físicas del producto

Azúcar Imparte sabor, es importante para obtener las características adecuadas del jarabe y porque proporciona mayor viscosidad al producto

Glicosa Es el principal ingrediente en la elaboración del jarabe por sus propiedades edulcorantes y características elásticas que contribuyen en la consistencia final

Grenetina Por ser el agente gelificante, es el principal ingrediente de la formulación, ya que proporciona la consistencia elástica, incrementa la viscosidad y la estabilidad del producto, así como favorece la formación de la espuma, por lo que se puede prescindir del uso de albumina

Albumina Incrementa el volumen de la espuma ya lograda con la grenetina por lo que se obtiene un mayor rendimiento de la formulación, obteniendo un malvavisco más suave

CAPITULO 2.- DISEÑO EXPERIMENTAL

2.1. OBJETIVOS.

2.1.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto de la aplicación de las proteínas Prolac H y Hyfoama 88 como sustitutos de la albumina de huevo en la calidad, rendimiento y características físicas de los productos elaborados

2.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

OBJETIVO PARTICULAR 1.-

Establecer formulaciones y procesos de los productos seleccionados, mediante la variación de la concentración de ingredientes y condiciones de proceso

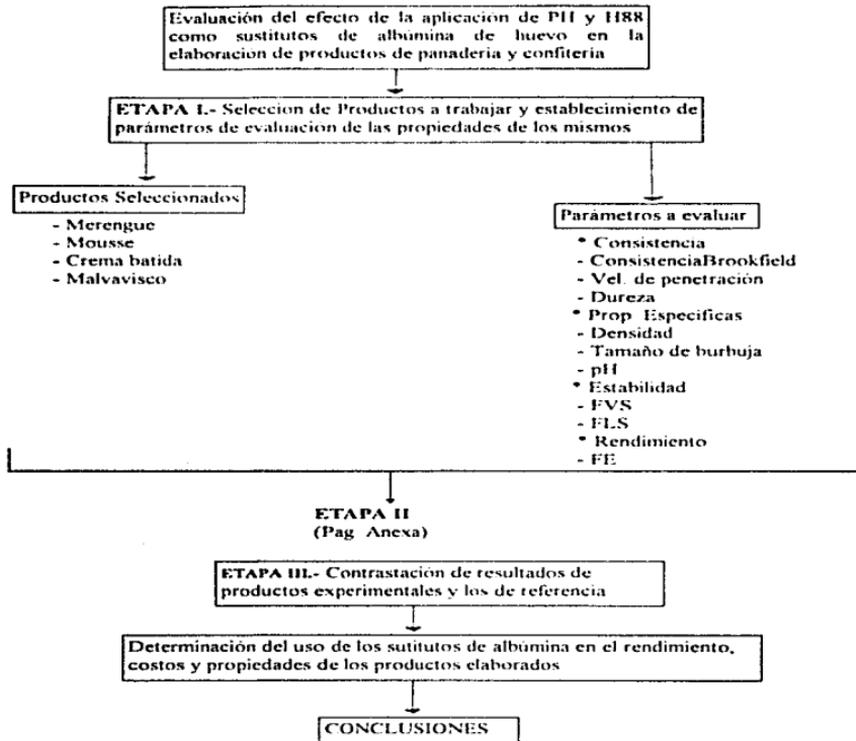
OBJETIVO PARTICULAR 2.-

Evaluar el efecto de la concentración de las proteínas Prolac H, Hyfoama 88 y Albúmina de Alta Espuma, así como las de los estabilizantes adecuados para cada una de ellas, en las características físicas y de estabilidad de los productos

2.1.3. OBJETIVO SOCIAL.

Proporcionar alternativas de aplicación de materiales espumantes en las industrias de panificación y confitería que proporcionen mejor y más constante calidad y disminuyan el costo de producción sin alterar las propiedades de calidad originales

CUADRO METODOLOGICO



ETAPA II.- Evaluación del efecto de la concentración de proteínas de trabajo (AAE,PH,IH88) y estabilizantes

Establecimiento de procesos y formulaciones de referencia

Evaluación de las propiedades presentadas en los productos de referencia

- Merengue Lysi
- Mousse tradicional
- Crema para batir Lyncott
- Malvavisco "La rosa"

Desarrollo y evaluación de las formulaciones con las proteínas de trabajo y sus estabilizantes

MERENGUE

- AAE-GJ
- PH-GJ
- IH88-GCSW

MOUSSE

- AAE-GJ
- PH-GJ
- IH88-GCSW

**CREMA
BATIDA**

- AAE-GJ
- PH-GJ
- IH88-GCSW

MALVAVISCO

- AAE
- PH
- IH88
- AAE-PH
- AAE-IH88
- PH-IH88

Análisis de resultados

2.2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.

2.2.1. Descripción.

El diseño experimental se llevo a cabo en tres etapas, con la que se cumplieron los objetivos general y particulares. En la primera etapa se seleccionaron los productos a elaborar que fueron merengue untable, mousse, crema batida y malvavisco, posteriormente fueron seleccionados cada uno de los parametros a evaluar en cada producto, dentro de los que se encuentran *consistencia y propiedades específicas*. Para la evaluación de consistencia fueron consideradas las pruebas de consistencia Brookfield (merengue, mousse y crema batida), velocidad de penetración (merengue y crema batida) y dureza (mousse y malvavisco) y para propiedades específicas, las pruebas consideradas son densidad (merengue, mousse, crema batida y malvavisco), tamaño de burbuja (merengue y crema batida) y pH (merengue mousse y crema batida) (23). La evaluación de **estabilidad** se determino por medio de estabilidad de volumen de la espuma (EVS) y estabilidad de liquido en la espuma (ELS). Por ultimo el **rendimiento** se determino por medio de la expansión de la espuma (EP) (16).

Habiendo establecido estos metodos se continuo con la segunda etapa que consistio en **evaluar** a las proteínas sustitutas, así como a la albumina y sus estabilizantes en cada producto, para lo que primero se aplicaron los metodos de evaluación en los productos de referencia (comerciales y/o tradicionales) elaborados con albumina en CANSAINPA (Cámara Nacional de la Industria Panificadora) estandarizando sus procesos y formulaciones, posteriormente se elaboraron los productos con las proteínas PHE, H88, AAE, Grentina y sus estabilizantes correspondientes (AAE-GJ, PHE-GJ Y H88-GJCSW II), evaluandolos de la misma forma que los de referencia. Durante la elaboración de los productos se manejan diferentes variables como fueron las concentraciones de proteínas, estabilizantes, cremor tartaro, ácido tartarico, azucar y grenetina, debido a que cada uno tiene un efecto importante sobre los parametros medidos para cada producto, y con cada proteína y estabilizante se requiere una concentración específica de cada uno, se manejan diferentes niveles de variación para la concentración de cada ingrediente de acuerdo a las necesidades de las formulaciones. Los analisis estadísticos aplicados fueron el análisis de varianza, diseño completamente aleatorizado y la prueba de DVS de Tukey (Diferencia Verdaderamente Significativa).

Una vez concluido el trabajo experimental, se procedió con la última etapa del diseño, la que consistió en contrastar los resultados obtenidos en la etapa anterior, comparando las evaluaciones de los productos experimentales con las de los productos de referencia.

2.3. Materiales y Métodos.

En los casos de merengue, mousse y crema batida, se partió del proceso y formulación base que generalmente se utilizan en el Centro de Capacitación de CANAINPA (41), a base de albúmina de huevo. Para el malvavisco, la formulación y proceso fueron tomados de referencias bibliográficas (4,6,7).

Las relaciones de los estabilizantes manejados en las formulaciones para cada una de las proteínas fueron: AAE-GJ, PE-GJ y H88-GCSW. El gelificante utilizado en la elaboración del mousse y malvavisco fue gredina comercial.

2.3.1. Materias Primas.

MATERIAL	MARCA	NOMBRE COMERCIAL
Acido Tartárico	Cosmopolita S A de C V	Acido Tartárico
Albúmina	Campeón S A de C V	Albúmina de Alta Eispuma
Azúcar	La Gloria S A de C V	Azúcar estándar
Azúcar glass	Procasa Mexicana S A	Azúcar glass
Carragenina	Quimica Hercules S A de C V	Genuvisco J
Carragenina	Quimica Hercules S A de C V	Genuvisco CSW II
Clara de huevo	San Juan	Huevo (granel)
Crema acida	Productos Lacteos S A de C V	Crema acida
Crema para batir	Lyncott	Crema pastelera
Cremor tartaro	Procasa Mexicana S A Cosmopolita S A de C V	Cremor Tartaro
Glucosa	S A de C V	Glucosa chielosa
Grenetina	Coloidales Duché S A de C V	Grenetina Duché 275° Bloom
Hyfoama 88	Quest International S A de C V	Hyfoama 88
Media crema	Nestle S A de C V	Media crema
Polvo para merengue	Alimentos B y D S A de C V	Lyst
Prolac II	Arancia S A de C V	Prolac II
Saborizante	Procasa Mexicana S A	Vainilla

2.3.2. Material y Equipo.

- Balanza analítica
- Batidora Kitchen Aid, 8 velocidades con dispositivo de batido, amasado y mezcla.
- Cajas de Petri de 5 cm de diametro
- Microscopio don ocular graduado
- Penetrometro Universal, con cono de aluminio con las siguientes especificaciones: peso 35.0036 g y altura del cono entero 5.5 cm, area de cono circular 2.04309 cm², altura del cono circular 1.45 cm, area del cono truncado 39.85 cm², altura del cono truncado 4.05 cm y ángulo del cono truncado 45°
- Potenciometro

- Probeta de 100ml y 500ml
- Recipientes graduados 2 lt
- Vasos de precipitados 500 ml
- Viscosímetro Brookfield con adaptador Helipath y agujas en forma de T invertida.

2.3.3. Desarrollo de Formulaciones.

a) MERENGUE.

El producto de referencia fue elaborado con polvo comercial, y su formulación es la siguiente

Ingredientes	(%)
Polvo comercial Lysi	3.03
Azúcar	60.61
Agua	36.36

Las formulaciones experimentales de merengue constan de proteína espumante, estabilizante, cremor tartaro, ácido tartárico y azúcar. Debido a que la formulación de referencia es a base de un producto comercial, este no especifica los porcentajes de los ingredientes por los que está constituido, es por esto que las formulaciones experimentales no cuentan con los mismos ingredientes que la de referencia, por lo cual fue necesario manejar diferentes niveles de variación de cada ingrediente hasta obtener el mejor producto con cada una de las proteínas de trabajo. La base para establecer los niveles de variación para los ingredientes utilizados en las formulaciones experimentales fue para la relación proteína-estabilizante las recomendadas en (1), para agua, azúcar, cremor tartaro y ácido tartárico fueron proporcionados por CANAINPA (41). Los porcentajes manejados con los ingredientes para cada proteína se presentan en el siguiente cuadro en donde el orden mostrado es el que se siguió durante la variación de los mismos, cabe mencionar que conforme se llevó a cabo la variación de un ingrediente, los demás se mantuvieron constantes.

	AAE	PHI	H 88
Agua (%)	49.4, 45, 40.13		
Proteína (%)	3.45, 2.94, 2.41, 2.08	2.94, 2.42, 1.64, 1.37	1.37, 0.87
Estabilizante (%) G-J (AAE y PHI) GCSW (H 88)	0.69, 0.34	0.86, 0.82, 0.69	0.28, 0.26
Ac. Tartárico (%)	0.34, 0.29	0.27, 0.14	0.28, 0.25, 0.23
Cremor Tartárico (%)	0.34, 0.0	0.58, 0.27, 0.15	0.28, 0.26
Azúcar (%)	51.76	61.65, 58.65, 55.38	57.87

Cuadro No 1 Concentraciones de ingredientes empleados en la estandarización de las formulaciones base para merengue

El procedimiento para la elaboración de este producto a nivel experimental fue basado en el que se utiliza en CANAINPA, el cual se presenta en el siguiente diagrama

PROCESO DE ELABORACIÓN DE MERENGUE

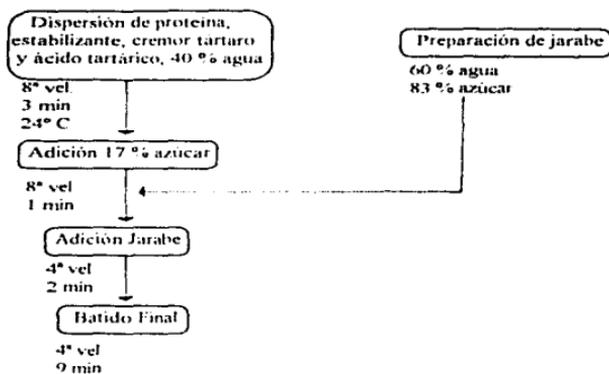


Diagrama No 1 Elaboración de Merengue.

Las variables de respuesta evaluadas para el merengue son densidad, tamaño de burbuja, consistencia Brookfield, velocidad de penetración, pH, rendimiento y estabilidad. Los análisis estadísticos que se llevaron a cabo fueron de varianza, el diseño completamente aleatorizado y para la comparación general de los productos la prueba de Tuckey (DVS).

b) MOUSSE.

El mousse de referencia por ser un producto elaborado de forma tradicional, requiere de la siguiente formulación

Ingredientes	TI (%)	TH (%)
Clara de huevo	41.82	41.82
Gelificante	1.85	1.85
Agua	12.38	22.52
Azúcar	18.57	-
Media Crema	24.76	24.76
Saborizante	0.62 (vainilla)	9.05 (Quik fresa)

Los productos experimentales están compuestos por proteínas espumantes, estabilizante, azúcar, media crema, gelificante y vainilla. La diferencia de estas formulaciones experimentales con la de referencia es que esta última es elaborada con clara de huevo, por ser un producto tradicional y las experimentales son elaboradas con las proteínas de trabajo, es por esto que se tuvieron que manejar diferentes niveles de concentración para algunos ingredientes como son H88, estabilizantes y gelificante. Los porcentajes manejados con los ingredientes del producto son los siguientes:

	AAE	PH	H88
Proteína (%)	0.44	0.44	0.44, 0.40
Estabilizante (%) G-J (AAE y PH) GCSW (H88)	0.0, 0.15	0.0, 0.15	0.0, 0.17
Gelificante (%)	2.02, 2.21	2.02, 2.21	2.02, 2.21

Cuadro No 2 Concentraciones de ingredientes empleados en la estandarización de las formulaciones base para mousse

El procedimiento de elaboración del mousse experimental se muestra en el diagrama No. 2

PROCESO DE ELABORACION DE MOUSSE

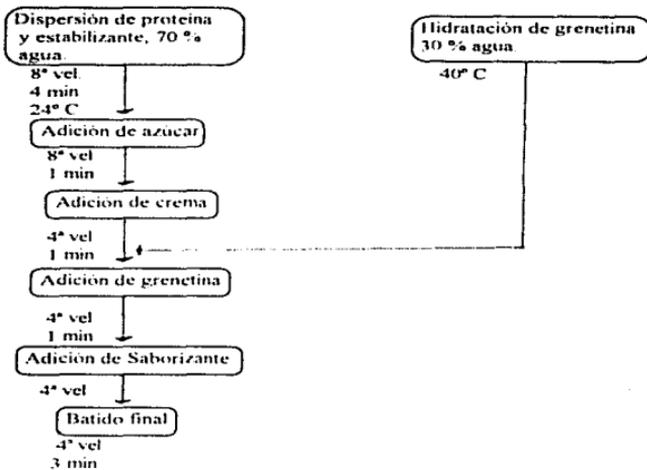


Diagrama No. 2 Elaboracion de Mousse

Las variables de respuesta evaluadas son densidad, consistencia Brookfield, pH, velocidad de penetración, dureza, rendimiento y estabilidad. Los análisis estadísticos aplicados fueron de varianza diseño completamente aleatorizado para el efecto de la concentración de los ingredientes variados y para la comparación entre las mejores formulaciones con cada proteína, cuando este análisis arroja diferencia significativa se aplicó la prueba de Tuckey.

e) CREMA BATIDA.

Los productos que fueron tomados de referencia fueron elaborados con una crema comercial Lyncott (CC-I) sola y con clara de huevo (CC-IC) como agente espumante, debido a que la crema comercial no lo contiene y con la finalidad de conocer el efecto del espumante en el producto. Sus formulaciones se muestran a continuación.

INGREDIENTES	FORMULACION CC-I	FORMULACION CC-IC
CC-I (%)	89.98	65.98
Azúcar (%)	9.11	10.79
Vainilla (%)	1.82	1.35
Clara de huevo (%)	0.0	21.88

Cuadro 3. Formulaciones de referencia para crema batida.

Cabe mencionar que para el establecimiento de las formulaciones experimentales, se trabajaron dos tipos de cremas que fueron Lyncott y crema acida respectivamente. Los porcentajes de clara de huevo en las cremas son 0.0 % y 21.88 %.

Los ingredientes de la crema batida experimental son: proteína espumante, estabilizante, crema acida, azúcar glass y saborizante. Durante el desarrollo de las formulaciones con cada una de las proteínas de trabajo, solo fue necesario variar las concentraciones de las proteínas y de azúcar glass. La concentración de estabilizante en un principio se estableció en base a la utilizada para el merengue y como los productos obtenidos solo variaron en cuanto al sabor dulce y al de la proteína, así como el volumen de la espuma y la estabilidad siempre fue del 100% no fue necesario variar la concentración del estabilizante. La cantidad de crema utilizada fue establecida durante la estandarización del proceso, la cual es de 67 %. Los porcentajes manejados de los ingredientes que fueron variados son:

	AAE	PH	IE88
Proteína (%) (crema acida)	1.86, 1.52	1.48, 1.24, 0.99, 0.75	0.76, 0.63
Azúcar (%)	10.63, 15.18	14.89	15.11, 17.20

Cuadro 4. Concentraciones de ingredientes empleadas en la estandarización de las formulaciones base para crema batida.

El procedimiento establecido para la elaboración de este producto se muestra en el diagrama No. 3.

PROCESO DE ELABORACION DE CREMA BATIDA

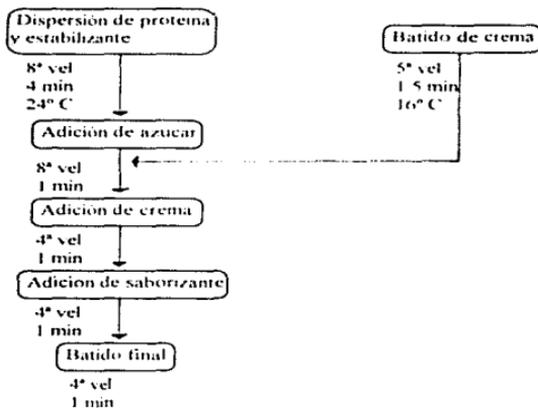


Diagrama No. 3 Elaboracion de crema batida.

Las variables de respuesta evaluadas son densidad, consistencia, pH, velocidad de penetración, tamaño de burbuja, rendimiento y estabilidad. Los análisis estadísticos aplicados fueron el de varianza completamente aleatorizado y para la comparación general de los productos la prueba de Tuckey.

d) MALVAVISCO.

Para este caso al igual que la crema batida, se tomo de referencia a dos productos que son el malvavisco comercial MC-I y un malvavisco elaborado a nivel laboratorio con las mismas condiciones que los experimentales y los mismos ingredientes que el comercial, con la finalidad de conocer el efecto del uso de las proteínas de trabajo en este producto y su formulación es la siguiente (44)

Ingredientes	(%)
Grenetina	3.41
Glucosa	15.75
Azúcar	34.14
Agua	46.70

Para la elaboración de este producto en forma experimental, se requieren de los siguientes ingredientes: proteína espumante (0.35 % AAE y para H 88 y PH 0.25 %), grenetina (3.25 %), azúcar (32.5 %), glucosa (15 %) y agua. Se establecieron los porcentajes de proteína (44) y por la misma razón no fue necesario variar concentraciones de éstos, excepto para H88 que se elaboró con una concentración de 0.25% y 0.35 %. Debido a que en la formulación original no se requiere de estabilizante, se propuso manejar combinaciones de dos proteínas con el 50 % del total de cada una.

El procedimiento establecido para la elaboración de los productos experimentales es el mostrado en el diagrama No. 4.

PROCESO DE ELABORACION DE MALVAVISCO

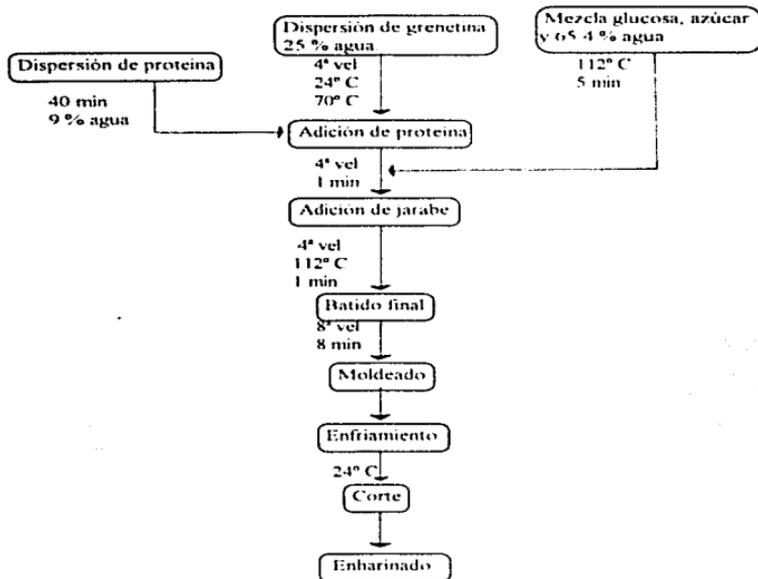


Diagrama No. 4. Elaboración de malvavisco

Las variables de respuesta evaluadas son densidad, dureza, rendimiento y estabilidad. Los análisis estadísticos aplicados fueron el de varianza completamente aleatorizado y para la comparación general de los productos la prueba de Tuckey (DVS).

2.3.4. Métodos de Evaluación de las Variables de Respuesta.

La evaluación de las propiedades presentadas por los productos fue llevada a cabo para determinar el efecto de las variables manejadas en su consistencia, estabilidad, propiedades específicas y rendimiento con la finalidad de conocer la calidad lograda con cada una de las proteínas, clasificandolas como se muestra:

CONSISTENCIA	PROPIEDADES ESPECÍFICAS	ESTABILIDAD	RENDIMIENTO
- Consistencia Brookfield - Velocidad de penetración - Dureza	- Densidad - Tamaño de burbuja - pH	- Estabilidad de volumen en la espuma (FVS) - Estabilidad de líquido en la espuma (FES)	- Expansión de la espuma

Cuadro 5. Clasificación de los parámetros de evaluación de las propiedades de los productos experimentales y de referencia.

Las pruebas de las muestras evaluadas, se llevaron a cabo por triplicado para cada una de las propiedades evaluadas.

a) CONSISTENCIA.

La medición de este parámetro es muy importante para el control de la calidad, sobre todo de productos que deben tener cierta consistencia en relación a su aspecto o palatabilidad, como son las natas, yogurth, salsas, espumas o flanes (23).

Esta prueba fue llevada a cabo con un viscosímetro Brookfield RVT con adaptador Helipath y husos en forma de T invertida. El adaptador Helipath mueve la cabeza del viscosímetro en forma vertical descendente y ascendente a una velocidad constante mientras la aguja en forma de T gira. Al introducirse en la muestra, la combinación del movimiento vertical y el giro de la aguja a velocidad constante, producen un movimiento tipo espiral, que evita que el dispositivo de medición vaya dejando huecos en la muestra, situación que se presenta en materiales como emulsiones concentradas y espumas cuando se utilizan dispositivos en forma de discos o cilindros y sin el adaptador Helipath. Como no se ha desarrollado el procedimiento matemático para convertir el torque sobre la superficie de la aguja en forma de T a esfuerzo de

corde y la velocidad de rotacion a velocidad de cizalla para este tipo de aguja, los valores que se reportan no son fundamentales y se mide la "consistencia de la muestra", repostada en unidades Brookfield

La muestra fue colocada en un vaso de precipitados de 500 ml. Al viscosimetro se le adapto la aguja a utilizar durante la medicion de viscosidad, la cual se selecciono a manera que se obtengan lecturas de la escala del torque mayores del 10 % y menores de 100% como se especifica en el manual de operacion. Se coloca el vaso de precipitados en el centro del viscosimetro, con la punta de la aguja en la superficie de la muestra. Se hacen operar al mismo tiempo el adaptador Helipat y el viscosimetro para tomar las lecturas que reporta la caratula del viscosimetro a lo largo de la muestra. Las lecturas son tomadas en el centro de la muestra para lo que es necesario determinar la distancia y el tiempo en que la varilla se encuentra en este punto. Las lecturas registradas son transformadas a unidades de viscosidad, como Unidades Brookfield Helipath (UBFD) por medio de los factores que se muestran en la siguiente tabla, segun el tipo de varilla utilizado y modelo del viscosimetro

FACTORES DE CONVERSION PARA AGUJAS EN FORMA DE T INVERTIDA DEL
VISCOSIMETRO BROOKFIELD

Modelo de Viscosimetro

HUSO	LV	RV	HA	HBM/N
T-A	187 2/N	2000/N	4000/N	16M/N
T-B	374 4/N	4000/N	8000/N	32M/N
T-C	936 0/N	10M/N	20M/N	80M/N
T-D	1872/N	20M/N	40M/N	160M/N
T-E	4680/N	50M/N	100M/N	400M/N
T-F	9360/N	100M/N	200M/N	800M/N

en donde N = RPM y M = 1000

Consistencia = Lectura del Biscosimetro X factor

Para que las lecturas sean comparables tienen que efectuarse con la misma aguja, velocidad de rotación y modelo del viscosimetro. El modelo de viscosimetro utilizado fue RV y

las agujas o usos fueron T-D para merengue y crema batida y T-E para mousse, por lo que los factores empleados son 20M/N y 50M/N respectivamente. Se utilizaron estas agujas debido a que fueron las que dieron lecturas recomendadas con anterioridad en la escala del torque en cada producto.

Cabe mencionar que conforme el factor a utilizar es mayor, la consistencia del producto evaluado, también lo es.

b) VELOCIDAD DE PENETRACION.

La velocidad de penetración es un parámetro útil para evaluar la consistencia de materiales plásticos y productos untables. Para esta evaluación se utilizó un penetrometro el cual es un instrumento que mide la distancia a la que un cono o varilla penetra en un alimento en un tiempo determinado.

Para la evaluación de este parámetro en los productos, la muestra se colocó en vasos de precipitados de 500 ml y se situó en el centro de la base del equipo con la punta del cono en la superficie de la muestra. Se deja caer libremente la mordaza para que el cono penetre en la muestra. Tomando el tiempo hasta que el indicador graduado deje de moverse y así determinar la velocidad por medio de la siguiente relación:

$$\text{Vel. de Penetración} = \frac{\text{Distancia penetrada}}{\text{Tiempo total de penetración}} \quad \text{----- (2)}$$

En donde la distancia penetrada se toma directamente del indicador graduado. Conforme el valor de velocidad de penetración es mayor, la muestra es más fluida y tiene menor consistencia.

c) DUREZA.

Esta propiedad al igual que la velocidad de penetración permite medir la textura y consistencia del producto por medio del penetrometro, ya que este instrumento permite medir la fuerza requerida para penetrar. Para su determinación se tomaron las lecturas de distancia de penetración hasta que la aguja del indicador graduado no se moviera, porque es cuando el alimento ofrece su mayor resistencia a ser penetrado.

El procedimiento experimental es el mismo que para velocidad de penetración, para la evaluación de dureza se aplica la siguiente fórmula:

$$H = \frac{G}{A_T} \quad \text{----- (3)}$$

En donde

G = Peso del cono = 35 0036 gr

A_T = Área total que penetró

A₁ = Área del cono circular = 2 04309 cm²

A₂ = Área del cono truncado

$$A_1 = (\pi) r (g_1) \quad \text{----- (4)}$$

$$g_1 = h^2 + r^2 \quad \text{----- (5)}$$

$$A_2 = \pi/2 (g_2) (D + d) \quad \text{----- (6)}$$

$$g_2 = [(D - d)/2]^2 + h_2^2 \quad \text{----- (7)}$$

$$h_2 = (\text{lectura del indicador graduado}) - h_1$$

$$A_T = A_1 + A_2 \quad \text{----- (8)}$$

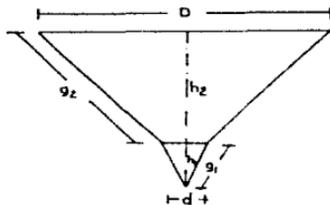


Fig 5 Determinación de área del cono del penetrómetro universal

Por medio de la dureza se puede conocer la resistencia ejercida por el producto al ser penetrado con el cono, por lo tanto, conforme el valor de este parametro sea mayor, mayor es la resistencia del producto y la consistencia es mayor

d) DENSIDAD.

Es una propiedad especifica muy importante en los productos aireados debido a que la inclusión de aire reduce la densidad del producto, en diferentes proporciones. Su determinación fué llevada a cabo por medio de la relación que la define. Se utilizaron cajas de Petri de 5 cm de diámetro

Se determinó el volumen de cada caja de petri a utilizar midiendo con un vernier su altura y diámetro internos y calculando el volumen mediante la fórmula ($\pi r^2 h$), posteriormente se

pusieron a peso constante Para la determinación de este parámetro las cajas fueron llenadas con la espuma hasta el tope de su altura interna rasandolas con una espátula y se pesaron La densidad para cada caso se obtuvo por medio de la siguiente relación

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \quad \text{----- (9)}$$

En donde Masa = (Peso de la caja vacía)- (Peso de la caja con muestra)

Volumen = Volumen de la muestra

Conforme el valor de este parámetro fue mayor, el producto fue menos ligero, debido a la cantidad de aire incorporado, la cual esta relacionada directamente con el volumen por lo tanto a mayor volumen menor densidad

e) *TAMAÑO DE BURBUJA.*

Esta prueba es considerada como una propiedad particular debido a que el tamaño de burbuja de aire de las espumas deja ver la capacidad de aireación de las proteínas, ya que de esta propiedad depende la estabilidad y la consistencia de la espuma. Esta prueba fue llevada a cabo en un microscopio con ocular graduado (23)

Se coloca una película delgada de la muestra en el portaobjetos, se enfoca con el objetivo 10 y se miden directamente y al azar las burbujas presentes con la escala del ocular. Los datos registrados son transformados a milímetros (mm) por medio del factor de conversión del objetivo que para este caso es 0.01mm por cada división del ocular. El tratamiento matemático que se aplico a los datos registrados fue el sauter medio

Entre mas grande es la burbuja, es mas delgada la película del líquido que la rodea, haciendo de esta manera que la espuma sea más inestable, debido a que la superficie del líquido es ampliada enormemente en oposición a las fuerzas de tensión superficial favoreciendo el rompimiento de las mismas.

f) pH.

Esta propiedad fue evaluada con la finalidad de determinar si los productos tenían el pH requerido para mantener estables el volumen y el líquido de la espuma, ya que las proteínas sustitutas tienen pH alcalino

Su medición fue por medio del potenciómetro, este evalúa el potencial por medio de un electrodo de combinación, el cual fue calibrado utilizando una solución amortiguadora de pH conocido (43)

Una vez calibrado el aparato, se introduce el electrodo en la muestra del producto que previamente se preparo y fue colocada en vasos de precipitados de 200 ml tomando la lectura registrada en la escala del potenciómetro

Para la medición de este parámetro es importante que la temperatura de la muestra sea la misma que la de la solución amortiguadora con la que fue calibrado el potenciómetro para que no exista error en la medición. La temperatura manejada en todos los casos fue de 25° C

g) ESTABILIDAD

Fue importante determinar la estabilidad presentada por los productos ya que esta es una de las principales características que debe presentar un producto de buena calidad

La estabilidad evaluada para productos aireados es por medio de los parámetros estabilidad del volumen en la espuma (EVS) y estabilidad del líquido en la espuma (ELS) (16,43)

Una vez elaborado cada producto, se colocaron en vasos de precipitados de 250 ml y se midió el volumen de la espuma en cada vaso. Después de 30 minutos se midió el volumen de la espuma y el volumen del líquido (en su caso) para cada producto. Los parámetros son obtenidos por medio de las siguientes relaciones (16)

$$\% \text{EVS} = \frac{\text{Volumen de espuma después de 30 min.}}{\text{Volumen inicial incluyendo líquido}} \times 100 \quad \text{-----} \quad (10)$$

$$\% \text{ELS} = \frac{\text{Vol. de liq. retenido después de 30 min.}}{\text{Vol. de líquido drenado de la espuma.}} \times 100 \quad \text{-----} \quad (11)$$

g) RENDIMIENTO.

Al igual que la estabilidad, el rendimiento es una de las características buscadas en los productos de buena calidad. En las espumas alimenticias, el rendimiento o rebosamiento depende directamente de la cantidad de aire incorporada y se expresa normalmente en terminos de porcentaje (16,43)

Para su determinación se registro el volumen inicial de liquido utilizado en cada formulación. Una vez elaborado cada producto, se mido el volumen total obtenido. Posteriormente se aplica la siguiente fórmula

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Vol. de espuma} + \text{Vol. inicial de liquido}}{\text{Vol. inicial de liquido}} \times 100 \text{ ----- (12)}$$

CAPITULO 3.- RESULTADOS Y DISCUSION.

3.1 ANALISIS DE PRODUCTOS DE REFERENCIA.

De acuerdo al cuadro metodológico, primero se llevó a cabo un análisis de las propiedades presentadas por los productos de referencia, los cuales fueron merengue Lysi (C-1), mousse elaborado en forma tradicional en CANAINPA (tradicional), crema batida Lyncott (CC-1) y crema batida Lyncott con clara de huevo (CC-C1) y finalmente malvavisco comercial " La rosa " (M-C1) y malvavisco de gretina (M-G1)

3.1.1 Merengue

Los resultados de las evaluaciones se presentan en la tabla No 1

Parámetro	C-1			C-1			s	s	C.S
	1	2	3	1	2	3			
Densidad (g/cm ³)	0.3632	0.3781	0.4072	0.4456	0.4136	0.1797	0.3978	0.03011	7.4
T. Burbuja (mm)	0.0275	0.0271	0.027	0.017	0.049	0.048	0.0376	0.01141	30.3
Consistencia (UBH)	41 x 10 ⁵	40.5 x 10 ⁵	40 x 10 ⁵	43 x 10 ⁵	42 x 10 ⁵	41 x 10 ⁵	41.2 x 10 ⁵	1.08 x 10 ⁵	2.6
pH	3.1	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2	3.165	0.05116	1.6
V. Penetrac. (mm/s)	2.73	2.72	2.74	2.75	2.74	2.76	2.74	0.0141	0.51
FVS (%)	100	100	100	100	100	100	100	0	0
FLS (%)	100	100	100	100	100	100	100	0	0
FE (%)	473.61	-	-	465.27	-	-	469.44	5.8972	1.25

Tabla No. 1 Propiedades Evaluadas en Merengue Comercial Lysi.

Los resultados de la tabla anterior fueron tomados a dos muestras elaboradas con la misma formulación y procedimiento

El tamaño de burbuja si presentó mayor al 10 %, lo cual indica una diferencia significativa entre las muestras, pero este parámetro sólo fué evaluado como una propiedad específica del producto y no afectó a parámetros mas importantes como consistencia, densidad y velocidad de penetración Debido a que en la mayoría de los parámetros

evaluados no se presentó C.V. mayor al 10 %, los valores utilizados para la comparación con las muestras elaboradas con las proteínas en estudio es la \bar{x} de la tabla No. 1.

3.1.2 Mousse.

La tabla No. 2 presenta los resultados de las evaluaciones para el mousse tradicional.

Parámetro	Tradicional I			Tradicional II		
	\bar{x}	s	c.v.	\bar{x}	s	c.v.
Densidad (g/cm ³)	0.3586	0.0039	1.1	0.5376	0.0242	4.5
Consistencia (UBH)	20.8 X 10 ⁴	1.3 X 10 ⁴	6.26	25.6 X 10 ⁴	5.4 X 10 ⁴	2.1
pH	8.0	0	0	7.9	0.1	1.2
Dureza (gr/cm ²)	0.7738	0.0256	3.2	0.8062	0.03156	3.8
FE (%)	357.14	-	-	300	-	-
FVS (%)	100	0	0	100	0	0
FIS (%)	100	0	0	100	0	0

Tabla No. 2. Propiedades Evaluadas en Mousse Tradicional.

Los datos reportados en la tabla 2 son los resultados de la evaluación de tres réplicas de cada muestra. Como se puede observar, en su mayoría, las propiedades de las muestras evaluadas presentan diferencias entre sí. Estas diferencias se deben principalmente a que en la muestra Tradicional I se utilizó 18.5 % azúcar y 0.6 % de un saborizante artificial y en la muestra II no se utilizó azúcar, sino un saborizante en polvo sabor fresa en 9.05 %, dando como resultado en II un producto más denso, de menor rendimiento, con mayor consistencia y más duro, lo cual no lo favoreció.

Por lo expuesto anteriormente y porque el producto obtenido en la muestra tradicional I es más ligero, menos duro se decide manejar los ingredientes de la formulación de ésta muestra y tomarla como referencia.

3.1.3. Crema Batida.

Los resultados de las evaluaciones para este producto son mostrados en la siguiente tabla.

Parámetro	CC-I			CC-IC		
	\bar{x}	s	C.V.	\bar{x}	s	C.V.
Densidad (g/cm ³)	0.5311	0.0636	11.98	0.6176	0.0253	4.09
Consistencia (UBH)	37.6 X 10 ³	1140.17	3.03	38 X 10 ³	7483.23	3.72
pH	6.81	0.0288	0.42	7.11	0.028	0.4
Vel. Penetrac. (mm/s)	1.6355	0.0256	1.56	1.3688	0.0369	2.69
T. Burbuja (mm)	0.0522	0.117	22.43	0.04005	0.0024	6.23
FE (%)	135.29	-	-	138.09	-	-
FVS (%)	100	0	0	100	0	0
FLS (%)	100	0	0	100	0	0

Tabla No. 3. Propiedades Evaluadas en Crema Batida Comercial y con Clara de Huevo.

En donde CC-I = Crema comercial Lyncott
 CC-IC = Crema comercial Lyncott con clara de huevo

Ambas muestras de la tabla No. 3, fueron elaboradas con la misma crema comercial, con la diferencia de que en CC-IC se adicionó clara de huevo debido a que la crema comercial no contiene este agente espumante.

Se llevaron a cabo análisis estadísticos para conocer si existe diferencia significativa de los parámetros evaluados entre las muestras, a fin de evaluar el efecto del uso de clara de huevo en un producto que no lo contiene. A continuación se presentan los resultados de los análisis estadísticos para cada parámetro.

Parámetro	n.s	*	**
Densidad	✓		
Consistencia	✓		
pH		✓	
Vel. Penetración		✓	
T. Burbuja	✓		

Simbología n.s - no hay diferencia significativa

* - Hay diferencia significativa

** - Hay diferencia altamente significativa

De acuerdo a éstos análisis, la mayoría de los parámetros no presentan diferencia significativa, por lo que se entiende que la adición de clara de huevo no afecta a las propiedades del producto, sin embargo, de acuerdo a la tabla No. 3 se puede observar que la muestra que tiene clara, presenta mayor consistencia y densidad así como menor velocidad de penetración y tamaño de burbuja lo cual mejora al producto además el rendimiento es mayor y ambas muestras mantienen el 100 % de estabilidad, por lo que es conveniente la adición de clara de huevo para mejorar las propiedades del producto

3.1.4 Malvaisisco

Los resultados de la evaluación de los parámetros de los productos de referencia son mostrados en las siguientes tablas. La tabla No. 4 indica los resultados de la evaluación de réplicas del malvaisisco comercial y la tabla No. 5 contempla los resultados de la evaluación de réplicas de un malvaisisco elaborado a nivel laboratorio solo con grenetina y en las mismas condiciones que los elaborados con las proteínas sustitutas, con la finalidad de conocer el efecto de la aplicación de las mismas en un producto que no contiene albumina como agente espumante

Propiedad	Malvaisisco Comercial "La Rosa"					s	S	C.V. %
	1	2	3	4	5			
Densidad (g/cm ³)	0.2922	0.3367	0.2762	0.2851	0.2895	0.2958	0.0236	7.97
Dureza (g/cm ²)	3.156	3.102	3.123	3.118	3.167	3.1332	0.0272	0.86

Tabla No. 4. Propiedades Evaluadas en Malvaisisco Comercial "La Rosa"

Propiedad	Malvavisco de Grenetina al 100 %					x	S	C.V %
	1	2	3	4	5			
Densidad (g/cm ³)	0.3323	0.3264	0.3611	0.3518	0.3579	0.3459	0.01561	4.51
Dureza (g/cm ³)	1.724	1.785	1.810	1.797	1.722	1.7676	0.04166	2.35

Tabla No. 5. Propiedades evaluadas en Malvavisco de Grenetina

El rendimiento (EE) obtenido fue de 241.41 % y la estabilidad del volumen y del líquido en la espuma fue del 100 %.

La densidad del malvavisco comercial es menor que el elaborado a nivel laboratorio (grenetina al 100 %), lo cual se puede deber a que el equipo de batido a nivel industrial es mayor y por lo tanto incorpora más aire a la espuma. La dureza en el malvavisco de grenetina es menor que en el comercial lo que se debe a que las evaluaciones en este malvavisco fueron llevadas a cabo al día siguiente de ser elaborado lo cual no sucedió con el malvavisco comercial.

En sistemas complejos como los producidos al elaborar espumas gelificadas como el mousse y el malvavisco de consistencia esponjosa necesaria como el merengue y la crema batida, las propiedades físicas son el resultado de las múltiples interacciones de los ingredientes debido a diferentes factores como son la carga positiva o negativa de la proteína espumante (AAF, PH y H88) y gelificante (grenetina) según el pH del sistema, el carácter iónico del estabilizante con carga negativa a cualquier pH, la cantidad de grasa proporcionada por la crema que puede interactuar con las proteínas espumantes y gelificante o el azúcar que según su concentración influye en la hidratación de los demás ingredientes. Las interacciones involucradas son las que se dan entre proteína-proteína, proteína-estabilizante, proteína-agua que están en función del pH principalmente, otras interacciones son las que se dan entre agua-estabilizante y proteína-grasa. Todas estas interacciones afectan a las propiedades de los productos como la fuerza del gel (dureza y consistencia) que va a depender de la cantidad de aire incorporado a la espuma, el tamaño de burbuja o el entrecruzamiento de la red para la gelificación de la grenetina, la capacidad aereante de las proteínas espumantes (densidad y rendimiento) que está en función de diversos factores como la estructura de la proteína y su interacción con la carragenina al pH del sistema así como su solubilidad y la viscosidad de la fase continua.

3.2 ANALISIS DEL EFECTO DE LAS PROTEINAS ESPUMANTES Y SUS ESTABILIZANTES EN MERENGUE.

Para la elaboración de este producto, se llevaron a cabo variaciones en la concentración de diferentes ingredientes con cada una de las proteínas, según lo requiriera la calidad del mismo, hasta obtener la formulación adecuada en cada caso

3.2.1. Merengue de AAE.

El primer ingrediente que se vario fue el agua seguida de la AAE, estabilizante (G-J), cremor tártaro y finalmente el ácido tartárico. Este orden de variación se debe a la importancia de cada ingrediente en la formulación proporcionada por CANAINPA (41), y por las propiedades que cada uno imparte al producto. Cabe mencionar que cuando cada ingrediente fue variado, la concentración de los demás permaneció constante. Los resultados mostrados son la X de las evaluaciones, ya que cada parámetro se determino por triplicado

EFECTO DE LA CONCENTRACION DE SOLIDOS.

Parámetro	CONCENTRACION DE SOLIDOS		
	49,40 %	45,00 %	40,13 %
Densidad (g/cm ³)	0.6065	0.4173	0.3517
T. Burbuja (mm)	0.0585	0.0610	0.0455
Consistencia (UBH)	3.5 X 10 ³	5 X 10 ³	6.4 X 10 ³
pH	6.233	6.2	6.122
FE (%)	431.25	443.75	576.92
FVS (%)	100	100	100
FLS (%)	100	100	100

Tabla No. 6. Efecto de la concentración de sólidos en las propiedades evaluadas en merengue de AAE.

Una de las propiedades más importantes de una proteína para formar una espuma es su solubilidad la cual depende de las interacciones polares de los residuos de aminoácidos que la componen, éstas interacciones se dan principalmente por medio de puentes de

hidrógeno con las moléculas de agua, por lo que la función de este ingrediente es básica tanto para la estabilidad como para la formación de la espuma, sin embargo, la cantidad juega un papel importante ya que a menor cantidad de agua la viscosidad de la fase líquida es mayor con lo que se obtiene una espuma de películas más resistentes y elásticas por lo que su consistencia es mayor, del mismo modo, permite mayor incorporación de aire obteniendo menor densidad y burbujas más pequeñas originando por lo tanto mayor rendimiento. En la tabla 6 se puede observar que conforme la cantidad de agua es menor, las propiedades del merengue se ven favorecidas. De acuerdo a los resultados de las propiedades obtenidas y de los análisis estadísticos mostrados en la tabla estadística No. 1, se establece que la cantidad de agua a manejar es la de 40.13 % para las formulaciones elaboradas con AAE, ya que presenta mejores características físicas como color, brillo, y la consistencia adecuada para hacer "picos pasteleros", los cuales son una propiedad deseada en el merengue (41).

EFEECTO DE LA CONCENTRACION DE ALBUMINA DE ALTA ESPUMA (AAE).

Parámetro.	CONCENTRACION DE AAE				
	4.4 %	3.45 %	2.94 %	2.43 %	2.08 %
Densidad (g/cm ³)	0.3471	0.3517	0.3721	0.3902	0.4339
T. Burbuja (mm)	0.0455	0.0385	0.0348	0.0347	0.0368
Consistencia (UBH)	5.0 X 10 ⁵	5.7 X 10 ⁵	8.1 X 10 ⁵	13.7 X 10 ⁵	8.1 X 10 ⁵
pH	6.166	6.133	6.1	6.033	6.033
FE (%)	576.92	576.92	554.61	530.76	530.76
FVS (%)	100	100	100	100	100
FLS (%)	100	100	100	100	100

Tabla No. 7. Efecto de la concentración de AAE en las propiedades evaluadas en merengue.

La concentración de carragenina (G-J) utilizado en estas muestras es del 0.69 %. El aumento en la concentración de proteína origina un incremento en la viscosidad de la fase líquida, además la adsorción en la interfase es mayor, ocasionando que las propiedades de la espuma mejoren como lo es con películas más flexibles permitiendo que la incorporación de aire sea mayor, reflejándose esto en la tabla 7 en donde al aumentar el porcentaje de

proteína, el rendimiento es mayor y la densidad es menor. Cuando las burbujas son más pequeñas, la espuma es más rígida, lo cual explica que conforme el tamaño de burbuja es menor, la consistencia es mayor. Con 2.43 %, se obtiene un merengue con tamaño de burbuja pequeño lo cual proporciona mejor apariencia física, de consistencia y densidad similares a las del producto de referencia aunque a esta misma concentración se obtiene el menor rendimiento se mantiene la estabilidad del 100% por lo que es la mejor concentración para elaborar el merengue con esta proteína. Además a una concentración mayor se percibe un ligero olor a la proteína. Las variaciones encontradas se observan en la tabla estadística No 1.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE CARRAGENINA (G-J)

Parámetro	CONCENTRACION DE G-J	
	0.69 %	0.35 %
Densidad (g/cm ³)	0.3046	0.2668
T. Burbuja (mm)	0.0377	0.0260
Consistencia (UBH)	11.1 X 10 ⁵	15 X 10 ⁵
pH	4.9	5.2666
FE (%)	749.23	941.53
FVS (%)	100	100
FLS (%)	100	100

Tabla No.8: Efecto de la concentración de G-J en las propiedades evaluadas en merengue de AAE.

Dentro de las funciones de los polisacáridos existe la de estabilizar espumas entre otros sistemas, esto es debido a que incrementan la viscosidad de la fase continua generando así espumas de mayor rigidez como puede observarse en la tabla 8 a la concentración de 0.35 %, en donde la consistencia es mayor incluso que las reportadas en la tabla 7. Este incremento en la consistencia se debe a que el agua del sistema establece puentes de hidrógeno con los grupos OH de la carragenina (G-J) y con los grupos OH de la proteína o de otras moléculas, generando capas de moléculas adyacentes a los grupos hidroxilo de los polisacáridos inmovilizados parcialmente (2). Debido a que la concentración de 0.69 % es

mayor se podría esperar que la consistencia de la espuma también lo fuera, sin embargo, esto no sucedió debido a que la carragenina es completamente estable a pH mayor a 7, pero puede atribuirse a la interacción proteína-polisacárido, al tipo de interacción, intensidad de carga negativa de la carragenina o carga de la proteína a ese pH (49) ocasionando que la consistencia y rendimiento sean menores ocasionando mayor densidad y tamaño de burbuja. La concentración de 0.35 % de G-J es la que ofrece mejores características al producto, ya que se obtiene consistencia más cercana a la del comercial así como tamaño de burbuja pequeño, menor densidad y mucho mayor rendimiento, por lo que es el que se seleccionó para la formulación con esta proteína. Las variaciones encontradas se observan en la tabla estadística No 1.

EFEECTO DEL CREMOR TARTARO.

Parámetro	CONC. DE CREMOR TARTARO	
	0.0 %	0.35 %
Densidad (g/cm ³)	0.3973	0.266
T. Burbuja (mm)	0.0502	0.0260
Consistencia (UBH)	6.4 x 10 ⁵	15 x 10 ⁵
pH	6.333	5.266
FE (%)	534.61	941.53
FVS (%)	100	100
FLS (%)	100	100

Tabla No. 9. Efecto de cremor tartaro en las propiedades evaluadas en merengue de AAF.

Cabe mencionar que los resultados de la concentración 0.35 % son los mismos que en la tabla 8 de la variación de G-J a la misma concentración, debido a que para la elaboración de estas muestras se contempló el uso del cremor tartaro a dicha concentración, que es la recomendada (41) y para conocer el efecto de este ingrediente, se elaboró un merengue que no lo contemplara (0.0%). Se encontró que el efecto que tiene el cremor tartaro en el merengue se debe a que este ingrediente interacciona con las cadenas laterales de los aminoácidos modificando así la solubilidad de la proteína, lo cual permite un mayor desdoblamiento de esta en la interfase, mejorando su propiedad espumante e incorporando más aire (35, 36), con lo cual se obtiene un producto más ligero o de menor densidad, con

burbujas de aire de tamaño más pequeño, contribuye a la disminución de pH, mayor rendimiento, además mejores propiedades como la consistencia que fue mayor y más similar al comercial con la cual los picos pasteleros se mantienen durante mayor tiempo. Es importante aclarar que hasta la elaboración de estas últimas muestras no se contó con ácido tartárico por lo que el pH aun es poco ácido. Las variaciones encontradas se observan en la tabla estadística No 1

EFEECTO DE LA CONCENTRACION DE ACIDO TARTARICO.

Parámetro	CONCENTRACION DE ACIDO TARTARICO		
	0.34 %	0.29 %	0.0 %
Densidad (g/cm ³)	0.3080	0.2823	0.266
T. Burbuja (mm)	0.0129	0.0117	0.026
Consistencia (UBII)	11.1 X 10 ⁴	11.5 X 10 ⁴	15 X 10 ³
pH	4	4.133	5.266
FE (%)	584.61	630.76	941.53
FVS (%)	100	100	100
FLS (%)	100	100	100

Tabla No.10. Efecto de la concentración de ácido tartárico en las propiedades evaluadas en merengue de AAE.

Cuando el valor del pH es cercano al punto isoeléctrico (pI) de la proteína, sus interacciones con las moléculas de agua y demás ingredientes (36) son mínimas para el caso de la albúmina el pI es 4.6, viéndose afectada principalmente la densidad y por lo tanto la consistencia del producto la cual es menor conforme el valor del pH disminuye. En la tabla 10 se muestran los resultados de las evaluaciones hechas al merengue al aplicar un ácido con la finalidad de disminuir el pH, encontrando que conforme el valor de este parámetro es menor o cercano al pI también lo es la consistencia y el tamaño de burbuja, ocasionando un incremento en la densidad y una disminución en el rendimiento, como consecuencia de la baja interacción de la proteína evitando su desdoblamiento total y adsorción en la interfase.

La variación del ácido tartárico no pudo manejarse en cantidades mayores para disminuir aún más el valor de pH, con la finalidad de igualar este valor con el del producto comercial, debido al sabor característico que el mismo imparte al merengue. La concentración de ácido tartárico que se consideró ofrece propiedades aceptables es la de 0.29 % ya que ofrece densidad y pH similares al de referencia y tamaño de burbuja más pequeño, aunque la consistencia y el rendimiento se ven disminuidos por el uso de este ingrediente. Las variaciones encontradas se observan en la tabla estadística No. 1.

De acuerdo a los resultados reportados en las tablas 9 y 10 se puede observar que se obtiene un mejor producto si se suprime el uso de ácido tartárico ya que sin este ingrediente, la densidad es menor pero con mayor consistencia y rendimiento. La formulación recomendada con esta proteína con uso de ácido tartárico es la siguiente en base a los resultados obtenidos en la tabla 10 para la concentración de 0.29 %, principalmente por ser la de mayor consistencia con el ácido tartárico.

Ingrediente	(%)
Albúmina de Alta Espuma	2.41
Genuvisco J	0.34
Ácido Tartárico	0.29
Cremer Tartaro	0.34
Azúcar	51.76
Agua	44.86

Otra alternativa para elaborar este producto es la formulación que a continuación se muestra, la cual corresponde a la evaluada en la tabla No. 9, con 0.35 % de cremor tartárico que ofrece menor densidad, mayor consistencia y rendimiento a un valor de pH mayor.

Ingrediente	(%)
Albúmina de Alta Espuma	2.42
Genuvisco J	0.35
Cremer Tartaro	0.35
Azúcar	51.90
Agua	44.98

3.2.2 Merengue de PH.

En este caso los ingredientes que se variaron para obtener la mejor formulación con esta proteína fueron: proteína espumante (PH), estabilizante (G-J), azúcar, cremor tártaro y ácido tartárico

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE PH.

Parámetro	CONCENTRACION DE PH	
	2.42 %	1.64 %
Densidad (g/cm ³)	0.1840	0.3790
T. Burbuja (mm)	0.0159	0.0128
Consistencia (UBH)	5.8 X 10 ⁴	11.0 X 10 ⁴
pH	8.36	5.5
FE (%)	984.61	842.30
FVS (%)	100	100
FLS (%)	100	100

Tabla No. 11. Efecto de la concentración de PH en las propiedades evaluadas en merengue.

La concentración de G-J para estas formulaciones fue de 0.35 % y la cantidad de agua utilizada fue la establecida para AAE (40.13 %). El pH de Prolac II es de 11.5 y su carga es negativa, por lo que se desdobra dando una solubilidad alta en agua (73.97 %), ocasionando un gran rendimiento de espuma (43). Observando los resultados mostrados en la tabla II, se ve que conforme la concentración de proteína es mayor, el rendimiento también lo es, con lo que se obtiene una densidad baja, un mayor tamaño de burbuja. Cabe mencionar, que conforme la concentración de proteína es menor, el pH disminuye modificando la intensidad de cargas del sistema incrementando así la consistencia del merengue, disminuyendo el rendimiento.

Un efecto importante al variar la concentración de esta proteína, es el olor que imparte al producto conforme la cantidad es mayor, aunque se puede obtener un mayor rendimiento y una espuma ligera, la consistencia no es la adecuada así como tampoco lo es

el tamaño de burbuja, por lo que la cantidad que se utilizó para la variación de los demás ingredientes es la de 1.64% por ser la que ofrece densidad, pH y consistencia más similares a los del merengue comercial. Aun a esta concentración se percibe un ligero olor a la proteína. Las variaciones encontradas al variar estas concentraciones se muestran en la tabla estadística No 1.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE CARRAGENINA (G-J).

Parámetro	CONCENTRACION DE G-J		
	1.03%	0.86%	0.69%
Densidad (g/cm ³)	0.2449	0.2081	0.2619
T. Burbuja (mm)	0.018	0.0352	0.03929
Consistencia (UBH)	14.5 X 10 ⁴	12 X 10 ⁴	11.7 X 10 ⁴
pH	8.5	8.36	8.1
FE (%)	964.61	872.30	1110.76
FVS (%)	100	100	100
FLS (%)	100	100	100

Tabla No. 12. Efecto de la concentración de G-J en las propiedades evaluadas en Merengue de PH.

Con el objeto de incrementar la consistencia del producto se manejaron concentraciones más altas que la anterior. En este caso a diferencia del merengue de AAE, conforme se aumento la concentración de G-J la consistencia fue mayor debido a que la interacción del polisacárido con las moléculas de agua es más grande cuando el pH es mayor a 7 y en estas muestras fue mayor a 8, lo cual favorece la estabilidad del sistema así como el aumento de la viscosidad de la fase continua además al aumentar la concentración de G-J aumenta la viscosidad de la espuma, ya que se da una repulsión en las moléculas originando así mismo menor densidad y tamaño de burbuja y como consecuencia una mayor consistencia.

Lo que se buscó con esta variación fue mejorar la consistencia lo cual se logró con la concentración de 1.03% la que además ofrece menor densidad y tamaño de burbuja y mayor rendimiento que los obtenidos en la tabla II. Las variaciones encontradas al variar estas concentraciones se muestran en la tabla estadística No 1.

EFEECTO DE LA CONCENTRACION DE AZUCAR.

Parámetro	CONCENTRACION DE AZUCAR		
	61.47 %	58.65 %	55.38 %
Densidad (g/cm ³)	0.3674	0.2304	0.2794
T. Burbuja (mm)	0.0156	0.0108	0.0356
Consistencia (UBH)	69.9 X 10 ⁴	29.6 X 10 ⁴	17.8 x 10 ⁴
pH	8.5	8.53	8.43
FE (%)	784.61	900	1130.76
FVS (%)	100	100	100
FLS (%)	100	100	100

Tabla No. 13. Efecto de la concentración de azúcar en las propiedades evaluadas en merengue de pH

El azúcar es uno de los ingredientes más importantes para la elaboración de este producto, por las características que aporta tales como "cuerpo", viscosidad y adhesión, debido a que este ingrediente tiene una gran capacidad de absorción de agua por lo que suele disminuir la expansión de la espuma y mejorar en cambio su estabilidad provocando un incremento en la viscosidad de la disolución proteica. El efecto de la concentración de azúcar en la elaboración de merengue se puede observar en la tabla 13, en donde a mayor concentración el rendimiento es menor por lo que la densidad y la consistencia aumentan de manera favorable, al igual que el pH con respecto a los resultados mostrados en la tabla 12. La concentración a utilizar es la de 61.47 % por las propiedades obtenidas y similares al producto de referencia. Durante la elaboración de estas muestras no se aplicó cremor tártaro. Las variaciones encontradas al variar estas concentraciones se muestran en la tabla estadística No 1.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE CREMOR TARTARO.

Parámetro	CONCENTRACION CREMOR TARTARO		
	0,58 %	0,29 %	0,15 %
Densidad (g/cm ³)	0,4081	0,2997	0,2304
T. burbuja (mm)	0,0113	0,0116	0,0108
Consistencia (UBH)	54,4 X 10 ⁴	29,6 X 10 ⁴	27,6 X 10 ⁴
pH	8,4	8,1	8,53
FE (%)	896,92	896,92	900
FVS (%)	100	100	100
FLS (%)	100	100	100

Tabla No. 14. Efecto de la concentración de cremor tartaro en las propiedades evaluadas en Merengue de PH

Debido a que existe competencia entre el cremor tartaro y el agua para la **captura** de sitios de enlace en las cadenas laterales de los aminoácidos, la solubilidad de la proteína se modifica por lo que existe un importante efecto sobre la consistencia y textura principalmente porque genera condiciones que favorecen al producto es por esto que en la tabla 14 se observa que a una mayor concentración de cremor tartaro se presentó mayor consistencia en el merengue, aunque no mayor que la obtenida con 61,47 % de azúcar (tabla 13) debido a que el cremor favoreció principalmente el incremento de densidad y mayor incorporación de aire por lo que el rendimiento es mayor que los reportados en la tabla 13. La concentración de 0,58 % presenta una consistencia más cercana a la del merengue comercial, su espuma es más densa y el rendimiento obtenido es ligeramente menor, además al utilizar esta concentración se perciben el olor y sabor del cremor, es por esto y por las propiedades obtenidas que la concentración a utilizar es la de 0,29 %, además de que el rendimiento es el mismo que con una concentración mayor. Es importante mencionar que durante la elaboración de las muestras anteriores no se contó con ácido tartárico, por lo que al ser aplicado este ingrediente, se maneja la concentración de 0,29 % de cremor tartaro.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE ACIDO TARTARICO.

Parámetro	CONC ACIDO TARTARICO	
	0.27 %	0.14 %
Densidad (g/cm ³)	0.4035	0.4573
T. Burbuja (mm)	0.0126	0.0122
Consistencia (UBH)	15.5 X 10 ⁴	12.05 X 10 ⁴
pH	6.4	6.8
FE (%)	630.76	630.76
FVS (%)	100	100
FLS (%)	100	100

Tabla No. 15. Efecto de la concentración de ácido tartárico en las propiedades evaluadas en Merengue de PH.

Comparando éstos últimos resultados con los presentados en la tabla 14, se encuentran diferencias importantes en los parámetros del producto ya que al utilizar ácido tartárico, principalmente se logra disminuir el valor del pH, pero conforme este valor en el sistema es más ácido que el de la proteína en estado natural el cual es (11.5), (43) cambia notablemente las propiedades de la misma ya que fue obtenida por medio alcalino, dando lugar a un producto con menor consistencia y por lo tanto más denso y de bajo rendimiento lo cual no es recomendable.

El ácido solo fue aplicado para tener un pH más cercano al producto comercial, pero se tomó en cuenta para la comparación general del merengue porque las formulaciones a base de las otras proteínas de trabajo (AAE y H88) si lo contemplan y para que la comparación fuera bajo las mismas condiciones y con los mismos ingredientes. La concentración de 0.27 % ofrece las mejores condiciones. Como aun presentaba olor de la proteína se llevó a cabo una muestra con una concentración menor que las reportadas en la tabla 11, la cual es del 1.37 % y los resultados se muestran a continuación.

PROLAC II

Parámetro	1,37 %
Densidad (g/cm³)	0.3951
T. Burbuja (mm)	0.0126
Consistencia (UBH)	11.4 X 10 ⁴
pH	5.4
FE (%)	746.15
FVS (%)	100
FLS (%)	100

La formulación quedó como sigue:

Ingredientes	(%)
Prolac II	1.37
Genuvisco J	0.82
Acido Tartárico	0.27
Cremor Tartaro	0.27
Azucar	61.65
Agua	35.62

y sus propiedades son densidad similar a la de referencia, tamaño de burbuja menor y mayor rendimiento que el comercial, y con respecto a AAE presentan consistencias muy parecidas, mayor densidad y rendimiento mejorando así al producto elaborado con esta proteína sustituta. Por ser esta la última formulación realizada, es la utilizada para la comparación del merengue. Si se desea un merengue ácido con PH se puede aplicar la formulación anterior, pero si lo que se desea es un merengue de mayor consistencia, más ligero y con mayor rendimiento se puede aplicar la siguiente formulación la cual corresponde a la evaluada en la tabla 14 con la concentración de 0.29% de cremor tartaro.

Ingredientes	(%)
Prolac H	2.05
Genuvisco J	0.88
Cremer Tártaro	0.29
Azúcar	58.65
Agua	38.13

3.2.3. Merengue de H88.

Para la elaboración del merengue y obtención de la mejor formulación con esta proteína, se variaron las concentraciones de los siguientes ingredientes H 88, ácido tartárico, estabilizante (G-CSW-1) y azúcar

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE H 88.

Parámetro	CONCENTRACION DE H 88	
	1.37 %	0.83 %
Densidad (g/cm ³)	0.3521	0.3622
T. Burbuja (mm)	0.0147	0.0148
Consistencia (UBH)	16.3 X 10 ⁴	21 X 10 ⁴
pH	5.33	4.18
FE (%)	842.307	1015.384
FVS (%)	100	100
FLS (%)	100	100

Tabla No. 16. Efecto de la concentración de H88 en las propiedades evaluadas en Merengue de H 88.

No se manejó otra concentración debido a que durante la elaboración de estas muestras, la concentración de 1.37 % presentó sabor excesivo de la proteína y al manejar una concentración de 0.55 % se obtuvo una consistencia "chiclosa" y con bajo rendimiento.

La variación en la consistencia es debida a que al hidratarse ésta proteína, se debilitan algunos enlaces intramoleculares (puentes de Hidrogeno, enlaces salinos y disulfuro) de la estructura inicial de la misma (15), ocasionando que las moléculas se desenrollen y ordenen de manera distinta produciendo nuevos enlaces, los cuales mediante la agitación dan como resultado una espuma viscosa o de mayor consistencia, entonces, a mayor concentración de proteína existe más competencia por el agua y el desarrollo de éstos enlaces se ve afectado obteniendo menor rendimiento y como consecuencia una menor consistencia. En cuanto a la variación del pH, se debe a que la proteína es obtenida por medio alcalino, por lo que a mayor concentración de la misma, el pH es mayor. Debido a que los resultados obtenidos son más similares a los del producto de referencia (mayor consistencia, rendimiento, tamaño de burbuja pequeño y menor densidad) y a las características físicas presentadas por el producto (sin sabor a la proteína, formación de "picos pasteleros" y brillo), la concentración de 0.83 % de proteína es la adecuada para el desarrollo de esta formulación. Las variaciones encontradas se muestran en la tabla estadística No. 1.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE ACIDO TARTARICO.

Parámetro	CONC. ACIDO TARTARICO		
	0.28 %	0.25 %	0.21 %
Densidad (g/cm ³)	0.3622	0.4129	0.4760
T. Burbuja (mm)	0.0148	0.0113	0.0106
Consistencia (UBH)	21 X 10 ⁴	22.6 X 10 ⁴	36.8 X 10 ⁴
pH	4.18	5.23	4.53
FE (%)	1015.384	900	630.769
FVS (%)	100	100	100
FLS (%)	100	100	100

Tabla No. 17. Efecto de la concentración de ácido tartárico en las propiedades evaluadas en merengue de H88.

Es importante mencionar que los resultados de las concentraciones 0.83 % y 0.28 % de las tablas 16 y 17 respectivamente, son los mismos debido a que durante la variación de H88 se maneja una concentración constante de ácido tartárico la cual fue la de 0.28 %.

Una de las razones para utilizar a esta proteína como sustituta es su ventaja sobre la albúmina de que es estable prácticamente a cualquier pH sin que haya precipitación de la misma (15), lo cual se comprobó al aplicar ácido tartárico en diferentes concentraciones encontrando que cuando el pH es menor se obtiene mayor rendimiento por lo tanto menor densidad y consistencia y mayor tamaño de burbuja.

Físicamente, las tres muestras fueron uniformes y de buena consistencia y brillo, siendo la de 0.25 % la que ofrece mejores características como densidad similar al de referencia, mayor consistencia y menor tamaño de burbuja que en la comparación anterior (0.83 % de H88) y aunque a la concentración de 0.28 % de ácido Tartárico se obtiene mayor rendimiento, el olor y el sabor del ácido son muy notorios. Se deben disminuir las concentraciones de G-CSW debido a que no se dispersa completamente, al igual que el ácido tartárico y el cremor tartaro, esto es debido a que entre estos ingredientes existe una competencia por el agua y la cantidad de esta última no puede ser incrementada porque afecta a la consistencia haciendo un producto más fluido, además el ácido tartárico, cremor tartaro y la carragenina G-CSW a las concentraciones utilizadas afectan con su sabor al producto. Por lo expuesto anteriormente, la siguiente variación es la de la concentración de diferentes ingredientes a la vez, en base a las variaciones hechas en formulaciones anteriores con las otras dos proteínas de trabajo (AAE y PH). Las variaciones encontradas se muestran en la tabla estadística No. 4.

EFEECTO DE LA MODIFICACION DE CONCENTRACION DE INGREDIENTES.

Parámetro	Muestra I	Muestra II
Densidad (g/cm ³)	0.4196	0.3941
T. Burbuja (mm)	0.01123	0.0111
Consistencia (UBH)	29.9 X 10 ⁴	20.5 X 10 ⁴
pH	5	4.566
FE (%)	864.28	935.71
FVS (%)	100	100
FLS (%)	100	100

Tabla No. 18. Efecto de la modificación de concentración de ingredientes en las propiedades evaluadas en Merengue de H88.

En donde las variaciones de las muestras son

Ingredientes	Muestra I	Muestra II
	(%)	(%)
H 88	0.81	0.87
G-CSW-I	0.24	0.26
Azúcar	60.07	57.87
Agua	37.77	40.51
Cremor Tartaro	0.24	0.26
Ac. Tartárico	0.24	0.23

Al tener mayor concentración de azúcar en la muestra I, la consistencia es mayor debido al incremento de la viscosidad de la disolución proteica como resultado de la absorción de agua, por lo tanto la densidad es mayor y el rendimiento menor, sin embargo, la muestra II que contiene mayor cantidad de estabilizante y cremor tartaro proporcionan menor consistencia, densidad y tamaño de burbuja pero mayor rendimiento, debido a que existen más moléculas de agua y proteína disponibles para interactuar de tal manera que permiten que ésta se desdoble y adsorba en la interfase mejorando su propiedad espumante, por lo que con estas variaciones se logró mejorar considerablemente al producto aunque disminuyó ligeramente la consistencia con respecto a la comparación anterior (Tabla 17 a

0.25 %), se obtuvo la densidad más cercana al producto de referencia, menor tamaño de burbuja y un pequeño incremento en el rendimiento. Al disminuir el pH por abajo del pH de la proteína (6.4 para H88) su carga neta disminuye provocando una menor consistencia y densidad en la espuma.

La Muestra II es la que ofrece mejores características físicas como brillo, color, apariencia y su consistencia es la más similar al de referencia de las tres proteínas de trabajo.

La formulación con esta proteína quedó como sigue

Ingredientes	(%)
Hyfoama 88	0.87
Genusco CSW-1	0.26
Acido Tartarico	0.23
Cremor Tartaro	0.26
Azúcar	57.87
Agua	40.51

RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL EFECTO DE LA CONCENTRACION DE INGREDIENTES CON LAS TRES PROTEINAS EN MERENGUE

	AGUA				PROTEINA				ESTABILIZ				CREMOR T				ACIDOT				AZUCAR			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A	*	ns	ns	ns	*	*	**	ns	ns	*	**	ns	*	**	**	**	*	*	**	**	-	-	-	-
E	-	-	-	-	ns	ns	**	**	ns	ns	*	ns	ns	**	*	*	ns	ns	**	ns	ns	*	**	ns
H	-	-	-	-	ns	ns	**	*	*	ns	*	*	ns	*	*	*	ns	**	*	*	*	*	ns	*
H 88	-	-	-	-	ns	ns	**	*	*	ns	*	*	ns	*	*	*	ns	**	*	*	*	*	ns	*

Tabla estadística No. 1 Resultados estadísticos del efecto de la concentración de ingredientes con las tres proteínas en merengue

- En donde
- 1 - Densidad
 - 2 - Tamaño de burbuja
 - 3 - Consistencia
 - 4 - pH
 - ns - no hay diferencia significativa (95 %)
 - * - hay diferencia significativa
 - ** - diferencia altamente significativa

El análisis estadístico que se aplicó fue el de varianza diseño completamente aleatorizado para conocer el efecto de la variación de la concentración de los diferentes ingredientes en los parámetros densidad, tamaño de burbuja, consistencia y pH en las tres

proteínas de trabajo En la siguiente tabla se muestran las diferencias encontradas en cada caso.

En esta tabla se puede observar en que parámetros tiene más efecto la variación de la concentración de los ingredientes en los productos elaborados con cada proteína, destacando que la densidad y el tamaño de burbuja son los menos afectados al variar cualquier ingrediente con excepción del cremor tartaro para la densidad con las tres proteínas y para el tamaño de burbuja con AAE. El parámetro más afectado es la consistencia, principalmente al variar la concentración de las tres proteínas y el ácido tartárico y el cremor tartaro, el pH es otro parámetro que también fue afectado de manera significativa principalmente al variar el cremor tartaro y el ácido tartárico en las tres proteínas. Los ingredientes que más diferencias causaron a los productos son proteína y cremor tartaro y el merengue que más variaciones tuvo fue el elaborado con AAE y el de menos variaciones fue el de Prolac II.

3.2.4. Comparación de Merengue.

A continuación se presenta una comparación de los parámetros mostrados por los productos al ser elaborados con cada una de las proteínas en estudio y el comercial, con la finalidad de conocer el efecto de su uso en la elaboración de merengue y de esta manera determinar la aplicación de PH y H88 como sustitutos de albúmina.

TABLA COMPARATIVA DE PROTEÍNAS ESPUMANTES EN MERENGUE.

Parámetro	PROTEÍNAS ESPUMANTES			
	C-1	AAE	PH	H88
Densidad (g/cm ³)	0.3978	0.2823	0.3951	0.3941
T. Burbuja (mm)	0.0376	0.0117	0.0126	0.0111
Consistencia (UBII)	41.2 X 10 ³	11.5 X 10 ⁴	11.4 X 10 ⁴	20.5 X 10 ⁴
pH	3.16	4.133	5.4	4.566
Vel. Penetración (mm/s)	2.74	1.89	1.76	2.34
FE (%)	469.44	584.61	746.15	935.71
FVS (%)	100	100	100	100
FLS (%)	100	100	100	100
Costo (\$/lt) *	0.81	0.75	0.59	0.59

Tabla No. 19. Comparación de proteínas espumantes en merengue.

* El costo por litro de merengue se calculó en base al precio de los ingredientes a nivel industrial.

Los resultados mostrados en esta tabla para cada proteína, son los de las formulaciones que se consideraron mejores en base a sus resultados y que contuvieran los

mismos ingredientes, aunque existen formulaciones que presentaron mejores propiedades, pero estas no contenian acido tartarico como es el caso de la tabla No 9 (0.35 % cremor tartaro) en donde se obtiene una mayor consistencia, menor densidad y mayor rendimiento para AAE o en la tabla No 14 (0.29 % cremor tartaro) para el caso de PH en donde se tiene mayor consistencia y rendimiento y como ya se menciono en su momento, para que se lleve a cabo una comparacion de este tipo, todas las muestras deben ser elaboradas en las mismas condiciones y con los mismos ingredientes

Como puede observarse en esta ultima tabla todos los parametros muestran diferencia entre si, principalmente aquellos que evaluan a la consistencia del producto como son consistencia Brookfield y velocidad de penetracion, asi como el rendimiento. Debido a estas variaciones, se llevaron a cabo los analisis estadisticos de varianza respectivos en donde se encontro diferencia significativa para todos los parametros evaluados por lo que se aplico un segundo analisis que muestra la Diferencia Verdaderamente significativa (DVS) evaluada por medio de la prueba de Tuckey, la cual es aplicada despues de que se ha rechazado la hipotesis nula (H_0) en el analisis de varianza en problemas de comparaciones multiples (30), las cuales son mostradas en las siguientes tablas.

DENSIDAD

Hipotesis	DVS	Decision Estadistica
$H_{01} = H_{A1}$	$4.51 \sqrt{\frac{0.000187212}{3}}$	0.0327 Se rechaza H_0 $0.4214 > 0.0327$
$H_{01} = H_{B1}$		0.0327 Se rechaza H_0 $0.0375 > 0.0327$
$H_{01} = H_{D1}$		0.0327 Se rechaza H_0 $0.0338 > 0.0327$
$H_{A1} = H_{B1}$		0.0327 Se rechaza H_0 $0.3842 > 0.0327$
$H_{A1} = H_{D1}$		0.0327 Se rechaza H_0 $0.4552 > 0.0327$
$H_{B1} = H_{D1}$		0.0327 Se rechaza H_0 $0.071 > 0.0327$

Tabla Estadistica No 2 DVS para densidad en merengue

De acuerdo a la tabla anterior la diferencia de densidad encontrada en todos los casos es significativa, esto fue comprobado al comparar todas las parejas posibles de medias (μ) de los tratamientos, en donde se encontro que las hipotesis nuladas de estas comparaciones son rechazadas, dando por entendido que la densidad de los productos elaborados con las proteinas sustitutas reportados en la tabla No 19 son diferentes a la del merengue de referencia, de AAE y entre si. La densidad del merengue de H88 es la que presenta una mayor aproximacion a la del merengue comercial C-1

TAMAÑO DE BURBUJA

Hipótesis	DVS	Decisión Estadística
$H_{c1} = H_{AAE}$	$4.53 \sqrt{\frac{0.000013922}{3}} = 0.00975$	Se rechaza H_0 $0.0302 > 0.00975$
$H_{c1} = H_{PH}$	$= 0.00975$	Se rechaza H_0 $0.0297 > 0.00975$
$H_{c1} = H_{DOR}$	$= 0.00975$	Se rechaza H_0 $0.0309 > 0.00975$
$H_{AAE} = H_{PH}$	$= 0.00975$	Se acepta H_0 $0.00052 < 0.00975$
$H_{AAE} = H_{DOR}$	$= 0.00975$	Se acepta H_0 $0.00068 < 0.00975$
$H_{PH} = H_{DOR}$	$= 0.00975$	Se acepta H_0 $0.0012 < 0.00975$

Tabla Estadística No. 3 DVS para tamaño de burbuja en merengue

Aunque el análisis completamente aleatorizado para el tamaño de burbuja, presenta diferencia significativa, por medio del análisis DVS se determinó que las comparaciones de las medias obtenidas con las proteínas de trabajo no muestran diferencia verdaderamente significativa debido a que la H_0 fue aceptada en estos casos. Con esto se entiende que las proteínas sustitutas ofrecen un merengue de tamaño de burbuja pequeño y similar al obtenido con AAE siendo el merengue comercial el de mayor tamaño.

CONSISTENCIA

Hipótesis	DVS	Decisión Estadística
$H_{c1} = H_{AAE}$	$4.05 \sqrt{\frac{11.52841750}{3}} = 1.018 \times 10^5$	Se rechaza H_0 $39.39 \times 10^5 > 1.018 \times 10^5$
$H_{c1} = H_{PH}$	$= 1.018 \times 10^5$	Se rechaza H_0 $39.4 \times 10^5 > 1.018 \times 10^5$
$H_{c1} = H_{DOR}$	$= 1.018 \times 10^5$	Se rechaza H_0 $38.45 \times 10^5 > 1.018 \times 10^5$
$H_{AAE} = H_{PH}$	$= 1.018 \times 10^5$	Se acepta H_0 $1 \times 10^5 < 1.018 \times 10^5$
$H_{AAE} = H_{DOR}$	$= 1.018 \times 10^5$	Se acepta H_0 $9.4 \times 10^5 < 1.018 \times 10^5$
$H_{PH} = H_{DOR}$	$= 1.018 \times 10^5$	Se acepta H_0 $9.5 \times 10^5 < 1.018 \times 10^5$

Tabla Estadística No. 4 DVS para consistencia en merengue

Al igual que para tamaño de burbuja, en este caso también fueron rechazadas las hipótesis nulas de la comparación del producto comercial con las proteínas en estudio, ya que la diferencia encontrada en la comparación de la consistencia de los productos obtenidos con cada proteína es significativa, por lo que se concluye que las proteínas sustitutas ofrecen un merengue similar al obtenido con AAE, y entre sí, ofreciendo con esto la ventaja de seleccionar a cualquiera de las dos proteínas, esto es debido a que el producto comercial

contiene ingredientes que incrementan la viscosidad y por lo tanto la consistencia del producto

<i>pH</i>		
Hipótesis	DVS	Decision Estadística
$H_{01} \neq H_{A1}$	$4.05 \sqrt{\frac{3159843750}{5}}$	Se rechaza H_0 1.003 > 0.11325
$H_{02} \neq H_{B1}$		0.11325 Se rechaza H_0 2.27 > 0.11325
$H_{03} \neq H_{B2}$		0.11325 Se rechaza H_0 1.436 $\times 10^5$ > 0.11325
$H_{A1} \neq H_{B1}$		0.11325 Se rechaza H_0 1.267 > 0.11325
$H_{A2} \neq H_{B2}$		0.11325 Se rechaza H_0 0.433 > 0.11325
$H_{B1} \neq H_{B2}$		0.11325 Se rechaza H_0 0.834 > 0.11325

Tabla Estadística No. 5 DVS para pH en merengue

En este caso al igual que con densidad, todas las comparaciones presentaron diferencia verdaderamente significativa. Los valores de pH y de densidad difieren en todas las muestras por varias razones como son: El merengue comercial contiene ingredientes que los elaborados a nivel laboratorio no, las tres proteínas en estudio (AAE, PH y H88) requieren de diferentes condiciones de batido siendo AAE la que mayor velocidad de batido necesita para obtener un mayor volumen por lo que su densidad es menor, el ácido utilizado para modificar el pH fue el tartárico y los valores de este parámetro dependieron de la concentración que toleraran las proteínas por lo cual no se manejaron concentraciones mayores ya que se pierden las propiedades espumantes, este caso se dio con AAE y PH o porque el ácido imparte su sabor y olor característicos y esto se presentó con el merengue de H88.

De las dos proteínas utilizadas como sustitutos de la albúmina de huevo, H88 es la que ofrece un mejor producto por las características físicas como brillo, picos pasteleros, sabor, densidad y consistencia parecidas a la del comercial, tamaño de burbujas más pequeño, su rendimiento es mayor incluso que el del comercial y su costo por volumen obtenido es igual que el de PH y menor que el comercial y el de AAE.

Es importante mencionar que el producto obtenido con PH al variar la cantidad de cremor tartárico (Tabla No. 14) con la concentración de 0.29 % es mejor que el de H88 de la tabla No. 19, pero como ya se mencionó en su momento, la formulación que se tomó en cuenta para la comparación general del merengue es la que contuviera todos los ingredientes manejados con las proteínas de trabajo por lo que se contempló el uso de ácido tartárico.

En los resultados de velocidad de penetración se puede observar que el merengue de H88 es más similar al comercial (así como la consistencia Brookfield) y los elaborados con AAE y PH a pesar de tener menor consistencia, presentaron mayor resistencia a ser penetrados. En cuanto al rendimiento, el presentado por las proteínas sustitutas superó al de AAE y al comercial.

3.3 ANALISIS DE LAS PROTEINAS ESPUMANTES Y SUS ESTABILIZANTES EN MOUSSE.

Para la elaboración de este producto se llevaron a cabo variaciones en la concentración de proteínas, gelificante y estabilizante, según como lo fué requiriendo la calidad del mismo, hasta obtener la formulación adecuada en cada caso.

3.3.1. APLICACION DE PROTEINAS DE TRABAJO EN LA ELABORACION DE MOUSSE.

La concentración de proteínas para su aplicación en la elaboración de este producto fué tomada de trabajos anteriores (1), en donde también se recomienda la cantidad de agua necesaria para su dispersión. La concentración de los demás ingredientes fué basada en la formulación del mousse de referencia (41), por lo que no contiene estabilizante ya que dicha formulación no lo contempla.

Parámetro	PROTEINAS ESPUMANTES		
	AAE	PH	H88
Densidad (g/cm ³)	0.3943	0.3854	0.4366
Consistencia (UBH)	11.6 X 10 ⁴	12.2 X 10 ⁴	2.8 X 10 ⁴
pH	5.58	6.4	7.13
Dureza (g/cm ²)	0.701	0.770	0.684
FE (%)	320.28	360	328.57
FVS (%)	100	100	100
FLS (%)	100	100	100

Tabla No. 20. Efecto del tipo de proteína en las propiedades evaluadas en mousse.

La concentración de proteína utilizada en cada caso es de 0.44 %. En comparación con el producto tradicional la más similar es la de PH debido a la densidad presentada y por ser la de mayor consistencia y dureza.

Las cantidades de proteína fueron adecuadas para las muestras de AAE y PH ya que ofrecen un rendimiento mayor al tradicional y no presentan olor ni sabor característico de las mismas, lo cual si sucedió con H88. Las tres proteínas presentan menor dureza que el mousse tradicional, lo cual puede ser corregido por medio del incremento del estabilizante y del gelificante principalmente de proteína gelificante.

3.3.2. VARIACION DE INGREDIENTES.

En la elaboración del mousse con las proteínas en estudio se observó que las concentraciones de AAE y PH fueron las adecuadas. Sin embargo, con H88 se percibe su sabor, además de que es la muestra que presentó mayor variación con respecto a la consistencia y densidad por lo que es necesario disminuir su concentración.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE H88.

Parámetro	CONCENTRACION DE H88	
	0.44 %	0.40 %
Densidad (g/cm ³)	0.4366	0.2979
Consistencia (UBH)	2.8×10^4	6.6×10^4
pH	7.13	6.8666
Dureza (gr/cm ²)	0.684	0.541
FE (%)	328.57	408.571
FVS (%)	100	100
FLS (%)	100	100

Tabla No. 21. Efecto de la concentración de H88 en las propiedades evaluadas en mousse.

No se llevó a cabo otra muestra debido a que a una menor concentración de esta proteína la espuma se desestabiliza, por lo que la muestra de 0.40 % fue comparada con los resultados mostrados en la tabla 20.

La muestra de 0.40 % es la que presenta mejores características como son menor densidad, mayor consistencia y rendimiento en comparación con la concentración de 0.44 %,.

esto se debe a que a menor concentración de proteína existe menor competencia por el agua en la dispersión, favoreciendo que las moléculas se desenrollen con mayor libertad y que la espuma sea más viscosa o de mayor consistencia, también permite que la expansión de la espuma sea mayor, obteniendo así una menor densidad. Con respecto al producto de referencia la muestra de 0.40 % de H88 es más suave, lo cual se refleja en y el bajo valor de dureza presentado.

A continuación se presentan los resultados del efecto del estabilizante y la concentración de gnetina en las propiedades físicas del producto. Las variaciones que se efectuaron fue un incremento en la concentración de gelificante la cual fue de 2.21 % y en las muestras anteriores este porcentaje era de 2.02 %, y el uso del estabilizante establecido para cada proteína, del cual se maneja una sola concentración que fue de 0.15 % (1), estos porcentajes fueron manejados en las tres muestras, siendo G-J el estabilizante para Aae y PH y CSW para H88.

EFFECTO DEL ESTABILIZANTE Y CONCENTRACION DE GNETINA.

Parámetro	0.15 % ESTABILIZANTE Y 2.21 % GNETINA		
	AAE	PH	H88
Densidad (g/cm ³)	0.3733	0.3645	0.3749
Consistencia (UBH)	22.2 X 10 ⁴	25.4 X 10 ⁴	25.4 X 10 ⁴
pH	5.83	6.6	6.86
Dureza (g/cm ²)	0.723	0.778	0.718
FE (%)	328.571	420.00	387.14
FVS (%)	100	100	100
FLS (%)	100	100	100

Tabla No. 22. Efecto del estabilizante y la concentración de gnetina, en las propiedades evaluadas en mousse.

El incremento de la concentración de gnetina y la aplicación del estabilizante mejoraron a los productos, ya que presentaron mayor consistencia y dureza, densidad similar a los presentados en la tabla 20, debido a que el estabilizante capto más agua en la estructura del gel facilitando así el desdoblamiento y desarrollo espumante de las proteínas de trabajo.

además al existir más grenetina las interacciones proteína-proteína incrementaron, proporcionando al gel mayor firmeza, éste ingrediente también tiene propiedades espumantes por lo que el rendimiento se ve favorecido El pH no se modificó de manera considerable (con respecto a la tabla 20) pero en los tres casos aumentó ligeramente

Las formulaciones establecidas para este producto quedaron como se muestra a continuación

	AAE	PH	HR8
Proteína (%)	0.44	0.44	0.40
Estabilizante (%)	0.15	0.15	0.17
Grenetina (%)	2.21	2.21	2.21
Agua (%)	46.93	46.93	46.93
Azúcar (%)	22.79	22.79	22.80
Media crema (%)	26.81	26.81	26.82
Saborizante (%)	0.67	0.67	0.67

Cuadro No. 6 Formulaciones establecidas con las proteínas de trabajo para mousse

Los parámetros analizados estadísticamente con el diseño completamente aleatorizado son densidad, consistencia y pH, para las variaciones en las concentraciones de ingredientes llevados a cabo con las tres proteínas de trabajo. Las diferencias encontradas se muestran en la siguiente tabla

RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL EFECTO DE LA CONCENTRACION DE INGREDIENTES CON LAS PROTEINAS EN MOUSSE

	PROTEINA			ESTAB - GRENETINA		
	1	2	3	1	2	3
AAE	-	-	-	ns	**	*
PH	-	-	-	ns	**	ns
HR8	**	**	*	*	**	*

Tabla Estadística No. 6 Resultados estadísticos del efecto de la concentración de ingredientes con las proteínas en mousse

- En donde 1 = Densidad
2 = Consistencia
3 = pH
ns = no hay diferencia significativa (95%)
* = hay diferencia significativa
** = diferencia altamente significativa

La proteína que más diferencias presentó fue H88 en los tres parámetros y con las tres variaciones de ingredientes principalmente al variar la concentración de proteína. El parámetro más afectado fue la consistencia ya que presentó diferencia altamente significativa con las tres proteínas debido principalmente al incremento de gretina y estabilizante y el menos afectado fue la densidad en AAE y PH, además el valor de este parámetro en las tres proteínas fue muy similar al tradicional, principalmente para PH siendo el producto elaborado con esta proteína el que menos variaciones presentó además de ser el más similar en todos los aspectos al de referencia

3.3.3 Comparación de Mousse.

A continuación se presenta una comparación general de los parámetros mostrados por los productos con cada una de las proteínas en estudio y el tradicional, con la finalidad de conocer el efecto de su uso en la elaboración de mousse, y de esta manera determinar la aplicación de PH y H88 como sustitutos de albúmina de huevo en la elaboración de este producto

TABLA COMPARATIVA DE PROTEÍNAS ESPUMANTES EN MOUSSE

Parámetro	Tradicional	PROTEÍNAS ESPUMANTES		
		AAE	PH	H88
Densidad (g/cm ³)	0.3586	0.3733	0.3645	0.3749
Consistencia (UBH)	20.8 X 10 ⁴	22.2 X 10 ⁴	25.4 X 10 ⁴	24.3 X 10 ⁴
pH	8.0	5.83	6.6	6.86
Dureza (g/cm ²)	0.817	0.723	0.778	0.718
FE (%)	357.14	328.571	420.0	387.14
FVS (%)	100	100	100	100
FLS (%)	100	100	100	100
Costo (\$/l)	3.29	3.0	2.5	2.8

Tabla No. 23. Comparación de proteínas espumantes en mousse.

La variación de los parámetros mostrados en esta comparación, fué evaluada por medio del análisis de varianza completamente aleatorizado y al encontrar diferencia significativa se aplico la prueba de Tuckey.

DENSIDAD

Hipótesis	DVS		Decision Estadística
$H_{Trad} = H_{AAE}$	4.53 $\sqrt{\frac{0.00003218}{3}}$	≈ 0.01483	Se acepta H_0 $0.01470 < 0.01483$
$H_{Trad} = H_{PH}$		≈ 0.01483	Se acepta H_0 $0.0059 < 0.01483$
$H_{Trad} = H_{H88}$		≈ 0.01483	Se rechaza H_0 $0.0163 > 0.01483$
$H_{AAE} = H_{PH}$		≈ 0.01483	Se acepta H_0 $0.0088 < 0.01483$
$H_{AAE} = H_{H88}$		≈ 0.01483	Se acepta H_0 $0.0016 < 0.01483$
$H_{PH} = H_{H88}$		0.01483	Se acepta H_0 $0.0104 < 0.01483$

Tabla estadística No 7 DVS para densidad en mousse

La diferencia entre la razón de varianza y la F teórica en la tabla ANDEVA es pequeña, pero llega a ser significativa para esta comparación, la razón es que la única diferencia encontrada fue en la comparación de las hipótesis nula de H88 y el Tradicional por lo que se puede concluir que los mousses fueron muy similares en cuanto a la densidad entre las proteínas utilizadas y el tradicional elaborado con clara de huevo, siendo la densidad del mousse de PH la mas parecida a la del tradicional

CONSISTENCIA

Hipótesis	DVS		Decision Estadística
$H_{Trad} = H_{AAE}$	4.05 $\sqrt{\frac{62500000}{5}}$	$> 1.43 \times 10^4$	Se acepta H_0 $1.4 \times 10^4 < 1.43 \times 10^4$
$H_{Trad} = H_{PH}$		$> 1.43 \times 10^4$	Se rechaza H_0 $4.6 \times 10^4 > 1.43 \times 10^4$
$H_{Trad} = H_{H88}$		$> 1.43 \times 10^4$	Se rechaza H_0 $4.6 \times 10^4 > 1.43 \times 10^4$
$H_{AAE} = H_{PH}$		$> 1.43 \times 10^4$	Se rechaza H_0 $3.2 \times 10^4 > 1.43 \times 10^4$
$H_{AAE} = H_{H88}$		$> 1.43 \times 10^4$	Se rechaza H_0 $3.2 \times 10^4 > 1.43 \times 10^4$
$H_{PH} = H_{H88}$		$> 1.43 \times 10^4$	Se acepta H_0 $0 < 1.43 \times 10^4$

Tabla Estadística No 8 DVS para consistencia en mousse

Las muestras que no presentan diferencia verdaderamente significativa en la evaluación de la consistencia son las de la comparación de los mousses Tradicional-AAE y PH-H88, por lo que las comparaciones de las proteínas sustitutas con el producto tradicional

y con AAE fueron rechazadas. Encontrando que las proteínas sustitutas ofrecen productos de mayor consistencia que el tradicional, siendo Prolac H la que proporciona un mayor valor de este parámetro y por lo tanto un mejor producto.

pH

Hipótesis	DVS	Decision Estadística
$H_{\text{Trad}} \neq H_{\text{AAE}}$	$4.43 \sqrt{\frac{0.00416666}{3}} = 0.1688$	Se rechaza H_0 $2.17 > 0.1688$
$H_{\text{Trad}} \neq H_{\text{PH}}$	$= 0.1688$	Se rechaza H_0 $1.40 > 0.1688$
$H_{\text{Trad}} \neq H_{\text{H88}}$	$= 0.1688$	Se rechaza H_0 $1.14 > 0.1688$
$H_{\text{AAE}} \neq H_{\text{PH}}$	$= 0.1688$	Se rechaza H_0 $0.77 > 0.1688$
$H_{\text{AAE}} \neq H_{\text{H88}}$	$= 0.1688$	Se rechaza H_0 $1.033 > 0.1688$
$H_{\text{PH}} \neq H_{\text{H88}}$	$= 0.1688$	Se rechaza H_0 $0.26 > 0.1688$

Tabla Estadística No. 9 DVS para pH en mousse

Los valores de este parámetro variaron completamente en todas las comparaciones, principalmente entre las proteínas de trabajo con el mousse tradicional. Se encontró que a mayor pH, las proteínas sustitutas ofrecen mayor rendimiento, esto se debe a que ambas son obtenidas en condiciones alcalinas por lo que sus propiedades son mejores conforme el valor de este parámetro es más cercano al medio alcalino, y más lejano al pH de las mismas.

Con la aplicación de las proteínas en estudio se obtuvieron productos de buenas características organolépticas y similares al elaborado con clara de huevo. Las proteínas PH y H88 ofrecen mayor rendimiento con la misma estabilidad a menor costo. La dureza no fue analizada estadísticamente ya que por el tipo de prueba que requiere 500 ml, solo se contó con una muestra para su determinación por lo que no se cuenta con el número de datos necesarios para llevar a cabo los análisis. De las proteínas sustitutas, la mejor opción es PH por sus características organolépticas, mayor rendimiento y similitud al tradicional, además de que su costo es el menor de los reportados en la tabla 23.

3.4 ANALISIS DE LAS PROTEINAS ESPUMANTES Y SUS ESTABILIZANTES EN CREMA BATIDA.

Para la elaboración de la crema batida se llevaron a cabo variaciones en la concentración de proteínas y azúcar en cada caso, para obtener la formulación adecuada con cada proteína. De los demás ingredientes no fue necesario variar su concentración debido a que éstas fueron tomadas de los resultados de merengue (estabilizantes y agua) y la crema a utilizar fue establecida por el análisis de resultados de los productos de referencia presentados al inicio del presente capítulo.

3.4.1 Crema Batida de AAE.

Las variaciones de proteína y azúcar se llevaron a cabo como se muestra en las siguientes tablas.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE AAE

Parámetro	CONCENTRACION DE AAE		
	2.64 %	1.86 %	1.52 %
Densidad (g/cm ³)	0.7240	0.7501	0.7646
Consistencia (UBH)	42.6 X 10 ¹	35.4 X 10 ¹	24.2 X 10 ¹
pH	5.633	5.566	5.2
Vel. penetración (mm/s)	1.4666	2.688	2.819
T. de Burbuja (mm)	0.02425	0.03137	0.03664
FE (%)	63.9344	61.63	60.32
FVS (%)	100	100	100
FLS (%)	100	100	100

Tabla No. 24. Efecto de la concentración de AAE en las propiedades evaluadas en Crema Batida.

En este producto la interacción mas importante es la de la proteína con los lípidos de la crema por lo tanto depende de sus interacciones hidrofóbicas y la albúmina presenta un comportamiento hidrofóbico bajo por lo que su propiedad espumante se ve afectada en presencia de grasas. En la tabla 24 se observa que a menor concentración de proteína el producto presenta un bajo rendimiento debido a que la espuma presenta decaimiento en presencia de lípidos reduciendo el valor en este parametro y en la consistencia con mayor valor de densidad. Así mismo, cuando la concentración de proteína es mayor el pH es menor.

En este producto el valor de la consistencia es muy importante, ya que de ella depende la propiedad de ser extendida sobre alguna superficie como lo es el pan (31). En el caso de esta variación, las concentraciones de 1.86 % y 2.64 % presentan la consistencia adecuada por ser similar a la comercial y una espuma mas ligera pero el olor y sabor a hueso es muy notorio. Por lo anterior la concentración de 1.52 % es la utilizada para la elaboración de este producto, y aunque su consistencia es menor se obtiene un producto de características organolépticas aceptables, y un tamaño de burbuja pequeño (menor que el de referencia), además a esta concentración se obtiene casi el mismo rendimiento que con una concentración mayor. En general las tres muestras tienen densidad alta en comparación con la de referencia, lo cual se debe principalmente a que la crema utilizada es mas pesada que la comercial. Las variaciones encontradas se muestran en la tabla estadística No. 10.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE AZUCAR.

Parámetro	CONC. DE AZUCAR	
	15.18 %	10.55 %
Densidad (g/cm ³)	0.7638	0.7646
Consistencia (UBH)	41 X 10 ³	24.2 X 10 ³
pH	5.633	5.2
Vel. penetración (mm/s)	1.4666	2.819
T. de Burbuja (mm)	0.003088	0.03664
FE (%)	67.213	60.32
FVS (%)	100	100
FLS (%)	100	100

Tabla No. 25 Efecto de la concentración de azúcar en las propiedades evaluadas en Crema Banda de AAF.

El incremento de la concentración de azúcar se debió principalmente a que el producto de la formulación en donde quedo establecida la cantidad de albumina (1.52 %, tabla 24) le falta sabor dulce por lo que se manejo la concentración de 15.18 % que fue comparada con la formulación mencionada la cual conto con 10.55 % de azúcar. En la tabla 25 se observa que cuando existe mayor cantidad de azúcar la consistencia aumentó debido a que incrementa la viscosidad de la disolución proteica por su gran capacidad de absorción de agua.

No se manejo una concentración mayor (20.2 %) porque la consistencia ya no fué la adecuada por dar un producto muy dulce, además con el 15.18 % se mejoro el sabor que fue una de las características buscadas. Las variaciones encontradas se muestran en la tabla estadística No. 10.

La formulación establecida con ésta proteína es la siguiente:

Ingredientes	(%)
Albumina de Alta Espuma	1 52
Carragenina G-J	0 25
Crema CA-1	69 12
Agua	12 66
Azúcar	15 18
Saborizante	1 27

y sus propiedades son mayor consistencia y densidad que las cremas de referencia, así como mayor velocidad de penetración y menor tamaño de burbuja pero su rendimiento es aproximadamente 50 % menor que el ofrecido por los productos de referencia

3.4.2. Crema Batida de PH.

Para la elaboración de la crema batida con esta proteína sólo se varió la concentración de la misma debido a que los demás ingredientes quedaron establecidos con las formulaciones manejadas anteriormente con AAE, por lo que no fué necesario variar sus concentraciones.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE PH.

Parámetro	CONCENTRACION DE PH			
	1.45 %	1.24 %	0.99 %	0.75 %
Densidad (g/cm ³)	0.7352	0.6955	0.6012	0.6439
Consistencia (UBH)	41 X 10 ¹	37.2 X 10 ¹	35.6 X 10 ¹	34.4 X 10 ¹
pH	7.3	7.23	6.86	6.2
Vel. penetración (mm/s)	2.47	2.63	1.3814	3.1833
T. de Burbuja (mm)	0.02932	0.02953	0.02793	0.034863
FE (%)	93.65	95.23	96.82	84.12
FVS (%)	100	100	100	100
FLS (%)	100	100	100	100

Tabla No. 26. Efecto de la concentración de PH en las propiedades evaluadas en Crema Batida.

Debido a que esta proteína es de origen lacteo, su estabilidad y tolerancia a la grasa es mayor que la albúmina porque su estructura es disociada y desplegada (enrollamiento al azar) que le permite mayor incorporación de aire y por lo tanto mayor consistencia y menor densidad. En la tabla 26 se observa que la consistencia presentada es mayor conforme aumenta la concentración de proteína. Así mismo, cuando la consistencia es menor la densidad, tamaño de burbuja y velocidad de penetración también lo son, ofreciendo al

producto características favorables. Aunque la consistencia es mayor con 1.24 % y 1.45 % predomina el olor y sabor de la proteína. Es importante destacar que con una cantidad menor de PII se obtiene mayor rendimiento que con una cantidad mayor de AAE (tabla 24). Las variaciones encontradas se muestran en la tabla estadística No. 10.

Siendo así, la concentración de 0.99 % es con la que se obtiene un mejor producto, por ser más ligero, de consistencia similar al de referencia principalmente a CC-C1 y el de mayor rendimiento.

La formulación establecida con esta proteína es:

Ingredientes	(%)
Prolac II	0.99
Carragenina G-I	0.25
Crema CA-1	67.74
Agua	14.89
Azúcar	14.89
Saborizante	1.24

3.4.3 Crema Batida de H88.

Al igual que en el caso de AAE para la elaboración de la crema batida con esta proteína, los ingredientes variados fueron H88 y azúcar, como a continuación se muestra.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE H88.

Parámetro	CONCENTRACION DE H 88	
	0,76 %	0,63 %
Densidad (g/cm ³)	0,7435	0,7496
Consistencia (UBH)	49,2 X 10 ¹	20,8 X 10 ¹
pH	7,466	7,333
Vel. penetración (mm/s)	3,058	4,5
T. de Burbuja (mm)	0,02727	0,02685
FE (%)	64,51	54,16
FVS (%)	100	100
FLS (%)	100	100

Tabla No. 27 Efecto de la concentración de H88 en las propiedades evaluadas en Crema Batida.

Al igual que la albumina, esta proteína se ve afectada en sus propiedades espumantes por la presencia de grasa, pero la cantidad requerida es mucho menor que en AAE (tabla 24) y el rendimiento es mayor lo cual favorece su aplicación. La cantidad de azúcar manejada en estas formulaciones fue de 15,11 %.

La muestra que contiene 0,63 % de proteína presenta resultados desfavorables para las propiedades menor consistencia, mayor densidad y vel. de penetración ya que la cantidad de proteína es poca para la cantidad de grasa en el sistema por lo que se ve afectada en mayor proporción que la otra concentración manejada. No se trabajo otra concentración mayor debido a que el olor y sabor de la proteína son muy notorios. La

concentración de 0.76 % es la adecuada para el desarrollo de esta formulación, aunque su sabor es poco dulce. Las variaciones encontradas se muestran en la tabla estadística No. 10.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE AZUCAR

Parámetro	CONCENTRACION DE AZUCAR	
	17.2 %	15.11 %
Densidad (g/cm ³)	0.6153	0.7445
Consistencia (UBH)	39.4 X 10 ³	49.2 X 10 ³
pH	7.1	7.466
Vel. penetración (mm/s)	1.866	3.058
T. de Burbuja (mm)	0.01917	0.02727
FE (%)	77.41	64.51
FVS (%)	100	100
FLS (%)	100	100

Tabla No. 28. Efecto de la concentración de azúcar en las propiedades evaluadas en Crema Batida de HSN.

El incremento de concentración de azúcar redujo la consistencia en comparación de la cantidad manejada anteriormente ya que por la presencia de este ingrediente, la cantidad de agua disponible para interacciones de la proteína (puentes de hidrogeno principalmente) se ve disminuida, por lo tanto este efecto va a ser mayor cuando exista más azúcar en el sistema, pero esta disminución en la consistencia favoreció al producto ya que es más ligero, con menor tamaño de burbuja, velocidad de penetración similar al de referencia (CC-1) y con mayor rendimiento que con AAE.

La concentración de 17.2 % de azúcar es la mejor para la elaboración de este producto con esta proteína, y su formulación es la siguiente:

Ingredientes	(%)
Hyfoama 88	0.74
Carragenina CSW-1	0.25
Crema CA-1	67.07
Agua	13.51
Azucar	17.20
Saborizante	1.23

y presento propiedades muy similares a la crema comercial con clara de huevo (CC-CI) principalmente en la densidad, pH y consistencia. Las variaciones encontradas se muestran en la tabla estadística No. 10.

Los parámetros que se analizaron por medio del análisis completamente aleatorizado para este producto fueron densidad, consistencia y tamaño de burbuja para las variaciones de proteínas y azúcar (en su caso) con las tres proteínas de trabajo y las diferencias encontradas se muestran en la siguiente tabla.

RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL EFECTO DE LA CONCENTRACION DE INGREDIENTES CON LAS TRES PROTEINAS EN CREMA BATIDA

	PROTEINA			AZUCAR		
	1	2	3	1	2	3
AAE	n.s.	**	*	n.s.	*	n.s.
PH	*	*	*	*	**	*
H 88	n.s.	**	n.s.	*	**	*

Tabla Estadística No. 10. Resultados estadísticos del efecto de la concentración de ingredientes con las tres proteínas en crema batida.

- En donde:
- 1. Densidad
 - 2. Consistencia
 - 3. Tamaño de burbuja
 - n.s. no hay diferencia significativa (95%)
 - * hay diferencia significativa
 - ** diferencia altamente significativa

El parámetro más afectado con las variaciones manejadas fue la consistencia, principalmente con AAE y con H 88, al variar la cantidad de azúcar, la proteína más afectada fue H 88 y la menos afectada PH debido a su origen e interacción con los lípidos, por último el ingrediente que más diferencia generó fue la proteína para los tres casos.

3.4.4 Comparación de Crema Batida.

A continuación se presentan dos comparaciones generales que mostraron los parámetros evaluados al elaborar el producto con las tres proteínas en estudio y las de referencia (CC1 y CC1 clara), con la finalidad de conocer el efecto del uso de las proteínas en la elaboración de la crema batida y de esta manera determinar la aplicación PH y H88 como sustitutos de albúmina en este producto y como alternativas de material espumante en cremas batidas que no lo contengan.

TABLA COMPARATIVA DE PROTEÍNAS ESPUMANTES Y CREMA COMERCIAL (CC-1) EN CREMA BATIDA.

Parámetro	PROTEÍNAS ESPUMANTES			
	CC-1	AAE	PH	H 88
Densidad (g/cm ³)	0.5311	0.7638	0.6012	0.6153
Consistencia (UBH)	37.6 X 10 ¹	41.0 X 10 ¹	35.6 X 10 ¹	39.4 X 10 ¹
pH	6.8	5.63	6.86	7.1
Vel. penetración (mm/s)	1.6355	1.7128	1.3814	1.866
T. de burbuja (mm)	0.0522	0.0308	0.02793	0.01917
FE (%)	135.29	67.21	96.82	77.41
FVS (%)	100	100	100	100
FLS (%)	100	100	100	100
Costo (\$/t)	4.8	5.97	5.29	4.14

Tabla No. 29. Comparación de proteínas espumantes y CC-1 en crema batida.

La mayoría de los parámetros presentan diferencia, principalmente la velocidad de penetración, en donde las muestras de CC-1 y AAE presentan mayor valor de este parámetro. Una propiedad importante que presentaron las muestras de PH y H88 fue que a temperatura ambiente no se hicieron fluidas y si se presentó en las muestras de CC-1 y AAE.

A continuación se presentan los resultados de los análisis estadísticos llevados a cabo para esta comparación. Al aplicar el análisis completamente aleatorizado a la densidad se encontró que no existe diferencia significativa por lo tanto no se aplica la prueba DVS. Por lo tanto se puede concluir que la densidad de las cremas elaboradas con las proteínas de trabajo son similares a la de la comercial.

CONSISTENCIA

Hipotesis	DVS	Decision Estadística
H _{AAI} = H _{BI}	$4.05 \sqrt{\frac{3025000}{5}} = 3.15 \times 10^3$	Se rechaza H ₀ $7.4 \times 10^3 > 3.15 \times 10^3$
H _{AAI} = H _{BCI}	$= 3.15 \times 10^3$	Se rechaza H ₀ $13.4 \times 10^3 > 3.15 \times 10^3$
H _{AAI} = H _{BCII}	$= 3.15 \times 10^3$	Se rechaza H ₀ $3.25 \times 10^3 > 3.15 \times 10^3$
H _{BI} = H _{BCI}	$= 3.15 \times 10^3$	Se acepta H ₀ $2 \times 10^3 < 3.15 \times 10^3$
H _{BI} = H _{BCII}	$= 3.15 \times 10^3$	Se rechaza H ₀ $3.8 \times 10^3 > 3.15 \times 10^3$
H _{BCI} = H _{BCII}	$= 3.15 \times 10^3$	Se acepta H ₀ $1.8 \times 10^3 < 3.15 \times 10^3$

Tabla Estadística No. 11 DVS para consistencia en crema batida con CC-I

En el análisis completamente aleatorizado se encontró variación significativa y con la prueba de Tuckey (DVS) se encontró que las comparaciones de las muestras que no presentan diferencia verdaderamente significativa son PH-CC-I y CC-I -H88, por lo que se puede decir que la consistencia de las cremas con las proteínas sustitutas son similares a la consistencia de la crema comercial.

TAMAÑO DE BURBUJA

Hipótesis	DVS	Decision Estadística
$H_{188} = H_{AAE}$	$4.53 \sqrt{\frac{0.00004277}{3}} = 0.0171$	Se rechaza H_0 $0.0508 > 0.0171$
$H_{188} = H_{CC1}$	$= 0.0171$	Se acepta H_0 $0.00876 < 0.0171$
$H_{188} = H_{CC2}$	$= 0.0171$	Se rechaza H_0 $0.0330 > 0.0171$
$H_{AAE} = H_{188}$	$= 0.0171$	Se acepta H_0 $0.00368 < 0.0171$
$H_{AAE} = H_{CC1}$	$= 0.0171$	Se rechaza H_0 $0.02795 > 0.0171$
$H_{188} = H_{CC2}$	$= 0.0171$	Se rechaza H_0 $0.02427 > 0.0171$

Tabla Estadística No. 12 DVS para tamaño de burbuja en crema batida con CC-1

Al evaluar a este parámetro por medio del análisis DVS se encontró que las variaciones encontradas son en las comparaciones de H88-AAE, y con CC1, AAE-CC-1 y PH-CC-1, indicando que el tamaño de burbuja de las proteínas en estudio difiere de manera significativa con respecto al tamaño de burbuja de la crema comercial, al igual que la comparación de H88-AAE, siendo los valores de las proteínas sustitutas los más bajos por lo que la apariencia de los productos fue mejor

pH

Hipotesis	DVS	Decision Estadística
$H_{AAE} = H_{CC1}$	$4.53 \sqrt{\frac{0.001666666}{3}} = 0.1067$	Se rechaza H_0 $1.24 > 0.1067$
$H_{AAE} = H_{188}$	$= 0.1067$	Se rechaza H_0 $1.3 > 0.1067$
$H_{AAE} = H_{CC2}$	$= 0.1067$	Se rechaza H_0 $1.54 > 0.1067$
$H_{CC1} = H_{188}$	$= 0.1067$	Se acepta H_0 $0.06 < 0.1067$
$H_{CC1} = H_{CC2}$	$= 0.1067$	Se rechaza H_0 $0.3 > 0.1067$
$H_{188} = H_{CC2}$	$= 0.1067$	Se rechaza H_0 $0.24 > 0.1067$

Tabla Estadística No. 13 DVS para pH en crema batida con CC-1

Este parámetro es afectado de manera significativa en la mayoría de los casos analizadas, en donde las dos proteínas sustitutas presentan un pH ligeramente alcalino, sin embargo, en el caso de AAE, el pH que predomina es el de la crema ácida. La similitud

presentada entre Protac II y la crema comercial se debe a que ésta última también presenta un pH cercano a la neutralidad y al origen de la proteína

En esta comparación entre las proteínas de trabajo y la crema comercial (CC-1) se observa que la mayoría de los parámetros son afectados de manera significativa y de las proteínas sustitutas PH es la mejor alternativa para elaborar este producto porque con ésta se obtiene una espuma de menor densidad o más ligera, de consistencia más parecida a la CC-1, de mayor rendimiento que H88 y AAE, y menor velocidad de penetración por lo que es la mejor opción para la elaboración de este producto, aun cuando el rendimiento es menor que el comercial, pero mayor que las otras proteínas de trabajo y la consistencia no cambia drásticamente con la temperatura. Con respecto al costo la mejor alternativa es H88 que también ofrece un producto de mayor consistencia, densidad y velocidad de penetración que el comercial por lo que su apariencia es en general de un producto mucho más firme

TABLA COMPARATIVA GENERAL DE PROTEÍNAS ESPUMANTES Y CREMA COMERCIAL ADICIONADA DE CLARA DE HUEVO (CC-1C) EN CREMA BATIDA.

Parámetro	PROTEÍNAS ESPUMANTES			
	CC-1C	AAE	PH	H 88
Densidad (g/cm ³)	0.6176	0.7638	0.6012	0.6153
Consistencia (UBH)	38 X 10 ¹	41 X 10 ¹	35.6 X 10 ¹	39.4 X 10 ¹
pH	7.11	5.63	6.86	7.1
Vel. penetración (mm/s)	1.36888	1.7128	1.3814	1.866
T. de burbuja (mm)	0.04005	0.0308	0.02793	0.01917
FE (%)	138.09	67.21	96.82	77.41
FVS (%)	100	100	100	100
FLS (%)	100	100	100	100
Costo (\$/lt)	8.38	5.97	5.29	4.14

Tabla No. 30. Comparación de proteínas espumantes y CC-1C en crema batida.

La adición de clara de huevo mejora ligeramente las propiedades ya que se obtiene mayor consistencia y rendimiento y menor velocidad de penetración y tamaño de burbuja lo cual mejora al producto. Con respecto a la comparación con las demás muestras, se observa variación en todos los parámetros, esto fue evaluado de la misma manera que la comparación anterior y los resultados son los siguientes

DENSIDAD

Hipótesis	DVS	Decision Estadística
$H_{01} = H_{011}$	$4.53 \sqrt{\frac{0.000236427}{3}} = 0.0402$	Se acepta H_0 0.0141 < 0.0402
$H_{01} = H_{012}$	= 0.0402	Se acepta H_0 0.0164 < 0.0402
$H_{01} = H_{013}$	= 0.0402	Se rechaza H_0 0.1634 > 0.0402
$H_{011} = H_{012}$	= 0.0402	Se acepta H_0 0.0023 < 0.0402
$H_{011} = H_{013}$	= 0.0402	Se rechaza H_0 0.1493 > 0.0402
$H_{012} = H_{013}$	= 0.0402	Se rechaza H_0 0.147 > 0.0402

Tabla Estadística No. 14 DVS para densidad en crema batida con CC-IC

De acuerdo al análisis de varianza completamente aleatorizado la densidad presenta variación significativa, pero lo que se observa en la tabla estadística 14 es que las comparaciones de AAE con las demás muestras son las que presentan la diferencia verdaderamente significativa, esto es debido a que la densidad de la muestra de AAE es mucho mayor que la de las otras muestras lo cual es porque en este producto la capacidad de espumante de la albúmina se ve reducida

CONSISTENCIA

Hipótesis	DVS	Decision Estadística
HAAE = H188	$4.05 \sqrt{\frac{2825000}{5}} = 3.04 \times 10^3$	Se rechaza H_0 $11.4 \times 10^3 > 3.04 \times 10^3$
HAAE = H0000	$= 3.04 \times 10^3$	Se rechaza H_0 $3.8 \times 10^3 > 3.04 \times 10^3$
HAAE = H188	$= 3.04 \times 10^3$	Se acepta H_0 $2.95 \times 10^3 < 3.04 \times 10^3$
H188 = H0000	$= 3.04 \times 10^3$	Se acepta H_0 $2.4 \times 10^3 < 3.04 \times 10^3$
H188 = H188	$= 3.04 \times 10^3$	Se rechaza H_0 $3.8 \times 10^3 > 3.04 \times 10^3$
H0000 = H188	$= 3.04 \times 10^3$	Se acepta H_0 $1.4 \times 10^3 < 3.04 \times 10^3$

Tabla Estadística No. 15 DVS para consistencia en crema batida con CC-IC

Las comparaciones de las medias que fueron aceptadas son AAE-H188 y las de las proteínas sustitutas con la crema comercial adicionada con clara de huevo, lo cual indica que la consistencia de las cremas elaboradas con PH y H88 son similares a las de la crema comercial con clara de huevo

TAMAÑO DE BURBUJA

Hipótesis	DVS	Decision Estadística
H188 = HAAE	$4.53 \sqrt{\frac{0.000010062}{3}} = 0.00829$	Se acepta $0.00508 < 0.00829$
H188 = H188	$= 0.00829$	Se rechaza $0.00876 < 0.00829$
H188 = H0000	$= 0.00829$	Se rechaza $0.02088 < 0.00829$
HAAE = H188	$= 0.00829$	Se acepta $0.00368 < 0.00829$
HAAE = H0000	$= 0.00829$	Se rechaza $0.0158 < 0.00829$
H188 = H0000	$= 0.00829$	Se rechaza $0.01212 < 0.00829$

Tabla Estadística No. 16 DVS para tamaño de burbuja en crema batida con CC-IC

Las comparaciones de las medias que fueron aceptadas son las de AAE con las proteínas sustitutas, esto es debido a que la muestra elaborada con la crema CC-IC presentó burbujas grandes que se podían observar en la parte superior de la muestra dando como resultado una diferencia significativa en sus comparaciones

pH

Hipótesis	DVS	Decision Estadística
H _{AAAF} = H _{PII}	$4.53 \sqrt{\frac{0.001875}{3}} = 0.1132$	Se rechaza 1.294 > 0.1132
H _{AAAF} = H _{PIII}	= 0.1132	Se rechaza 1.534 > 0.1132
H _{AAAF} = H _{PIIIIC}	= 0.1132	Se rechaza 1.55 > 0.1132
H _{PII} = H _{PIII}	= 0.1132	Se rechaza 0.24 > 0.1132
H _{PII} = H _{PIIIIC}	= 0.1132	Se rechaza 0.256 > 0.1132
H _{PIII} = H _{PIIIIC}	= 0.1132	Se acepta 0.016 < 0.1132

Tabla Estadística No. 17 DVS para pH en crema batida con CC-IC

Todas las comparaciones son rechazadas excepto la de H₈₈ con CC-IC porque la clara de huevo incrementa el valor del pH de la crema y es similar al de la crema elaborada con esta proteína sustituta.

En el caso de esta segunda comparación general, la proteína PII también fue la que presentó mayor similitud con CC-IC, ya que ofrece un producto sin diferencia significativa para densidad y consistencia de acuerdo a las tablas estadísticas 14 y 15 aun cuando su rendimiento es menor. Cabe mencionar que el uso de proteínas espumantes es importante en la elaboración de este producto ya que se obtiene un mayor rendimiento y se mejora la consistencia así como la estabilidad, lo cual es importante a niveles en donde su aplicación es mayor como en el área de panadería y repostería.

La adición de la clara de huevo a la crema comercial, incrementa el costo del producto, encontrando que las proteínas sustitutas son más económicas y ofrecen la alternativa de elaborar productos diferentes los cuales pueden ser aplicados según las necesidades o requerimientos del producto al que se aplicaría la crema elaborada.

3.5 ANALISIS DE LAS PROTEINAS ESPUMANTES Y SUS ESTABILIZANTES EN MALVAVISCO.

Para la elaboracion del malvavisco se propuso aplicar a las proteinas solas y en combinaciones de dos proteinas al 50 % de cada una, con la finalidad de encontrar la mejor combinacion para la elaboracion de este producto. Debido al número de eventos a realizar con este producto, no se llevaron acabo repeticiones de los mismos, y a las réplicas analizadas sólo se les aplico la evaluacion del coeficiente de variación

3.5.1 Malvavisco de AAE.

Los resultados de las evaluaciones llevadas a cabo se muestran en la siguiente tabla comparativa

Parámetro	0.35 % DE AAE					X	S	C.V
	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV	Muestra V			
Densidad (g/cm ³)	0.3618	0.3348	0.3698	0.3541	0.3471	0.35352	0.01346	3.8
Dureza (g/cm ³)	1.646	1.660	1.706	1.706	1.715	1.6866	0.0312	1.85

Tabla No. 31. Propiedades evaluadas en malvavisco de AAE.

El rendimiento (FE) obtenido fue de 312.07 % y estabilidad (FVS y FLS) del 100 %. Debido a que la comparacion de la tabla 31 se llevo a cabo entre muestras de una misma poblacion, los resultados no fueron analizados por medio de algun otro analisis estadistico, encontrando por medio de las medidas de tendencia central que el coeficiente de variación (C.V) no es mayor al 10% por lo que su diferencia no es significativa (30)

El producto obtenido presento menor dureza que los de referencia (comercial C-I y experimental solo con grenetina G-I), con respecto a G-I se debe a que el malvavisco solo cuenta con grenetina como espumante y las muestras de la tabla 31 ademas contienen AAE es por esto que el rendimiento aumento al utilizar dos proteinas espumantes y en comparacion con C-I la diferencia en la dureza se debe ademas de contar sólo con grenetina, tiene mas tiempo de haber sido elaborado. La densidad de las muestras de AAE es mayor que las de referencia debido a que cuando existe mas proteina, el batido debe ser en mayor proporcion y la capacidad de la batidora utilizada no proporciono el batido requerido en densidad no hay diferencia significativa entre AAE y G-I, AAE tiene mayor rendimiento y por lo tanto menor dureza. La formulacion de la presenta muestra es la siguiente

Ingredientes	(%)
Albumina de Alta Espuma	0.35
Grenetina	3.24
Glucosa	15.00
Azúcar	32.50
Agua	48.91

3.5.2 Malvaisco de PH.

Parámetro	0.35 % DE PH					X	S	C.V
	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV	Muestra V			
Densidad (g/cm ³)	0.3599	0.3566	0.3595	0.3651	0.3468	0.35758	0.00675	1.89
Dureza (g/cm ²)	1.692	1.657	1.727	1.692	1.652	1.684	0.0305	1.81

Tabla No. 32 Propiedades evaluadas en malvaisco de PH.

El rendimiento para este caso fue de 375.31 % y la estabilidad del 100 %. Al igual que en el caso anterior, las muestras comparadas en esta tabla no presentan variación significativa debido a que son parte de la misma población.

Con esta proteína el malvaisco es más suave que con albumina por lo que lo es también más que el comercial y el de grenetina, debido a que su capacidad de aireación es mayor además se desdobra de manera favorable antes de la etapa de agregación para la formación del gel obteniendo así un malvaisco homogéneo y más suave. El rendimiento es mayor que el obtenido con albumina y que el elaborado solo con grenetina. En este caso también se puede observar que aunque la dureza es menor, la densidad es mayor que las de referencia, lo cual confirma que la capacidad de batido debe ser mayor.

La formulación manejada con esta proteína es la siguiente

Ingredientes	(%)
Prolac H	0.35
Grenetina	3.25
Glucosa	15.00
Azúcar	32.52
Agua	48.98

3.5.3 Malvavisco de H88.

En este caso para la elaboración del malvavisco con esta proteína fué necesario variar la concentración de la misma debido a que la concentración manejada inicialmente fué la misma que para las otras dos proteínas (P11 y AAE) la cual fue de 0.35 %, encontrando que a este porcentaje el producto presenta el olor y sabor característicos de la proteína. Las concentraciones manejadas y su efecto se presenta en la siguiente tabla

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE H 88.

Parámetro	CONCENTRACION DE H88	
	0.35 %	0.25 %
Densidad (g/cm ³)	0.33536	0.4147
Dureza (g/cm ²)	1.673	1.747
FE (%)	348.56	315.84
FVS (%)	100	100
FLS (%)	100	100

Tabla No. 33. Efecto de la concentración de H88 en las propiedades evaluadas en malvavisco.

En la tabla 33 se observa que la variación de la proteína afecta principalmente a la densidad y al rendimiento. Al disminuir la cantidad de esta el sabor ya no se percibe pero la densidad aumenta cuando se podría esperar que disminuyera debido a que la capacidad de la batidora es mayor cuando existe menos espumante, pero se debe tomar en cuenta que también es más la cantidad de glucosa y azúcar con las que tiene que interaccionar la proteína y estos ingredientes hacen que la cantidad de espuma sea menor debido a la alta viscosidad que imparten al producto y el gel tenga mayor densidad. A continuación se muestran los resultados de los análisis estadísticos que se llevaron a cabo para este caso

PARAMETRO	n s	*	**
Densidad			✓
Dureza		✓	

Tabla Estadística No. 18 Resultados estadísticos del efecto de la concentración de H88 en malvavisco

En donde n.s. = no hay diferencia significativa (95 %)

- = diferencia significativa
- = diferencia altamente significativa

Los parámetros son afectados de manera significativa pero lo es más la densidad por las razones ya expuestas. La dureza obtenida con ésta proteína es la mayor de las tres proteínas de trabajo, esto se debe a que la rigidez de su gel no se modifica con el incremento a altas temperaturas (15). La mejor concentración de esta proteína para la elaboración del malvavisco es la de 0.25 %.

3.5.4 Malvavisco de AAE-PH.

Parámetro	RELACION 1:1 AAE-PH					X	S	C.V
	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV	Muestra V			
Densidad (g/cm ³)	0.3880	0.3826	0.3647	0.3747	0.3494	0.37188	0.01532	4.12
Dureza (g/cm ²)	1.724	1.791	1.791	1.779	1.842	1.7854	0.0420	2.35

Tabla No. 34 Propiedades evaluadas en malvavisco de AAE-PH.

El rendimiento fue de 342.67 % y la estabilidad del 100 %. La mezcla de diferentes proteínas espumantes ofrece una incorporación de aire intermedia a la proporcionada por las proteínas solas, generando principalmente una menor densidad, al mismo tiempo el gel formado es más rígido (mayor dureza).

La formulación manejada para la mezcla de estas proteínas es la siguiente:

Ingredientes	(%)
Albumina de Alta Espuma	0.17
Prolac II	0.17
Grenetina	3.25
Glucosa	15.00
Azúcar	32.50
Agua	48.90

3.5.5 Malvavisco de AAE-II88.

Parámetro	RELACION 1:1 AAE-II 88					X	S	C.V
	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV	Muestra V			
Densidad (g/cm ³)	0.3675	0.3902	0.3888	0.3787	0.366	0.37824	0.0114	3.04
Dureza (g/cm ³)	1.916	1.980	1.979	1.969	1.913	1.9354	0.0359	1.85

Tabla No. 35 Propiedades evaluadas en malvavisco de AAE-II88.

Se obtuvo un rendimiento de 320.23 % con estabilidad del 100 %. La mezcla de albúmina con esta proteína sustituta proporciona un malvavisco más duro que los obtenidos con las proteínas solas, debido a que la cantidad recomendada de II 88 es mayor (15) para malvavisco y la AAE tiene mayor decaimiento cuando se somete a altas temperaturas, por lo tanto, de las mezclas esta es la que presenta menor rendimiento por tener menos aire incorporado. Esta mezcla es mejor que el malvavisco de II 88 en cuanto a la densidad y rendimiento además la dureza es menor que los de referencia.

El rendimiento en comparación con el de referencia (G-I) es mayor, al igual que los obtenidos con las proteínas solas, lo cual ofrece la alternativa de obtener un producto firme (como la de los malvaviscos combinados con galletas) con un mayor rendimiento. La formulación para esta mezcla fue:

Ingredientes	(%)
Albúmina de Alta Espuma	0.17
Hifoama 88	0.17
Grenetina	3.25
Glucosa	15.00
Azúcar	32.50
Agua	48.90

3.5.6 Malvavisco de PH-H88.

Parámetro	RELACION 1:1 PH-H 88					X	S	C.V
	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV	Muestra V			
Densidad (g/cm ³)	0.393	0.3684	0.4063	0.3486	0.3387	0.3730	0.02605	6.98
Dureza (g/cm ²)	1.663	1.663	1.666	1.660	1.663	1.663	0.00212	0.127

Tabla No. 36. Propiedades evaluadas en malvavisco de PH-H88

El rendimiento fue de 336.55 % y la estabilidad del 100 %. La combinación de las proteínas sustitutas proporcionan un malvavisco con dureza similar a la del malvavisco de H88 al 100 %, lo cual se debe a que la proteína H88 le da al producto, mayor rigidez y PH tiene capacidad espumante mayor dando así una menor densidad.

El rendimiento es mayor que el obtenido con la mezcla de AAE-H88 (tabla 35) lo cual disminuye el costo del producto, manteniendo la densidad sin diferencia significativa y con menor dureza, por lo que es un producto más suave.

La formulación utilizada es la que a continuación se muestra

Ingredientes	(%)
Prolac H	0.12
Hyfoama 88	0.12
Grenetina	3.25
Glucosa	15.00
Azúcar	32.50
Agua	48.90

3.5.7 Comparación de Malvavisco.

A continuación se presentan dos comparaciones generales que mostraron los parámetros evaluados al elaborar el producto con las tres proteínas y sus mezclas con las de referencia (C-I y G-I), con la finalidad de conocer el efecto del uso de las proteínas y sus combinaciones en la elaboración del malvavisco y de esta forma determinar la aplicación de PH y H88 como sustitutos de albumina en este producto

Todos los valores reportados en las tablas 37 y 38 son la media (\bar{x}) de las tablas comparativas correspondientes para cada caso, debido a que las muestras evaluadas no presentaron diferencia significativa al ser aplicado el coeficiente de variación (C V)

COMPARACION DE MALVAVISCO DE PROTEINAS ESPUMANTES SOLAS Y EN MEZCLA CON MALVAVISCO COMERCIAL.

Parámetro	PROTEINAS ESPUMANTES						
	C-I	AAE	PH	H88	AAE-H88	AAE-PH	PH-H88
Densidad (g/cm ³)	0.2958	0.3535	0.3575	0.4147	0.3782	0.3718	0.3730
Dureza (g/cm ²)	3.1332	1.6866	1.684	1.673	1.9354	1.785	1.663
FE (%)	-	312.07	375.31	315.84	320.23	342.67	336.55
FVS (%)	-	100	100	100	100	100	100
FLS (%)	-	100	100	100	100	100	100
Costo (\$/t)	3.5	2.31	2.41	2.61	2.57	2.43	2.51

Tabla No. 37. Comparación de malvavisco de proteínas espumantes y malvavisco comercial.

En cuanto a la dureza, en esta comparación se observa diferencia principalmente con la muestra del malvavisco comercial (C-I) ya que sólo cuenta con gretetina como espumante y las demás muestras además contienen a las proteínas de trabajo solas y en mezclas

Con respecto a los costos reportados en la tabla anterior se puede observar que en todas las muestras elaboradas con las proteínas de trabajo son menores, pero de las muestras elaboradas con las proteínas solas la de AAE es la más económica, pero no la de mejores propiedades y si de menor rendimiento y de las mezclas la de AAE-PH es la de menor costo. De las proteínas sustitutas la mejor alternativa es PH por ofrecer un malvavisco más suave y de mayor rendimiento y de las mezclas la de AAE-PH es la que ofrece menor densidad y mayor rendimiento.

Los siguientes análisis estadísticos de Tuckey muestran la diferencia encontrada en cada caso

<i>DENSIDAD</i>		
Hipotesis	DVS	Decisión Estadística
$H_{01} = H_{A1}$	$4.48 \sqrt{\frac{0.000269044}{5}} = 0.0328$	Se rechaza H_0 0.05764 > 0.0328
$H_{02} = H_{B1}$	= 0.0238	Se rechaza H_0 0.06170 > 0.0328
$H_{03} = H_{A1}H_{B1}$	= 0.0328	Se rechaza H_0 0.07600 > 0.0328
$H_{04} = H_{A1}H_{B2}$	= 0.0328	Se rechaza H_0 0.07710 > 0.0328
$H_{05} = H_{B1}H_{B2}$	= 0.0328	Se rechaza H_0 0.08232 > 0.0328
$H_{06} = H_{B2}$	= 0.0328	Se rechaza H_0 0.11882 > 0.0328
$H_{07} = H_{B1}$	= 0.0328	Se acepta H_0 0.00406 < 0.0328
$H_{08} = H_{B2}$	= 0.0328	Se acepta H_0 0.01836 < 0.0328
$H_{09} = H_{A1}H_{B1}$	= 0.0328	Se acepta H_0 0.01948 < 0.0328
$H_{10} = H_{A1}H_{B2}$	= 0.0328	Se acepta H_0 0.02468 < 0.0328
$H_{11} = H_{B1}H_{B2}$	= 0.0328	Se rechaza H_0 0.06118 > 0.0328
$H_{12} = H_{B1}$	= 0.0328	Se acepta H_0 0.00143 < 0.0328
$H_{13} = H_{A1}H_{B1}$	= 0.0328	Se acepta H_0 0.01542 < 0.0328
$H_{14} = H_{A1}H_{B2}$	= 0.0328	Se acepta H_0 0.02062 < 0.0328
$H_{15} = H_{B1}H_{B2}$	= 0.0328	Se rechaza H_0 0.05712 > 0.0328
$H_{16} = H_{B2}$	= 0.0328	Se acepta H_0 0.00112 < 0.0328
$H_{17} = H_{A1}H_{B1}$	= 0.0328	Se acepta H_0 0.00632 < 0.0328
$H_{18} = H_{A1}H_{B2}$	= 0.0328	Se rechaza H_0 0.04282 > 0.0328
$H_{19} = H_{B1}H_{B2}$	= 0.0328	Se acepta H_0 0.00520 < 0.0328
$H_{20} = H_{B2}$	= 0.0328	Se rechaza H_0 0.0417 > 0.0328
$H_{21} = H_{B1}$	= 0.0328	Se rechaza H_0 0.00365 > 0.0328

Tabla Estadística No. 19. DVS para densidad en malvavisco con malvavisco "La rosa"

Las comparaciones de las medias que fueron aceptadas para este parámetro son las que se hicieron entre las proteínas sustitutas con AAE, solas y en mezcla, rechazando las comparaciones de las medias con el malvavisco comercial el cual tiene una densidad menor que como ya se mencionó puede deberse a que el equipo de batido industrial, incorpora más aire al producto

DUREZA

Hipótesis	DVS	Decisión Estadística
$D_{0000} = D_{000}$	$4.48 \sqrt{\frac{0.000750738}{5}} = 0.0548$	Se acepta H_0 0.0082 < 0.0548
$D_{0000} = D_{001}$	$= 0.0548$	Se acepta H_0 0.0198 < 0.0548
$D_{0000} = D_{002}$	$= 0.0548$	Se acepta H_0 0.0225 < 0.0548
$D_{0000} = D_{003}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 0.1157 > 0.0548
$D_{0000} = D_{004}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 0.2569 > 0.0548
$D_{0000} = D_{005}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 1.3600 > 0.0548
$D_{0000} = D_{006}$	$= 0.0548$	Se acepta H_0 0.0116 < 0.0548
$D_{0000} = D_{007}$	$= 0.0548$	Se acepta H_0 0.0143 < 0.0548
$D_{0000} = D_{008}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 0.1075 > 0.0548
$D_{0000} = D_{009}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 0.2487 > 0.0548
$D_{0000} = D_{010}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 1.3510 > 0.0548
$D_{0000} = D_{011}$	$= 0.0548$	Se acepta H_0 0.0027 < 0.0548
$D_{0000} = D_{012}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 0.0959 > 0.0548
$D_{0000} = D_{013}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 0.2371 > 0.0548
$D_{0000} = D_{014}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 1.3402 > 0.0548
$D_{0000} = D_{015}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 0.0932 > 0.0548
$D_{0000} = D_{016}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 0.2344 > 0.0548
$D_{0000} = D_{017}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 1.3375 > 0.0548
$D_{0000} = D_{018}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 0.1412 > 0.0548
$D_{0000} = D_{019}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 1.2443 > 0.0548
$D_{0000} = D_{020}$	$= 0.0548$	Se rechaza H_0 1.1031 > 0.0548

Tabla Estadística No. 20 DVS para dureza en malvavisco con malvavisco "La rosa"

Para este parámetro, se encontró que la mayoría de las comparaciones son rechazadas, solo se encontró similitud entre los productos que fueron elaborados con las proteínas sustitutas y sus mezclas. Puede ser que la suavidad al gel es la cantidad de interacciones entre las proteínas y el agua del medio en que se encuentran por lo tanto al existir solo gretina el gel es más duro.

COMPARACION DE MALVAVISCO DE PROTEINAS ESPUMANTES SOLAS Y EN MEZCLA CON MALVAVISCO DE GRENETINA.

Parámetro	PROTEINAS ESPUMANTES						
	G-1	AAE	PH	H88	AAE-H88	AAE-PH	PH-H88
Densidad (g/cm ³)	0.3459	0.3535	0.3575	0.4147	0.3782	0.3494	0.3730
Dureza (g/cm ²)	1.7676	1.6866	1.684	1.673	1.9354	1.785	1.663
FE (%)	241.41	312.07	375.31	297.5	320.23	342.67	336.55
FVS (%)	100	100	100	100	100	100	100
FLS (%)	100	100	100	100	100	100	100
Costo (\$/lt)	2.31	2.31	2.41	2.61	2.57	2.43	2.51

Tabla No. 38. Comparación de malvavisco de proteínas espumantes y malvavisco de grenetina.

Se llevo a cabo esta segunda comparación con la finalidad de comparar los parámetros de los malvaviscos elaborados con las proteínas de trabajo (AAE, PH y H88) y sus mezclas, con un malvavisco que fue elaborado en las mismas condiciones que los anteriores y con los mismos ingredientes que el comercial, encontrando que es importante la aplicación de mas de un solo espumante para la elaboración de este producto.

DENSIDAD

Hipótesis	DVS	Decisión Estadística
$H_{01} = H_{A1E}$	$4.48 \sqrt{\frac{0.000224298}{5}} = 0.03$	Se acepta H_0 0.00930 < 0.03
$H_{01} = H_{01E}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.01168 < 0.03
$H_{01} = H_{A1E}H_{11}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.02598 < 0.03
$H_{01} = H_{A1E}H_{11E}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.02710 < 0.03
$H_{01} = H_{01E}H_{11}$	= 0.03	Se rechaza H_0 0.03230 > 0.03
$H_{01} = H_{01E}$	= 0.03	Se rechaza H_0 0.0688 > 0.03
$H_{A1E} = H_{01E}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.00406 < 0.03
$H_{A1E} = H_{A1E}H_{11}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.01836 < 0.03
$H_{A1E} = H_{A1E}H_{11E}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.01948 < 0.03
$H_{A1E} = H_{01E}H_{11}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.02468 < 0.03
$H_{A1E} = H_{01E}$	= 0.03	Se rechaza H_0 0.06118 > 0.03
$H_{01E} = H_{A1E}H_{11}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.0143 < 0.03
$H_{01E} = H_{A1E}H_{11E}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.01542 < 0.03
$H_{01E} = H_{01E}H_{11}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.02062 < 0.03
$H_{01E} = H_{01E}$	= 0.03	Se rechaza H_0 0.05712 > 0.03
$H_{01E} = H_{11E}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.00112 < 0.03
$H_{A1E}H_{11} = H_{A1E}H_{11E}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.00632 < 0.03
$H_{A1E}H_{11} = H_{01E}H_{11}$	= 0.03	Se rechaza H_0 0.04282 > 0.03
$H_{A1E}H_{11} = H_{11E}$	= 0.03	Se acepta H_0 0.0052 < 0.03
$H_{A1E}H_{11E} = H_{01E}H_{11}$	= 0.03	Se rechaza H_0 0.0417 > 0.03
$H_{A1E}H_{11E} = H_{11E}$	= 0.03	Se rechaza H_0 0.0365 > 0.03
$H_{01E}H_{11} = H_{11E}$	= 0.03	

Tabla Estadística No. 21 DVS para densidad en malvavisco con malvavisco de grenetina

La mayoría de las comparaciones que fueron aceptadas son las que se hicieron con el malvavisco de grenetina y también las que se compararon con AAE, lo cual indica que los malvaviscos de proteínas sustitutas (PH1 y H88) presentan una densidad similar a la del malvavisco de referencia y AAE.

DUREZA

Hipótesis	DVS	Decisión Estadística
$\mu_{AAE-PIII} = \mu_{III}$	$4.48 \sqrt{\frac{0.000884946}{5}} = 0.0596$	
$\mu_{AAE-PIII} = \mu_{PI}$	= 0.0596	Se acepta H_0 0.0082 < 0.0596
$\mu_{AAE-PIII} = \mu_{AAE}$	= 0.0596	Se acepta H_0 0.0198 < 0.0596
$\mu_{AAE-PIII} = \mu_{G-I}$	= 0.0596	Se acepta H_0 0.0225 < 0.0596
$\mu_{AAE-PIII} = \mu_{AAE-PII}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.0989 > 0.0596
$\mu_{AAE-PIII} = \mu_{AAE-III}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.1157 > 0.0596
$\mu_{III} = \mu_{PI}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.2569 > 0.0596
$\mu_{III} = \mu_{AAE}$	= 0.0596	Se acepta H_0 0.0116 < 0.0596
$\mu_{III} = \mu_{G-I}$	= 0.0596	Se acepta H_0 0.0143 < 0.0596
$\mu_{III} = \mu_{AAE-PII}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.0907 > 0.0596
$\mu_{III} = \mu_{AAE-III}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.1075 > 0.0596
$\mu_{PI} = \mu_{AAE}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.2487 > 0.0596
$\mu_{PI} = \mu_{G-I}$	= 0.0596	Se acepta H_0 0.0027 < 0.0596
$\mu_{PI} = \mu_{AAE-PII}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.0791 > 0.0596
$\mu_{PI} = \mu_{AAE-III}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.0959 > 0.0596
$\mu_{AAE} = \mu_{AAE-PII}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.2371 > 0.0596
$\mu_{AAE} = \mu_{AAE-III}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.0764 > 0.0596
$\mu_{AAE} = \mu_{G-I}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.0932 > 0.0596
$\mu_{AAE} = \mu_{AAE-PII}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.2344 > 0.0596
$\mu_{AAE} = \mu_{AAE-III}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.2344 > 0.0596
$\mu_{G-I} = \mu_{AAE-PII}$	= 0.0596	Se acepta H_0 0.0168 < 0.0596
$\mu_{G-I} = \mu_{AAE-III}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.1580 > 0.0596
$\mu_{AAE-PII} = \mu_{AAE-III}$	= 0.0596	Se rechaza H_0 0.1412 > 0.0596

Tabla Estadística No. 22. DVS para dureza en malvavisco con malvavisco de grenetina

Al igual que la dureza de la comparación anterior, en este caso, la mayoría de las comparaciones de las medias son rechazadas, principalmente aquellas que comparan el malvavisco de referencia y las proteínas de trabajo solas y en mezcla. El malvavisco G-I es uno de los que presentan mayor dureza, por lo que se da esta diferencia, seguido de las mezclas de las proteínas sustitutas con AAE (AAE-PII y AAE-III), por lo que se puede ver que la aplicación de otro espumante además de la grenetina ofrece un producto más suave.

CAPITULO 4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Debido a que las variaciones llevadas a cabo fueron diferentes para cada producto, las conclusiones y recomendaciones se hicieron para cada caso, pero en principio se puede concluir que los objetivos planteados en el presente trabajo se cumplieron ya que el efecto encontrado al aplicar las proteínas sustitutas fué que mejoraron a los productos elaborados, principalmente el rendimiento. Es importante evaluar la función y efecto de cada ingrediente en las formulaciones debido a que éstos modifican en diferentes grados a las propiedades de los productos, principalmente las proteínas y sus estabilizantes.

4.1 MERENGUE

- Las proteínas Prolac II y Hyfoama 88 son buenas alternativas para sustituir a la albúmina de huevo en la elaboración de este producto, porque las espumas que proporcionan son estables, de mayor rendimiento y las propiedades específicas y de consistencia son mejores. Aunque el precio de estas proteínas es mayor que la Albúmina de Alta Espuma, el costo del producto es menor por el rendimiento que proporcionan con una cantidad menor de las mismas.

- Ambas proteínas sustitutas ofrecen ventajas con respecto a la albúmina ya que la espuma de Prolac II es estable a pH alcalino, por lo que no es necesario el uso de ácido tartárico y el producto obtenido presenta mejores propiedades. Hyfoama 88 proporciona un merengue de mejor consistencia, mayor rendimiento y las condiciones de batido no afectan a la proteína, lo cual si sucede con albúmina.

- Se recomienda utilizar concentraciones bajas de ambas proteínas sustitutas y de ácido tartárico ya que su sabor influye en el producto y de esta manera se reducen costos de producción.

- Con ninguna proteína se alcanzó la consistencia, ésta puede ser mejorada con el uso de otros ingredientes como sal yodotada, glicetina, almidón de maíz y gomas que aumentan la viscosidad de la fase continua.

4.2 MOUSSE

* Para la elaboración de este producto, las dos proteínas sustitutas ofrecen mejores características que la albúmina en polvo utilizada y aún que la clara de huevo con la que se elabora el producto tradicional, el producto presenta estructura más firme, buen sabor y un mayor rendimiento de 17.6 % para Prolac H y 8.4 % para Hyfoama 88 con respecto al mousse tradicional

* Durante la elaboración de este producto se aplica cierta cantidad de grasa la cual es proporcionada por la media crema y la albumina sola en presencia de este ingrediente, comienza a desestabilizarse y de no ser por la acción gelificante de la grenetina, el mousse con esta proteína se desestabiliza rápidamente debido a la ausencia de la ovomucina de la clara, y este caso no se presenta con las proteínas sustitutas ya que ambas son más estables y presentan menor decaimiento en presencia de grasas

* Después de la adición de la media crema a la espuma no se debe exceder el tiempo de batido ya que ésta comienza a perder volumen

4.3 CREMA BATIDA

* Con la aplicación de las proteínas de trabajo se obtienen productos de mejor consistencia que el comercial (CC-1), pero el rendimiento es menor por el tipo de crema utilizada, la cual es más densa que la comercial

* El bajo rendimiento obtenido y la adición de las proteínas, incrementan el costo del producto, pero la aplicación de Hyfoama 88 y Prolac H ofrecen la ventaja de ser más estables a temperatura ambiente lo cual no sucede con la crema comercial

* La adición de clara de huevo al producto comercial (tabla No. 3) deja ver que al aplicar un espumante, se obtiene mayor consistencia (menor velocidad de penetración y mayor dureza), de tamaño de burbuja más pequeño y mayor rendimiento, por lo que el uso de las proteínas sustitutas son una alternativa para obtener un producto de mejores propiedades y características físicas si son aplicadas a una crema como la utilizada en el producto comercial

• El uso de las proteínas sustitutas ofrece la alternativa de elaborar productos de diferentes propiedades como por ejemplo con PII se obtiene una crema suave, fácil de untar y propiedades similares al de referencia y con H88 se obtiene un producto más firme.

• Para obtener un mayor rendimiento, se debe aplicar un crema de menor densidad y que soporte las condiciones de batido del proceso de elaboración del producto.

2.4 MALVAVISCO.

• La proteína Prolac II sola y en combinación con Albúmina de Alta Espuma, es la que proporciona productos mas suaves y de mayor rendimiento

• La proteína Hyfoama 88 produce malvaviscos más firmes y en combinación con albúmina el rendimiento es mayor que cuando estas proteínas son aplicadas solas

• Se espera que la adición de un ingrediente más en la formulación como son las proteínas de trabajo durante la elaboración del producto aumente el costo, pero la aplicación de albúmina, incrementa en un 29.26 % el rendimiento del producto en relación al obtenido durante la elaboración del mismo solo con gretetina, y debido a este rendimiento el costo de producción es el mismo en ambos casos

• La aplicación de las proteínas sustitutas incremento el costo del producto, pero el rendimiento tambien es mayor en un 55.4 % para Prolac II y 23.23 % para Hyfoama 88, y las combinaciones de estas ofrecen incrementos en el rendimiento de 32.64 %, 41.94 % y 39.41 % para AAE-H88, AAE-PII y PII-H88 respectivamente en comparacion del elaborado solo con gretetina

• La aplicación de otro espumante aparte de la gretetina, ofrece diversas alternativas para la elaboración de malvavisco, como son malvavisco mas suave que puede ser utilizado como relleno o un malvavisco mas firme para productos cubiertos o para incrementar el rendimiento al mismo costo

• Para la obtención de un malvavisco mas suave se recomienda el uso de Prolac II sola o en combinación al 50 % con albumina, pero esta última propuesta ofrece un rendimiento menor y costo ligeramente mayor y para incrementar el rendimiento con gretetina al mismo costo, se puede aplicar Albumina de Alta Espuma y el malvavisco obtenido además, es más suave.

REFERENCIAS

- 1 - Olivares R A y Casas Alencaster N 1990
Estudio del efecto de hidrocoloides en la estabilización de espumas de proteínas empleadas en Alimentos
Tecnología de Alimentos Vol. 26, N° 5, Pág. 22-28
- 2 - Muñoz M E, Silva P C y Casas Alencaster Norma N 1995
Efecto de las propiedades reológicas de la fase continua en la estabilidad y propiedades de espumas de proteínas estabilizadas con polisacáridos
Tesis, Ingeniería en Alimentos
F E S - Cuautitlan - UNAM
- 3 - De la Fuente Margarita 1988
Pastelería y Repostería
Editores Mexicanos S A
- 4 - Harris Norman, Peterson Martin S & Crespo Silvio 1991.
A Formulary of Candy Products
Chemical Publishing Company, Inc. New York
- 5 - Fennema O R 1985
Introducción a la ciencia de los alimentos
Editorial Reverte S A
- 6 - Alkonis Justin J 1989
Candy Technology
Wesport Connecticut
- 7 - Cakebread Sidney 1981
Dulces elaborados con azúcar y chocolate.
Editorial Acribia S A
- 8 - Manley Duncan J R 1989
Tecnología de la industria galletera
Editorial Acribia S A
- 9 - Dirección General de Culturas Populares 1985
La cultura del Pan
Cuadernos de trabajo
- 10 - Museo Nacional de Culturas Populares 1990
La cosa esta del cocol y otros panes mexicanos.
CANAINPA

11 - Desrosier Norman W 1985
Elementos de tecnología de alimentos
Editorial Continental S A de C V

12 - Badui Dergal Salvador 1985
Química de los alimentos
Editorial Alhambra Mexicana S A

13 - Blanshard, Mitchel J R 1989
Polisaccharides in Food
British Library Cataloguin in Publication data, Ed Butterworths.

14 - División Productos Especiales 1993
Boletín técnico Prolac II
Arancia Unidad de ingredientes especiales

15 - Hyfoama 88 Folleto informativo 1994
Quest International

16 - Patel, P D Stripp, A M and Fry J C 1988
Whipping test for the determination of foaming capacity of protein a collaborative study
International Journal of food science and technology. Vol 23, pag. 57-63.

17 - De Man John, Ph D 1989
Principles of Food Chemistry
the Avi Publishing Company, Inc

18 - Braverman J B
Introducción a la bioquímica de los alimentos
Editorial El Manual Moderno, S A

19 - J Adrian, R Frangne 1990
La ciencia de los alimentos de la A a la Z
Editorial Acribia, S A

20 - Bushill J H 1987
El control de la calidad en la industria de repostería, pastelería, bollería y galletería.
Tecnología Alimentaria Vol 22, N° 6, pag 42-47

21 - Charley Helen 1987
Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos.
Editorial Limusa

- 22 - Siew Lian Chung and Les K. Ferrier 1992
pH and Sodium Chloride effects on emulsifying properties of egg yolk phospholipid.
Journal of food science Vol. 57, N° 1
- 23 - Lewis M J 1993
Propiedades físicas de los alimentos y los sistemas de procesado,
Editorial Acribia, S A
- 24 - Briten Mitchel and Lavoie Linda 1992
Foaming properties of protein as affected by concentration
Journal of food science, Vol. 60, N° 3
- 25 - Princen H M 1990
Gravitational syneresis in foams and concentrated emulsions
Journal of colloid and interface science Vol. 34 N° 1, January pag 188-197.
- 26 - Phillips L. G., W. Schulman and Kinsella J E. 1990
pH and Heat treatment effects on foaming of whey protein isolate.
Journal of food science, Vol. 55, N° 4
- 27 - Koczko K., Lobo L. A and Wasan D T 1992
Effect of oil on foam stability, aqueous foams stabilized by emulsion
Journal of colloid and interface science Vol. 150 N° 2, May
- 28 - Academic Press Inc
Notes on relation between foam and surface dilatational viscosities
Journal of colloid and interface science Vol. 130 N° 1, June 1989.
- 29 - Wayne W. Daniel 1990
Bioestadística Base para el análisis de las ciencias de la salud.
editorial Limusa
- 30 - Marques de Cantu Maria Jose
Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico-Biológicas.
Editorial Mc Graw Hill 1991
- 31 - Pomeranz Yeshajahu 1990
Functional properties of food components
Editorial Academic Press, Inc
- 32 - Phillips G O., Wedlock D J & Williams P A. 1985.
Gums and stabilisers for the food industry 3
Elsevier Applied Science Publishers

- 33 - Chefel Jean Claude , Chefel Henri y Besancon Pierre 1979.
Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos Vol II.
Editorial Acribia
- 34 - Tamayo de Gibelli Sara 1987
Burda Postres y salsas dulces
Brasil
- 35 - Badui Dergal Salvador 1988
Diccionario de tecnología de los alimentos
Facultad de Química UNAM
Editorial Alhambra Mexicana S A de C V
- 36 - Fenemma Owen R 1993
Química de los alimentos
Editorial Acribia S A
- 37 - Phillips Michael C 1981
Protein conformation at liquid interfaces and its role in stabilizing emulsions and foams
Food technology, January, pag 50-57
- 38 - Peter K & Vollhardt C 1990
Química Orgánica
Ediciones Omega, S A
- 39 - Mc Murry John 1994
Química Orgánica
Editorial Iberoamerica S A de C V
- 40 - J R Mitchell and D A Ledward 1985
Functional properties of food macromolecules
Elsevier applied science publishers
- 41 - Jose Refugio Hernandez Comunicación personal. 1994.
Maestro primero
Centro de Capacitación de la Cámara Nacional de la Industria de la Panificación.
- 42 - Paul Pauline C & Palmer Helen H 1972
Food theory and applications
Editorial John Wiley y sons inc USA

43.- Flores Leiva Leticia 1996
Estudio del efecto del pH y fuerza iónica en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de proteínas espumantes estabilizadas con polisacáridos.